



**Aumento de Produtividade nas Linhas de Produção na
General Electric Power Controls Portugal**

João Miguel Ferreira Cardoso Sardoeira Delgado

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques

Orientador na *GE Power Controls*: Eng.º João Gonçalves



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2010-02-3

Ao meu Pai

Resumo

O principal objectivo deste projecto foi estudar a alocação das funcionárias aos postos de trabalho das linhas de produção da fábrica da *GE Power Controls* Portugal, de forma a aumentar a produtividade nas linhas de produção, uma vez que o número de equipamentos produzidos era muito mais baixo de que o objectivo pretendido.

Este projecto começou com o conhecimento do processo de montagem e a forma de trabalho das funcionárias das linhas. As duas primeiras etapas, associadas à análise diária dos valores de produção, permitiram construir uma nova Matriz de Aptidão com nova escala de classificação. A utilização empírica destes dados levou à redefinição das equipas que constituíam as linhas de produção. Esta redifinição permitiu aumentar o *output* diário para os níveis pretendidos. A utilização de técnicas de Investigação Operacional lançaram o projecto para a sua fase mais interessante ao permitirem otimizar a escolha de novas alocações das funcionárias aos postos de trabalho e a ter um termo de comparação com as alocações definidas anteriormente. O treino cruzado de funcionárias em novos postos associado à rotação das mesmas pelos postos aos quais estão habilitadas em trabalhar melhorou de forma substancial o equilíbrio da carga de trabalho assim como a equitatividade. Esta acção permitiu a diminuição da existência de subgrupos. A variação das necessidades do cliente levou à criação de três cenários tipo de alocação de funcionárias aos postos de trabalho utilizando as mesmas técnicas de Investigação Operacional. Durante o projecto foram também definidas regras para as mudanças e montagem de linhas.

Além de se ter atingido o objectivo de aumento de produtividade, também foi atingido um dos objectivos do *Lean Manufacturing* devido à melhor utilização de recursos uma vez que se produziram mais aparelhos com um menor número de pessoas.

Increase Productivity in Assembly Lines

Abstract

The main objective of this project was to study the allocation of workers to workstations in the assembly line of GE Power Controls Portugal plant, to increase productivity in the assembly lines, once the number of equipments produced was lower than the traced objective.

This project has started with the study of the assembly line and the methods used by the workers. The two first steps, associated with the daily analysis of the numbers of equipments produced, became possible to build a new Skill Matrix with a new scale of classification. The empiric use of this data has redefined the teams that constituted the assembly lines. This redefenition has increased daily output for the pretended levels. The utilization of Operational Research technics launched this project to its most interesting fase allowing to optimise the choice of new allocations of assembly line workers to workstations and to have a term of comparison with the allocations made previously. Cross training of workers associated with the rotation between workstations, as substancially improved the balance of work load as well as equitativity between workers. This action allowed to diminish the existing of subgroups. The variation in client needs, took to the cration of three scenarios of workers allocation to workstations using the same Operational Research technics. During the project was also defined rules to the change of the models in assembly lines.

Beside it has been achieved the proposed objective of increase productivity, it as also been achieved one of the objectives of Lean Manufacturing by the improved utilization of resources once that more equipments have been produced with a less number of people.

In the end of the project references are made to future projects in the scope of continuos improvement at the area of ELCB, both human resources and for equipment. This project is inserted in a continuos improvement enviroment.

Agradecimentos

Este projecto, que marca o fim de um longo curso, teve a participação de muitas pessoas e estendo a todas elas os mais sinceros agradecimentos.

Ao Engenheiro João Gonçalves pela orientação e conhecimentos transmitidos durante todo o projecto.

Ao Engenheiro Vítor Neves pelo incansável entusiasmo e energia transmitida.

Ao Engenheiro Filipe Martins pela exigência e rigor transmitidos.

À Engenheira Lectícia Loureiro pela preciosa ajuda e interesse demonstrado pelo trabalho que é feito diariamente na área do *ELCB*.

À Engenheira Ana Almeida pela informação académica disponibilizada.

Aos colegas e amigos Ivone Silva, Eduardo Baptista, Fábio Dias, Luís Pereira e Miguel Miguens por terem tornado esta experiência ainda mais enriquecedora, tanto pelos projectos desenvolvidos como pela amizade construída.

Ao Professor Manuel Pina Marques pela orientação, disponibilidade e interesse durante todo o projecto.

Ao Professor José António Barros Basto por toda a informação disponibilizada e interesse demonstrado.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e à General Electric pela oportunidade de realizar este projecto.

À minha Família por ser Família e por estar sempre presente e interessada.

À Família dos Amigos pelo descanso e animação dados em todos os momentos.

À Ana por estar sempre comigo, totalmente e incondicionalmente.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	4
1.1	A General Electric	6
	General Electric (USA)	6
	General Electric Power Controls Portugal.....	6
1.2	O Projecto de Aumento da Produtividade na <i>GE Power Controls</i> Portugal	7
1.3	Método seguido no projecto	8
1.4	Análise comparativa de abordagens ao treino cruzado existentes e das suas vantagens e inconvenientes.....	8
1.5	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	9
2	Estado da Arte, Os conceitos teóricos	10
2.1	Produtividade.....	10
2.2	A Flexibilidade de uma estrutura de produção.....	10
	Estrutura de um processo.....	10
	A selecção de um processo.....	13
	Flexibilidade – O desenvolvimento do Treino cruzado.....	14
	Ligação	16
2.3	Curvas de aprendizagem	18
	Aprendizagem individual.....	19
2.4	5S	19
2.5	6 Sigma.....	20
2.6	Lean Manufacturing	21
2.7	Bottleneck Assignment Problem	22
2.8	Um sistema One Piece Flow.....	22
3	Antecedentes e Condicionantes do Projecto – Contextualização	24
3.1	A fábrica da General Electric Energy Portugal.....	24
3.2	A área do <i>ELCB</i>	24
3.3	Norma e Política de Prémios	27
3.4	A alocação e classificação das funcionárias aos postos de trabalho	27
3.5	Mudanças e Montagem de Linha.....	28
4	As soluções propostas	29
4.1	Mudanças e Montagem de Linha.....	29
4.2	Acção 5S.....	30
4.3	A Matriz de Aptidão.....	31
4.4	A alocação das funcionárias aos postos de trabalho	33
	Cenário 1 - Quatro linhas a produzir modelos 2P.....	34
	Cenário 2 - Duas linhas a produzir modelos 2P e duas linhas a produzir modelos 4P	37
	Cenário 3 - Três linhas a produzir modelos 2P e uma linha a produzir modelos 4P.....	39
4.5	Formação	39
4.6	Rotação de postos	40
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	41
	Projectos futuros	42

6	Referências.....	43
7	ANEXO A: Documentos utilizados na área do <i>ELCB</i>	44
8	ANEXO B: Documentos criados na resolução do problema de Alocação	46
9	ANEXO C: Documentos relativos ao tipo de aparelhos produzidos.....	49

Glossário (GE Team, 2009)

ELCB	<i>Earth Leakage Circuit Breaker</i> . No contexto desta dissertação esta sigla designa também o nome da área de produção dos aparelhos.
GE	<i>General Electric Company (USA)</i> .
GEPC	<i>GE Power Controls Portugal</i> .
Kanban	O <i>Kanban</i> é um sistema de sinalização para desencadear uma acção. Na fábrica do Porto o método <i>kanban</i> é usado para reabastecer a área de produção. O sistema é usado com caixa <i>kanban</i> e com cartão <i>kanban</i> .
RCCB	<i>Residual Current Circuit Breaker</i> (outra designação, pouco utilizada, para <i>ELCB</i>).
SM	<i>Supermarket</i> – Supermercado. Área onde estão os componentes antes de irem para as linhas de montagem.
Water Spider	Designação para a pessoa que abastece as linhas de produção com matéria-prima ou subconjuntos.
WA/WD	<i>Wiring Accessories/Wiring Devices</i> . Instalação eléctrica de pequena e grande aparelhagem.

1 Introdução

Este projecto representa a última unidade curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e foi realizado na *General Electric Power Controls*. O principal objectivo deste projecto foi estudar a alocação das funcionárias aos postos de trabalho das linhas de produção da fábrica, de forma a aumentar a produtividade nas linhas de produção, uma vez que o número de equipamentos produzidos era muito mais baixo de que o objectivo pretendido. Para atingir o objectivo pretendido foram definidas as seguintes acções:

- Conhecimento do processo de montagem
- Conhecimento das funcionárias das linhas de produção
- Análise diária do número de aparelhos produzidos
- Actualização da versão anterior da Matriz de Aptidão
- Utilização de métodos usados em Investigação Operacional para melhorar a alocação das funcionárias aos postos de trabalho das linhas de produção
- Criação de três cenários de produção tendo em vista a variabilidade das encomendas do cliente
- Definição de regras de rotação entre postos de trabalho para as funcionárias das linhas de produção
- Definição de regras de formação para as funcionárias das linhas de produção tendo em vista a melhoria das capacidades técnicas de cada uma.

Estas acções foram propostas de forma a melhorar o processo de alocação das funcionárias aos postos de trabalho mas também a criar condições de melhorar a técnica das funcionárias ao mesmo tempo que a rotação entre postos permitia uma melhoria da condição física devido às diferentes tarefas a executar em cada posto de trabalho.

Esta necessidade surgiu associada ao facto da área de produção ter uma nova configuração desde Julho de 2009, com novos balanceamentos e formas de trabalhar, tornando-se necessária uma abordagem sistemática e continuada a este problema.

A rotação entre postos era um requisito pois havia alguma inércia das próprias funcionárias que prejudicava o trabalho do responsável das linhas de produção, bem como o equilíbrio físico e emocional, tão característico e necessário neste tipo de ambiente industrial, das restantes funcionárias.

O desenvolvimento de uma possível solução para os problemas apresentados passou pela aplicação de técnicas de Investigação Operacional, que permitiram otimizar as alocações das funcionárias aos postos de trabalho.

Com a implementação deste procedimento de alocação das funcionárias às linhas de produção pretende-se criar um modelo de alocação de funcionárias aos postos de trabalho que evitasse recorrer ao conhecimento empírico, estando assim disponível para os futuros responsáveis das linhas de produção assim como para o responsável da área de produção.

Ao longo de todo o projecto a mensagem de que a fábrica não pertencia às chefias mas sim a todas as pessoas, foi passada constantemente. Esta mensagem não só era passada verbalmente

mas também em actos de disciplina como um simples arrumar de cadeiras, a um tratamento em condições das ferramentas até uma limpeza mais cuidada dos postos de trabalho e de toda a área no final de cada dia. Esta é uma ideia que continua a ser transmitida e que quer mudar a filosofia de “é meu” para “é nosso”, numa atitude contínua de disciplina e melhor comunicação.

Além deste projecto ser um projecto integrado na opção de gestão da produção, é um projecto claramente ligado à gestão de recursos humanos. A variável humana é a que mais dificuldade apresenta na gestão de recursos humanos pois os níveis motivacionais, o sentimento de justiça e o equilíbrio da carga de trabalho influenciam de uma forma crítica a performance de cada uma das funcionárias. A resolução dos problemas associados a este projecto não só se devem à análise empírica de dados e à utilização de técnicas de Investigação Operacional mas também ao tempo dado à análise das dificuldades e à compreensão das necessidades das funcionárias, com vista a obterem uma melhor *performance*.

No final do período de dissertação conclui-se que a flexibilidade é uma vantagem competitiva e que é necessário promover ao nível dos recursos humanos ao longo do tempo. Neste projecto, apesar de a flexibilidade poder apresentar algum impacto de cada vez que é implementada, ao longo do tempo a vantagem é evidenciada ao verificar-se um aumento de número de aparelhos produzidos por pessoa. Interessa analisar também o número de aparelhos produzidos mas também a melhoria de justiça e igualdade entre as funcionárias ao ser evidenciada a vontade de equilibrar a carga de trabalho e o tipo de trabalho executado em cada um dos postos de trabalho. Além de ser um factor motivacional, a flexibilidade é um factor produtivo.

Como consequência do aumento de produtividade, atingiu-se também um dos objectivos propostos pelo *Lean Manufacturing*, que consiste na melhor utilização dos recursos disponíveis. Este facto é demonstrado pelo maior número de aparelhos produzidos por pessoa no final do projecto.

1.1 A General Electric

General Electric (USA)

Em 1978, *Thomas Edison*, famoso pela descoberta da lâmpada eléctrica, fundou a *Edison Electric Light Company*, que após algum tempo se uniu à *Thomson-Houston Electric Co.* e passou a designar-se como *General Electric Company (U.S.A.)*. Ao longo dos anos a *GE* tem sido pioneira em várias áreas de negócio.

Em qualquer área de negócio as premissas diárias da *GE Company (USA)* são: imaginar, resolver, construir e liderar em cada actividade que desenvolve. Esta empresa tem crescido ao longo dos anos e possui muitas áreas de negócio, como *Commercial Finance*, *Infrastructure Industrial*, *Consumer Finance*, *NBC Universal* e *Healthcare*.

A *GE* tem mais de vinte diferentes ramos de negócio em todo o mundo, que abrangem áreas como as finanças, medicina, indústria plástica, motores de avião, equipamentos domésticos, sistemas de informação, radiodifusão e equipamentos eléctricos.

A *General Electric (USA)* opera em mais de cem países, incluindo Portugal.

General Electric Power Controls Portugal

A *GE Power Controls Portugal* é um dos principais fornecedores europeus de produtos de baixa e média tensão, incluindo aparelhagem de manobra, aparelhagem industrial e residencial de corte e protecção, aparelhos de controlo, invólucros e quadros de distribuição. Os principais clientes dos produtos da empresa são fabricantes de máquinas, instaladores, quadristas e distribuidores em todo o mundo.

História da *GE Power Controls Portugal*

1912 – Nasceu a empresa *Electro Cerâmica*;

1920 – Nasceu a *Vynckier N.V. Foundation*;

1945 – A empresa *Electro Cerâmica* foi adquirida pelo grupo *Vista Alegre*;

1964 – A *G.E.C. (GB)* adquiriu a *Vynckier N.V.*;

1987 – A empresa *Electro Cerâmica*, com o intuito de colocar um certo grau de autonomia em algumas áreas fez algumas rupturas. Dessas rupturas resultaram três empresas: a *Ecoplás – Empresa de Plásticos Técnicos, S.A.*, a *Cerisol – Isoladores Cerâmicos, S.A.* e a *E.C. Material Eléctrico, S.A.* Após um ano, apenas a *Cerisol* continuou a pertencer ao grupo.

1989 – A *GE Consumer and Industrial* e a *GE Company (USA)* criaram o grupo “*Power Controls*”. Este grupo adquiriu a *EC Material Eléctrico, S.A.*

1995 – A *GE Power Controls Portugal* começou a pertencer 100% à *General Electric Company (USA)* e mudou o seu nome para *GE Power Controls – Material Eléctrico S.A.*

1998 – Foram inauguradas as novas instalações para escritórios, armazéns e área de produção de disjuntores.

2004 – Devido a uma reestruturação do negócio, a *GE Power Controls* passou a designar-se por *GE Consumer & Industrial*, um dos onze principais negócios da *General Electric Company (USA)*.

2010 – A *General Electric Power Controls* Portugal deixa o ramo *Consumer and Industrial* e passa para a *Energy*.

A *GE Energy* é um dos fornecedores principais a nível mundial de tecnologia de geração e distribuição de energia, providenciando uma larga escala de soluções para fábricas com a tradicional geração de energia assim como as impulsionadas por energia solar, vento e biogás.

A *GE Power Controls* Portugal está sediada em Vila Nova de Gaia e tem uma delegação em Lisboa. O projecto desta empresa é produzir e comercializar equipamento de baixa tensão, para áreas residenciais e industriais, como, por exemplo, disjuntores, interruptores, tomadas, fichas, conectores, quadros, entre outros.

Ao longo da sua história, o seu mercado foi muito localizado, sendo quase a sua produção total comercializada em Portugal. Após a aquisição pela *GE Company (USA)*, tornou-se parte integrante de um ramo europeu, de um negócio global. Como parte de uma das maiores companhias mundiais, tem tido oportunidades de expandir significativamente a sua actividade com a exportação de produtos para vários países.

A *GE Power Controls* Portugal actua em vários mercados:

Residencial: gama completa de produtos (material eléctrico) para utilização em vários tipos de vivendas e edifícios;

Industrial: gama completa de produtos (material eléctrico) para uso em edifícios públicos, escritórios, centros comerciais, hospitais, entre outros;

Comercial/Terciário: gama completa de produtos (material eléctrico) para utilização em edifícios públicos, escritórios, centros comerciais, hospitais, entre outros.

Os principais clientes deste tipo de produto são a EDP – Electricidade de Portugal, a EDF – *Electricité de France* e a *Hager*.

1.2 O Projecto de Aumento da Produtividade na *GE Power Controls* Portugal

O objectivo deste projecto foi aumentar a produtividade nas linhas de produção sob uma perspectiva de aumento de flexibilidade e correcta alocação das funcionárias aos postos de trabalho das linhas de produção. Este objectivo não só visava o aumento de produção em si mas também o envolvimento de todas as funcionárias para o alcançar.

Este envolvimento seria conseguido pela definição de um período de rotação das funcionárias entre os vários postos de trabalho assim como à existência de um plano de treino-cruzado. Pretende-se que funcionem num ciclo dinâmico, ou seja, que não se criem períodos de treino-cruzado e períodos de rotação separados.

1.3 Método seguido no projecto

O projecto iniciou-se com a introdução ao processo de montagem pelo anterior responsável das linhas de produção, ao mesmo tempo que era conhecido o método de trabalho das funcionárias das linhas de produção.

Definição de um método de mudança/montagem de linhas de produção de forma a reduzir o tempo de produção perdido aquando da necessidade de mudança de modelo a produzir.

A análise diária dos valores de produção juntamente com a observação da forma de trabalho das funcionárias permitiu a actualização da Matriz de Aptidão. Numa primeira abordagem empírica definiram-se novas alocações das funcionárias aos postos de trabalho.

A utilização de métodos de Investigação Operacional permitiu otimizar as alocações e fazer uma comparação com as decisões tomadas anteriormente.

Definiram-se em seguida três cenários de alocação de funcionárias aos postos de trabalho com o objectivo de criar condições de resposta imediata às encomendas dos clientes.

Definição de um conjunto de regras para a rotação das funcionárias nos postos de trabalho

Definiu-se por fim um programa de formação de funcionárias, baseado num conjunto de regras próprias para este caso.

1.4 Análise comparativa de abordagens ao treino cruzado existentes e das suas vantagens e inconvenientes

Neste projecto de dissertação deveria ser feito um acompanhamento à evolução da produtividade. Contudo, com a variação do número de funcionárias devido a períodos de férias sucessivos, a análise é feita através do número de aparelhos produzidos por pessoa.

Comparativamente com outras análises efectuadas por outros especialistas na área da flexibilidade, a abordagem desenvolvida durante este projecto foi bastante simplificada. Nesta secção são feitos comentários às abordagens propostas por alguns autores, que reflectem alguma da dificuldade na implementação que propõem mas que também alargam a perspectiva para a elaboração de projectos futuros.

De acordo com Jordan & Graves (1995) seria necessário cronometrar todos os trabalhadores em cada um dos postos de trabalho e em cada um dos modelos para criar uma Matriz de Tempos. Essa análise obrigaria à existência de mais recursos e tempo uma vez que existem dezasseis modelos e mais de quarenta funcionárias habilitadas a trabalhar nas linhas de produção. Seriam necessárias aproximadamente vinte mil medições para elaborar uma Matriz de Tempos.

Segundo Jacobs, Chase, & Aquilano (2008), também seria necessário acompanhar a evolução da aprendizagem de cada funcionária cada vez que era iniciada uma formação. Este acompanhamento levaria à construção de curvas de aprendizagem que permitem também criar um cenário de previsão. Estas curvas de previsão também poderiam ser usadas de cada vez que era proposta uma rotação de postos para comparar os níveis de produção com os níveis de produção pretendidos. Em ambos os casos revela-se a necessidade de mais tempo para ser possível cruzar todos os dados.

1.5 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

No primeiro capítulo são apresentados a empresa, o projecto e seus objectivos e a abordagem utilizada durante o decorrer do projecto.

O segundo capítulo apresenta o Estado da Arte que introduz os conceitos fundamentais para este projecto.

O terceiro capítulo dá a conhecer o contexto em que decorreu o projecto, com todas as características existentes na área do *ELCB*.

No quarto capítulo são apresentadas as soluções propostas e os resultados obtidos

O quinto capítulo finaliza o trabalho com as conclusões obtidas e propostas para trabalhos futuros.

Os anexos contêm informação relativa a documentos usados na área do *ELCB* e documentos usados na elaboração deste projecto.

2 Estado da Arte, Os conceitos teóricos

Neste capítulo são apresentados os conceitos teóricos que servem de base à evolução e apresentação desta dissertação.

2.1 Produtividade

Tipicamente, a produtividade é medida em termos de *output* por horas de trabalho. Contudo esta medida não garante que uma empresa consiga aumentar as suas vendas, por exemplo quando *output* extra não é vendido e é acumulado como inventário. Desta forma a produtividade pode definir-se também como as acções que levam uma empresa a estar mais próxima dos seus objectivos (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

2.2 A Flexibilidade de uma estrutura de produção

Estrutura de um processo

A estrutura de um processo usada para produzir ou entregar um produto ou serviço tem impacto no *layout*, recursos, tecnologias a usar e métodos de trabalho. Esta estrutura de processo tem um impacto muito significativo na estratégia de uma empresa para construir uma vantagem competitiva.

Quando caracterizado pela estrutura de fluxo, um processo pode ser geralmente classificado como *job-shop* ou *flow shop*. Um processo do tipo *job-shop* usa a maior parte das vezes equipamentos de uso geral enquanto uma *flow shop* usa recursos específicos o que a torna menos flexível relativamente a uma *job-shop*.

A tabela seguinte resume as estruturas de processo existentes.

Tabela 1 - Tipo de estrutura de Processo (NetMBA - Business Knowledge Center, 2009).

Tipo de Estrutura de Processo	Exemplo
Projecto	Construção de imóveis
Oficina	Loja de fotocópias
Lote	Padaria
Linha de Montagem	Linha de produção de automóveis
Fluxo contínuo	Refinaria de óleo

A estrutura de um processo pode ser caracterizada pelas seguintes características:

1. Fluxo – desde um largo número de sequências possíveis até uma única sequência possível.
2. Flexibilidade – um processo é flexível ao ponto da performance e custo serem independentes de mudanças no output (produção); as mudanças podem ser no volume de produção ou na variedade de produtos.
3. Número de Produtos – desde a capacidade de produzir uma variedade de produtos até à capacidade de produzir um único e específico produto.
4. Capital investido – desde o uso de equipamento de uso geral de baixo custo até ao uso de equipamento de alto custo e específico.

5. Custos variáveis – varia entre um alto custo unitário e um baixo custo unitário.
6. Instrução e técnica da força de trabalho – desde elevada técnica e instrução até técnica e instrução reduzidas.
7. Volume de produção – de uma quantidade de um até à produção em massa.

A flexibilidade pode ser vista sobre várias perspectivas, dependendo do tipo de estrutura de um processo. É assim necessário enquadrar o estudo da flexibilidade neste projecto entre os seus extremos de variação.

Analisando os extremos das estruturas dos diferentes processos, constata-se que estas características aumentam ou diminuem entre os extremos. A tabela seguinte ilustra essa variação.

Tabela 2 - Comparação das características de uma estrutura de um processo (NetMBA - Business Knowledge Center, 2009).

	Projecto	Job shop	Processo por lote	Linha de Montagem	Fluxo contínuo
Fluxo	Nenhum	→			Contínuo
Flexibilidade	Alto	→			Baixo
Número de Produtos	Alto	→			Baixo
Capital Investido	Baixo	→			Alto
Custos Variáveis	Alto	→			Baixo
Instrução mão de obra	Alto	→			Baixo
Capacidade Técnica da Mão de Obra	Alto	→			Baixo
Volume de Produção	Baixo	→			Alto

Comparação entre a Estrutura de um Processo e as suas características

A seguir descreve-se cada uma das arquitecturas de estrutura de processo, destacando as suas principais características, dando especial relevo à estrutura de Linha de Montagem.

Projecto

1. Fluxo – não há fluxo
2. Flexibilidade – muito alta
3. Produtos – único
4. Capital investido – muito baixo
5. Custos variáveis – muito altos
6. Instrução e técnica da mão-de-obra – muito alta

7. Volume de Produção – um.

Num projecto as encomendas são trazidas para a localização do projecto à medida que são necessárias; não há fluxo no processo. Tecnicamente um projecto não é uma estrutura de fluxo uma vez que não tem fluxo de produto – a quantidade é geralmente um. Contudo é aqui tratado como uma estrutura de processo uma vez que representa um dos extremos do espectro de estruturas de processo.

Os projectos adequam-se para produtos únicos que são diferentes cada vez que são produzidos. São disponibilizados os recursos necessários, coordenando-os com técnicas de gestão de projectos.

Job Shop

1. Fluxo – Fluxo alternado
2. Flexibilidade - Alta
3. Produtos - Vários
4. Capital investido - Baixo
5. Custos variáveis - Altos
6. Instrução e técnica da mão-de-obra - Alta
7. Volume de Produção - Baixo

Uma *job shop* é uma estrutura flexível na qual várias tarefas podem ser feitas. Não é necessário que todas as tarefas sejam executadas em todos os produtos e a sequência pode ser diferente para diferentes produtos.

Considere-se o caso de uma oficina de máquinas:

Uma oficina de trabalho usa equipamento de uso geral e assenta no conhecimento dos trabalhadores para produzir uma larga variedade de produtos. O volume de produção é ajustado pelo aumento ou redução de mão-de-obra. Têm baixa eficiência mas alta flexibilidade. Em vez de vender produtos específicos, uma oficina vende as suas capacidades.

Processo por lote

1. Fluxo – descontinuado, com alguns fluxos dominantes
2. Flexibilidade -moderada
3. Produtos - vários
4. Capital investido - moderado
5. Custos variáveis - moderado
6. Instrução e técnica da mão-de-obra - moderado
7. Volume - moderado

Um processo por lote é similar a uma *job shop* excepto na sequência em que é feito uma vez que tende a ser em linha e por isso perde flexibilidade. Num processo deste género podem ser identificados fluxos dominantes. As actividades, enquanto em linha, são desligadas umas das outras. Os produtos são produzidos em lotes para corresponder a pedidos do cliente.

Um processo por lote executa diferentes tipos de produção para diferentes produtos. A desvantagem está no tempo de *set-up* necessário para a mudança entre produtos mas tem a vantagem de que pode conseguir-se alguma flexibilidade na variedade de produtos.

Linhas de Montagem

1. Fluxo – Linha contínua
2. Flexibilidade - Baixa
3. Produtos - bastantes
4. Capital investido - Alto
5. Custos variáveis - Baixos
6. Instrução e técnica da mão-de-obra - Baixo
7. Volume de Produção - Alto

Assim como num processo por lote, uma linha de montagem funciona numa sequência fixa. Contudo a linha de montagem faz a conexão das tarefas dos postos e cria cadência de montagem.

Flow Shop

1. Fluxo - contínuo
2. Flexibilidade – muito baixa
3. Produtos - um
4. Capital investido – muito alto
5. Custos variáveis – muito baixos
6. Instrução e técnica da mão-de-obra – muito baixa mas com responsáveis
7. Volume de Produção – muito alto

Assim como uma linha de montagem, uma *flow shop* tem um caminho fixo e uma sequência fixa de operações. Em vez de ser processado em etapas, o produto é processado em fluxo contínuo; a sua quantidade tende a ser medida em peso ou volume. A instrução da mão-de-obra necessária poderá ser baixa mas o nível técnico necessário para trabalhar com equipamento sofisticado pode ser alto. Como exemplo deste tipo de processo temos as refinarias de petróleo e as refinarias de açúcar.

A selecção de um processo

Os factores mais determinantes na escolha da estrutura de um processo são a variedade de produtos e o volume de produção. O valor em capital que uma empresa poderá ou quererá investir será também um factor determinante e por isso deverá ser feita uma avaliação entre os custos fixos e os custos variáveis.

A escolha de um processo pode depender dos planos de marketing da empresa e da estratégia de negócios para desenvolver uma vantagem competitiva. De um ponto de vista de *marketing*, uma oficina permite à empresa vender as suas capacidades enquanto uma *flow shop* permitirá

maior focagem no produto. Uma *Job-shop* permitirá definir uma estratégia de diferenciação assim como uma *flow shop* permitirá uma redução de custos; ambas serão duas vantagens competitivas.

A escolha da estrutura de um processo poderá ter também a ver com o ciclo de vida do produto. Numa fase inicial uma *job-shop* poderá ser o mais indicado pois permite responder rapidamente à procura inicial e mudanças no design. Mais tarde, quando o produto chegar a uma fase de maturidade poderá ser adequada a mudança para uma linha de produção e na fase de fim de vida do produto a mudança para um processo por lote poderá fazer muito sentido, à medida que o volume de produção vai sendo reduzido e uma grande variedade de componentes para substituição é necessário.

A escolha do tipo de processo dependerá também das condições locais: mão-de-obra, energia, equipamento e transportes (NetMBA - Business Knowledge Center, 2009).

Flexibilidade – O desenvolvimento do Treino cruzado

O treino cruzado define-se como sendo o treino que permite aos trabalhadores partilhar as cargas de trabalho entre eles em qualquer configuração de equipa de trabalho. O treino cruzado vai além da quantidade mínima necessária para uma configuração de equipa de trabalho particular. Com o treino cruzado, os trabalhadores têm a capacidade de trabalhar lado a lado na mesma área de trabalho (McCreery, Krajewski, Leong, & Ward, 2004).

O treino cruzado aumenta também a possibilidade de os trabalhadores se ajudarem uns aos outros e distribuir as suas cargas de trabalho, desenvolvendo assim sentimentos de justiça interpessoal e igualdade (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Uma célula de produção pode ser definida como um conjunto de pessoas e processos, em áreas específicas dedicadas à produção de um conjunto de peças. Uma célula de produção requer uma força de trabalho com treino cruzado de forma a lidar com variações na procura do *mix* de produtos e/ou na mão-de-obra disponível (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Muitos especialistas e autores desta área, Slomp, Bokhorst e Molleman (2005), estudaram este tema durante vários anos e demonstraram repetidamente que o treino cruzado afecta positivamente a performance do sistema. Muitos dos efeitos positivos são obtidos sem ser necessário chegar ao extremo de flexibilidade total. Recentemente constataram que uma quantidade limitada de treino cruzado é suficiente para alcançar resultados de desempenho próximos do ideal. A procura de flexibilidade total levaria a treino cruzado de todos os trabalhadores em todos os postos ou máquinas, o que teria um custo muito elevado, além de ser necessário muito tempo. Um nível de flexibilidade muito elevado pode levar também à perda de produção devido à mudança entre postos ou máquinas. Entre outras, esta perda diz sobretudo respeito ao tempo e acompanhamento necessário à aprendizagem de novas máquinas, ao tempo necessário para aceder à informação para ocupar um novo posto e tempo para aprender e reaprender o procedimento de montagem ou *setup* do posto ou máquina, respectivamente.

A Figura 1 mostra claramente os extremos da Flexibilidade. No primeiro a flexibilidade é mínima, cada trabalhador sabe dois postos, e no segundo todos os trabalhadores sabem todos os postos, a flexibilidade é total. O tempo necessário para chegar atingir a flexibilidade total será muito elevado e poderá levar a perdas de produção se não for estendido para um longo período de tempo. Esse tempo dependerá da dificuldade e número das tarefas a executar assim como do número de trabalhadores e suas capacidades técnicas.

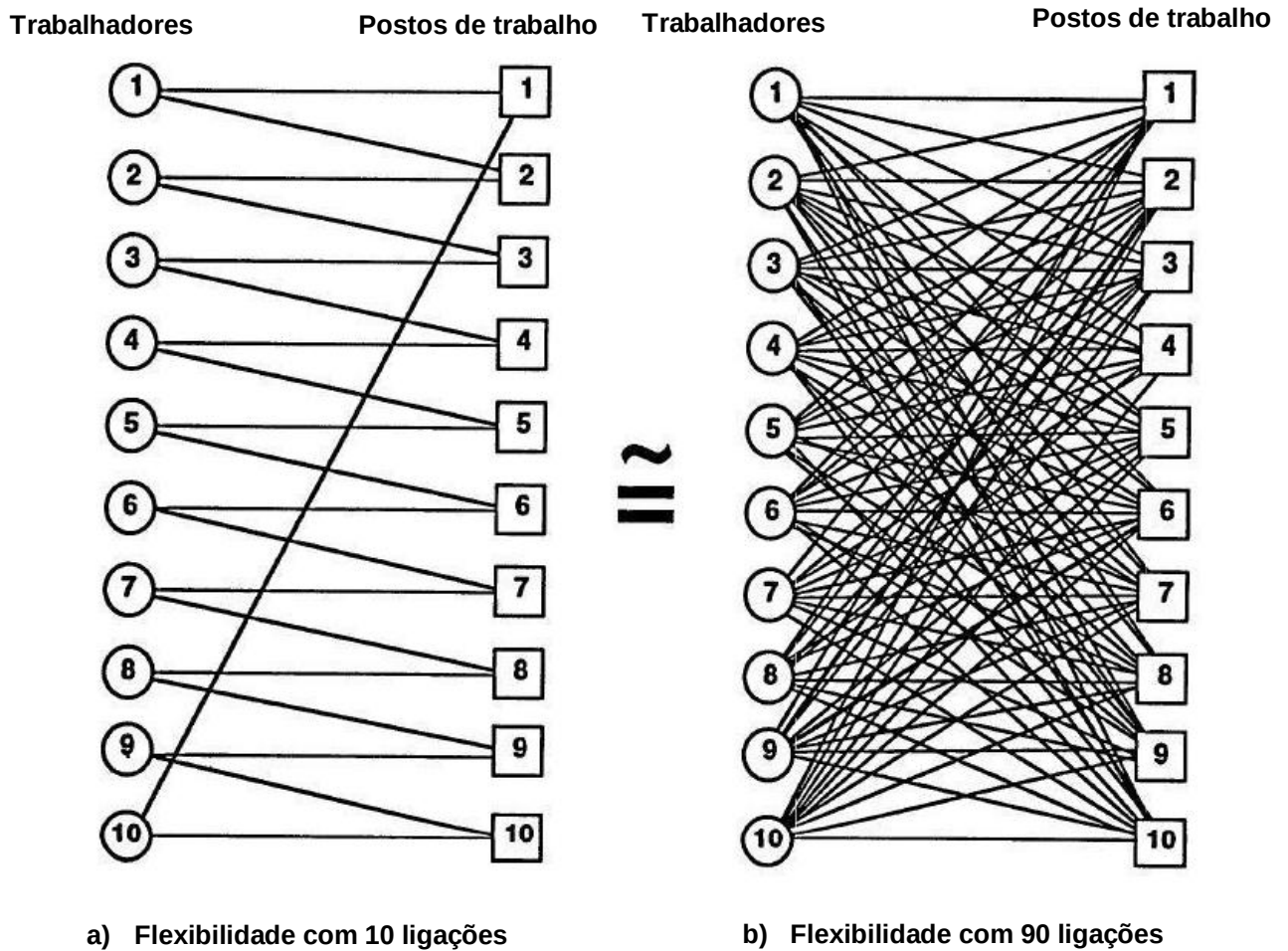


Figura 1 – Qual será o melhor nível de flexibilidade?

Há também vários argumentos sociais para limitar a flexibilidade dos trabalhadores. Altos níveis de flexibilidade de uma equipa de trabalho poderão comprometer a identidade social pois as funcionárias poderão ter igual desempenho nos diferentes postos de trabalho e criar assim um défice motivacional muito prejudicial à motivação. No que diz respeito às suas capacidades, os trabalhadores poderão preferir diversidade dentro da linha/célula de trabalho. Estudos relativos à diversidade revelam que a criatividade e motivação são maiores em equipas que tenham habilidades diferentes mas que se sobreponham de alguma forma. Altos níveis de flexibilidade dos trabalhadores poderão levar a uma atitude de ninguém querer fazer um trabalho em que não sintam valorizado o seu esforço ou que possa ser entendido como um trabalho de menor valor (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Estes argumentos contra o desenvolvimento da flexibilidade total numa linha de montagem levantam questões como até que ponto os trabalhadores devem ter treino cruzado e mais precisamente, quem deverá ter treino cruzado (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Ligação

Estas perguntas obrigam à definição de “ligação”. Uma ligação é um grupo de trabalhadores e postos de trabalho que estão conectados, directa ou indirectamente, por decisões de alocação em postos. Dentro de uma ligação, é possível traçar um caminho de um qualquer trabalhador ou posto de trabalho para outro trabalhador ou posto de trabalho, através das ligações de alocação de postos. Nenhum trabalhador dentro de uma ligação é alocado a um posto de trabalho fora dessa ligação e nenhum posto de trabalho é ocupado por um trabalhador fora dessa ligação (Jordan & Graves, 1995).

De acordo com Jordan & Graves (1995) há uma directiva muito clara acerca da adição de flexibilidade a uma estrutura de produção, neste caso as linhas de produção da *GE Power Controls*. Para aumentar a produção, a flexibilidade deverá ser adicionada de forma a criar menos mas mais longas ligações, ou seja, deverá ser tido em vista a possibilidade de ser criado o menor número possível de caminhos fechados. Não implica contudo que apenas se adicione a flexibilidade necessária para criar uma única ligação. A adição de um pouco mais de flexibilidade poderá ser necessária para alcançar os benefícios da flexibilidade total.

Neste caso uma ligação utiliza-se quando se pretende aumentar o nível de flexibilidade e é feita entre um trabalhador e um posto de trabalho de uma linha de produção. A adição de flexibilidade deve ser feita no sentido de fechar todas as ligações, de criar um ciclo. Contudo, a adição de flexibilidade não deverá ficar a meio, ou seja, não deverá permitir a existência de subgrupos nas linhas de produção. A Figura 2 exemplifica esta ideia.

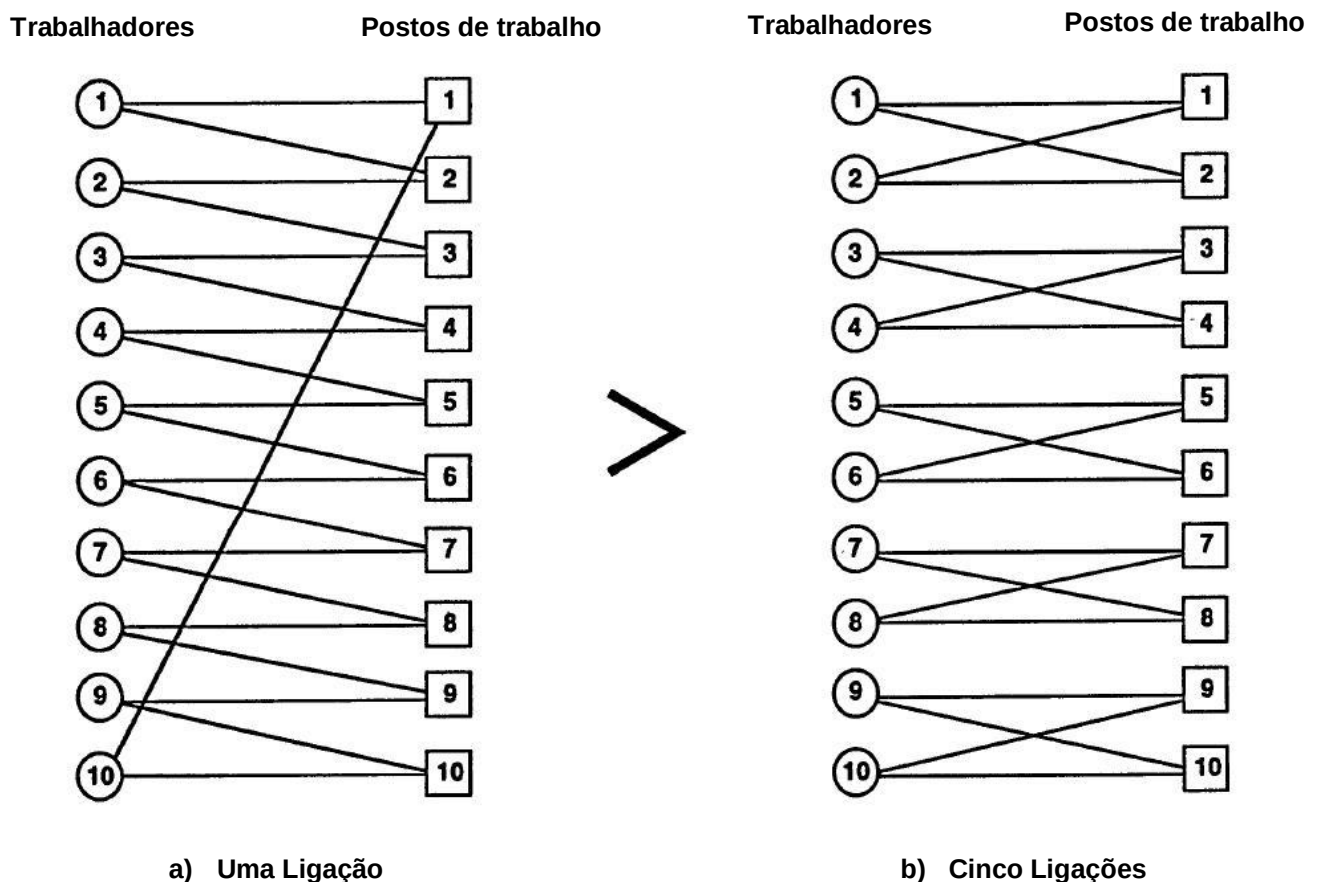


Figura 2 - Conceito de Ligação (Jordan & Graves, 1995).

A multifuncionalidade é definida como sendo o número de postos em que um trabalhador é capaz de trabalhar e a redundância é definida como sendo o número de trabalhadores que pode trabalhar num determinado posto de trabalho (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Um subgrupo é um grupo de trabalhadores de uma linha de produção que apenas tem aptidão para trabalhar num número reduzido de postos, sendo todos eles em sequência. No exemplo sugerido pela Tabela 3 existem três subgrupos independentes.

Tabela 3 - Matriz de aptidão com três subgrupos. O X significa que o trabalhador está qualificado para trabalhar no posto de trabalho (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Trabalhador	Posto de Trabalho									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trabalhador 1	X	X	X	X						
Trabalhador 2	X	X	X	X						
Trabalhador 3	X	X	X	X						
Trabalhador 4					X	X				
Trabalhador 5					X	X				
Trabalhador 6					X	X				
Trabalhador 7					X	X				
Trabalhador 8							X	X	X	X
Trabalhador 9							X	X	X	X
Trabalhador 10							X	X	X	X

Num caso em que a carga de trabalho do modelo a produzir esteja mal balanceada, o subgrupo com maior carga tende a ser prejudicado em termos de *performance*, constituindo-se assim um *bottleneck* que determina o número de aparelhos produzidos. Esta situação não permite a transferência de operações entre os dois subgrupos.

A Tabela 4 mostra o contrário. Neste caso a existência de menos subgrupos, devido à criação de ligações, permite uma melhor equilibragem da carga de trabalho e assim um melhor output. Neste caso diz-se que os trabalhadores e os postos de trabalho estão ligados devido às suas aptidões. É essencial haver e promover ligações trabalhador-posto de trabalho nos casos em que a flexibilidade é reduzida ou até mesmo nula. Além de eliminar a existência de subgrupos, a criação de ligações previne a imergência de subgrupos que possam causar conflitos entre grupos e levar à desintegração de uma equipa de trabalho (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Tabela 4 - Matriz de aptidão com ligações. O X significa que o trabalhador está qualificado para trabalhar no posto de trabalho (Slomp, Bokhorst, & Molleman, 2005).

Trabalhador	Posto de Trabalho									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Trabalhador 1	X	X	X	X						
Trabalhador 2	X	X	X	X						
Trabalhador 3	X	X	X		X					
Trabalhador 4				X		X				
Trabalhador 5					X	X				
Trabalhador 6					X	X				
Trabalhador 7					X		X			
Trabalhador 8						X		X	X	X
Trabalhador 9							X	X	X	X
Trabalhador 10							X	X	X	X

Quando se pretende desenvolver um programa de treino é necessário ter em conta a redundância e a multifuncionalidade de forma a garantir uma distribuição da carga de trabalho equilibrada ao mesmo tempo que o objectivo de produção de aparelhos não é afectado.

2.3 Curvas de aprendizagem

Uma curva de aprendizagem é uma linha que mostra a relação entre o tempo de produção unitário e o número acumulado de unidades produzidas. As curvas de aprendizagem ou experiência, têm um largo campo de aplicação. Na produção pode ser usado para estimar o tempo de *design* de um produto e sua produção, assim como os seus custos. As curvas de aprendizagem são importantes e são muitas vezes esquecidas como um dos contrapontos dos sistemas *just-in-time* (JIT), em que reduzidas ordens de produção, permitem redução de inventários pela análise de alguns dos benefícios da produção de longa duração de um produto. As curvas de aprendizagem são também parte integrante do planeamento estratégico de uma empresa, como decisões relativas à política de preços, investimento de capital e custos de operação baseados nas curvas de experiência (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

As curvas de aprendizagem podem ser aplicadas a indivíduos ou organizações. Aprendizagem individual é a melhoria que resulta quando pessoas repetem um processo e ganham habilidade ou eficiência derivada da sua experiência. Aprendizagem organizacional resulta igualmente da prática, mas também de mudanças na administração, equipamento e *design* do produto. Em termos organizacionais espera-se ver os dois tipos de curva simultaneamente e o efeito combinado de ambas através de uma única curva (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

A teoria de curvas de aprendizagem baseia-se nos seguintes pressupostos:

1. O tempo requerido para completar uma determinada tarefa ou unidade de produção será menor cada vez que a tarefa for feita.
2. O tempo unitário será decrescente a uma taxa decrescente.
3. A redução de tempo vai seguir um padrão previsível.

Uma curva de aprendizagem pode ser desenvolvida através de uma tabulação aritmética, por algoritmos ou por um método de ajuste de uma curva, dependendo todas as formas da quantidade e tipo de informação disponível.

Há duas formas de abordar a melhoria de performance que acompanha as curvas de aprendizagem: as curvas de tempo por unidade ou as curvas *output* por unidade de tempo. As primeiras mostram a redução do período de tempo necessário por cada unidade sucessiva. As segundas evidenciam a performance dos tempos médios acumulados com o aumento do número de unidades (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

Aprendizagem individual

Há dois elementos envolvidos na aprendizagem individual: a taxa de aprendizagem e o tempo de inicial de aprendizagem. Resultados experimentais revelam que a escolha de um funcionário deve ser feita de acordo com a performance ao longo do tempo e não apenas sobre o que apresenta uma rápida taxa de aprendizagem (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

Baseadas nas curvas de aprendizagem, podem ser definidas regras gerais para melhorar a aprendizagem individual (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008):

1. **Seleção adequada de trabalhadores.** Deverá ser feito um teste para auxiliar na escolha de trabalhadores. Estes testes devem ser representativos do tipo de trabalho a realizar, por exemplo: testes de destreza para trabalho de montagem, testes de habilidade mental para trabalho mental, testes de interação com clientes para trabalhos com clientes.
2. **Treino adequado.** Quanto mais eficaz o treino, mais rápida será a taxa de aprendizagem.
3. **Motivação.** Ganhos de produtividade baseados em curvas de aprendizagem não são alcançados caso não haja um prémio. Poderão ser monetários ou não monetários.
4. **Trabalho especializado.** Como regra geral, quanto mais simples for uma tarefa mais rápida é a sua aprendizagem. Se a monotonia interferir é melhor redesenhar a tarefa.
5. **Fazer um trabalho ou vários trabalhos ao mesmo tempo.** A aprendizagem é mais rápida em cada tarefa se for completada uma de cada vez em vez de se trabalhar em todos os trabalhos ao mesmo tempo.
6. **Usar equipamentos ou ferramentas que garantam a performance desejada.**
7. **Disponibilizar ajuda rápida e de fácil acesso.** Os benefícios do treino são atingidos e continuam quando a assistência está disponível.
8. **Permitir que os trabalhadores redesenhem as suas tarefas.** A introdução de mais elementos que permitam a melhoria de performance do trabalhador, podem fazer a curva deslocar-se de uma forma descendente.

2.4 5S

5S é um método de trabalho de mudanças comportamentais, fundamentado no compromisso das pessoas que, combinando as acções profissionais e pessoais, criam um ambiente com melhor qualidade de vida.

O método tem como principais objectivos mudar comportamentos e aperfeiçoar atitudes, promover a troca de informação entre funcionários e/ou áreas, contribuindo para uma gestão mais participativa e de maior responsabilidade de todos, de acordo com as condições de trabalho da empresa.

“5 S” provêm de cinco palavras japonesas iniciadas pela letra S: *Seiri*, *Seiton*, *Seisou*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estas palavras representam os cinco “*sensos*” que constituem um sistema fundamental para conciliar as áreas dos subsistemas produtivo-pessoal-comportamental.

Os 5S são:

Seiri - Senso de Utilização: separar e manter no local de trabalho somente os materiais, máquinas e equipamentos necessários, eliminando os restantes.

Seiton - Senso de Organização: definir a forma correcta e o local adequado para guardar materiais, máquinas e equipamentos, tornando o acesso rápido e fácil.

Seisou - Senso de Limpeza: eliminar a sujidade de materiais, máquinas e equipamentos do local de trabalho, atacando as fontes do problema.

Seiketsu - Senso de Conservação: garantir a continuidade das condições físicas e de saúde no local de trabalho.

Shitsuke - Senso de Autodisciplina: cumprir sempre os procedimentos e as normas.

2.5 6 Sigma

Apesar de este projecto não ser na área da Gestão da Qualidade Total, é muito importante realçar a postura da *GE* relativamente à qualidade dos seus produtos e à satisfação do cliente.

Foi uma grande surpresa quando, em 1997, o presidente executivo da GE, Jack Welch, anunciou a maior facturação nos 105 anos de história da empresa e um lucro extraordinário, não pelos números, mas por creditar parte dos resultados ao programa de qualidade adoptado dois anos antes, denominado *Seis Sigma*.

Seis Sigma é uma estratégia para gerir mudanças e para acelerar a melhoria de processos, produtos e serviços. O *sigma* é uma medida estatística de variabilidade que permite medir a taxa de falhas. Quando um produto tem *Seis Sigma* significa que a sua qualidade é excelente, ou seja, que a probabilidade de produzir defeitos é extremamente reduzida. Quando o *sigma* é baixo, um ou dois, significa que as taxas de falhas são muito elevadas; pelo contrário, quando o *sigma* é alto, cinco ou seis, as falhas são muito raras.

A abordagem *Seis Sigma* foi desenvolvida pela Motorola, na década de 80, com o objectivo de reduzir a taxa de falhas nos seus produtos electrónicos manufacturados. O programa foi desenvolvido sob o severo desafio do "desempenho livre de defeitos" e tinha como principais objectivos o aprimoramento da confiabilidade do produto final e a redução de sucata. Empresas como a Navistar, AlliedSignal (dona da travões Bendix), ABB, GenCorp, além da própria General Electric, vêm obtendo ganhos expressivos, tanto de qualidade, como financeiros, declaradamente relacionados com a adopção da "*cultura Seis Sigma*". Contudo, a popularização do *Seis Sigma* deve-se à GE de Jack Welch, até então um auto proclamado céptico em relação aos programas de qualidade, vistos por ele como um gasto desnecessário de dinheiro. Welch descreve *Seis Sigma* como "a mais importante iniciativa que a GE já empreendeu". Em 1995, sob sua orientação, cada operação da GE, desde o cartão de crédito, turbinas para aviões, até a rede de TV NBC trabalharam para obter o desempenho *Seis Sigma*.

Mas nem todas as implementações têm sucesso, sendo que alguns casos de fracasso podem ser devido a factores como: fraca liderança, incorrecta definição de objectivos e metas, fraca gestão de projectos, recursos impróprios ou mesmo formação inadequada. No entanto, se devidamente implementada, tal metodologia resulta em benefícios financeiros a curto prazo.

Todo este processo pressupõe uma mudança radical que proporciona a excelência operativa através da maximização dos benefícios e permite à empresa alcançar os seus objectivos a longo prazo. Alguns dos referidos benefícios traduzem-se em:

1. Melhoria da satisfação do cliente;
2. Maior compreensão dos requisitos do cliente;
3. Fornecimento das entradas críticas dos processos necessárias para responder a alterações nos requisitos dos clientes;
4. Melhoria na entrega e no desempenho da qualidade;
5. Melhoria do fluxo do processo;
6. Aumento da produtividade;
7. Redução de tempos de ciclo;
8. Melhoria da capacidade;
9. Melhoria da fiabilidade do produto;
10. Redução dos defeitos totais;
11. Redução de custos, através de uma abordagem fundamentada à melhoria;
12. Redução da cadeia de desperdício.

2.6 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia utilizada para implementar mudanças radicais nos processos de trabalho. *Lean* não é um processo de solução de problemas, mas sim uma forma de reengenharia, com o propósito de mudar completamente os processos de trabalho e, potencialmente, as pessoas; também pode ser utilizado para adquirir ou eliminar equipamentos dentro dos processos de reengenharia.

A filosofia de *Lean Manufacturing* baseia-se no Sistema Toyota de Produção e tem auxiliado muitas empresas na procura de maior competitividade. Esta filosofia teve início no final do século XIX (ano de 1890) quando Shakichi Toyoda criou a filosofia *Kaizen*, que em japonês significa melhoria contínua.

As principais ferramentas do *Lean Manufacturing* são: *Housekeeping*, Fluxo do processo, Balanceamento de produção, *Layout*, Movimentação e Armazenagem/ Supermercado, obtidas fundamentalmente pelas seguintes técnicas: 5S, Sistema Integrado de Produtividade Óptima, SMED – Troca Rápida de Ferramenta, TPM – Manutenção Produtiva Total, *Just-In-Time* e *Kanban* (Jacobs, Chase, & Aquilano, 2008).

Através do *Lean Manufacturing*, a empresa procura obter os seguintes resultados:

1. Redução drástica dos níveis de inventário;
2. Eliminação drástica de desperdícios;
3. Redução dos *Lead Times*;
4. Melhor aproveitamento dos recursos;
5. Melhoria contínua da qualidade;
6. Redução de custos;

7. Aumento na rotatividade de stocks;
8. Balanceamento do sistema produtivo.

O *Lean Manufacturing* tem permitido que as empresas desenvolvam as suas actividades num ritmo adequado para o atendimento das necessidades dos clientes, fornecendo ganhos de produtividade e aumento no nível de competitividade das empresas.

2.7 Bottleneck Assignment Problem

É frequentemente necessário fazer-se a alocação de trabalhadores a postos de trabalho. Os trabalhadores apenas podem ser alocados a um e um só posto, e cada posto só pode ser alocado a um e um só trabalhador. Cada trabalhador tem habilidade, eficiência e custos diferentes para trabalhar num posto (Zhu, Wang, & Du, 2007).

No problema de afectação designado por “Bottleneck Assignment Problem”, o objectivo a atingir é o de minimizar o maior dos tempos de execução (Camanho, 2007/2008).

A Figura 3 evidencia este objectivo. O Trabalhador 5, com menor produção horária, será um *bottleneck* e interessa garantir que as alocações destes aos postos de trabalho, garantam a produção com a melhor conjugação de velocidades possível, no conjunto de todos os trabalhadores.



Figura 3 - Exemplo de um *bottleneck*. A linha apenas conseguirá produzir setenta e três peças por hora.

2.8 Um sistema One Piece Flow

No mais puro sentido do termo, fluxo contínuo ou *one-piece-flow* significa que os itens são processados directamente para o processo seguinte, um de cada vez. Cada posto de trabalho completa o seu trabalho mesmo antes do processo seguinte necessitar do item e o lote de transferência é um. Nenhum item espera em fila para os postos seguintes para ficar disponível (Partners, Business Development, 2006).

Tabela 5 – Os impactos do processo em *one-piece-flow* e os processos de espera em fila e lote (Partners, Business Development, 2006).

Impactos	<i>One Piece Flow</i>	Espera em fila e Lote
Equipa de Operações	Trabalhar como equipa num sistema. Resposta imediata a erros criados a montante. Moral alta.	Trabalho ao nível da equipa. Tendência para não trabalhar proactivamente com outras equipas. O impacto dos próprios erros não é visto.
Produtividade da equipa de trabalho	Superior pois cada parte do sistema puxa Trabalho para ele evitando assim a criação de stocks intermédios. Grande visibilidade para as pessoas muito ocupadas ou paradas.	Possibilidade de serem criados stocks intermédios quando as condições de abastecimento mudam. Grande quantidade de trabalho sem valor acrescentado.
Tempo de liderança e esforço	Equipa toma conta do trabalho e corresponde às regras de trabalho. Problemas que afectam o sistema são tornados óbvios.	Supervisão constante das equipas de trabalho. Distracção devido ao aumento da acumulação de peças ou equipamentos.
Clientes	O tempo de ciclo é muito rápido e previsível. Detecção de erros mais cedo e acções correctivas feitas mais cedo.	Tempo de ciclo é muito longo ou muito variável. Correcção de erros é lenta.
Parceiros de negócios	Resposta imediata ao feedback recebido pelas vendas.	Maior causa de retrabalhos.

3 Antecedentes e Condicionantes do Projecto – Contextualização

3.1 A fábrica da General Electric Energy Portugal

A fábrica possui duas áreas de produção de componentes e três áreas de montagem, dispostas em pisos distintos. No piso inferior, além de se situar o armazém, situam-se as áreas de produção de componentes plásticos e metálicos. No piso superior encontram-se as áreas de produção, *WA/WD*, Soldadura e *ELCB*.

No diagrama a seguir é apresentado o esquema geral de funcionamento da fábrica, ou seja, do fornecimento da área do *ELCB* de componentes. O percurso percorrido pela *Water Spider* – WS, não diz apenas respeito ao fluxo de materiais mas também ao fluxo de informação entre as várias áreas existentes.

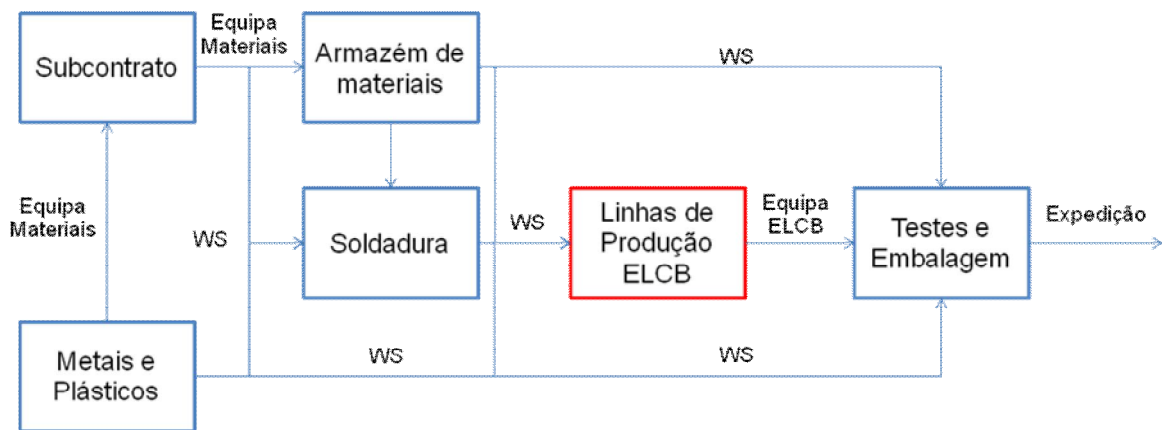


Figura 4 - Esquema geral da fábrica da GE Energy Porto.

3.2 A área do *ELCB*

A área do *ELCB* em que se desenrolou todo este projecto tem quatro áreas, Linhas de Produção, Reparação, Testes e Embalagem, planificadas na figura que se segue.

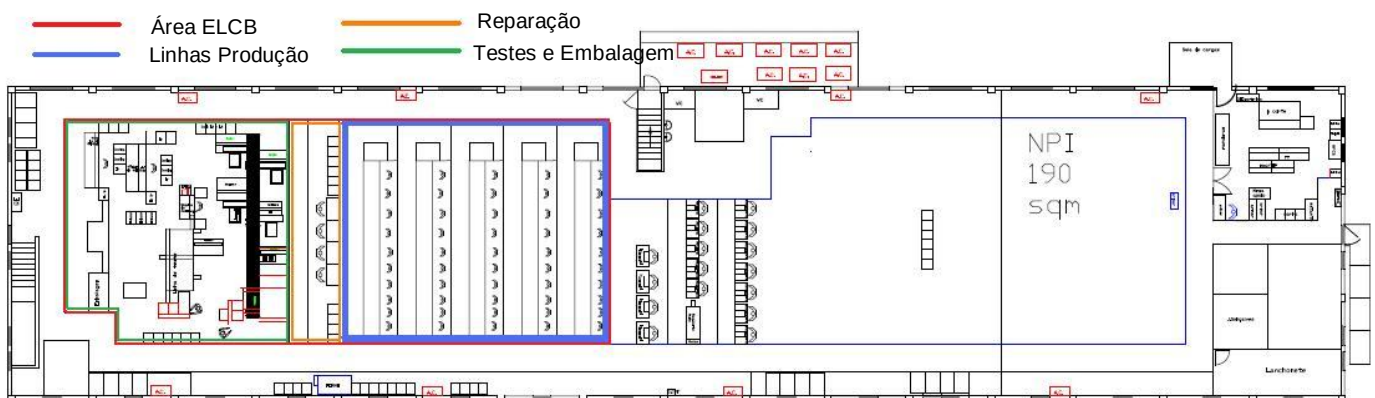


Figura 5 - Planificação da área do *ELCB*.

O projecto descrito neste relatório foi desenvolvido na área *ELCB*. Os *ELCB* são disjuntores diferenciais usados para protecção contra correntes residuais e curto-circuitos e é ao mesmo tempo o nome da área de trabalho/célula de produção. Nesta célula procede-se à montagem teste e embalagem dos diferentes tipos de disjuntores diferenciais comercializados pela empresa.

Os vários modelos de disjuntores diferem entre si em três aspectos principais:

1. Número de pólos, podendo ser Bipolares (2 pólos) ou Tetrapolares (4 pólos);
2. Tipo, variando entre selectivo (S), diferencial (AC) e não diferencial (ND);
3. E regulação de corrente, desde 5A até 90A.

Na Figura 6 são exemplificados os aparelhos Bipolar e na Figura 7 os aparelhos Tetrapolar:

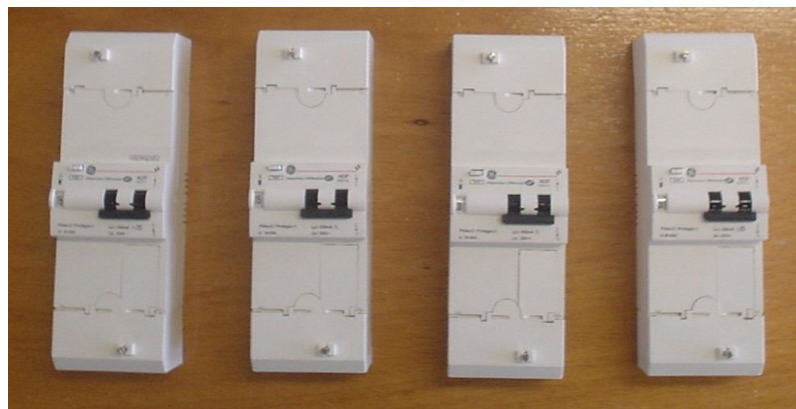


Figura 6 - Exemplo de aparelhos de 2Pólos.



Figura 7 - Exemplo de aparelhos de 4Pólos.

A montagem de um disjuntor é realizada em várias etapas. A primeira é nas linhas de montagem (*Assembly Lines*) de onde saem com aspecto final, de seguida passam pelo forno (*Oven*), após duas horas estão prontos para realizar os vários testes (*Test Area*), os aparelhos rejeitados nos ensaios são encaminhados para a Área de Reparação (*Repair Área*) onde são analisados e recuperados.

Os aparelhos conformes seguem para a Área de Pintura e Embalagem (*Print & Pack*) de onde saem como produto final e são armazenados na Área de Produto Acabado (*Finish Goods Area*).

A produção na área do *ELCB* pode ser sintetizada no seguinte fluxograma.

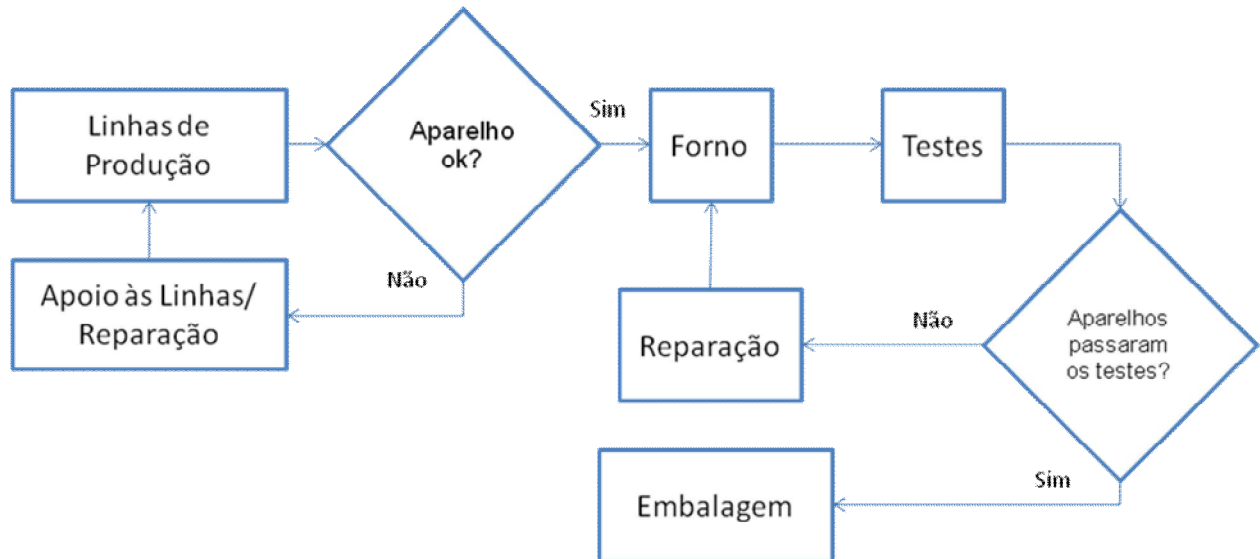


Figura 8 - Fluxograma da área do ELCB.

A mudança de instalações levou a que houvesse dúvidas por parte das funcionárias relativamente à nova distribuição de tarefas nos novos postos de trabalho no sentido de não saberem efectivamente quais os postos para os quais estavam habilitadas.

As linhas dos modelos Bipolar tinham seis postos e as dos modelos Tetrapolar tinham sete postos. Após a mudança de instalações, ambas as linhas passaram a ter dez postos o que levou a uma melhor distribuição das tarefas existentes, aumentando a produção horária.

A área de produção/montagem dos disjuntores, tem cinco linhas de produção com dez postos cada. Geralmente, duas são dedicadas a modelos Bipolar, duas a modelos Tetrapolar e uma última com a possibilidade de produzir ambos os modelos. Se necessário, é possível adaptar cada uma das linhas Bipolar e Tetrapolar para produzir um outro modelo que não está previsto para essa linha.

Num caso extremo, quando há uma ausência elevada de funcionárias por motivo de férias ou doença, é possível ainda recorrer à montagem de linhas com a configuração usada anteriormente, seis e sete postos.

As linhas de produção têm a estrutura de linha e possuem cada uma e nos locais necessários, um patamar para a colocação de materiais necessários à produção. Em termos de montagem há uma equivalência bastante grande entre os postos de ambos os modelos, sendo as várias operações compostas, na maioria, pela assemblagem de materiais, tanto plásticos como metálicos. Há ainda operações de aparafusagem e soldadura nas linhas.

Um disjuntor Bipolar é produzido com oitenta e cinco componentes e um disjuntor Tetrapolar tem um número aproximado de noventa e cinco componentes, havendo ligeiras variações de componentes de modelo para modelo mas sendo os circuitos eléctricos totalmente diferentes entre modelos.

Muito próximo das linhas de produção está o supermercado da área da Soldadura. Esta área é um importante fornecedor de material para a produção nas linhas.

A área da Reparação é uma área em que é feita a reparação e análise de aparelhos provenientes da área de Testes e onde é dado apoio às linhas de produção enquanto estas estão a trabalhar.

Após os aparelhos serem produzidos nas linhas, são estabilizados num forno durante seis horas e passam em seguida à área de Testes. Nesta área os aparelhos são testados em várias vertentes eléctricas e magnéticas. Se passarem em todas as operações de teste, seguem para a área de Embalagem, caso contrário são remetidos para a Reparação seguida de nova estabilização no forno, tomando o circuito normal no caso de passarem todos os testes necessários.

Na área da Embalagem os aparelhos são embalados de acordo com a embalagem escolhida pelo cliente e num caso específico pode proceder-se a uma configuração da parte superior do aparelho através da pintura da mesma.

Após esta última operação os aparelhos são expedidos para o cliente.

3.3 Norma e Política de Prémios

A norma é definida como sendo o número de horas necessárias para produzir mil aparelhos e permite definir o número de aparelhos que são necessários produzir por hora. Este valor é obtido com base em sucessivas cronometragens para todos os modelos existentes.

Na empresa existe uma política de prémios de produtividade estabelecendo que qualquer operador recebe um prémio monetário. O prémio monetário é ganho quando é registado um valor médio mensal do nível de actividade vinte por cento superior ao nível mínimo de produção. A partir desse valor e até ao valor máximo, quarenta por cento superior ao nível mínimo de actividade, recebe-se o prémio correspondente ao acréscimo de percentagem obtido.

O nível de actividade é o produto da produtividade pela norma do modelo produzido.

Nível de Actividade = Produtividade x Norma

Nível de Actividade = (*Output*/Número de horas de Produção) x Norma

Na Tabela 17 do Anexo A, encontram-se as normas referentes aos modelos produzidos assim como o número de aparelhos a produzir por hora.

3.4 A alocação e classificação das funcionárias aos postos de trabalho

A alocação das funcionárias era feita de acordo com o conhecimento empírico adquirido ao longo do tempo nas linhas antigas de seis e sete postos. Nas novas linhas manteve-se a mesma postura recorrendo a alguma informação disponível numa base de dados em *Acess*.

No início do projecto e actualmente, continua a ser utilizada uma Tabela de Alocação das funcionárias aos postos de trabalho. Esta tabela é verificada todos os dias e é afixada nos quadros da área do *ELCB*. No Anexo A encontra-se a Tabela 18 que serve como exemplo.

3.5 Mudanças e Montagem de Linha

Define-se mudança de linha quando é necessário mudar o tipo de aparelho a ser produzido e montagem de linha quando é necessário mudar a configuração da linha e materiais de forma a produzir um aparelho com número de pólos diferente.

No início do projecto ambas as acções faziam parte da rotina da *Water Spider*. Com a falta de definição de rotinas e falta de comunicação, incorria-se em perdas de produção sucessivas devido à mudança ou montagem de linha durante as horas de produção, além de ser muitas vezes necessária uma pessoa adicional para auxiliar a *Water Spider* nesta tarefa.

Além da perda de produção criava-se desmotivação devido à quebra de ritmo de montagem.

4 As soluções propostas

As soluções aqui propostas visam a melhoria contínua de todas as condicionantes e problemáticas existentes, sendo algumas delas conseguidas em colaboração com alunos que também realizavam o projecto em empresa.

4.1 Mudanças e Montagem de Linha

O esquema de mudança e montagem de linhas foi, logo no início do projecto, a primeira alteração a ser proposta.

Este processo tornava-se moroso e levava a uma perda de produção bastante significativa. Os valores no Gráfico 1 demonstram a evolução da perda de produção devido a mudanças de linha.

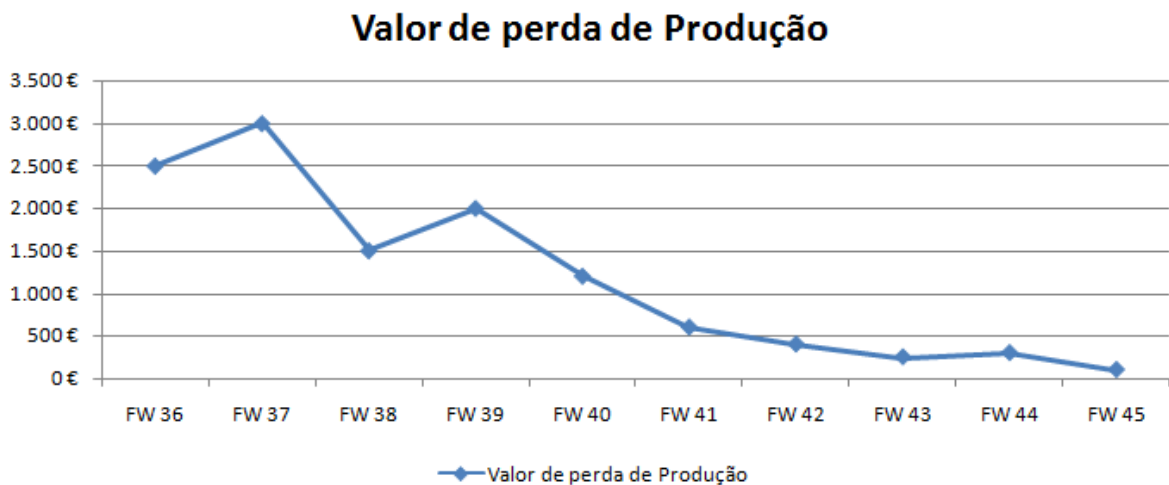


Gráfico 1 - Evolução da perda de produção devido a mudanças de linha.

Inicialmente preparou-se um modelo de acção SMED, para procurar evitar estas perdas de produção, caracterizado pela existência de uma mesa para a colocação de todos os materiais necessários para produzir o novo modelo. Verificou-se contudo que tal acção não seria necessária. A tendência evolutiva decrescente deve-se à melhoria da comunicação entre o responsável das linhas de produção e as *Water Spider* mas também a melhorias no circuito e tempos de abastecimento.

Quando é necessário mudar a produção de um modelo para um modelo de amperagem diferente, ao mesmo tempo que o núcleo é diferente, a mudança de linha obriga a maior cuidado. Mas as maiores dificuldades surgem quando é necessário mudar de um modelo Bipolar para um modelo Tetrapolar, que obriga a retirar todo material da linha de produção e a colocá-lo novamente. De salientar que nem todas as mudanças mencionadas apresentam o mesmo risco de perda de produção, ou seja, vão depender dos modelos em produção e a produzir.

O processo de mudança de linha passou a ser geralmente feito pela *Water Spider* excepto quando esta tem maior carga de trabalho, sendo auxiliada por uma pessoa destacada pelo responsável das linhas de produção e quando a complexidade da mudança assim o obriga. A informação necessária para a mudança de linha é transmitida à *Water Spider*

preferencialmente no início de cada dia ou no final do dia, preparando assim o dia seguinte, e sempre que algum imprevisto se verificar.

Outra opção possível é a mudança/montagem de linha em horas extra, seguido da montagem de dez aparelhos, um para cada posto de trabalho. Esta opção apenas é tomada quando uma linha não está a produzir ou quando não há uma pessoa disponível para fazer a mudança durante o dia. Quando todas as linhas estão a trabalhar é obrigatório recorrer às horas extra.

4.2 Acção 5S

Aproveitando alguma estabilidade apresentada pela solução criada, iniciou-se uma acção de 5S nos dois armários existentes na área do ELCB para melhorar o tempo de resposta a mudanças de linha e substituição de equipamentos. Os armários são dois e contêm vários tipos de equipamentos e ferramentas descritos na tabela seguinte:

Tabela 6 - Equipamentos existentes nos armários antes da acção 5S.

Armário 1	Armário 2
Jig's	Aparafusadoras de 500 rpm
Luvas	Aparafusadoras de 2100 rpm
Brocas	Ferros de Solda e Bases correspondentes - actuais
Chaves de fendas	Ferros de Solda e Bases correspondentes - desactualizados 1
Chaves de calibração	Ferros de Solda e Bases correspondentes - estilo caneta
Pinças	Aparelhos de modelos anteriores
Bicos para boiões de lacre	Aparafusadora Bosch
Chaves Philips	Jig's para solda antiga
Mangueiras para canal de ar comprimido na linha	Suportes para Documentação
Calibres 7, 8, 10 mm e 6090	
Uma figura de Nossa Senhora	
Flores	
Instruções de trabalho não utilizadas	
Capas para documentação	

Após ser feito o levantamento do material existente, procedeu-se à acção 5S propriamente dita e desta lista foram escolhidos os equipamentos verdadeiramente necessários. Feita esta escolha ficámos com os seguintes equipamentos:

Tabela 7 - Equipamentos existentes nos armários após acção 5S.

Armário 1	Armário 2
Jig's	Aparafusadoras de 500 rpm
Luvas	Aparafusadoras de 2100 rpm
Brocas	Ferros de Solda e Bases correspondentes - actuais
Chaves de fendas	Ferros de Solda e Bases correspondentes - desactualizados 1
Chaves de calibração	Ferros de Solda e Bases correspondentes - estilo caneta
Pinças	Jig's para solda antiga
Bicos para boiões de lacre	
Chaves Philips	
Mangueiras para canal de ar comprimido na linha	
Calibres 7, 8, 10 mm e 6090	

Na finalização desta acção os responsáveis das restantes áreas assim como o responsável da secção, que são as únicas pessoas que podem ter acesso aos armários, foram informados do

objectivo e forma de utilização dos armários assim como da necessidade desta ser uma acção contínua.

Esta acção permitiu criar condições para que qualquer um dos outros responsáveis, da área dos Testes e Embalagem e ainda da Soldadura, tivesse um acesso facilitado e imediato a estes equipamentos aquando da ausência do responsável das linhas.

Esta acção 5S estendeu-se também à arrumação da área das linhas de produção no final do dia. No final do dia as funcionárias têm de limpar e arrumar a área de trabalho que compreende a linha onde trabalharam nesse dia e o corredor onde têm as cadeiras.

4.3 A Matriz de Aptidão

A análise inicial dos níveis de produção das primeiras semanas de Setembro mostravam níveis de produção bastante abaixo do objectivo e esse facto revelou a necessidade imediata de fazer algumas alterações na alocação de funcionárias aos postos de trabalho com base nos níveis de produção registados e na observação do seu trabalho.

Esta alteração, apesar de simplista e pouco rigorosa, revelou-se bastante interessante pois os níveis de produção melhoraram substancialmente. A Tabela 8 faz a comparação entre o número de aparelhos produzidos por pessoa duas semanas antes e duas semanas depois da alteração na alocação das funcionárias. É possível verificar que os valores evoluem de uma forma positiva, de encontro ao objectivo pretendido para este projecto.

Tabela 8 - Comparação dos valores de produção por pessoa antes e depois da mudança de alocação das funcionárias aos postos de trabalho.

Situação antes da mudança na alocação funcionárias aos postos						
Semana 40	Dia 24	Dia 25	Dia 26	Dia 27	Dia 28	Média Semanal
2P	37	48	42	52	46	45
4P	18	31	24	33	34	28
Semana 41	Dia 29	Dia 30	Dia 31	Dia 32	Dia 33	Média Semanal
2P	52	50	46	49	49	49
4P	-	-	24	23	36	28
Situação depois da mudança na alocação funcionárias aos postos						
Semana 42	Dia 34	Dia 35	Dia 36	Dia 37	Dia 38	Média Semanal
2P	55	51	41	54	56	51
4P	39	38	27	31	28	33
Semana 43	Dia 39	Dia 40	Dia 41	Dia 42	Dia 43	Média Semanal
2P	57	59	59	59	58	58
4P	35	38	36	33	36	36

Porém esta análise inicial exclui outras possibilidades de alocação que poderão traduzir-se em ganhos de produção. Desta forma iniciou-se um processo de actualização de uma base de dados em formato Excel já existente, que continha informação sobre a técnica e habilidade de cada uma das funcionárias em cada um dos dez postos, de ambos os modelos Bipolar e Tetrapolar. Na Tabela 19 do Anexo A apresenta-se essa tabela/base de dados.

Iniciado o processo de actualização constatou-se a dificuldade de rapidamente saber a informação necessária: saber quais as pessoas que estavam habilitadas para determinado posto ou saber quais os postos que essas pessoas sabiam. Tornava-se assim necessário criar uma nova tabela/base de dados que fosse visualmente mais acessível de interpretar e consultar.

Tabela 9 - Anterior classificação das funcionárias.

a	Óptima velocidade de execução
b	Boa velocidade de execução
c	Não sabe o posto

Uma vez que a escala utilizada na base de dados anterior é bastante reduzida (a,b,c), a sua análise torna-se bastante ineficaz pois não é de todo perceptível o nível intermédio de classificação da funcionária quando esta tem um “b” ou quando tem um “a”. Se tiver um “b” a funcionária sabe o posto mas não é possível saber se tem velocidade de execução para acompanhar funcionárias que tenham um “a”. Poderemos estar a incorrer na criação de uma situação *bottleneck*, prejudicial à produtividade, no caso de ser feita uma alocação errada. Se uma funcionária tiver um “a”, também não é possível saber se de facto tem uma velocidade de execução óptima ou se está mais próxima de um nível de classificação “b”.

Deste modo criou-se uma nova escala de pontuação das funcionárias, com o limite inferior de zero e o limite superior de seis. A Tabela 8 mostra a nova classificação adoptada e a sua descrição. A cada um dos números está associada uma cor para permitir melhor gestão visual.

Tabela 10 - Nova classificação das funcionárias.

	Classificação	Descrição
0	Não pode trabalhar no Posto	Não pode trabalhar no Posto devido a restrições de Saúde
1	Não sabe o Posto	Não tem Formação
2	Velocidade de Execução e Qualidade Baixas	Funcionária em Formação
3	Velocidade de Execução Aceitável e Qualidade Boa	Funcionária capaz de executar o trabalho nos níveis mínimos de velocidade
4	Velocidade de Execução e Qualidade Boa	Funcionária capaz de executar o trabalho
5	Velocidade de Execução e Qualidade Muito Boa	Funcionária com capacidade de execução muito boa, motivação da linha e elevada assiduidade
6	Velocidade de Execução e Qualidade Óptima	Funcionária com óptima capacidade de execução de trabalho e motivação da linha e elevada assiduidade

O valor zero significa que a funcionária não pode executar o posto em causa, salvo raras excepções, devido a motivos de saúde.

O valor um indica que a funcionária não sabe o posto. Já o valor mais alto indica que a funcionária tem uma velocidade de execução e qualidade de montagem excepcionais.

A nova escala apresenta o benefício de permitir uma análise evolutiva e uma melhor distinção de velocidade de execução e qualidade de montagem das funcionárias, devido ao maior escalonamento. A tabela seguinte apresenta um excerto da nova base de dados a qual resulta na nova Matriz de Polivalência. No Anexo B encontra-se a tabela completa.

Tabela 11 - Excerto da Matriz de Aptidão.

Modelo	Nome	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
4	Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
2	Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
4	Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
2	Ana Paula	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
4	Ana Paula	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
2	Anabela Almeida	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5
4	Anabela Almeida	5	6	5	5	5	5	4	4	3	5
2	Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
4	Mª Céu	2	2	2	2	5	5	5	2	2	4
2	Mª Jose Queirós	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0
4	Mª Jose	6	6	5	1	1	1	1	0	0	0
2	Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Manuela Freitas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6
4	Manuela Freitas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5
2	Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5
4	Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5
2	Marília Leitão	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4
4	Marília Leitão	3	3	3	5	6	4	6	1	1	4

A consulta desta matriz em ambiente Excel utilizando um filtro, permite fazer o cruzamento de vários dados ao mesmo tempo sendo extremamente útil para saber ou relembrar a informação sobre uma funcionária.

4.4 A alocação das funcionárias aos postos de trabalho

Com a Matriz de Aptidão completa, foi possível procurar novas soluções de alocação de funcionárias aos postos de trabalho, através do método *Bottleneck Assignment Problem*.

O objectivo é o de minimizar o maior dos tempos de produção no estabelecimento da alocação das funcionárias ao conjunto das linhas de produção. Por outras palavras, o maior dos tempos vai condicionar a cadência de produção e interessa que nas linhas estabelecidas ele seja minimizado.

Para abordar o problema da alocação das funcionárias aos postos de trabalho é necessário estabelecer primeiro alguns pressupostos que permitem uniformizar a análise feita.

Pressupostos

1. A pontuação dada a cada uma das funcionárias, para cada um dos modelos, é uma função de tempo, não explicitada, que define a habilidade e técnica.
2. As pontuações atribuídas são reflexo da alocação empírica feita inicialmente.
3. Para uma dada classificação num posto, a funcionária tem a mesma habilidade e técnica para todos os modelos.
4. Considera-se a existência de duas linhas a produzir modelos Bipolar e duas linhas a produzir modelos Tetrapolar.
5. Admite-se um número fixo de quarenta funcionárias para o período de estudo.

O método começa na construção da Matriz de Aptidão e em seguida é criada a Matriz dos Tempos. Esta matriz é calculada subtraindo cada um dos valores da Matriz de Aptidão ao valor mais alto desta matriz, em cada uma das células. Através do algoritmo do *Bottleneck Assignment Problem* é possível proceder à minimização do maior dos tempos. No Anexo B encontra-se um exemplo da Matriz dos Tempos.

Após ter sido feita a alocação empírica inicial das funcionárias aos postos de trabalho e estabelecidos os pressupostos, iniciou-se a construção de uma matriz com dimensão quarenta por quarenta de forma a ser possível alocar uma pessoa por posto de trabalho em cada um dos quarenta postos disponíveis. As colunas desta matriz estão agrupadas em grupos de dez, relativas a cada uma das linhas de produção, A, B, C, D.

A variação das necessidades do cliente levou à criação de três cenários de alocação das funcionárias nas linhas de produção:

1. Criação de quatro linhas a produzir modelos Bipolar.
2. Criação de duas linhas a produzir modelos Bipolar e duas linhas a produzir modelos Tetrapolar.
3. Criação de três linhas a produzir modelos Bipolar e uma linha a produzir modelos Tetrapolar.

De forma a manter estabilizada a alocação nas linhas de produção e a produção diária, foi tomada a decisão de manter as alocações definidas empiricamente durante algum tempo e de fazer pequenas alterações ao longo do tempo, de acordo com as alocações que seriam definidas posteriormente. Pretendia-se com esta decisão que o trabalho em equipa se pudesse desenvolver e equilibrar.

Cenário 1 - Quatro linhas a produzir modelos 2P

Para o primeiro cenário, criou-se uma Matriz de Aptidão quarenta por quarenta, com a classificação de cada uma das funcionárias nos dez postos, repetida em cada uma das colunas. A Tabela 9 mostra um excerto desta matriz e a Tabela 18 no Anexo B mostra o ponto de partida para este cenário. Calculou-se a Matriz dos Tempos através da subtracção de cada um dos valores da Matriz de Aptidão ao valor mais alto encontrado na Matriz de Aptidão.

Tabela 12 – Excerto da Matriz de Aptidão para alocação no cenário 1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5
Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1	5	4	4	3	1
Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0	6	6	5	5	4
Susana Peix.	1	1	5	5	6	5	0	0	0	4	0	0	5	5	6
Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4	1	3	4	6	6
Marília	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4	3	3	3	6	6
Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	4
Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4
Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4
Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3
Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4	5	5	5	5	4
Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	5	5	6	6	5	6	6
Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	4
Celia	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	4	4	5	5	6
Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	5	6	6	6	6
Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1	1	1	1	2	6
Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3	2	2	2	5	6
Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6

Após o cálculo da Matriz dos Tempos, procedeu-se ao cálculo da Matriz de Alocação. Esta matriz define-se como sendo a matriz onde as funcionárias são alocadas aos postos de trabalho.

Tabela 13 – Excerto da Matriz de Tempos para alocação nos modelos de 2 Pólos.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5
Luzia Almeida	1	2	2	3	5	5	5	5	5	5	1	2	2	3	5
Mª Jose	0	0	1	1	1	1	2	6	6	6	0	0	1	1	1
Susana Peix.	5	5	1	1	0	1	6	6	6	2	6	6	1	1	0
Teresa P.	5	3	2	0	0	3	0	1	4	2	5	3	2	0	0
Marilia	3	3	3	0	0	2	0	5	5	2	3	3	3	0	0
Anabela A	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1
Tania	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
Rita	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Iolanda	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
Elsa Almeida	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1
Fernanda Leite	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Teresa Nogueira	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1
Celia	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0
Carla M.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Alexandra Brites	5	5	5	4	0	0	1	5	5	5	5	5	5	4	0
Rosa Costa	4	4	4	1	0	2	3	3	3	3	4	4	4	1	0
Mª Sol	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Através de um suplemento do *Excel*, o *Risk Solver Platform*, foi possível calcular as novas alocações, satisfazendo todas as restrições:

1. A soma de cada linha da Matriz de Alocação é igual a um;
2. A soma de cada coluna da Matriz de Alocação é igual a um.

Este suplemento foi utilizado uma vez que o número de variáveis em estudo é muito elevado e o suplemento mais comum do *Solver* é insuficiente para chegar a uma resolução do problema.

Calculadas as alocações procedeu-se à criação de uma nova matriz, a Matriz do Maior Tempo. Esta matriz obtém-se fazendo a multiplicação dos valores obtidos na Matriz das Alocações pelos valores correspondentes da Matriz de Tempos e representa quais os maiores tempos de execução das tarefas de um posto de trabalho, existentes na alocação ótima.

Usando a função Máximo do *Excel*, é possível identificar nesta matriz, o maior dos tempos existentes para a alocação calculada. A identificação deste valor associado à funcionária em causa e tendo em conta o posto de alocação, permite garantir uma maior atenção a problemas que possam surgir. Na Tabela 12 é possível ver as alocações obtidas e na Tabela 13 encontra-se a obtenção do maior valor de tempo, ou seja, o pior dos tempos, para a alocação ótima.

Tabela 14 - Matriz de Alocação para modelos 2 Pólos.

[illegible]

Tabela 15 - Matriz de Maior Tempo para alocação óptima obtida nos modelos 2 Pólos.

[illegible]

Na Tabela 14 pode observar-se a alocação das funcionárias aos postos de trabalho na solução óptima. Identificado a azul são as células ou postos de trabalho aos quais as funcionárias estão alocadas em cada uma das linhas. Para esta solução óptima o pior tempo terá o valor de um.

Tabela 16 - Alocação óptima obtida para cenário 1.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5
Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Marília	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4
Susana Peix.	0	0	5	5	6	5	0	0	0	4
Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ana Paula	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5
Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
Marlene Cardoso	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5
Patricia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4
Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	6	5
Diana	1	1	1	1	1	1	1	1	6	4
Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0
Paula Teixeira	2	5	4	4	3	3	2	2	2	4
Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3
Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
Celia	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6
Xana	4	4	4	5	5	5	5	6	6	5
Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Fátima Machado	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
Raquel	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Palmira	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3
Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
Eugenia	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4
Carina	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
Manuela Freitas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6

A solução encontrada pode ser considerada óptima: não há nenhuma outra solução que satisfaça as restrições que tenha um melhor valor para o objectivo pretendido. Pode contudo haver soluções óptimas alternativas.

Uma outra solução pode ser encontrada de imediato ao bloquear o valor da célula de destino ao valor obtido anteriormente para a solução óptima.

Cenário 2 - Duas linhas a produzir modelos 2P e duas linhas a produzir modelos 4P

Para esta configuração o procedimento é idêntico mas primeiro escolheram-se as funcionárias para ocupar as linhas dos modelos Tetrapolar e em seguida as funcionárias para ocupar as linhas dos modelos Bipolar. Neste caso a Matriz de Alocação apenas vai ter alocadas vinte funcionárias e para tal, na Matriz de Aptidão, anulou-se a classificação das primeiras vinte colunas. A escolha das funcionárias para os modelos Tetrapolar deve-se ao facto de este modelo apresentar algumas características que dificultam a sua montagem e daí pretender-se que fiquem alocadas as funcionárias com melhor classificação.

Escolhidas as primeiras vinte funcionárias para as linhas que iriam produzir modelos Tetrapolar, estas teriam de ser agora retiradas da Matriz de Tempos para evitar que fossem novamente alocadas. Esta retirada de funcionárias faz-se alterando o seu valor de tempo para o máximo ou para criando uma nova Matriz de Aptidão, agora com as vinte funcionárias restantes. Outra opção é eliminar a classificação na Matriz de Aptidão para as funcionárias já escolhidas. A alocação final obtida é a seguinte:

Tabela 17 - Alocação óptima obtida para cenário 2.

2P	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Paula Teixeira	2	5	4	4	3	3	2	2	2	4
Fátima Machado	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
Raquel	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
Susana Peix.	0	0	5	5	6	5	0	0	0	4
Patrícia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4
Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5

4P	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Mª Jose	6	6	5	1	1	1	1	0	0	0
Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	3	5
Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3
Celia	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
Marília	3	3	3	5	6	4	6	1	1	4
Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4
Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6

2P	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Palmira	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3
Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Marlene Cardoso	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5
Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
Eugenia	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4
Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Manuela Freitas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6

4P	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Ana Paula	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5
Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	6	5
Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
Carina	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
Xana	4	4	4	5	6	5	5	6	6	5
Diana	2	1	1	1	1	1	1	1	6	4
Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6

A comparação desta alocação óptima com a alocação empírica, verifica que há, logo numa primeira iteração, uma alocação melhor. As células a azul representam o posto ocupado pelas funcionárias e é possível constatar que há uma distribuição com melhores classificações de aptidão, definida pelo *Risk Platform Solver*. A Tabela 16 mostra a alocação empírica feita inicialmente.

Tabela 18 - Alocação empírica definida inicialmente.

	Alocação empírica									
2P	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5
Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0
Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
Susana Peix.	1	1	5	5	6	5	0	0	0	4
Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Marília	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4
Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5

	Alocação empírica									
4P	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4
Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3
Celia	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xana	4	4	4	5	6	5	5	6	6	5
Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6

	Alocação empírica									
2P	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Fátima Machado	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
Paula Teixeira	2	5	4	4	3	3	2	2	2	4
Palmira	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3
Carina	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
Marlene Cardoso	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5
Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
Eugenia	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4
Raquel	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Manuela Freitas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6

	Alocação empírica									
4P	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Ana Paula	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	6	5
Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5
Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	3
Patrícia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Diana	2	1	1	1	1	1	1	1	6	4
Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5

Cenário 3 - Três linhas a produzir modelos 2P e uma linha a produzir modelos 4P

Iniciou-se o processo com a escolha das funcionárias para a linha do modelo Tetrapolar pelas mesmas razões acima mencionadas. De seguida escolheram-se as funcionárias para as três linhas de modelos Bipolar. O processo é em tudo idêntico à escolha de funcionárias para o cenário 2. Contudo, escolhem-se dez funcionárias para a linha de Tetrapolar e trinta funcionárias para as linhas de Bipolar. A forma de evitar alocações repetidas, das funcionárias aos postos de trabalho, é igual à feita no cenário anterior.

4.5 Formação

A definição do processo de Formação e Rotação no *Risk Platform Solver* é em tudo idêntico. Em primeiro lugar é analisado o problema da formação.

Com a solução do problema da alocação das funcionárias aos postos, faltava resolver o problema da formação de funcionárias. Como foi dito por Slomp, Bokhorst, & Molleman, (2005) interessava saber quais as funcionárias que deveriam ter formação e em que postos de trabalho para ser possível uma melhor equilibragem das linhas e por conseguinte melhor *output*, ao mesmo tempo que a flexibilidade aumentava.

Inicialmente, a formação foi feita à medida das necessidades mas com o avançar do projecto foi possível começar a indicar, especificamente, algumas funcionárias para aprenderem determinados postos.

A existência da Matriz de Aptidão e sua análise cuidada, associada à colaboração e entusiasmo de algumas funcionárias, permitiu estabelecer alguma rotatividade entre postos no sentido de criar a possibilidade de algumas pessoas terem formação em postos que não sabiam.

Desta forma estabeleceu-se o seguinte critério para formação de funcionárias por ordem decrescente de importância:

1. Funcionárias que sabem um posto de trabalho;
2. Funcionárias que sabem dois postos de trabalho;
3. Funcionárias que se mantinham nos mesmos postos há muito tempo.

Neste critério tem ainda de se deixar alguma margem de manobra para a formação de algumas funcionárias pois nem todas têm a mesma aptidão física e capacidade de aprendizagem. Por outro lado as funcionárias também conseguiam surpreender no sentido de quererem, por iniciativa própria, aprender novos postos de trabalho. Nestes casos a proposta é analisada e nalguns casos é dada formação à funcionária.

A definição da alocação óptima seria agora definida mudando o valor de tempo, na Matriz de Tempos, para a funcionária ou funcionárias em questão. O valor atribuído seria o de menor tempo de execução das tarefas do posto de forma a garantir que a funcionária seria alocada no nesse posto. Era necessário garantir também que às funcionárias com o menor tempo de execução das tarefas era atribuído o pior tempo de forma a não terem a possibilidade de serem alocadas nesses postos.

4.6 Rotação de postos

A divisão das tarefas das linhas de seis e sete postos para as linhas de dez postos, levantou dúvidas quanto à correspondência das tarefas entre postos. Estas dúvidas foram esclarecidas com a constante informação de que apesar de os postos não serem totalmente iguais, apresentavam grande número de semelhanças. Tal facto levou a que as funcionárias verificassem que poderiam trabalhar em mais postos que aqueles em que estavam habituadas a trabalhar desde a mudança de configuração das linhas, o que aumentou a predisposição e confiança em aprender as tarefas dos novos postos de trabalho.

Para melhor equilíbrio e distribuição de carga de trabalho entre as funcionárias, procedeu-se à implementação de uma rotação quinzenal entre as linhas para a produção de modelos Bipolar e Tetrapolar que apesar de não corresponder totalmente a uma total igualdade e distribuição de trabalho, equilibrava muito a disposição das funcionárias e o sentido de justiça entre elas.

Para melhorar a rotação entre postos, procedeu-se a uma análise através do *Risk Equation Solver*. O intuito desta análise foi o de criar e avaliar qual ou quais poderiam ser os melhores esquemas de rotação entre as trabalhadoras de uma linha. Para tal, após a criação das equipas de trabalho por linha, fez-se um estudo mais específico numa das linhas. A análise para as restantes linhas é idêntica.

O processo de definição das novas alocações das funcionárias aos postos de trabalho, fez-se com a seguinte abordagem:

- a) Às funcionárias que se pretende que rodem nos postos é dado o tempo mínimo no posto de trabalho que se pretende que aprendam.
- b) Às funcionárias que têm melhor classificação é retirado o melhor tempo nos postos de trabalho em que se quer alocar a funcionária escolhida no ponto a).

Desta forma é garantido que as funcionárias escolhidas para terem formação num posto de trabalho novo, não serão alocadas noutra posto de trabalho que não aquele que se pretende.

A abordagem é feita pela seguinte ordem: a partir da Matriz de Alocação calcula-se a Matriz de Tempos e em seguida, através do *Solver*, obtém-se a nova Matriz de Alocação. Para finalizar construiu-se a Matriz de Maior tempo da alocação obtida.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A rotação das funcionárias entre postos, conciliado com treino cruzado, levou a melhorias significativas dos valores de produção de aparelhos *ELCB*. Este facto é demonstrado pelas seguintes figuras que evidenciam a evolução da produção por trabalhador de modelos Bipolar e Tetrapolar durante o período em que este projecto foi desenvolvido.

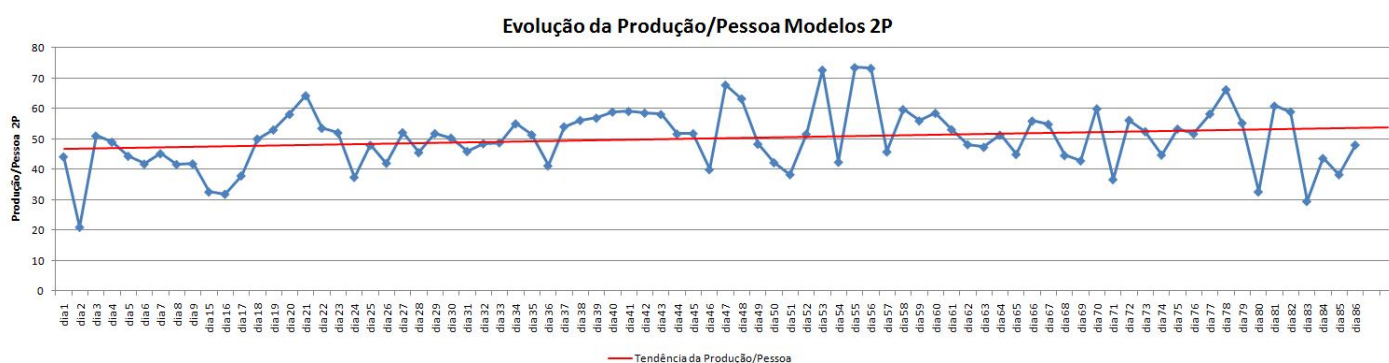


Figura 9 - Evolução da produção/pessoa de modelos Bipolar.

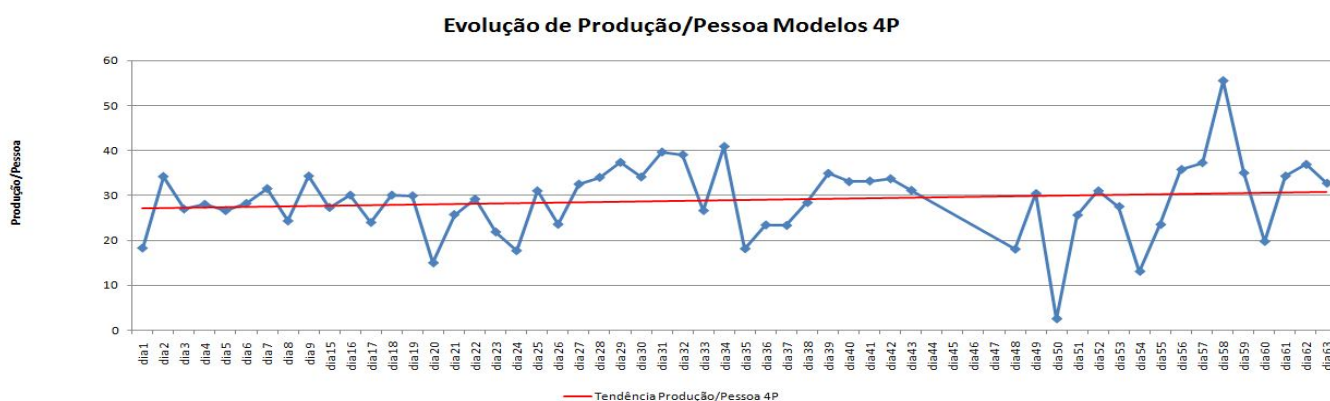


Figura 10 - Evolução da produção/pessoa de modelos Tetrapolar.

A demonstração de que este objectivo foi alcançado faz-se pelo facto de que, embora o número de funcionárias durante o projecto tenha sido reduzido, conseguiu-se melhores valores de produção através de uma correcta alocação das mesmas aos postos de trabalho.

A análise destes gráficos permite também verificar que as mudanças feitas na alocação das funcionárias a postos de trabalho diferentes e a troca quinzenal das linhas de produção entre os modelos Bipolar e Tetrapolar têm um impacto positivo, ao verificar-se um aumento de produção registado para ambos os modelos.

Um dos objectivos do *Lean Manufacturing* é alcançar uma melhor utilização dos recursos. Com efeito, a redução do número de funcionárias verificada durante o projecto salienta ainda mais o atingir deste objectivo. Um menor número de funcionárias, devidamente organizadas e alocadas nos postos correctos, atingiram melhores valores de produção.

A melhoria da flexibilidade através do treino cruzado e da rotação das funcionárias pelos vários postos de trabalho, diminuiu o número de ligações em cada linha de produção,

eliminando nalguns casos a existência de subgrupos de trabalho. Tornou-se possível balancear melhor a carga de trabalho.

A acção 5S inicialmente desenvolvida permitiu, durante todo o projecto, uma maior flexibilidade no que diz respeito à resposta aos equipamentos necessários para mudanças de linha e substituição por avaria.

Projectos futuros

Os projectos futuros que se vão referir contemplam três vertentes: o aumento de produtividade, o aumento da flexibilidade e a melhoria das condições técnicas de trabalho.

A continuidade do projecto desenvolvido seria assegurada pela criação de uma Matriz de Tempos. Estes tempos seriam cronometrados para todas as funcionárias nos postos em que estão habilitadas a trabalhar e para todos os modelos existentes para produção.

Outra forma de dar continuidade ao projecto será estudar e calcular o impacto que o treino cruzado e a rotação de funcionárias pelos vários postos tem na produção.

Novas abordagens poderão ser feitas contemplando a contratação de novas funcionárias bem como as funcionárias da área de reparação. Esta análise vai evidenciar quais as funcionárias que eventualmente poderão ficar fora das linhas.

Definição de um plano de aprendizagem para as novas funcionárias baseado num critério crescente de dificuldade.

Ainda relativo às funcionárias do *ELCB* poderão ser desenvolvidas curvas de aprendizagem de forma a poder construir um plano de formação específico para cada uma.

A introdução do *Total Productive Maintenance* (TPM) na área do *ELCB* tornará mais flexível a resposta a equipamentos necessários para as mudanças ou montagem de linha assim como o número óptimo de equipamentos para substituição.

Iniciar um estudo para mudar a configuração em linha, das linhas de produção, para uma configuração em “U”.

6 Referências

- Camanho, A. (2007/2008). Investigação Operacional - Problemas de Afectação. In A. Camanho, *Investigação Operacional*.
- Jacobs, Chase, & Aquilano. (2008). *Operations & Supply Management*. McGraw - HILL.
- Jordan, W. C., & Graves, S. C. (April de 1995). Principles on the Benefits of Manufacturing Process Flexibility. *Management Science* , p. 22.
- McCreery, J. K., Krajewski, L. J., Leong, G. K., & Ward, P. T. (2004). Performance implications of assembly work teams. *Journal of Operations Management* .
- NetMBA - Business Knowledge Center. (2009). Obtido de NetMBA: <http://www.netmba.com/>
- Partners, Business Development. (2006). *Business Development Partners*. Obtido de Business Development Partners: <http://www.b-d-p.com/home.asp>
- Slomp, Bokhorst, & Molleman. (2005). Cross-training in a cellular manufacturing enviroment. *Computers & Industrial Engineering* .
- Zhu, X.-X., Wang, R.-J., & Du, G.-P. (19-22 de August de 2007). GENERAL BOTTLENECK ASSIGNMENT PROBLEM AND ITS ALGORITHM. *Proceedings of the Sixth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Hong Kong*, .

7 ANEXO A: Documentos utilizados na área do ELCB

Tabela 19 - Normas de produção.

Código Local	Norma/Linha	Norma/Posto	Número de peças por hora - Linha 10 Postos				
			100	110	120	130	140
2P 1030 AC - L	151,0	15,10	66	73	79	86	92
2P 1030 ND - L	123,5	12,35	81	89	97	105	113
2P 1545 AC - L	161,3	16,13	62	68	74	81	87
2P 1545 S - L	163,9	16,39	61	67	73	79	85
2P 3060 AC - L	163,9	16,39	61	67	73	79	85
2P 3060 ND - L	129,9	12,99	77	85	92	100	108
2P 3060 S - L	166,7	16,67	60	66	72	78	84
2P 5AC - L	140,8	14,08	71	78	85	92	99
2P 6090 AC - L	285,7	28,57	35	39	42	46	49
2P 6090 S - L	303,0	30,30	33	36	40	43	46
4P 1030 AC - L	238,1	23,81	42	46	50	55	59
4P 1030 ND - L	204,1	20,41	49	54	59	64	69
4P 1030 S - L	256,4	25,64	39	43	47	51	55
4P 3060 AC - L	270,3	27,03	37	41	44	48	52
4P 3060 ND - L	227,3	22,73	44	48	53	57	62
4P 3060 S - L	285,7	28,57	35	39	42	46	49

Tabela 20 - Tabela de alocação das funcionárias aos postos de trabalho.

Plano de alocação de funcionárias - Setembro

FW 40 - 28/09 a 2/10																	
Turno / Área	Soldadura	P	Linha A - 2P	P	Linha B - 2P	P	Linha C - 4P	P	Linha D - 4P	P	Linha E - 2P	Testes		Apoio Linhas	Reparação	Embalagem	Laboratório
1 Turno: 8h-17h 2 Turnos: h-16h	Laura	1	Susana Morais	1	Mª João	1	Fernanda Leite	1	Ana Paula	1	Luzia Almeida	VT	Catarina	Patricia M	Celeste	Susana M	Monica
	M.José Neves	2	Anabela A	2	Isabel Moreira	2	Mª Sol	2	Ana M. Simões	2	Fátima machado	VT	Isabel		Silvia M	Natalia	Carmen
	M.José Ferr	3	Mª Jose Q	3	Palmira	3	Elsa Almeida	3	lucia	3	Sandra S	C	Rosario R		Arlete		
	Isaura	4	Teresa Paula	4	Fátima Leal	4	Rosa Costa	4	Zelia	4	Liliana	Auto/M	Fernanda		Elisa Praça		
	Esperança	5	Susana Peix.	5	Angela Teixeira	5	Celia	5	Olinda Cabral	5	Rute Rodrigues	LN					
	Marisa	6	Fatima Amaral	6	Mª Céu	6	Alexandra Brites	6	Silvia Cavaleiro	6	Ana Paiva						
	Carla Silva	7	Marilia	7	Alexandra sousa	7	Teresa Nogueira	7	Marlene	7	Monica Fernandes						
	Monica Nunes	8	Rosario F	8	Eugenia	8	Carla M.	8	Berta	8	Rita						
	Joel	9	Carla Sofia	9	Raquel	9	Xana	9	Iolanda	9	Diana						
		10	Susana G	10	Marlene C.	10	Lurdes	10	Manuela Freitas	10	Margarida						
2º Turno 16h - 00h	Elvira											VT	Sandra			Susana C	
	Paula Neves											VT	Patricia C			Diana P	
3º Turno 00h - 8h	Susana Dias											C	Sónia Brga				
	Balbina											Auto/M	Adriana				
	Joana											LN	Manuela				
	Paula Ramos																
3º Turno 00h - 8h												VT	Rosa		Angela		
												VT	Paula C		Celia		
												C	Cristina		Carla S		
												Auto/M	Maria José				
											LN						
Hora almoço																	
Abast./Mat. Cristiana/Carma												Baixa Médica		Faltas		Férias	
Sub. N/Conf.												Maciel		Carina		Fatima	
												Rute				Isabel Leite	
												Tania					
												Paula Teixeira					
												Vitoria					
												Carla Rodrigues					
												Patricia O					
Atualização 29-09-2009																	
Este plano pode sofrer alterações.																	

Tabela 21 - Matriz de Aptidão anterior ao projecto.

LISTA DE PESSOAS ELCB			Bipolar										Tetrapolar									
Nº	Nome		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6073	MARIA GONCALVES MACIEL LIMA	BAIXA																				
6108	MARGARIDA MONTEIRO SILVA	OM	c	b	c	c	c	b	b	b	a	a	c	b	c	c	c	b	b	b	c	c
6110	FATIMA MACHADO	OM	a	a	a	a	c	a	a	a	c	c	a	a	a	a	c	a	a	a	c	c
6116	LUZIA ALMEIDA	OM	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c
6118	MARIA HELENA SOARES LAPA	BAIXA																				
6120	MARIA LURDES PEREIRA PINTO CUNHA	BAIXA																				
6122	MARIA TERESA NOGUEIRA GOMES ROCHA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	c	a	b	a	a	a	a	a	a	a	c	c
6127	OLINDA CABRAL	OM	c	c	c	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c	a	a	c	c	c	c	c
6132	ANGELA MARIA OLIVEIRA MIRANDA MARTINS	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6138	MARIA EUGENIA SILVA COSTA CARDOSO	OM	c	c	c	c	c	b	b	a	b	a	c	c	c	c	c	b	b	a	b	a
6145	Mª DO CEU BARROS	OM	c	c	c	c	c	a	b	b	c	c	c	c	c	c	c	a	b	b	c	c
6154	BERTA AZEVEDO	BAIXA																				
6170	Mª Jose F	OM	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
6173	PALMIRA PEREIRA DE CARVALHO	BAIXA																				
6174	ANA PAULA CRUZ	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6175	Conceição	BAIXA																				
6179	RAQUEL SOUSA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	c	c	c	c	a	a	a	a	b	a
6203	Mª JOSE QUEIROS	OM	a	a	a	a	a	a	a	c	c	a	a	a	a	a	c	a	c	c	c	c
6208	TERESA PAULA	OM	c	a	a	a	a	a	a	a	c	a	c	c	c	a	c	c	c	c	c	c
6212	MANUELA FREITAS	OM	c	c	c	c	c	c	c	c	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c	a	a
6229	SILVIA MARQUES	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6240	MARILIA DA LUZ LEITAO ALMEIDA	OM	b	b	b	b	a	c	b	c	c	a	b	b	b	b	a	c	b	c	c	a
6255	FERNANDA PAULA REIS PINTO LEITE	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6266	PAULA PEIXOTO TEIXEIRA	OM	c	a	a	a	a	a	a	a	b	c	a	a	a	c	c	c	c	a	c	c
6274	RITA AZEVEDO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6276	ZELIA ASSUNÇÃO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6281	ANABELA SOUSA ALMEIDA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6282	ELVIRA SUSANA PEIXOTO	OM	c	c	c	c	a	c	c	c	c	b	c	c	c	c	a	c	c	c	c	b
6291	ARLETE MARIA GONÇALVES CARNEIRO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6293	MARIA DO ROSARIO DUARTE FERNANDES	BAIXA																				
6290	Patricia Albuquerque	OM	c	c	c	a	c	c	c	c	c	c	c	c	c	a	c	c	c	c	c	c
6298	ROSA COSTA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6299	IOLANDA ALEXANDRA BERMUDEZ COELHO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6302	SILVIA ISABEL RIBEIRO CAVALheiro	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6311	AEXANDRA SOUSA	OM	c	c	c	c	c	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c	c	a	a	c	c
6312	CARLA MONTEIRO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6318	MARIA VITORIA NOVAIS RODRIGUES PINTO	BAIXA																				
6326	MARIA FATIMA TEIXEIRA OLIVEIRA	OM	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c
6327	FERNANDA BARROS	OM	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c
6337	CARINA ALEXANDRA RODRIGUES SILVA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6342	CARLA RODRIGUES	OM	c	c	c	c	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	a	a	a	a	c	c
6345	RUTE MOREIRA	BAIXA																				
6348	MARLENE ALMEIDA E SILVA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6354	BERTA ALEXANDRA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6355	ISABEL LEITE	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
6357	LUCIA LEITE	OM	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c
6359	CELIA PINTO	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	c	c	a	a
6386	PATRICIA QUEIROS	OM	b	b	b	a	a	a	a	a	b	a	b	b	b	a	a	a	a	a	b	a
6388	ISABEL FERREIRA	OM	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c
6390	maria doCarmo	OM	b	a	a	a	c	c	c	c	c	c	b	a	a	a	c	c	c	c	c	c
6397	SUSANA MARIA TEIXEIRA DA ROCHA GANDRA	OM	c	b	b	b	b	c	a	c	c	a	b	b	b	b	b	c	a	c	c	a
6398	MARIA SOL LOUREIRO CRISTA SOARES	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a
6400	TANIA ELIZABETE NASCIMENTO PEDROSA	BAIXA																				
6401	ELSA MARIA FERREIRA ALMEIDA	OM	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
Event	ALEXANDRA BRITES	OM	c	c	c	c	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	a	a	c	c	c	c
Event	ANA PAIVA	OM	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c
Event	SANDRA SOUSA	OM	c	c	a	c	a	c	a	c	c	c	c	c	a	c	a	c	a	c	c	c
Event	MªJOSE VILAÇA	OM	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c
Event	LUDMILA TEIXEIRA	OM	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c
Event	ANJELA VOLQUINIA	OM	c	c	c	c	a	c	c	c	c	c	c	c	c	c	a	c	c	c	c	c
Event	ANA SIMÕES	OM	b	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	c	c	c	c	c	c	c	c	c
Event	LILIANA CERQUEIRA	OM	a	a	a	c	a	a	c	c	c	c	a	a	a	c	c	a	a	c	c	c
Event	RUTE FERREIRA	OM	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	a	a	a	c	c	c	c
Event	MARIA FATIMA LOPES	OM	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c	b	b	b	b	c	c	c	c	c	c
Event	Natercia	OM	c	c	c	c	a	c	c	c	c	c	c	c	c	c	a	c	c	c	c	c
Event	Diana	OM	a	c	c	c	c	c	c	c	c	a	c	a	c	c	c	c	c	c	a	c
Event	Isabel Moreira	OM	c	b	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	c	c	c	c	c	c	c	c
event	Suzana Morais	OM																				
Event	MARISA FERNANDES	OM																				

8 ANEXO B: Documentos criados na resolução do problema de Alocação

Tabela 22 - Nova Matriz de Aptidão.

M	Nome	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Alexandra	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
4	Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1
2	Alexandra	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
4	Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2
2	Ana Paula	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
4		6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
2	Anabela	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5
4	Almeida	5	6	5	5	5	5	4	4	3	5
2	Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
4		4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
2	Carina	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
4		5	5	5	5	5	5	6	6	6	5
2	Carla	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
4	Monteiro	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
2	Celia	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6
4	Marisa	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6
2	Diana	1	1	1	1	1	1	1	1	6	4
4	Gonçalves	2	1	1	1	1	1	1	1	6	4
2	Elsa	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4
4	Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4
2	Eugenia	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4
4		2	2	2	2	2	4	4	5	5	4
2	Fatima	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1
4	Amaral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Fátima	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
4	Machado	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
2	Fernanda	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
4	Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5
2	Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
4		5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4
4	Cerqueira	3	3	4	4	5	5	5	5	5	3
2	Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
4	Cunha	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6
2	Luzia	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
4	Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
2	Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
4		2	2	2	2	5	5	5	2	2	4
2	Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0
4	Queirós	6	6	5	1	1	1	1	0	0	0

M	Nome	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4		5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	Manuela	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6
4	Freitas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5
2	Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5
4		1	1	1	1	1	1	3	3	4	5
2	Marília Leitão	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4
4		3	3	3	5	6	4	6	1	1	4
2	Marlene	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5
4	Cardoso	2	2	2	2	5	2	2	1	1	4
2	Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5
4		4	4	6	6	6	6	5	5	5	5
2	Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
4		2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
2	Palmira	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3
4	Carvalho	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3
2	Patricia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
4		4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
2	Paula Teixeira	2	5	4	4	3	2	2	2	2	4
4		2	2	4	4	2	2	2	2	2	2
2	Raquel	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4		2	3	3	3	3	5	5	5	5	5
2	Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
4		4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3
4		2	2	2	5	6	4	3	3	3	3
2	Susana	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
4	Gandra	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
2	Susana	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1
4	Magalhães	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1
2	Susana Peix.	0	0	5	5	6	5	0	0	0	4
4		0	0	0	5	5	2	0	0	0	4
2	Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4		4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Teresa	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
4	Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
2	Teresa Paula	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
4		1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
2	Xana	4	4	4	5	5	5	5	6	6	5
4		4	4	4	5	6	5	5	6	6	5
2	Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	6	5
4		3	4	5	5	6	6	6	6	6	5

Tabela 23 - Matriz de Aptidão para modelo de 2 Pólos.

	Matriz de Aptidão para modelo de 2Pólos																			
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1
Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0
Susana Peix.	1	1	5	5	6	5	0	0	0	4	0	0	5	5	6	5	0	0	4	0
Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4
Marília	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4	3	3	3	6	6	4	6	1	1	4
Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5	5	5	4	4	5	5
Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	5	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6
Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Celia	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	4	4	5	5	6	6	6	6	6	4
Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4
Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1	1	2
Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3	2	2	5	6	4	3	3	3	3	3
Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Xana	4	4	4	5	5	5	5	6	6	5	4	4	4	5	5	5	5	5	6	5
Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Fátima Machado	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5	2	2	2	4
Paula Teixeira	2	5	4	4	3	3	2	2	2	4	2	5	4	4	3	2	2	2	4	2
Palмира	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3	3
Carina	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Marlene Cardoso	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5	2	2	3	3	5	3	1	1	1	5
Mª Céu	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4	2	2	2	4	5	6	5	2	2	4
Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	5	5	2	2	1	1	2	2	2	2	5	2	2	2	1
Eugenia	1	1	1	1	1	4	4	5	5	4	1	1	1	1	4	4	5	5	4	1
Raquel	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Manuela Freitas	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6	1	2	2	2	2	2	2	2	2	6
Ana Paula	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	6	6	6	6	5	5	5	4
Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5
Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2
Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	5	3	4	4	5	5	6	6	6	6	5	3
Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4
Patrícia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Diana	1	1	1	1	1	1	1	1	6	4	1	1	1	1	1	1	6	4	1	1
Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5	1	1	1	1	1	3	3	4	5	1

Tabela 24- Matriz de Aptidão para modelo de 4 Pólos.

	4Pólos	Matriz de Aptidão para modelo de 4Pólos																		
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
O1	Luzia Almeida	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1	5	4	4	3	1	1	1	1	1
O2	Mª Jose	6	6	5	5	5	5	4	0	0	0	6	6	5	5	5	4	0	0	0
O3	Susana Peix.	0	0	0	5	5	2	0	0	0	4	0	0	0	5	5	2	0	0	4
O4	Teresa P.	1	3	4	6	6	3	6	5	2	4	1	3	4	6	6	3	6	5	2
O5	Marília	3	3	3	5	6	4	6	1	1	4	3	3	3	5	6	4	6	1	1
O6	Anabela A	5	6	5	5	5	5	4	4	3	5	5	6	5	5	5	4	4	3	5
O7	Tania	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
O8	Rita	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
O9	Iolanda	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	6	6	6	6	6	6	6
O10	Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	3
O11	Elsa Almeida	5	5	5	5	5	5	5	6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
O12	Fernanda Leite	6	6	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	6	6	5	6	6	6
O13	Teresa Nogueira	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	5	4
O14	Celia	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	4	4	5	6	6	6	6	6	4
O15	Carla M.	5	6	6	6	6	6	6	6	6	4	5	6	6	6	6	6	6	6	4
O16	Alexandra Brites	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1	1	2	6	6	5	1	1	1	2
O17	Rosa Costa	2	2	2	5	6	4	3	3	3	3	2	2	5	6	4	3	3	3	3
O18	Mª Sol	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
O19	Xana	4	4	4	5	6	5	5	6	6	5	4	4	5	6	5	5	6	6	5
O20	Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3	3	3	3	6
O21	Fátima Machado	5	5	5	5	5	2	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5	2	2	4
O22	Paula Teixeira	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
O23	Palмира	3	5	5	5	3	3	3	3	3	3	3	5	5	3	3	3	3	3	3
O24	Carina	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
O25	Marlene Cardoso	2	2	2	2	5	2	2	1	1	4	2	2	2	2	5	2	2	1	1
O26	Mª Céu	2	2	2	2	5	5	2	2	2	4	2	2	2	2	5	5	2	2	4
O27	Alexandra Sousa	1	1	2	2	2	2	5	5	2	2	1	1	2	2	2	2	5	2	2
O28	Eugenia	2	2	2	2	2	4	5	5	4	2	2	2	2	2	4	5	5	4	2
O29	Raquel	2	3	3	3	5	5	5	5	5	2	3	3	3	3	3	5	5	5	5
O30	Manuela Freitas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
O31	Ana Paula	6	5	5	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	6	6	6	6
O32	Isabel Leite	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
O33	Marlene Silva	4	4	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	6	6	6	6	5	5	5
O34	Berta	4	4	5	6	6	5	5	6	6	5	4	4	5	6	5	5	6	5	5
O35	Olinda Cabral	2	2	2	2	5	3	2	2	2	2	2	2	2	2	5	3	2	2	2
O36	Zelia	3	4	5	5	6	6	6	6	5	3	4	4	5	5	6	6	6	5	3
O37	Liliana	3	3	4	4	5	5	5	5	5	3	3	3	4	4	5	5	5	5	3
O38	Patrícia Q.	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5
O39	Diana	2	1	1	1	1	1	1	1	6	4	2	1	1	1	1	1	1	6	4
O40	Margarida	1	1	1	1	1	1	3	3	4	5	1	1	1	1	1	3	3	4	5

Tabela 25 - Matriz dos Tempos 2 Pólos.

	Matriz dos Tempos para modelo 2 Pólos																																										
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10			
Luzia Almeida	1	2	2	3	5	5	5	5	5	5	1	2	2	3	5	5	5	5	5	5	1	2	2	3	5	5	5	5	5	1	2	2	3	5	5	5	5	5	5	5	5		
Mª Jose	0	0	1	1	1	1	2	6	6	6	0	0	0	1	1	1	2	6	6	6	0	0	1	1	1	1	2	6	6	6	0	0	1	1	1	1	2	6	6	6	5	5	
Susana Peix.	5	5	1	1	0	1	6	6	6	2	6	6	1	1	0	1	6	6	6	2	6	6	1	1	0	1	6	6	6	2	6	6	1	1	0	1	6	6	6	2	2	2	
Teresa P.	5	3	2	0	0	3	0	1	4	2	5	3	2	0	0	3	0	1	4	2	5	3	2	0	0	3	0	1	4	2	5	3	2	0	0	3	0	1	4	2	2	2	
Marília	3	3	3	0	0	2	0	5	5	2	3	3	3	0	0	2	0	5	5	2	3	3	3	0	0	2	0	5	5	2	3	3	3	0	0	2	0	5	5	5	2	2	
Anabela A	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	
Tania	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Rita	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Iolanda	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Susana G	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	
Elsa Almeida	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	2
Fernanda Leite	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Teresa Nogueira	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Celia	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Carla M.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Alexandra Brites	5	5	5	4	0	0	1	5	5	5	5	5	5	4	0	0	1	5	5	5	5	5	5	5	4	0	0	1	5	5	5	5	5	5	4	0	0	1	5	5	5	5	
Rosa Costa	4	4	4	1	0	2	3	3	3	3	4	4	4	1	0	2	3	3	3	3	4	4	4	1	0	2	3	3	3	3	4	4	4	1	0	2	3	3	3	3	3	3	
Mª Sol	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Xana	2	2	2	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	0	0	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Lurdes	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	
Fátima Machado	1	1	1	1	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	2	2
Paula Teixeira	4	1	2	2	3	3	4	4	4	2	4	1	2	2	3	3	4	4	4	2	4	1	2	2	3	3	4	4	4	2	4	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	2	2
Palmira	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	
Carina	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Marlene Cardoso	4	4	3	3	1	3	5	5	5	1	4	4	3	3	1	3	5	5	5	1	4	4	3	3	1	3	5	5	5	1	4	4	3	3	1	3	5	5	5	5	1	1	
Mª Céu	4	4	4	2	1	0	1	4	4	2	4	4	4	2	1	0	1	4	4	2	4	4	4	2	1	0	1	4	4	2	4	4	4	2	1	0	1	4	4	4	4	2	
Alexandra Sousa	5	5	4	4	4	4	1	1	4	4	5	5	4	4	4	4	1	1	4	4	5	5	4	4	4	4	1	1	4	4	5	5	4	4	4	4	1	1	4	4	4	4	
Eugenia	5	5	5	5	2	2	1	1	2	5	5	5	5	5	2	2	1	1	2	5	5	5	5	5	2	2	1	1	2	5	5	5	5	5	5	2	2	1	1	2	2	1	
Raquel	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Manuela Freitas	5	4	4	4	4	4	4	4	4	0	5	4	4	4	4	4	4	4	4	0	5	4	4	4	4	4	4	4	4	0	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	
Ana Paula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Isabel Leite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Marlene Silva	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	
Berta	2	2	1	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	
Olinda Cabral	4	4	4	4	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4	1	3	4	4	4	4	4		
Zelia	3	2	1	1	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Liliana	3	3	2	2	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	
Patricia Q.	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	
Diana	5	5	5	5	5	5	5	5	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	0	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	2	2	
Marganda	5	5	5	5	5	5	3	3	2	1	5	5	5	5	5	5	3	3	2	1	5	5	5	5	5	5	3	3	2	1	5	5	5	5	5	5	5	3	3	2	1	1	

9 ANEXO C: Documentos relativos ao tipo de aparelhos produzidos

Modelos Diferenciais Bipolares	
Modelo	Voltagem
5 AC – instant differential 500 mA	250V
5/15 AC – instant differential 500 mA	250V
10/30 AC – instant differential 550 mA	250V
10/30 AC – instant differential 300 mA	250V
15/45 AC – instant differential 500 mA	250V
15/45 S – differential selective 500 mA	250V
30/60 AC – instant differential 500 mA	250V
30/60 S – differential selective 500 mA	250 V
60/90 AC – instant differential 500 mA	250 V
60/90 S – differential selective 500 mA	250 V
Modelos Diferenciais Tetrapolares	
Modelo	Voltagem
10/30 AC – instant differential 500 mA	440 V
10/30 AC – instant differential 300 mA	440 V
10/30 S – differential selective 500 mA	440 V
30/60 AC – instant differential 500 mA	440 V
30/60 AC – instant differential 300 mA	440 V
30/60 S – differential selective 500 mA	440 V
60/90 AC – instant differential 500 mA	440 V
60/90 S – differential selective 500 mA	440 V

Modelos Não Diferenciais Bipolar	
Modelo	Voltagem
5/15 ND –non differential	250V
10/30 ND –non differential	250V
15/45 ND – non differential	250V
30/60 ND –non differential	250 V

Modelos Não Diferenciais Tetrapolar	
Modelo	Voltagem
10/30 ND – non differential	440 V
30/60 ND – non differential	440 V