



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Faculdade de Engenharia

Planeamento e Sequenciamento de Máquina Única Estudo de Caso

Paulo Jorge Santos Guedes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, Junho de 2018

Resumo

Neste trabalho é analisado um problema de planeamento, de domínio tático, e um problema de sequenciamento, de domínio operacional, em máquina única, sendo que estes problemas, frequentes na indústria, têm um papel importante na eficiência produtiva e, consequentemente nos custos da produção.

Na primeira parte do trabalho é feita a contextualização do problema em estudo, caracterizando os diferentes tipos de planeamento de produção e focando as suas principais diferenças. É feita também uma abordagem ao tema do sequenciamento em máquina única, diferenciando-o do sequenciamento em máquinas paralelas.

É depois apresentada a ferramenta de programação linear Solver, sugerida para o problema de planeamento em máquina única, definindo-se a função objetivo, as variáveis e as restrições para o mesmo. É apresentada a aplicação desta ferramenta em caso real e seus resultados, verificando-se a sua viabilidade.

Expõe-se posteriormente a análise do problema de sequenciamento tendo em conta os tempos de mudança entre os vários produtos utilizados pela máquina em estudo, de modo a obter a sequência de utilização mais eficaz, com vista à minimização dos tempos de mudança, garantindo a máxima disponibilidade produtiva da máquina.

Os resultados obtidos demonstram quer a importância da ferramenta de programação linear *Solver* para um planeamento de máquina única mais eficaz, quer a relevância de uma abordagem estruturada num sequenciamento de produção eficiente.

Palavras-chave

Planeamento, Sequenciamento.

Abstract

In this work is analysed a problem of planning, of tactical domain, and a problem of sequencing, of operational domain, in an unique machine, being that these problems, frequent in the industry, has an important role in the productive efficiency and, consequently in the costs of the production.

In the first part of the work is made a contextualization of the problem under study, characterizing the different types of production planning and focusing its main differences. Is also made an approach to the sequencing theme in an unique machine, differentiating it from sequencing in parallel machines.

Then is presented the linear programming tool *Solver*, suggested to the planning problem in unique machine, defining itself a main function, the variables and restrictions. An application of this machine is presented in real case and its results, checking their feasibility.

Afterwards is exposed the analysis of sequencing problem taking into account the time of change between the various products used by the machine under study, in order to obtain the most efficient sequence, in order to minimizing the change times, guaranteeing the maximum availability of the machine.

The results obtained demonstrate the importance of the linear programming tool *Solver* for a more efficient planning of unique machine either the relevance of a structured approach in an efficient production sequencing.

Keywords

Planning, Sequencing.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Relevância do problema	1
1.2.	Objetivo do trabalho	1
1.3.	Estrutura do trabalho	1
2.	Enquadramento Teórico.....	3
2.1.	Planeamento de Produção	3
2.1.1.	Planeamento Estratégico.....	4
2.1.2.	Planeamento Tático.....	5
2.1.3.	Planeamento Operacional.....	6
2.2.	Sequenciamento	7
2.2.1.	Sequenciamento de Máquina Única	7
2.2.2.	Sequenciamento de Máquinas Paralelas	8
2.3.	Programação Linear	9
3.	Apresentação da Empresa Coficab	11
3.1.	O Grupo	11
3.2.	Coficab Portugal	12
3.3.	Unidade.....	13
3.4.	Produtos Comercializados.....	13
3.5.	Clientes.....	14
3.6.	Processo Produtivo	15
4.	Trefilagem.....	21
4.1.	Processo	21
4.2.	Condutor Utilizados	23
4.3.	Tipos de Trefiladoras na Coficab PT	24
5.	Planeamento	29
5.1.	Dados de <i>Input</i>	29
5.2.	Recolha de Dados	35
5.3.	Interpretação de Dados.....	47
5.4.	Seleção de Dados TRF06.....	55
5.5.	Resolução do problema - Planeamento	58
5.5.1.	Construção do <i>Solver</i>	58
5.5.2.	Aplicação do <i>Solver</i>	60
5.5.3.	Interpretação dos dados obtidos e Definição do Planeamento	61
6.	Sequenciamento.....	67
6.1.	Recolha de Dados.....	67
6.2.	Interpretação de Dados.....	73
6.3.	Resolução do problema - Sequenciamento.....	74
7.	Conclusão	77
8.	Bibliografia	79

Lista de Figuras

Figura I - Fluxograma Genérico Processo Coficab	15
Figura II - armazém de matérias-primas	15
Figura III - Esquema de processo de desbastagem	16
Figura IV - Esquema de processo de trefilagem	17
Figura V - Esquema de processo de torção	17
Figura VI - Esquema de processo de extrusão	18
Figura VII - Processo de irradiação.....	18
Figura VIII - Braider.....	19
Figura IX - Enfitadora.....	20
Figura X - Armazém de produto acabado	20
Figura XI- Estiramento condutor através de fieiras	21
Figura XII - Esquema de fieira de trefilagem.....	22
Figura XIII - Efeito do condutor ao passar na fieira de trefilagem	22
Figura XIV - Condutor de cobre estanhado	23
Figura XV- Esquema de trefiladora de 24 fios	24
Figura XVI - Cabrestante.....	24
Figura XVII- Decisão de solução para coluna “Decisão Composições Trefilado 1” e a coluna “Decisão Composições Trefilado 2”	47
Figura XVIII - Decisão de solução para coluna “Decisão Para Composições Trefilado”	48
Figura XIX - Decisão de solução para coluna “TREFILADORA A UTILIZAR”	49

Lista de Tabelas

Tabela I - Alongamentos e Sequência de fieiras Trefiladora 21 Cabrestantes	26
Tabela II - Alongamentos e Sequência de fieiras Trefiladora 31 Cabrestantes	27
Tabela III - COF PT - Planeamento Metal_w01	34
Tabela IV - Recolha de Dados 1	40
Tabela V - Recolha de Dados 2	46
Tabela VI - Interpretação Dados	54
Tabela VII- Interpretação de Dados Aplicados TRF06.....	57
Tabela VIII - Valores aplicados às variáveis para função objetivo.....	59
Tabela IX - Aplicação do Solver a “COF PT - Planeamento Metal_w01”	61
Tabela X - Interpretação dados obtidos	63
Tabela XI - Planeamento final e tempo de Produção Teórico	65
Tabela XII - Mudança de Tipo de Condutor	68
Tabela XIII - Mudança de Fieiras	70
Tabela XIV - Tempo de Mudança de Composição (em minutos)	72
Tabela XV - Ordem de sequência ideal	74
Tabela XVI - Aplicação de sequenciamento ideal a COF PT_Planeamento de Metal W01.....	75
Tabela XVII- Sequenciamento a COF PT_Planeamento de Metal W01e percentagem de ocupação	76

Lista de Acrónimos

Coficab PT	Coficab Portugal
COF	Coficab
TRF06	Trefiladora nº06
PVC	Policloreto de vinila
XLPE	Polietileno reticulado
PP	Polipropileno
SIR	Silicone
PUR	Poliuretano
ETFE	Etiltrifluoretileno
FEP	Etileno propileno fluorado
PCD	<i>“Polycrystalline Diamond”</i> - Diamante Sintético Policristalino
ND	<i>“Natural Diamond”</i> - Diamante Natural
CuSn	Liga Cobre-Estanho
CuMg	Liga Cobre-Magnésio

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Relevância do problema

Com a crescente evolução da indústria a par da constante revolução tecnológica presente nos dias de hoje, as empresas têm que se adaptar à mudança e inovar para se manterem competitivas, o que se apresenta como um desafio quer para as empresas quer para os seus colaboradores, tendo em mente que os objetivos finais são a satisfação das necessidades dos mercados/clientes e a maximização dos lucros da empresa.

Para tal, as empresas necessitam de planeamentos de produção eficazes, que definam as melhores condições de tempo, espaço e mão-de-obra para produzir um material a partir de uma dada matéria-prima. Maximizar a utilização dos diversos recursos de uma empresa, reduzir os custos de produção da mesma, maximizar a qualidade da produção e satisfazer os prazos de entrega são requisitos essenciais para a competitividade de uma indústria e sua consequente sobrevivência.

Com este trabalho, apresenta-se uma nova ferramenta de planeamento da produção, o *Solver*, que se apresenta como uma solução para a resolução de um problema de planeamento e sequenciamento da produção em ambiente industrial real.

1.2. Objetivo do trabalho

O principal objetivo deste trabalho é o de propor uma ferramenta de trabalho para a resolução do problema de sequenciamento e planeamento da produção em máquina única, nomeadamente na trefiladora 06 na Coficab Portugal.

Durante este trabalho é utilizado um método positivista, que através de uma abordagem dedutiva faz a aplicação da ferramenta *Solver*.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho divide-se em sete capítulos. O primeiro é esta introdução em que se aborda a relevância do problema, os objetivos do trabalho e se faz a apresentação da estrutura do mesmo.

O segundo capítulo diz respeito ao enquadramento teórico, em que se faz a contextualização do problema estudado, abordando sucintamente o tema do planeamento de produção, e as suas subdivisões, nomeadamente planeamento estratégico, tático e operacional, de modo a fazer a sua diferenciação, sendo o tático e o operacional aqueles em que se insere este estudo, pois o problema da produção de diâmetros de capilares além dos que são exclusivos da máquina em análise, é um problema da área tática e, o sequenciamento é do domínio operacional.

Ainda neste capítulo é referenciado o tema do sequenciamento, fazendo a distinção entre sequenciamento de máquina única e máquinas paralelas, já que o objetivo deste trabalho diz respeito ao desenvolvimento de uma ferramenta para resolução de um problema de sequenciamento em máquina única.

É feita ainda uma breve revisão ao tema da programação linear, já que a ferramenta que se utiliza neste trabalho, o *Solver*, é uma das possibilidades dada por esta temática.

No capítulo 3 é feita a apresentação da empresa Coficab, suas unidades, produtos comercializados, clientes e explicação sucinta de todo o processo produtivo, enquanto no capítulo 4 é abordado de modo mais exaustivo o processo de trefilagem, pois este estudo gira à volta deste processo.

No capítulo 5 é estudado o problema do planeamento de máquina única na TRF 06, já que se verifica uma dificuldade real em analisar a capacidade produtiva da máquina para além dos produtos que lhe são exclusivos. É feita a recolha e interpretação de dados e apresenta-se a ferramenta de programação linear *Solver* como solução para o problema referido.

No capítulo 6 é estudado o problema do sequenciamento para a mesma máquina de modo a garantir a máxima capacidade produtiva da mesma, fazendo a análise e interpretação de dados.

No capítulo 7 apresentam-se as conclusões deste trabalho.

Capítulo 2

2. Enquadramento Teórico

2.1. Planeamento de Produção

Segundo Carvalho (2009) o planeamento é o processo pelo qual se tenta aumentar a probabilidade dos resultados futuros desejados, para além da probabilidade de que tal aconteça por acaso, baseando-se na definição da finalidade e dos objetivos da empresa e na ponderação das alternativas para os alcançar.

O planeamento é também prospetivo, mas tem uma prospetiva normativa, estabelecendo o modo como a empresa deverá reagir aos acontecimentos. É um processo com três características fundamentais: futuridade, pois procura delinear o futuro da empresa fornecendo à gestão a escolha de caminhos prováveis a seguir; continuidade, sendo um processo que obriga a um contínuo repensar dos objetivos e das ações numa aplicação flexível de planos; globalidade, na medida em que envolve a participação de toda a empresa (Carvalho, 2009).

O planeamento da produção tem, de acordo com Santos (2009), sofrido uma evolução ao longo dos tempos, no sentido de uma maior flexibilização, aumento da qualidade e resposta rápida das empresas às solicitações dos mercados, o que se reflete a todos os níveis da estrutura organizacional das empresas, incluindo os diversos níveis de planeamento.

Younger (1930), citado por Santos (2009) refere que o planeamento das empresas é uma necessidade para que se obtenha a produção em quantidade, qualidade e tempo pretendidos e ao custo mais razoável possível. Já Reinfeld (1959), citado por Santos (2009), considera que “o controlo da produção é a tarefa de predizer, planear e programar trabalho, tendo em consideração as restrições de mão-de-obra, disponibilidade de material e capacidade, considerando ainda os custos para encontrar a quantidade e qualidade apropriadas no tempo necessário...”

Assim, constata-se que um planeamento eficaz visa a obtenção de um bom desempenho, elevados níveis de qualidade e custos reduzidos. Neste sentido, o planeamento da produção vai, de acordo com Nahmias (2001) e Stevenson (2005), citados por Santos (2009), ao encontro de duas necessidades, que são a satisfação dos clientes e a eficiência da produção.

A satisfação dos clientes será alcançada através da execução de objetivos como o cumprimento dos prazos de entrega, e a redução dos tempos de produção.

Já a eficiência da produção será atingida com objetivos como a redução dos tempos de paragem da mesma, ter um conhecimento preciso do estado das tarefas a realizar, reduzir os tempos de lançamento em produção, reduzir os custos com os recursos e com a manutenção, melhorar a atitude perante as mudanças na procura, e reduzir existências em curso de fabrico.

2.1.1. Planeamento Estratégico

O planeamento estratégico está associado de um modo geral com os objetivos de longo prazo, visando a empresa como um todo. Este planeamento a longo prazo é feito por um período máximo de até cinco anos pela maioria das empresas, pois planear para além deste prazo não se justifica nos dias de hoje, devido à grande incerteza em relação às condições políticas e económicas, que acabam por provocar alterações nos resultados projetados, à medida que as operações se vão realizando (Carvalho (2009)).

O planeamento estratégico é um conjunto de análises dos ambientes externos e internos, dos cenários económicos, políticos, sociais, legais, fiscais e tecnológicos, no qual o objetivo é a definição de metas estratégicas que possam assegurar o cumprimento da missão da empresa.

Este planeamento é então um processo de formulação e implantação de planos que orientem a organização, devendo ser flexível, criativo, contínuo, e envolver diretamente os gestores de topo. O envolvimento dos diversos níveis de chefia torna comum o sistema de valores da empresa. Desenvolve-se uma estratégia flexível e o trabalho em equipa, sem confidencialidades, em que mais do que aceitar e procurar responder a alterações do ambiente, a empresa procura criar o seu futuro, definindo metas ambiciosas e encontrando soluções criativas e empreendedoras para as atingir (Carvalho (2009)).

As decisões associadas ao planeamento estratégico resumem-se de acordo com Santos (2009) a: natureza do produto, nomeadamente número de produtos, ciclo de vida do produto, tempos de entrada e saída no mercado, natureza sazonal da procura do produto, nível de automatização da produção, e conceção e qualidade do produto; capacidade instalada, nomeadamente economias ou não-economias de escala, tecnologia e melhor nível de operação, especialização do processo, custos de produção fixos e variáveis, e pessoal; localização, nomeadamente proximidade dos recursos ou da matéria-prima, poucas ou muitas localizações e nível de produção em cada unidade fabril.

É de referir que o crescimento da pressão dos mercados tem levado a que o tempo de planeamento a nível estratégico seja cada vez mais curto. Também a enorme versatilidade exigida aos processos atuais origina um risco crescente nestas tomadas de decisão, sobretudo sabendo que decisões a este nível são dificilmente reversíveis. Assim tornou-se necessário o recurso a métodos de análise quantitativos que sustentem com o rigor possível as decisões difíceis, recorrendo a ferramentas de apoio à decisão com recurso a sistemas informáticos, e desenvolvendo abordagens mais conceptuais centradas no desenvolvimento de ferramentas que

ajudam a empresa a definir as suas vantagens competitivas e o seu verdadeiro posicionamento no mercado (Santos (2009)).

2.1.2. Planeamento Tático

O planeamento tático relaciona-se a objetivos de curto prazo. Este planeamento é normalmente de um ano e coincide com o período económico da exploração da empresa, procurando essencialmente o cumprimento das metas estabelecidas no orçamento, como o resultado do exercício. São estabelecidas as relações funcionais entre os vários programas operacionais, tais como as políticas de compras, vendas, recursos humanos, qualidade e tecnologia, que também são responsáveis pelas unidades que compõem a empresa e devem implementá-los de acordo com os planos de ação e acompanhá-los com base em sistema de informações para a gestão, adequadamente estruturados (Carvalho (2009)).

Este planeamento baseia-se em três fases: planeamento agregado, plano diretor de produção e planeamento de necessidade de materiais. Mesmo sendo usual a utilização destas três fases de organização é frequente a omissão do plano diretor de produção na indústria de processos (Das *et al.*, (1999), citado por Santos (2009)).

O planeamento agregado é uma forma de gestão previsional que permite desenvolver na empresa um conjunto de planos integrados. É um instrumento de trabalho que processa informação proveniente das várias áreas da empresa fazendo a conversão das orientações estratégicas em planos de necessidades, sendo o objetivo principal o de atingir taxas ótimas de produção, utilização de mão-de-obra e de existências. Não é um planeamento detalhado, mas sim uma primeira interpretação das orientações estratégicas. A sua necessidade justifica-se pelo facto de o planeamento da produção estar sujeito a muitas variáveis internas (capacidade instalada, mão-de-obra disponível, nível de stocks, atividades requeridas pela produção) e externas (capacidade externa, comportamento dos concorrentes, disponibilidade de matéria-prima, procura do mercado, condições económicas), que obrigam a que atempadamente se tomem decisões sem que existam ainda dados fiáveis da procura (Buxey (1995, 2003), citado por Santos (2009) e Roldão e Ribeiro (2014)).

O plano diretor de produção especifica as quantidades a produzir ou a subcontratar para cada um dos períodos do futuro próximo, indo normalmente de seis meses a um ano, tendo como base as instruções do planeamento agregado, da procura de artigos e da previsão de vendas. Nalguns tipos de indústrias pode-se confundir com a carteira de encomendas (Roldão e Ribeiro (2014) e Santos (2009)).

O planeamento de necessidade de materiais tem como objetivo “colocar os materiais certos, no local certo, à hora certa. A implementação de um sistema de planeamento de necessidade de materiais pressupõe um nível de organização que contemple: plano diretor de produção; ficheiro técnico de produtos e controlo de existências. Em termos de filosofia de

funcionamento, este planeamento baseia-se na procura de produtos definida no plano diretor de produção e na informação contida nos ficheiros técnicos de produtos. Recorrendo à desagregação dos produtos, gera uma listagem das necessidades de componentes aos vários níveis de produção, até à matéria-prima. Estas necessidades brutas são, de forma interativa, confrontadas com as existências, o que permite obter informação quanto aos componentes específicos a produzir, quantidades, datas de início e de conclusão de fabrico, contribuindo assim para o controlo de existências, atribuição de prioridades às tarefas e planeamento de capacidades. O sistema de planeamento de necessidade de materiais permite minimizar existências em armazém ou em curso de fabrico, melhorar o serviço ao cliente e maximizar a eficiência produtiva, reduzindo o risco de rotura de existências.” (Santos (2009)).

Segundo Yeung *et al.* (1998), citado por Santos (2009), “devido à incerteza da procura nestes ambientes, o planeamento de necessidade de materiais é importante para o replaneamento do plano diretor de produção.”

Como uma extensão do planeamento de necessidade de materiais surge o sistema de planeamento de capacidades de produção que, partindo das necessidades de produção geradas pelo planeamento de necessidade de materiais, faz uma distribuição das necessidades pelos recursos disponíveis procedendo desta forma à gestão de capacidades. No entanto, ao contrário do sistema de planeamento de necessidade de materiais que tem uma forte implementação nas empresas, o planeamento de capacidades de produção revela dificuldade de adesão uma vez que as restrições de sequenciamento dificultam o processo de análise de capacidades (Santos (2009)).

O planeamento de recursos da empresa é a versão mais avançada dentro deste tipo de sistemas, integrando módulos de vendas, *marketing*, recursos humanos, contabilidade, compras e logística (Santos (2009)).

2.1.3. Planeamento Operacional

O planeamento operacional diz respeito à programação e controlo das operações, ou seja, diz respeito ao planeamento de muito curto prazo, normalmente semanas, dias ou até mesmo horas, dependendo dos diferentes ambientes industriais (Schroeder (2003) e Chase *et al.* (2003), citados por Santos (2009)). Tem como objetivos o cumprimento dos prazos de entrega, redução dos tempos de fluxo, melhorando a eficiência de utilização das máquinas, e redução das existências em curso, decorrentes de trabalhos em curso (Roldão e Ribeiro (2014)).

A primeira atitude em programação da produção consiste em definir prioridades para as ordens de fabrico que se encontram em fila de espera, sendo a maior parte dos métodos dirigidos aos sistemas homem-máquina. Portanto diz respeito ao sequenciamento, ordem pela qual as operações devem ser executadas, a calendarização das operações e o dimensionamento de lotes de produção sendo por isso um processo dinâmico que obriga a um controlo permanente

para que atempadamente, se possam detetar desvios e tomar medidas corretivas necessárias, ou se necessário replanear

A atribuição de tarefas aos equipamentos pode resultar diretamente da execução do planeamento de necessidade de materiais, ficando as decisões de sequenciamento e dimensionamento em aberto para o responsável da secção da produção, podem estas decisões já estar definidas no plano central das ordens de fabrico, ou podem seguir a produção com recurso a regras heurísticas, tais como data de entrega menor, tempo de processamento remanescente mais curto, folga menor, número de operações a executar menor, primeiro a entrar primeiro a sair, entre outras (Roldão e Ribeiro (2014) e Santos (2009)).

A programação da produção com recurso a regras heurísticas tem vindo progressivamente a ser cada vez mais utilizada, pois verifica-se um melhor desempenho quando se desenvolvem regras que orientam a ação, do que quando se pretendem definir planos ilusoriamente perfeitos que tudo consideram (Roldão e Ribeiro (2014)).

2.2. Sequenciamento

O sequenciamento constitui uma análise detalhada de controlo dos sistemas de produção. Decisões a este nível são tomadas geralmente ao nível da fábrica para implementar o plano diretor de produção.

Para executar o sequenciamento tem que se ter conhecimento da capacidade de produção. Portanto, o executante tem que ter conhecimento do número de encomendas, cada uma delas com um tempo de *setup*, de processamento, e da data prometida de entrega. Cada uma das encomendas é processada em diversas máquinas tornando-se necessário sequenciá-las com vista a otimizar uma dada medida de desempenho, pois como cada máquina ou estação de trabalho pode executar diversas operações existe a possibilidade de se formarem filas de espera se não houver um sequenciamento bem definido (Pereira (2011)).

Existem vários tipos de problemas de sequenciamento, mas este estudo debruçar-se-á apenas sobre um, o sequenciamento de máquina única. Seguidamente serão abordados o sequenciamento de máquina única e o sequenciamento de máquinas paralelas, de modo a fazer a sua distinção.

2.2.1. Sequenciamento de Máquina Única

O sequenciamento de máquina única ou simples caracteriza-se pela atribuição de tarefas a um único recurso. “As tarefas são executadas uma de cada vez por esse recurso e cada tarefa pode ter diferentes propriedades, tempos de processamento, data de entrega, tempos de preparação.

O número de seqüências possíveis para a execução de n tarefas numa máquina única será dada por uma permutação de $1,2,\dots,n$ (ou seja $n!$). Assim, se pretendermos proceder ao sequenciamento de 10 tarefas ou trabalhos numa máquina única o número de combinações possíveis será $10!$, ou sejam, 3 628 800 combinações.” (Santos (2009)).

Segundo Santos (2009) os objetivos deste tipo de sequenciamento são:

- Minimizar o tempo de produção;
- Minimizar o atraso máximo;
- Minimizar o número de tarefas atrasadas;
- Minimizar o atraso médio.

O problema de sequenciamento em máquina única com tempos de preparação entre operações é um dos mais comuns em ambiente industrial, sendo que os tempos de preparação são fundamentais para a determinação do melhor sequenciamento (Santos, 2009). Este estudo é um exemplo disso, em que a mudança entre produtos exclusivos da máquina em análise envolvem tarefas que exigem um elevado tempo de paragem, tal como mudança de feiras e mudança de tipo de condutor. Assim sendo, este tipo de sequenciamento mostra-se imprescindível de forma a minimizar o número e tempos de *setup* garantindo deste modo uma maior disponibilidade produtiva da máquina.

2.2.2. Sequenciamento de Máquinas Paralelas

O problema de sequenciamento de máquinas paralelas considera “ n ” tarefas ou trabalhos e “ m ” máquinas. Cada trabalho tem que ser executado numa das máquinas com um tempo de processamento fixo, sendo o objetivo encontrar a seqüência de trabalhos que optimize determinados indicadores de desempenho (Mokotoff (2001) citado por Santos (2009)).

Neste tipo de problema há que atribuir um trabalho a uma determinada máquina e fazer o sequenciamento na programação dessa máquina, portanto a complexidade do problema cresce exponencialmente à medida que o número de máquinas consideradas aumenta.

As máquinas paralelas podem ser classificadas em: paralelas idênticas, paralelas uniformes e paralelas não relacionadas.

Nas máquinas paralelas idênticas o tempo de processamento de uma tarefa é independente da máquina em que é processada, nas máquinas paralelas uniformes cada máquina tem uma velocidade de processamento diferente, e nas máquinas paralelas não relacionadas como o próprio nome indica não existe relação nenhuma entre os tempos de processamento nas diferentes máquinas, sendo necessário definir o tempo de processamento de cada tarefa em cada máquina (Santos (2009)).

2.3. Programação Linear

A programação linear consiste em otimizar uma dada função linear definida num dado conjunto convexo, tendo em conta que as variáveis estão sujeitas a restrições.

O *Solver*, ferramenta utilizada neste trabalho, é um instrumento do Excel que permite fazer vários tipos de simulações, sendo utilizado principalmente quando se tem um problema com várias variáveis, com necessidade de limites e restrições.

Com esta ferramenta pode-se obter o resultado ideal para uma fórmula numa célula do Excel, chamada célula de destino, sendo possível:

- Maximizar valores;
- Minimizar valores;
- Atingir uma meta de valor específico.

Trabalha com um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula da célula de destino, portanto todas as células que influenciam o resultado da célula de destino poderão ser alteradas pelo próprio Excel, desde que sejam fórmulas interrelacionadas e atinjam a meta desejada, avaliando todas as restrições e atingindo o resultado mais próximo possível.

Pode-se também ajustar as variáveis nas células que se especificarem, chamadas células ajustáveis, para atingir o resultado esperado através da célula de destino, a qual nunca pode ser uma fórmula e sim um *input* para que o *Solver* possa ser executado (Leite (2015)).

Capítulo 3

3. Apresentação da Empresa Coficab

3.1. O Grupo

A Coficab tem como objetivo principal a produção de fios e cabos elétricos isolados para a indústria automóvel e afins.

A implantação da Coficab PT na Guarda esteve associada a vários fatores: o crescimento da atividade de cablagens na Península Ibérica; ao espaço disponível na Delphi, existente na Reicab (Empresa do grupo Delphi, exCablesa). Por outro lado, a Empresa Reinshagen, empresa do grupo DELPHI, situada na Alemanha) decidiu encerrar a sua atividade de produção de fios, tendo sido todo o seu equipamento transferido para a Coficab PT, servindo de arranque à produção.

O capital social era repartido por dois sócios: a COFAT Internacional (99,8%) e a Senhora Hager Elloumi Chakroun (0,2%). A COFAT Internacional é uma *joint-venture* entre a Packard Electric e a família Elloumi. A DELPHI Automotive Systems assegurou até meados do ano 2000 a gestão da Coficab PT, tendo nesse ano o Grupo Elloumi adquirido 100% do capital da Coficab Portugal, sendo neste momento acionista único.

O Grupo ELLOUMI para além da COF PT já tinha, anteriormente, adquirido a COFICAB Tunísia (COF TN). No entanto, em 2001 devido à aquisição de novos negócios, foi decidido em termos estratégicos criar um grupo de empresas (COFICAB`s) geograficamente situadas na Península Ibérica e Norte de África, tendo como objetivo o posicionamento face aos seus clientes, servindo-os melhor e tornando-se mais eficazes e rigorosos no cumprimento dos prazos de entrega podendo praticar preços mais competitivos. Surgiu, assim, a COFICAB Marrocos (COF MA), COFICAB Roménia (COF RO) COFICAB Medjez (COF MED) e mais recentemente a COFICAB México (COF MX).

Para além de cada uma das Coficab`s funcionarem autonomamente, têm a particularidade de em conjunto realizarem uma otimização dos recursos e aproveitamento de capacidades disponíveis em cada unidade industrial.

3.2. Coficab Portugal

A Coficab Portugal (Coficab PT) pertence ao grupo Coficab, que por sua vez é uma filiada do grupo Elloumi, dedicando-se à produção de fios e cabos elétricos para a indústria automóvel e para o setor da energia.

Foi fundada a 26 de Janeiro de 1993 e iniciou a sua atividade em Agosto desse mesmo ano. Em termos de atividade económica, a Coficab PT está integrada no setor da na Fabricação de Outros Fios e Cabos Elétricos e Eletrónicos, que corresponde ao n.º 27320 do Código de Atividade Económica.

Ao nível de visão estratégica, a Coficab PT pretende ser reconhecida como uma empresa, que faz parte do grupo dos melhores fornecedores internacionais no mercado dos cabos elétricos para veículos automóveis e utilitários.

Quanto à missão, a Coficab PT propõe-se oferecer aos seus clientes e parceiros um serviço fiável e construir uma cultura de excelência, baseada na partilha de valores, melhores práticas e em plena conformidade com regulamentos legais e de segurança. Pretende ainda desenvolver um volume de negócios que lhe permita manter ou aumentar a quota de mercado com rentabilidade fornecendo produtos e serviços de alta qualidade, competitivos e diversificados. o fundo a missão da Coficab será cumprir os seus princípios de melhoria contínua, eliminando todas as formas de desperdício, concentrando esforços nos objetivos comuns e implementando um sistema de gestão baseado nas melhores práticas e orientado com vista à satisfação total dos seus clientes.

Por fim, os valores fundamentais que servem de guia à organização e que melhor definem a sua postura, são para a Coficab PT: satisfação dos clientes, inovação e criatividade, espírito empreendedor e comunicação. É em torno destes valores que gira o universo da empresa, consubstanciado numa filosofia de liderança fortemente envolvida e na gestão pela qualidade total, como mecanismo de garantia de sucesso.

Neste sentido, a Coficab PT apresenta produtos de qualidade, de modo a oferecer ao cliente uma mais-valia aquando da sua aquisição, o que permite maximizar a sua satisfação, primando sempre pela qualidade, pontualidade e rapidez de entrega. Estar atento às necessidades dos clientes, às exigências do mercado e ser capaz de dar respostas antes da concorrência é um fator de diferenciação e concomitantemente de sucesso.

3.3. Unidade

A sede das instalações fabris da Coficab PT ficam localizadas em Vale de Estrela, Lote 46, EN 18-1 Km, uma povoação localizada a cerca de 5 km a sul da Guarda, ocupando uma área total de implementação de 39 117 m² e por uma área produtiva coberta de 17 000 m².

As instalações da unidade fabril são constituídas por diferentes zonas como a portaria, receção, *Technical Center*, ginásio. Relativamente às instalações de produção são compostas por quatro naves fabris.

A nave 1 é constituída por uma área de 12000 m², formada pela nave fabril e pelo edifício de escritórios onde se localizam: direção industrial, departamento de compras, departamento de finanças, departamento de qualidade, departamento de produção, departamento de logística e departamento de engenharia de processos. Esta é a maior das naves fabris, sendo que alberga a maioria dos equipamentos produtivos.

A nave 2 tem cerca de 2000 m² de área, dedicado totalmente à produção.

A nave 3 tem 3000 m² e é composta pela área fabril e escritórios onde se localizam os departamentos de compras *Corporate*, engenharia de processos *Corporate* e logística *Corporate*.

Por fim a Nave 4 ocupa cerca de 1800 m² albergando o departamento de reciclagem, onde é separado o isolante do condutor resultante do desperdício gerado ou de devoluções de clientes, assim como o processo de rebobinagem, onde é rebobinado o fio retirando os defeitos pontuais que este apresente.

3.4. Produtos Comercializados

A Coficab PT dedica-se à produção de fios e cabos isolados para a indústria automóvel e energia.

Os produtos fabricados são constituídos por fios condutores em cobre, posteriormente torcidos e revestidos com um material isolante policloreto de vinila (PVC), polietileno reticulado (XLPE), polipropileno (PP), silicone (SIR), poliuretano (PUR), etiltrifluoretileno (ETFE), etileno propileno fluorado (FEP).

Considerando a secção do fio e a cor do isolamento, a Coficab PT detém atualmente cerca de 25.000 referências de produtos, as quais se podem agrupar em cerca de 1.800 secções revestidas por diferentes materiais e cores.

Atualmente, 90% dos produtos fabricados são vendidos para o mercado internacional, exportando para mais de 30 países.

A Coficab PT tem apostado fortemente na sua capacidade de inovação do produto e serviço, lançando no mercado fios mais baratos, com melhor comportamento térmico.

3.5. Clientes

A Coficab PT tem procurado, desde sempre, responder às expectativas dos clientes, pois estes são a razão da sua existência. Assim, proporcionar-lhes produtos de excelência e ser reconhecida por eles como o seu melhor fornecedor é, sem dúvida, o seu principal objetivo, sendo por isso necessário acompanhar e procurar a sua satisfação através de novas tecnologias, qualidade, responsabilidade e atitude em todas as situações.

Atualmente, a COFICAB Portugal possui clientes de grande dimensão em termos de volume de vendas. Os clientes são fundamentalmente empresas de cablagens localizadas na Península Ibérica, Norte de África, Ásia e América Latina.

No leque dos principais clientes da Coficab PT encontram-se empresas nacionais e internacionais, tais como: Delphi, Valeo, Yazaki, Leoni, Kromberg & Schubert, ACE Group, Draxlmaier, Lear Corporation, Cofat, Coroplast, Sumitomo Electric Wiring Systems, Cablettra Group.

Pode-se ainda, fazer-se uma distinção dos clientes diretos e dos clientes finais. Os clientes diretos são aqueles a quem a Coficab PT vende os seus produtos e que se designam por intermediários e os clientes finais são aqueles que compram os produtos aos intermediários.

A empresa apresenta uma longa lista de homologações como: Alfa Romeo, Audi, BMW, Citroen, Ferrari, Ford, Fiat, Lancia, Maserati, Mercedes-Benz, Opel, Porsche, Peugeot, Renault, Seat, Skoda Auto, Volvo, Volkswagen.

O mercado de fio para cablagens tem vindo a crescer, não em resultado do aumento significativo do número de automóveis produzidos, mas devido ao aumento das opções elétricas e eletrónicas, aumentando assim a proporção de cablagens nos automóveis.

Existindo uma forte concorrência neste setor, a empresa aposta na melhoria da sua competitividade, recorrendo a soluções de reengenharia, melhoria contínua dos processos produtivos conjuntamente com um controlo rigoroso dos custos, de modo a manter a rentabilidade, face à constante diminuição dos preços, fator decisivo para a conquista e manutenção de clientes.

3.6. Processo Produtivo

O processo produtivo é composto por diferentes fases desde a matéria-prima até ao produto acabado, conforme pode ser visto na figura 1:

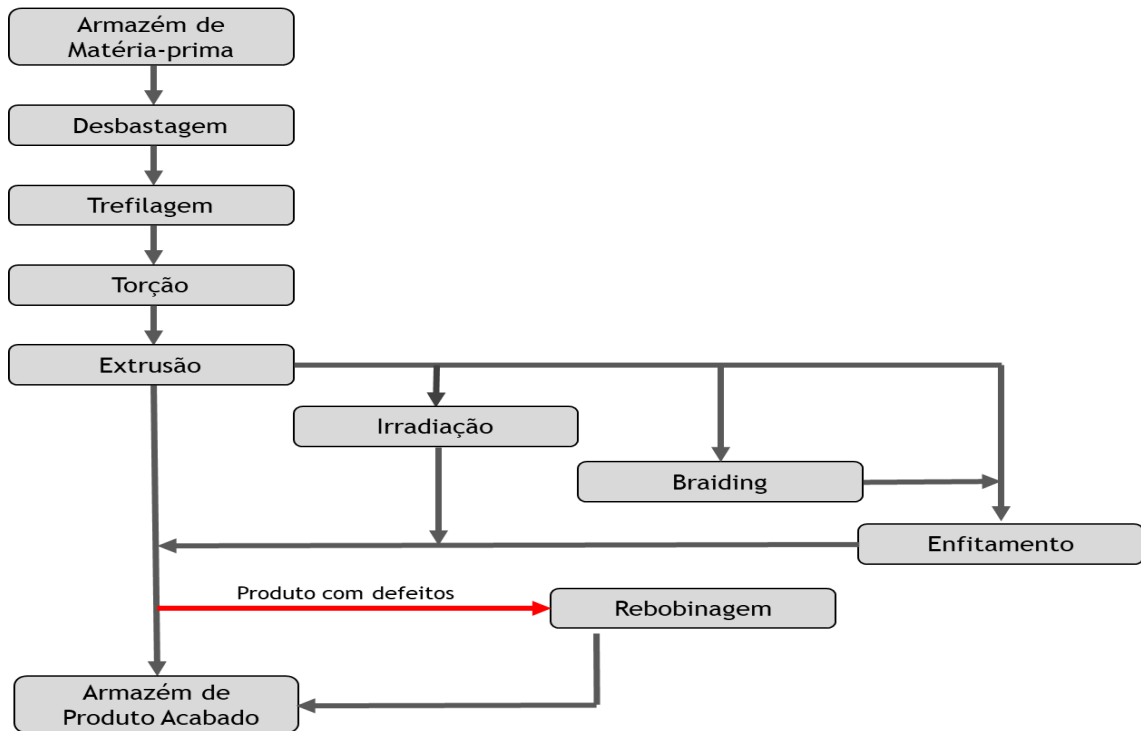


Figura I - Fluxograma Genérico Processo Coficab

- **Armazém de matéria-prima**

Após a entrada de matéria-prima em armazém, é efetuada a sua receção física e técnica, onde se assegura a garantia de qualidade das matérias, figura 2.



Figura II - armazém de matérias-primas

- **Desbastagem**

A matéria-prima é rececionada em rolos de cobre de 8mm de diâmetro que pesam cerca de 5 toneladas.

O processo de desbastagem consiste na redução do diâmetro do cobre por um processo de estiragem. O fio de cobre é obrigado a passar por um conjunto de fieiras com diâmetros sucessivamente mais finos, reduzindo assim o seu diâmetro, sem perda de massa. O cobre passa dos 8mm iniciais para 1,72mm. Assim que o fio de cobre estiver reduzido a 1,72 mm é bobinado em cestos específicos, com cerca de 800 Kg cada, figura 3.

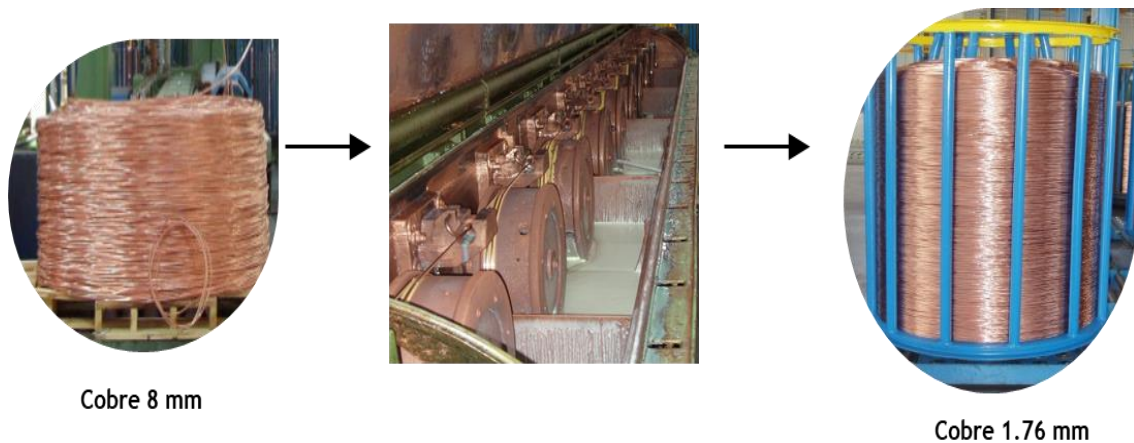


Figura III - Esquema de processo de desbastagem

- **Trefilagem**

O processo é semelhante ao anterior, sendo multifilar (realizado em vários fios em simultâneo: 7,8,9,...,24 fios). Após o estiramento na trefiladora pesada (desbastadora), um conjunto de fios de cobre entram na trefiladora múltipla em paralelo, onde são puxados por pequenos cabrestantes associados a um conjunto de fieiras diamantadas, que os reduzem de novo sucessivamente a diâmetros inferiores. Durante esta fase circula no interior da máquina a emulsão de trefilagem (constituída por água e uma pequena quantidade de óleo) que tem a função de lubrificar o fio e eliminar todos os resíduos que se vão formando à volta das fieiras. No final deste processo os capilares de cobre são submetidos a um processo térmico (recozimento) de modo a restabelecer as suas propriedades físicas e elétricas, aumentando a sua maleabilidade e garantindo-lhe as propriedades mecânicas iniciais.

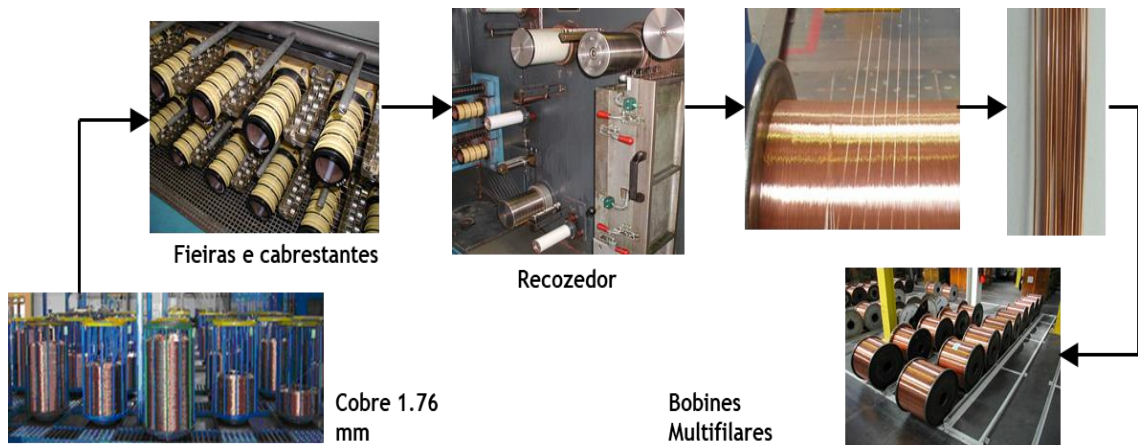


Figura IV - Esquema de processo de trefilagem

- **Torção**

A partir de vários conjuntos de capilares são constituídas as “almas” condutoras que podem ter diversas composições e construções (número de capilares, geometria do feixe, passo de torção). As bobinas são transportadas até à “pay-off” de alimentação das torcedoras, para produção de cabos com múltiplos fios torcidos. Os fios são unidos e compactados antes de entrar no processo de torção com a ajuda de fieiras de compactação de diâmetros idênticos ao diâmetro final do feixe do cobre. O fio torcido é composto por vários feixes de fios de acordo com o pretendido e definido pelo cliente. Este fio de cobre torcido é denominado condutor.

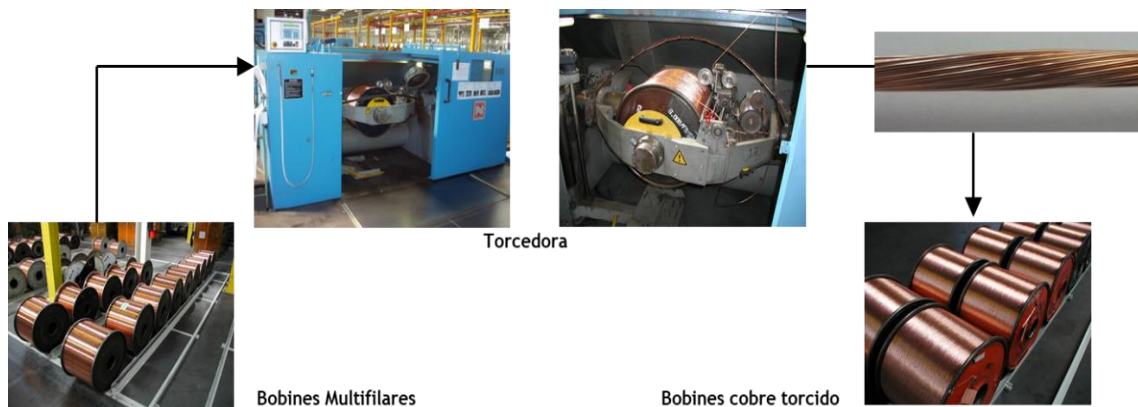


Figura V - Esquema de processo de torção

- **Extrusão**

A operação em que é colocado o isolamento sobre o condutor é designada da extrusão. Obtida a composição do cobre pretendida, inicia-se o processo de revestimento, em que se aplica sobre a “alma” do cobre uma camada de material isolante. Este isolante é composto por um material neutro sem coloração ao qual é adicionado um pigmento de várias cores. O conjunto dos dois permite efetuar o revestimento do cobre, conferindo-lhe o aspeto definitivo do produto com a cor desejada. O processo de revestimento é um processo de injeção do isolante após a fusão deste numa extrusora entre cerca de 150 a 400°C, dependendo do composto utilizado. O fio é

transportado através do “pay-off” para um pré-aquecedor (quando aplicável) e seguidamente para a extrusora. À saída da cabeça da extrusora o fio é controlado dimensionalmente no seu diâmetro por leitura ótica em contínuo e marcado com a respetiva referência através de um jato de tinta. A alimentação do revestimento é feita pneumaticamente desde os silos (recipiente de grande dimensão, onde estão algumas matérias-primas), através de uma central de alimentação. O fio é submetido de seguida a um banho de água numa caleira de arrefecimento após o qual passa por um processo de secagem por ar comprimido. Em contínuo e durante o processo efetua-se um controlo da concentricidade, do diâmetro (diâmetro a frio), um teste de alta tensão para detetar possíveis falhas de isolamento e um controlador de nódulos para detetar a acumulação de isolante em excesso. Finalmente o fio revestido e já arrefecido é bobinado num cone ou tromel de plástico com capacidade máxima variável consoante a secção de fio produzida.

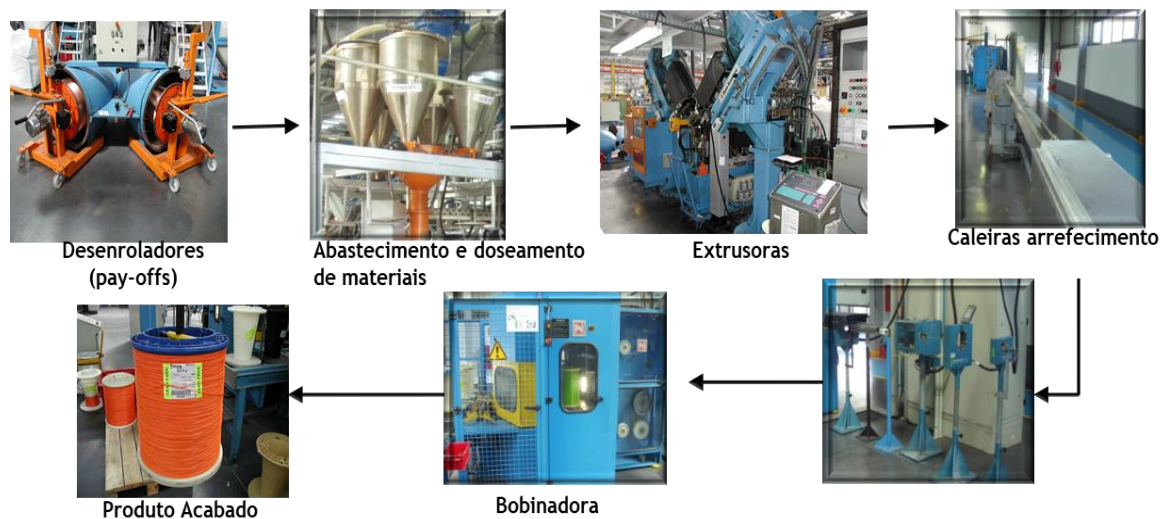


Figura VI - Esquema de processo de extrusão

- **Irradiação**

Este processo aplica-se apenas aos fios com revestimento de XLPE.

O processo de irradiação é utilizado para reticular os polímeros de XLPE com consequente aumento do peso molecular, melhorando as propriedades mecânicas deste composto tal como a estabilidade e a resistência a altas temperaturas.

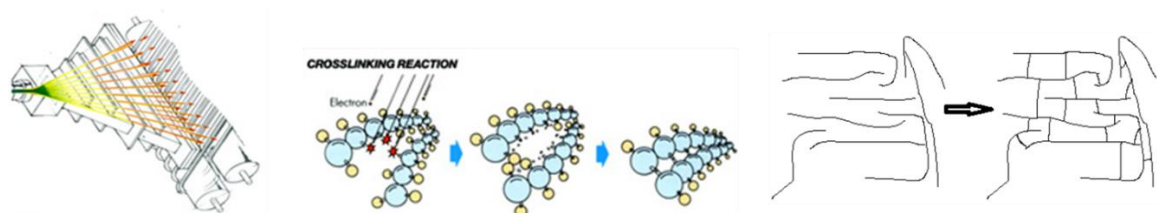


Figura VII - Processo de irradiação

Tal como na extrusão, o processo de irradiação é provido de equipamentos para detetar qualquer defeito causado no fio, tal como erros de diâmetro, nódulos ou erros de isolamento. No final deste processo, uma vez mais como acontece na extrusão, o fio é bobinado para um cone ou tromel de plástico.

- **Rebobinagem**

A rebobinagem é um processo auxiliar na produção de fio, sendo que este não é um processo que altere as características físicas ou mecânicas do fio elétrico.

Este processo, tal como o nome indica serve para rebobinar os fios provenientes da extrusão ou da irradiação que contenham defeitos, tal como erros de diâmetro, nódulos ou erros de isolamento. As rebobinadoras têm equipamento de controlo iguais aos existentes nos processos anteriores, detetando e parando automaticamente no local onde o erro é identificado, permitindo assim a sua remoção e aproveitamento de todo o fio conforme efetuando-se emendas ao fio existente no cone ou tromel. A quantidade dos metros mínimos entre emendas encontra-se definido de acordo com a secção assim como o número de emendas máximas permitidas - 2 emendas.

- **Braiding**

O processo de *braiding* é um processo no qual é colocado uma malha de condutor em estanho ou cobre (conforme a especificação do fio) conferindo ao cabo propriedades elétricas especiais. Após este processo o fio é encaminhado para o processo de enfitamento ou para o processo de extrusão.



Figura VIII - Braider

- **Enfitamento**

Neste processo é colocada, conforme requerido em alguns cabos especiais, uma fita em espiral, á volta do fio. Após a colocação da fita o fio é encaminhado novamente para a extrusão sendo colocado um segundo revestimento.



Figura IX - Enfitadora

- **Armazém de produto acabado**

Os produtos acabados são armazenados segundo uma ordem específica e seguem o método das saídas, *First In First Out* (FIFO), com o objetivo de nunca deixar referências “antigas” por enviar, correndo-se o risco de ficarem obsoletas. O produto acabado é devidamente identificado com uma etiqueta, um código de barras e encaminhado para o armazém de produtos acabados, onde é separado por tipo de fio e posteriormente encaminhado para o cliente. Para a elaboração dos programas produtivos semanais da empresa, os clientes têm de efetuar as suas encomendas com mais ou menos uma semana de antecipação. No entanto existe um stock de produtos acabados, com um total de cerca de 40.000 km's de fio, que equivale a cerca de uma semana e meia de produção, para assegurar as entregas diárias e semanais dos pedidos dos clientes.



Figura X - Armazém de produto acabado

Capítulo 4

4. Trefilagem

4.1. Processo

O processo de trefilagem é um processo mecânico de conformação a frio que ocorre por de estiramento, ou alongamento, tendo por finalidade a redução do diâmetro do condutor. Durante a trefilagem a perda de massa do condutor não ocorre, pois a redução de diâmetro é efetuado alongando o condutor fazendo o passar por fieiras (ferramenta de trefilagem) com diâmetros sucessivamente mais reduzidos. De modo a auxiliar o processo, para manter a qualidade do condutor e garantir o bom desempenho e evitar o desgaste prematuro das fieiras é utilizado um líquido de lubrificação - emulsão.

As fieiras de trefilagem utilizadas no processo de trefilagem são diferentes ao longo do processo de trefilagem, no que ao material e à sua geometria diz respeito, dependendo do diâmetro a trefilar bem como do material do condutor, sendo que a definição do material e da geometria advém das recomendações do fornecedor da máquina de trefilagem, do fornecedor das fieiras e do conhecimento e experiência obtida pela Coficab ao longo dos tempos.



Figura XI- Estiramento condutor através de fieiras

Os dois materiais das fieiras utilizados são: Diamante Sintético Policristalino (tendo como siglas “PCD” - nomenclatura inglesa) e Diamante Natural (tendo como siglas “ND” - nomenclatura inglesa).

Quanto á geometria das fieiras, este é definido tendo em conta 5 zonas com um propósito específico no professo de trefilagem:

- Cone de entrada: permite um fluxo suficiente e controlado da emulsão;
- Cone de redução: garante uma redução regular e controlada do fio. Dependo do tipo de material do condutor trefilado e da relação de redução do diâmetro do condutor.

- *Bearing*: zona onde está inserido o diamante natural ou sintético policristalino. É o que permite levar o condutor até ao diâmetro e forma pretendidos. O seu comprimento depende do tipo de material do condutor trefilado e das especificações exigidas.
- *Back Relief* (Zona de Alívio): esta pequena zona arredondada entre o diamante e o ângulo de saída garante ausência de ângulos agudo, reduzindo assim o risco do condutor ser riscado. Permite também a redução da criação de partículas de metal que contaminam a emulsão, permitindo deste modo garantir a qualidade do fio.
- Cone de Saída: permite um bom posicionamento e suporte do diamante em relação à tensão mecânica criada pelo processo de trefilação.

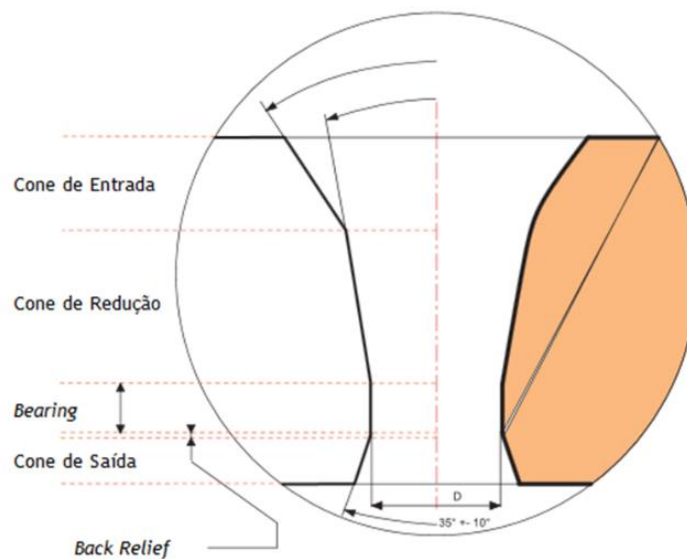


Figura XII - Esquema de fieira de trefilagem

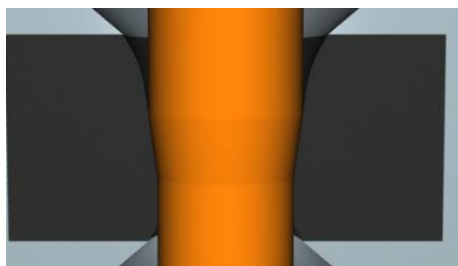


Figura XIII - Efeito do condutor ao passar na fieira de trefilagem

No final de trefilagem do condutor, antes de este entrar nas bobinadoras o condutor passa pelo recozedor. É nesta zona que, através de altas temperaturas, ocorre o recozimento do condutor, reduzindo a sua dureza, ou seja, conferindo-lhe as propriedades necessárias para entrar no processo seguinte.

4.2. Condutor Utilizados

Na Coficab Portugal são produzidos fios com diferentes tipos de condutor, sendo no total 5 tipos diferentes: cobre; cobre estanhado (designado internamente apenas por estanhado) - cobre revestido por uma fina camada de estanho conferindo-lhe um tom prateado; alumínio; e ligas - condutor que tem o cobre como seu principal componente em que, no processo de fundição, é adicionado outro metal em menor quantidade, sendo estas: liga de cobre-estanho (designado internamente por Ligas CuSn) e liga de cobre-magnésio (designado internamente por Ligas CuMg).

Todos estes condutores são trefilados na Coficab Portugal, à exceção do alumínio que apenas é trefilado numa das fábricas do grupo Coficab situada na Roménia (ARAD).

Os diferentes tipos de condutor são trefilados em diferentes intervalos de diâmetro final, de acordo com o fio a que irão dar origem:

- Cobre: de 0,485mm a 0,100mm
- Estanhado: 0,395 a 0,180mm
- Ligas CuSn: 0,157mm
- Ligas CuMg: 0,157mm

O condutor designado por estanhado, é um condutor onde o cobre está revestido com uma camada de estanho. Ao longo da trefilagem, a camada de estanho vai-se libertando, em quantidades reduzidas, devido ao alongamento que lhe é dado ao longo do processo de trefilagem. Apesar de ser em quantidades reduzidas, estas partículas de estanho misturam-se na emulsão, fazendo com que o desempenho da trefiladora possa não ser o melhor quando alocado a outro tipo de condutor que não o estanho até limpeza de todo o circuito de emulsão. Assim sendo, a Coficab Portugal, tomou a decisão de que, visto existirem 6 trefiladoras (cada uma das trefiladoras é identificada pelas siglas TRF e número), apenas uma trefiladora ficaria alocada a este tipo de condutor - TRF 03. Como consequência, a trefiladora alvo do estudo de caso - TRF06 - tem como restrição a não trefilagem de condutor estanhado.



Figura XIV - Condutor de cobre estanhado

4.3. Tipos de Trefiladoras na Coficab PT

No grupo Coficab as trefiladoras são designadas, além da terminologia que identifica a máquina - “TRF” e número sequencial de máquina, por uma característica especial das trefiladoras: o número de capilares que a trefiladora pode produzir em simultâneo. Na Coficab Portugal existem dois tipos de máquinas segundo esta característica: 16 e 24 fios. De acordo com esta particularidade as trefiladoras apresentam um número diferente de plataformas (níveis de cabrestantes) e bobinadoras: 2 plataformas e bobinadoras para a trefiladora de 16 fios e 3 plataformas e bobinadoras para a trefiladora de 24 fios.

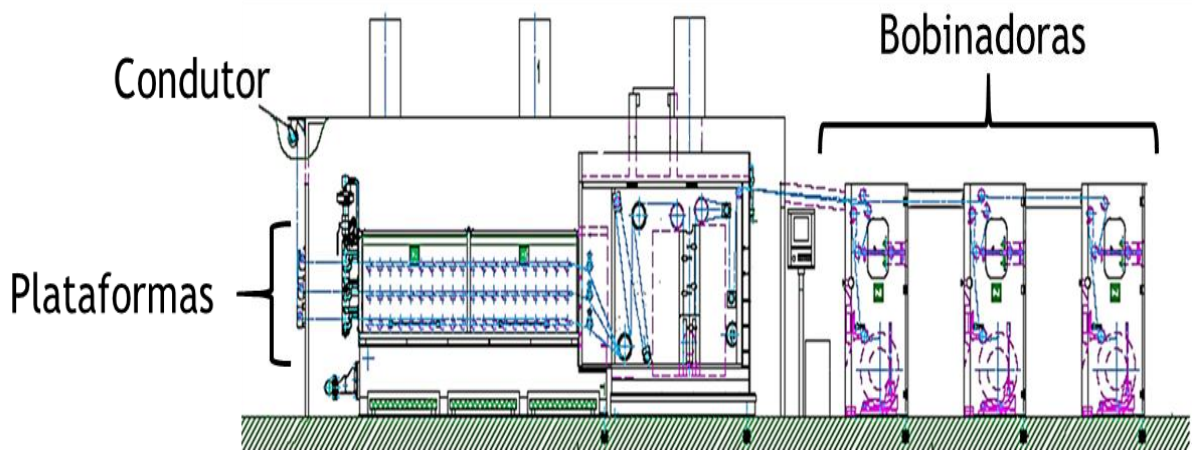


Figura XV- Esquema de trefiladora de 24 fios

Outra característica que distingue as trefiladoras existentes na Coficab Portugal é o número de cabrestantes (denominado também de passos) existentes em cada uma das máquinas. São os cabrestantes que, através do seu movimento giratório, permitem que o condutor seja puxado ao longo das fieiras.



Figura XVI - Cabrestante

Na Coficab Portugal existem trefiladoras de 21 cabrestantes ou passos e apenas uma de 31 cabrestantes - a TRF06.

O fornecedor dos equipamentos, de acordo com o número de cabrestantes especifica uma de seqüência de fieiras diferentes o que implica um alongamento diferente entre fieiras.

Nas duas tabelas seguintes são apresentas a seqüência de fieiras de uma trefiladora de 21 cabrestantes e 31 cabrestantes, sendo que na primeira linha de cada tabela é apresentado o alongamento obtido entre cada um deles.

O alongamento, em percentagem é obtido através da expressão matemática:

$$[(d_0/d_1)^2 - 1] \times 100 = \% \quad (1)$$

Em que, d_0 = diâmetro de entrada do condutor e d_1 = diâmetro de saída do condutor.

ALONG.	23%	27%	27%	26%	26%	26%	26%	26%	26%	25%	27%	26%	26%	26%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%	21%
Ø ENTRADA	POSIÇÃO FIEIRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21 (Ø terminal)
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5589	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	0,2899	0,2635	0,2396	0,2180	0,1980	0,1780 a 0,1930
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	0,2899	0,2635	0,2396	0,2180	---	0,1940 a 0,2080
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	0,2899	0,2635	0,2396	---	---	0,2210 a 0,2270
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	0,2899	0,2635	---	---	---	0,2390 a 0,2570
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	0,2899	---	---	---	---	0,2800 a 0,2820
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	0,3189	---	---	---	---	---	0,2840 a 0,3090
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	0,3508	---	---	---	---	---	---	0,3150 a 0,3280
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	0,3937	---	---	---	---	---	---	---	0,3470
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	0,4420	---	---	---	---	---	---	---	---	0,3860 a 0,4260
1,7600		1,5880	1,4097	1,2504	1,1140	0,9924	0,8841	0,7876	0,7017	0,6251	0,5569	0,4961	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,4440 a 0,4850

Tabela I - Alongamentos e Sequência de feiras Trefiladora 21 Cabrestantes

Em suma, a TRF06 -trefiladora de 31 cabrestantes da Coficab Portugal, é a única máquina que permite trefilar um diâmetro mínimo de 0,1000mm até um diâmetro máximo de 0,2000mm enquanto que as restantes trefiladoras, de 21 cabrestantes apenas permitem trefilar um diâmetro mínimo de 0,1780mm até um diâmetro máximo de 0,4850mm.

Capítulo 5

5. Planeamento

5.1. Dados de *Input*

Semanalmente, o departamento de Logística, à 6ª feira, envia o resumo do programa, intitulado “COF PT - Planeamento Metal_wXX”, que contém informação sobre o programa que ainda se encontra em aberto da semana corrente bem como o programa da semana seguinte.

Na tabela 3 é apresentado um exemplo do resumo do programa, que servirá de ponto de partida para a resolução do problema exposto.

Na primeira coluna é apresentada a “Descrição de famílias”, tendo como terminologia a secção; na segunda coluna encontra-se a composição de cada uma das famílias; e nas colunas seguintes o plano em aberto da semana corrente (Plano Aberto (W-1)), o plano da semana seguinte (Plano (W)); e por ultimo o Plano Total, que é a soma os planos - os valores apresentados nas colunas “Plano Aberto (W-1)”, “Plano (W)” e “Plano Total” tem como unidade de medida o metro.

Descrição Famílias	Composição	Plano Aberto (W-1)	Plano (W)	Plano Total
13C 2X4B 3TBD 7C 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SC SF3 SYBF YB YBF YBRG SCF VBT4 0150	30x0,244	0	288 000	288 000
13C 2X4B 3TBD 9YB A39Y ESSX F3 F42X F6 R2X R7YB RYWB SCSF3 SYBF VBT4 VSSX YB YBF YBRG CYBF 0250	50x0,244	418 521	785 200	1 203 721
13YA 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 9YA CB2X DRYW F3 F6A FLXR HL2X R6YA R7YA VXT4YAYARGYATYBFYY 0035	7x0,255	515 000	1 299 500	1 814 500
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	16x0,198	1 239 820	3 231 000	4 470 820
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	12x0,196	221 000	272 000	493 000
2TCD 0035	19x0,154	218 793	0	218 793
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN	2 560 424	8 965 000	11 525 424
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	32x0,198	28 000	10 603 000	10 631 000
2X4B 3TBD 9YB A39Y A3ZP C3ZH C4ZH F3 F42X GM2G KFLY LY NF3Z R2X R3 SF3 SYBF VVYW X4LB YB YBF YBRG91XM 0400	56x0,293	76 730	175 200	251 930
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	24x0,198	101 000	572 000	673 000
2X4B 3TBD A39Y F42X FC3 R2X SC SCF SYBF YB 0300	44x0,291	0	20 600	20 600

2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148	32 200	137 600	169 800
2XSN 6YAS 7YAS YASN 0075	19x0,221SN	0	192 500	192 500
2XSN 7YAS 9YSN ASNT 0035	7x0,254SN	102 000	69 000	171 000
2XSN 7YAS YASN 0050	19x0,183SN	92 253	449 000	541 253
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT LF3Z M9YA NF3Z R3 R6YA R7YA VXT4 YA DRYW 0075	19x0,223	351 732	860 000	1 211 732
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT2 NF3Z R2 R3 R7YA YA DRYW VXT4 0150	19x0,309	662 784	242 500	905 284
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP C3ZH C4ZH F6A NF3Z R3 R6YA R7YA YA 0100	19x0,255	66 250	337 500	403 750
3TBD 0035	12x0,193	0	160 000	160 000
4YBS 7YBS 0150	30x0,244SN	0	60 000	60 000
4YBS 7YBS 9YSB YBSN YBSE 0035	12x0,193SN	414 000	279 000	693 000
7C 7CB SC SCF YB YCY 0200	28x0,293	0	193 500	193 500
7C 7TW SC SCF 0065	9x0,294	0	45 000	45 000

7C SC SCF 0100	14x0,293	49 000	0	49 000
7YAS 0150	19x0,307SN	0	10 000	10 000
7YAS 0250	19x0,395SN	0	9 600	9 600
7YAS YASN 0100	19x0,254SN	0	3 500	3 500
7YBS 4YBS 0250	50x0,244SN	19 200	28 400	47 600
7YBS BXSX YBSX 4YBS 0050	16x0,197SN	114 000	59 000	173 000
9XMC 0400	120x0,201	3 600	3 600	7 200
9YB F3 F42X LLY SF3 SYBF YB 91XM 0600	84x0,294	2 206	37 850	40 056
A3ZH A3ZP A4ZH C3ZH C4ZH NF3Z 0035	7x0,250	0	836 000	836 000
A3ZP ACN1 ACN2 ACR2 B3 C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z 0300	45x0,288	0	22 000	22 000
A3ZP B3 C3ZH C4ZH C5 C6 F3Z FCI IRT2 NF3Z R3 0050	7x0,301	40 000	762 500	802 500
A3ZP C3ZH C4ZH ESSX F3 NF3Z R3 SF3 SYBF VSSF VSSK VSSX YBF 0200	37x0,257	0	17 200	17 200

A3ZP C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z R3 0700	105x0,282	0	21 200	21 200
ACN1 B3 F3Z IRT2 R2 H07 0400	56x0,284	0	9 800	9 800
AEXF AVXF 0300	119x0,178	44 402	56 000	100 402
AEXF KVXF 0500	207x0,168	13 200	12 300	25 500
B2H R3H 0022	7x0,200HR	0	476 000	476 000
B3 F3Z IRT2 R2 0100	19x0,250	39 800	235 000	274 800
ESSX VSSH VSSX 0050	19x0,193	156 350	86 000	242 350
ESSX VSSX 0030	19x0,158	604 510	287 500	892 010
ESSX VSSX 0125	37x0,208	0	96 000	96 000
F3ZA 3ZPA B2 B3 F3Z IRT2 R2 R3 R3IA 0035	7x0,248	0	210 000	210 000
FL2G YFF 0050	64x0,11	0	1 623 000	1 623 000
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	16x0,193	0	195 000	195 000

HL2X YFF 0250	320x0,11	0	16 000	16 000
LF2G 9XMC 0600	189x0,196	4 110	0	4 110
MRMG 0013	7x0,157CUMG	1 542 765	2 970 000	4 512 765
R3 2X4B 3TBD A39Y A3ZP B3 C3ZH C4ZH GM2GB IRT2 KFLY LV2G NF3Z R2X SC VWLY YBF RYWB 0600	84x0,293	168 228	86 000	254 228
R7YA 0600	770x0,11	0	15 000	15 000
SC SCF YB 0450	65x0,293	0	4 000	4 000
VSSX 0085	37x0,172	0	240 000	240 000
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	19x0,1835	0	1 951 700	1 951 700
Total Geral		9 901 878	39 617 250	49 519 128

Tabela III - COF PT - Planeamento Metal_w01

5.2. Recolha de Dados

Para determinar quais as famílias / composições que podem ser produzidas na TRF06 é necessário fazer a interpretação de dados.

Na “Tabela 4 - Recolha de Dados 1”, é feita a introdução de duas colunas que irão permitir mais à frente fazer uma seleção dos produtos a alocar à TRF06 - “Diâmetro Terminal” (em mm), visto que o diâmetro máximo admissível à TRF06 é de 0,200 mm, e “Tipo Condutor”, uma vez que o equipamento alvo do estudo de caso não produz produtos estanhados.

Descrição Famílias	Secção	Composição	Nº Capilares	Diâmetro Terminal	Tipo Conductor
13C 2X4B 3TBD 7C 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SC SF3 SYBF YB YBF YBRG SCF VBT4 0150	1,50	30x0,244	30	0,2440	Cobre
13C 2X4B 3TBD 9YB A39Y ESSX F3 F42X F6 R2X R7YB RYWB SCSF3 SYBF VBT4 VSSX YB YBF YBRG CYBF 0250	2,50	50x0,244	50	0,2440	Cobre
13YA 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 9YA CB2X DRYW F3 F6A FLXR HL2X R6YA R7YA VXT4YAYARGYATYBFYY 0035	0,35	7x0,255	7	0,2550	Cobre
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	0,50	16x0,198	16	0,1980	Cobre
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	0,35	12x0,196	12	0,1960	Cobre
2TCD 0035	0,35	19x0,154	19	0,1540	Cobre
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	0,13	7x0,157CUSN	7	0,1570	Ligas CuSn
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	1,00	32x0,198	32	0,1980	Cobre
2X4B 3TBD 9YB A39Y A3ZP C3ZH C4ZH F3 F42X GM2G KFLY LY NF3Z R2X R3 SF3 SYBF VWYW X4LB YB YBF YBRG91XM 0400	4,00	56x0,293	56	0,2930	Cobre

2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	0,75	24x0,198	24	0,1980	Cobre
2X4B 3TBD A39Y F42X FC3 R2X SC SCF SYBF YB 0300	3,00	44x0,291	44	0,2910	Cobre
2X4C 3TCD FF3 0250	2,50	140x0,148	140	0,1480	Cobre
2XSN 6YAS 7YAS YASN 0075	0,75	19x0,221SN	19	0,2210	Estanhado
2XSN 7YAS 9YSN ASNT 0035	0,35	7x0,254SN	7	0,2540	Estanhado
2XSN 7YAS YASN 0050	0,50	19x0,183SN	19	0,1830	Estanhado
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT LF3Z M9YA NF3Z R3 R6YA R7YA VXT4 YA DRYW 0075	0,75	19x0,223	19	0,2230	Cobre
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT2 NF3Z R2 R3 R7YA YA DRYW VXT4 0150	1,50	19x0,309	19	0,3090	Cobre
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP C3ZH C4ZH F6A NF3Z R3 R6YA R7YA YA 0100	1,00	19x0,255	19	0,2550	Cobre
3TBD 0035	0,35	12x0,193	12	0,1930	Cobre
4YBS 7YBS 0150	1,50	30x0,244SN	30	0,2440	Estanhado
4YBS 7YBS 9YSB YBSN YBSE 0035	0,35	12x0,193SN	12	0,1930	Estanhado

7C 7CB SC SCF YB YCY 0200	2,00	28x0,293	28	0,2930	Cobre
7C 7TW SC SCF 0065	0,65	9x0,294	9	0,2940	Cobre
7C SC SCF 0100	1,00	14x0,293	14	0,2930	Cobre
7YAS 0150	1,50	19x0,307SN	19	0,3070	Estanhado
7YAS 0250	2,50	19x0,395SN	19	0,3950	Estanhado
7YAS YASN 0100	1,00	19x0,254SN	19	0,2540	Estanhado
7YBS 4YBS 0250	2,50	50x0,244SN	50	0,2440	Estanhado
7YBS BXSXN YBSN 4YBS 0050	0,50	16x0,197SN	16	0,1970	Estanhado
9XMC 0400	4,00	120x0,201	120	0,2010	Cobre
9YB F3 F42X LLY SF3 SYBF YB 91XM 0600	6,00	84x0,294	84	0,2940	Cobre
A3ZH A3ZP A4ZH C3ZH C4ZH NF3Z 0035	0,35	7x0,250	7	0,2500	Cobre
A3ZP ACN1 ACN2 ACR2 B3 C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z 0300	3,00	45x0,288	45	0,2880	Cobre

A3ZP B3 C3ZH C4ZH C5 C6 F3Z FCI IRT2 NF3Z R3 0050	0,50	7x0,301	7	0,3010	Cobre
A3ZP C3ZH C4ZH ESSX F3 NF3Z R3 SF3 SYBF VSSF VSSK VSSX YBF 0200	2,00	37x0,257	37	0,2570	Cobre
A3ZP C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z R3 0700	7,00	105x0,282	105	0,2820	Cobre
ACN1 B3 F3Z IRT2 R2 H07 0400	4,00	56x0,284	56	0,2840	Cobre
AEXF AVXF 0300	3,00	119x0,178	119	0,1780	Cobre
AEXF KVXF 0500	5,00	207x0,168	207	0,1680	Cobre
B2H R3H 0022	0,22	7x0,200HR	7	0,2000	Cobre
B3 F3Z IRT2 R2 0100	1,00	19x0,250	19	0,2500	Cobre
ESSX VSSH VSSX 0050	0,50	19x0,193	19	0,1930	Cobre
ESSX VSSX 0030	0,30	19x0,158	19	0,1580	Cobre
ESSX VSSX 0125	1,25	37x0,208	37	0,2080	Cobre
F3ZA 3ZPA B2 B3 F3Z IRT2 R2 R3 R3IA 0035	0,35	7x0,248	7	0,2480	Cobre

FL2G YFF 0050	0,50	64x0,100	64	0,1000	Cobre
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	0,50	16x0,193	16	0,1930	Cobre
HL2X YFF 0250	2,50	320x0,100	320	0,1000	Cobre
LF2G 9XMC 0600	6,00	189x0,196	189	0,1960	Cobre
MRMG 0013	0,13	7x0,157CUMG	7	0,1570	Ligas CuMg
R3 2X4B 3TBD A39Y A3ZP B3 C3ZH C4ZH GM2GB IRT2 KFLY LV2G NF3Z R2X SC VWLY YBF RYWB 0600	6,00	84x0,293	84	0,2930	Cobre
R7YA 0600	6,00	770x0,100	770	0,1000	Cobre
SC SCF YB 0450	4,50	65x0,293	65	0,2930	Cobre
VSSX 0085	0,85	37x0,172	37	0,1720	Cobre
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	0,50	19x0,1835	19	0,1835	Cobre

Tabela IV - Recolha de Dados 1

Na tabela 5 é feita a análise das diferentes composições de trefilado que irão dar origem à composição final.

Nesta análise, representada na “Tabela 5 - Recolha de Dados 2”, é comparado a vantagem/desvantagem, no que á utilização da capacidade diz respeito, da utilização de uma Trefiladora de 16 ou 24 fios, introduzindo assim mais um fator de decisão para a alocação da família à TRF06 visto esta ser de 24 fios.

Na coluna de “Capacidade utilizada” é analisada a utilização total dos fios que a máquina permite trefilar, ou seja, a Trefiladora de 16 fios tem como denominador o valor de 16 e a Trefiladora de 24 fios o valor de 24. Os valores abaixo de 85% de capacidade utilizada, correspondente ao valor objetivo definido pela Coficab, são realçados nas células com cor violeta e com o valor percentual a preto.

Nas células realçadas com cor castanha e com o valor percentual a preto e duplo sublinhado encontram-se todos os produtos que não podem ser produzidos numa trefiladora de 16 fios, uma vez que a composição a produzir tem um número de capilares superior a 16.

Descrição Famílias	Composições Trefilado Envolvidas 1								Composições Trefilado Envolvidas 2							
	Nº Capilares	Quantidade Bobines Necessárias	Trefiladora 16 fios			Trefiladora 24 fios			Nº Capilares	Quantidade Bobines Necessárias	Trefiladora 16 fios			Trefiladora 24 fios		
			Nº bobines possíveis produzir em simultâneo	Capilares Disponíveis	Capacidade Utilizada	Nº bobines possíveis produzir em simultâneo	Capilares Disponíveis	Capacidade Utilizada			Nº bobines possíveis produzir em simultâneo	Capilares Disponíveis	Capacidade Utilizada	Nº bobines possíveis produzir em simultâneo	Capilares Disponíveis	Capacidade Utilizada
13C 2X4B 3TBD 7C 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SC SF3 SYBF YB YBF YBRG SCF VBT4 0150	10	3	1	6	62,50%	2	4	83,30%								
13C 2X4B 3TBD 9YB A39Y ESSX F3 F42X F6 R2X R7YB RYWB SCSF3 SYBF VBT4 VSSX YB YBF YBRG CYBF 0250	12	2	1	4	75,00%	2	0	100,00%	13	2	1	3	81,30%	1	11	54,20%
13YA 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 9YA CB2X DRYW F3 F6A FLXR HL2X R6YA R7YA VXT4YAYARGYATYBFYY 0035	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	8	2	2	0	100,00%	3	0	100,00%								
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%								
2TCD 0035	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	8	4	2	0	100,00%	3	0	100,00%								

2X4B 3TBD 9YB A39Y A3ZP C3ZH C4ZH F3 F42X GM2G KFLY LY NF3Z R2X R3 SF3 SYBF VWYW X4LB YB YBF YBRG91XM 0400	7	2	2	2	87,50%	3	3	87,50%	14	3	1	2	87,50%	1	10	58,30%
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	8	3	2	0	100,00%	3	0	100,00%								
2X4B 3TBD A39Y F42X FC3 R2X SC SCF SYBF YB 0300	22	2	0	16	0,00%	1	2	91,70%								
2X4C 3TCD FF3 0250	22	2	0	16	0,00%	1	2	91,70%	24	4	0	16	0,00%	1	0	100,00%
2XSN 6YAS 7YAS YASN 0075	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
2XSN 7YAS 9YSN ASNT 0035	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
2XSN 7YAS YASN 0050	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT LF3Z M9YA NF3Z R3 R6YA R7YA VXT4 YA DRYW 0075	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT2 NF3Z R2 R3 R7YA YA DRYW VXT4 0150	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP C3ZH C4ZH F6A NF3Z R3 R6YA R7YA YA 0100	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
3TBD 0035	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%								
4YBS 7YBS 0150	10	3	1	6	62,50%	2	4	83,30%								
4YBS 7YBS 9YSB YBSN YBSE 0035	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%								

7C 7CB SC SCF YB YCY 0200	7	4	2	2	87,50%	3	3	87,50%									
7C 7TW SC SCF 0065	9	1	1	7	56,30%	2	6	75,00%									
7C SC SCF 0100	7	2	2	2	87,50%	3	3	87,50%									
7YAS 0150	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%	
7YAS 0250	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%	
7YAS YASN 0100	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%	
7YBS 4YBS 0250	12	2	1	4	75,00%	2	0	100,00%	13	2	1	3	81,30%	1	11	54,20%	
7YBS BXSX YBSX 4YBS 0050	8	2	2	0	100,00%	3	0	100,00%									
9XMC 0400	24	5	0	16	0,00%	1	0	100,00%									
9YB F3 F42X LLY SF3 SYBF YB 91XM 0600	21	4	0	16	0,00%	1	3	87,50%									
A3ZH A3ZP A4ZH C3ZH C4ZH NF3Z 0035	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%									
A3ZP ACN1 ACN2 ACR2 B3 C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z 0300	22	1	0	16	0,00%	1	2	91,70%	23	1	0	16	0,00%	1	1	95,80%	
A3ZP B3 C3ZH C4ZH C5 C6 F3Z FCI IRT2 NF3Z R3 0050	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%									

A3ZP C3ZH C4ZH ESSX F3 NF3Z R3 SF3 SYBF VSSF VSSK VSSX YBF 0200	7	3	2	2	87,50%	3	3	87,50%	8	2	2	0	100,00%	3	0	100%
A3ZP C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z R3 0700	21	5	0	16	0,00%	1	3	87,50%								
ACN1 B3 F3Z IRT2 R2 H07 0400	7	2	2	2	87,50%	3	3	87,50%	14	3	1	2	87,50%	1	10	58,30%
AEXF AVXF 0300	23	1	0	16	0,00%	1	1	95,80%	24	4	0	16	0,00%	1	0	100,00%
AEXF KVXF 0500	23	9	0	16	0,00%	1	1	95,80%								
B2H R3H 0022	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
B3 F3Z IRT2 R2 0100	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
ESSX VSSH VSSX 0050	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
ESSX VSSX 0030	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%
ESSX VSSX 0125	7	3	2	2	87,50%	3	3	87,50%	8	2	2	0	100,00%	3	0	100%
F3ZA 3ZPA B2 B3 F3Z IRT2 R2 R3 R3IA 0035	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
FL2G YFF 0050	24	2	0	16	0,00%	1	0	100,00%	8	2	2	0	100%	3	0	100%
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	8	2	2	0	100,00%	3	0	100,00%								

HL2X YFF 0250	22	8	0	16	0,00%	1	2	91,70%	24	6	0	16	0,00%	1	0	100,00%
LF2G 9XMC 0600	21	1	0	16	0,00%	1	3	87,50%	24	7	0	16	0,00%	1	0	100,00%
MRMG 0013	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%								
R3 2X4B 3TBD A39Y A3ZP B3 C3ZH C4ZH GM2GB IRT2 KFLY LV2G NF3Z R2X SC VWLY YBF RYWB 0600	21	4	0	16	0,00%	1	3	87,50%								
R7YA 0600	22	5	0	16	0,00%	1	2	91,70%								
SC SCF YB 0450	21	1	0	16	0,00%	1	3	87,50%	22	2	0	16	0,00%	1	2	91,70%
VSSX 0085	7	3	2	2	87,50%	3	3	87,50%	8	2	2	0	100,00%	3	0	100%
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	7	1	2	2	87,50%	3	3	87,50%	12	1	1	4	75,00%	2	0	100,00%

Tabela V - Recolha de Dados 2

5.3. Interpretação de Dados

Neste subcapítulo, é feita uma interpretação dos dados através uma conjugação das duas tabelas apresentadas no subcapítulo 5.2. - Recolha de Dados, conforme apresentado na “Tabela 6 - Interpretação de Dados”.

Esta conjugação dos dados das duas tabelas anteriores entra com os seguintes requisitos e atribuindo as seguintes soluções:

- Para a coluna “Decisão Composições Trefilado 1” e a coluna “Decisão Composições Trefilado 2”:
 - Se a capacidade da Trefiladora de 16 fios é maior que a capacidade da Trefiladora de 24 fios a composição a produzir é atribuída à “Trefiladora 16 fios”;
 - Se a capacidade da Trefiladora de 24 fios é maior que a capacidade da Trefiladora de 16 fios a composição a produzir é atribuída à “Trefiladora 24 fios”;
 - Se a capacidade da Trefiladora de 16 fios é igual a capacidade da Trefiladora de 24 fios a composição a produzir é atribuída à “Trefiladora 16 ou 24 fios”.



Figura XVII- Decisão de solução para coluna “Decisão Composições Trefilado 1” e a coluna “Decisão Composições Trefilado 2”

- Para a coluna “Decisão Composições Trefilado”:
 - Se a coluna “Decisão Composições Trefilado 1” e/ou “Decisão Composições Trefilado 2” têm a composição a produzir atribuída à Trefiladora 16 fios, na coluna “Decisão Composições Trefilado” irá apresentar a solução “Trefiladora 16 fios”
 - Se uma das colunas “Decisão Composições Trefilado 1” ou “Decisão Composições Trefilado 2” têm a composição a produzir atribuída à Trefiladora 24 fios e a outra atribuída à Trefiladora 16 ou 24 fios, na coluna “Decisão Composições Trefilado” irá apresentar a solução “Trefiladora 24 fios”;

- Se a coluna “Decisão Composições Trefilado 1” e “Decisão Composições Trefilado 2” têm a composição a produzir atribuída à Trefiladora 24 fios na coluna “Decisão Composições Trefilado” irá apresentar a solução “Trefiladora 24 fios”;
- Se a coluna “Decisão Composições Trefilado 2” se encontrar em branco, a solução que a coluna “Decisão Composições Trefilado” será igual á da coluna “Decisão Composições Trefilado 1”



Figura XVIII - Decisão de solução para coluna “Decisão Para Composições Trefilado”

• Para a coluna “Trefiladora a Utilizar”:

- Se a coluna de “Decisão Para Composições Trefilado” apresenta a solução “Trefiladora 16 fios”, independentemente do valor da coluna “Diâmetro Terminal” e “Tipo de Condutor” da “Tabela 4 - Recolha de Dados 1” a solução apresentada na coluna “Trefiladora a Utilizar” será “Utilizar Trefiladora 16 fios” encontrando-se a célula preenchida a cor-de-laranja.
- Se a coluna de “Diâmetro Terminal” da “Tabela 4 - Recolha de Dados 1” apresenta um valor superior 0,200mm e a coluna “Decisão Para Composições Trefilado” apresenta a solução “Trefiladora 24 fios” ou “Trefiladora 16 ou 24 fios”, independentemente do valor da coluna “Tipo de Condutor” da “Tabela 4 - Recolha de Dados 1” a solução apresentada na coluna “Trefiladora a Utilizar” será “Utilizar Trefiladora 24 fios à exceção TRF06” encontrando-se a célula preenchida a amarelo.
- Se a coluna de “Diâmetro Terminal” da “4 - Recolha de Dados 1” apresenta um valor inferior ou igual 0,200mm, a coluna “Tipo de Condutor” da “4 - Recolha de Dados 1” não apresenta a solução “Estanhado” e a coluna “Decisão Para Composições Trefilado” apresenta a

solução “Trefiladora 24 fios” ou “Trefiladora 16 ou 24 fios” a solução apresentada na coluna “Trefiladora a Utilizar” será “TRF06” encontrando-se a célula preenchida a verde.

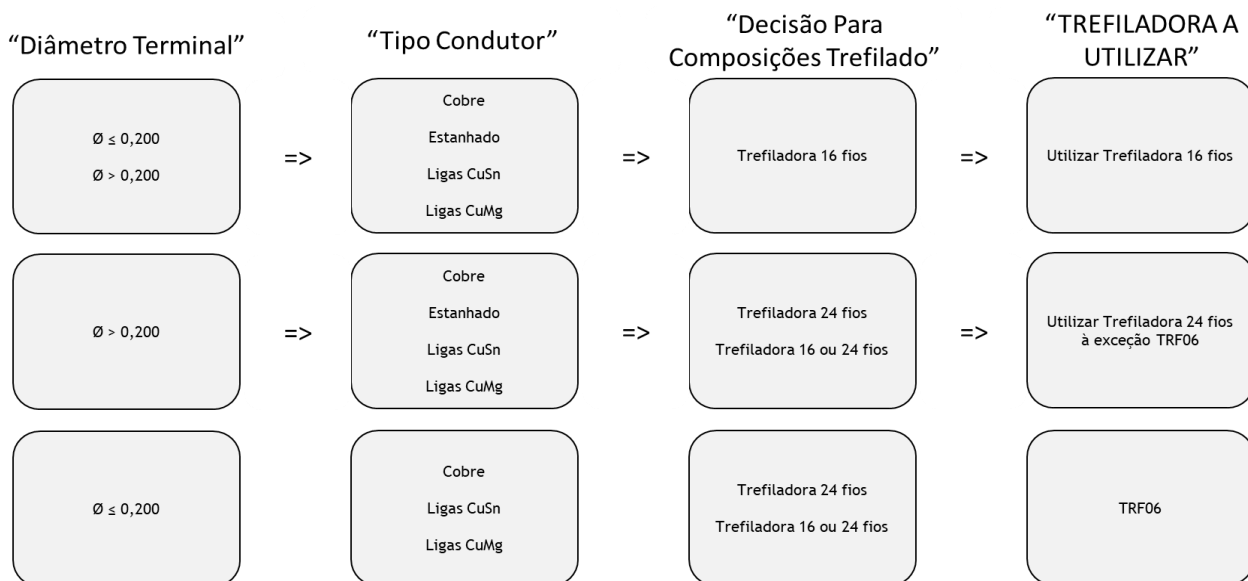


Figura XIX - Decisão de solução para coluna “TREFILADORA A UTILIZAR”

Descrição Famílias	Decisão Composições Trefilado 1	Decisão Composições Trefilado 2	Decisão para Composições Trefilado	TREFILADORA A UTILIZAR
13C 2X4B 3TBD 7C 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SC SF3 SYBF YB YBF YBRG SCF VBT4 0150	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
13C 2X4B 3TBD 9YB A39Y ESSX F3 F42X F6 R2X R7YB RYWB SCSF3 SYBF VBT4 VSSX YB YBF YBRG CYBF 0250	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 16 fios	Trefiladora 16 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
13YA 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 9YA CB2X DRYW F3 F6A FLXR HL2X R6YA R7YA VXT4YAYARGYATYBFYY 0035	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	TRF06
2TCD 0035	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
2X4B 3TBD 9YB A39Y A3ZP C3ZH C4ZH F3 F42X GM2G KFLY LY NF3Z R2X R3 SF3 SYBF VWYW X4LB YB YBF YBRG91XM 0400	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 fios	Trefiladora 16 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06

2X4B 3TBD A39Y F42X FC3 R2X SC SCF SYBF YB 0300	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
2X4C 3TCD FF3 0250	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
2XSN 6YAS 7YAS YASN 0075	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
2XSN 7YAS 9YSN ASNT 0035	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
2XSN 7YAS YASN 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT LF3Z M9YA NF3Z R3 R6YA R7YA VXT4 YA DRYW 0075	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP B3 C3ZH C4ZH F3Z F6A IRT2 NF3Z R2 R3 R7YA YA DRYW VXT4 0150	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
2XT4 2XYA 39YA 3TAD A3ZP C3ZH C4ZH F6A NF3Z R3 R6YA R7YA YA 0100	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
3TBD 0035	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	TRF06
4YBS 7YBS 0150	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
4YBS 7YBS 9YSB YBSN YBSE 0035	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
7C 7CB SC SCF YB YCY 0200	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06

7C 7TW SC SCF 0065	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
7C SC SCF 0100	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
7YAS 0150	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
7YAS 0250	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
7YAS YASN 0100	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
7YBS 4YBS 0250	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 16 fios	Trefiladora 16 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
7YBS BXS N YBS N 4YBS 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
9XMC 0400	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
9YB F3 F42X LLY SF3 SYBF YB 91XM 0600	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
A3ZH A3ZP A4ZH C3ZH C4ZH NF3Z 0035	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
A3ZP ACN1 ACN2 ACR2 B3 C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z 0300	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
A3ZP B3 C3ZH C4ZH C5 C6 F3Z FCI IRT2 NF3Z R3 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06

A3ZP C3ZH C4ZH ESSX F3 NF3Z R3 SF3 SYBF VSSF VSSK VSSX YBF 0200	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
A3ZP C3ZH C4ZH F3Z IRT2 NF3Z R3 0700	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
ACN1 B3 F3Z IRT2 R2 H07 0400	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 fios	Trefiladora 16 fios	Utilizar Trefiladora de 16 fios
AEXF AVXF 0300	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
AEXF KVXF 0500	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	TRF06
B2H R3H 0022	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
B3 F3Z IRT2 R2 0100	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
ESSX VSSH VSSX 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
ESSX VSSX 0030	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
ESSX VSSX 0125	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
F3ZA 3ZPA B2 B3 F3Z IRT2 R2 R3 R3IA 0035	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à exceção da TRF06
FL2G YFF 0050	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06

H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
HL2X YFF 0250	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
LF2G 9XMC 0600	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06
MRMG 0013	Trefiladora 16 ou 24 fios		Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
R3 2X4B 3TBD A39Y A3ZP B3 C3ZH C4ZH GM2GB IRT2 KFLY LV2G NF3Z R2X SC VWLY YBF RYWB 0600	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à excepção da TRF06
R7YA 0600	Trefiladora 24 fios		Trefiladora 24 fios	TRF06
SC SCF YB 0450	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	Utilizar Trefiladora de 24 fios à excepção da TRF06
VSSX 0085	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 16 ou 24 fios	TRF06
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	Trefiladora 16 ou 24 fios	Trefiladora 24 fios	Trefiladora 24 fios	TRF06

Tabela VI - Interpretação Dados

5.4. Seleção de Dados TRF06

Neste subcapítulo, como resultado da última tabela - “Tabela 6 - Interpretação de Dados” - é executada uma seleção de todos os dados obtidos anteriormente aplicados à TRF06.

Esta seleção irá permitir assim focar o trabalho apenas na informação que interessa para o equipamento em análise.

Nesta tabela são ainda adicionadas duas colunas - “Equivalente de Produção” e “Múltiplo Trefiladora”.

O equivalente de produção, é o número de capilares da composição a produzir sobre o número de fios disponíveis da trefiladora (24 fios), dando assim um fator para a cada acionamento do equipamento, isto é, a parte da composição que o equipamento produz em cada acionamento - por exemplo, na composição de 16 capilares o fator de equivalência é de 1,5 pois a cada acionamento produz 3 bobines de 8 capilares (1vez e meia a necessidade total da composição).

Quanto ao múltiplo da trefiladora este deve ser tido em conta para acerto das bobines de trefiladora face à composição final. Por exemplo, como explicado acima, para a produção da composição de 16 capilares, de modo a tirar o máximo proveito do equipamento são produzidas 3 bobines de 8 capilares em simultâneo. Assim sendo, de modo a não ficarem bobines “sem par” para entrar no processo seguinte há que acionar 2 vezes a trefiladora de modo a produzir 6 bobines de 8 capilares, obtendo-se assim um número primo de bobines de produto final (6 bobines de 8 capilares darão origem a 3 bobines de 16 capilares - composição final pretendida).

Estes dois fatores são importantes para a resolução do problema de planeamento levantado.

Descrição Famílias	Secção	Composição	N° Capilares	Diâmetro Terminal	Tipo Condutor	Composições Trefilado Envolvidas 1			Composições Trefilado Envolvidas 2			Equivalente Produção	Múltiplo Trefiladora
						N° Capilares	Quantidade de Bobines	N° bobines possíveis produzir em simultâneo	N° Capilares	Quantidade de Bobines	N° bobines possíveis produzir em simultâneo		
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	0,50	16x0,198	16	0,198	Cobre	8	2	3	0	0	0	1,5	6
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	0,35	12x0,196	12	0,196	Cobre	12	1	2	0	0	0	2	2
2TCD 0035	0,35	19x0,154	19	0,154	Cobre	7	1	3	12	1	2	1,26	6
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	0,13	7x0,157CUSN	7	0,157	Ligas CuSn	7	1	3	0	0	0	3	3
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	1,00	32x0,198	32	0,198	Cobre	8	4	3	0	0	0	0,75	12
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	0,75	24x0,198	24	0,198	Cobre	8	3	3	0	0	0	1	3
2X4C 3TCD FF3 0250	2,50	140x0,148	140	0,148	Cobre	22	2	1	24	4	1	0,17	1
3TBD 0035	0,35	12x0,193	12	0,193	Cobre	12	1	2	0	0	0	2	2
AEXF AVXF 0300	3,00	119x0,178	119	0,178	Cobre	23	1	1	24	4	1	0,2	1

AEXF KVXF 0500	5,00	207x0,168	207	0,168	Cobre	23	9	1	0	0	0	0,12	1
B2H R3H 0022	0,22	7x0,200HR	7	0,2	Cobre	7	1	3	0	0	0	3	3
ESSX VSSH VSSX 0050	0,50	19x0,193	19	0,193	Cobre	7	1	3	12	1	2	1,26	6
ESSX VSSX 0030	0,30	19x0,158	19	0,158	Cobre	7	1	3	12	1	2	1,26	6
FL2G YFF 0050	0,50	64x0,100	64	0,1	Cobre	24	2	1	8	2	3	0,38	6
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	0,50	16x0,193	16	0,193	Cobre	8	2	3	0	0	0	1,5	6
HL2X YFF 0250	2,50	320x0,100	320	0,1	Cobre	22	8	1	24	6	1	0,08	1
LF2G 9XMC 0600	6,00	189x0,196	189	0,196	Cobre	21	1	1	24	7	1	0,13	1
MRMG 0013	0,13	7x0,157CUMG	7	0,157	Ligas CuSn	7	1	3	0	0	0	3	3
R7YA 0600	6,00	770x0,100	770	0,1	Cobre	22	5	1	0	0	0	0,03	1
VSSX 0085	0,85	37x0,172	37	0,172	Cobre	7	3	3	8	2	3	0,65	12
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	0,50	19x0,1835	19	0,1835	Cobre	7	1	3	12	1	2	1,26	6

Tabela VII- Interpretação de Dados Aplicados TRF06

5.5. Resolução do problema - Planeamento

Com o auxílio da ferramenta *Solver* do Microsoft Office Excel é efetuado o planeamento da TRF06 tendo como Input a Planeamento de Metal (exemplificado na TABELA 3 - COF PT - Planeamento Metal_w01) e tendo como dados auxiliares todos os dados apresentados no capítulo

5.5.1. Construção do Solver

- Função Objetivo:

O objetivo definido é de 85%, correspondente ao valor objetivo definido pela Coficab para o processo de trefilagem. Assim, uma vez que o planeamento é semanal, os 85% semanais correspondem a 142,8H.

A função objetivo é obtida pela seguinte fórmula:

$$\sum \frac{N^{\circ} \text{ Bobines a produzir (VARIÁVEL)} \times \text{Packing Trefilado (m)}}{\text{Velocidade } \left(\frac{m}{s}\right) \times 60 \times 60 \times \text{Equivalente de Produção}} \quad (2)$$

Na tabela 8 são apresentados os valores do *packing* de Trefiladora (metros), velocidade (metros por segundo) e o equivalente de produção de cada composição.

Descrição Famílias	Velocidade (m/s)	Packing Trefilado (m)	Equivalente Produção
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	23	400 000	3,00
MRMG 0013	23	400 000	3,00
B2H R3H 0022	28	250 000	3,00
ESSX VSSX 0030	25	240 000	1,26
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	28	120 000	2,00
2TCD 0035	25	240 000	1,26
3TBD 0035	28	120 000	2,00
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	28	180 000	1,50

ESSX VSSH VSSX 0050	28	160 000	1,26
FL2G YFF 0050	24	270 000	0,38
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	28	180 000	1,50
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	28	180 000	1,26
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	28	180 000	1,00
VSSX 0085	26	240 000	0,65
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	28	180 000	0,75
2X4C 3TCD FF3 0250	25	120 000	0,17
HL2X YFF 0250	24	320 000	0,08
AEXF AVXF 0300	26	90 000	0,20
AEXF KVXF 0500	26	110 000	0,12
LF2G 9XMC 0600	28	72 000	0,13
R7YA 0600	24	315 000	0,03

Tabela VIII - Valores aplicados às variáveis para função objetivo

• Variáveis:

É variável o número de bobines a produzir de cada família/composição selecionada anteriormente para alocação na TRF06 (apresentadas na primeira coluna da tabela 8).

• Restrições:

Como explicado, a TRF06 é a única trefiladora capaz trefilar diâmetro inferiores ou iguais a 0,170mm e é a trefiladora onde que se encontram alocadas as ligas. Assim sendo, é tido como requisito a produção completa das famílias/composições de ligas e que tenham um diâmetro igual ou inferior a 0,170 mm - tidas como prioritárias - sendo elas:

- 2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013
- MRMG 0013
- ESSX VSSX 0030

- 2TCD 0035
- FL2G YFF 0050
- 2X4C 3TCD FF3 0250
- HL2X YFF 0250
- AEXF KVXF 0500
- R7YA 0600

É tida também como restrição a não negatividade de todas as variáveis.

5.5.2. Aplicação do Solver

Após construção do Solver, estando definida a função objetivo, as variáveis e as restrições, é aplicado a COF PT - Planeamento Metal_wXX.

Em baixo seguem os dados após aplicação do Solver a “COF PT - Planeamento Metal_w01” (apresentado na tabela 3). As linhas assinaladas a verde identificam as famílias/composições tidas como prioritárias.

Descrição Famílias	Nº Bobines a produzir
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	26,94
MRMG 0013	11,28
B2H R3H 0022	0,00
ESSX VSSX 0030	3,72
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	0,00
2TCD 0035	0,91
3TBD 0035	0,00
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	0,00
ESSX VSSH VSSX 0050	0,00
FL2G YFF 0050	6,01
H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	0,00

YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	0,00
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	0,00
VSSX 0085	0,00
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	0,00
2X4C 3TCD FF3 0250	1,42
HL2X YFF 0250	0,05
AEXF AVXF 0300	0,00
AEXF KVXF 0500	0,23
LF2G 9XMC 0600	0,00
R7YA 0600	0,05

Tabela IX - Aplicação do Solver a “COF PT - Planeamento Metal_w01”

5.5.3. Interpretação dos dados obtidos e Definição do Planeamento

Os valores obtidos pela aplicação do *Solver* não são suficientes para se definir o planeamento, pois estes apresentam valores que não têm em conta a totalidade de uma bobine nem o múltiplo de trefilagem de cada composição (como explicado subcapítulo 5.3 - Seleção de Dados TRF06 e apresentado na tabela 7).

Assim sendo, o passo seguinte, é arredondar os valores obtidos para um valor inteiro, aplicar o múltiplo de trefilagem e voltar a arredondar o valor obtido para um valor inteiro, chegando-se assim aos valores finais a planear.

Descrição Famílias	Composição	Nº Bobines a produzir (obtidas pelo Solver)	Arredondamento Nº Bobines a produzir (obtidas pelo Solver)	Múltiplos Produção	Nº Bobines a produzir (obtidas pelo Solver) / Múltiplos Produção	Arredondamento Nº Bobines a produzir (obtidas pelo Solver) / Múltiplos Produção	Nº Bobines a Planear
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN	26,94	27	3	9,00	9	27
MRMG 0013	7x0,157CUMG	11,28	11	3	3,67	4	12
B2H R3H 0022	7x0,200HR	0,00	0	3	0,0	0	0
ESSX VSSX 0030	19x0,158	3,72	4	6	0,67	1	6
2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	12x0,196	0,00	0	2	0,0	0	0
2TCD 0035	19x0,154	0,91	1	6	0,17	1	6
3TBD 0035	12x0,193	0,00	0	2	0,0	0	0
2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVB YB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	16x0,198	0,00	0	6	0,0	0	0
ESSX VSSH VSSX 0050	19x0,193	0,00	0	6	0,0	0	0
FL2G YFF 0050	64x0,11	6,01	6	6	1,00	1	6

H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	16x0,193	0,00	0	6	0,0	0	0
YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	19x0,1835	0,00	0	6	0,0	0	0
2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	24x0,198	0,00	0	3	0,0	0	0
VSSX 0085	37x0,172	0,00	0	12	0,0	0	0
2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	32x0,198	0,00	0	12	0,0	0	0
2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148	1,42	1	1	1,00	1	1
HL2X YFF 0250	320x0,11	0,05	0	1	0,00	0	0
AEXF AVXF 0300	119x0,178	0,00	0	1	0,0	0	0
AEXF KVXF 0500	207x0,168	0,23	0	1	0,00	0	0
LF2G 9XMC 0600	189x0,196	0,00	0	1	0,0	0	0
R7YA 0600	770x0,11	0,05	0	1	0,00	0	0

Tabela X - Interpretação dados obtidos

Para uma fácil visualização das quantidades a planear são removidas todas as famílias/composições que apresentam valores nulos.

Por fim, para avaliar o impacto do arredondamento dos dados obtidos e ajustados ao processo de trefilagem, é feita a análise da ocupação da trefiladora, isto é, o acréscimo face aos 85% iniciais, 142,8 horas semanais, dados à função objetivo - o método utilizado é igual ao método utilizado na função objetivo do *Solver*.

Descrição Famílias	Composição	Nº Bobines a Planear	Velocidade (m/s)	Packing Trefilado (m)	Equivalente produção	Tempo Produção H	Tempo Produção Acumulado
2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN	27	23	400 000	3,00	43,48	43,48
MRMG 0013	7x0,157CUMG	12	23	400 000	3,00	19,32	62,80
ESSX VSSX 0030	19x0,158	6	25	240 000	1,26	12,67	75,47
2TCD 0035	19x0,154	6	25	240 000	1,26	12,67	88,14
FL2G YFF 0050	64x0,11	6	24	270 000	0,38	50,00	138,14
2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148	1	25	120 000	0,17	7,78	145,91
						Running Time Teórico	87%

Tabela XI - Planeamento final e tempo de Produção Teórico

Capítulo 6

6. Sequenciamento

6.1. Recolha de Dados

Para ser definido o sequenciamento da produção planeada é necessário fazer um levantamento dos tempos de preparação entre cada uma das famílias / composições.

Tal como apresentado no capítulo 4 - Processo de Trefilagem, os tempos de preparação variam entre composições, dependendo de:

- Se há mudança de tipo de condutor ou não;
- Do número de subconjuntos a retirar ou a repor na trefiladora.

Assim sendo, de modo a encontrar o tempo total de preparação entre cada uma das composições, dividiu-se os tempos em dois antes de se proceder ao seu cálculo global. De modo organizar a tabela foi feita uma ordenação das composições, começando do menor para o maior diâmetro.

Nas 3 tabelas que se seguem 12, 13 e 14 serão apresentados os tempos de mudança:

- Tabela 12 - Mudança de Tipo de Condutor: nesta tabela é tipo é analisado se existe mudança de tipo de condutor, neste caso, de cobre para ligas, vice-versa ou entre ligas. Os valores são unitários, em que “0” representa a não mudança de tipo de cobre e “1” a mudança de tipo de cobre.

	64x0,11	320x0,11	770x0,11	140x0,148	19x0,154	19x0,158	207x0,168	37x0,172	119x0,178	19x0,1835	12x0,193	19x0,193	16x0,193	12x0,196	189x0,196	16x0,198	32x0,198	24x0,198	7x0,200HR	7x0,157 CUSN	7x0,157 CUMG	
64x0,11		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
320x0,11	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
770x0,11	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140x0,148	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19x0,154	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19x0,158	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
207x0,168	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37x0,172	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119x0,178	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19x0,1835	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12x0,193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19x0,193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16x0,193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
12x0,196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
189x0,196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
16x0,198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
32x0,198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
24x0,198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
7x0,200HR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
7x0,157CUSN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
7x0,157CUMG	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabela XII - Mudança de Tipo de Condutor

- Na tabela 13 - mudança de feiras: é tido é consideração o número de subconjuntos de feiras a colocar na trefiladora - entenda-se como colocação do subconjunto a tarefa de colocação das feiras e enfiamento de cobre nas mesmas. A remoção de subconjuntos não é tido em conta pois não tem impacto a nível de tempo.

	64x0,11	320x0,11	770x0,11	140x0,148	19x0,154	19x0,158	207x0,168	37x0,172	119x0,178	19x0,1835	12x0,193	19x0,193	16x0,193	12x0,196	189x0,196	16x0,198	32x0,198	24x0,198	7x0,200HR	7x0,157 CUSN	7x0,157 CUMG	
64x0,11		0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
320x0,11	0		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
770x0,11	0	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
140x0,148	6	6	6		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
19x0,154	7	7	7	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
19x0,158	7	7	7	2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
207x0,168	8	8	8	3	2	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
37x0,172	9	9	9	4	3	3	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
119x0,178	9	9	9	4	3	3	2	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
19x0,1835	10	10	10	5	4	4	3	2	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	26	
12x0,193	10	10	10	5	4	4	3	2	2	1		0	0	1	1	1	1	1	1	26	26	
19x0,193	10	10	10	5	4	4	3	2	2	1	0		0	1	1	1	1	1	1	26	26	
16x0,193	10	10	10	5	4	4	3	2	2	1	0	0		1	1	1	1	1	1	26	26	
12x0,196	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2		0	1	1	1	1	26	26	
189x0,196	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2	0		1	1	1	1	26	26	
16x0,198	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1		0	0	1	26	26	
32x0,198	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	0		0	1	26	26	
24x0,198	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	0	0		1	26	26	
7x0,200HR	11	11	11	6	5	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1		26	26	
7x0,157CUSN	31	31	31	27	26	26	25	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22		26	
7x0,157CUMG	31	31	31	27	26	26	25	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	0	

Tabela XIII - Mudança de Fieiras

- A tabela 14- Tempo de Mudança de Composição: esta tabela apresenta o tempo de preparação entre composições, apresentado em minutos. É tido em conta o tempo de mudança de tipo de condutor, obtido através da tabela 12, somado ao tempo de mudança de feiras, obtido através da tabela 13.

O valor da tabela 12 entra nesta tabela sendo multiplicado por 21 (mudança de 21 cestos e não de 24 cestos, isto porque o número máximo de cestos a mudar corresponde ao número de cestos necessários para a produção de ligas - 21) e por 4 (após análise verifica-se que o tempo médio de preparação de cada cesto é de 4 minutos) dando um total de, quando o valor é “1”, 84 minutos.

Como tempo de mudança de feiras é tido em consideração o valor da tabela 13 - mudança de feiras multiplicado por 10 (minutos) - tempo de preparação de cada subconjunto.

	64x0,11	320x0,11	770x0,11	140x0,148	19x0,154	19x0,158	207x0,168	37x0,172	119x0,178	19x0,1835	12x0,193	19x0,193	16x0,193	12x0,196	189x0,196	16x0,198	32x0,198	24x0,198	7x0,200HR	7x0,157 CUSN	7x0,157 CUMG
64x0,11		0	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	350	350
320x0,11	0		0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
770x0,11	0	0		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
140x0,148	60	60	60		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
19x0,154	70	70	70	20		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
19x0,158	70	70	70	20	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
207x0,168	80	80	80	30	20	20		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
37x0,172	90	90	90	40	30	30	20		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
119x0,178	90	90	90	40	30	30	20	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
19x0,1835	100	100	100	50	40	40	30	20	20		10	10	10	10	10	10	10	10	10	260	260
12x0,193	100	100	100	50	40	40	30	20	20	10		0	0	10	10	10	10	10	10	260	260
19x0,193	100	100	100	50	40	40	30	20	20	10	0		0	10	10	10	10	10	10	260	260
16x0,193	100	100	100	50	40	40	30	20	20	10	0	0		10	10	10	10	10	10	260	260
12x0,196	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20		0	10	10	10	10	260	260
189x0,196	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	0		10	10	10	10	260	260
16x0,198	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10		0	0	10	260	260
32x0,198	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	0		0	10	260	260
24x0,198	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	0	0		10	260	260
7x0,200HR	110	110	110	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	10	10	10		260	260
7x0,157CUSN	400	400	400	360	350	350	340	330	330	320	320	320	320	310	310	310	310	310	310		350
7x0,157CUMG	400	400	400	360	350	350	340	330	330	320	320	320	320	310	310	310	310	310	310	90	

Tabela XIV - Tempo de Mudança de Composição (em minutos)

6.2. Interpretação de Dados

Através da análise da tabela é obtida uma sequência ideal das composições que permite minimizar os tempos de mudança.

A sequência ideal das famílias é mostrada na tabela 15:

SEQUÊNCIA	Descrição Famílias	Composição
1	FL2G YFF 0050	64x0,11
2	HL2X YFF 0250	320x0,11
3	R7YA 0600	770x0,11
4	2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148
5	2TCD 0035	19x0,154
6	ESSX VSSX 0030	19x0,158
7	AEXF KVXF 0500	207x0,168
8	VSSX 0085	37x0,172
9	AEXF AVXF 0300	119x0,178
10	YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	19x0,1835
11	3TBD 0035	12x0,193
12	ESSX VSSH VSSX 0050	19x0,193
13	H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	16x0,193
14	2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	12x0,196
15	LF2G 9XMC 0600	189x0,196
16	2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	16x0,198
17	2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	32x0,198

18	2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	24x0,198
19	B2H R3H 0022	7x0,200HR
20	2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN
21	MRMG 0013	7x0,157CUMG

Tabela XV - Ordem de seqüência ideal

6.3. Resolução do problema - Sequenciamento

Uma vez obtida a seqüência ideal de produção, como mostrado na tabela 15, esta é aplicada ao planeamento.

Na tabela que se segue está representado o sequenciamento ideal para a COF PT para o Metal W01:

SEQÜÊNCIA	Descrição Famílias	Composição	Nº Bobines a Planear
1	FL2G YFF 0050	64x0,11	6
2	HL2X YFF 0250	320x0,11	0
3	R7YA 0600	770x0,11	0
4	2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148	1
5	2TCD 0035	19x0,154	6
6	ESSX VSSX 0030	19x0,158	6
7	AEXF KVXF 0500	207x0,168	0
8	VSSX 0085	37x0,172	0
9	AEXF AVXF 0300	119x0,178	0
10	YY 2TAD 2XT4 2XYA 39YA 3TAD 9YA CB2X F6A R6Y R6YA R7YA VXT4 YA YAT 0050	19x0,1835	0
11	3TBD 0035	12x0,193	0

12	ESSX VSSH VSSX 0050	19x0,193	0
13	H03 H05 H05V TECN YYC A03 H03V 0050	16x0,193	0
14	2TBD 2X4B F42X R6YB SYBF YB YBT 0035	12x0,196	0
15	LF2G 9XMC 0600	189x0,196	0
16	2TBD 2X4B 3TBD 7CB 9YB B2 BH2 F3 F42X HVYB R2X RYWB SF3 SYBF YB YBF YBFS YBRG YBT FYB R6YB 0050	16x0,198	0
17	2X4B 3CB 3TBD 7CB 9YB CYBF F3 F42X FYB HVYB R2X R6YB RYWB SF3 VBT4 YB YBF YBRG 0100	32x0,198	0
18	2X4B 3TBD 9YB A4Z B2 BH2 F3 F42X F6 HVYB R2X R6Y RYWB SF3 SYBF VBT4 YB YBT CYBF R6YB 0075	24x0,198	0
19	B2H R3H 0022	7x0,200HR	0
20	2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN	27
21	MRMG 0013	7x0,157CUMG	12

Tabela XVI - Aplicação de sequenciamento ideal a COF PT_Planeamento de Metal W01

Como análise final é necessário verificar qual a taxa de ocupação total da TRF06 obtida através da soma do tempo de produção e do tempo de preparação. Esta não deve ser superior aos 100% de capacidade (que semanalmente representa 168,0H). Nesta tabela encontram-se removidas todas as famílias que apresentam uma quantidade de bobines a planear nula.

SEQUÊNCIA	Descrição Famílias	Composição	Nº Bobines a Planear	Tempo Produção (H)	Tempo Preparação (min)	Tempo Mudança (H)	Tempo Produção + Mudança (H)	Tempo Acumulado (H)	% Ocupação
1	FL2G YFF 0050	64x0,11	6	50,00	0	0,00	50,00	50,00	30%
4	2X4C 3TCD FF3 0250	140x0,148	1	7,78	10	0,17	7,94	57,94	34%
5	2TCD 0035	19x0,154	6	12,67	10	0,17	12,83	70,78	42%
6	ESSX VSSX 0030	19x0,158	6	12,67	10	0,17	12,83	83,61	50%
20	2UAY B2M M9YC M9YT MRSN 0013	7x0,157CUSN	27	43,48	260	4,33	47,81	131,42	78%
21	MRMG 0013	7x0,157CUMG	12	19,32	90	1,50	20,82	152,25	91%

Tabela XVII- Sequenciamento a COF PT_Planeamento de Metal W01e percentagem de ocupação

Capítulo 7

7. Conclusão

Como conclusão, verifica-se que a utilização e aplicação da ferramenta de programação linear *Solver* é uma mais-valia para o planeamento da TRF06, sendo de fácil e rápida análise a ocupação da máquina única e verificação da possibilidade de produzir produtos além dos exclusivos desta máquina.

A análise e definição do melhor sequenciamento da TRF06 é também uma mais-valia minimizando os tempos de mudanças e, conseqüentemente, otimizando a disponibilidade produtiva da TRF06.

Interpretando os resultados finais, verifica-se que caso o programa semanal de produtos a produzir pela COF PT não sofra flutuações significativas acima dos 9% (a taxa de ocupação estimada, que contempla o tempo de produção e o tempo de mudança, é de 91%) face ao da Semana 01 (semana em que foi aplicada a ferramenta) a TRF06 não tem capacidade para produzir além dos produtos que lhe são exclusivos.

Apesar do que é dito no parágrafo anterior, mesmo que os volumes a produzir ao longo das próximas semanas sejam exatamente iguais aos da Semana 01, antes de se afirmar que a TRF06 tem ou não capacidade de produzir além dos produtos que lhe são exclusivos é necessário ter em conta este trabalho. No que à análise de tempos totais de disponibilidade da máquina diz respeito, este trabalho não teve em consideração os tempos de erros ou avarias (manutenção curativa) nem os tempos de manutenções preventivas ou preditivas, sendo esta uma limitação a aperfeiçoar em trabalhos futuros.

Capítulo 8

8. Bibliografia

CARVALHO, J.E. (2009). *Gestão de Empresas (Princípios Fundamentais)*. Ed. 4. Edições Sílabo, Lisboa

GASPAR, P.D. (2015). *Métodos Quantitativos de Apoio à Decisão*. Sebenta da disciplina de Métodos quantitativos de Apoio à Decisão do curso de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade da Beira Interior, Covilhã

LEITE, A.L. (2015). *Análise de Sensibilidade - Excel (Solver)*. Acedido em 02 Maio de 2018 em : pt.linkedin.com/pulse/análise-de-sensibilidade-excel-solver-alberto-lima-leite

Pereira, A. (2011). *Gestão de Operações*. Escolar Editora, Lisboa

Pinto, J.P. (2014). *Pensamento Lean (A filosofia das organizações vencedoras)*. Ed.6. Lidel, Lisboa

ROLDÃO, V.S. e RIBEIRO, J.S. (2014). *Gestão das Operações (Uma Abordagem Integrada)*. Ed.2. Monitor, Lisboa

SANTOS, F.M.B.C. (2009). *O Problema do Sequenciamento na Definição de Estratégias de Planeamento da Produção*. Tese de doutoramento em Engenharia da Produção. Universidade da Beira Interior, Covilhã