
Manuel de Mascarenhas Gaivão

Manuel de Mascarenhas Gaivão

Estudo e programação das operações de fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J

Estudo e programação das operações de
fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J



Estágio na OGMA - Relatório Final

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1996

Manuel de Mascarenhas Gaivão

Manuel de Mascarenhas Gaivão

Estudo e programação das operações de fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J

Estudo e programação das operações de
fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J



Estágio na OGMA - Relatório Final

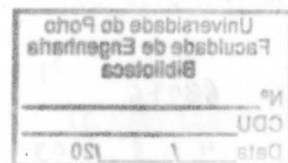
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
1996

Manuel de Mascarenhas Gaivão

Agradecimentos

Estudo e programação das operações de
fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J

Estágio na OGMA - Relatório Final



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
1996

Manoel de Macedo e Silva

Estudo e programação das operações de
fábrica da "naselle" do Hercules C-130J

Exatidão na OQMA - Relatório Final

621(047.3)DEMGG/661513 1996/GAIm

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
Biblioteca 4
Nº 68076
CDU 621(047.3)
Data 4 / 8 / 2003

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

1996

Agradecimentos

A toda a equipa do EFB, onde deixo bons amigos; pela amizade com que me receberam, pelo companheirismo demonstrado, por tudo o que com eles aprendi e pelos preciosos conselhos e ajudas que me dispensaram.

Ao Senhor Engenheiro Aeronáutico André Aires de Abreu, Chefe da Divisão de Fabricação, por me ter facultado a realização deste estágio, assim como por toda a boa vontade e incentivo prestado.

Ao Senhor Professor António Augusto Fernandes, coordenador deste estágio, pela disponibilidade e apoio dispensados, assim como pelos seus comentários e sugestões que contribuíram para a valorização deste trabalho.

Índice

Capítulo 1 Introdução.....	1
Capítulo 2 : OGMA-Indústria Aeronáutica de Portugal.....	2
2.1 Um pouco de história.....	2
2.2 A OGMA nos dias de hoje.....	3
2.3 Divisão de Fabricos.....	3
2.4 Secção Engenharia de Fabricos.....	5
Capítulo 3 : Enquadramento do estágio e seus objectivos.....	6
3.1 Programa da "nacelle" do Hercules C-130.....	6
3.2 Tema e objectivos do estágio.....	7
Capítulo 4 : Área fabril e processo produtivo.....	10
4.1 Unidades da área fabril.....	10
4.2 Classificação do processo produtivo.....	12
4.2.1 Tipos de classificação.....	12
4.2.2 Classificação do processo produtivo da "nacelle".....	13
Capítulo 5 : Integração e recolha básica de informação.....	14
5.1 Integração na empresa e no programa.....	14
5.2 Recolha de informação relativa às peças e conjuntos.....	15
5.2.1 Estudo das peças e conjuntos.....	15
5.2.2 Peças e máquinas críticas.....	15
5.3 Recolha de informação relativa às peças e conjuntos.....	16
5.3.1 Resumo dos processos de fabrico das peças críticas.....	16
5.3.2 "Routing sheets".....	17
5.3.3 Estimação de tempos.....	18
5.3.4 Considerações sobre as operações consideradas.....	19
5.3.5 Equipas de trabalho.....	21
5.3.6 Pesquisa constante de informação.....	21

Capítulo 6 : Abordagem para a resolução do problema da programação das operações.....	35
6.1 Níveis de planeamento estratégico.....	35
6.2 Objectivos de um schedule.....	35
6.3 Problemática dos processos intermitentes.....	36
6.4 Métodos heurísticos.....	37
6.5 Metodologia adoptada.....	38
Capítulo 7 : Estudo e programação das operações de montagem.....	40
7.1 Introdução.....	40
7.2 Características da montagem.....	40
7.3 Soldadura - Condicionante de todo o processo.....	42
7.4 Calendarização da montagem.....	43
7.4.1 - Subconjuntos soldados principais.....	43
7.4.2 - Subconjuntos soldados secundários.....	44
Capítulo 8 : Estudo e programação da produção de peças simples.....	50
8.1 Máquinas condicionantes.....	50
8.2 Divisão do processo de fabrico.....	51
8.3 Datas devidas de entrega.....	53
8.4 Regras de sequenciamento.....	54
8.5 Lotes.....	56
8.6 Prioridades da 1ª fase.....	57
8.7 Restrições, horários e equipas de trabalho.....	57
8.8 Realização do schedule.....	59
8.8.1 MS-Project.....	59
8.8.2 Considerações sobre o schedule.....	60
8.8.3 Fases e metodologia do processo de calendarização.....	61
8.8.4 Inserção da montagem.....	62
8.9 Breve descrição do schedule realizado.....	62

Capítulo 9 : Tecnologias de grupos.....	73
9.1 Introdução.....	73
9.2 Comparação com o estudo anterior.....	73
9.3 As duas fases do processo.....	74
9.4 Formação dos grupos.....	75
9.5 Peças Muller e Muller-Est.....	76
9.6 Calendarização das operações de fabrico.....	76
9.7 Breve descrição do schedule proposto.....	78
9.8 Conclusão.....	79
Capítulo 10 : Outros estudos.....	93
Capítulo 11 : Conclusões.....	94
Bibliografia.....	97

Capítulo 1

Introdução

Este relatório é relativo à descrição do estágio curricular a tempo inteiro do 2º semestre do 5ª ano da licenciatura em Gestão e Engenharia Industrial, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, desenvolvido na OGMA-Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A.

O estágio teve como tema o estudo e desenvolvimento da calendarização das operações de fabrico do programa da “nacelle” do Hercules C-130 J, de modo a se poderem entregar mensalmente as quantidades estipuladas no contrato de fornecimento. Em anexo a este relatório apresentam-se 2 “schedules” propostos para o programa em questão, sendo estes trabalhos o objectivo último e a conclusão de todo os estudos realizados.

Neste relatório tentou-se descrever de uma forma clara e simples o programa em questão, seus objectivos, envolventes, características principais e os processos de fabrico a ele referentes. Procurou-se também relatar os objectivos deste estágio, os principais estudos e trabalhos realizados para a sua concretização e as conclusões retiradas, seguindo sempre que possível uma ordem cronológica que permitisse compreender todo o raciocínio e trabalho desenvolvido.

As figuras e quadros relativos a cada capítulo são apresentados no final do mesmo.

Este estágio teve a duração de 6 meses, tendo o seu início em Março de 1996 e a sua conclusão em Setembro de 1996.

Capítulo 2

OGMA-Indústria Aeronáutica de Portugal

Este capítulo tem como objectivo dar uma ideia global da empresa onde decorreu este estágio, sendo dado um destaque especial à Divisão de Fabricos.

Localizada em Alverca, 20 Km a norte de Lisboa, a OGMA-Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A. ocupa uma área útil de espaço edificado de 116000 m², distribuída por diferentes edifícios para engenharia, manutenção, fabricação e actividades administrativas empregando aproximadamente 2200 funcionários.

2.1 - Um pouco de história

A história desta empresa começa em 1918, dedicando-se de início, quase exclusivamente, à manufactura de aviões e motores para a Força Aérea Portuguesa (FAP). Este tipo de actividade durou até 1940 tendo sido fabricados na OGMA mais de 200 aviões de vários tipos. Este período marcou definitivamente a OGMA e criou a base que permitiu o posterior desenvolvimento das suas capacidades de reparação e manutenção. A década de 1940-50 caracterizou-se por um aumento da dimensão desta empresa, alargando-se a sua actividade à reparação de aviões. A renovação e o aumento das frotas da FAP foi impondo sucessivas actualizações na capacidade de resposta da OGMA.

A partir dos finais da década de 1950, a capacidade da OGMA ultrapassava já o que a FAP exigia, tornando-se assim possível estabelecer contratos com a USAF e, mais tarde, com a Força Aérea da Alemanha Ocidental e com a US Navy. Na década de 60 é de realçar o início de uma frutuosa colaboração com a Aerospatiale, tendo a OGMA adquirido um profundo conhecimento dos helicópteros franceses Alouette e Puma, permitindo assim à OGMA efectuar reparações e manutenções destes, tendo-se inclusive fabricado posteriormente para aquela empresa, partes estruturais importantes destes helicópteros.

Na década de 70 a OGMA conheceu a sua fase de maior actividade e laboração, empregando aproximadamente 4000 funcionários, devido á guerra do Ultramar, sendo uma empresa indispensável para a defesa nacional. Em 1994 a OGMA sofreu uma profunda alteração, tendo sido transformada numa Sociedade Anónima de Capitais Exclusivamente Públicos, passando a designar-se OGMA-Indústria Aeronáutica de Portugal, S.A. sucedendo às Oficinas Gerais de Material Aeronáutico.

2.2 - A OGMA nos dias de hoje

Actualmente a OGMA dispõe de infra-estruturas, equipamento e pessoal especializado que lhe permite:

- Satisfazer a grande maioria das necessidades de manutenção e reparação da frota da FAP.
- Estabelecer contractos de manutenção com clientes privados e Forças Aéreas de outros países.
- Executar programas de fabricação de componentes para aeronaves.

A OGMA é dirigida e enquadrada por engenheiros e técnicos com larga experiência aeronáutica, estando assim apta a fornecer serviços de engenharia aos clientes e a realizar os seus próprios projectos.

Está certificada pelo IPQ com a norma ISO 9002, pela Direcção Geral de Aviação Civil para todos os trabalhos de manutenção em aeronaves civis portuguesas, e pelo Bureau Veritas para a manutenção e reparação de aeronaves, motores e acessórios. Além disso é considerada, entre outras:

- Service Center, pela Lockheed
- Station Service, para a Aerospatiale
- Repair Station, pela Litton Aero Products
- Authorized Maintenance Center, pela Allison Gas Turbine Division

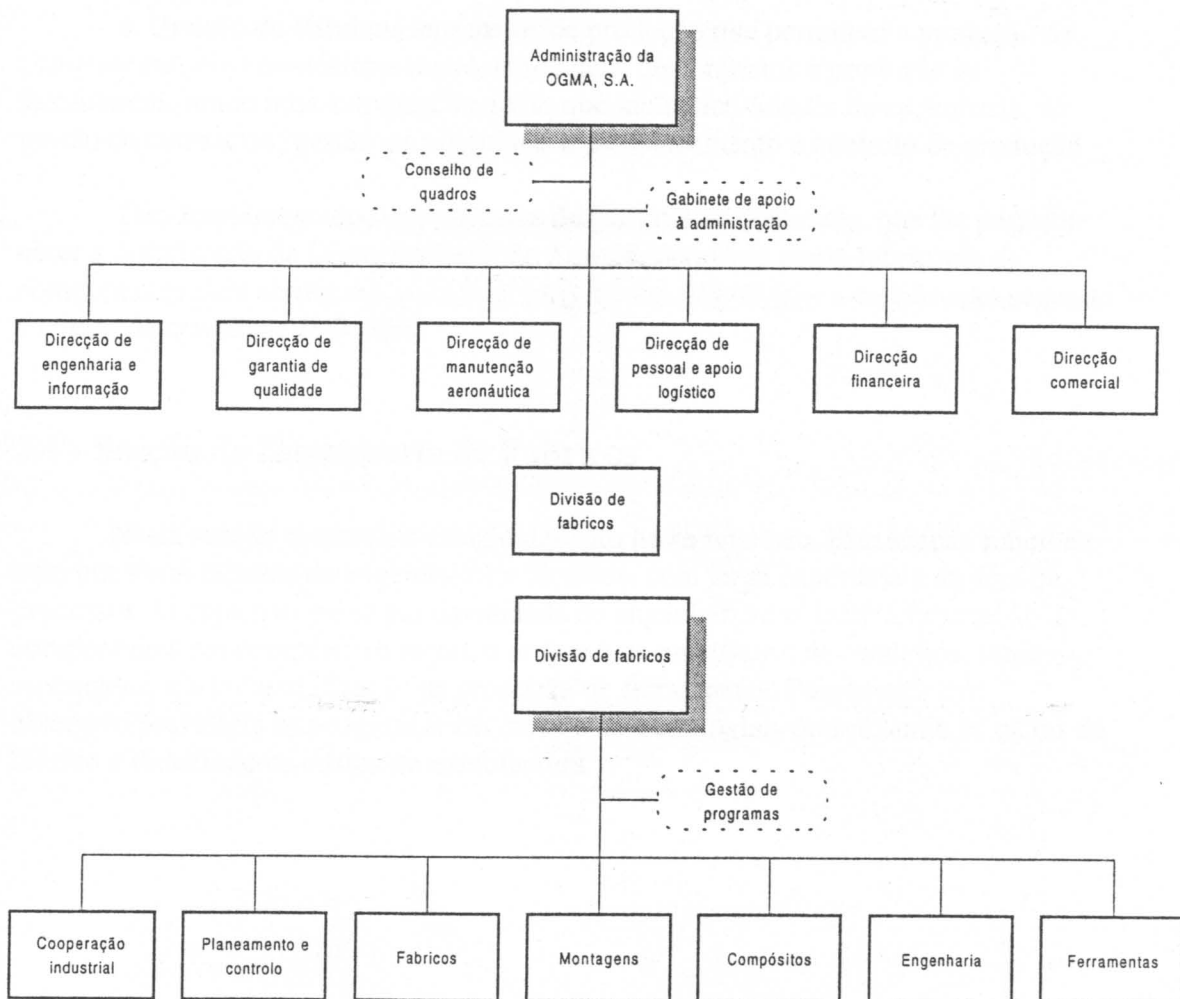
Actualmente a sua actividade é bastante variada, estando distribuída pela manutenção, reparação e modificação de aeronaves, revisão geral e reparação de aviónicos, instrumentos e equipamentos eléctricos, fabricação de componentes para aeronaves, fabricação de ferramentas especiais e estaleiros e revisão geral e reparação de motores.

2.3 - A Divisão de Fabricos

Nas últimas décadas, a empresa tem mantido a sua actividade centrada em torno da manutenção de aeronaves onde angariou um estatuto de empresa de qualidade reconhecido a nível nacional e internacional.

A necessidade de diversificar a sua actividade veio potenciar a fabricação aeronáutica. Esta actividade está cometida à Divisão de Fabricos.

Esta Divisão dispõe de um efectivo de 318 funcionários integrados em sete secções e ocupa aproximadamente uma área coberta de 14000 m². O seu enquadramento orgânico na OGMA, S.A. é o descrito no organograma seguinte:



Com uma facturação anual de cerca de 11 milhões USD, a Divisão de Fabricos conta já com alguma experiência em contratos com diversos fabricantes estrangeiros, dos quais se destacam :

- Eurocopter
- Latécoère
- Dornier
- Casa
- Socata
- Aerospatiale
- Pilatus

- Westland
- Westinghouse
- Boeing

A Divisão de Fabricos tem meios de produção que permitem a produção de componentes em compósito e metal, montagens de conjuntos e produção de ferramentas, tendo uma estrutura de apoio que inclui actividades de engenharia, de gestão de contractos, gestão de programas e de planeamento e controlo de produção.

Tem implementado uma estrutura de garantia da qualidade que lhe permitiu obter a certificação da Direcção Geral de Aeronáutica Civil como fabricante de componentes para aeronaves, pela FAP (AQAP-4 e AQAP-6) e a certificação segundo a norma de qualidade ISO 9002.

2.4 - Secção de Engenharia de Fabricos

Nesta secção decorreu o estágio descrito neste relatório. Esta secção funciona com um vasto número de engenheiros e técnicos, com larga experiência na área de processos. O objectivo principal da unidade de engenharia é o apoio à fabricação de componentes em compósito e metal, o projecto de engenharia de estaleiros, moldes e montagens, e a industrialização da produção de ferramentas. Para atingir este objectivo preveligia os programas em curso e as tecnologias, optimizando os ciclos de fabrico e reduzindo os custos de manufactura.

Capítulo 3

Enquadramento do estágio e seus objectivos

Neste capítulo descreve-se o programa da “nacelle” do Hercules C-130, assim como o tema e objectivos do estágio enquadrados neste programa..

3.1 - Programa da “nacelle” do Hércules C-130 J

Um dos programas a decorrer na Divisão de Fabricos é o relativo ao fabrico da “nacelle” do Hércules C-130 J. Este programa é um dos mais dinâmicos e complexos a decorrer actualmente nesta divisão, envolvendo vários engenheiros e técnicos. Foi neste programa e sobre a supervisão desta equipa que o estágio aqui descrito decorreu.

A Lockheed Aircraft Corporation, empresa aeronáutica Norte-Americana de grande dimensão, encarregou a empresa Britânica Westland Aerospace Limited de lhe fornecer as “nacelles” do célebre avião Hercules C-130 J. A Westland por sua vez, lançou um concurso internacional de modo a subcontatar uma empresa para fabricar componentes para a “nacelle”, concurso esse ganho pela OGMA.

Os estudos e orçamentações relativos a este programa iniciaram-se no final de 1992 tendo o contrato sido assinado em 8 de Abril de 1994. O contrato prevê o fabrico de 6 portas das várias constituintes da “nacelle” (às quais, por simplicidade, se chamará a partir de agora “nacelles”), até ao ano de 2001 com a seguinte previsão de entregas:

1996 - 15 “shipsets” - 60 “nacelles”
1997 - 36 “shipsets” - 144 “nacelles”
1998 - 36 “shipsets” - 144 “nacelles”
1999 - 36 “shipsets” - 144 “nacelles”
2000 - 36 “shipsets” - 144 “nacelles”
2001 - 21 “shipsets” - 84 “nacelles”

Um “shipset” corresponde à quantidade de “nacelles” necessárias para equipar um C-130.

Álem das quantidades referidas acima, prevê-se que a Ogma continue a fornecer “nacelles” à Westland até ao ano de 2007.

Para conseguir atingir este objectivo teve a secção de Engenharia de Fabricos que estudar e definir a calendarização da fase de industrialização assim como todo o processo de fabrico e montagem de todos os componentes da “nacelle”, tendo também que definir e fabricar as ferramentas necessárias para esse fim. De salientar a complexidade de todo este processo, além de todas as exigências a nível da qualidade

que a indústria aeronáutica obriga. Todo este processo decorreu sempre em permanente comunicação e com a aprovação da Westland. Este processo culminou com a produção das referidas “nacelles”, iniciada no final deste estágio.

A “nacelle” não é mais do que a estrutura que cobre o motor do C-130, sendo composta por várias “doors” ou painéis, fabricando a OGMA 6 destes painéis: dois painéis frontais (painéis “pequenos”), dois painéis superiores (painéis “curvos”) e dois painéis inferiores (painéis “planos”). Cada um destes painéis é constituído por vários componentes e subconjuntos.

Cada avião C-130 tem 4 motores, tendo por isso 4 “nacelles”.

Na fig nº 3.1 pode-se ver uma representação das partes da “nacelle” fabricadas na OGMA.

3.2 - Tema e objectivos do estágio

Quando da minha chegada à OGMA, o tema do estágio não se encontrava ainda perfeitamente definido, sendo a única certeza que este seria relativo ao programa da “nacelle”. Assim foi-me proposto que nos primeiros tempos me familiariza-se com todo o programa, com as suas características principais, de modo a se encontrar, em conjunto com os meus orientadores de estágio, da OGMA e da FEUP, um tema que, sendo desenvolvido, fosse útil e trouxesse algo de novo para a OGMA e servisse os objectivos fixados pela faculdade. A definição do tema do estágio e seus objectivos foram finalmente formalizados com a vinda do Senhor Professor A.A. Fernandes a esta empresa.

A OGMA tem recursos limitados em termos de máquinas e pessoas, tornando-se necessário e tendo sido estabelecido que seria o tema do estágio a realização da calendarização das operações de fabrico e montagem de todos os componentes da “nacelle”, de modo a poder cumprir com o contrato realizado com a Westland. Não se pretende que este schedule seja exacto, tendo-se antes como objectivo que represente de uma forma aproximada a realidade, que se estude o processo de fabrico e se proponham métodos e regras para um escoamento eficaz da produção, aumentando a produtividade e reduzindo tempos de manufactura. Pretende-se ter também uma ideia, o mais aproximada possível de todo o ciclo de produção, seus estrangulamentos, folgas, durações de várias fases e cargas diárias das várias máquinas. Este estudo não foi entendido como uma optimização, mas antes como uma proposta de schedule usando métodos heurísticos, procurando no entanto atingir soluções o mais satisfatórias possível.

O objectivo da Divisão de Fabricos era conseguir produzir 2 “shipsets” por mês, tendo sido esta a quantidade considerada recomendável para conseguir cumprir

as entregas programadas. Pretendia-se assim que em cada mês se produzi-se todas as peças necessárias para completar as 8 “nacelles”, tentando-se evitar ao máximo stocks de produtos em curso de fabrico ou de produtos finais, e a permanência elevada de peças em stock. O limite do ciclo de produção das 8 “nacelles” seria de 2 meses, 1 para a produção de peças simples e o outro para a montagem. Assim o schedule terá que ser relativo e terá como objectivo a entrega mensal das 8 “nacelles”. Resumindo:

Tema do estágio-Estudo e programação das operações de fabrico da “nacelle”

Objectivos:

- ✦ Propor a calendarização das principais ordens de fabrico e montagem
- ✦ Estudar o estrangulamento que ocorrerá em várias máquinas e propor métodos e regras para um escoamento eficaz da produção
- ✦ Estudar a duração do ciclo de produção, das suas várias fases, das cargas diárias das várias máquinas e equipas de trabalho, e folgas de cada actividade

Condicionantes:

- ✦ Entrega mensal de 2 SS
- ✦ 2 meses de ciclo de produção
- ✦ Evitar stocks

Para me ser possível definir o schedule foi indispensável ter uma ideia bastante aprofundada de todo o programa, sendo necessário entre outros: estudar a cascata dos painéis da “nacelle”, estudar a sequência de fabrico dos componentes e montagens, estudar os tempos relativos a cada operação, estudar o ciclo de produção e estudar e resolver o estrangulamento que ocorrerá em várias máquinas.

Como dificuldade suplementar, muita da informação acima descrita não se encontrava disponível no início deste estágio, sendo necessário estimar tempos e investigar o processo de fabrico de vários componentes e montagens que não se encontravam ainda nas gamas de fabrico.

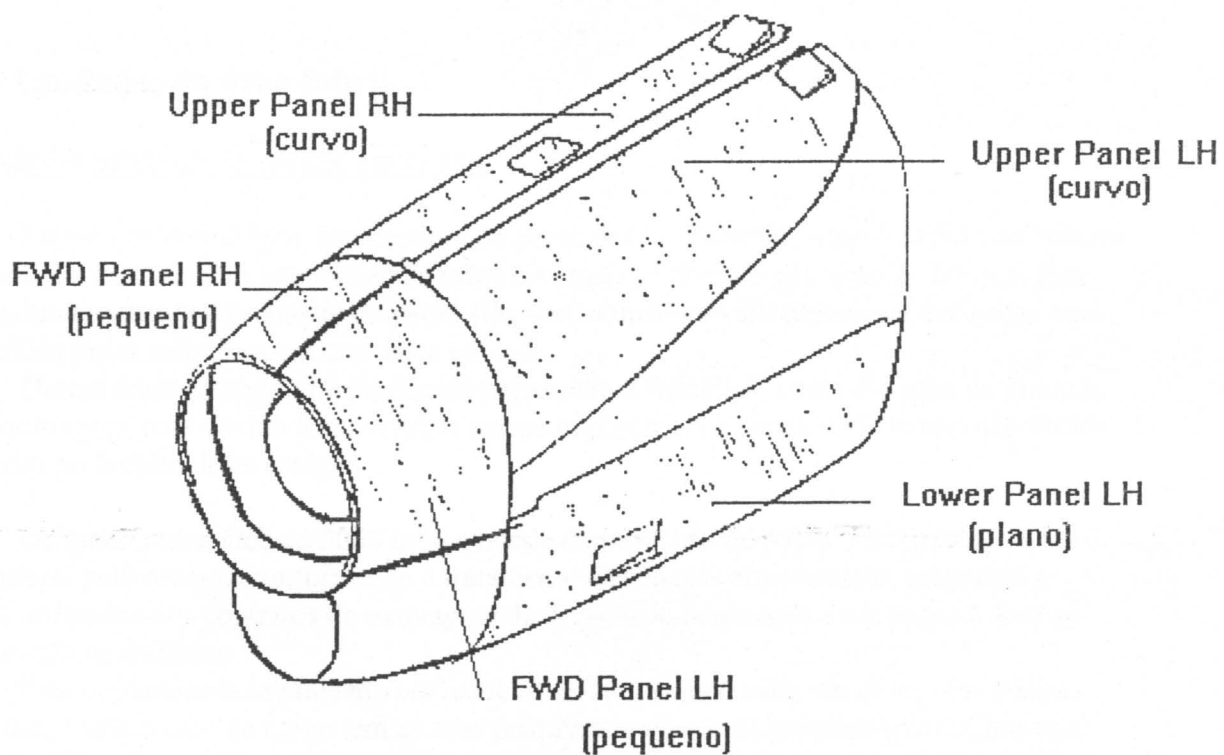


Figura 3.1- 5 dos 6 painéis da “nacelle” fabricados na OGMA

Capítulo 4

Área Fabril e Processo Produtivo

Neste capítulo descrevem-se as principais áreas fabris fornecedoras de peças para a “nacelle”, tentando-se seguidamente classificar o processo produtivo desta através do fluxo de produção ou sequência de operações.

4.1. - Unidades da área fabril

Unidade de produção de peças em chapa

Esta é a principal área fornecedora de peças para a “nacelle”, não só devido ao volume de produção mas também por conter as máquinas mais críticas do processo de fabrico. Este estudo, relativamente à produção de peças simples, ocupará-se simplesmente das peças aqui produzidas pelas máquinas críticas desta unidade.

Outras áreas existem que produzem peças para a “nacelle”, como é o caso da unidade de maquinagem, mas devido à sua relativa pouca importância e por falta de tempo não serão estudadas no âmbito deste estágio.

Ocupando uma área de 5000 m² a unidade de produção de peças em chapa é responsável pelo recorte, conformação e tratamento das chapas em alumínio, magnésio e titânio, utilizadas nos contratos de montagem da divisão de fabricação e em apoio à área de manutenção aeronáutico.

Esta unidade está organizada por centros de carga tendo cada um deles uma função específica. Cada centro de carga tem as suas máquinas e operários próprios (p.ex. Chaparia, Trumatic, Tratamentos Térmicos, etc.)

Em apoio às operações de fabrico, a unidade dispõe de áreas de fabrico de ferramentas, controlo de qualidade e tratamentos térmicos.

Instalações

Recorte de chapa

Para efectuar o recorte e furação de chapas a unidade dispõe de uma máquina TRUMATIC 3000 BFZ que permite o corte de uma pilha de chapas até 20 mm de altura numa área de trabalho de 1250 mm x 2500 mm. Utilizando tecnologia CAD, a programação da máquina é efectuada a partir do “nesting” elaborado e enviada via rede DNC. Para elaboração do “nesting” é utilizado o “software” PINS usando desenhos de peças preparados em CAD UNIGRAPHICS. Para cadências de produção baixas a unidade dispõe de “routers” manuais. Uma máquina de rebarbar GRINDING MASTER é utilizada para acabamento de peças.

Conformação de chapas

Para a estampagem de painéis a unidade dispõe de uma prensa de moldagem por pressão hidroestática “hidroforming” ASEA que permite uma pressão máxima de 1000 bar e de duas prensas com almofada de borracha, uma das quais (Muller ZE 1000) permite uma força máxima de prensagem de 1000 ton numa área de trabalho de 3100 mm x 1900 mm. Para estiragem utiliza-se uma prensa MULLER ZSE 160 que permite uma força máxima de 160 ton. A unidade dispõe ainda de duas máquinas de estirar perfis HUFFORD A5 e HUFFORD A7 CNC e uma quinadeira ADIRA QH 100.30 NC além de outras máquinas de menor importância.

Qualidade

Utilizando equipas qualificadas com elevado índice de formação, a qualidade encontra-se integrada na produção de componentes desde o início da fabricação destes até ao produto acabado. Os elevados padrões de qualidade obtidos são mantidos devido à utilização de fornecedores certificados e pela verificação de todos os processos de fabrico.

Em apoio ao controle de qualidade estão disponíveis laboratórios de ensaio de materiais, químico, metalográfico e de metrologia, bem como diversas salas de inspecção

Tratamentos

Para tratamento térmico de ligas leves a unidade dispõe de um forno GUINEA que permite fazer têmperas, revenidos, recozimentos e normalizações. Brevemente nesta área será implantada uma tina de desengorduramento que muito facilitará o escoamento das peças em produção.

Fabrico de ferramentas

Em apoio à unidade, a área de fabrico de ferramentas produz as ferramentas necessárias para a manufactura de peças de alta qualidade.

Unidade de tratamentos electrolíticos

Nesta unidade efectuam-se tratamentos inter-operações e finais às peças produzidas. Esta unidade não depende da Divisão de Fabricos, pertencendo à Divisão de Motores, o que obviamente traz problemas em termos de sincronização entre as duas divisões, afectando a eficiência do processo. Esta unidade encontra-se bastante afastada da unidade de produção de peças em chapa. No programa da “nacelle” C-130 são aqui realizadas várias operações como p.ex. decapagens e tratamentos de conversão química.

Unidade de soldadura por pontos

Existe igualmente uma área de soldadura por resistência, nomeadamente soldadura por pontos composta por 2 máquinas Sciaky CPS 2000 RL. Estas máquinas têm um posto de transformação dedicado dada a elevada quantidade de energia necessária para soldar aluminios. Estas máquinas possuem capacidade para soldar espessuras desde 0.032" x 2 até 0.072" x 2 possuindo meios para exercer um controlo rigoroso de intensidade e pressão. Estas máquinas estão quase totalmente dedicadas ao programa "nacelle" C-130.

Unidade de montagem Westland

Encontra-se dedicada uma área específica para a montagem dos painéis da "nacelle". Esta unidade está servida de várias ferramentas destinadas a recortes, furações e montagens dos painéis da "nacelle". Esta unidade só se encontrou disponível no final deste estágio.

Outras Unidades

Existem várias unidades na Divisão de Fabricos que aqui não foram descritas, por não estarem directamente ligadas ao projecto em questão.

4.2 - Classificação do processo produtivo

Uma das maneiras de classificar um processo produtivo é através do fluxo da produção ou sequência de operações.

4.2.1 - Tipos de classificação

Segundo Schroeder [1993], existem três grandes tipos: linha, intermitente (job-shop) e projecto.

O **fluxo em linha** (massa ou contínua) é caracterizado por uma sequência linear de operações de modo a fabricar o produto. São processos extremamente eficientes mas altamente inflexíveis requerendo linhas de produtos standard relativamente estabilizados ao longo do tempo e obrigando a grandes volumes de produção.

O **fluxo intermitente (job-shop)** é caracterizado pela produção em lotes em intervalos intermitentes. O equipamento e os postos de trabalho estão organizados por tipo de habilitações ou por equipamentos similares. Um produto só percorre assim os centros de trabalho que estão preparados para o receber e que são necessários.

Requer equipamento adaptável e uma força de trabalho bastante qualificada, o que torna estas operações bastantes flexíveis quer na mudança do produto quer no seu volume. Como consequências negativas temos a pouca eficiência do processo e o aumento da dificuldade em controlar inventários, schedules e a qualidade.

Como característica chave deste processo temos o agrupamento de equipamento e trabalho similar na mesma área.

A **produção por projecto** é normalmente utilizado para produzir um único produto de grande complexidade. Todas as actividades são controladas na forma de um sistema global durante a execução do projecto (utilização bastante comum dos métodos CPM e PERT) sendo os recursos afectados ao projecto desafectados logo que a tarefa termine. O equipamento utilizado neste tipo de produção é altamente flexível.

Outros autores, como Pina Marques [1993], classificam o modo de produção em cinco tipos. Estes são : projecto, encomenda, lotes, linha e contínuo. A produção por projecto , produção em linha (produção em linha - massa) e produção em contínuo (produção em linha-contínua) são exactamente iguais ao descrito anteriormente.

Na **produção por encomenda** o produto é fornecido numa base unitária ou numa quantidade reduzida. Geralmente o mesmo produto não torna a ser encomendado ou sê-lo-á numa quantidade reduzida sendo grande a diversidade de produtos que a empresa está apta a fornecer . Este modo de produção caracteriza-se pela sua elevada flexibilidade.

Na **produção por lotes** fabrica-se um produto regularmente e, de um modo geral de um modo significativo.

A produção consiste numa execução dos vários tipos do processo segundo uma ordem fixada pelas características tecnológicas do produto. Existem normalmente vários lotes em processamento ao mesmo tempo partilhando entre si as máquinas onde são fabricados , sendo diferente de produto para produto a sequência de operações. Este tipo de produção situa-se entre a produção por lotes e a produção em linha apresentando normalmente ainda um grande grau de flexibilidade.

A implantação física dos equipamentos faz-se de uma forma geral segundo a sua função (implantação funcional). A implantação pode ainda ser feita por células de produção.

4.2.2 - Classificação do processo produtivo da “nacelle”

O processo produtivo existente na área fabril da Divisão de Fabricos, e mais concretamente o relativo ao fabrico da “nacelle” do Hercules C-130 J, pode ser claramente caracterizado como um processo intermitente (job-shop). De facto o “lay-out” e as características da área fabril, a organização da sua força de trabalho e o “percurso” efectuado pelas várias peças deste programa, encontram na definição de processos intermitentes uma caracterização quase exacta. A classificação segundo Pina Marques [1993], é mais difícil de atribuir, por este processo não ser perfeitamente identificado com nenhum dos tipos apresentados anteriormente. No entanto, na tentativa de encontrar uma classificação, situamos o processo de fabrico entre a produção por lotes e a produção por encomenda.

Capítulo 5

Integração e recolha básica de informação

Neste capítulo descreve-se a integração na empresa e os métodos utilizados na recolha da informação inicial, assim como os seus resultados. Aqui são descritas as peças da “nacelle”, as suas operações de fabrico, tempos por operação, etc. sendo este estudo a base de todo o trabalho posterior e sem o qual este não teria sido possível de realizar.

5.1- Integração na empresa e no programa

Como já foi dito o estágio decorreu na secção de Engenharia de Fabricos (EFB), pertencente à Divisão de Fabricação (DFB). Assim, nos primeiros dias de estágio tentou-se conhecer melhor a empresa, a sua história, os seus objectivos, os seus resultados e as suas instalações fabris. Daqui fiquei a constatar o grande papel que OGMA desempenha na indústria nacional, sendo aliás a única empresa portuguesa neste sector, reconhecida nacional e internacionalmente pela sua competência e qualidade dos serviços prestados. Tive também oportunidade de visitar toda a área fabril da OGMA, da qual a área afecta à Fabricação é só uma pequena parte e de conhecer todas as áreas de intervenção da empresa.

Uma especial atenção foi dada à secção de Engenharia de Fabricos, de modo a conhecer os seus projectos, contractos, funcionários e áreas fabris, salientando-se o grande crescimento e dinamismo que esta secção apresenta. Posso dizer que não poderia ser recebido de melhor maneira, quer pela atenção quer pela simpatia e disponibilidade a mim dispensadas por toda a equipa do EFB.

Já a integração no programa não foi tão fácil. De facto a ambientação a um projecto da dimensão do da “nacelle” do Hercules C-130, decorrente há já 3 anos e que apresenta uma elevada dimensão e complexidade, envolvendo centenas de peças diferentes e dezenas de montagens, tendo cada uma processos de fabrico diferentes, é sem dúvida um processo moroso, exigindo bastante paciência e organização.

Na altura de início do estágio, em Março de 1996, o programa encontrava-se atrasado, estando ainda em fase de industrialização. Por conseguinte, a produção não tinha ainda arrancado, devendo-se isto fundamentalmente a :

- Existirem ainda ferramentas por produzir
- Processos de fabricos em fase de afinação
- As gamas de fabrico estarem ainda a ser elaboradas
- O fabrico de protótipos de peças estar atrasado
- Haver ainda planificações de peças em chapa por realizar

Depois de conhecer a situação actual do programa, comecei então a tentar ter um conhecimento mais detalhado de todo o projecto, sem o qual não poderia atingir os objectivos propostos.

5.2 - Recolha de informação relativa às peças e conjuntos

5.2.1 - Estudo das peças e conjuntos

Como primeiro passo, considerei necessário, estudar as cascatas dos painéis da “nacelle”, peça a peça e conjunto a conjunto, de modo a ter uma ideia da complexidade, da estrutura global e dos componentes e montagens da mesma. Ao mesmo tempo ia consultando os desenhos fornecidos pela Lockheed, para ter uma imagem visual das peças, sendo aliás este o único meio possível para o fim em questão pois a maior parte das peças não se encontrava ainda produzida. Este estudo revelou-se bastante útil em fases posteriores, pois através dele pude ter uma ideia dos processos de fabrico que cada peça sofria, além obviamente de cada peça deixar de ser um número de código abstracto, o que muito facilitou na procura de ajuda da minha parte a todos os funcionários do EFB directamente envolvidos no programa. De notar que o estudo de desenhos e cascatas não acabou nesta primeira fase tornando-se necessário durante todo o estágio a sua consulta.

5.2.2 - Peças e máquinas críticas

O próximo passo a tomar seria, para cada peça, conhecer o respectivo processo de fabrico. Depois de iniciado este processo, chegou-se rapidamente à conclusão que estudar tão grande quantidade de informação, por o projecto se encontrar ainda em fase de industrialização e principalmente por ainda só existirem gamas de fabrico relativas aos 2 painéis pequenos dos 6 painéis da “nacelle”, demoraria bastante tempo, o que seria incompatível com a duração deste estágio além de não ser de especial importância.

Importava sim, era conhecer as peças que “passariam” pelas máquinas críticas, nomeadamente a Hidroforming, a Muller, a Muller-Est e as máquinas de soldar por pontos, e focar-me nos seus processos de fabrico. As outras peças não seriam críticas, não tendo filas de espera e tendo um bom escoamento ao longo do ciclo de produção.

Para efectuar esta recolha, foi necessário, peça por peça, saber por que máquinas teriam que ser fabricadas e seleccionar apenas aquelas que passariam por alguma das máquinas críticas. A informação aqui era escassa, não havendo documentos que resumissem a informação pretendida, tendo eu para o fim proposto que consultar listas de ferramentas, o sistema FLAPS (sistema informático baseado na filosofia MRP II, onde se encontram descritas as gamas de fabrico) e fundamentalmente os engenheiros e agentes de métodos da secção que com grande paciência me ajudaram. Conseguiu-se

assim fazer uma selecção de peças críticas (a criticidade de uma peça foi determinada segundo a sua passagem ou não por uma máquina crítica).

Nos quadros nº 5.1, nº 5.2, nº 5.4, nº 5.5 e nº 5.6 apresenta-se a cascata de todas as peças (excepto quinquilharia) e a cinzento as peças consideradas críticas.

Nos quadros nº 5.7, nº 5.8, nº 5.9, nº 5.10 e nº 5.11 encontram-se as listas de peças que terão que passar pelas máquinas Hidroforming, Trumatic, Muller, Muller-Est e os conjuntos que irão a soldar por pontos.

5.3. - Recolha de informação relativa aos processos de fabrico

Antes de continuar a descrever a metodologia adoptada, convém fazer um pequeno resumo dos processos de fabrico, para melhor compreensão das fases posteriores.

5.3.1. - Resumo dos processos de fabrico das peças críticas

Produção de peças simples

Os componentes da “nacelle” que foram objecto deste estudo são peças em chapa de alumínio. As chapas depois de debitadas ao armazém sofrem de início um processo de recorte e furação, que pode ser realizado pela máquina Trumatic (o mais vulgar) ou por máquinas reuters manuais. Se o processo de recorte foi efectuado na Trumatic e/ou há necessidade de tratamento térmico posterior, as peças terão que ir seguidamente a desgordurar.

Dependendo do estado de fornecimento da chapa, as peças podem ter necessidade de sofrer uma têmpera antes da primeira moldagem. Posteriormente as peças vão sofrer um processo de deformação plástica, que pode ser efectuado por moldagem ou estiragem.

As moldagens podem ser efectuadas quer na máquina Muller (apenas peças de grande dimensão como algumas peles interiores) quer na Hidroforming.

O número de moldagens depende da forma pretendida para a peça e do estado do material, havendo várias peças que necessitam de 3 moldagens e outras que só necessitam de duas ou uma moldagem.

A estiragem é necessária apenas para as peles exteriores e é realizada na máquina Muller-Est, sendo necessário apenas uma estiragem.

Entre moldagens ocorrem vários tratamentos térmicos, como têmperas (o mais vulgar) e recozimentos, e tratamentos de superfície como desgorduramento. O número máximo de tratamentos térmicos permitidos é de 3.

Durante todo o proceso de fabrico as peças sofrem pequenos processos como desempenos, recortes de patilhas e de orelhas, rebarbagens e contolos de qualidade.

As peles dos painéis, internas e externas, necessitam de um processo de pré-recorte no final do seu processo de fabrico, realizado na unidade de montagens e necessário para a fase de montagem posterior (soldadura por pontos).

Após a última têmpera as peças iniciam um processo de envelhecimento natural, sendo condição necessária este processo estar concluído para se poderem soldar por pontos.

Finalmente as peças sofrem as últimas operações como controlo final, marcações e entrada em armazém.

Montagens

O processo de fabrico da “nacelle” é composto por dois níveis: produção de peças simples (descrita acima) e montagem. Nesta última, combinam-se peças simples e quinquilharia através de processos de soldadura e de processos de ligação de peças por meios mecânicos (rebites, camlocks) para formar finalmente o produto final.

Na montagem existem fundamentalmente quatro operações:

- soldadura por pontos
- recorte, furação e dimpling
- montagem intermédias
- montagem final

Existem variadíssimos caminhos que as peças podem tomar nesta fase mas normalmente o percurso de montagem começa com a decapagem das peças que vão ser soldadas, estando então as peças prontas a ser soldadas e a formarem o primeiro conjunto. Posteriormente poderá haver pequenas operações de montagem como colocação de rebites, soldadura TIG, etc, onde se incorporam novos componentes. De seguida o conjunto formado irá ser recortado e furado, sofrendo depois um dimpling para futura colocação de camlocks. Concluída esta operação os conjuntos formados terão que sofrer um tratamento de conversão química de allodine 1000 (certos componentes, que não foram objecto de estudo, sofrem tratamentos electroquímicos).

Como última fase temos a montagem final onde se combinam os conjuntos formados, com peças simples e quinquilharia para formar os painéis da “nacelle”.

5.3.2 - “Routing sheets”

Após se ter seleccionado as peças críticas, propus-me então a preencher uma ficha para cada componente, onde se relataria todas as operações de fabrico a ele referentes. Este procedimento era de especial importância, principalmente para as peças que ainda não se encontravam nas gamas de fabrico.

Estas fichas, também chamadas de “routing sheets” ou “flow-process charts” são muito mais detalhadas que as cascatas pois mostram as operações e rotas requeridas para cada parte individual. Isto permite estudar directamente todo o processo de transformação, que pode ser visto como uma série de fluxos transformando inputs em

outputs. Além disso cria-se uma fonte de informação importantíssima para a futura realização do schedule de produção.

O sistema a descrever pode ser tão completo como se pretender, dependendo do processo particular em estudo. Tentou-se que contivesse todas as interações importantes do sistema, tendo havido sempre dificuldade em decidir o que devia ser incluído ou excluído e tentando não cair na tentação de tudo querer descrever o que seria manifestamente inútil além de aumentar em muito a complexidade do problema.

A análise destas fichas permite, entre outras, tirar importantes conclusões como:

- Podem algumas operações ser eliminadas, combinadas ou simplificadas ?
- Quem executa cada operação ?
- Para onde é conduzida cada operação ?
- Quando é executada cada operação ?
- Existem operações a criar engarrafamentos ?
- Como é cada operação feita ?

Esta recolha foi realizada, consultando o sistema FLAPS e os engenheiros, agentes de métodos e operários da DFB.

Este trabalho foi dificultado por a maior parte das peças não ter a sua gama de fabrico realizada, por às vezes a informação contida nas gamas ser insuficiente (p.ex. no sistema flaps as moldagens que ocorrem nas máquinas de moldar, seja a hidroforming, a muller ou qualquer outra, não se encontram diferenciadas por máquina) quer por às vezes ser excessiva em termos de operações.

5.3.3 - Estimação de tempos

Mas a simples descrição de todas as operações de fabrico não bastava. Era de crucial importância a recolha dos tempos relativos a cada operação isolada, sendo esta uma das condições necessárias e um dos factores que mais influencia um schedule.

As gamas de fabrico, para as peças que já as tinham realizadas, foram uma grande ajuda na recolha de tempos. De facto, nestas últimas, todas as operações estão descritas detalhadamente com os seus tempos de preparação e tempos unitários não havendo problemas de maior na sua recolha.

Como se verá adiante, as peças não serão produzidas unitariamente, mas sempre em lote, isto é, nas quantidades necessárias para satisfazer 8 “nacelles”. Ora isto traz um problema suplementar para as peças não descritas nas gamas. Para estas, não era apenas necessário estimar os tempos de um grande número de operações, mas também saber como estes serão afectados se as peças forem produzidas em lote. Todos os tempos foram estimados numa visão pessimista. A estimação baseou-se na percepção dos operários e dos técnicos do EFB, dada pela sua experiência, e na similaridade existente entre as peças com e sem gama de fabrico, o que permitiu a realização deste trabalho com certa segurança.

Como exemplo, mostra-se na figura nº 5.12 uma das fichas relativas a um determinado componente.

Como resumo de todas estas fichas apresentam-se os quadros nº 5.13 e 5.14, (para explicação destes, consultar a alínea seguinte) onde se mostra detalhadamente todas as operações de fabrico de todas as peças críticas, desde o débito do material até à entrada em armazém.e seus tempos por operação (sempre na quantidade necessária para completar 8 “nacelles”)

As operações encontram-se cronologicamente dispostas da esquerda para a direita.

Nos quadros nº 5.15 e 5.16 apresentam-se os tempos por operação das montagens mais importantes e que estão directamente ligadas às peças críticas. A maior parte das ordens de fabrico das operações de montagem, devido a factores como a validade temporal de certas operações (decapagem) e o elevado tempo de soldadura por pontos dos painéis, percorrem o seu ciclo de montagem unitariamente. Os tempos apresentados são assim tempos unitários.

5.3.4 -Considerações sobre as operações de fabrico consideradas

Débito - Esta operação é relativa ao débito do material, à sua saída do armazém com, se necessário, o nesting respectivo. Para esta operação foi considerado um tempo fixo, que não depende nem do tipo nem do número de peças.

TR - Recorte e furação de chapa na Trumatic. Os tempos desta operação dependem do tempo médio unitário de processamento por peça considerado para esta máquina não dependendo do tipo de peça. Isto não é necessariamente verdade pois os tempos dependem da dimensão e dos furos de cada peça. No entanto, por não haver informações detalhadas utilizou-se o tempo médio unitário de processamento desta máquina calculado pelos técnicos afectos a esta máquina.

R/F - Recorte e Furação com Reuter manual. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

D1,D2,D3 - Desengorduramento intermédio entre operações. Supõe-se que esta operação é realizada numa tina colocada na unidade de produção de peças em chapa. Actualmente isto não se passa mas a sua instalação preve-se para breve. Para qualquer peça o processo de desengorduramento dispense aproximadamente 30 minutos. No entanto, devido à reduzida dimensão da tina, e ao número e tamanho e das peças a desengordurar, foi necessário conhecer as restrições à sua capacidade. Assim peças há, como as peles depois de moldadas, que devido à sua dimensão e como percorrem o processo de fabrico em conjuntos de 8, necessitam de 2 ou 4 processos de desengorduramento para todas as peças sofrerem este processo, aumentando assim o tempo total desta operação.

Reb - Este item é relativo à operação de rebarbar. O tempo desta operação depende do tempo médio unitário de processamento considerado para a Gridingmaster, dependendo assim apenas do número de peças.

T.T.1,T.T.2,T.T.3 - Estes itens são relativos a tratamentos térmicos entre operações, geralmente têmperas, havendo alguns recozimentos. Na estimação dos tempos desta operação deparou-se com o mesmo problema relativo ao desengorduramento, devido ao espaço disponível no cesto do forno. Os tempos dependem do número e da dimensão de cada peça.

T.P. - Preparação da respectiva máquina de moldar ou estirar. Este item é relativo às operações de recolha de ferramentes, colocação de moldes e borrachas. Os tempos desta operação dependem do tipo de peça ou tipos de peças (hidroforming), não dependendo do número total de peças a moldar.

H1,H2,H3 - 1ª, 2ª e 3ª moldações na máquina Hidroforming. Os tempos desta operação dependem do tempo unitário de moldagem desta máquina, não dependendo do tipo de peças. No entanto peças há que têm moldes que fabricam várias peças iguais ao mesmo tempo reduzindo assim o número de moldagens necessário e consequentemente o seu número

M1,M2,M3 - 1ª, 2ª e 3ª moldações na máquina Muller. Os tempos desta operação dependem do tempo unitário de moldagem desta máquina não dependendo do tipo de peças.

Est - Estiragem na máquina Muller-Est. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

d1,d2 - desempenho entre moldações. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

O.V. - Este item é relativo a operações várias. Nele se incluem operações como recorte de patilhas e de orelhas, desempenho final e furação. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

d3 - desempenho final das peles. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

P.R. - Pré-recorte das peles, necessário para a soldadura por pontos. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

O.F. - Este item é relativo às operações finais das peças simples. Nele estão contidas operações como controlo final, marcação e entrada em armazém. Os tempos desta operação dependem do tipo e do número de peças.

T.E. - Este item é relativo ao envelhecimento natural que as peças sofrem posteriormente à última têmpera., sendo condição necessária este processo estar concluído para se iniciar a soldadura da peça. Todas as peças sofrem envelhecimento, mas por razões óbvias este processo só foi considerado para as peças que vão a soldar. Este processo têm uma duração de 4 dias.

Para todas as operações que dependem do número de peças (excepto desengorduramento e tratamentos térmicos) a estimação do tempo total de processamento foi calculado através do somatório do tempo unitário de processamento de cada tipo de peça.

5.3.5 - Equipas de trabalho

Estas operações são realizadas por equipas de trabalho diferentes, apresentando-se em baixo as que são realizadas pelas mesms equipas.

D1,D2,D3,T.T.1,T.T.2,T.T.3 - Equipa de Tratamentos Térmicos

T.P., H1,H2,H3,d1,d2,d3 e O.V.- Equipa Hidroforming

T.P., M1,M2,M3, d1,d2 e O.V.- Equipa Muller

T.P.,Est - Equipa Estiragem

as operações Débito, Tr, P.R. e O.F. são realizadas por equipas próprias. As operações R/F e Reb não têm uma equipa fixa sendo normalmente efectuadas pelas equipas que irão receber a peça posteriormente. De notar que estas equipas não existem formalmente, mas é assim que o trabalho está normalmente organizado. Os tempos foram estimados considerando a composição média destas equipas.

5.3.6 - Pesquisa constante de informação

De notar que durante os primeiros meses de estágio as listas de peças afectas à Hidroforming e à Trumatic variaram, ocorrendo frequentemente entrada de novas peças e em alguns casos saída de outras. Do mesmo modo o processo de fabrico de certas peças foi também alterado, o que obrigava a uma correção periódica da informação aqui recolhida. De facto muito tempo foi dispendido, na actualização e correção de todo o trabalho, que como se supõe ficava desactualizado e falseado com as alterações ocorridas.

As listas e quadros apresentados, são em principio os definitivos, sendo a base para todo o estudo posterior e no qual este se baseia.

Quadro nº 5.1 - Cascata painel pequeno esquerdo (FWD-LH)

Referência											Nomenclatura	
3	4	2	1	7	6	-	5	0	0	L		Panel Assy LH
	3	4	2	1	7	6	-	5	L			Weld Assy
		3	4	2	1	7	6	-	3	L		Panel
		3	4	2	1	7	6	-	4	L		Frame
		3	4	2	1	7	6	-	8			Louver

Quadro nº 5.2 - Cascata painel pequeno direito (FWD-RH)

Referência											Nomenclatura		
3	4	2	1	7	6	-	1	2				Panel Assy RH	
	3	4	2	1	7	6	-	2	3			Filler	
	3	4	2	1	7	6	-	2	5			Clip	
	3	4	2	1	7	6	-	2	7			Clip	
	3	4	2	1	7	6	-	1	6	-	0	1	Weld Assy
		3	4	2	1	7	6	-	1	8			Panel
		3	4	2	1	7	6	-	2	0			Frame
		3	4	2	1	7	6	-	8				Louver
	3	4	2	1	7	6	-	2	1	-	0	1	Doubler Assy
		3	4	2	1	7	6	-	2	1			Doubler
	3	4	2	1	7	6	-	2	9				Door Assy
		3	4	2	1	7	6	-	3	1			Door
		3	4	2	1	7	6	-	3	3			Strap
		3	4	2	1	7	6	-	3	5	-	0	Hinge Assy
		3	4	2	1	7	6	-	3	5			Hinge Half
		3	4	2	1	7	6	-	3	7			Hinge Half

Quadro nº 5.3 e 5.4 - Cascata painel plano direito e esquerdo (LWR-RH-LH)

Referência										Nomenclatura	Referência										Nomenclatura					
3	3	5	2	1	3	3	-	1			Panel Assy RH	3	3	5	2	1	3	2	-	1			Panel Assy LH			
	3	3	5	2	1	3	3	-	3		Welded Assy		3	3	5	2	1	3	2	-	3			Welded Assy		
	3	3	5	2	1	3	3	-	5		Filler		3	3	5	2	1	3	2	-	5			Filler		
	3	6	2	5	7	1	-	1	7		Outer Skin		3	3	5	2	1	3	3	-	7			Plate		
	3	6	2	5	7	1	-	4	3		Filler		3	6	2	5	7	0	-	2			Skin-Outer			
	3	6	2	5	7	1	-	4	5		Stiffener		3	6	2	5	7	0	-	3			Skin-Inner			
	3	6	2	5	7	1	-	4	7		Doubler		3	6	2	5	7	0	-	4			Doubler			
	3	6	2	5	7	1	-	2	5		Inner Skin		3	6	2	5	7	0	-	8			Doubler			
	3	3	5	2	1	3	2	-	7		Plate		3	6	2	5	7	0	-	9			Channel			
	3	3	5	2	1	7	9	-	2		Scoop Assy		3	3	5	2	1	7	9	-	1			Scoop Assy		
		3	3	5	2	1	7	9	-	4		Skin			3	3	5	2	1	7	9	-	3		Skin	
		3	3	5	2	1	7	9	-	6		Lip			3	3	5	2	1	7	9	-	5		Lip	
		3	3	5	2	1	7	9	-	7		Angle			3	3	5	2	1	7	9	-	7		Angle	
		3	3	5	2	1	7	9	-	9		Angle			3	3	5	2	1	7	9	-	9		Angle	
		3	3	5	2	1	7	9	-	1		Plate			3	3	5	2	1	7	9	-	1	1	Plate	
	3	4	5	3	6	8	-	3			Clip			3	4	5	3	6	8	-	3			Clip		
	3	4	6	0	4	8					Pivot Assy		3	4	6	0	4	8						Pivot Assy		
		3	4	6	0	5	1				Fitting			3	4	6	0	5	1					Fitting		
	3	4	8	6	5	1					Decal			3	4	8	6	5	1					Decal		
	3	4	6	0	5	4	-	9			Tube Assy			3	6	2	5	5	2	-	1			Hinge Assy		
		3	4	6	0	4	9				Fitting				3	6	2	5	5	2	-	2			Half Hinge	
		3	4	6	0	5	0				Clevis				3	6	2	5	5	2	-	3			Half Hinge	
		3	4	6	0	5	4	-	5		Tube				3	6	2	5	5	2	-	4			Pin	
	3	6	2	5	5	2	-	1			Hinge Assy				3	6	2	5	9	0	-	9			Tube Assy	
		3	6	2	5	5	2	-	2		Half Hinge					3	4	6	0	4	9			Fitting		
		3	6	2	5	5	2	-	3		Halfe Hinge						3	4	6	0	5	0			Clevis	
		3	6	2	5	5	2	-	4		Pin							3	6	2	5	9	0	-	6	Tube

Quadro nº 5.5 - Cascata painel curvo esquerdo (UP-LH)

Referência										Nomenclatura			
3	3	5	2	1	3	1	-	1			Panel Assy LH		
	3	3	5	2	1	3	1	-	5		Shim Laminated		
	3	3	5	2	1	3	1	-	7		Shim Laminated		
	3	3	5	2	1	4	0	-	1		Weld Assy LH		
		3	3	5	2	1	4	0	-	3	Skin		
		3	3	5	2	1	4	0	-	5	Inner Frame		
		3	3	5	2	1	4	0	-	7	Doubler		
		3	3	5	2	1	4	0	-	9	Plate		
	3	3	5	2	1	7	6	-	1		Hinge Fwd Assy		
		3	3	5	2	1	7	6	-	3	Hinge		
		L	S	3	5	3	5	2	-	9	P 3 5	Bushing	
	3	3	5	2	1	7	7	-	1		Hinge Mid Assy		
		3	6	2	5	6	9	-	1		Pin		
		3	3	5	2	1	7	7	-	3	Bracket		
			3	3	5	2	1	7	7	-	9	1	Bracket Casting
	3	3	5	2	1	7	8	-	1		Hinge Aft Assy		
		3	3	5	2	1	7	8	-	3	Hinge		
		L	S	3	5	3	5	2	-	9	P 3 5	Bushing	
	3	4	5	3	6	8	-	5			Clip		
	3	4	6	0	4	8					Pivot Assy		
		3	4	6	0	5	1				Fitting		
	3	4	8	6	5	1					Decal		
	3	6	2	5	4	4	-	1	0		Filler		
	3	6	2	5	4	4	-	1	8	L	Bracket		
	3	6	2	5	4	4	-	1	9		Hose		
	3	6	2	5	4	4	-	4	3		Angle		
	3	6	2	5	4	4	-	4	5		Angle		
	3	6	2	5	4	4	-	4	7		Angle		
	3	6	2	5	4	4	-	4	9		Angle		
	3	6	2	5	9	0	-	7			Tube Assy		
		3	6	2	5	9	0	-	2		Tube		
		3	4	6	0	4	9				Fitting		
		3	4	6	0	5	0				Clevis		
		3	4	6	0	5	4	-	7		Tubing Irradiated		
	3	6	2	6	1	2	-	1			Fitting Assy		
		3	6	2	6	1	2	-	9	9	9	Fitting	
	3	6	3	9	7	1	-	1	1		Vent Assy		
		3	6	3	9	7	1	-	1	3	Weld Assy		
			3	6	3	9	7	1	-	4	L	Skin	
			3	6	2	5	7	3	-	7	Frame		
			3	6	3	9	7	1	-	7	L	Stiffener	
			3	6	3	9	7	1	-	9	L	Douber	
		3	6	3	9	7	1	-	1	5	Weld Assy		
			3	6	3	9	7	1	-	1	7	Chanel	
			3	6	2	6	1	7	-	1	L	Deflector Assy	
			3	6	2	6	1	7	-	2	Deflector		
			3	6	2	6	1	7	-	3	Plate		
			3	6	2	6	1	7	-	4	Tube		
	3	8	9	0	9	2	-	5			Decal		

Quadro nº 5.6 - Cascata painel curvo direito (UP-RH)

Referência										Nomenclatura		
3	3	5	2	1	3	1	-	2			Panel Assy RH	
	3	3	5	2	1	3	1	-	3		Doubler	
	3	3	5	2	1	3	1	-	5		Shim Laminated	
	3	3	5	2	1	3	1	-	7		Shim Laminated	
	3	3	0	5	6	3	3	-	3		Marker	
	3	3	5	1	6	2	8	-	1		Doubler-Vent Duct	
	3	3	5	2	1	4	0	-	2		Weld Assy RH	
		3	3	5	2	1	4	0	-	4	Skin	
		3	3	5	2	1	4	0	-	6	Inner Frame	
		3	3	5	2	1	4	0	-	7	Doubler	
		3	3	5	2	1	4	0	-	9	Plate	
3	3	5	2	1	7	6	-	2			Hinge Fwd Assy	
		3	3	5	2	1	7	6	-	4	Hinge	
		L	S	3	5	3	5	2	-	9	P 3 5	Bushing
3	3	5	2	1	7	7	-	2			Hinge Mid Assy	
		3	6	2	5	6	9	-	1		Pin	
		3	3	5	2	1	7	7	-	4	Bracket	
			3	3	5	2	1	7	7	-	9 2	Bracket Casting
3	3	5	2	1	7	8	-	2			Hinge Aft Assy	
		3	3	5	2	1	7	8	-	4	Hinge	
		L	S	3	5	3	5	2	-	9	P 3 5	Bushing
3	3	5	2	1	8	3	-	1			FadecNiu-Vent Duct	
		3	3	5	2	1	8	3	-	3	Receptacle Assy	
			3	3	5	2	1	8	3	-	9	Band
			3	3	5	2	1	8	3	-	1	Plate
			3	3	5	2	1	8	3	-	1	Wrap
			3	3	5	2	1	8	3	-	1	Top
			3	3	5	2	1	8	3	-	1	Lip
			3	3	5	2	1	8	3	-	1	Tube
			3	3	5	2	1	8	3	-	2	Ramp
			3	3	5	2	1	8	3	-	2	Segment
		3	3	5	2	1	8	3	-	5	Vent Outlet Assy	
			3	3	5	2	1	8	3	-	9	Band
			3	3	5	2	1	8	3	-	2	Top
			3	3	5	2	1	8	3	-	2	Plate
			3	3	5	2	1	8	3	-	2	Lip
			3	3	5	2	1	8	3	-	3	Side
			3	3	5	2	1	8	3	-	3	Side
			3	3	5	2	1	8	3	-	7	Duct
		3	4	5	3	6	8	-	5		Clip	
		3	4	6	0	4	8				Pivot Assy	
			3	4	6	0	5	1			Fitting	
		3	4	8	6	5	1				Decal	
					Continua							

Quadro nº 5.7 -Lista de peças Trumatic

P/N	Nome	Painel	Material	Espessura	Quantidade	Q.T
342176-8	Louver*	FWD-LH	2024-O-CLAD	0.032	2	32
342176-8	Louver*	FWD-RH	2024-O-CLAD	0.032	2	
342176-21	Doubler	FWD-RH	2024-O-CLAD	0.063	1	8
3352132-5	Filler	LP-LH	2024T3	0.063	1	8
3352133-7	Plate	LP-LH	2024T3	0.063	1	8
342176-23	Filler	FWD-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
342176-25	Clip	FWD-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
342176-27	Clip	FWD-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
342176-33	Strap	FWD-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
3352140-5	Inner Frame	UP-LH	2024T3CLAD	0.032	1	8
362539-2	Door	UP-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
363971-9R	Doubler	UP-RH	2024T3CLAD	0.032	1	8
363971-9L	Doubler	UP-LH	2024T3CLAD	0.032	1	8
362570-8	Doubler	LP-LH	2024T3CLAD	0.032	1	8
362570-9	Channel	LP-LH	2024T3CLAD	0.032	1	8
3352140-6	Inner Frame	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	8
3352140-7	Doubler*	UP-LH	2024T3CLAD	0.04	4	64
3352140-7	Doubler*	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	4	
3352140-9	Plate*	UP-LH	2024T3CLAD	0.04	1	16
3352140-9	Plate*	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	
362544-10	Filler*	UP-LH	2024T3CLAD	0.04	1	16
362544-10	Filler*	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	
362544-57	Spacer	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	8
363971-4R	Skin	UP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	8
363971-4L	Skin	UP-LH	2024T3CLAD	0.04	1	8
362570-4	Doubler	LP-LH	2024T3CLAD	0.04	1	8
362571-45	Stiffener	LP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	8
362571-47	Doubler	LP-RH	2024T3CLAD	0.04	1	8
3352132-7	Plate	LP-RH	2024T3CLAD	0.063	1	8
3352133-5	Filler	LP-RH	2024T3CLAD	0.063	1	8
342176-31	Door	FWD-RH	2024T3CLAD	0.063	1	8
362571-43	Filler	LP-RH	2024T3CLAD	0.063	1	8
362539-10	Retainer	UP-RH	2024T3CLAD	0.072	1	8
362539-9	Clip	UP-RH	2024T3CLAD	0.072	1	8
3352131-3	Doubler	UP-RH	2024T3CLAD	0.08	1	8
3352179-5	Lip	LP-LH	6061-O BARE	0.063	1	8
3352179-6	Lip	LP-RH	6061-O BARE	0.063	1	8
362617-3	Plate*	UP-RH	6061-T4	0.032	1	16
362617-3	Plate*	UP-LH	6061-T4	0.032	1	
363971-2L	Deflector	UP-LH	6061-T4	0.032	1	8
363971-2R	Deflector	UP-RH	6061-T4	0.032	1	8
3352179-1	Plate*	LP-RH	6061-T6	0.032	2	32
3352179-1	Plate*	LP-LH	6061-T6	0.032	2	
3352179-7	Angle*	LP-RH	6061-T6	0.032	1	16
3352179-7	Angle*	LP-LH	6061-T6	0.032	1	
3352179-9	Angle*	LP-RH	6061-T6	0.032	1	16
3352179-9	Angle*	LP-LH	6061-T6	0.032	1	
363971-17	Channel	UP-LH	7075-T6-CLAD	0.032	1	8
363971-18	Channel	UP-RH	7075-T6-CLAD	0.032	1	8

Quadro nº 5.8 - Lista de peças Hidroforming

P/N	Nome	Painel	Quantidade
3352132-5	Filler	LP-LH	8
3352133-7	Plate	LP-LH	8
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	8
362570-4	Doubler	LP-LH	8
3352179-3	Skin	LP-LH	8
3352179-5	Lip	LP-LH	8
3352179-9	Angle*	LP-LH	8*
3352133-5	Filler	LP-RH	8
362571-45	Stiffener	LP-RH	8
362571-25	Inner Skin	LP-RH	8
3352132-7	Plate	LP-RH	8
3352179-4	Skin	LP-RH	8
3352179-6	Lip	LP-RH	8
3352179-9	Angle*	LP-RH	8*
363971-4L	Skin	UP-LH	8
363971-7L	Stiffener	UP-LH	8
363971-9L	Doubler	UP-LH	8
362917-2L	Deflector	UP-LH	8
3352131-3	Doubler	UP-RH	8
362539-9	Clip	UP-RH	8
362539-10	Retainer	UP-RH	8
363971-4R	Skin	UP-RH	8
362571-7R	Stiffener	UP-RH	8
363971-9R	Doubler	UP-RH	8
362617-2R	Deflector	UP-RH	8

Quadro nº 5.9 - Lista de peças Muller-Est

P/N	Nome	Painel	Quantidade
362570-2	Outer-Skin	LP-LH	8
342176-18	Panel	FWD-RH	8
342176-3L	Panel	FWD-LH	8
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	8
3352140-4	Skin	UP-RH	8
3352140-3	Skin	UP-LH	8

Quadro nº 5.10 - Lista de peças Muller

P/N	Nome	Painel	Quantidade	Nºmold./peça
342176-4L	Frame	FWD-LH	8	2
342176-20	Frame	FWD-RH	8	2
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	8	3
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	8	3

Quadro nº 5.11 - Lista de conjuntos a soldar por pontos

P/N	Nome	Painel	Quantidade
342176-5L	Weld Assy	FWD-LH	8
342176-12	Weld Assy	FWD-RH	8
3352133-3	Welded Assy	LP-RH	8
3352132-3	Welded Assy	LP-LH	8
3352140-2	Weld Assy RH	UP-RH	8
3352140-1	Weld Assy LH	UP-LH	8
3352179-2	Scoop Assy	UP-RH	8
3352179-1	Scoop Assy	UP-LH	8
363971-14	Weld Assy	UP-RH	8
363971-13	Weld Assy	UP-LH	8
362539-3	Door Assy	UP-RH	8

Figura nº 5.12 - "Routing sheet" de um componente da "nacelle"

"Routing-sheet nacelle C-130"

Part Number 3352179-6 Quant. 2 S.S. 8
 Nomenclatura Lip Painel LP-RH
 Nível 3

Operação	Descrição	Tempo	Equipa de trabalho
1	Débito	60 min	Armazém
2	Rec. Trumatic	30 min	TRM
3	Desengordurar	30 min	T.T.
4	Prep. Hidroform	10 min	Hidro
5	Moldar	40 min	Hidro
6	Desempeno	20 min	Hidro
7	Desengordurar	30 min	T.T.
8	Têmperar	50 min	T.T.
9	Moldar	40 min	Hidro
10	Operações Várias	120 min	Hidro
11	Operações Finais	120 min	
12			

OBSERVAÇÕES :

m.g.

Quadro nº 5.13 - Peças Hidroforming, Tempos por operação (2 Shipsets)

P/N	Nome	Panel	Débito	Tr	R/F	D1	Reb	T.T.1	T.P.	H1	d1	D2	T.T.2	H2	d2	D3	T.T.3	H3	M3	d3	P.R.	O.V.	O.F.	T.E.	
3352132-5	Filler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40									120	120	4d
3352133-7	Plate	LP-LH	60	30		30			10	20													120	200	
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	60		40				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40			400	960		240	4d
362570-4	Doubler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40									80	120	4d
3352179-3	Skin	LP-LH	60		20	30		50	15	40			50										360	200	4d
3352179-5	Lip	LP-LH	60	30		30			10	40	20	30	50	40									120	120	
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	60	60		30			10	20													40	120	
3352133-5	Filler	LP-RH	60	30		30			10	10													120	120	
362571-45	Stiffener	LP-RH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40									80	120	4d
362571-25	Inner Skin	LP-RH	60		40				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40			400	960		240	4d
3352132-7	Plate	LP-RH	60	30		30			10	20													120	200	
3352179-4	Skin	LP-RH	60		20	30		50	15	40			50										360	200	4d
3352179-6	Lip	LP-RH	60	30		30			10	40	20	30	50	40									120	120	
363971-4L	Skin	UP-LH	60	30		30	20	50	15	40		30	50	40									120	200	4d
363971-7L	Stiffener	UP-LH	60		20	30		50	10	40													160	120	
363971-9L	Doubler	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40													200	120	4d
362617-2L	Deflector	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40													160	120	
3352131-3	Doubler	UP-RH	60	30		30			10	40	40	30	50	40	40	30	50	40					200	120	
362539-9	Clip	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40													80	120	4d
362539-10	Retainer	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40													80	120	4d
363971-4R	Skin	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40		30	50	40									120	200	4d
362571-7R	Stiffener	UP-RH	60		20	30		50	10	40													160	120	
363971-9R	Doubler	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40													200	120	4d
362617-2R	Deflector	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40													160	120	

Quadro nº 5.14 - Peças Muller e Muller-Est, Tempos por operação

P/N	Nome	Panel	Débito	Tr	R/F	D1	T.T.1	T.P.	M1	Est	D2	T.T.2	M2	D3	T.T.3	M3	P.R.	O.F.	T.E.
342176-4L	Frame	FWD-LH	60		20			120	120		60	100	120				480	240	4d
342176-20	Frame	FWD-RH	60		20			120	120		60	100	120				480	240	4d
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	60	30				240	120		120	100	120	120	100	120	720	240	4d
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	60	30				240	120		120	100	120	120	100	120	720	240	4d
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	60		20	30	50	120		160							720	240	4d
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	60		20	30	50	120		160							720	240	4d
3352140-3	Skin	UP-LH	60		20	30	50	120		160							720	240	4d
3352140-4	Skin	UP-RH	60		20	30	50	120		160							720	240	4d
342176-18	Panel	FWD-RH	60			30	50	120		160							480	240	4d
342176-3L	Panel	FWD-LH	60			30	50	120		160							480	240	4d

Quadro nº 5.15 - Subconjuntos soldados principais e secundários, Tempos unitários por operação

P/N	Nome	Painel	Decapagem	T. Sol.Unit.	T.Rec.Unit.	T.Dim.Unit.	Outras Oper.	T.E.
3352133-3	Welded Assy	LP-LH	1 dia	15h	1hora	2 horas		1dia
3352132-3	Welded Assy	LP-RH	1 dia	15h	1hora	2 horas		1dia
3352140-2	Weld Assy RH	UP-RH	1 dia	10h	1hora	2 horas		1dia
3352140-1	Weld Assy LH	UP-LH	1 dia	10h	1hora	2 horas		1dia
342176-5L	Weld Assy	FWD-RH	1 dia	8h	1hora	1hora		1dia
342176-16-01	Weld Assy	FWD-LH	1 dia	8h	1hora	1hora		1dia
362539-1	Door Assy	UP-RH	1 dia	20m			8 horas*	1dia
363971-14	Weld Assy	UP-RH	1 dia	23m			5 horas*	1dia
363971-13	Weld Assy	UP-LH	1 dia	23m			5 horas*	1dia
3352179-1	Scoop Assy	LP-RH	1 dia	16m			3dias*	1dia
3352179-3	Scoop Assy	LP-LH	1 dia	16m			3dias*	1dia

* Tempos totais (8 conjuntos)

Quadro nº 5.16 - Conjuntos finais, Tempos unitários

P/N	Nome	Painel	Tempo unitário
3352132-1	Panel Assy LH	LP-LH	2 horas
3352131-2	Panel Assy RH	LP-RH	2 horas
3352131-1	Panel Assy LH	LP-LH	2.5 horas
3352131-2	Panel Assy RH	LP-RH	2.5 horas
342176-500L	Panel Assy LH	LP-LH	1 hora
342176-12	Panel Assy RH	LP-RH	1 hora

Capítulo 6

Abordagem para a resolução do problema da programação de operações

Neste capítulo tenta-se demonstrar a complexidade da programação das operações fabris em processos intermitentes, descrever algumas das abordagens mais utilizadas para resolver este problema, e finalmente descrever a metodologia adoptada.

6.1 - Níveis de planeamento estratégico

Em Pina Marques [1993], podemos encontrar as decisões relativas ao planeamento da produção divididas em 3 diferentes níveis: planeamento estratégico, planeamento tático e planeamento operacional. O planeamento estratégico ocupa-se essencialmente com a definição de políticas de gestão e com o desenvolvimento dos recursos necessários para as concretização dos objectivos fixados. O planeamento tático já se preocupa com a fixação de metas intermédias destinadas a alcançar os objectivos propostos e na afectação eficaz dos recursos disponíveis de modo a conseguir-se satisfazer a procura e as necessidades tecnológicas tendo em conta custos e receitas respectivas. O planeamento operacional lida com as operações correntes, do dia a dia e toma decisões relacionadas com a programação dessas operações. Quanto mais baixo for o nível das decisões, maior é o detalhe de informação necessário e menor é o horizonte de planeamento. Assim a programação das operações (scheduling) situa-se no fim da hierarquia do sistema de planeamento.

6.2 - Objectivos de um schedule

As decisões de scheduling relacionam e atribuem a capacidade e os recursos (equipamento ou trabalhadores) a actividades e tarefas ao longo do tempo indicando o que tem que ser feito, quando, por quem e com que equipamento.

Um scheduling procura atingir vários objectivos conflituosos entre si : eficiência elevada, baixos inventários e um bom serviço ao consumidor.

A máxima eficiência é atingida por um schedule que consegue uma grande utilização de trabalho, equipamento e espaço. Por outro lado procura também manter baixos inventários, que infelizmente podem levar a baixa eficiência devido à falta de material disponível e devido a elevados tempos de "setup". Um compromisso entre estas duas opções tem assim que ser tomado.

6.3. - Problemática dos processos intermitentes

Relativamente a processos intermitentes constatamos que cada unidade move-se tipicamente com muitas paragens e arranques. Este fluxo irregular é devido fundamentalmente ao layout dos processos intermitentes. O inventário das peças em curso de fabrico aumenta ou se formam grandes filas de espera tornando a definição do scheduling complexa e difícil.

O problema do "job-shop" (ou dos processos intermitentes, que é o caso em estudo) consiste na definição de um plano para o fabrico de um conjunto de n ordens de fabrico cujas operações são realizadas em m máquinas, o que o torna num problema de natureza combinatória. Recorrendo ao cálculo combinatório constata-se que existem $(n!)^m$ soluções possíveis !!!

Grande atenção tem sido dada na literatura na obtenção de algoritmos que forneçam uma sequência óptima de operações. Tipicamente, estes algoritmos optimizam uma ou mais medidas de performance, relacionadas com a conclusão das ordens de fabrico, com as datas devidas de entrega e com os custos associados ao nível de stocks e de utilização do equipamento ou trabalho. Infelizmente estes métodos estão sujeitos a um grande número de restrições, o que em muito limita a sua aplicação a problemas de dimensão industrial. Como exemplo dão-se duas destas restrições extremamente limitativas à sua aplicação no caso em estudo.

- Uma máquina só pode processar uma operação de cada vez (a máquina hidroforming, sem dúvida a mais importante para este estudo e com maiores engarrafamentos apresenta como uma das suas grandes vantagens o facto de poder moldar várias peças diferentes ao mesmo tempo, para não falar na Trumatic que recorta e fura dezenas de peças ao mesmo tempo)

- Só pode existir uma máquina de cada tipo na oficina (pressuposto que falha na soldadura onde existem 2 máquinas de soldar por pontos e onde qualquer conjunto pode ser soldado, indiscriminadamente).

Além disto os métodos de optimização apenas são válidos para situações em que o número máximo de máquinas é de 3.

Como exemplo de métodos de optimização temos os métodos de enumeração explícita e de enumeração implícita como o branch and bound, a programação dinâmica e a programação matemática. Embora estes algoritmos tenham bastante interesse teórico, não têm sido muito aplicados na prática. No âmbito deste estágio, devido ao que está descrito anteriormente e ao tempo necessário (do qual não se dispunha) para implementar estes algoritmos em computador, estes métodos não foram utilizados.

Quando os problemas a tratar são de grande dimensão ou complexidade, parece ser inevitável a utilização de métodos heurísticos, o que permite obter de uma

forma eficiente soluções satisfatórias, sem no entanto haver a garantia de serem ótimas.

6.4. - Métodos heurísticos

Existem vários métodos heurísticos que podem ser utilizados individualmente ou em conjunto :

Loading - Este método não desenvolve um scheduling preciso, tendo antes como objectivo ter uma ideia aproximada deste. Este método usa um tempo médio de espera para as tarefas em cada posto para determinar o progresso das ordens de fabrico.

Existem fundamentalmente 2 variações deste método: O Forward Loading, em que se parte do tempo actual e em que as tarefas são atribuídas progressivamente ao longo do tempo, e o Backward Loading, em que se começa na data devida de entrega e se atribuem as tarefas regressivamente ao longo do tempo. Em ambas pode-se assumir capacidade finita ou infinita. Atrasando ou adiantando as datas de início das operações e respeitando obviamente as folgas de cada operação pode-se nivelar a carga de cada máquina ou trabalhador de modo a não se ultrapassar a capacidade da mesma ou até para manter um nivelamento das cargas diárias de modo a estas serem mais ou menos constantes.

Sequencing - Aqui a preocupação está em desenvolver uma ordem ou sequência exacta de processamento do trabalho, não se atribuindo tempos médios de espera. É o caso dos conhecidos mapa de Gantt. As tarefas são atribuídas progressivamente ao longo do tempo, supondo capacidade finita das máquinas ou da força de trabalho. Este método é mais preciso que o anterior pois considera as interferências de trabalhos e toma em consideração os tempos de espera efectivos. No entanto, os mapas de Gantt tornam-se bastante complexos quando existem várias máquinas e quando os tempos não são precisos. Apesar disto, dá uma boa previsão da capacidade necessária e das datas de finalização das ordens de fabrico.

Dispatching Rules (regras de sequenciamento) - estas regras determinam que ordem de fabrico deve ser seleccionada para ser efectuada a seguir, dentro de várias que se encontram em fila de espera. Quando uma máquina ou trabalhador fica disponível é aplicada uma dispatching rule e seleccionada a tarefa seguinte. Estas regras atribuem assim prioridades às ordens de fabrico disponíveis para serem processadas. Estas prioridades são definidas a partir dos atributos das ordens de fabrico, das operações e das máquinas. As regras de sequenciamento dizem-se estáticas se a prioridade atribuída a uma determinada ordem de fabrico não é função do tempo, e dizem-se dinâmicas se essa prioridade varia ao longo do tempo.

As regras de sequenciamento mais utilizadas segundo Pina Marques [1993], são:

FIFO - ("First In First Out") em que as ordens de fabrico são processadas pela ordem de chegada á máquina.

EDD - ("Earliest Due Date") as ordens de fabrico são processadas por ordem crescente das respectivas datas devidas de entrega.

MWKR - ("Most Work Remaining) - selecciona-se para processar em primeiro lugar a ordem de fabrico com o maior valor da soma das durações das operações ainda por realizar.

Min.SLACK - é processada em primeiro lugar a ordem de fabrico que tem menor folga. Entende-se por folga a diferença entre o tempo que falta até à data devida de entrega e o somatório dos tempos das operações que faltam processar.

E muitas outras como SLACK/NOP, SLACK/RPT, WINK, NINQ, SPT, CR ,etc.

As principais vantagens da abordagem através da utilização de regras de sequenciamento são, segundo Pina Marques [1993],:

- Execução em tempo polinomial
- Fácil implementação
- Fácil compreensão pelo utilizador
- Grande flexibilidade na escolha das regras e na sua adaptação a situações específicas da produção
- Ampla informação apoiada em muito trabalho de investigação nesta área

6.5 - Metodologia adoptada

Combinando o loading com o controlo dos inputs e outputs, e utilizando regras de sequenciamento, consegue-se gerar um scheduling eficiente, com grande aproximação à realidade e de fácil implementação. Com o loading as tarefas serão atribuídas progressivamente conseguindo-se que a capacidade não seja excedida ou que esteja disponível quando necessária, a atenção dada aos inputs e outputs controlará a libertação de trabalho de modo a não haver sobreposição de ordens, e as regras de sequenciamento servirão para gerir as tarefas a efectuar de modo a atingir as desejadas datas devidas de entrega. Esta foi a metodologia aplicada de modo a definir um

schedule para a produção da “nacelle”, por se achar a mais apropriada à realização dos objectivos propostos.

Factores como a simplicidade do processo de definição do schedule, quando comparado com os outros métodos, que normalmente apresentam grande complexidade, pouca exequibilidade e muitas restrições, o pouco tempo disponível para desenvolver um programa computurizado que permitisse a aplicação de métodos de optimização, e as características próprias do processo de fabrico que envolve dezenas de peças, múltiplas máquinas, dezenas de operações de fabrico e vários factores especiais inerentes às máquinas e às peças (só possíveis de tratar, em muitos casos, manualmente) levaram à aplicação, sempre que possível, da metodologia descrita anteriormente.

Uma metodologia baseada no sistema MRP foi pensada de modo a poder resolver o problema da elaboração do scheduling de produção da “nacelle”. No entanto esta foi abandonada devido fundamentalmente às especificidades deste processo de fabrico, que aumentavam bastante a complexidade do problema, e também pela complexidade em resolver as sobrecargas de capacidade das máquinas e a sobreposição de ordens de fabrico (resolvidas através de métodos iterativos). No entanto, ideias típicas do sistema MRP foram utilizadas como a explosão dos componentes da “nacelle”, a definição das quantidades a fabricar de cada componente e a definição clara das precedências. Como é evidente um sistema da complexidade do MRP e os seus objectivos ultrapassam em muito o âmbito deste estágio.

Capítulo 7

Estudo e programação das operações de montagem

7.1 - Introdução

O processo de fabrico da “nacelle” é constituído por 2 fases claramente distintas entre si : Produção de peças simples e Montagem. Estas 2 fases irão ser tratadas separadamente, tendo no entanto sempre em atenção a relação entre elas e suas dependências.

Como é natural analisarei primeiro a montagem e especialmente a soldadura por pontos, que como se verá condiciona todo o processo de produção de peças simples e as fases de montagens posteriores.

Seguirei assim um espécie de backward loading na medida em que começaremos primeiro pela definição do scheduling da montagem, e só posteriormente definiremos o schedule da produção de peças simples, de modo a abastecer a montagem. Dentro de cada uma destas fases utilizarei um sistema de forward loading (sem atribuição de tempos médios de espera), com controlo de inputs e outputs e utilizando regras de sequenciamento de modo a cumprir com as datas devidas de entrega. De notar que nenhuma destas fases pode demorar mais de um mês, não sendo em princípio permitidos stocks.

7.2 - Características da montagem

Como já foi dito anteriormente, na montagem combinam-se peças simples e quinquilharia através de processos de soldadura e de processos de ligação de peças por meios mecânicos (rebites,camlocks) para formar finalmente o produto final. Nos quadros nº 5.1 a 5.6, (capítulo 5) é considerado montagem todos os part-numbers que contenham outros part-nombres dependentes, de nível inferior. Teremos assim 6 montagens finais (nível 1) correspondentes ao estado final dos 6 paineis contituintes da “nacelle”. Estas montagens contêm por sua vez outras submontagens, peças simples e quinquilharia (nível 2). Cada submontagem pode conter por sua vez subsubmontagens (nível 3), e assim consecutivamente. Alguns destes subconjuntos têm operações de soldadura por pontos (os mais importantes). Todos os subconjuntos soldados por pontos serão aqui tratados, assim como todos os seus subconjuntos a jusante ou conjuntos a montante. Os outros não serão considerados por serem de menor importância e não condicionarem o processo. Supõe-se sempre que estes estarão disponíveis quando necessário.

Vale a pena lembrar que a montagem é fundamentalmente constituída por processos de soldadura por pontos, recortes e furações, dimplings e montagens finais (cravação de rebites, camlocks, etc). No início do processo e antes da montagem final é necessário aplicar vários tratamentos de superfície como decapagens e tratamentos de alodine.

A soldadura por pontos tem um papel importantíssimo no ciclo de produção, sendo a operação mais crítica e aquela em relação à qual se terá que ser mais exigente no cumprimento do schedule. Vejamos algumas características deste processo :

→ Existem 2 máquinas de soldar por pontos, onde qualquer conjunto pode ser soldado indiscriminadamente.

→ Existem claramente dois tipos de subconjuntos soldados:

Subconjuntos soldados principais - Têm grandes tempos unitários de soldadura e são constituídos pelos 2 subconjuntos principais dos painéis planos (LH e RH), pelos 2 subconjuntos principais dos painéis curvos e pelos 2 subconjuntos principais dos painéis pequenos. Todos são de nível 2.

As suas operações de fabrico são decapagem-soldadura por pontos - recortar e furar-dimplingar-allodine. São os 6 primeiros conjuntos da fig nº 7.1

Subconjuntos soldados secundários - São em número de 5 e têm tempos unitários de soldadura relativamente baixos. Alguns são de nível 2 e outros de nível 3.

As suas operações são decapagem-soldadura por pontos- outras operações.

→ Devido à necessidade de as peças ou conjuntos a soldar estarem decapados, e por este tratamento ter uma validade de 24 horas, o início e o fim do processo de soldadura de cada conjunto tem que ocorrer no mesmo dia, sob pena de o conjunto necessitar de ir a decapar pela 2ª vez.

→ Existem 3 equipas a trabalhar nesta fase. A equipa da soldadura por pontos que trabalhará a dois turnos diários, a equipa que efectuará o recorte, furação e dimpling que trabalhará a 1 turno diário e a equipa das montagens que também trabalhará a 1 turno diário, sendo 1 turno 8 horas de trabalho. Todas estas equipas e máquinas necessárias estão totalmente dedicadas ao programa da "nacelle".

7.3 - Soldadura - Condicionante de todo o processo

Se olharmos atentamente para os tempos por operação, quadros nº 7.1 e 7.2, vimos que a soldadura por pontos destaca-se claramente das restantes operações. A soldadura dos subconjuntos principais dos painéis planos (LWR-RH e LWR-LH) demora 15 horas cada, dos painéis curvos 10 horas (UPPER-LH e UPPER-RH) e dos painéis pequenos (FWD-RH e FWR-LH) 8 horas cada. Os processos de recorte e furação, dimpling e tratamento de superfície para os subconjuntos soldados, e as montagens finais para os conjuntos finais têm tempos relativamente baixos em relação aos da soldadura por pontos.

Vamos analisar um pouco estes tempos. Se tomar em consideração apenas os conjuntos principais e considerarmos a existência de 2 turnos na soldadura por pontos (1 é manifestamente insuficiente e 3 está fora de questão) notamos que são necessários 20 dias úteis, para soldar estes mesmos painéis. Ora vejamos, com 16 horas de trabalho diário e com 2 máquinas de soldar, consegue-se em 8 dias soldar os conjuntos principais dos painéis planos necessários para completar 2 "shipsets" (8 LH e 8 RH), da mesma maneira são necessários 8 dias para soldar os conjuntos principais dos painéis curvos (8 LH e 8 RH) e 4 dias para soldar os painéis pequenos (8 RH e 8 LH) soldando-se em cada dia 4 painéis pequenos (2 LH e 2 RH).

Nos dias da soldadura dos painéis curvos ficam 6 horas diárias por preencher ao passo que nos outros dias o trabalho e as máquinas são intensamente aproveitados.

Tendo um mês em média 22 dias úteis e sendo esta a duração limite para esta fase, verificamos que restam dois dias para o recorte e furação, dimpling, tratamento de superfície e montagem final dos últimos painéis a soldar. O recorte e furação e o dimpling fazem-se facilmente em menos de um dia. Os tratamentos de Allodine têm tempos muito variáveis devido ao facto de serem efectuados numa outra divisão. No entanto é uma boa aproximação supor que se se entregar um painel para sofrer um tratamento no final do dia, no início do dia seguinte este estará disponível para ser montado (a Divisão de Motores trabalha por turnos). A montagem é facilmente efectuada no dia seguinte. Ora isto dá um mês exacto, duração esta que não pode, em princípio ser dilatada sob pena de não se entregarem 8 "nacelles"/mês. Confirma-se assim a importância vital que o processo de montagem, especialmente a soldadura desempenha no ciclo de produção, sendo a operação condicionante de todo o processo.

Vêmo-nos assim obrigados a considerar mais de um mês de ciclo de produção. No primeiro mês começár-se-ão a produzir as peças simples cujo scheduling estará dependente das datas devidas da soldadura por pontos, e logo que possível, arrancará a montagem de modo a reduzir ao mínimo o ciclo de produção. A produção terá então que estar bem afinada e bem estruturada de modo a conseguir fornecer no prazo certo as peças para montagem, sob pena de se ocorrerem atrasos, a soldadura ficar parada, o que implicaria a não entrega mensal dos 2 "shipsets".

Tem-se então que definir um scheduling inicial para a soldadura por pontos e montagens posteriores para se poder definir posteriormente um scheduling para a produção, dependente e baseado no da montagem.

7.4 - Calendarização da montagem

Sendo a soldadura por pontos a operação condicionante de todo o processo, é sobre este que terá que se prestar maior atenção, pois condiciona os processos a jusante e a montante. As operações a jusante, têm tempos pouco importantes e não provocam problemas de maior. Devido ao pouco tempo disponível, assim que cada painel é soldado segue imediatamente para as fases posteriores, não provocando filas de espera.

Haverá quase sempre 2 ordens de fabrico a desenrolarem-se ao mesmo tempo devido à existência das 2 máquinas de soldar, seguindo as ordens para as fases posteriores em conjunto.

Relativamente à soldadura tomou-se como regra soldar ao mesmo tempo nas 2 máquinas um painel esquerdo e um direito do mesmo tipo, devido às seguintes causas: só existe uma máscara de soldadura para cada conjunto o que equivale a dizer que só se poderá soldar um tipo de conjunto de cada vez e por outro lado as afinidades várias que existem entre os conjuntos esquerdos e direitos do mesmo tipo levam a que seja recomendável irem a recortar e a montar ao mesmo tempo.

O schedule aqui apresentado, por não apresentar grande complexidade e ser de fácil compreensão, não se encontra aqui muito detalhado. O único objectivo deste capítulo inicial é apresentar as linhas gerais tomadas, linhas essas que justificarão muitas das opções tomadas na produção de peças simples. No final deste relatório apresenta-se exaustivamente em anexo a montagem integrada com a produção, mostrando-se as ordens de fabrico, suas durações, precedências, etc, de uma bastante mais detalhada.

7.4.1 - Subconjuntos principais

Vamos para já só considerar os subconjuntos principais, planos, curvos e pequenos. Como todos eles têm que estar prontos na mesma data (fim do mês) e como os processos posteriores à soldadura são pouco relevantes, a aplicação das regras de sequenciamento será feita à soldadura por pontos. A regra tomada em consideração foi a MWR (Most Work Remaining). No quadro nº 7.3 podemos ver as prioridades calculadas. Assim os primeiros painéis a soldar serão os conjuntos principais dos painéis planos em número de 16 (8LH e 8 RH), seguidos dos painéis curvos (8LH e 8 RH) e finalmente dos pequenos (8LH e 8 RH). As operações posteriores serão feitas logo a seguir. Nos quadros nº 7.4, 7.5 e 7.6 podemos ver a de uma forma simplificada o scheduling proposto, supondo um mês de 22 dias úteis (em anexo a este relatório será apresentado o schedule de uma forma mais detalhada). Como se pode ver há sempre duas ordens de fabrico a decorrer em cada equipa, uma relativa a um painel esquerdo e outra a um direito. A equipa da soldadura consegue que as 2 O.F. se desenrolem exactamente ao mesmo tempo devido às 2 máquinas, já as outras duas só conseguem recortar e montar um painel de cada vez devido ao reduzido número de pessoas pertencentes a esta equipa levando assim à soma dos tempos unitários de cada um.

Poder-se-á pensar que as equipas de recorte e a de montagem final estão mal aproveitadas, por nunca trabalharem as 8 horas diárias. Ora isto não é verdade pois

existem vários subconjuntos que aqui não foram considerados e que são processados por estas equipas. Estes subconjuntos, que são em número razoável serão facilmente processados nos tempos não preenchidos.

7.4.2 - Subconjuntos secundários

Existem 5 subconjuntos secundários, 2 Weld Assys de nível 2 pertencentes ao conjunto final dos painéis curvos, um Door Assy de nível 2 pertencente ao conjunto final do painel curvo direito e 2 Scoop Assys de nível 3, que são subconjuntos soldados e que serão incorporados nos subconjuntos soldados principais dos painéis planos, sofrendo assim por 2 vezes processos de soldadura. Analizemos cada um deles. Os Weld Assys (LH e RH) têm uma fase de soldadura por pontos com um tempo unitário de 23 minutos. Se utilizarmos as duas máquinas podemos em 3 horas soldar toda a quantidade necessária para um mês. O Door Assy tem um tempo unitário de 20 minutos, sendo assim necessários 160 minutos para soldar toda a quantidade mensal.

Estes subconjuntos (Weld Assys e Door Assy) serão necessários pela primeira vez no dia nº11 em que se unirá, entre outros, estes subconjuntos e os subconjuntos principais dos painéis curvos na montagem final dos painéis curvos. Como as operações posteriores à soldadura destes conjuntos demoram aproximadamente um dia, a soldadura por pontos destes 2 subconjuntos terá que ser efectuada, no máximo 2 dias antes da 1ª montagem, ou seja, dia 9. Como durante os 8 primeiros dias as máquinas de soldar estão totalmente ocupadas, será então mesmo no dia 9 que se soldará estes conjuntos, ficando assim este dia com 10 h para os conjuntos principais e aproximadamente 6 horas para os conjuntos secundários.

Já os Scoop Assys apresentam uma situação diferente. Estes subconjuntos soldados são incorporados depois no subconjunto soldado principal dos painéis planos. Logo teriam que ser feitos e estar prontos antes do subconjunto ao qual se incorporam. Idealmente estes subconjuntos deviam ser soldados só quando fossem precisos, isto é, logo anteriormente à soldadura dos subconjuntos principais o que pouparia um processo de decapagem. Mas isto não é muito aconselhável. Devido à necessidade de simplificar o processo e devido ao baixo tempo dos processos de soldadura os Scoop Assys serão feitos todos de uma vez. Além disso os Scoop Assys têm que ser decapados, soldados por pontos, soldados por processos TIG, rebitados e serem posteriormente desempenados, o que demora aproximadamente 3 dias, tendo ainda que ser decapados outra vez para poderem ser soldados por pontos aos subconjuntos principais. A soldadura dos conjuntos principais já demora 20 dias e ter que estar à espera dos Scoop Assys para arrancar (pois os primeiros painéis a soldar são os planos) seria inviável, aumentando para 23 dias só ciclo de soldadura (20+3) não se conseguindo atingir o objectivo de se conseguir montar 8 “nacelles” por mês.

Várias opções poderiam ser tomadas. A que foi do maior agrado dos responsáveis pelo programa foi a de produzir os Scoop Assys para stock, de modo a estarem sempre disponíveis quando necessário. A soldadura destes conjuntos terá que ser feita num dos dias afectos aos painéis curvos (tomou-se como solução o dia 10). Os Scoops soldados num mês só serão assim montados no Subconjunto principal dos painéis planos no mês seguinte. Outras soluções havia, como trocar a ordem da soldadura dos conjuntos principais, soldando primeiro os conjuntos curvos o que já daria tempo para os Scoop Assys estarem prontos na altura devida, mas esta solução não foi levada adiante por trazer grandes implicações na produção de peças simples e por ser preferível soldar primeiro os painéis planos devido à sua duração e complexidade.

Nos quadros nº 7.4, 7.5 e 7.6 pode-se ver, de uma forma muito simples a calendarização de certas operações aqui descritas. Nestas figuras focam-se os processos de soldadura por pontos, recorte e furação, e allodine para os subconjuntos soldados principais e montagens finais para a montagem final dos 6 painéis. No estudo apresentado no capítulo seguinte clarificar-se-á todo este processo com a apresentação da montagem integrada com a produção de peças simples no software MS-Project.

Quadro nº 7.1 - Subconjuntos soldados principais e secundários, Tempos unitários por operação

P/N	Nome	Painel	Decapagem	T. Sol.Unit.	T.Rec.Unit.	T.Dím.Unit.	Outras Oper.	T.E.
3352133-3	Welded Assy	LP-LH	1 dia	15h	1hora	2 horas		1dia
3352132-3	Welded Assy	LP-RH	1 dia	15h	1hora	2 horas		1dia
3352140-2	Weld Assy RH	UP-RH	1 dia	10h	1hora	2 horas		1dia
3352140-1	Weld Assy LH	UP-LH	1 dia	10h	1hora	2 horas		1dia
342176-5L	Weld Assy	FWD-RH	1 dia	8h	1hora	1hora		1dia
342176-16-01	Weld Assy	FWD-LH	1 dia	8h	1hora	1hora		1dia
362539-1	Door Assy	UP-RH	1 dia	20m			8 horas*	1dia
363971-14	Weld Assy	UP-RH	1 dia	23m			5 horas*	1dia
363971-13	Weld Assy	UP-LH	1 dia	23m			5 horas*	1dia
3352179-1	Scoop Assy	LP-RH	1 dia	16m			3dias*	1dia
3352179-3	Scoop Assy	LP-LH	1 dia	16m			3dias*	1dia

* Tempos totais (8 conjuntos)

Quadro nº 7.2 - Conjuntos finais, Tempos unitários

P/N	Nome	Painel	Tempo unitário
3352132-1	Panel Assy LH	LP-LH	2 horas
3352131-2	Panel Assy RH	LP-RH	2 horas
3352131-1	Panel Assy LH	LP-LH	2.5 horas
3352131-2	Panel Assy RH	LP-RH	2.5 horas
342176-500L	Panel Assy LH	LP-LH	1 hora
342176-12	Panel Assy RH	LP-RH	1 hora

Quadro nº 7.3 - Prioridade dos subconjuntos soldados principais

P/N	Nome	Painel	MWR	Prioridade
3352133-3	Welded Assy	LP-LH	20h	1
3352132-3	Welded Assy	LP-RH	20h	1
3352140-2	Weld Assy RH	UP-RH	15,5h	2
3352140-1	Weld Assy LH	UP-LH	15,5h	2
342176-5L	Weld Assy	FWD-RH	11h	3
342176-16-01	Weld Assy	FWD-LH	11h	3

Quadro nº 7.4 - Representação simplificada da calendarização da soldadura por pontos

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia
8:10	Prep e Dec	Decapagem	Decapagem	Decapagem	Decapagem
10:12	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h
12:14					
14:16					
16:18					
18:20					
20:22					
22:24					
	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
8:10	Decapagem	Decapagem	Decapagem	Decapagem	Decapagem
10:12	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis planos (L-R) 15h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h
12:14					
14:16					
16:18					
18:20					
20:22				Weld Assy: 184m	Scoop Assys 4.26h
22:24				Door Assy 160m	
	11º dia	12º dia	13º dia	14º dia	15º dia
8:10	Decapagem	Decapagem	Decapagem	Decapagem	Decapagem
10:12	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h
12:14					
14:16					
16:18					
18:20					
20:22					
22:24					
	16º dia	17º dia	18º dia	19º dia	20º dia
8:10	Decapagem	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h
10:12	Soldar 2 paineis curvos (L-R) 10h				
12:14					
14:16					
16:18		Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h	Soldar 2 paineis pequenos L-R 8h
18:20					
20:22					
22:24					

Quadro nº 7.5 -Representação simplificada dos processos de recorte, dimpling e tratamentos electrolíticos

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia
8:10		Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h
10:12					
12:14		Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h
14:16					
16:18		TE8	TE8	TE8	TE8
	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
8:10	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis planos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h
10:12					
12:14	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h
14:16					
16:18	TE8	TE8	TE8	TE8	TE8
	11º dia	12º dia	13º dia	14º dia	15º dia
8:10	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h
10:12					
12:14	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h
14:16					
16:18	TE8	TE8	TE8	TE8	TE8
	16º dia	17º dia	18º dia	19º dia	20º dia
8:10	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 2 paineis curvos 3h	Recortar 4 paineis pequenos 4h	Recortar 4 paineis pequenos 4h	Recortar 4 paineis pequenos 4h
10:12					
12:14	Dimplingar 4h	Dimplingar 4h	Dimplingar 2h	Dimplingar 2h	Dimplingar 2h
14:16			TE8	TE8	TE8
16:18	TE8	TE8			
	21º dia				
8:10	Recortar 4 paineis pequenos 4h				
10:12					
12:14	Dimplingar 2h				
14:16	TE8				
16:18					

Quadro nº 7.6 - Representação simplificada do processo de montagem final

	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia
8:10			montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h
10:12					
12:14					
14:16					
16:18					
	6º dia	7º dia	8º dia	9º dia	10º dia
8:10	montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h	montagem 2 paineis planos 4h
10:12					
12:14					
14:16					
16:18					
	11º dia	12º dia	13º dia	14º dia	15º dia
8:10	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h
10:12					
12:14					
14:16					
16:18					
	16º dia	17º dia	18º dia	19º dia	20º dia
8:10	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 2 paineis curvos 5h	montagem 4 paineis pequenos 4h	montagem 4 paineis pequenos 4h
10:12					
12:14					
14:16					
16:18					
	21º dia	22º dia			
8:10	montagem 4 paineis pequenos 4h	montagem 4 paineis pequenos 4h			
10:12					
12:14					
14:16					
16:18					

Capítulo 8

Estudo e programação das operações de fabrico de peças simples

Neste capítulo dá-se inicialmente mais algumas explicações sobre as máquinas e os processos de fabrico da “nacelle” para melhor compreensão das alíneas seguintes, explicam-se as regras e métodos utilizados para realizar o schedule, finalizando com a apresentação do mesmo, já integrando produção de peças simples e montagem.

Estando já definido um schedule inicial para a montagem, temos já condições de iniciar a segunda fase deste trabalho: a definição de um schedule para a produção de peças simples. Este schedule, devido ao grande número de peças e de operações de fabrico terá que ser mais detalhado que o da montagem.

8.1 - Máquinas Condicionantes

Trumatic

Esta máquina de recorte e furação de chapa é bastante utilizada no programa em estudo, sendo poucas as peças que não são recortadas e furadas por ela. Além deste programa é utilizada em vários outros a decorrer na DFB, sendo assim uma máquina de elevada utilização. Esta máquina apresenta um elevado rendimento e uma grande eficiência tendo como tempo médio de processamento de cada peça 3,5 min. Não sendo uma máquina crítica, condiciona todo o processo. Devido ao facto de ser bastante utilizada por outros programas, a sua disponibilidade não é total. Além disso algumas problemas de funcionamento têm ocorrido o que leva a que a máquina fique parada bastante tempo restringindo assim ainda mais a disponibilidade desta. Ora isto leva a que a realização de todos os procedimentos de fabrico das peças para a “nacelle” realizados nesta máquina tenham que ser concentrados no mínimo tempo possível e continuamente. Sendo esta uma das fases iniciais do processo de fabrico tomou-se assim como opção que no início de cada mês seja produzida nesta máquina as quantidades necessárias de todas as peças que compõem as 8 “nacelles” (tendo este programa prioridade sobre os restantes), obrigando assim a manter um elevado stock de peças em curso de fabrico.

Esta máquina permite um grande aproveitamento da chapa, através de nestings que minimizam o desperdício de chapa, podendo em cada nesting ser efectuadas variadíssimas peças (iguais ou diferentes) tendo unicamente como restrição a área da chapa, o tipo e a espessura do material. A altura de trabalho é de 10 mm o que permite a sobreposição de chapas aumentando ainda mais a eficiência desta máquina.

No quadro nº 8.1 apresenta-se um estudo por mim realizado e que teve como objectivo definir a constituição de cada nesting e o cálculo do seu tempo de processamento. Como tanto peças críticas e não críticas têm que passar por esta máquina, não se fez distinção entre elas diminuindo assim os tempos totais de setup e aumentando o aproveitamento da chapa. Cada Nesting só pode conter peças de um único programa.

Hidroforming

Esta máquina de moldar por pressão hidroestática é a mais crítica de todo o processo de fabrico de peças simples apresentando elevados engarrafamentos. Esta máquina apresenta como características principais:

- É constituída por 2 carros, um para peças com molde baixo (carro baixo) e outro para peças com molde alto (carro fundo) que podem trabalhar ao mesmo tempo sendo a única restrição o pessoal disponível.
- Cada carro pode levar vários moldes produzindo assim várias peças diferentes ao mesmo tempo (este aspecto será bastante desenvolvido adiante).
- O tempo de moldagem é igual para cada peça
- Existem moldes que fabricam várias peças (iguais ou diferentes) ao mesmo tempo.
- Várias peças têm que ser moldadas mais do que uma vez nesta máquina.

Muller e Muller-Est

Estas 2 máquinas têm também engarrafamentos embora menores que os da Hidroforming. Apresentam elevados tempos de preparação. A prensa Muller é destinada às peles interiores, que necessitam mais do que uma moldagem enquanto que a Muller-Est é destinada às peles exteriores que só necessitam de uma estiragem.

Temos assim 3 máquinas que apresentam grandes engarrafamentos, sendo pois estas, devido quer à grande afluência de peças quer aos elevados tempos de processamento, que condicionam toda esta fase.

8.2 - Divisão do processo de fabrico

Se olharmos para o quadro nº 8.2 verificamos que os tempos das operações anteriores à preparação da máquina são reduzidos e que estas operações devido à sua natureza e simplicidade efectuam-se sem problemas de maior. Na verdade o processo de débito, recorte e furação (já visto anteriormente), desengorduramento e rebarbar serão feitos logo no início do mês em conjunto não dispendendo muito tempo. O recorte de peças na Trumatic, deixa as peças cheias de produtos que provocam a sua corrosão, nomeadamente a água. Isto obriga a que, após as peças serem recortadas,

sejam o mais rapidamente possível desengorduradas iniciando-se assim logo que possível este processo. A operação de rebarbar que tem tempos muito reduzidos, é assim também logo efectuada a seguir, ficando então quase todas as peças prontas ao mesmo tempo para seguir para a fase seguinte.

A fase seguinte, para as peças que o necessitam, é a primeira têmpera anterior á preparação da máquina. Idealmente este processo seria logo efectuada a seguir ao rebarbar das peças ficando assim estas com todas as operações anteriores à moldagem ou estiragem despachadas. No entanto verificou-se que isto não é possível de realizar devido á falta de capacidade da arca frigorífica. A maior parte das peças vai a moldar em têmpera fresca, o que obriga a que se a peça é têmperada e não é logo moldada terá que esperar pela moldação em arca frigorífica, o que levaria a uma sobrecarga de peças incomportável para a arca se se efecuassem todas as têmperas nas fases iniciais do mês. Esta arca é utilizada para diversos programas e a sua dimensão é limitada não podendo comportar com todas as peças se se mantivessem estas condições. Assim esta operação só será efectuada quando for necessário, isto é, realizár-se-á, se a peça o necessitar, antes da preparação da máquina. Quando uma peça for têmperada será logo a seguir moldada evitando assim o recurso à arca.

Isto leva à situação de as peças afluirem à Hidroforming, ou à Muller ou a Muller-Est quase na mesma altura, sendo os tempos das fases iniciais irrisórios quando comparados com os que as equipas de trabalho de cada máquina terão que dispender. Assim que uma máquina e sua equipa é preparada para receber uma peça, começa uma nova fase que na maior parte das peças é de elevada duração. As equipas de trabalho destacadas para cada máquina crítica efectuam um grande número de operações em cada peça como a preparação, a moldagem ou estiragem, o desempenho e operações várias, operações estas muitas vezes realizadas na própria máquina, acompanhando assim o operário destacado a peça quase até ao fim, sem interrupções. Devido aos elevados tempos de preparação, quando uma peça tem que ser moldada mais do que uma vez, o seu molde permanece na máquina à espera que a peça sofra os tratamentos intermédios, impedindo assim que se efectuem moldagens de peças diferentes, sendo logo efectuadas todas as peças do mesmo tipo necessárias para um mês.

Temos assim 2 fases claramente distintas. A primeira fase que comporta débito, recorte, desengorduramento e rebarbar, e a segunda que se inicia com a primeira têmpera, se a peça o necessitar, ou com a preparação da máquina e termina com as operações finais ficando as peças entre as duas fases à espera da disponibilidade da máquina crítica para poderem completar o seu ciclo de fabrico.

A grande questão é então decidir qual a ordem pela qual as peças serão moldadas e sofrerão as operações posteriores, pois as máquinas de moldar são as

principais causadoras de engarrafamentos, aquelas que condicionam o processo de fabrico de peças simples. As operações anteriores têm um importância reduzida em relação às outras. A estas só se exige que estejam realizadas antes da preparação da máquina, o que não traz grandes problemas pois todas elas têm tempos muito parecidos e de pouca duração. A prioridade dada a cada peça será então independente das operações anteriores à primeira moldagem. O horário e sequência da trumatic, assim como das outras operações anteriores, será assim atribuído tendo em conta esta prioridade e tendo como função não atrasar a preparação da máquina de moldar e operações posteriores.

Parece então evidente que a regra de decisão terá que ter em conta dois aspectos fundamentais: as datas devidas de entrega (D.D.E.) e as durações das operações de fabrico de cada peça posteriores à preparação da máquina (inclusivé).

8.3 - Datas devidas de entrega

A 1ª acção tomada foi calcular as D.D.E. de cada peça, ou seja as datas de montagem em que cada peça se incorpora. Para isso, supôs-se a existência de 2 meses de ciclo de produção, situação extrema em que no primeiro se produzem as peças simples e no segundo ocorre a montagem. Assim se imaginarmos que nos encontramos no início do primeiro mês, e assumindo 8 horas de trabalho diário para as equipas da produção, teremos como situação limite as seguintes D.D.E (só para a soldadura).

- Soldadura dos paineis planos - 176 h (22 dias)
- Soldadura dos paineis curvos - 240 h (22+8 dias)
- Soldadura dos paineis pequenos - 304 h (22+8+8 dias)
- Weld Assys - 248 h (22+8+1)
- Door Assys - 248h (22+8+1)
- Scoop Assys - 304 h (22+8+8)

As peças que só se incorporam na montagem final têm mais dois dias de folga (consultar capítulo anterior).

Os conjuntos secundários, apesar de se realizarem no mesmo dia que os conjuntos principais têm afectos mais um dia devido a se efectuarem posteriormente a estes e sempre no 2º turno o que equivale a mais um dia disponível para a sua produção. Para os Scoop Assys, devido à sua grande folga foi considerado o último dia disponível para a sua soldadura.

Apesar de estas não serem as D.D.E. reais, pois serão bastante inferiores, para o objectivo em questão que é o cálculo das prioridades das peças, são as mais apropriadas, não adulterando em nada as prioridades calculadas (pois a relação entre elas é constante).

Poder-se-ia pensar que só para as primeiras peças (em média são necessárias 8 peças de cada tipo para completar 8 “nacelles”) componentes dos primeiros conjuntos soldados ou das primeiras montagens de cada tipo é que teriam estas D.D.E. No entanto, e como se verá melhor adiante as ordens de fabrico das peças da “nacelle” são sempre correspondentes à produção da quantidade necessária para um mês. Assim tanto a primeira como a oitava peça estarão prontas ao mesmo tempo, o que equivale a dizer que têm a mesma data devida de entrega.

Reuniu-se assim todas as peças e atribuiu-se-lhes as suas D.D.E. através da verificação da data em que seriam incorporadas na montagem. Verificou-se que algumas peças pertencentes aos subconjuntos secundários não sofriam processos de soldadura, incorporando-se logo a seguir através da cravação de rebites ou outros processos. Isto não seria de especial importância se estas peças não tivessem em relação às restantes a vantagem de não necessitarem de esperar que o seu processo de envelhecimento termine (o que levou a uma correcção do quadro nº 8.2). Para estas peças não foi atribuída uma data devida de entrega diferente das outras peças do mesmo subconjunto, estando a diferença entre as peças bastante vincada com os 4 dias de envelhecimento natural que terão que efectuar o que se notará na redução da sua folga. Esta distinção foi possível consultando os desenhos de conjunto da “nacelle” e as gamas de fabrico.

8.4 - Regras de Sequenciamento

No quadro nº 8.3 apresenta-se para cada peça (em quantidades necessárias para completar 8 “nacelles”) as suas D.D.E. e vários somatórios de tempos, e nos quadros nº 8.4 e 8.5 apresentam-se as folgas calculadas e as prioridades de cada peça (ordem descendente). Algumas explicações sobre estes quadros:

Somatórios de Tempos

T.T.O. → Tempo total das operações de fabrico
(débito→operações finais)

T.T.E. → T.T.O. contando com envelhecimento natural

T.T.M. → Tempo Total das operações de fabrico após a
preparação da máquina (inclusivé)

T.T.M.E. → T.T.M. contando com o envelhecimento natural.

Folgas

$$\text{Folga1} \rightarrow \text{D.D.E.} - \text{T.T.M.E.}$$
$$\text{Folga2} \rightarrow \text{D.D.E.} - \text{T.T.M.}$$
$$\text{Folga3} \rightarrow \text{D.D.E.} - \text{T.T.O.E.}$$
$$\text{Folga4} \rightarrow \text{D.D.E.} - \text{T.T.O.}$$

A folga1 não é mais que a diferença entre a D.D.E. e a duração das operações posteriores à preparação da máquina contando com o envelhecimento natural. Esta folga é a utilizada para aplicar a conhecida regra Min.Slack. Esta regra define que a ordem de fabrico com menor folga seja a primeira a ser processada. Como o momento de decisão é igual para todas as peças, o último parâmetro da equação é ignorado (slack = d.d.e.- duração operações posteriores - momento actual). A folga nº2 é igual à primeira só que não toma em consideração o envelhecimento. As folgas 3 e 4 são respectivamente iguais no seu cálculo às folgas 1 e 2 exceptuando a duração das operações posteriores que é calculada no início do processo de fabrico.

A regra de decisão que se tomará para cálculo das prioridades será

A primeira ordem de fabrico a ser processada será :

a que tiver menor Folga1

em caso de igualdade \rightarrow Folga2

em caso de igualdade \rightarrow Folga3

em caso de igualdade \rightarrow Folga4

A prioridade das regras que utilizam o envelhecimento deve-se ao papel de grande importância que este processo natural desempenha. De facto, todas as peças que vão a soldar necessitam de ter já completado o seu processo de envelhecimento. Este processo, se se quer pensar num ciclo de produção sem se produzir para stock, tem que ser tomado em consideração. Outro factor é a sua grande duração (4 dias) que quando comparado com as peças que não vão a soldar lhe conferem grande importância devido à grande redução da sua folga. Como é evidente, todas as peças sofrem envelhecimento, processo este que se inicia com a última têmpera a que a peça foi sujeita, mas a duração deste processo só foi considerada, por razões óbvias, para as peças que necessitam soldadura. A razão pela qual as durações das operações posteriores são calculadas a partir das preparações das máquinas já foi explicado anteriormente.

Estas prioridades são estáticas ao longo do tempo, não sendo necessário em cada momento de decisão o seu cálculo, pois todos os componentes da equação da folga são constantes (D.D.E e durações das operações)

8.5 - Lotes

Como já foi dito, todas as peças serão produzidas na quantidade necessária para completar 8 “nacelles” (geralmente 8 peças, havendo algumas em quantidade de 16 e outras de 32), sendo todas processadas em lote, reduzindo assim tempos de movimentação, de preparação, de moldagem, além das vantagens de se aproveitarem as semelhanças de processamento entre as peças, o que em muito facilita e encurta as durações das várias operações. Na verdade, operações como o débito, desgorduramento, têmperas, entre outras reduzem drasticamente os tempos totais de fabrico se as peças sofrerem estes processos em conjunto. Assim todas as peças moldadas ou estiradas na Muller ou na Muller-Est, seguem em número de 8 todas as operações desde o débito até às operações finais.

Já a máquina Hidroforming apresenta características muito vantajosas para a formação de lotes mais alargados, isto é, contendo diferentes tipos de peças. Como se disse anteriormente, esta máquina tem a potencialidade de conseguir moldar ao mesmo tempo vários tipos de peças diferentes, podendo levar vários moldes. Ora isto reduz ainda mais os tempos de preparação e manufactura das peças, principalmente se estas necessitam mais do que uma moldagem. Se se conseguir juntar diferentes peças, com características parecidas, consegue-se que estas peças percorram desde o débito até ao armazenamento, todo o seu percurso em conjunto, advindo deste facto grandes vantagens, além da simplificação de todo o processo.

Efectuou-se então um estudo que permitisse definir a constituição destes lotes. Na altura da realização deste trabalho as informações eram ainda escassas, pois a maior parte das peças encontrava-se ainda em teste, especialmente para encontrar para cada uma as pressões de moldagem correctas. No entanto, conjuntamente com os operários dedicados á Hidroforming conseguiu-se chegar a algumas conclusões.

Um lote relativo à Hidroforming deve em princípio ser constituído por peças de forma parecida, com o mesmo número de moldagens (verificou-se que as pressões de moldagem eram basicamente afectadas por este factor) e que fossem obviamente moldadas no mesmo carro. De modo a aproveitar as vantagens de se efectuarem as outras operações de fabrico em conjunto, designadamente têmperas e o recorte na Trumatic, tornava-se necessário que todas as peças pertencentes ao mesmo lote tivessem a mesma espessura e fossem do mesmo material, além de terem de ter obviamente um processo de fabrico semelhante, com as mesmas fases, de modo a não haver atrasos e se poderem movimentar sempre em conjunto. Outro condicionante é a área do carro, que não pode ser excedida, além do facto de certas peças partilharem o mesmo molde.

Resumindo e estudando toda esta informação definiram-se finalmente 14 lotes, que estão apresentados no quadro nº 8.6.

A prioridade de moldagem já não será agora relativa a cada peça, mas relativa a cada lote. No entanto esta prioridade é totalmente dependente da prioridade das peças que compõem o lote, não tendo havido problema de maior na sua atribuição. Verifica-se que as peças que compõem cada lote têm prioridades muito próximas, não havendo nenhum caso em que uma peça de prioridade inferior a outra, esteja num lote de prioridade superior. As prioridades de cada lote são reveladas pelo número atribuído a estes. Assim o lote 1 é o de maior prioridade, assim como o lote 14 é o de menor.

Temos agora 14 lotes (para peças Hidroforming) com peças mais ou menos homogêneas entre eles, que passam agora a ser o objecto do estudo. O schedule será agora relativo a estes e não a conjuntos de peças iguais.

8.6. - Prioridades da 1ª fase

As operações anteriores á 2ª fase têm, como é óbvio, que já estar realizadas quando da preparação da máquina ou da 1ª têmpera, se este processo for necessário. Não foi calculada nenhuma “dispatching rule” em particular para a 1ª fase. A ordem pela qual se realizará o recorte na Trumatic (e as outras operações da 1ª fase) será totalmente dependente das prioridades calculadas anteriormente e terá como objectivo não atrasar a 2ª fase. Um Nesting que contenha peças de um lote prioritário será também prioritário na mesma ordem de grandeza.

De notar que agora, apenas na fase de recorte de chapa na Trumatic, é que vai haver mistura de lotes, isto é, um Nesting poderá agora conter 2 ou mais lotes (situação rara) mas logo se separam a seguir e seguem cada um o seu caminho independentemente.

8.7 - Restrições, horários e equipas de trabalho

O schedule será tanto mais exequível assim como mais realista, se as principais condicionantes do processo, as suas restrições e características intrínsecas forem respeitadas e utilizadas. Tentou-se então que este representasse o mais aproximadamente possível a realidade e que fosse de simples interpretação. Procedeu-se assim a uma recolha de informações consideradas úteis para o trabalho em questão.

Algumas restrições

- Só se pode têmperar um lote de cada vez, isto é não podem estar vários lotes a têmperar ao mesmo tempo devido às características próprias da têmpera (espessura e material) e ao espaço reduzido do cesto. Casos há em que um lote necessita de mais do que uma têmpera ou recozimento (nomeadamente as peles devido à sua dimensão e á reduzida dimensão do cesto, problema que ocorre também no desengorduramento)

- Cada máquina e operários respectivos (Hidroforming, Muller e Muller-Est) só podem processar um lote de cada vez.

- Operações como a têmpera e a preparação das máquinas não podem ser repartidas por vários dias, isto é, se uma têmpera ou preparação começa num determinado dia tem que obrigatoriamente acabar nesse mesmo dia.

- Para se iniciar uma operação posterior num lote todas as peças que constituem esse lote têm que já ter ultrapassado a fase anterior.

- Cada equipa de trabalho só efectua trabalhos relativos à sua área.

- As máquinas Trumatic, Muller, Muller-Est e Hidroforming e operários respectivos só trabalham um turno por dia. O forno, no caso de recozimentos, pode trabalhar 24 horas por dia.

Horários

Como é evidente existem vários horários diferentes a decorrer na divisão. Assim no caso das máquinas e seus operários trabalha-se diariamente 8 horas, tendo-se tomado como horário 8.00h-17.00h com uma hora de almoço, sendo este o horário normal de laboração. Já o forno se for para recozimentos pode trabalhar 24 horas por dia (se for para têmperas, é o horário habitual). A soldadura por pontos trabalha por turnos, começando o primeiro às 8.00h terminando às 16h, iniciando-se logo o segundo, terminando este às 24 h. Existem vários procedimentos que demoram 1 dia, mas que por motivos de facilidade e rapidez na utilização do software se atribuiu demorarem 8 horas (p.ex. decapagem), assim como no caso do envelhecimento que se atribuiu demorara 1920 minutos (tempo útil de trabalho em 4 dias) em vez de 4 dias certos o que em nada adulterou o resultado final.

O processo de recozimento, que utiliza o mesmo forno que a têmpera, devido ao elevado tempo que dispense (16 horas) e ao pequeno espaço do cesto que só leva 4 peles curvas, duplicando assim o tempo necessário(32 horas) leva a que este processo seja realizado depois do horário normal de laboração, iniciando-se apenas às 17 horas libertando assim o forno para o elevado nº de têmperas necessárias para este programa.

Equipas de trabalho

Na unidade de produção de peças em chapa existem várias equipas de trabalho, independentes entre si e com determinadas funções específicas. Estas equipas não existem formalmente, mas é assim que o trabalho está normalmente organizado.

Apresenta-se em baixo as funções de cada uma (consultar quadro nº8.2):

D1,D2,D3,T.T.1,T.T.2,T.T.3 - Equipa de Tratamentos Térmicos

T.P., H1,H2,H3,d1,d2,d3 e O.V.- Equipa Hidroforming

T.P., M1,M2,M3, d1,d2 e O.V.- Equipa Muller

T.P.,Est - Equipa Estiragem

as operações Débito, Tr, P.R. e O.F. são realizadas por equipas próprias. As operações R/F e Reb não têm uma equipa fixa sendo normalmente efectuadas pelas equipas que irão receber a peça posteriormente.

As equipas Muller, Muller-Est e Hidroforming quando recebem uma peça ficam-lhe dedicadas e acompanham-na até às suas operações finais, esperando pelas peças quando estas vão sofrer os tratamentos intermédios (isto não é necessariamente verdade, pois as equipas poderão adiantar trabalho que se encontre à espera, no entanto isto não foi tomado em consideração).

Em cada momento, cada equipa só pode ter um trabalho atribuído(excepto a equipa de tratamentos térmicos em que podem ocorrer ao mesmo tempo têmperas e desengorduramentos). Todos os tempos foram estimados para a composição média destas equipas.

8.8 - Realização do schedule

Agora que toda a informação necessária se encontrava tratada, que o processo de fabrico se encontrava mais claro e organizado, os tempos recolhidos e estimados, as regras definidas e o agrupamento de peças realizado, podíamos finalmente realizar o objectivo último deste estágio: a realização de um schedule de produção das peças simples.

8.8.1 - MS-Project

Utilizando métodos manuais este objectivo dificilmente seria atingido, devido à elevada quantidade de informação, à sua complexidade e devido à constante

necessidade de se actualizar e corrigir o trabalho feito. A programação matemática também se mostrava ineficiente, devido ao pouco tempo disponível e às elevadas restrições e pequenos pormenores que a programação não consegue resolver.

A secção do EFB dispunha do software Microsoft-Project que se revelou uma grande ajuda na elaboração da calendarização. Este software auxilia a organização de muitas tarefas, frequentemente interdependentes, atribui recursos humanos ou materiais, estando desenhado para impor uma estrutura organizada num caos potencial. Embora este programa seja essencialmente destinado à produção por projecto, facilmente se conseguiu adaptar o problema de modo a se poder utilizar este software neste trabalho. De facto, o fácil estabelecimento de dependências entre actividades, de restrições em termos de máquinas e de trabalhadores, a rápida detecção de sobrecargas nestes, do estabelecimento de horários diferentes para máquinas, pessoal, etc, além da sua fácil utilização e da ausência de outros programas disponíveis, constituiu motivo de decisão na sua escolha. Além disso dispunha de potencialidades como a atribuição de prioridades e da efectuação automática de levelings que me pareceram atraentes, embora não tenham sido depois utilizadas.

De modo a poder então utilizar esta ferramenta, que me era desconhecida, tive então que dispendir algum tempo na sua aprendizagem e na descoberta de todas as suas potencialidades.

8.8.2 - Considerações sobre o schedule

Na realização do schedule teve-se sempre uma grande preocupação em que este pudesse representar o mais aproximadamente possível a realidade e que fosse exequível. Aproveitando as potencialidades do MS-Project teve-se sempre como objectivo não haver duas ou mais operações a realizar ao mesmo tempo no mesmo centro de carga e nas mesmas máquinas, e uma atenção especial foi dada às capacidades destas e aos horários de trabalho. Tentou-se que todas as operações de trabalho tivessem as suas relações de precedência perfeitamente definidas e tentou-se fazer um loading do trabalho, sempre que possível, de modo a puder reparti-lo pelos vários dias de uma forma mais equitativa. Tentou-se evitar esperas entre operações dentro das 2 fases e stocks de peças em curso de fabrico.

Os tempos de cada operação (notar que estamos agora a falar de lotes para as peças hidroforming) foram calculados com base no quadro nº 8.2 e tomando em consideração o que foi dito no capítulo 5.

Considerou-se que o programa da “nacelle” era da maior prioridade, ignorando assim os outros programas a decorrer na divisão.

Considerou-se meses de 22 dias úteis, ignorando sábados, domingos e feriados.

Além das operações descritas no quadro nº 8.2 acrescentou-se mais uma, chamada de delay, para certas peças que devido à grande dimensão do seu molde dispendiam grande tempo no seu retirar da máquina

8.8.3 - Fases e metodologia do processo de calendarização

Resumidamente o sequenciamento no MS-Project, obedecendo e respeitando todas as restrições e características próprias do processo de fabrico e aproveitando ao máximo as características do software , seguiu as seguintes fases:

1 - Catalogação das tarefas e actividades que constituem o processo produtivo e dos seus recursos necessários para os levar a cabo.

2 - Definição da sequência dos nestings e elaboração do seu schedule baseado nas prioridades dos lotes. Começando no minuto 60 do dia 1 (após débito do 1º nesting) ficamos assim com todas as operações de recorte na Trumatic concentradas no início do mês, trabalhando a máquina continuamente. No anexo pode-se ver a calendarização proposta para a máquina Trumatic.

3 - Definição do schedule para as operações da 1ª fase posteriores ao recorte na Trumatic seguindo um processo de forward loading (exigido pelas características destas operações), e para as anteriores (débito) seguindo um processo tipo backward loading (de modo a só libertar chapa e material apenas quando for necessário).

Para os lotes sem operações de recorte na Trumatic, dado o reduzido tempo e pouca importância das suas fases iniciais, não foi tomada para já nenhuma acção. Estas, depois do schedule final e de as datas das têmperas e 1ª moldagem estarem atribuídas, será definido o seu horário seguindo um processo de backward loading.

4 - Respeitando as precedências e aplicando as regras de sequenciamento de cada lote, atribuição do schedule respectivo para a 2ª fase desde a preparação da máquina até as operações finais (forward) a cada lote. Assim que uma equipa de uma máquina crítica largar um trabalho, no fim das operações várias, procede-se à entrada da nova ordem com maior prioridade. Esta fase obrigou a uma grande atenção, principalmente em relação à têmpera, de modo a não haver sobreposição de ordens.

A 1ª operação de têmpera anterior à preparação da máquina, é atribuída segundo um processo tipo backward loading, depois da preparação da máquina estar calendarizada de modo a evitar o recurso à arca.

Sempre que existirem sobrecargas do forno terão sempre prioridade as operações relativas a peças hidroforming.

Quando uma equipa recebe um lote só o larga quando todas as operações a ele relativas estiverem completas, ficando logo após disponível para receber um novo lote, realizando-se sempre que possível as operações relativas a este continuamente, isto é, sem filas de espera.

Todo este processo, foi acompanhado de uma constante verificação das sobrecargas das máquinas, das equipas de trabalho, dos horários, de todas as precedências e de todos os pormenores intrínsecos aos processo de fabrico.

8.8.4 - Inserção da montagem

Para completar todo o ciclo de produção e tirar assim melhores conclusões, para se poder ver de forma mais detalhada este processo, e para provar a viabilidade do schedule da produção de peças simples, inseriu-se no schedule atrás descrito e depois de este estar já completamente realizado, o processo de montagem completamente definido. A montagem encontra-se aqui muito mais detalhada do que a apresentada anteriormente com todas as operações discriminadas, suas relações de precedência e suas datas perfeitamente definidas, assim como foi atribuído, independentemente, trabalho às 2 máquinas de soldar.

Todos os processos de montagem arrancam assim que tiverem em condições para isso, isto é, que as peças constituintes dessa montagem estiverem disponíveis. As restrições, horários e equipas de trabalho tomadas em consideração, assim como as regras gerais que nortearam a realização do schedule foram as mesmas das apresentadas no capítulo anterior.

8.9. - Breve descrição das características do schedule realizado

Em anexo pode-se ver detalhadamente todo o schedule proposto (produção de peças simples, pág 1-17, e montagem, pág 17-31), com todas as operações discriminadas.

O schedule assim completo e descrito no MS-Project permite a quem o consultar:

- Consulta detalhada de todas as relações de precedência
- Consulta das durações e das datas de cada procedimento
- Verificação das folgas e atrasos de cada actividade
- Verificação dos dias críticos de cada posto de trabalho
- Ter uma noção integrada de todo o ciclo de produção
- Fácil correção e adaptação dos dados, como durações e datas.

No quadro nº 8.7 apresentam-se os tempos previstos por postos de carga e no quadro 8.8 a sua percentagem de ocupação diária. Nos quadros 8.9 e 8.10 apresenta-se uma medida de eficiência que mede a relação entre tempo efectivo de fabrico (tempo em que as peças sofrem efectivamente processos de fabrico, desde o débito ao armazenamento, ignorando tempos de espera) e tempo total de fabrico (tomando em conta os tempos de espera. Os reduzidos tempos desta medida são devidos á necessidade, para as peças recortadas na trumatic, de se efectuar a 1ª fase do processo de fabrico logo no início do mês, o que aumenta o stock de peças em curso de fabrico.

Se atender-mos ao schedule e aos quadros apresentados anteriormente, podemos tirar algumas conclusões:

Verifica-se que o centro de carga mais crítico é o da hidroforming, trabalhando do dia 1 ao dia 16. Apresenta como dias críticos os dias 3, 4, 10 e 11. Nestes 16 dias tem uma percentagem média de ocupação diária de 79,5 %, o que equivale a uma média de 6,36 horas diárias.

Relativamente às peças hidroforming, o seu ciclo de produção inicia-se no dia 1, terminando no dia 17.

O centro de carga da Muller inicia o seu trabalho no dia 1, estando completa a sua função no dia 11. No entanto, no meio destes dias apresenta dias sem trabalho atribuído (devido ao recozimento) sendo assim o seu schedule pouco contínuo. Apresenta como dia crítico o dia 5. Nos 8 dias que efectivamente trabalha tem uma percentagem média de ocupação diária de 55%.

Relativamente às peças Muller, o seu ciclo de produção é de 13 dias, mas se atendermos ao envelhecimento natural o ciclo aumenta para 15 dias.

O centro de carga Muller-Est trabalha do dia 1 ao dia 5. Apresenta como dia crítico o dia 3. Tem uma percentagem média de ocupação diária (5 dias) de 77,6 %.

Relativamente às peças Muller-Est, o seu ciclo de produção é de 7 dias, mas se atendermos ao envelhecimento natural o ciclo aumenta para 9 dias.

O centro de carga Tratamentos Térmicos trabalha 16 dias para o programa da "nacelle" abastecendo diariamente os outros centros de carga com têmperas e recozimentos. O forno tem um tempo total de utilização de 5691 minutos.

No horário normal de laboração tem uma percentagem média de ocupação de 29 % (têmperas), dispendendo as têmperas 1850 minutos.

Os recozimentos (realizados fora do horário normal de laboração) dispendem 3841 minutos e só são relativos às peças exteriores do painel curvo (peças Muller).

O forno apresenta como dias críticos (dias de recozimento) os dias 2, 3, 4, 6, 7 e 8.

A máquina Trumatic trabalha os 4 dias iniciais do mês para o programa da “nacelle”. Tem nestes dias uma taxa média de ocupação diária de 97%.

O medida Tempo Efectivo de Fabrico / Tempo Total de Fabrico atribui uma eficiência ao schedule de 53,3% , se tomarmos em conta o envelhecimento, e de 42,7 % se desprezarmos este processo natural.

A produção de peças simples inicia-se no dia 1 e só se encontra totalmente terminada no dia 17. A montagem arranca no dia 11 com a soldadura dos paineis planos, ficando o ciclo de produção completo no dia 33.

Verificamos assim que o objectivo de conseguir produzir 8 “nacelles” no limite máximo de 2 meses, ou seja 44 dias (não durando a produção nem a montagem mais do que um mês) foi largamente ultrapassado. A produção dispõe ainda de 5 dias de folga (22-17) e a montagem de 11 dias (44-33) o que mostra que é possível cumprir com o contrato. Verificou-se a criticidade das máquinas de soldar por pontos na montagem e da máquina hidroforming na produção de peças simples, assim como se notou a grande carga diária a que o forno será sujeito, sendo sem dúvida estas máquinas aquelas às quais se terá que prestar maior atenção e respeitar os horários estabelecidos. Como característica negativa temos o elevado tempo de espera que as peças terão que suportar entre as 2 fases do processo de produção de peças simples.

Devido ao atraso do programa da “nacelle”, a Divisão de Fabricação e o meu orientador de estágio pediram-me que acabasse o mais rapidamente possível este estudo, de modo a poderem analisá-lo em conjunto com a Westland. O schedule agora mostrado foi assim apresentado à Divisão de Fabricação no início do mês de Julho.

Seria talvez justificável uma análise mais exaustiva do schedule proposto, no entanto devido à urgência na apresentação deste trabalho, o estudo ficou incompleto.

A Divisão, depois de analisar todo o trabalho, identificou áreas que gostaria de ver mais aprofundadas e estudadas. Assim foi-me proposto a realização de um estudo sobre tecnologia de grupos adaptado ao programa da “nacelle” e ao estudo já realizado. O estudo das tecnologias de grupo traria novas ideias e exploraria de maneira mais eficaz os conceitos já utilizados (lotes), o que tornaria inútil a continuação da análise do schedule anteriormente apresentado, pois este será radicalmente alterado, como se verá, utilizando este novo conceito. Este estudo ocupou toda a fase final do estágio.

P/N	Nome	Material	Espess.	Coeficiente		Nº chapas/retalho	Nº peças /contorno	Nº Cont/chapa	Peças excesso	tempo	Nesting	tempo-Nesting
				Apli.2	SS							
3352140-5	Inner Frame	2024-O-CLAD	0,032	8	12	1	1	1	4	42	2	42
3352140-6	Inner Frame	2024-O-CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	1	31,5
3352140-7	Doubler	2024T3CLAD	0,04	64	9	1	8	8	8	252	3	
3352140-9	Plate	2024T3CLAD	0,04	16	9	1	2	2	2	63	3	
362544-10	Filler	2024T3CLAD	0,04	16	9	1	2	2	2	63	3	
363971-4R	Skin	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	
363971-4L	Skin	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	
362544-57	Spacer	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	567
362570-4	Doubler	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	
362571-45	Suffener	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	
362571-47	Doubler	2024T3CLAD	0,04	8	9	1	1	1	1	31,5	3	
3352132-5	Filler	2024T3CLAD	0,063	8	6	1	2	4	4	42	4	
3352133-7	Plate	2024T3CLAD	0,063	8	6	2	1	4	4	42	4	
3352132-7	Plate	2024T3CLAD	0,063	8	6	2	1	4	4	42	4	
3352133-5	Filler	2024T3CLAD	0,063	8	6	5	1	22	4	105	4	315
342176-31	Door	2024T3CLAD	0,063	8	6	1	2	4	4	42	4	
362571-43	Filler	2024T3CLAD	0,063	8	6	1	2	4	4	42	4	
342176-23	Filler	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
342176-25	Clip	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
342176-27	Clip	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
342176-33	Strap	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	378
362539-2	Door	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
363971-9R	Doubler	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
363971-9L	Doubler	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
362570-8	Doubler	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
362570-9	Channel	2024T3CLAD	0,032	8	12	1	1	4	4	42	5	
362539-10	Retainer	2024T3CLAD	0,072	8	5	1	2	2	35	6	70	
362539-9	Clip	2024T3CLAD	0,072	8	5	1	2	2	35	6		
362617-3	Plate	6061-T4	0,032	16	12	2	1	6	84	7		
363971-2L	Deflector	6061-T4	0,032	8	12	1	1	4	42	7	168	
363971-2R	Deflector	6061-T4	0,032	8	12	1	1	4	42	7		
3352131-3	Doubler	2024T3CLAD	0,08	8	4	1	2	0	28	8	28	
3352179-5	Lip	6061-O BARE	0,063	8	6	2	1	4	42	9		
3352179-6	Lip	6061-O BARE	0,063	8	6	2	1	4	42	9	84	
3352179-11	Plate	6061-T6	0,032	32	12	1	3	4	126	10		
3352179-7	Angle	6061-T6	0,032	16	12	1	2	8	84	10	294	
3352179-9	Angle	6061-T6	0,032	16	12	2	1	8	84	10		
342176-8	Louyer	2024-O-CLAD	0,032	32	12	1	3	4	126	11	126	
342176-21	Doubler	2024-O-CLAD	0,063	8	6	1	2	4	42	12	42	
363971-17	Channel	7075-T6-CLAD	0,032	8	12	1	1	4	42	13		
363971-18	Channel	7075-T6-CLAD	0,032	8	12	1	1	4	42	13	84	

Quadro 8.1 - Composição e Tempo de cada Nesting

P/N	Nome	Painel	Débito	Tr	R/F	D1	Reb	T.T.1	T.P.	H1	d1	D2	T.T.2	H2	d2	D3	T.T.3	H3	M3	d3	P.R.	O.V.	O.F.	T.E.
3352132-5	Filler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40								120	120	4d
3352133-7	Plate	LP-LH	60	30		30			10	20												120	200	
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	60		40				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40		400	960		240	4d
362570-4	Doubler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40								80	120	4d
3352179-3	Skin	LP-LH	60		20	30		50	15	40			50									360	200	4d
3352179-5	Lip	LP-LH	60	30		30			10	40	20	30	50	40								120	120	
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	60	60		30			10	20												40	120	
3352133-5	Filler	LP-RH	60	30		30			10	10												120	120	
362571-45	Stiffener	LP-RH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40								80	120	4d
362571-25	Inner Skin	LP-RH	60		40				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40		400	960		240	4d
3352132-7	Plate	LP-RH	60	30		30			10	20												120	200	
3352179-4	Skin	LP-RH	60		20	30		50	15	40			50									360	200	4d
3352179-6	Lip	LP-RH	60	30		30			10	40	20	30	50	40								120	120	
363971-4L	Skin	UP-LH	60	30		30	20	50	15	40		30	50	40								120	200	4d
363971-7L	Stiffener	UP-LH	60		20	30		50	10	40												160	120	
363971-9L	Doubler	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40												200	120	4d
362617-2L	Deflector	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40												160	120	
3352131-3	Doubler	UP-RH	60	30		30			10	40	40	30	50	40	40	30	50	40				200	120	
362539-9	Clip	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40												80	120	4d
362539-10	Retainer	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40												80	120	4d
363971-4R	Skin	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40		30	50	40								120	200	4d
362571-7R	Stiffener	UP-RH	60		20	30		50	10	40												160	120	
363971-9R	Doubler	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40												200	120	4d
362617-2R	Deflector	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40												160	120	

Quadro nº 8.2 - Peças Hidroforming, Tempo por operação (2 Shipsets)

Quadro nº 8.3 - Vários somatórios de tempos

P/N	Nome	Painel	T.T.O.	T.T.O.E	T.T.M.	T.T.M.E	D.D.E.
3352132-5	Filler	LP-LH	620	2300	430	2110	10560
3352133-7	Plate	LP-LH	470	470	350	350	10560
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	2480	2800	2380	2700	10560
362570-4	Doubler	LP-LH	580	2300	390	2110	10560
3352179-3	Skin	LP-LH	825	2185	665	2025	18240
3352179-5	Lip	LP-LH	550	550	430	430	18240
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	340	340	190	190	18240
3352133-5	Filler	LP-RH	380	380	260	260	10560
362571-45	Stiffener	LP-RH	580	2300	390	2110	10560
362571-25	Inner Skin	LP-RH	2480	2800	2380	2700	10560
3352132-7	Plate	LP-RH	470	470	350	350	10560
3352179-4	Skin	LP-RH	825	2185	665	2025	18240
3352179-6	Lip	LP-RH	550	550	430	430	18240
363971-4L	Skin	UP-LH	685	2285	495	2095	14880
363971-7L	Stiffener	UP-LH	490	490	330	330	14880
363971-9L	Doubler	UP-LH	560	2160	370	1970	14880
362617-2L	Deflector	UP-LH	520	520	330	330	14400
3352131-3	Doubler	UP-RH	810	810	690	690	15360
362539-9	Clip	UP-RH	445	2165	255	1975	14880
362539-10	Retainer	UP-RH	445	2165	255	1975	14880
363971-4R	Skin	UP-RH	685	2285	495	2095	14880
362571-7R	Stiffener	UP-RH	490	490	330	330	14880
363971-9R	Doubler	UP-RH	560	2160	370	1970	14880
362617-2R	Deflector	UP-RH	520	520	330	330	14400
342176-4L	Frame	FWD-LH	1320	2400	1240	2320	18240
342176-20	Frame	FWD-RH	1320	2400	1240	2320	18240
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	2090	2930	2000	2840	14400
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	2090	2930	2000	2840	14400
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	1370	2110	1240	1920	10560
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	1370	2080	1240	1920	10560
3352140-3	Skin	UP-LH	1370	2110	1240	1920	14400
3352140-4	Skin	UP-RH	1370	2110	1240	1920	14400
342176-18	Panel	FWD-RH	1110	2000	1000	1920	18240
342176-3L	Panel	FWD-LH	1110	2000	1000	1920	18240

Quadro nº 8.4 - Folgas e prioridades das peças Hidroforming

P/N	Nome	Panel	Folga1	Folga2	Folga3	Folga4	Priori.
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	7860	8180	7760	8080	1
362571-25	Inner Skin	LP-RH	7860	8180	7760	8080	1
362570-4	Doubler	LP-LH	8450	10170	8260	9980	2
362571-45	Stiffener	LP-RH	8450	10170	8260	9980	2
3352132-5	Filler	LP-LH	8450	10130	8260	9940	3
3352133-7	Plate	LP-LH	10210	10210	10090	10090	4
3352132-7	Plate	LP-RH	10210	10210	10090	10090	4
3352133-5	Filler	LP-RH	10300	10300	10180	10180	5
363971-4L	Skin	UP-LH	12785	14385	12595	14195	6
363971-4R	Skin	UP-RH	12785	14385	12595	14195	6
363971-9L	Doubler	UP-LH	12910	14510	12720	14320	7
363971-9R	Doubler	UP-RH	12910	14510	12720	14320	7
362539-9	Clip	UP-RH	12910	14625	12715	14435	8
362539-10	Retainer	UP-RH	12910	14625	12715	14435	8
362617-2L	Deflector	UP-LH	14070	14070	13880	13880	9
362617-2R	Deflector	UP-RH	14070	14070	13880	13880	9
363971-7L	Stiffener	UP-LH	14550	14550	14390	14390	10
362571-7R	Stiffener	UP-RH	14550	14550	14390	14390	10
3352131-3	Doubler	UP-RH	14670	14670	14550	14550	11
3352179-3	Skin	LP-LH	16215	17575	16055	17415	12
3352179-4	Skin	LP-RH	16215	17575	16055	17415	12
3352179-5	Lip	LP-LH	17810	17810	17690	17690	13
3352179-6	Lip	LP-RH	17810	17810	17690	17690	13
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	18050	18050	17900	17900	14

Quadro nº 8.5 - Folgas e prioridades das peças Muller e Muller-Est

P/N	Nome	Panel	Folga1	Folga2	Folga3	Folga4	Priori.
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	11440	12400	11350	12310	1
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	11440	12400	11350	12310	1
342176-4L	Frame	FWD-LH	15800	17000	15720	16920	2
342176-20	Frame	FWD-RH	15800	17000	15720	16920	2
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	8360	9320	8200	9160	1
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	8360	9320	8200	9160	1
3352140-3	Skin	UP-LH	12200	13160	12040	13000	2
3352140-4	Skin	UP-RH	12200	13160	12040	13000	2
342176-18	Panel	FWD-RH	16040	17240	15900	17100	3
342176-3L	Panel	FWD-LH	16040	17240	15900	17100	3

Quadro 8.6 - Constituição dos lotes (e alguns elementos condicionantes)

P/N	Nome	Painel	Material	Espes.	N.º moldagens	Carro	Lote
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	20243CLAD	0,032	3	Baixo	1
362571-25	Inner Skin	LP-RH	2024-O-CLAD	0,032	3	Baixo	2
362570-4	Doubler	LP-LH	2024T3CLAD	0,04	2	Baixo	3
362571-45	Stiffener	LP-RH	2024T3CLAD	0,04	2	Baixo	3
3352132-5	Filler	LP-LH	2024T3CLAD	0,063	2	Baixo	4
3352133-7	Plate	LP-LH	2024T3CLAD	0,063	1	Baixo	5
3352132-7	Plate	LP-RH	2024T3CLAD	0,063	1	Baixo	5
3352133-5	Filler	LP-RH	2024T3CLAD	0,063	1	Baixo	5
363971-4L	Skin	UP-LH	2024T3CLAD	0,04	2	Fundo	6
363971-4R	Skin	UP-RH	2024T3CLAD	0,04	2	Fundo	6
363971-9L	Doubler	UP-LH	2024T3CLAD	0,032	1	Baixo	7
363971-9R	Doubler	UP-RH	2024T3CLAD	0,032	1	Baixo	7
362539-9	Clip	UP-RH	2024T3CLAD	0,072	1	Fundo	8
362539-10	Retainer	UP-RH	2024T3CLAD	0,072	1	Fundo	8
362617-2L	Deflector	UP-LH	6061-T4	0,032	1	Baixo	9
362617-2R	Deflector	UP-RH	6061-T4	0,032	1	Baixo	9
363971-7L	Stiffener	UP-LH	LS4613		1	Baixo	10
362571-7R	Stiffener	UP-RH	LS4613		1	Baixo	10
3352131-3	Doubler	UP-RH	2024T3CLAD	0,08	3	Baixo	11
3352179-3	Skin	LP-LH	6061-O BARE	0,063	1	Fundo	12
3352179-4	Skin	LP-RH	6061-O BARE	0,063	1	Fundo	12
3352179-5	Lip	LP-LH	6061-O BARE	0,063	2	Baixo	13
3352179-6	Lip	LP-RH	6061-O BARE	0,063	2	Baixo	13
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	6061-T6	0,032	1	Baixo	14

Quadro nº 8.7 - Tempos previstos por postos de carga (minutos)

dia	Forno(Têmp)	Forno (Recoz)	Muller	Muller-Est	Hidroform	Trumatic
1	100		360	320	220	420
2	250	422	135	360	160	480
3	50	968		480	500	480
4	250	531		420	480	480
5	150		480	280	240	1,93
6	100	430	109,8		370	
7	100	960			390	
8	150	530	165		430	
9	100		435		400	
10	150		319,8		480	
11	200		120		470	
12					435	
13	150				318	
14	50				430	
15					435	
16	50				348	
Total	1850	3841	2124,6	1860	6106	1861,93

Quadro nº 8.8 - Percentagem de ocupação diária por posto

dia	Forno(Têmp)	Muller	Muller-Est	Hidroform	Trumatic
1	21%	75%	67%	46%	88%
2	52%	28%	75%	33%	100%
3	10%		100%	104%	100%
4	52%		88%	100%	100%
5	31%	100%	58%	50%	
6	21%	23%		77%	
7	21%			81%	
8	31%	34%		90%	
9	21%	91%		83%	
10	31%	67%		100%	
11	42%	25%		98%	
12				91%	
13	31%			66%	
14	10%			90%	
15				91%	
16	10%			73%	

Quadro nº 8.9 -Relação tempo efectivo de fabrico/tempo total de fabrico

P/N	Nome	Panela	Lota	Tempo Total de Fabrico	Tempo Efectivo Fabrico	% (Efectivo/Total)
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	1	2780	2480	89%
362571-25	Inner Skin	LP-RH	2	2774	2480	89%
362570-4	Doubler	LP-LH	3	3133	580	19%
362571-45	Stiffener	LP-RH	3	3133	580	19%
3352132-5	Filler	LP-LH	4	2808	620	22%
3352133-7	Plate	LP-LH	5	3619	470	13%
3352133-5	Filler	LP-RH	5	3619	380	11%
3352132-7	Plate	LP-RH	5	3619	470	13%
363971-4L	Skin	UP-LH	6	4514	685	15%
363971-4R	Skin	UP-RH	6	4514	685	15%
363971-9L	Doubler	UP-LH	7	3910	560	14%
363971-9R	Doubler	UP-RH	7	3910	560	14%
362539-9	Clip	UP-RH	8	3833	445	12%
362539-10	Retainer	UP-RH	8	3833	445	12%
362617-2L	Deflector	UP-LH	9	4065	520	13%
362617-2R	Deflector	UP-RH	9	4065	520	13%
363971-7L	Stiffener	UP-LH	10	815	490	60%
362571-7R	Stiffener	UP-RH	10	815	490	60%
3352131-3	Doubler	UP-RH	11	4792	810	17%
3352179-3	Skin	LP-LH	12	1524	825	54%
3352179-4	Skin	LP-RH	12	1524	825	54%
3352179-5	Lip	LP-LH	13	6209	550	9%
3352179-6	Lip	LP-RH	13	6209	550	9%
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	14	6040	340	6%
342176-4L	Frame	FWD-LH	-	1320	1320	100%
342176-20	Frame	FWD-RH	-	1320	1320	100%
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	-	4842	2090	43%
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	-	2795	2090	75%
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	-	1400	1370	98%
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	-	1415	1370	97%
3352140-3	Skin	UP-LH	-	1464	1370	94%
3352140-4	Skin	UP-RH	-	1406	1370	97%
342176-18	Panel	FWD-RH	-	1140	1110	97%
342176-3L	Panel	FWD-LH	-	1144	1110	97%

Quadro nº 8.10 -Relação: tempo efectivo de fabrico/tempo total de fabrico (contando com o envelhecimento natural)

P/N	Nome	Panel	Lote	Tempo total de Fabrico	Tempo Efectivo Fabrico	%(Efectivo/Total)
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	1	2830	2800	99%
362571-25	Inner Skin	LP-RH	2	2824	2800	99%
362570-4	Doubler	LP-LH	3	4653	2300	49%
362571-45	Stiffener	LP-RH	3	4653	2300	49%
3352132-5	Filler	LP-LH	4	4492	2300	51%
3352133-7	Plate	LP-LH	5	3619	470	13%
3352133-5	Filler	LP-RH	5	3619	380	11%
3352132-7	Plate	LP-RH	5	3619	470	13%
363971-4L	Skin	UP-LH	6	5794	2285	39%
363971-4R	Skin	UP-RH	6	5794	2285	39%
363971-9L	Doubler	UP-LH	7	5190	2160	42%
363971-9R	Doubler	UP-RH	7	5190	2160	42%
362539-9	Clip	UP-RH	8	5355	2165	40%
362539-10	Retainer	UP-RH	8	5355	2165	40%
362617-2L	Deflector	UP-LH	9	4065	520	13%
362617-2R	Deflector	UP-RH	9	4065	520	13%
363971-7L	Stiffener	UP-LH	10	815	490	60%
362571-7R	Stiffener	UP-RH	10	815	490	60%
3352131-3	Doubler	UP-RH	11	4792	810	17%
3352179-3	Skin	LP-LH	12	2324	2185	94%
3352179-4	Skin	LP-RH	12	2324	2185	94%
3352179-5	Lip	LP-LH	13	6209	550	9%
3352179-6	Lip	LP-RH	13	6209	550	9%
3352179-9	Angle*	LP-LH+RH	14	6040	340	6%
342176-4L	Frame	FWD-LH	-	2512	2400	96%
342176-20	Frame	FWD-RH	-	2400	2400	100%
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	-	5802	2930	50%
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	-	3875	2930	76%
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	-	2360	2110	89%
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	-	2375	2080	88%
3352140-3	Skin	UP-LH	-	2424	2110	87%
3352140-4	Skin	UP-RH	-	2366	2110	89%
342176-18	Panel	FWD-RH	-	3780	2000	53%
342176-3L	Panel	FWD-LH	-	2344	2000	85%

*contando com o envelhecimento natural

Capítulo 9

Tecnologia de Grupos

Neste capítulo pretende-se aplicar à produção de peças simples o conceito de tecnologias de grupo, explorando mais profundamente ideias já desenvolvidas no capítulo anterior. Apresenta-se também um novo schedule seguindo agora esta nova filosofia.

9.1 - Introdução

Este estudo tem como objectivo o aumento da produtividade, da simplicidade e da eficiência do processo de fabrico dos componentes da "nacelle" do Hercules C-130, através do agrupamento de peças de acordo com critérios de forma, dimensão e gama de fabrico, seguindo uma filosofia chamada de Tecnologia de Grupos (T.G.).

No fundo tratata-se da definição de macro gamas, relativas a famílias de peças com similiaridade em termos de gama de fabrico, tratadas em termos de programação fabril como uma única entidade. A utilização desta filosofia na preparação de trabalho e no planeamento e programação da produção permite uma maior eficiência na utilização dos recursos de produção, conduzindo a uma redução de custos. O estudo dos grupos é apenas relativo à máquina hidroforming.

9.2 - Comparação com o estudo anterior

No estudo anterior, já algumas noções de T.G. foram utilizadas nomeadamente na definição de nestings com várias peças e na formação de lotes com peças muito parecidas e com a mesma gama de fabrico, mas não se explorou ao máximo as vantagens desta filosofia. Os lotes formados eram muito pequenos, não se aproveitando as potencialidades da Hidroforming que permite que em cada moldagem se realize um grande número de peças diferentes, reduzindo tempos de preparação, de moldagem e de transporte assim como não se aproveitou da melhor maneira a similiaridade de tratamentos térmicos das várias peças. Apesar de as peças seguirem o seu processo de fabrico em grupo, chamado de lote no estudo anterior tendo cada lote o mesmo ciclo de fabrico, na máquina Trumatic estes grupos eram invadidos por outras peças que não tinham o mesmo ciclo de fabrico separando-se logo a seguir, o que aqui não se verificará.

Aumentou-se o número de restrições relativamente às fases iniciais, sendo estas agora realizadas para todos os grupos apenas por um operário.

A evolução do projecto e os vários testes realizados permitiram um melhor conhecimento de todos os pormenores relativos ao processo de fabrico assim como conhecer os limites e as restrições ao agrupamento de peças.

9.3 - As duas fases do processo

Estudando o processo de fabrico da “nacelle” chega-se à conclusão que há um grande engarrafamento na máquina Hidroforming. De facto, se olharmos para o quadro nº 9.1 (actualizado, devido a várias alterações ocorridas e ao aumento do número de gamas de fabrico completas), verificamos que existem 2 fases claramente distintas. Uma fase inicial que compreende todas as fases anteriores à 1ª moldagem, desde o débito do material até ao 1º tratamento térmico onde todas as peças têm mais ou menos operações e onde se consegue formar visualmente vários grupos, e uma fase posterior, de maior duração, que começa com a preparação da Hidroforming e acaba com as operações finais, notando-se também várias peças com processo de fabrico semelhante.

A Trumatic, máquina de elevado rendimento e que permite a realização simultânea de múltiplas peças, otimizando a chapa de alumínio, não tem disponibilidade para estar sempre dependente da Hidroform, não podendo produzir só quando é necessário pois a Trumatic é utilizada para vários projectos a decorrer na OGMA sendo uma máquina bastante utilizada. Assim, torna-se necessário realizar no início de cada mês todas as fases de recorte e furação das peças da “nacelle” que têm lugar na Trumatic. A falta de disponibilidade desta máquina, assim como as vantagens da Tecnologia de Grupos (nas 2 fases) levaram a equacionar o problema de se interromper o processo de fabrico, levando à existência de 2 fases independentes. A 1ª fase, que compreende as fases iniciais de fabrico anteriores à 1ª moldagem, decorrerá o mais rapidamente possível nos primeiros dias do mês, entrando então as peças em armazém ficando à espera de disponibilidade por parte da Hidroforming para seguirem o seu ciclo de fabrico.

A divisão do processo, apenas realizada para as peças hidroforming, idealmente feita imediatamente antes 1º moldagem, não é porém possível de realizar devido à falta de capacidade da arca frigorífica. A maior parte das peças vai a moldar em temperatura fresca, o que obriga a que se a peça é temperada e não é logo moldada terá que esperar pela moldação em arca frigorífica, o que levaria a uma sobrecarga de peças incomportável para a arca se se interrompesse o processo antes da 1º moldagem .

A divisão do processo continuar-se-á a fazer antes da 1ª moldagem, salvo quando a peça vai a moldar em temperatura fresca, dividindo-se o processo antes da 1ª temperatura (no estudo anterior não se efectuava uma divisão, todas as peças do projecto que iriam à Trumatic ficavam em fila de espera logo após serem recortadas e desgorduradas, sendo isto feito no menor tempo possível provocando filas de espera de grande dimensão).

Temos agora 2 fases, que se podem tratar independentemente, o que torna o processo mais simples assim como mais exequível.

9.4 - Formação dos Grupos

Procedeu-se então ao estudo do processo de fabrico de cada peça Hidroforming, bastante mais exigente que o estudo anterior, atendendo às características especiais de cada uma, de modo a encontrar semelhanças entre elas que justifiquem a constituição de grupos tecnológicos.

1ª Fase

Uma análise inicial à 1ª fase revela a existência de 4 grandes grupos que definem 4 *caminhos* diferentes como se pode ver no quadro nº 9.2. Estes 4 grupos irão dividir-se definitivamente em 10 (quadro nº 9.3), devido às características da máquina Trumatic que exige que um nesting só contenha peças do mesmo material e da mesma espessura.

2ª Fase

Na 2ª fase existem 7 grandes grupos que também definem 7 caminhos diferentes (quadro nº 9.4). Estes por sua vez dividem-se em 11 grupos mais pequenos (quadro nº 9.5) devido às especificidades dos tratamentos térmicos nomeadamente em termos de materiais e espessuras. Este factor, relativamente ao estudo anterior, foi bastante relaxado, devido a um melhor conhecimento do processo de têmpera, que não é tão restricto como se pensava, permitindo que um grupo a têmperar tenha uma certa gama de espessuras (quadro nº 9.6). No quadro nº 9.7 e 9.8 apresentam-se os tempos estimados para os grupos da 1ª e 2ª fase. A estimação e cálculo dos tempos dos grupos seguiram as regras descritas no capítulo 5.

De notar que há moldagens em que se efectuam 5 e 4 peças de cada vez reduzindo significativamente os tempos de preparação e de moldagem assim como o número de têmperas e desengorduramentos.

O facto de a peça ser moldada no carro fundo ou no carro baixo da Hidroforming

não foi considerado motivo de divisão em grupo (mais um factor relaxado em relação ao estudo anterior), devido ao baixo tempo que leva esta operação e por se conseguir moldar ao mesmo tempo nos dois carros, o que permitiu ainda mais reduzir o número de grupos.

No quadro nº 9.9 comparam-se os grupos das 2 fases. De notar uma quase igualdade entre os grupos da 1ª e da 2ª fase.

O quadro nº 9.10 demonstra o cálculo dos tempos da Trumatic. De notar que este último estudo é diferente do realizado inicialmente para a Trumatic. Aqui não se tomam em consideração as peças que não "passam" nas máquinas críticas (por terem "caminhos" diferentes).

9.5 - Peças Muller e Muller-Est

Para as peças Muller e Muller-Est não foi estudada a formação de grupos, por estas serem em pequeno número e não o justificarem. Assim não se realizou para estas peças nem divisão do processo em 2 fases, nem a formação de grupos tecnológicos. Para estas peças mantém-se tudo o que foi dito no capítulo anterior.

9.6 - Calendarização das operações de fabrico

O objectivo do estudo das T.G. era a constituição de grupos tecnológicos para a produção de peças simples, sem me ter sido pedido que apresenta-se um schedule. No entanto, para uma melhor compreensão e para ter uma ideia dos resultados e implicações da aplicação do conceito de T.G., achou-se melhor realizar também um estudo sobre uma possível calendarização.

Nos quadros 9.11 e 9.12 apresenta-se a prioridade dada a cada grupo. O primeiro Grupo da 2ª fase a fabricar será aquele que terá menor :

- tempo total de fabrico contando com o envelhecimento natural
- em caso de igualdade
- tempo total de fabrico

Estes 2 parâmetros chegam perfeitamente para atribuir uma ordem de prioridade, sendo inútil o seu aumento.

Como estes grupos contêm cada um grande diversidade de peças, pertencentes a vários painéis, por este estudo ter sido especificamente pedido para a produção de peças simples, ignorando a montagem, não se tomou esta em consideração por não fazer parte do âmbito deste trabalho. Tomou-se como hipótese que a montagem seria um processo independente deste.

Para a primeira fase não foi calculada nenhuma "dispatching rule" em particular, o que dita a prioridade de cada grupo é a prioridade dada ao 2º grupo. Assim se um grupo da 2ª fase é o primeiro a ser lançado também serão lançadas em primeiro os grupos da 1ª fase necessários para os satisfazer.

Tomou-se como hipótese que só existe um operário disponível para a 1º fase e que o mesmo operário executa todas as tarefas necessárias desde o débito ao depósito das peças, para todos os grupos. Este operário executará para cada grupo todas as operações a ele relativas continuamente, só largando um grupo depois de todas as operações a ele relativas estiverem completas.

Para a 2ª fase tomou-se como hipótese que existem vários centros de carga (Tratamentos Térmicos, Chaparia, Pré-Recorte e Operações Finais) trabalhando cada

operário apenas no seu centro de carga podendo decorrer várias operações ao mesmo tempo em centros de carga diferentes. Dentro do centro de carga Chaparia assumiu-se que existem mini-centros de carga (Hidroforming, Muller, Muller-Estiradora) com operários próprios que só realizam operações no seu próprio centro de carga (preparação, moldagem ou estiragem, desempenho e operações várias). Todos os tempos foram estimados numa visão pessimista .

Este schedule foi realizado supondo uma ordem de lançamento de 2 shipsets, e só é relativo às peças que "passam" pelas máquinas em estudo. No estudo do schedule foi preocupação dominante não haver duas ou mais operações a realizar ao mesmo tempo, nas mesmas máquinas ou pelo mesmo operário, e uma atenção especial foi dada às capacidades das máquinas. Este estudo foi realizado no software MS-PROJECT.

A calendarização detalhada é apresentada em anexo (pag 32-47). A realização desta calendarização seguiu as regras, as restrições e as linhas de orientação do realizado no capítulo 8, não sendo necessário a repetição da sua explicação. A única diferença reside na atribuição do schedule da 1ª fase, pois esta fase é agora totalmente realizada para os grupos formados por um único operário. Este operário realizará todas as operações relativas a um lote continuamente, sem filas de espera, obedecendo às prioridades da 1ª fase (enquanto que no estudo anterior havia várias equipas, e quem trabalhava continuamente era a Trumatic).

No quadro nº 9.13 e 9.14 apresentam-se as cargas diárias em minutos e a percentagem de ocupação diária por posto previstas para as seguintes máquinas: Forno, Trumatic, Hidroforming, Muller-Estiradora e Muller .

No quadro nº 9.15 apresenta-se um quadro onde se mostra para cada peça, o tempo de início e conclusão das 2 fases assim como o tempo de espera entre estas.

No quadro nº 9.16 e 9.17 apresentam-se os tempos totais de fabrico (tempo que a peça dispense no schedule proposto, desde o débito do material até à sua entrada em armazém) e os tempos efectivos de fabrico (tempo que a peça sofre efectivamente processos de fabrico, não contando com as filas de espera) e uma medida de eficiência que mede a relação entre estes 2 parâmetros.

9.7 - Descrição do schedule proposto

Se atendermos ao schedule e aos quadros apresentados anteriormente podemos tirar algumas conclusões:

Verifica-se que o centro de carga mais crítico é o da hidroforming, trabalhando do dia 2 ao dia 17. Apresenta como dias críticos os dias 4, 8, 9, 11, 16. Este centro de carga dispense aproximadamente 350 minutos em preparações da máquina, 800 minutos em moldagens, 3360 minutos em operações várias, 500 minutos em desempenos entre moldagens, e 800 minutos no desempenho final das peles planas. Nesses 16 dias tem uma percentagem média de ocupação diária de 73,93 %.

Relativamente às peças hidroforming, o seu ciclo de produção inicia-se com a 1ª fase, começando a ser fabricadas no dia 1, terminando no dia 7 esta fase. O tempo médio de uma peça na 1ª fase é de 310 minutos. A 2ª fase arranca no dia 2 finalizando no dia 17. O tempo médio de espera de uma peça na 2ª fase é de 1688 minutos. O tempo médio de espera entre as 2 fases é de 48,48 horas (tempo útil de trabalho) o que dá 6,06 dias.

O centro de carga da Muller necessita de 12 dias para despachar as suas peças, sendo estes dias descontínuos devido aos processos de recozimento (só tem trabalho atribuído para 8 dias). Apresenta como dias críticos os dias 6 e 11. Nos 8 dias que trabalha tem uma percentagem média de ocupação diária de 57,81% (é de 38,54 % se considerarmos os 12 dias). Dispende 720 minutos na preparação da máquina e 1200 minutos em moldagens.

Relativamente às peças Muller, o seu ciclo de produção é de 13 dias, mas se atendermos ao envelhecimento natural o ciclo aumenta para 17 dias.

O centro de carga Muller-Est trabalha do dia 1 ao dia 5. Apresenta como dias críticos os dias 2, 3 e 4. Tem uma percentagem média de ocupação diária de 85 %. Dispende 720 minutos na preparação da máquina e 960 minutos na estiragem.

Relativamente às peças Muller-Est, o seu ciclo de produção é de 6 dias, mas se atendermos ao envelhecimento natural o ciclo aumenta para 9 dias.

O centro de carga Tratamentos Térmicos trabalha 16 dias para o programa da “nacelle” abastecendo diariamente os outros centros de carga com têmperas e recozimentos. O forno tem um tempo total de utilização de 5830 minutos.

No horário normal de laboração tem uma percentagem média de ocupação de 21,4 % (têmperas). As têmperas dispendem no total 1990 minutos, sendo 1490 minutos relativos a peças Hidroforming, 200 minutos relativos a peças Muller e 300 minutos relativos a peças Muller-Est.

Os recozimentos (realizados fora do horário normal de laboração) dispendem 3840 minutos e só são relativos às peles exteriores do painel curvo (peças Muller).

O forno apresenta como dias críticos (dias de recozimento) os dias 3, 4, 5, 7, 8 e 9.

A máquina Trumatic trabalha 6 dias para o programa da “nacelle”. Tem nestes dias uma taxa média de ocupação diária de 30,45%. O operário que executa toda a primeira fase trabalha 7 dias.

O medida Tempo Efectivo de Fabrico / Tempo Total de Fabrico atribui uma eficiência ao schedule de 54,21 %, se tomarmos em conta o envelhecimento, e de 48 % se desprezarmos este processo natural.

As alterações ao processo produtivo e aos seus tempos estimados, fruto do desenvolvimento do programa, tornariam inútil a comparação com o schedule apresentado no capítulo anterior, pelo que esta não foi realizada.

9.8 - Conclusão

Verifica-se que a utilização de Tecnologias de Grupo na produção de peças simples no programa da “nacelle” do Hércules C-130 J é bastante vantajosa, trazendo uma maior eficiência e uma maior racionalização na utilização dos recursos de produção. Conseguiu-se também simplificar o processo produtivo dividindo-o em 2 fases independentes com grupos claramente distintos, facilitando a sua execução.

A Hidroforming e o Forno serão as máquinas mais críticas e aquelas às que se terá que ter maior atenção no cumprimento dos horários estabelecidos, não trazendo as máquinas Muller e Muller-Est problemas na concretização dos objectivos propostos.

O objectivo final de conseguir produzir num mês a quantidade necessária de peças para satisfazer 2 shipsets foi claramente ultrapassado, dispondo-se ainda de 5 dias de folga.

P/N	Nome	Painel	Débito	Tr	R/F	D1	Reb	T.T.1	T.P.	H1	d1	D2	T.T.2	H2	d2	D3	T.T.3	H3	d3	P.R.	O.V.	O.F.	T.E.	
3352132-5	Filler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40								120	120	4d
3352133-7	Plate	LP-LH	60	30		30			10	20												120	200	
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	60		160				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40	400	960		240	4d	
362570-4	Doubler	LP-LH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40										
3352179-3	Skin	LP-LH	60		64	30		50	15	40			540									80	120	4d
3352179-5	Lip	LP-LH	60	30		30			10	40	20	30	50	40								360	200	
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	60	60		30			10	20												120	120	
3352133-5	Filler	LP-RH	60	30		30			10	10												40	120	
362571-45	Stiffener	LP-RH	60	30		30	20	50	10	40	20	30	50	40								120	120	
362571-25	Inner Skin	LP-RH	60		160				60	40	80	120	100	40	80	120	100	40	400	960		80	120	4d
3352132-7	Plate	LP-RH	60	30		30			10	20													240	4d
3352179-4	Skin	LP-RH	60		64	30		50	15	40			540									120	200	
3352179-6	Lip	LP-RH	60	30		30			10	40	20	30	50	40								360	200	
363971-4L	Skin	UP-LH	60	30		30	20	50	15	40		30	50	40								120	120	
363971-7L	Stiffener	UP-LH	60		64	30		50	10	40												120	200	4d
363971-9L	Doubler	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40												160	120	
362617-2L	Deflector	UP-LH	60	30		30	20	50	10	40												200	120	4d
3352131-3	Doubler	UP-RH	60		20				10	40	40	30	50	40	40	30	50	40				160	120	
362539-9	Clip	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40												400	120	
362539-10	Retalner	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40												80	120	4d
363971-4R	Skin	UP-RH	60	30		30	20	50	15	40												80	120	4d
362571-7R	Stiffener	UP-RH	60		64	30		50	10	40		30	50	40								120	200	4d
363971-9R	Doubler	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40												160	120	
362617-2R	Deflector	UP-RH	60	30		30	20	50	10	40												200	120	4d
																						160	120	

Quadro nº 9.1 - Peças estudadas para a formação de grupos (Hidroforming),
Tempos por operação (actualizado)

Quadro nº 9.2 - Os 4 "caminhos" diferentes da 1ª fase

P/N	Nome	Painel	Débito	Tr	Prensa	R/F	D1	Reb	Reb2
362570-4	Doubler	LP-LH	x	x			x	x	
362571-45	Stiffener	LP-RH	x	x			x	x	
363971-4L	Skin	UP-LH	x	x			x	x	
363971-4R	Skin	UP-RH	x	x			x	x	
3352132-5	Filler	LP-LH	x	x			x	x	
3352133-7	Plate	LP-LH	x	x			x	x	
3352133-5	Filler	LP-RH	x	x			x	x	
3352132-7	Plate	LP-RH	x	x			x	x	
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	x	x			x	x	
363971-9L	Doubler	UP-LH	x	x			x	x	
363971-9R	Doubler	UP-RH	x	x			x	x	
362539-9	Clip	UP-RH	x	x			x	x	
362539-10	Retainer	UP-RH	x	x			x	x	
362617-2L	Deflector	UP-LH	x	x			x	x	
362617-2R	Deflector	UP-RH	x	x			x	x	
3352179-5	Lip	LP-LH	x	x			x	x	
3352179-6	Lip	LP-RH	x	x			x	x	
3352131-3	Doubler	UP-RH	x	x	x				
3352179-3	Skin	LP-LH	x			x	x	x	
3352179-4	Skin	LP-RH	x			x	x	x	
363971-7L	Stiffener	UP-LH	x			x	x	x	
362571-7R	Stiffener	UP-RH	x			x	x	x	
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	x			x			x
362571-25	Inner Skin	LP-RH	x			x			x

Quadro nº 9.3 a - Grupo 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17

Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	Tr	Nesting	D1	Reb
11	362570-4	Doubler	LP-LH	x	x	3	x	x
11	362571-45	Stiffener	LP-RH	x	x	3	x	x
11	363971-4L	Skin	UP-LH	x	x	3	x	x
11	363971-4R	Skin	UP-RH	x	x	3	x	x
12	3352132-5	Filler	LP-LH	x	x	4	x	x
12	3352133-7	Plate	LP-LH	x	x	4	x	x
12	3352133-5	Filler	LP-RH	x	x	4	x	x
12	3352132-7	Plate	LP-RH	x	x	4	x	x
13	3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	x	x	5	x	x
14	363971-9L	Doubler	UP-LH	x	x	6	x	x
14	363971-9R	Doubler	UP-RH	x	x	6	x	x
15	362539-9	Clip	UP-RH	x	x	7	x	x
15	362539-10	Retainer	UP-RH	x	x	7	x	x
16	362617-2L	Deflector	UP-LH	x	x	8	x	x
16	362617-2R	Deflector	UP-RH	x	x	8	x	x
17	3352179-5	Lip	LP-LH	x	x	9	x	x
17	3352179-6	Lip	LP-RH	x	x	9	x	x

Quadro nº 9.3 b - Grupo 18

Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	Prensa	R/F
18	3352131-3	Doubler	UP-RH	x	x	x

Quadro nº 9.3 c - Grupo 19

Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	R/F	Reb	D1
19	3352179-3	Skin	LP-LH	x	x	x	x
19	3352179-4	Skin	LP-RH	x	x	x	x
19	363971-7L	Stiffener	UP-LH	x	x	x	x
19	362571-7R	Stiffener	UP-RH	x	x	x	x

Quadro nº 9.3 d - Grupo 110

Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	R/F	Reb*
110	362570-3	Skin-Inner	LP-LH	x	x	x
110	362571-25	Inner Skin	LP-RH	x	x	x

Quadro nº 9.4 - Os 7 caminhos diferentes da 2 ° fase.

P/N	Nome	Panel	T.T.1	Nº Moldagens	Carro
362570-4	Doubler	LP-LH	x	2	Baixo
362571-45	Stiffener	LP-RH	x	2	Baixo
363971-4L	Skin	UP-LH	x	2	Fundo
363971-4R	Skin	UP-RH	x	2	Fundo
3352132-5	Filler	LP-LH	x	2	Baixo
3352133-7	Plate	LP-LH		1	Baixo
3352133-5	Filler	LP-RH		1	Baixo
3352132-7	Plate	LP-RH		1	Baixo
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH		1	Baixo
363971-9L	Doubler	UP-LH	x	1	Baixo
363971-9R	Doubler	UP-RH	x	1	Baixo
362539-9	Clip	UP-RH	x	1	Fundo
362539-10	Retainer	UP-RH	x	1	Fundo
362617-2L	Deflector	UP-LH	x	1	Baixo
362617-2R	Deflector	UP-RH	x	1	Baixo
3352179-3	Skin	LP-LH	x	1	Fundo
3352179-4	Skin	LP-RH	x	1	Fundo
363971-7L	Stiffener	UP-LH	x	1	Baixo
362571-7R	Stiffener	UP-RH	x	1	Baixo
3352179-5	Lip	LP-LH		2	Baixo
3352179-6	Lip	LP-RH		2	Baixo
3352131-3	Doubler	UP-RH		3	Baixo
362570-3	Skin-Inner	LP-LH		3	Baixo
362571-25	Inner Skin	LP-RH		3	Baixo

Quadro nº 9.5 - Os 11 grupos definitivos da 2ª fase

Grupo	P/N	Nome	Painel	T.T.1	Nº Moldagens	Carro
21	362570-4	Doubler	LP-LH	T1	2	Baixo
21	362571-45	Stiffener	LP-RH	T1	2	Baixo
21	363971-4L	Skin	UP-LH	T1	2	Fundo
21	363971-4R	Skin	UP-RH	T1	2	Fundo
21	3352132-5	Filler	LP-LH	T1	2	Baixo
22	3352133-7	Plate	LP-LH		1	Baixo
22	3352133-5	Filler	LP-RH		1	Baixo
22	3352132-7	Plate	LP-RH		1	Baixo
22	3352179-9	Angle*	LP-LH-RH		1	Baixo
23	363971-9L	Doubler	UP-LH	T2	1	Baixo
23	363971-9R	Doubler	UP-RH	T2	1	Baixo
24	362539-9	Clip	UP-RH	T3	1	Fundo
24	362539-10	Retainer	UP-RH	T3	1	Fundo
25	362617-2L	Deflector	UP-LH	T4	1	Baixo
25	362617-2R	Deflector	UP-RH	T4	1	Baixo
26	3352179-5	Lip	LP-LH		2	Baixo
26	3352179-6	Lip	LP-RH		2	Baixo
27	3352131-3	Doubler	UP-RH		3	Baixo
28	3352179-3	Skin	LP-LH	T5	1	Fundo
28	3352179-4	Skin	LP-RH	T5	1	Fundo
29	363971-7L	Stiffener	UP-LH	T6	1	Baixo
29	362571-7R	Stiffener	UP-RH	T6	1	Baixo
210	362570-3	Skin-Inner	LP-LH		3	Baixo
211	362571-25	Inner Skin	LP-RH		3	Baixo

Quadro nº 9.6 - Tolerâncias do processo de têmpera

	T.T.	Material	Espess.
11	Têmpera	2024T3CLAD	0.033-0.063
12	Têmpera	2024T3CLAD	0.021-0.032
13	Têmpera	2024T3CLAD	0.064-0.090
14	Têmpera	6061-T4	0.021-0.032
15	Têmpera	6061-OBARE	0.033-0.063
16	Têmpera	LS4613	

Grupo	T.T.1	T.P.	H1	d1	D2	T.T.2	H2	d2	D3	T.T.3	H3	d3	D3	P.R.	O.V.	O.F.	T.E.	Total	Total2
21	50	50	40	24	60	100	80								400	546	4d	2324	1350
22		30	40												400	448		918	918
23	50	20	40												400	168	4d	2030	678
24	50	30	40												160	168	4d	2040	448
25	50	20	40												320	168		598	598
26		20	40	24	30	50	40								240	168		612	612
27		10	40	40	30	50	40	40	30	50	40		30		400	120		920	920
28	50	30	40			540									720	280		1660	1660
29	50	20	40												320	168		598	598
210		60	40	80	120	100	40	80	120	100	40	400		960		168	4d	2700	2308
211		60	40	80	120	100	40	80	120	100	40	400		960		168	4d	2700	2308

Quadro nº 9.7 - Tempos previstos para os grupos da 2º fase

Grupo	Débito	Tr	Prensa	R/F	D1	Reb	Depósi	Total
11	60	126			30	32	30	248
12	60	273			30	32	30	395
13	60	84			30	16	30	190
14	60	84			30	16	30	190
15	60	70			30	16	30	176
16	60	84			30	8	30	182
17	60	84			30	16	30	190
18	60		80	20			30	160
19	60			256	30	32	30	378
110	60			320		160	30	540

T.T.1	- Trat.Térmico	d3	- Desempeno
T.P.	- Prepar. Hidroform	D3	- Desengordurar
H1	- Moldagem	P.R.	- Pré-Recorte
d1	- Desempeno	O.V.	- Operações Várias
D1	- Desengordurar	O.F.	- Operações Finais
T.T.2-	- Trat.Térmico	T.E.	- Tempo de Envelhecimento
H2	- Moldagem	Tr	- Trumatic
d2	- Desempeno	R/F	- Recorte e Furação
D3	- Desengordurar	Reb	- Rebarbar
T.T.3	- Trat.Térmico	Total	- Tempo ciclo Produção
H3	- Moldagem	Total2	- Tempo c.p.(envelhecim.)

Quadro nº 9.8 - Tempos previstos para os grupos da 1º fase

Hidroform 10 Grupos

11 Grupos

Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	Tr	Nesting	D1	Reb	Grupo	T.T.1	Nº Moldagens	Carro	
11	362570-4	Doubler	LP-LH	x	x	3	x	x	21	T1	2	Baixo	
11	362571-45	Stiffener	LP-RH	x	x	3	x	x	21	T1	2	Baixo	
11	363971-4L	Skin	UP-LH	x	x	3	x	x	21	T1	2	Fundo	
11	363971-4R	Skin	UP-RH	x	x	3	x	x	21	T1	2	Fundo	
12	3352132-5	Filler	LP-LH	x	x	4	x	x	21	T1	2	Baixo	
12	3352133-7	Plate	LP-LH	x	x	4	x	x	22		1	Baixo	
12	3352133-5	Filler	LP-RH	x	x	4	x	x	22		1	Baixo	
12	3352132-7	Plate	LP-RH	x	x	4	x	x	22		1	Baixo	
13	3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	x	x	5	x	x	22		1	Baixo	
14	363971-9L	Doubler	UP-LH	x	x	6	x	x	23	T2	1	Baixo	
14	363971-9R	Doubler	UP-RH	x	x	6	x	x	23	T2	1	Baixo	
15	362539-9	Clip	UP-RH	x	x	7	x	x	24	T3	1	Fundo	
15	362539-10	Retainer	UP-RH	x	x	7	x	x	24	T3	1	Fundo	
16	362617-2L	Deflector	UP-LH	x	x	8	x	x	25	T4	1	Baixo	
16	362617-2R	Deflector	UP-RH	x	x	8	x	x	25	T4	1	Baixo	
17	3352179-5	Lip	LP-LH	x	x	9	x	x	26		2	Baixo	
17	3352179-6	Lip	LP-RH	x	x	9	x	x	26		2	Baixo	
Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	Prensa	R/F							
18	3352131-3	Doubler	UP-RH	x	x	x							
Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	R/F	Reb	D1						
19	3352179-3	Skin	LP-LH	x	x	x	x						
19	3352179-4	Skin	LP-RH	x	x	x	x						
19	363971-7L	Stiffener	UP-LH	x	x	x	x						
19	362571-7R	Stiffener	UP-RH	x	x	x	x						
Grupo	P/N	Nome	Painel	Débito	R/F	Reb*							
110	362570-3	Skin-Inner	LP-LH	x	x	x							
110	362571-25	Inner Skin	LP-RH	x	x	x							
Grupo												Nº Moldagens	Carro
27												3	Baixo
Grupo	T.T.1											Nº Moldagens	Carro
28	T5											1	Fundo
28	T5											1	Fundo
29	T6											1	Baixo
29	T6											1	Baixo
Grupo												Nº Moldagens	Carro
210												3	Baixo
211												3	Baixo

Quadro nº 9.9 - Comparação entre os grupos das 2 fases

P/N	Norma	Material	Espess.	Coeficiente		N° chapas/retalho	N° peças /contomo	N° Con/chapa	Peças excesso	tempo	Nesting	tempo-Nesting
				Apil. SS	SS							
363971-4R	Skin	2024T3CLAD	0,04	8		9	1	1	1	31,5	3*	126
363971-4L	Skin	2024T3CLAD	0,04	8		9	1	1	1	31,5	3*	
362570-4	Doubler	2024T3CLAD	0,04	8		9	1	1	1	31,5	3*	
362571-45	Stiffener	2024T3CLAD	0,04	8		9	1	1	1	31,5	3*	
3352132-5	Filler	2024T3CLAD	0,063	8		6	1	2	4	42	4*	273
3352133-7	Plate	2024T3CLAD	0,063	8		6	2	1	4	42	4*	
3352132-7	Plate	2024T3CLAD	0,063	8		6	2	1	4	42	4*	
3352133-5	Filler	2024T3CLAD	0,063	8		6	5	1	22	105	4*	
342176-31	Door	2024T3CLAD	0,063	8		6	1	2	4	42	4*	
3352179-9	Angle	6061-T6	0,032	16		12	2	1	8	84	5	84
363971-9L	Doubler	2024T3CLAD	0,032	8		12	1	1	4	42	6	84
362570-8	Doubler	2024T3CLAD	0,032	8		12	1	1	4	42	6	
362539-10	Retainer	2024T3CLAD	0,072	8		5	1	2	2	35	7	70
362539-9	Clip	2024T3CLAD	0,072	8		5	1	2	2	35	7	
363971-2L	Deflector	6061-T4	0,032	8		12	1	1	4	42	8	84
363971-2R	Deflector	6061-T4	0,032	8		12	1	1	4	42	8	
3352179-5	Lip	6061-O BARE	0,063	8		6	1	2	4	42	9*	84
3352179-6	Lip	6061-O BARE	0,063	8		6	1	2	4	42	9*	

Quadro nº 9.10 - Estudo dos tempos de cada Nesting

Quadro nº 9.11 - Prioridades da 1º fase

Grupo	Prioridade
110	1
11	2
12	3
15	4
14	5
19	6
18	7
13	8
17	9
16	10

Quadro nº 9.12 - Prioridades da 2ª fase

Grupo	Total	Total2	Prioridade
210	2700	2308	1
211	2700	2308	2
21	2324	1350	3
24	2040	448	4
23	2030	678	5
28	1660	1660	6
27	920	920	7
22	918	918	8
26	612	612	9
25	598	598	10
29	598	598	11

Quadro nº13 - Tempo previsto por posto de carga (minutos)

	Forno (têmp.)	Forno (recoz.)	Trumatic*	Muller	Muller-Est	Hidroform
día						
1	100		30	360	260	
2	100		178		480	180
3	200	509	291		480	210
4	100	933	84		480	480
5	200	478	85	180	340	200
6	100		209	480		320
7	150	426		60		320
8	50	1083				480
9	150	411		260		480
10	100			340		264
11	50			420		480
12	150			120		400
13	50					370
14	50					400
15	50					400
16	50					480
17						214
Total	1650	3840	877	2220	2040	5678

Quadro nº 9.14 - Percentagem de ocupação diária por posto

	Forno	Trumatic*	Muller	Muller-Est	Hidroform
día					
1	20,83%	6,25%	75,00%	54,17%	0,00%
2	20,83%	37,08%	0,00%	100,00%	37,50%
3	147,71%	60,63%	0,00%	100,00%	43,75%
4	215,21%	17,50%	0,00%	100,00%	100,00%
5	141,25%	17,71%	37,50%	70,83%	41,67%
6	20,83%	43,54%	100,00%		66,67%
7	120,00%		12,50%		66,67%
8	236,04%		0,00%		100,00%
9	116,88%		54,17%		100,00%
10	20,83%		70,83%		55,00%
11	10,42%		87,50%		100,00%
12	31,25%		25,00%		83,33%
13	10,42%				77,08%
14	10,42%				83,33%
15	10,42%				83,33%
16	10,42%				100,00%
17	0,00%				44,58%

P/N	Nome	Paínel	Grupos 1	Grupos 2	Início 1ª fase	conclusão 1ª fase	Início 2ª fase	conclusão 2ª fase	tempo espera 1ª 2ª fase
362570-4	Doubler	LP-LH	11	21					
362571-45	Stiffener	LP-RH	11	21	2/9:30	2/15:08	7/8:00	11/16:44	33,87
363971-4L	Skin	UP-LH	11	21	2/9:30	2/15:08	7/8:00	11/16:44	33,87
363971-4R	Skin	UP-RH	11	21	2/9:30	2/15:08	7/8:00	11/16:44	33,87
3352132-5	Filler	LP-LH	12	21	2/9:30	2/15:08	7/8:00	11/16:44	33,87
3352133-7	Plate	LP-LH	12	22	2/15:08	3/14:13	7/8:00	11/16:44	33,87
3352133-5	Filler	LP-RH	12	22	2/15:08	3/14:13	14/8:00	16/8:38	26,78
3352132-7	Plate	LP-RH	12	22	2/15:08	3/14:13	14/8:00	16/8:38	82,78
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	13	22	2/15:08	3/14:13	14/8:00	16/8:38	82,78
363971-9L	Doubler	UP-LH	14	23	5/15:17	6/9:57	14/8:00	16/8:38	82,78
363971-9R	Doubler	UP-RH	14	23	4/8:39	4/13:19	9/8:00	16/8:38	62,05
362539-9	Clip	UP-RH	15	24	4/8:39	4/13:19	9/8:00	13/11:14	35,68
362539-10	Retainer	UP-RH	15	24	3/14:30	4/8:39	8/10:53	13/11:14	35,68
362617-2L	Deflector	UP-LH	16	24	3/14:30	4/8:39	8/10:53	12/16:34	34,23
362617-2R	Deflector	UP-RH	16	25	6/14:37	7/9:17	8/10:53	12/16:34	34,23
3352179-5	Lip	LP-LH	17	25	6/14:37	7/9:17	15/15:53	17/9:42	69,60
3352179-6	Lip	LP-RH	17	26	6/9:57	6/14:37	15/15:53	17/9:42	69,60
3352131-3	Doubler	UP-RH	18	27	6/9:57	6/14:37	15/9:10	16/11:22	67,55
3352179-3	Skin	LP-LH	19	28	5/11:07	5/15:17	15/9:10	16/11:22	67,55
3352179-4	Skin	LP-RH	19	28	4/13:19	5/11:07	12/13:00	14/11:20	53,72
363971-7L	Stiffener	UP-LH	19	28	4/13:19	5/11:07	10/8:00	13/8:40	36,88
362571-7R	Stiffener	UP-RH	19	29	4/13:19	5/11:07	10/8:00	13/8:40	36,88
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	110	210	4/13:19	5/11:07	16/13:00	18/8:02	88,88
362571-25	Inner Skin	LP-RH	110	211	1/8:00	2/9:30	16/13:00	18/8:02	88,88
					1/8:00	2/9:30	2/9:30	7/16:10	0,00
							4/15:20	10/11:20	20,83

Quadro nº 9.15 - Tempo médio de espera das peças entre a 1ª e a 2ª fase

P/N	Nome	Panel	Grupos 1	Grupos 2	Tempo Total de Fabrico	Tempo Efectivo Fabrico	(Efectivo/Total)*100
362570-4	Doubler	LP-LH	11	21	4574	2602	56,89
362571-45	Stiffener	LP-RH	11	21	4574	2602	56,89
363971-4L	Skin	UP-LH	11	21	4574	2602	56,89
363971-4R	Skin	UP-RH	11	21	4574	2602	56,89
3352132-5	Filler	LP-LH	12	21	4296	2749	63,99
3352133-7	Plate	LP-LH	12	22	6390	1343	21,02
3352133-5	Filler	LP-RH	12	22	6390	1343	21,02
3352132-7	Plate	LP-RH	12	22	6390	1343	21,02
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	13	22	4941	1138	23,03
363971-9L	Doubler	UP-LH	14	23	4475	2236	49,97
363971-9R	Doubler	UP-RH	14	23	4475	2236	49,97
362539-9	Clip	UP-RH	15	24	4324	2260	52,27
362539-10	Retainer	UP-RH	15	24	4324	2260	52,27
362617-2L	Deflector	UP-LH	16	25	5045	810	16,06
362617-2R	Deflector	UP-RH	16	25	5045	810	16,06
3352179-5	Lip	LP-LH	17	26	4885	832	17,03
3352179-6	Lip	LP-RH	17	26	4885	832	17,03
3352131-3	Doubler	UP-RH	18	27	4323	1110	25,68
3352179-3	Skin	LP-LH	19	28	4101	2068	50,43
3352179-4	Skin	LP-RH	19	28	4101	2068	50,43
363971-7L	Stiffener	UP-LH	19	29	6463	1006	15,57
362571-7R	Stiffener	UP-RH	19	29	6463	1006	15,57
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	110	210	3310	3270	98,79
362571-25	Inner Skin	LP-RH	110	211	4520	3270	72,35
342176-4L	Frame	FWD-LH	-	-	2757	2460	89,23
342176-20	Frame	FWD-RH	-	-	2670	2460	92,13
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	-	-			
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	-	-			
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	-	-	2420	2420	100,00
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	-	-	2597	2420	93,18
3352140-3	Skin	UP-LH	-	-	2620	2420	92,37
3352140-4	Skin	UP-RH	-	-	2480	2420	97,58
342176-18	Panel	FWD-RH	-	-	2400	2340	97,50
342176-3L	Panel	FWD-LH	-	-	2440	2340	95,90

Quadro nº 9.16 - Relação Tempo efectivo de fabrico/Tempo total de fabrico
(contando com o envelhecimento natural)

P/N	Nome	Panel	Grupos 1	Grupos 2	Tempo Total de Fabrico	Tempo Efectivo Fabrico	(Efectivo/Total)*100
362570-4	Doubler	LP-LH	11	21	3602	1628	45,20
362571-45	Stiffener	LP-RH	11	21	3602	1628	45,20
363971-4L	Skin	UP-LH	11	21	3602	1628	45,20
363971-4R	Skin	UP-RH	11	21	3602	1628	45,20
3352132-5	Filler	LP-LH	12	21	3324	1775	53,40
3352133-7	Plate	LP-LH	12	22	6390	1343	21,02
3352133-5	Filler	LP-RH	12	22	6390	1343	21,02
3352132-7	Plate	LP-RH	12	22	6390	1343	21,02
3352179-9	Angle*	LP-LH-RH	13	22	4941	1138	23,03
363971-9L	Doubler	UP-LH	14	23	3123	884	28,31
363971-9R	Doubler	UP-RH	14	23	3123	884	28,31
362539-9	Clip	UP-RH	15	24	2732	638	23,35
362539-10	Retainer	UP-RH	15	24	2732	638	23,35
362617-2L	Deflector	UP-LH	16	25	5045	810	16,06
362617-2R	Deflector	UP-RH	16	25	5045	810	16,06
3352179-5	Lip	LP-LH	17	26	4885	832	17,03
3352179-6	Lip	LP-RH	17	26	4885	832	17,03
3352131-3	Doubler	UP-RH	18	27	4323	1110	25,68
3352179-3	Skin	LP-LH	19	28	4101	2068	50,43
3352179-4	Skin	LP-RH	19	28	4101	2068	50,43
363971-7L	Stiffener	UP-LH	19	29	6463	1006	15,57
362571-7R	Stiffener	UP-RH	19	29	6463	1006	15,57
362570-3	Skin-Inner	LP-LH	110	210	2918	2878	98,63
362571-25	Inner Skin	LP-RH	110	211	4128	2878	69,72
342176-4L	Frame	FWD-LH	-	-	1485	1188	80,00
342176-20	Frame	FWD-RH	-	-	1398	1188	84,98
3352140-5	Inner-Frame	UP-LH	-	-			
3352140-6	Inner-Frame	UP-RH	-	-			
362570-2	Skin-Outer	LP-LH	-	-	1388	1388	100,00
362571-17	Outer-Skin	LP-RH	-	-	1565	1388	88,69
3352140-3	Skin	UP-LH	-	-	1588	1388	87,41
3352140-4	Skin	UP-RH	-	-	1448	1388	95,86
342176-18	Panel	FWD-RH	-	-	1128	1068	94,68
342176-3L	Panel	FWD-LH	-	-	1168	1068	91,44

Quadro nº 9.17 - Relação Tempo efectivo de fabrico/Tempo total de fabrico

Capítulo 10

Outros estudos

Apresentam-se em anexo (pág 48-59) estudos em que participei em conjunto com os responsáveis por este programa, relativos ao planeamento das montagens e entrega das “nacelles”. A maior parte destes estudos tinham um horizonte de planeamentos de curto-prazo (1-2 meses), havendo um que tem como objectivo planear a entrega dos primeiros 20 “shipsets”, o que levou à realização de um planeamento até Fevereiro de 1997. Estes estudos não eram de grande complexidade, porque a maior parte das variáveis vinham já definidas (durações das operações, precedências, prioridades, dias de trabalho, turnos, etc) tendo eu apenas que, com a ajuda do MS-Project, organizar a informação e projectá-la no futuro. Infelizmente estes estudos, não foram de grande ajuda na definição de um schedule para a produção de 2 “shipsets” mensais, pois este supõe um objectivo fixo e condições estáveis, o que na altura da realização destes estudos não acontecia, encontrando-se a entrega das “nacelles” atrasada, sendo assim modificados os objectivos e as necessidades para o o curto-prazo.

Capítulo 11

Conclusões

Este capítulo tem como propósito apresentar as conclusões mais significativas obtidas durante a realização deste estágio.

A fase mais crítica de todo o ciclo de produção da "nacelle" do Hercules C-130 J é sem dúvida a montagem, nomeadamente a soldadura. Os estudos realizados provaram a grande importância e a dependência de todo o processo de fabrico em relação a esta operação. Devido à elevada carga de trabalho e ao número de máquinas de soldar disponíveis verificou-se que, nas condições actuais de laboração e tendo o objectivo de montar 2 "shipsets mensais", é necessário ser bastante exigente e ter um cuidado especial no cumprimento do schedule proposto para a soldadura, não sendo permitidos atrasos e falhas, sob pena de não conseguir realizar as entregas programadas. Soluções possíveis para "relaxar" este problema será aumentar o número de turnos ou o número de máquinas. Esta última opção parece-me a mais correcta, verificando-se no final deste estágio a realização do "upgrade" de uma máquina de soldar por pontos que se encontrava obsoleta para o trabalho em questão.

Os restantes processos de montagem demonstraram não apresentar problemas de maior, não causando filas de espera e tendo um bom escoamento.

No estudo da fase de produção de peças simples confirmou-se a previsão de grandes engarrafamentos na máquina Hidroforming, fruto do elevado número de peças que esta máquina tem que processar, do número de operações que a equipa afecta a esta máquina realiza em cada peça e do pouco tempo das operações iniciais de fabrico. As restantes máquinas consideradas inicialmente críticas (Muller e Muller-Est) demonstraram ter um bom escoamento e não comprometerem as entregas programadas.

As características do processo de fabrico da "nacelle" e a disponibilidade da máquina Trumatic, levam a que seja necessário dividir a produção de peças simples Hidroforming em duas fases distintas, sendo a 1ª fase relativa às fases iniciais de fabrico (débito, recorte e furação, desengorduramento e rebarbar) e a 2ª relativa às restantes operações. A 1ª fase demonstrou realizar-se sem problemas e num curto espaço de tempo (sendo esta uma condição necessária), o que leva à chegada das peças à 2ª fase quase na mesma altura, provocando filas de espera de grande dimensão.

Para ultrapassar o problema dos engarrafamentos nas máquinas críticas (2ª fase), torna-se necessário a utilização de regras de sequenciamento baseadas nas durações das operações de fabrico e nas datas devidas de entrega, sendo estas últimas calculadas com base no schedule da montagem, o que se revelou ser um método eficaz no escoamento das peças em filas de espera.

Verificou-se que o escoamento das peças, o aumento da produtividade, da simplicidade e da eficiência do processo de fabrico dos componentes era conseguido através do agrupamento de peças Hidroforming com gama de fabrico e características físicas semelhantes. O estudo realizado inicialmente sobre lotes revelou poder ser mais aprofundado

o que levou ao estudo das tecnologias de grupo para a 1ª e 2ª fase do processo de fabrico, advindo da utilização desta filosofia grandes vantagens.

Ambos os schedules propostos, usando os métodos e regras explicados neste relatório, apresentam como principais conclusões:

O objectivo de conseguir produzir 8 "nacelles" no limite máximo de 2 meses, ou seja 44 dias (não durando a produção nem a montagem mais do que um mês) foi claramente ultrapassado. No primeiro estudo consegue-se que o ciclo de produção atinja 33 dias num máximo de 44 dias. O estudo relativo à tecnologias de grupo só é relativo à produção de peças simples e prevê que o ciclo de produção de peças simples demore 17 dias num limite de 22 dias.

Verificou-se a criticidade das máquinas de soldar por pontos na montagem e da máquina hidroforming na produção de peças simples, assim como revelou a grande carga diária a que o forno e a equipa da Hidroforming estarão sujeitos, sendo sem dúvida estas máquinas e suas equipas aquelas às quais se terá que prestar maior atenção e exigir o cumprimento dos horários estabelecidos. O aumento do número de pessoas da equipa Hidroforming, principalmente nos dias mais críticos, a disponibilidade total do forno para este programa nas horas dedicadas à da "nacelle", parecem ser fundamentais para o cumprimento do schedule e para atingir as entregas programadas.

Como principal conclusão negativa dos schedules propostos retiramos o elevado tempo de espera que as peças terão que suportar entre as 2 fases do processo de produção de peças simples, obrigando à existência de um elevado stock de produtos em curso de fabrico.

O 1ª estudo apresenta como desvantagens o pouco desenvolvimento dado à constituição de grupos tecnológicos, assim como uma estimação de tempos que se revelou desajustada, devido a alterações de processos de fabrico e da realização final de todas as gamas de fabrico, o que permitiu a sua correcção para o 2ª estudo. O estudo das tecnologias de grupo apresenta como desvantagem em relação ao primeiro o facto de não tomar em conta o processo de montagem.

As duas calendarizações apresentadas (1º estudo e tecnologia de grupos) não apresentam, afinal, grandes diferenças no resultado final. Em ambas se necessita de aproximadamente 17 dias para completar a produção de peças simples relativas a 2 "shipsets". Isto deve-se fundamentalmente a no primeiro estudo já se utilizarem bastantes conceitos de tecnologia de grupos, sendo o segundo estudo um aperfeiçoamento e uma simplificação do primeiro. No entanto, o estudo das tecnologias de grupos é preferido e considerado mais elaborado, por apresentar uma muito maior simplicidade, sendo assim mais exequível, assim por ter sido realizado numa fase mais adiantada do programa, tendo-se assim acesso a informações mais precisas.

Os schedules apresentados sofrem de duas limitações importantes e que terão que se sempre tomados em conta quando da consulta deste relatório. O primeiro e talvez o mais importante é a não consideração dos outros programas a decorrer nesta divisão, programas estes que necessitam de utilizar várias das máquinas aqui estudadas, principalmente a trumatic, o forno e a hidroforming. Supõe-se sempre que estas operações seriam efectuadas nos tempos não destinados. A segunda desvantagem é o valor relativo que os tempos por operação têm. De facto estes tempos são apenas aproximações, havendo vários tempos que

estarão sobrestimados e outros subestimados. A eliminação, ou pelo menos a redução destes defeitos só seriam possíveis com um estudo mais aprofundado, o que dado a natureza e a duração deste estágio não se tornou possível.

Se atendermos a estes factores (outros programas e relatividade dos tempos) e ainda ao facto de ocorrerem sempre imprevistos, chega-se à conclusão que as folgas que os schedules apresentam para a produção de peças simples não são assim tão dilatadas. De facto, esta situação leva a que se se conseguir cumprir exactamente a calendarização proposta, restem apenas 5 dias. Com todas as interferências atrás referidas, para cumprir o objectivo de fabricar mensalmente a quantidade necessária para montar 2 "shipsets", será necessário uma grande coordenação com os outros programas e um controlo rigoroso dos horários de fabrico de cada peça e da libertação das máquinas na altura devida, sob pena de se atrasar a montagem e consequentemente a entrega mensal de 2 "shipsets". Se se optar por produzir para stock, aumentando os custos de armazenagem, mas aproveitando as características de máquinas como a Tumatic, a Hidroforming e o Forno, aliadas à utilização de tecnologias de grupo, reduziriam-se custos de manufactura e resolveriam-se com segurança o fornecimento de peças para a montagem. Se se mantiver o objectivo de se produzir mensalmente 2 "shipsets", penso que seria útil a constituição de um pequeno stock de peças simples de modo a não comprometer as fases posteriores. Já na montagem, especialmente quando entrar em laboração a 3ª máquina de soldar e por estas máquinas estarem quase totalmente dedicadas ao programa da "nacelle", estes problemas não ocorrem sendo um objectivo realista montar num mês 8 "nacelles".

Os estudos aqui apresentados não têm como objectivo a optimização do schedule, sendo antes estudos vários sobre o processo de fabrico da "nacelle" tendo em vista a apresentação de propostas de calendarização utilizando métodos heurísticos, procurando atingir soluções o mais satisfatórias possível.

Os schedules apresentado no MS-Project e os estudos realizados no âmbito deste estágio permitem ter uma visão integrada do ciclo de produção, assim como poderão servir de referência e base numa futura calendarização de operações de fabrico de uma forma global tomando em conta os outros programas a decorrer na divisão e na procura de informação vária sobre o processo produtivo da "nacelle" do C-130.

No âmbito pessoal, devo salientar os importantes conhecimentos adquiridos durante este estágio, principalmente através do contacto com a realidade e complexidade industrial, através da possibilidade de aplicar conceitos adquiridos na faculdade, quer através da necessidade de me informar através de bibliografia especializada. De facto, penso que foi bastante positiva a realização deste estágio, pois não possuo agora apenas conhecimentos académicos e teóricos mas também uma experiência profissional positiva numa empresa de relevo nacional estando assim melhor preparado para enfrentar o mercado de trabalho.

Bibliografia

Guimarães, Rui Campos, [1984], “Planeamento e Controlo de Projectos”, FEUP.

Marques, Manuel Augusto de Pina, [1993], “Planeamento de operações fabris em ambiente de “job-shop” : Nova abordagem”, FEUP.

Schoeder, Roger G., [1993], “ Operations Management. Decision Making in the Operational Function”, McGraw Hill.

Henriques, Elsa, [1995], “Tecnologia de grupos e sistemas de codificação”, IST.

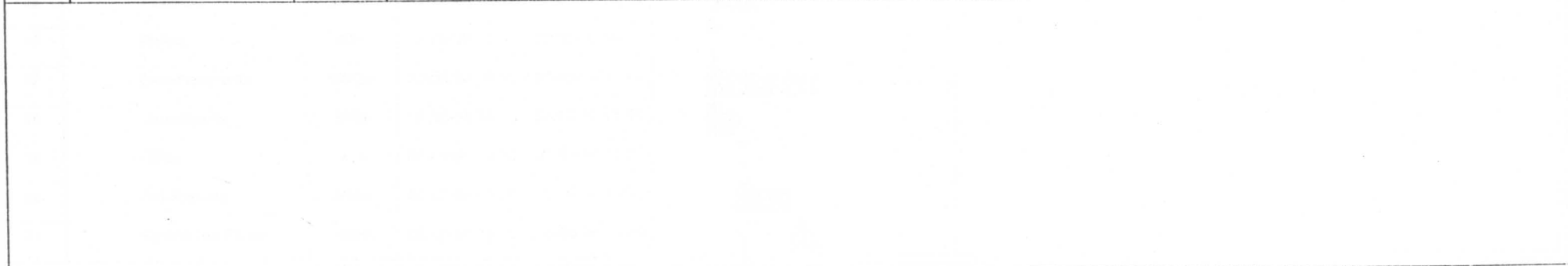
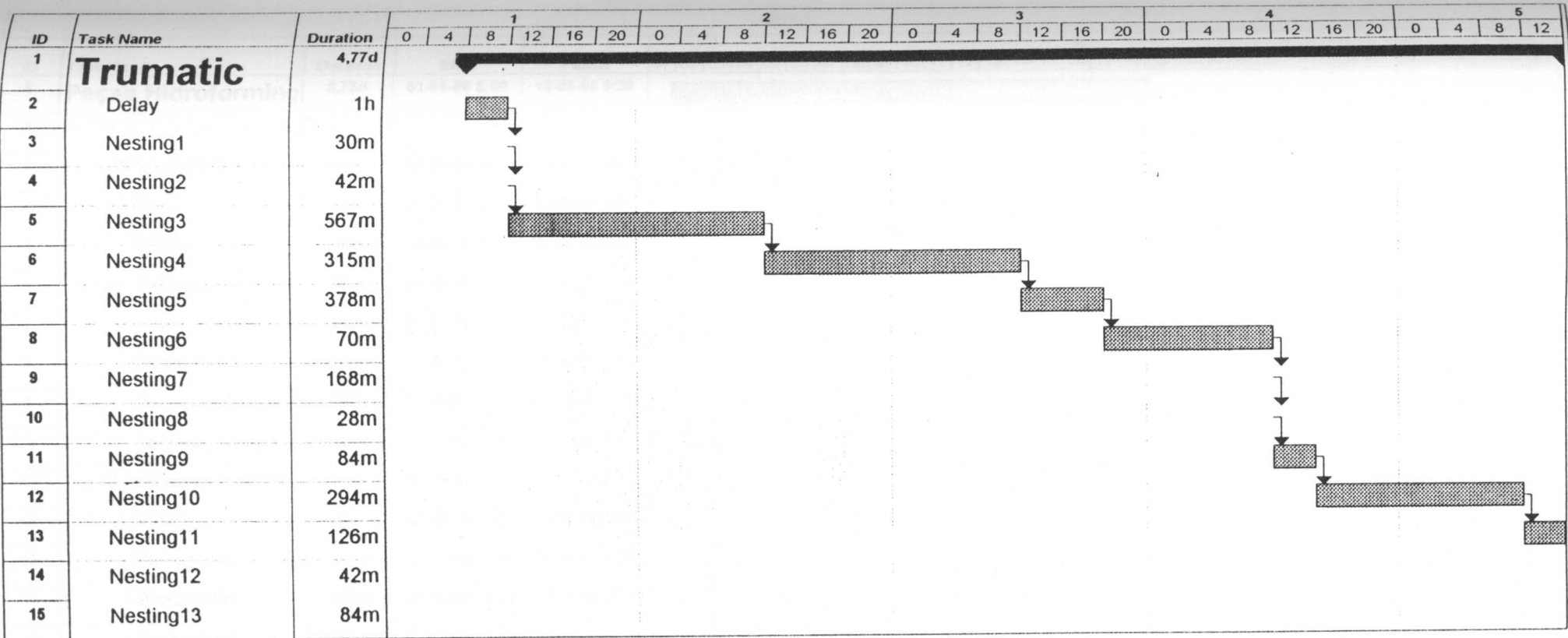
Anexos

MS-Project

Calendarização das operações
de fabrico da “nacelle”

produção peças simples-montagem

(capítulo 7 e 8)



Project: Date: 01-10-96 14:47	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	1																														
					01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Peças Hidroforming	5,73d	01-05-96 8:00	18-05-96 9:30																															
2																																			
3	Lote1 (362570-3)	1,97d	01-05-96 8:00	06-05-96 16:10																															
4	Débito	60m	01-05-96 8:00	01-05-96 9:00																															
5	Recorte	40m	01-05-96 9:00	01-05-96 9:40																															
6	Preparação	60m	01-05-96 9:40	01-05-96 10:40																															
7	Moldar	40m	01-05-96 10:40	01-05-96 11:20																															
8	Desempenar	80m	01-05-96 11:20	01-05-96 13:40																															
9	Desengordurar	120m	01-05-96 13:40	01-05-96 15:40																															
10	Temperar	50m	01-05-96 15:40	01-05-96 16:30	-Forno																														
11	Temperar	50m	02-05-96 8:00	02-05-96 8:50	Forno																														
12	Moldar	40m	02-05-96 8:50	02-05-96 9:30																															
13	Desempenar	80m	02-05-96 9:30	02-05-96 10:50																															
14	Desengordurar	120m	02-05-96 10:50	02-05-96 13:50																															
15	Temperar	100m	02-05-96 13:50	02-05-96 15:30	-Forno																														
16	Moldar	40m	02-05-96 15:30	02-05-96 16:10																															
17	Envelhecimento	1920m	02-05-96 16:10	06-05-96 16:10																															
18	Desempenar	400m	02-05-96 16:10	03-05-96 14:50																															
19	Delay	30m	03-05-96 14:50	03-05-96 15:20																															
20	Pré-Recorte	960m	03-05-96 15:20	05-05-96 15:20																															
21	Operações Finais	480m	05-05-96 15:20	06-05-96 15:20																															

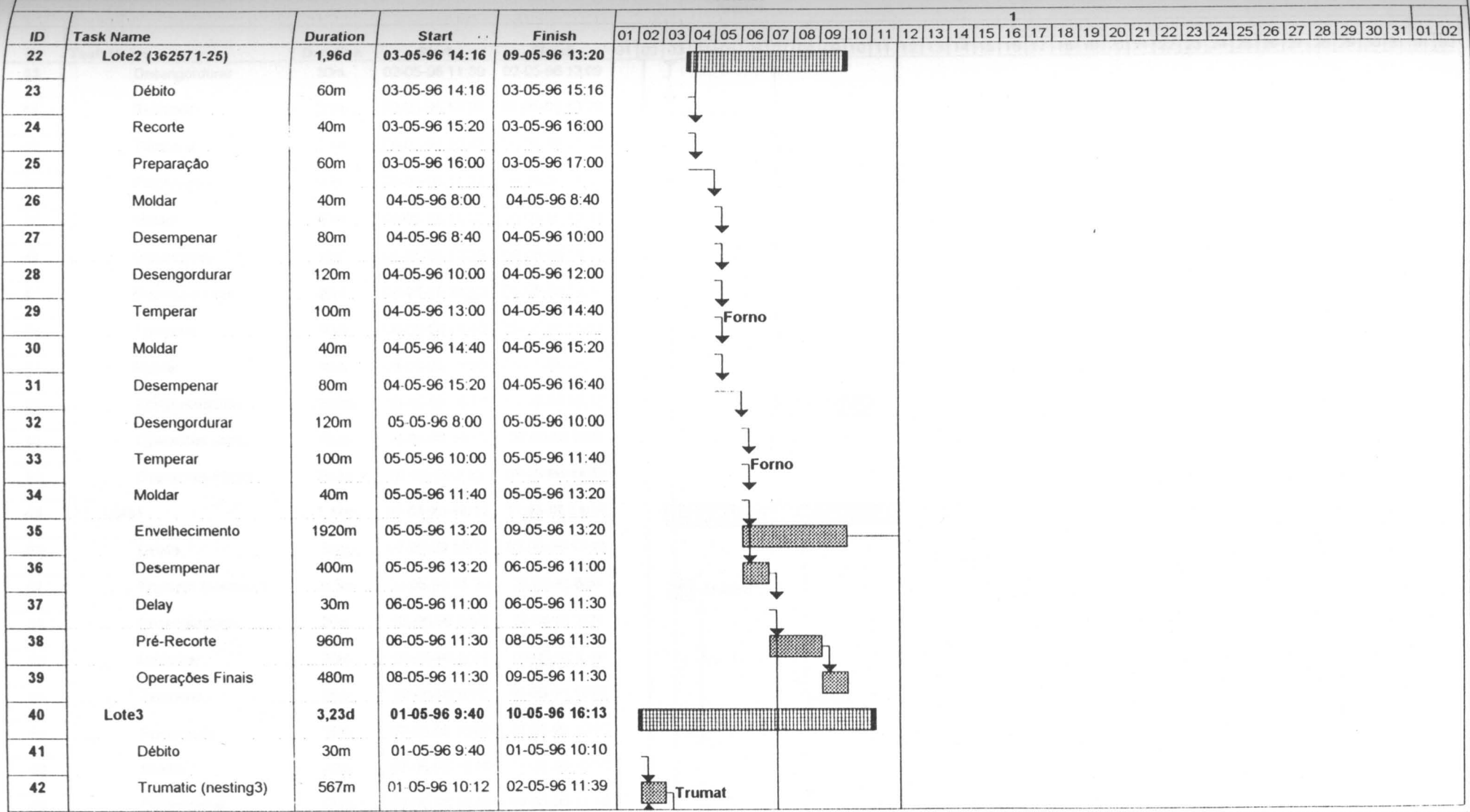
Project: Date: 01-10-96 14:14

Task Summary Rolled Up Progress

Progress Rolled Up Task

Milestone Rolled Up Milestone

1








Project:
Date: 01-10-96 14:17





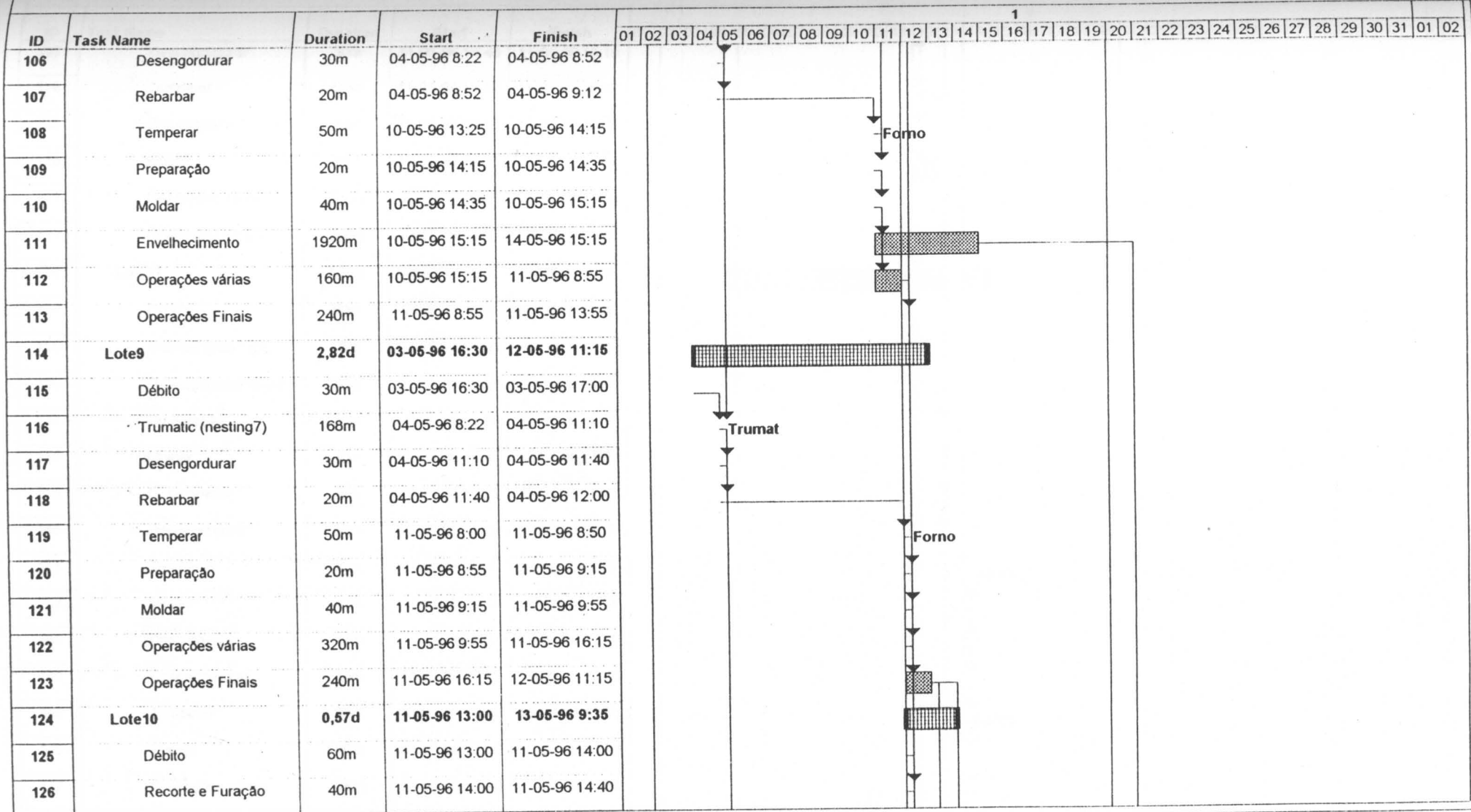
ID	Task Name	Duration	Start	Finish	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02			
43	Desengordurar	30m	02-05-96 11:39	02-05-96 13:09																																				
44	Rebarbar	20m	02-05-96 13:09	02-05-96 13:29																																				
45	Têmperar	50m	06-05-96 10:43	06-05-96 11:33																																				
46	Preparação	20m	06-05-96 11:33	06-05-96 11:53																																				
47	Moldar	40m	06-05-96 11:53	06-05-96 13:33																																				
48	Desempenar	40m	06-05-96 13:33	06-05-96 14:13																																				
49	Desengordurar	30m	06-05-96 14:13	06-05-96 14:43																																				
50	Temperar	50m	06-05-96 14:43	06-05-96 15:33																																				
51	Moldar	40m	06-05-96 15:33	06-05-96 16:13																																				
52	Envelhecimento	1920m	06-05-96 16:13	10-05-96 16:13																																				
53	Operações várias	160m	06-05-96 16:13	07-05-96 9:53																																				
54	Operações Finais	240m	07-05-96 9:53	07-05-96 14:53																																				
55	Lote4	3,12d	02-05-96 10:18	11-05-96 14:10																																				
56	Débito	60m	02-05-96 10:18	02-05-96 11:18																																				
57	Trumatic (nesting4)	315m	02-05-96 11:39	03-05-96 8:54																																				
58	Desengordurar	30m	03-05-96 8:54	03-05-96 9:24																																				
59	Rebarbar	20m	03-05-96 9:24	03-05-96 9:44																																				
60	Temperar	50m	07-05-96 9:10	07-05-96 10:00																																				
61	Preparação	10m	07-05-96 10:00	07-05-96 10:10																																				
62	Moldar	40m	07-05-96 10:10	07-05-96 10:50																																				
63	Desempenar	20m	07-05-96 10:50	07-05-96 11:10																																				

Project:
 Date: 01-10-96 14:17

Task  Summary  Rolled Up Progress 

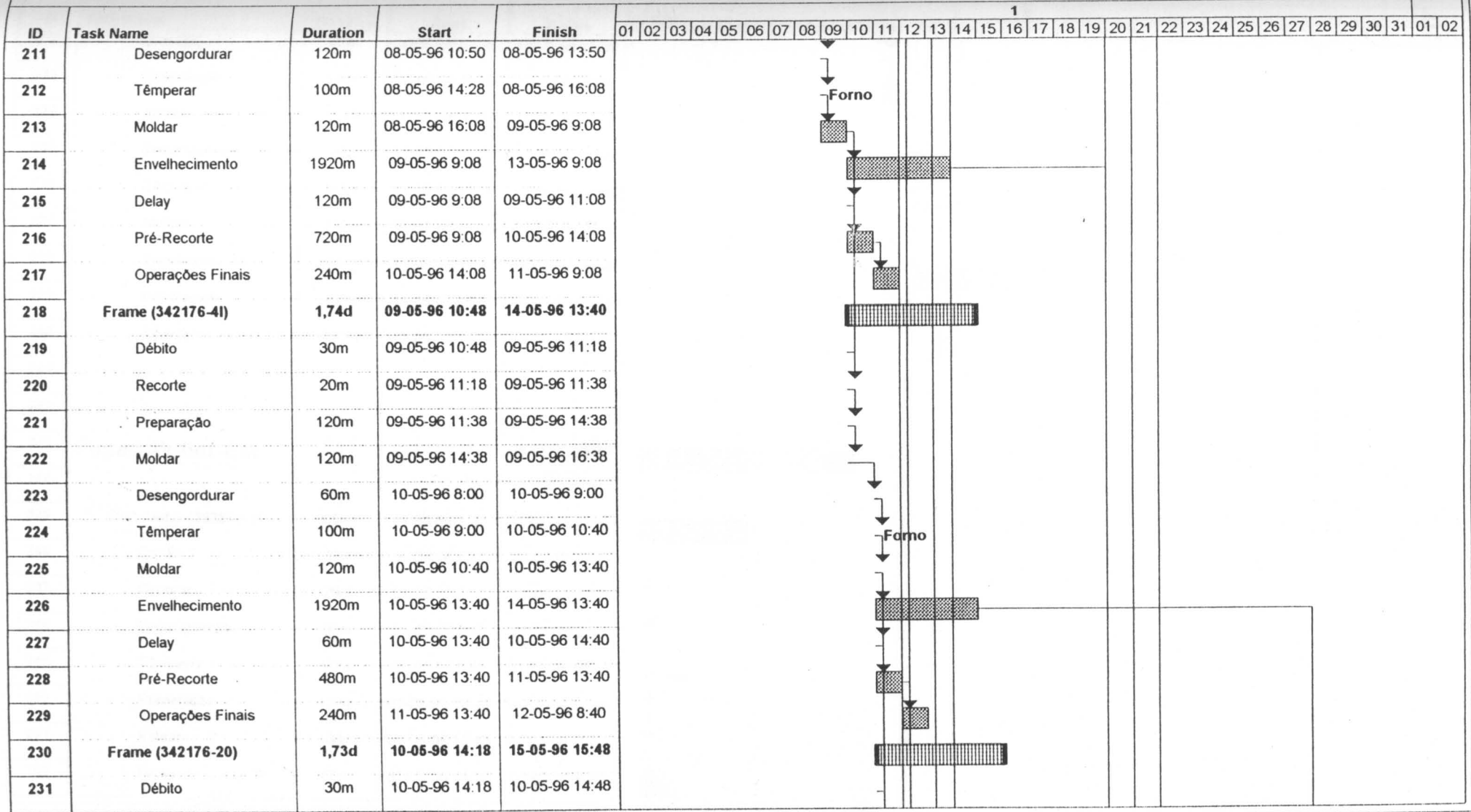
Progress  Rolled Up Task 

Milestone  Rolled Up Milestone 

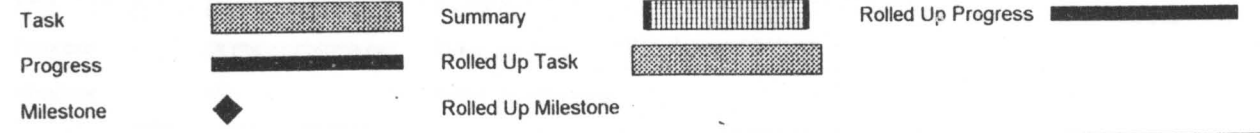


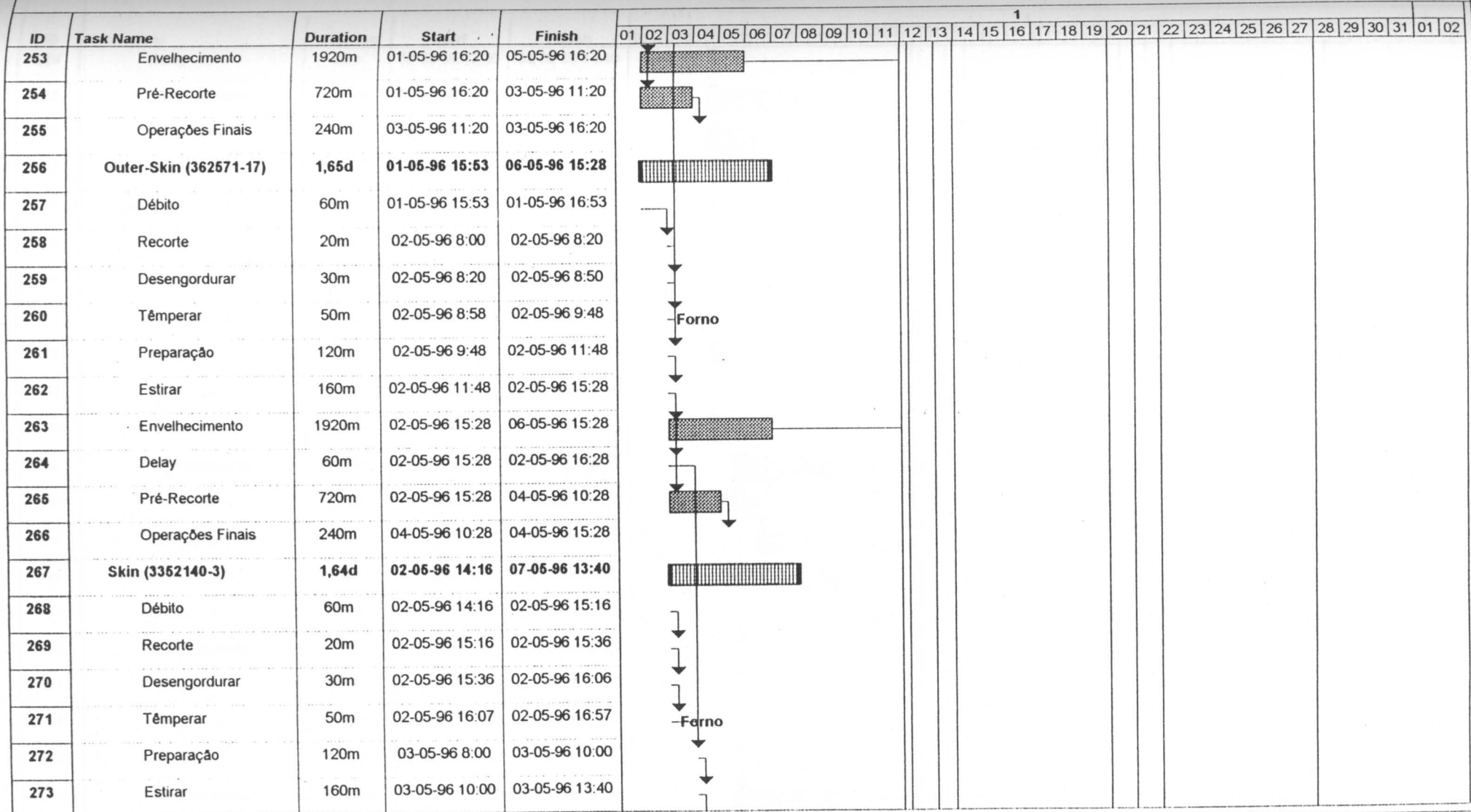
Project:
Date: 01-10-96 14:17

Task		Summary		Rolled Up Progress	
Progress		Rolled Up Task			
Milestone		Rolled Up Milestone			








Project:
Date: 01-10-96 14:17





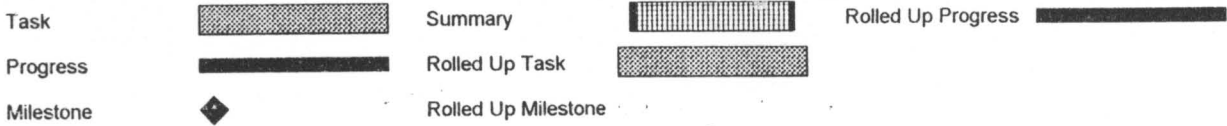
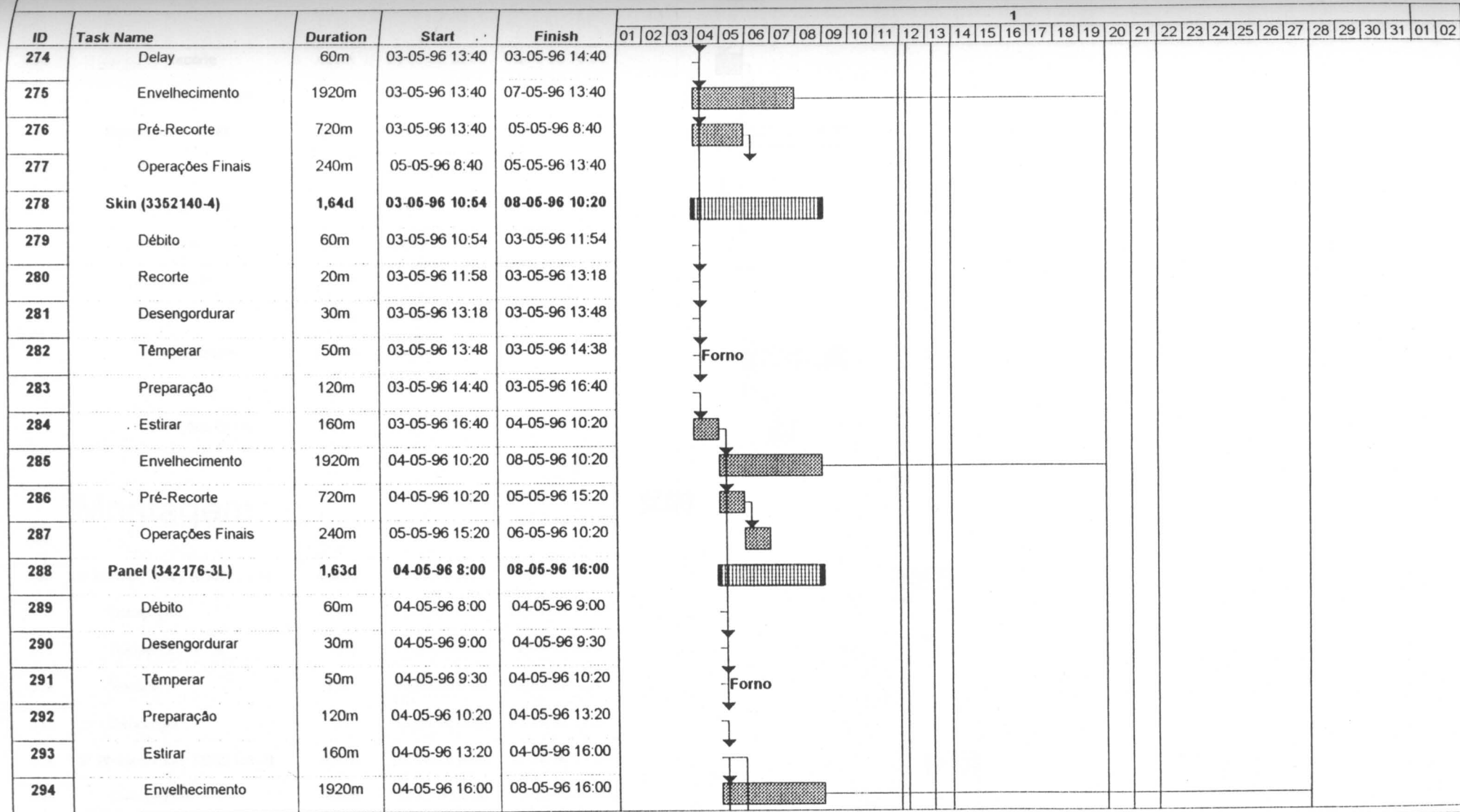


Project: _____
Date: 01-10-96 14:17

Task  Summary  Rolled Up Progress 

Progress  Rolled Up Task 




Milestone  Rolled Up Milestone 







Project:
Date: 01-10-96 14:17

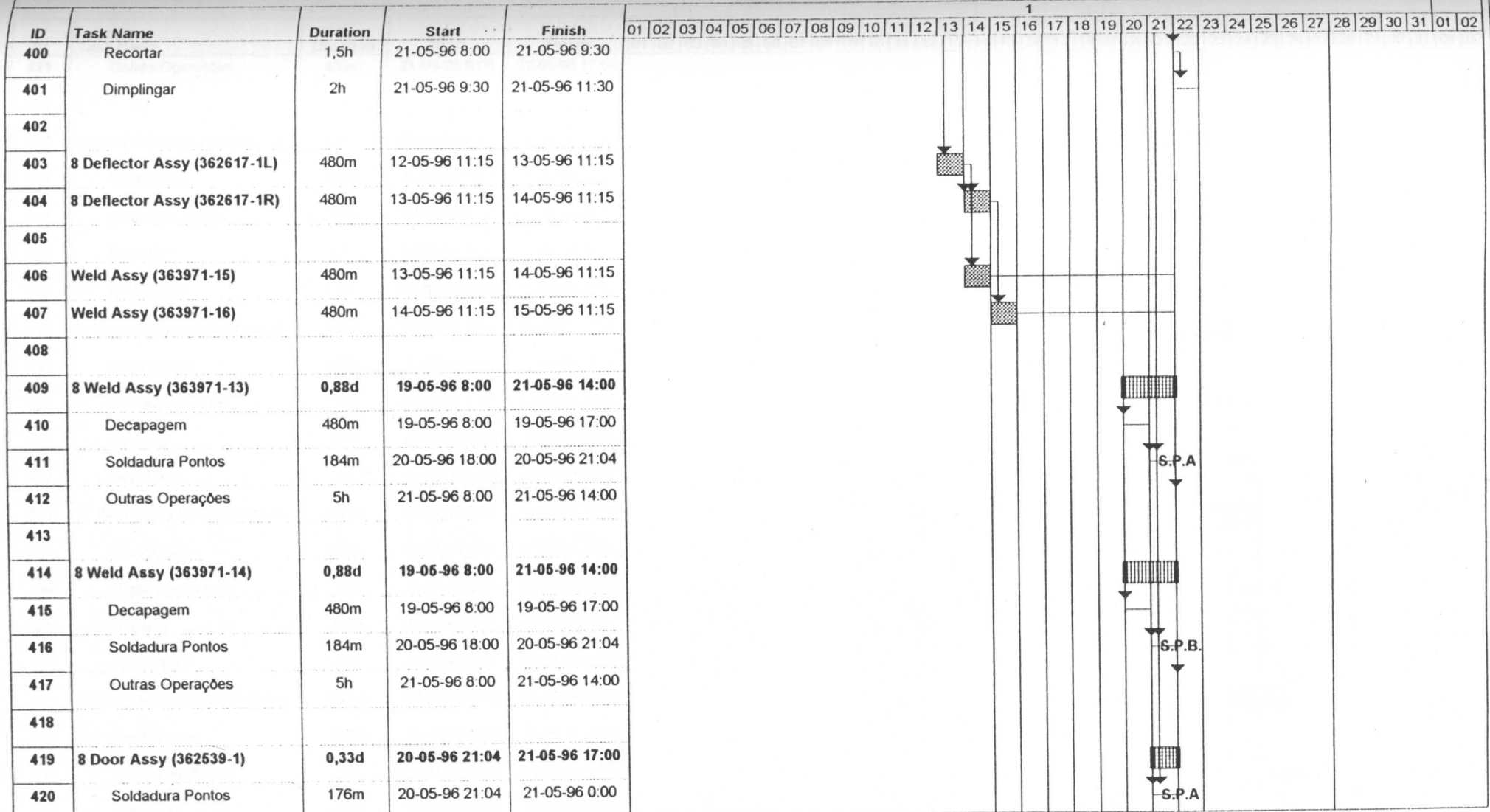
ID	Task Name	Duration	Start	Finish	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02			
337	Recortar	1,5h	18-05-96 8:00	18-05-96 9:30																																				
338	Dimplingar	2h	18-05-96 9:30	18-05-96 11:30																																				
339	7ª Welded Assy (3352132-3)	0,81d	17-05-96 8:00	19-05-96 11:30																																				
340	Decapagem	480m	17-05-96 8:00	17-05-96 17:00																																				
341	Soldadura Pontos	15h	18-05-96 8:00	18-05-96 23:00																																				
342	Recortar	1,5h	19-05-96 8:00	19-05-96 9:30																																				
343	Dimplingar	2h	19-05-96 9:30	19-05-96 11:30																																				
344	8ª Welded Assy (3352132-3)	0,81d	18-05-96 8:00	20-05-96 11:30																																				
345	Decapagem	480m	18-05-96 8:00	18-05-96 17:00																																				
346	Soldadura Pontos	15h	19-05-96 8:00	19-05-96 23:00																																				
347	Recortar	1,5h	20-05-96 8:00	20-05-96 9:30																																				
348	Dimplingar	2h	20-05-96 9:30	20-05-96 11:30																																				
349																																								
350	1ª Welded Assy (3352133-3)	0,81d	11-05-96 8:00	13-05-96 11:30																																				
351	Decapagem	480m	11-05-96 8:00	11-05-96 17:00																																				
352	Soldadura Pontos	15h	12-05-96 8:00	12-05-96 23:00																																				
353	Recortar	1,5h	13-05-96 8:00	13-05-96 9:30																																				
354	Dimplingar	2h	13-05-96 9:30	13-05-96 11:30																																				
355	2ª Welded Assy (3352133-3)	0,81d	12-05-96 8:00	14-05-96 11:30																																				
356	Decapagem	480m	12-05-96 8:00	12-05-96 17:00																																				
357	Soldadura Pontos	15h	13-05-96 8:00	13-05-96 23:00																																				

Project:
 Date: 01-10-96 14:17

Task  Summary  Rolled Up Progress 

Progress  Rolled Up Task 

Milestone  Rolled Up Milestone 



Project:
Date: 01-10-96 14:17

Task		Summary		Rolled Up Progress	
Progress		Rolled Up Task			
Milestone		Rolled Up Milestone			

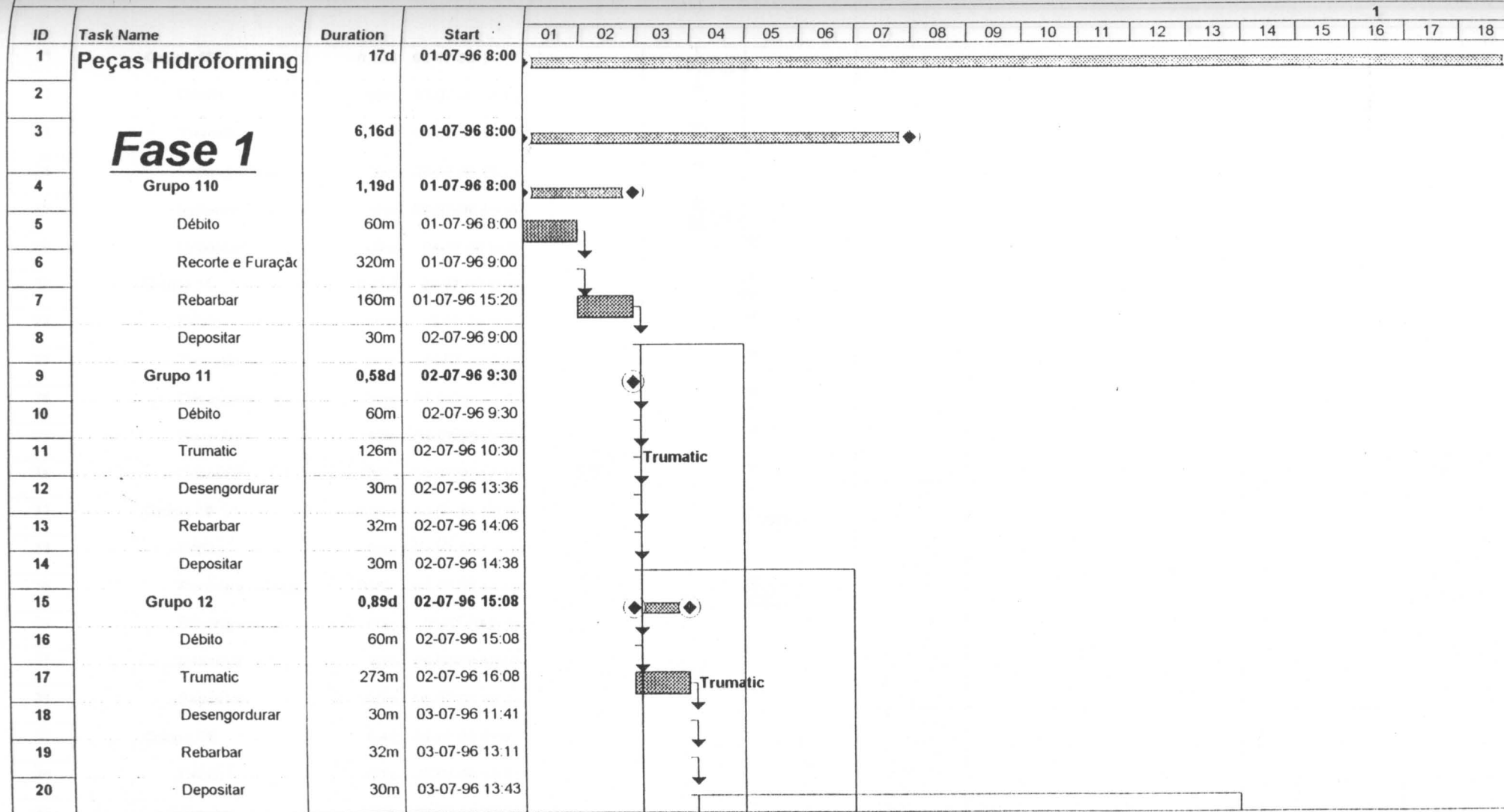
Tecnologia de Grupos

Calendarização das operações
de fabrico da “nacelle”

-

produção peças simples

(capítulo 9)



Project:
Date: 01-10-96 14:39




Task		Summary		Rolled Up Progress	
Progress		Rolled Up Task			
Milestone		Rolled Up Milestone			



ID	Task Name	Duration	Start	1																	
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
21	Grupo 15	0,43d	03-07-96 14:13																		
22	Débito	60m	03-07-96 14:13				↓														
23	Trumatic	70m	03-07-96 15:13				↓														
24	Desengordurar	30m	03-07-96 16:23				↓														
25	Rebarbar	16m	03-07-96 16:53																		
26	Depositatar	30m	04-07-96 8:09				↓														
27	Grupo 14	0,46d	04-07-96 8:39																		
28	Débito	60m	04-07-96 8:39				↓														
29	Trumatic	84m	04-07-96 9:39				↓														
30	Desengordurar	30m	04-07-96 11:03				↓														
31	Rebarbar	16m	04-07-96 11:33				↓														
32	Depositatar	30m	04-07-96 11:49				↓														
33	Grupo 19	0,85d	04-07-96 13:19																		
34	Débito	60m	04-07-96 13:19				↓														
35	Recorte e Furaçã	256m	04-07-96 14:19																		
36	Desengordurar	30m	05-07-96 9:35				↓														
37	Rebarbar	32m	05-07-96 10:05				↓														
38	Depositatar	30m	05-07-96 10:37				↓														
39	Grupo 18	0,4d	05-07-96 11:07																		
40	Débito	60m	05-07-96 11:07				↓														
41	Prensa	80m	05-07-96 13:07				↓														



Project: Date: 01-10-96 14:39	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	Duration	Start	1																	
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
42	Recorte e Furaçã	20m	05-07-96 14:27																		
43	Depositar	30m	05-07-96 14:47																		
44	Grupo 13	0,46d	05-07-96 15:17																		
45	Débito	60m	05-07-96 15:17																		
46	Trumatic	84m	05-07-96 16:17																		
47	Desengordurar	30m	06-07-96 8:41																		
48	Rebarbar	16m	06-07-96 9:11																		
49	Depositar	30m	06-07-96 9:27																		
50	Grupo 17	0,46d	06-07-96 9:57																		
51	Débito	60m	06-07-96 9:57																		
52	Trumatic	84m	06-07-96 10:57																		
53	Desengordurar	30m	06-07-96 13:21																		
54	Rebarbar	16m	06-07-96 13:51																		
55	Depositar	30m	06-07-96 14:07																		
56	Grupo 16	0,46d	06-07-96 14:37																		
57	Débito	60m	06-07-96 14:37																		
58	Trumatic	84m	06-07-96 15:37																		
59	Desengordurar	30m	07-07-96 8:01																		
60	Rebarbar	16m	07-07-96 8:31																		
61	Depositar	30m	07-07-96 8:47																		
62																					

Project:
 Date: 01-10-96 14:39

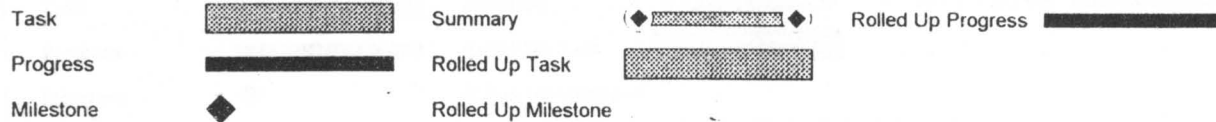
Task  Summary  Rolled Up Progress 

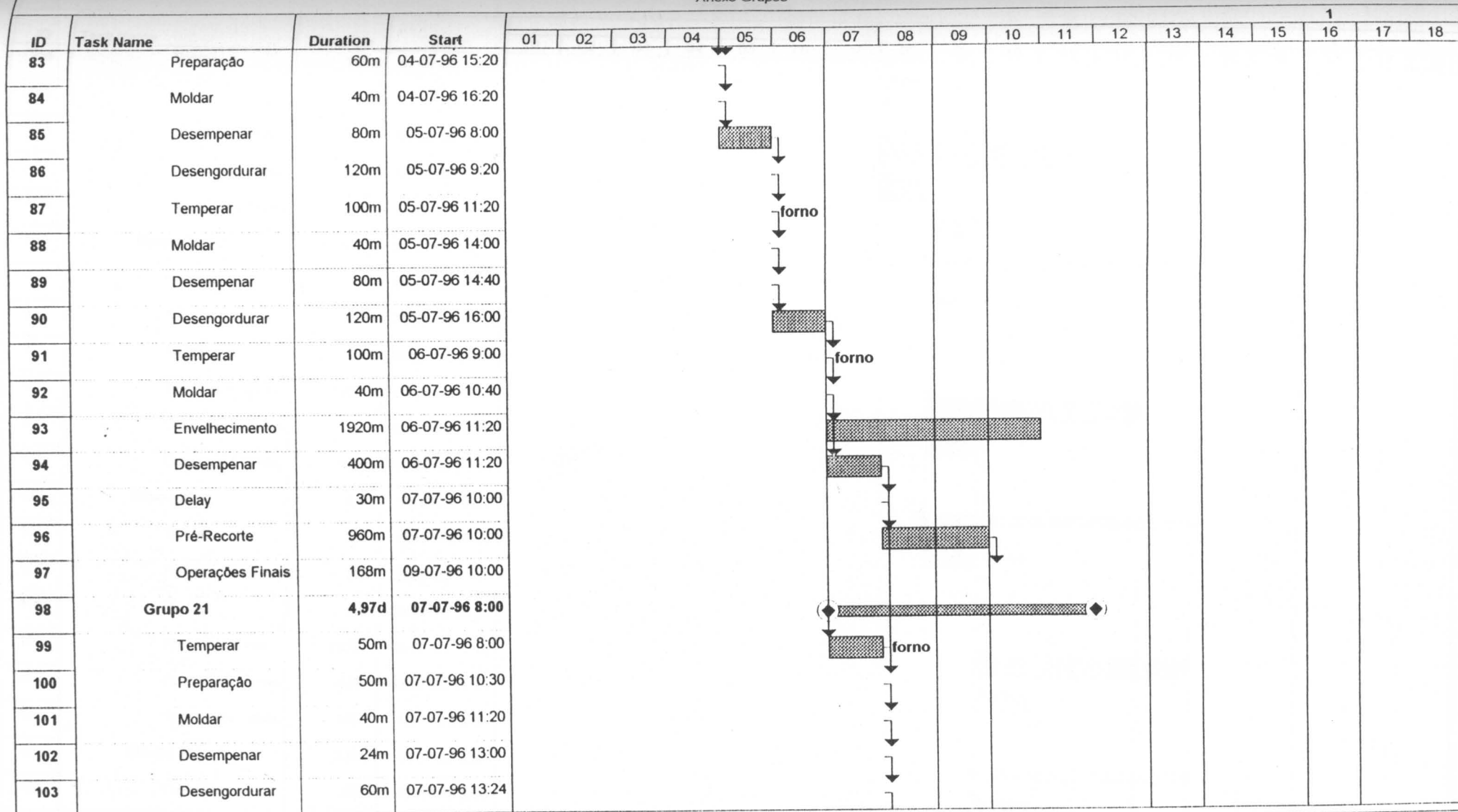
Progress  Rolled Up Task 

Milestone  Rolled Up Milestone 

ID	Task Name	Duration	Start	1																	
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
63	<i>Fase 2</i>	15,82d	02-07-96 9:30	[Summary bar from 02-07-96 9:30 to 04-07-96 15:20]																	
64																					
65	Grupo 210	5,71d	02-07-96 9:30	[Summary bar from 02-07-96 9:30 to 04-07-96 15:20]																	
66	Preparação	60m	02-07-96 9:30	[Task bar from 02-07-96 9:30 to 02-07-96 10:30]																	
67	Moldar	40m	02-07-96 10:30	[Task bar from 02-07-96 10:30 to 02-07-96 11:10]																	
68	Desempenar	80m	02-07-96 11:10	[Task bar from 02-07-96 11:10 to 02-07-96 13:30]																	
69	Desengordurar	120m	02-07-96 13:30	[Task bar from 02-07-96 13:30 to 02-07-96 15:30]																	
70	Temperar	50m	02-07-96 15:30	[Task bar from 02-07-96 15:30 to 03-07-96 8:00]																	
71	Temperar	50m	03-07-96 8:00	[Task bar from 03-07-96 8:00 to 03-07-96 8:50]																	
72	Moldar	40m	03-07-96 8:50	[Task bar from 03-07-96 8:50 to 03-07-96 9:30]																	
73	Desempenar	80m	03-07-96 9:30	[Task bar from 03-07-96 9:30 to 03-07-96 10:50]																	
74	Desengordurar	120m	03-07-96 10:50	[Task bar from 03-07-96 10:50 to 03-07-96 13:50]																	
75	Temperar	100m	03-07-96 13:50	[Task bar from 03-07-96 13:50 to 03-07-96 15:30]																	
76	Moldar	40m	03-07-96 15:30	[Task bar from 03-07-96 15:30 to 03-07-96 16:10]																	
77	Envelhecimento	1920m	03-07-96 16:10	[Task bar from 03-07-96 16:10 to 04-07-96 14:50]																	
78	Desempenar	400m	03-07-96 16:10	[Task bar from 03-07-96 16:10 to 04-07-96 14:50]																	
79	Delay	30m	04-07-96 14:50	[Task bar from 04-07-96 14:50 to 06-07-96 14:50]																	
80	Pré-Recorte	960m	04-07-96 14:50	[Task bar from 04-07-96 14:50 to 06-07-96 14:50]																	
81	Operações Finais	168m	06-07-96 14:50	[Task bar from 06-07-96 14:50 to 04-07-96 15:20]																	
82	Grupo 211	5,63d	04-07-96 15:20	[Summary bar from 04-07-96 15:20 to 06-07-96 14:50]																	

Project:
Date: 01-10-96 14:39





Project:
Date: 01-10-96 14:39

Task



Summary



Rolled Up Progress



Progress



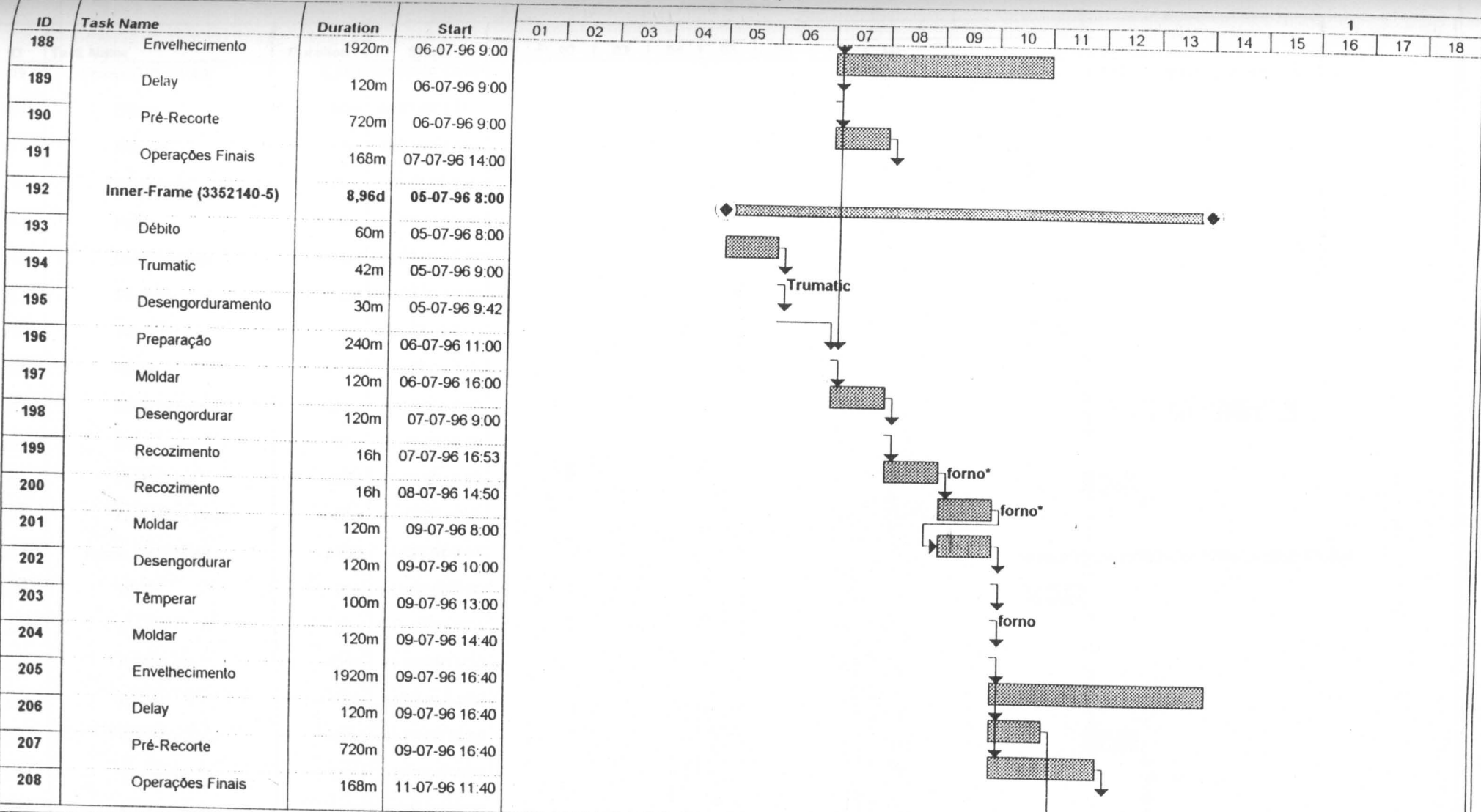
Rolled Up Task



Milestone









Rolled Up Milestone






Project: Date: 01-10-96 14:39	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			



ID	Task Name	Duration	Start	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18										
209	Frame (342176-4I)	5,74d	09-07-96 13:53										◆	◆																	
210	Débito	60m	09-07-96 13:53										↓																		
211	Recorte	80m	09-07-96 14:53										↓																		
212	Preparação	120m	10-07-96 9:40										↓																		
213	Moldar	120m	10-07-96 11:40										↓																		
214	Desengordurar	60m	10-07-96 14:40										↓																		
215	Têmperar	50m	10-07-96 15:40										↓																		
216	Têmperar	50m	11-07-96 8:00										↓	forno																	
217	Moldar	120m	11-07-96 8:50										↓	forno																	
218	Envelhecimento	1920m	11-07-96 10:50										↓		◆																
219	Delay	60m	11-07-96 10:50										↓																		
220	Pré-Recorte	480m	11-07-96 10:50										↓																		
221	Operações Finais	168m	12-07-96 10:50										↓																		
222	Frame (342176-4I)	5,56d	11-07-96 8:00										◆	◆																	
223	Débito	60m	11-07-96 8:00										↓																		
224	Recorte	80m	11-07-96 9:00										↓																		
225	Preparação	120m	11-07-96 11:50										↓																		
226	Moldar	120m	11-07-96 14:50										↓																		
227	Desengordurar	60m	11-07-96 16:50										↓																		
228	Têmperar	100m	12-07-96 8:50										↓																		
229	Moldar	120m	12-07-96 10:30										↓																		



Project: Date: 01-10-96 14:39	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	Duration	Start	1																	
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
251	Desengordurar	30m	01-07-96 14:20																		
252	Têmperar	50m	01-07-96 14:50																		
253	Preparação	120m	02-07-96 9:20																		
254	Estirar	160m	02-07-96 11:20																		
255	Envelhecimento	1920m	02-07-96 15:00																		
256	Delay	60m	02-07-96 15:00																		
257	Pré-Recorte	720m	02-07-96 15:00																		
258	Operações Finais	168m	04-07-96 10:00																		
259	Skin (3352140-3)	5,46d	02-07-96 8:00																		
260	Débito	60m	02-07-96 8:00																		
261	Recorte	80m	02-07-96 9:00																		
262	Desengordurar	30m	02-07-96 10:20																		
263	Têmperar	50m	02-07-96 14:36																		
264	Preparação	120m	02-07-96 16:00																		
265	Estirar	160m	03-07-96 9:00																		
266	Delay	60m	03-07-96 11:40																		
267	Envelhecimento	1920m	03-07-96 11:40																		
268	Pré-Recorte	720m	03-07-96 11:40																		
269	Operações Finais	168m	04-07-96 16:40																		
270	Skin (3352140-4)	5,17d	03-07-96 8:00																		
271	Débito	60m	03-07-96 8:00																		

Project:
 Date: 01-10-96 14:39







Task  Summary  Rolled Up Progress 

Progress  Rolled Up Task 

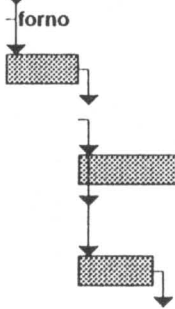
Milestone  Rolled Up Milestone 

5

ID	Task Name	Duration	Start	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
272	Recorte	80m	03-07-96 9:00				↓														
273	Desengordurar	30m	03-07-96 10:20				↓														
274	Têmperar	50m	03-07-96 10:50				↓														
275	Preparação	120m	03-07-96 13:40				↓														
276	Estirar	160m	03-07-96 15:40				█														
277	Envelhecimento	1920m	04-07-96 9:20				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
278	Delay	60m	04-07-96 9:20				↓														
279	Pré-Recorte	720m	04-07-96 9:20				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
280	Operações Finais	168m	05-07-96 14:20					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
281	Panel (342176-3L)	5d	03-07-96 16:00				◆	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	◆
282	Débito	60m	03-07-96 16:00				↓														
283	Desengordurar	30m	04-07-96 8:00				█														
284	Têmperar	50m	04-07-96 8:30				↓														
285	Preparação	120m	04-07-96 10:20				↓														
286	Estirar	160m	04-07-96 13:20				↓														
287	Envelhecimento	1920m	04-07-96 16:00				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
288	Delay	60m	04-07-96 16:00				↓														
289	Pré-Recorte	480m	04-07-96 16:00				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
290	Operações Finais	168m	05-07-96 16:00					█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
291	Panel (342176-18)	5,08d	04-07-96 13:00				◆	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	◆
292	Débito	60m	04-07-96 13:00				↓														

Project: Date: 01-10-96 14:39	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	Duration	Start	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
293	Desengordurar	30m	04-07-96 14:00																		
294	Têmperar	50m	04-07-96 14:56																		
295	Preparação	120m	05-07-96 8:00																		
296	Estirar	160m	05-07-96 10:00																		
297	Envelhecimento	1920m	05-07-96 13:40																		
298	Delay	60m	05-07-96 13:40																		
299	Pré-Recorte	480m	05-07-96 13:40																		
300	Operações Finais	168m	06-07-96 13:40																		



Project:
Date: 01-10-96 14:39

Task		Summary		Rolled Up Progress	
Progress		Rolled Up Task			
Milestone		Rolled Up Milestone			

4







Outros Estudos

(capítulo 10)

ID	Task Name	N/S	Duration	Start	Finish																
						T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F
1	Lower RH 3352133-3	6	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
2	Lower LH 3352132-3	3	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
3	Upper LH 3352140-1	0	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
4	Upper RH 3352140-2	1	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
5	Fwd RH 342176-16-01	5	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
6	FWD LH 342176-5L	8	0d	20-06-96 0:00	20-06-96 0:00	20-06															
7	Lower LH 3352132-3	4	5d	20-06-96 6:30	25-06-96 17:00																
8	Spot-Weld		16h	20-06-96 6:30	20-06-96 22:30		S.P.A														
9	Drill, Trim		1d	21-06-96 8:00	21-06-96 17:00																
10	Dimple		1d	22-06-96 8:00	22-06-96 17:00																
11	Surface Fin		1d	24-06-96 8:00	24-06-96 17:00																
12	Assy		1d	25-06-96 8:00	25-06-96 17:00																
13	Lower LH 3352132-3	5	5d	20-06-96 20:30	26-06-96 17:00																
14	Spot-Weld		16h	20-06-96 20:30	21-06-96 20:30																
15	Drill, Trim		1d	22-06-96 8:00	22-06-96 17:00																
16	Dimple		1d	24-06-96 8:00	24-06-96 17:00																
17	Surface Fin		1d	25-06-96 8:00	25-06-96 17:00																
18	Assy		1d	26-06-96 8:00	26-06-96 17:00																
19	Lower RH 3352133-3	6	5d	21-06-96 6:30	26-06-96 17:00																
20	Spot-Weld		16h	21-06-96 6:30	21-06-96 22:30		S.P.A														
21	Drill, Trim		1d	22-06-96 8:00	22-06-96 17:00																
22	Dimple		1d	24-06-96 8:00	24-06-96 17:00																

Project: Date: 01-10-96 15:00	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	N/S	Duration	Start	Finish								T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T
45	Fwd RH 342176-16-01	8	4,31d	24-06-96 14:30	28-06-96 17:00																											
46	Spot-Weld		8h	24-06-96 14:30	24-06-96 22:30																											
47	Drill, Trim		1d	25-06-96 8:00	25-06-96 17:00																											
48	Dimple		1d	26-06-96 8:00	26-06-96 17:00																											
49	Surface Fin		1d	27-06-96 8:00	27-06-96 17:00																											
50	Assy		1d	28-06-96 8:00	28-06-96 17:00																											
51	Lower LH 3352132-3	8	5d	24-06-96 6:30	28-06-96 17:00																											
52	Spot-Weld		16h	24-06-96 6:30	24-06-96 22:30																											
53	Drill, Trim		1d	25-06-96 8:00	25-06-96 17:00																											
54	Dimple		1d	26-06-96 8:00	26-06-96 17:00																											
55	Surface Fin		1d	27-06-96 8:00	27-06-96 17:00																											
56	Assy		1d	28-06-96 8:00	28-06-96 17:00																											
57	Upper RH 3352140-2	2	5d	25-06-96 6:30	29-06-96 17:00																											
58	Spot-Weld		16h	25-06-96 6:30	25-06-96 22:30																											
59	Drill, Trim		1d	26-06-96 8:00	26-06-96 17:00																											
60	Dimple		1d	27-06-96 8:00	27-06-96 17:00																											
61	Surface Fin		1d	28-06-96 8:00	28-06-96 17:00																											
62	Assy		1d	29-06-96 8:00	29-06-96 17:00																											
63	Lower LH 3352132-3	7	5d	25-06-96 6:30	29-06-96 17:00																											
64	Spot-Weld		16h	25-06-96 6:30	25-06-96 22:30																											
65	Drill, Trim		1d	26-06-96 8:00	26-06-96 17:00																											
66	Dimple		1d	27-06-96 8:00	27-06-96 17:00																											

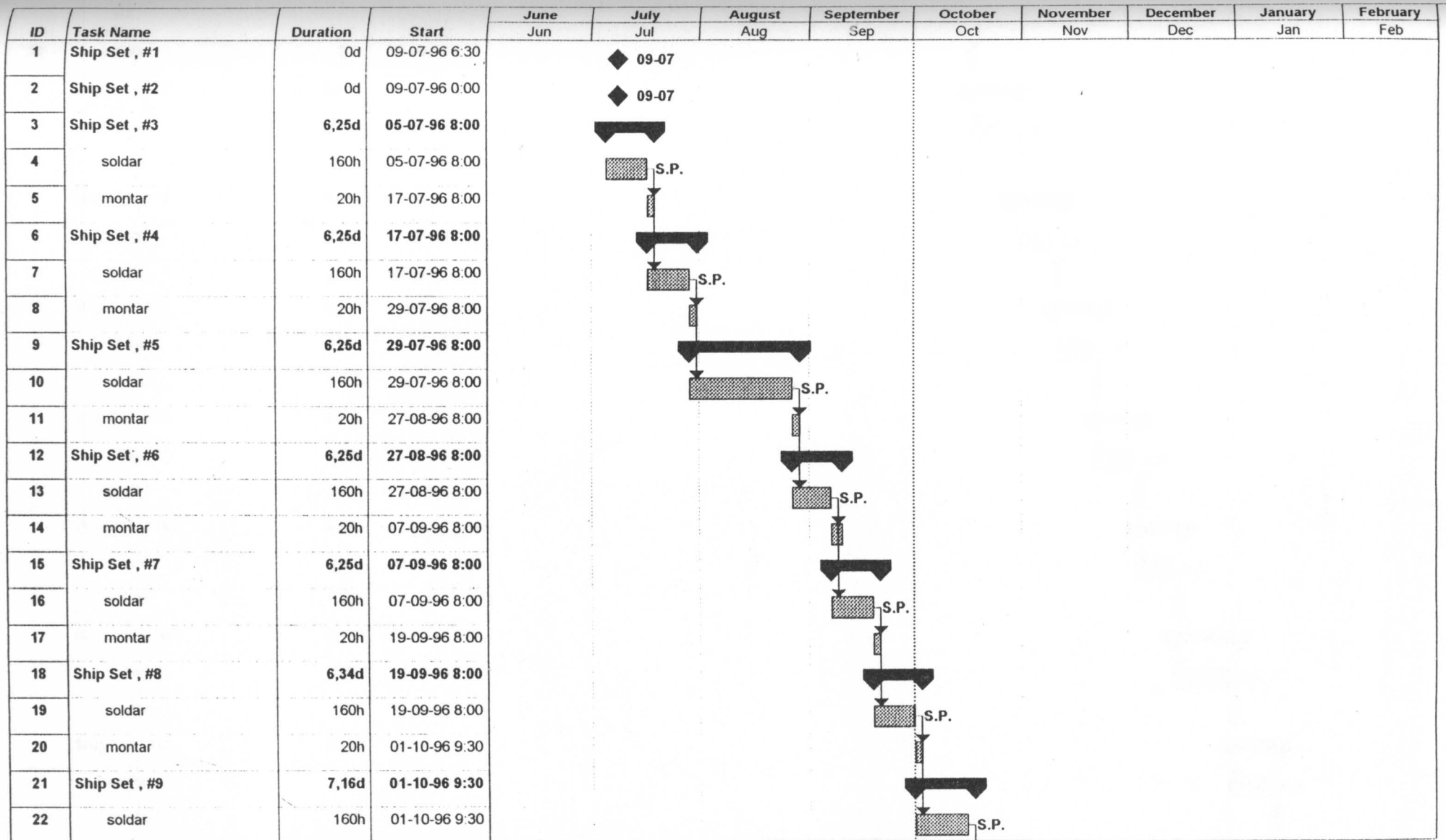
Project: Date: 01-10-96 15:00	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			

ID	Task Name	N/S	Duration	Start	Finish																			
						T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M
155	Drill, Trim		1d	05-07-96 8:00	05-07-96 17:00																			
156	Dimple		1d	06-07-96 8:00	06-07-96 17:00																			
157	Surface Fin		1d	08-07-96 8:00	08-07-96 17:00																			
158	Assy		1d	09-07-96 8:00	09-07-96 17:00																			
159	Upper LH 3352140-1	8	5d	04-07-96 6:30	09-07-96 17:00																			
160	Spot-Weld		16h	04-07-96 6:30	04-07-96 22:30																			
161	Drill, Trim		1d	05-07-96 8:00	05-07-96 17:00																			
162	Dimple		1d	06-07-96 8:00	06-07-96 17:00																			
163	Surface Fin		1d	08-07-96 8:00	08-07-96 17:00																			
164	Assy		1d	09-07-96 8:00	09-07-96 17:00																			








S.P.B



Project: Date: 01-10-96 15:00	Task		Summary		Rolled Up Progress	
	Progress		Rolled Up Task			
	Milestone		Rolled Up Milestone			



Project: _____
Date: 01-10-96 14:52

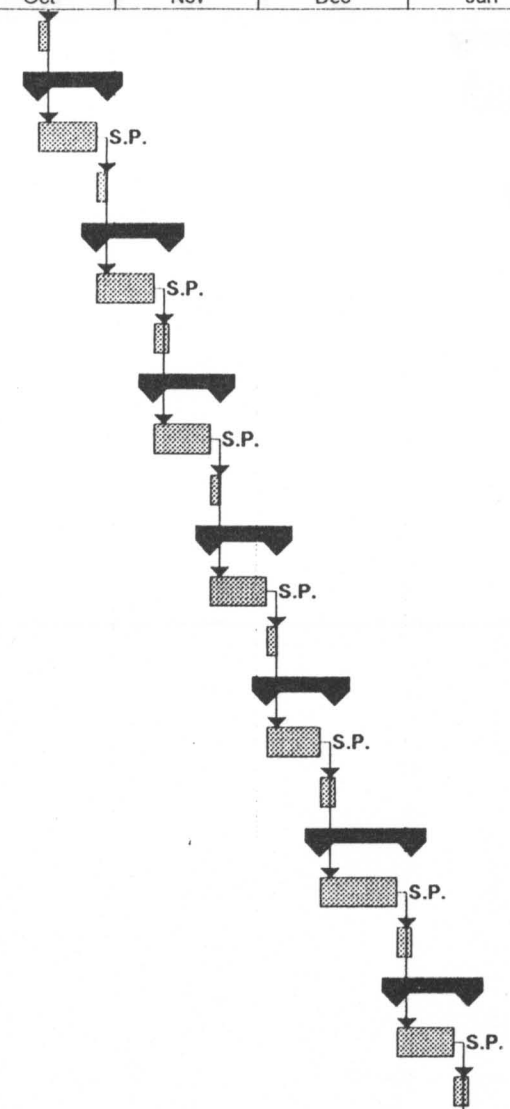
Task  Summary  Rolled Up Progress 

Progress  Rolled Up Task 




Milestone  Rolled Up Milestone 



75



ID	Task Name	Duration	Start	June	July	August	September	October	November	December	January	February
				Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
23	montar	20h	16-10-96 8:00									
24	Ship Set , #10	6,25d	16-10-96 8:00									
25	soldar	160h	16-10-96 8:00									
26	montar	20h	28-10-96 8:00									
27	Ship Set , #11	6,25d	28-10-96 8:00									
28	soldar	160h	28-10-96 8:00									
29	montar	20h	09-11-96 8:00									
30	Ship Set , #12	6,25d	09-11-96 8:00									
31	soldar	160h	09-11-96 8:00									
32	montar	20h	21-11-96 8:00									
33	Ship Set , #13	6,25d	21-11-96 8:00									
34	soldar	160h	21-11-96 8:00									
35	montar	20h	03-12-96 8:00									
36	Ship Set , #14	6,25d	03-12-96 8:00									
37	soldar	160h	03-12-96 8:00									
38	montar	20h	14-12-96 8:00									
39	Ship Set , #15	6,25d	14-12-96 8:00									
40	soldar	160h	14-12-96 8:00									
41	montar	20h	30-12-96 8:00									
42	Ship Set , #16	6,25d	30-12-96 8:00									
43	soldar	160h	30-12-96 8:00									
44	montar	20h	11-01-97 8:00									



Project: _____
Date: 01-10-96 14:52

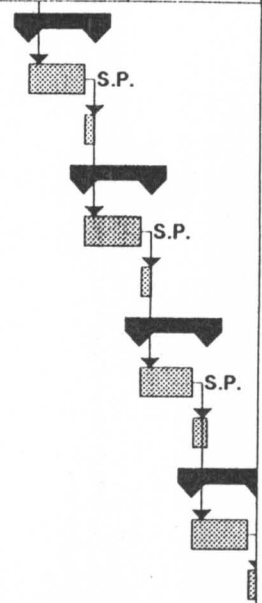
Task  Summary  Rolled Up Progress 

Progress  Rolled Up Task 

Milestone  Rolled Up Milestone 

58

ID	Task Name	Duration	Start	June	July	August	September	October	November	December	January	February
				Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
45	Ship Set , #17	6,25d	11-01-97 8:00									
46	soldar	160h	11-01-97 8:00									
47	montar	20h	23-01-97 8:00									
48	Ship Set , #18	6,25d	23-01-97 8:00									
49	soldar	160h	23-01-97 8:00									
50	montar	20h	04-02-97 8:00									
51	Ship Set , #19	6,25d	04-02-97 8:00									
52	soldar	160h	04-02-97 8:00									
53	montar	20h	15-02-97 8:00									
54	Ship Set , #20	6,25d	15-02-97 8:00									
55	soldar	160h	15-02-97 8:00									
56	montar	20h	27-02-97 8:00									



Project:
Date: 01-10-96 14:52

Task		Summary		Rolled Up Progress	
Progress		Rolled Up Task			
Milestone		Rolled Up Milestone			

5



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



000068076