

**Normalização de Tempos e Métodos na Produção de
Transformadores SHELL**

Efacec, Energia

José Pedro da Silva Flores

Projecto Final

Orientador na Empresa: Eng. Paulo Amaro

Orientador na FEUP: Prof. Manuel Pina Marques



FEUP

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

Julho de 2009

*Aos meus pais e avós, por assentarem todo o caminho que percorri
e
À Ana, por me ouvir sempre que precisei*

Resumo

O presente relatório descreve o projecto desenvolvido na EFACEC, Energia S.A. relativo à definição de normas produtivas e à análise de métodos e tempos na produção de transformadores SHELL. Define-se norma de produção como a referência que estabelece a melhor forma de executar uma determinada operação, enquanto a análise de métodos e tempos é o conjunto de ferramentas que permite definir a norma mais eficaz possível. A norma produtiva representa o melhor que se faz hoje e a base por onde se poderá fazer melhor amanhã. A análise do objecto de estudo propiciou a pesquisa de diversas metodologias das quais normalização da produção é parte integrante.

A primeira fase do projecto passou pela observação directa do chão de fábrica, tendo havido a oportunidade de analisar o processo produtivo na perspectiva do executante. O tempo passado na fase de análise permitiu determinar a abordagem considerada mais eficaz à problemática da definição de normas produtivas, tendo-se posteriormente procedido à análise formal do método de trabalho através da captura de imagens vídeo.

Após o levantamento do processo produtivo foram identificadas oportunidades de melhoria, tanto no método associado a uma tarefa específica como ao processo em si. Assim, determinou-se que além da definição de novas normas produtivas, seria também necessário actuar ao nível da fábrica com o objectivo subjacente da melhoria contínua. Foi também aferida a necessidade de adaptar a noção formal de normas à produção específica dos transformadores SHELL.

Numa segunda fase, foram apresentadas e implementadas as propostas de melhoria aos pontos previamente identificados. Fizeram-se diversas intervenções no âmbito de, por exemplo, a mudança rápida de ferramenta, a aplicação da metodologia 5S, a melhoria do planeamento, a melhoria do aprovisionamento e redução de stocks. Algumas das propostas ainda se encontram em fase de estudo e aprovação.

Em paralelo com a fase de melhoria de método foram sendo compilados os tempos associados às diversas operações executadas. Com os dados recolhidos foi possível desenvolver um algoritmo de previsão das necessidades produtivas, associado à introdução de uma sequência de produtos pré-determinada. O algoritmo de previsão baseia-se num modelo matricial de cálculo e no pressuposto de que a produção se faz por lotes. O protótipo ainda não foi validado.

Com este projecto, espera-se que o processo produtivo tenha ficado mais claro para todos os intervenientes, tanto na execução como na aprendizagem. Da mesma forma, é esperado um aumento em estabilidade e uniformidade, com o objectivo subjacente de reduzir constantemente as actividades sem valor acrescentado.

Standardization of Time and Methods in SHELL Type Transformers Production Line

Abstract

The report describes the project developed in EFACEC, Energia S.A. on the subject of defining of production standards and methods and time study in SHELL type transformers. Production standard is defined as the reference which establishes the best way to execute a determined operation, while methods and time study is the set of tools that allows the definition of the most effective standard possible. The production standard represents the best that is done today and the basis by which tomorrow it can be done better. The analysis of the object of study propitiated the study of several methodologies in which standardization is an integrating part.

The first phase of the project was comprised by the direct observation of the shop floor, being given the chance to analyze the productive process by the executer point of view. The time passed in the analysis phase allowed to determine the approach deemed more effective to the definition of work standards problem, being that, subsequently a formal analysis to the work method was done by video capture.

After the survey of the productive process there were identified some improvement opportunities, both on the method associated to a specific task as well in the process itself. Thus, it was determined that besides the definition of new work standards, it would also be necessary to act at the factory level, with the underlying objective of continuous process improvement. It was also noticed the necessity of adapting the formal notion of work standards to the specific type of production of SHELL transformers.

On a second phase, several improvement propositions where presented and implemented related to the previously identified opportunities. Several interventions were done under the influence of, per example, quick die change over, implementation of 5S methodology, improvement of planning, improvement of internal supply chain and stock reduction. Some of the propositions are still in the study and approval phase.

In parallel with the method improvement phase, several production times were being compiled. With the collected data, it was possible to develop a production necessity prediction algorithm, associated to the input of a pre-determined product sequence. The prediction algorithm is based in a matrix like model with the assumption that production works by lot. The prototype is yet to be validated.

With this project, it's expected that the productive process has become clearer for all that are involved, both in execution as apprenticeship. It also expected an increase of stability and consistency, with the underlying objective of constantly reducing no value added activities.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os colaboradores da Efacec que facilitaram a minha integração durante o projecto. Pelo seu apoio, ajuda e conselhos queria agradecer particularmente ao Sr. Victor Costa, Sr. Carlos Moreira, Sr. Norberto Silva, Eng. Hélio Teixeira, Eng. Francisco Batista e Eng. Ricardo Ramalho. Gostaria ainda de agradecer especialmente aos colaboradores da prensa dos moldados: o Sr. Abílio Aguiar e o Sr. Nelson Ferreira, bem como ao Sr. Hamilton Gomes do posto dos acabamentos.

Ao Eng. Paulo Amaro pelo conhecimento que partilhou, pelo apoio e pelo esforço contínuo de abrir horizontes.

Ao Professor Pina Marques pela paciência e rigor com que me orientou.

Finalmente, mas não menos relevantes, gostaria de agradecer a todos os colegas da Efacec que contribuíram para um ambiente de trabalho positivo e construtor.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Apresentação do Grupo Efacec	1
1.1.1	O Grupo Efacec.....	1
1.1.2	História do Grupo	2
1.1.3	Organização do Grupo	3
1.2	O Objecto de Estudo na Efacec Energia S.A.	5
1.2.1	Sistema de Produção Efacec, SPE	6
1.2.2	Enquadramento do Estudo dos Métodos e Tempos no SPE	6
1.3	Organização e Temas Abordados no Presente Relatório	7
2	Apresentação do Problema.....	8
2.1	O Objecto de Estudo no Sistema Produção Efacec.....	8
2.1.1	Transformador tipo SHELL.....	8
2.1.2	Diagrama de Processos	11
2.1.3	Relação Cliente-Fornecedor.....	13
2.1.4	A Prensa dos Moldados Rectos e Posto de Acabamentos	14
2.1.4.1	Moldados Rectos.....	16
2.2	Análise do Método de Trabalho	19
2.2.1	Posto da Prensa dos Moldados Rectos	19
2.2.1.1	Verificação no BOBST.....	19
2.2.1.2	Moldação.....	19
2.2.1.3	Molha e Transporte de Matéria-Prima.....	19
2.2.1.4	Condicionamento para Transporte	20
2.2.1.5	Abordagem ao Posto da Prensa de Moldados Rectos.....	20
2.2.2	Posto de Acabamentos	20
2.2.2.1	Verificação BOBST.....	20
2.2.2.2	Colagem	21
2.2.2.3	Puncionamento.....	21
2.2.2.4	Condicionamento para o Transporte	22
2.2.3	Gráfico de Processos	22
2.2.3.1	Posto da Prensa de Moldados Rectos	22
2.2.3.2	Posto de Acabamentos	23
2.3	Normas Produtivas na Produção SHELL	24
2.4	Resumo das Oportunidades de Melhoria.....	25
3	Revisão Bibliográfica.....	27
3.1	<i>Lean Manufacturing</i>	27
3.1.1	Valor e Desperdício.....	27
3.1.2	Cadeia de Valor.....	29
3.1.3	Fluxo	29
3.1.4	<i>Pull</i>	30
3.1.5	<i>Kaizen</i>	31
3.1.6	Conceitos Fundamentais da Filosofia <i>Kaizen</i>	31

3.2	Ferramentas <i>Lean/Kaizen</i> Utilizadas.....	33
3.2.1	Desenho de <i>Layout</i>	33
3.2.2	5S – <i>The Good Housekeeping</i>	34
3.2.3	<i>Single Minute Exchange of Die</i> – SMED.....	36
3.2.3.1	Fase Preliminar: <i>Setup</i> Interno e Externo são indistintos.....	36
3.2.3.2	Fase 1: Separação do <i>Setup</i> Interno do Externo.....	37
3.2.3.3	Fase 2: Conversão do <i>Setup</i> Interno para Externo.....	38
3.2.3.4	Fase 3: Melhoria Sistemática de Todos os Processos Envolvidos.....	39
3.2.3.5	Análise Crítica ao Método SMED.....	39
3.2.3.6	SMED na Normalização de Tempos e Métodos.....	40
3.2.4	Normalização.....	40
3.3	Engenharia de Métodos.....	42
3.3.1	Estudo do Método.....	43
3.3.1.1	Observação.....	43
3.3.1.2	Recolha, Registo e Análise Crítica de Dados e Informações.....	43
3.3.2	Medição do Trabalho.....	44
3.3.2.1	Estimativas.....	44
3.3.2.2	Observação Directa e Medições.....	45
3.3.2.3	Sistemas de Bases de Dados Padrão.....	45
3.3.2.3.1	<i>Methods-Time Measurement</i> (MTM-1).....	47
3.3.2.3.2	<i>Work Factor</i> (WF).....	48
3.3.2.3.3	<i>Basic Motion Time Study</i> (BMT).....	48
3.3.2.3.4	MODAPTS.....	48
3.3.2.3.5	BasicMOST®.....	49
3.3.3	A Engenharia de Métodos na Normalização de Tempos e Métodos.....	49
4	Apresentação da Solução Proposta.....	51
4.1	Descrição Sucinta da Metodologia de Abordagem.....	51
4.2	Novas Normas de Produção.....	51
4.2.1	Posto da Prensa de Moldados Rectos.....	52
4.2.1.1	Áreas de Trabalho do Posto.....	52
4.2.1.2	Verificação no BOBST.....	53
4.2.1.3	Moldação.....	54
4.2.1.4	Molha e Transporte de Matéria-Prima.....	54
4.2.1.5	Condicionamento para o Transporte.....	55
4.2.2	Posto de Acabamentos.....	56
4.2.2.1	Áreas de Trabalho do Posto.....	56
4.2.2.2	Verificação BOBST.....	58
4.2.2.3	Puncionamento.....	58
4.2.2.4	Colagem.....	59
4.2.2.5	Condicionamento para o Transporte.....	60
4.2.3	Resultados da Implementação de Normas de Produção.....	61
4.3	Melhorias de Método.....	61
4.3.1	Aprovisionamento Interno.....	61
4.3.2	Armazenamento do Produto e Matéria-Prima.....	64
4.3.3	Eliminação de Operações Redundantes.....	67

4.3.4	Diminuição das Movimentações.....	67
4.3.5	Mudança de Ferramenta	69
4.3.6	Melhorias de Método a Abordar	78
5	Apresentação do Protótipo.....	79
5.1	Descrição Sucinta do Protótipo	79
5.2	Funcionalidade e Pertinência da Previsão de Necessidades Produtivas	79
5.3	Abordagem ao Problema da Previsão.....	80
5.3.1	Categorias do Produto	80
5.3.2	Abordagem Matricial	80
5.3.3	Posto da Prensa de Moldados	83
5.3.4	Posto de Acabamentos	83
5.3.5	Conclusão do Protótipo	84
6	Actividades Paralelas	85
6.1	Certificação Ambiente e Segurança.....	85
6.2	Implementação dos 5S em toda a fábrica	86
6.3	Instalação de uma Nova Área Funcional.....	87
7	Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro	89
	Anexo A – Matrizes de Quantidade do Protótipo	93
	Anexo B – Código de Cores da Espessura de Calços.....	95

1 Introdução

O presente projecto foi desenvolvido no sector de produção de transformadores tipo SHELL, inserido na Área de Negócios da Efacec Energia S.A. No primeiro capítulo contextualiza-se o projecto quer relativamente ao sistema de produção, quer à unidade e à área de negócio correspondente. Será também abordado, de forma sucinta, o método utilizado na abordagem do problema.

1.1 Apresentação do Grupo Efacec

1.1.1 O Grupo Efacec

A Efacec, o maior grupo electromecânico nacional de capitais portugueses, define assim a sua missão (Efacec 2008):

“Somos o Parceiro Preferencial, na capacidade de Integração e Diferenciação de Sistemas Electromecânicos adaptando as Novas Tecnologias às tecnologias de base, dada a Flexibilidade e Qualidade das Soluções adaptadas aos Requisitos Específicos dos Clientes, capitalizando nas Capacidades Humanas e Inovação comprovadas da Efacec”

Trata-se portanto de uma empresa de cariz tecnológico, assente em competências, qualidade e empreendedorismo, sendo o conhecimento e os recursos humanos a sua “pedra de toque”.

Com cerca de 3000 colaboradores e uma facturação na ordem dos 600 milhões de euros em 2008 a Efacec está presente em 65 de países tendo na exportação o principal destino dos seus produtos (Esquivel 2008).

Conforme se pode verificar, a distribuição da Efacec é mundial, tendo a sua presença diversos patamares de investimento, conforme fica patente na Figura 1:



Figura 1 - Distribuição Efacec no Mundo em termos de Escritórios e Indústrias

O Grupo Efacec centra-se, em termos de mercado, em áreas de negócio complementares com acompanhamentos específicos de gestão. Todas as empresas reportam funcional e hierarquicamente à sua Área de Negócio e ao Administrador Executivo designado para o efeito.

A sua presença passa pelos sectores fundamentais ao desenvolvimento sustentável da sociedade, desde o transporte e distribuição de energia, às renováveis, ambiente e engenharia.

O crescimento do grupo tem-se pautado pela preocupação com o futuro, bem como pela criação de valor. A posição do grupo pode ser assim resumida (Efacec 2008):

- Volume de Negócios: 440M€
- Aumento de Vendas: 38%
- Aumento Resultados Operacionais: 75%
- Aumento de Encomendas: 91%
- Colaboradores: 3000
- Colaboradores com Formação Superior: 39%
- Produtividade: 187,1 Milhares Euros por efectivo
- Países com Presença: 65
- Aumento de Resultados Líquidos: 39%

1.1.2 História do Grupo

Em mais de 100 anos de história do grupo Efacec pode se salientar (Efacec 2008):

1905	Inauguração de “A Moderna, Sociedade de Serração Mecânica de Madeiras”.
1917	Esta pequena unidade, dirigida por Albino Ribeiro Gonçalves, produz os primeiros motores eléctricos fabricados em Portugal.
1921	É fundada a Electro-Moderna, Lda., “Fábrica de Motores e Geradores de c.a. e c.c. de Transformadores e de Acessórios Eléctricos” (EML).
1948	É fundada a sociedade Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas, S.A.R.L. (EFME), com o capital distribuído entre a Electro-Moderna (20%), os ACEC (20%), a CUF (45%) e outros accionistas (15%). Missão: “exercício da indústria, comércio, instalação e reparação de material eléctrico e mecânico e de todas as actividades correlativas”.
1949	Nova designação: EFA
1957	São dados os primeiros passos no desenvolvimento tecnológico na área dos Transformadores, bem como a sua produção.
1959	Em 1959, a EFA passa a constituir a maior sociedade portuguesa no campo da electrotecnia. Início da produção de Transformadores tipo SHELL.
1962	Nova designação: EFACEC
1970	As acções da EFACEC são admitidas, em 1970, na Bolsa de Valores de Lisboa.
1973	Crescimento de 2,5 vezes na área fabril e de 6 vezes do volume de encomendas desde 1966.
1987	Saída do sócio maioritário, ACEC, e início de um novo ciclo na empresa. Investimento na internacionalização.
2002	O ano de 2002 marca a viragem do Grupo, com o desenvolvimento de uma cultura interna mais focada no "valor sinérgico" das actividades das empresas participadas, na criação de valor e na orientação para o Cliente. Em termos quantitativos, o Grupo apresenta os maiores índices de rentabilidade de sempre.

- 2005 Prémio obtido no “Stock Awards 2005”, em que foi eleita a 2ª melhor empresa cotada da Euronext Lisboa. Obteve ainda o 2º lugar no “Investor Relations Awards 2005” referente ao Grande Prémio para o Melhor Programa Global de Investidores.
-
- 2006 Em 21 de Fevereiro de 2006 a Efacec retirou de bolsa todas as suas acções, na sequência da concretização, com sucesso, da operação de lançamento de uma Oferta Pública de Aquisição sobre as acções representativas do capital social da Efacec, por parte dos seus Accionistas de referência, Grupo José de Mello e Têxtil Manuel Gonçalves.
- Homenagem da Associação Industrial Portuguesa, atribuição da medalha de ouro, pelo contributo dado para a sociedade e economia portuguesas e para a imagem do país no estrangeiro.
- Inauguração do Laboratório de Ensaios de Transformadores de Potência, criando condições para abordar o mercado do EUA das grandes unidades e dando entrada no conjunto norte-americano dos maiores fabricantes mundiais de transformadores.
-
- 2007 Construção de uma fábrica de transformadores de potência em Effingham (USA - Geórgia), um investimento que ascenderá a cerca de 80 milhões de euros na sua globalidade.
- Obtenção de dois importantes reconhecimentos externos no âmbito da Responsabilidade Corporativa: conquistar o primeiro lugar (*ex-aequo* com a EDP) no prémio “Empresa mais Familiarmente Responsável”; uma Menção Honrosa na vertente do desenvolvimento económico, no prémio “Cidadania das Empresa e das Organizações”.
-
- 2008 Mudança de imagem, com um novo logótipo, associado ao slogan “Tecnologia que move o mundo”.

1.1.3 Organização do Grupo

Desde 2007 que o grupo Efacec está organizado em três principais áreas de negócios, com as respectivas unidades de negócio explícitas na Figura 2:

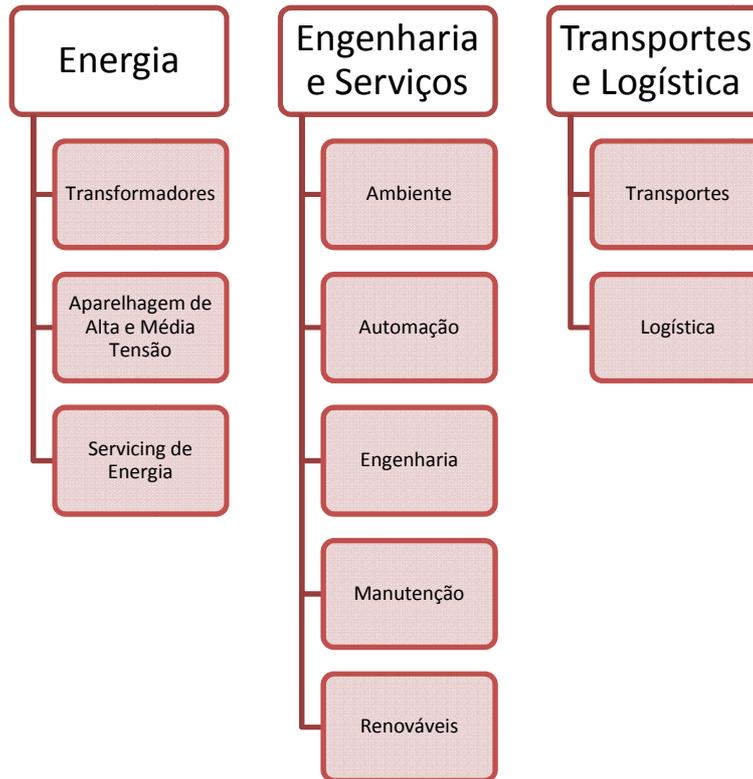


Figura 2 – Áreas e Unidades de Negócio

A unidade onde o projecto foi desenvolvido pertence à Área da Energia, na unidade dos transformadores da empresa Efacec Energia, Máquinas e Equipamentos Eléctricos, SA (EN). Esta unidade está dividida em duas linhas independentes associadas a dois tipos distintos de transformadores: os transformadores tipo SHELL, onde decorreu o projecto, e os transformadores tipo CORE. A diferença essencial entre ambos é o tipo construtivo e a tecnologia adoptada. A cada tipo estrutural está associado uma gama de potências que, havendo excepções, são complementares. A unidade divide-se então em:

- Transformadores tipo CORE (CT), até 250 MVA e 345 kV;
- Transformadores tipo SHELL (ST), até 600 MVA e 525 kV.

Em termos de mercados preferenciais a Efacec foca-se em 6 zonas internacionais distintas, conforme fica patente na Figura 3:

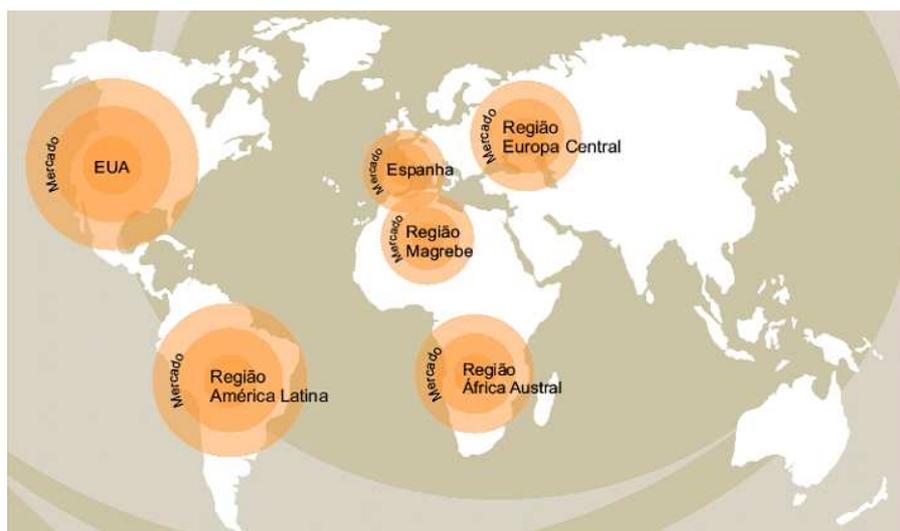


Figura 3 – Unidades de Mercado Efacec

1.2 O Objecto de Estudo na Efacec Energia S.A.

O ponto fulcral do projecto é a imposição de normas aplicadas aos processos produtivos. A melhoria contínua, a redução de tempos de paragem devidos à ausência de método e a atribuição de tempos com vista à previsão correcta das necessidades produtivas são consequências da imposição de normas. As vantagens de ter normas produtivas, mais ou menos rígidas, são abordadas no presente relatório bem como os passos encetados de forma a atingir os objectivos propostos.

A execução do projecto insere-se num contexto de trabalho muito mais abrangente, em que a produção de transformadores SHELL, classificada como *Job Shop* com baixo volume de produção num sistema *make to order*, é regida e apoiada por uma série de conceitos e ferramentas.

No início do projecto, aquando da necessidade de determinar exactamente qual seria a sua extensão, decidiu-se definir como objecto de estudo uma única célula de trabalho. A focalização na área dos isolantes estava já pré-definida. No entanto, faltava ainda determinar dentro desta secção quão abrangente seria o projecto.

A decisão de definir a célula dos moldados rectos como objecto de estudo deveu-se a diversos factores. De realçar a grande variabilidade dos componentes produzidos pela secção de isolantes, o facto de trabalhar em 3 turnos e por ser, comparativamente com as outras prensas de moldados, a que tem maior volume de produção. A célula é constituída por dois postos de trabalho: O Posto da Prensa de Moldados Rectos, onde o cartão é conformado à geometria necessária e o Posto dos Acabamento, no qual se executam as operações de colagem e puncionamento.

O projecto pode ser dividido em três partes fundamentais. Numa primeira fase, foi possível contactar directamente com o processo produtivo através da experimentação e visualização directa do método, tendo esta fase tido a duração aproximada de 3 semanas. Na segunda fase, procedeu-se ao levantamento dos métodos naquele momento existentes entre turnos e colaboradores. Assim, foi possível analisar cada uma das variações de métodos produtivos, procedendo-se posteriormente à elaboração de normas. A terceira e última fase passou pelo

desenvolvimento de um algoritmo de previsão das necessidades produtivas que, muito embora devesse ser feito apenas depois da total estabilização dos novos métodos, foi sendo preparado aquando da análise do sistema produtivo. Tanto o algoritmo como as normas produtivas foram ajustados à realidade do processo produtivo, encontrando-se um compromisso entre a prática e a teoria. Tanto o estudo do método como a implementação de melhorias a ele associadas foram feitos em simultâneo durante as duas últimas fases.

1.2.1 Sistema de Produção Efacec, SPE

O sistema de Produção Efacec, denominado SPE, é descrito da seguinte forma (Batista 2007):

“É um sistema de produção ajustado (Magro), flexível e disciplinado, definido por um conjunto de princípios e processos, onde grupos de pessoas capazes aprendem e trabalham juntas, com segurança, na produção de transformadores que consistentemente excedem as expectativas dos clientes em qualidade, custo e tempo”.

Trata-se portanto de uma filosofia de produção instaurada, que marca objectivos devidamente quantificados e apoia-se tanto nos seus recursos humanos como na sua capacidade de análise. O objectivo final é associar o *Know-how* com o *Know-Why* de forma a atingir e suplantando não só os seus objectivos como também os dos seus clientes.

Para isso apoia-se em algumas ferramentas basilares na gestão de produção actual, com o objectivo último de implementar conceitos como a produção *Pull*, fluxo contínuo e normalização do método, tais como (Batista 2007):

- *Value Stream Mapping*
- Eliminação de Desperdícios – 7W
- Fábrica Visual
- 5S
- *Single Minute Exchange of Die* (SMED)
- *Total Productive Maintenance* (TPM)
- Nivelamento de Produção

Destas ferramentas, algumas foram utilizadas no decorrer do projecto. As mais pertinentes serão devidamente descritas.

A área onde incidiu o projecto é classificada como o fornecedor interno da área denominada montagem de grupos, estando a produção condicionada ao cumprimento das necessidades do cliente. A ordem de produzir está portanto associada a uma encomenda específica do processo imediatamente a jusante. Nesta envolvência, o planeamento de produção e o bom funcionamento da relação cliente-fornecedor ganham especial importância tornando-se um requisito haver nivelamento e equilíbrio na produtividade entre turnos e equipas de colaboradores, justificando-se a definição de normas do processo produtivo.

1.2.2 Enquadramento do Estudo dos Métodos e Tempos no SPE

O Estudo dos Métodos e Tempos é considerado uma área clássica e histórica da gestão industrial, com raízes no século XIX. As perguntas a que tenta responder não se podem considerar recentes, já que a preocupação com o método de execução e a sua influência na optimização da produtividade remontam ao início da actividade industrial (PRONACI 2005).

“Actualmente, este conjunto de preocupações mantém-se, envolvendo não apenas o trabalho humano mas também o binómio homem/máquina, numa constante busca de melhoria, que se

traduz no aumento da eficácia e da produtividade dos sistemas industriais.” (PRONACI 2005)

O objectivo de aplicar este tipo de metodologia ao ambiente industrial dos Transformadores de Potência prende-se com as características do produto: complexo, feito por encomenda e com um prazo de entrega elevado. Cada transformador é, salvo algumas excepções, um projecto único.

A variabilidade induzida pelo próprio produto exige a redução da variabilidade no processo. É neste ponto que o projecto vai assentar: na redução da variabilidade do processo, analisando não só o método de trabalho e os tempos de execução mas também actuando ao nível da fábrica. Pretende-se criar as condições para a correcta aplicação das normas de produção, ao mesmo tempo que se aumenta a produtividade e se melhora o processo produtivo vigente.

1.3 Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

O relatório está organizado de forma a abranger seis áreas fundamentais na exposição do projecto.

A introdução, capítulo 1, apresenta o projecto, o tema abordado e a empresa na qual foi desenvolvido.

No capítulo 2 será exposto o problema. Apresenta-se o sistema produtivo e todo o processo de análise ao objecto de estudo, concluindo-se com as dificuldades e oportunidades de melhoria encontradas.

Em seguida, no capítulo 3, será feita uma compilação do estado de arte levando-se em conta toda a informação recolhida na análise ao sistema produtivo, de forma a expor as ferramentas disponíveis para o desenvolvimento do projecto.

No capítulo 4 são apresentadas as normas de produção e melhorias de método propostas, bem como os resultados possíveis de ter sido recolhidos. O algoritmo de previsão de necessidades produtivas é apresentado em pormenor no capítulo 5.

O capítulo 6 é constituído pela conclusão e propostas de trabalho futuro, enquanto a bibliografia está presente no capítulo 7. São ainda apresentados os Anexos A e B.

2 Apresentação do Problema

O principal objectivo proposto no início do projecto era o de estabelecer normas na produção de transformadores tipo SHELL. No entanto, a análise de métodos produtivos é uma consequência natural da definição de uma norma para esses mesmos métodos. De facto, para além da recolha e selecção de métodos já existentes, foram identificados diversos pontos possíveis de melhoria. Essas melhorias foram, sempre que possível, implementadas.

Complementarmente ao esforço de normalização, é também pertinente a atribuição de tempos referência de execução associados a determinadas tarefas. Desta forma é possível, por meio de um algoritmo de previsão de necessidades produtivas, calcular a carga de trabalho associada a uma ordem de produção. Existe portanto uma interdependência entre a definição de normas produtivas e o cálculo de cargas de trabalho. A melhoria contínua do processo produtivo e o aumento da produtividade são objectivos inerentes a qualquer iniciativa no âmbito do projecto.

O objecto de estudo escolhido foi a máquina de moldados rectos e posto de acabamentos, ambos localizados na zona dos isolantes. Durante este capítulo será sucintamente apresentado tanto o produto como o sistema produtivo dos transformadores de potência SHELL. Serão também abordados em pormenor os problemas identificados na fase inicial do projecto.

2.1 O Objecto de Estudo no Sistema Produção Efacec

De forma a compreender correctamente as questões que o projecto teria que abordar, foi necessário analisar previamente o sistema produtivo no seu todo. Tendo em conta que o SPE está concebido para funcionar em *Pull*, a produção esperada do objecto de estudo está relacionada com as necessidades do seu cliente imediatamente a jusante. No fluxo do produto são referidos tanto o produto final, o transformador tipo SHELL, como o produto intermédio, os moldados rectos. No sistema produtivo são referidos a relação cliente-fornecedor, a zona dos isolantes e o objecto de estudo. De salientar que à medida que se vai esclarecendo o sistema produtivo se irá também apontar alguns oportunidades de melhoria.

2.1.1 Transformador tipo SHELL

O Transformador tipo SHELL é um equipamento concebido para a minorar as perdas no transporte de energia em grandes distâncias através do aumento de tensão em linha enquanto se mantém a potência eléctrica constante. Na Figura 4 é possível observar um transformador em funcionamento:



Figura 4 - Transformador em funcionamento

É possível distinguir em esquema alguns dos constituintes principais na Figura 5:

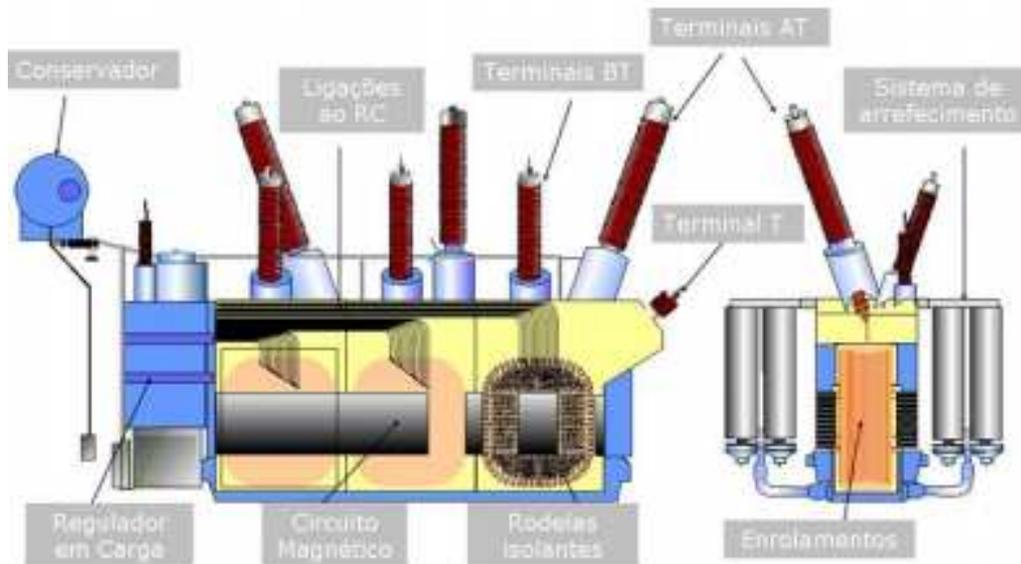


Figura 5 – Esquema de Transformador em Corte

As vantagens de utilizar um transformador deste tipo construtivo são as seguintes:

- Elevada fiabilidade e flexibilidade de *design*;
- Excelente repartição capacitiva das ondas de choque;
- Comportamento privilegiado aos esforços electrodinâmicos em curto-circuito;
- Elevada reactância no ar dos enrolamentos, reduzindo assim o valor da extra-corrente de ligação;
- Pequeno gradiente de corpo quente, com regularização óptima dos gradientes térmicos;
- Baixo nível de ruído;
- A construção em fases dissociadas permite o transporte separado das fases e tampo, viabilizando ou tornando mais económico o transporte de grandes unidades.

Por sua vez o transformador, em termos estruturais, é normalmente constituído pela parte activa, pela cuba e pelo equipamento auxiliar. A parte activa é constituída pelas fases, comumente três, e pelo circuito magnético. A cuba é uma construção soldada enquanto o equipamento auxiliar, no qual se contam radiadores e catenárias por exemplo, têm fornecedores externos. Na Figura 6 é possível observar um grupo de galletes, já com o isolamento colocado, à espera do posterior empilhamento de outros grupos para formar uma fase.



Figura 6 – Grupo na Posição de Empilhamento

Cada fase provém do empilhamento de vários grupos, sendo que por norma cada transformador tem três fases iguais denominadas U,V e W. Um grupo surge pela sobreposição intercalada de galletes, bobinas planas de cobre, e rodela de cartão isolante. Entre galletes, grupos e fases são colocados isolantes de cartão. A função destes isolantes é, para além do óbvio, garantir o afastamento entre galletes, a sua robustez estrutural e ainda garantir o fluxo de óleo necessário para o arrefecimento. No fim da formação de fase, ela é ainda seca no *Vapour Phase* e rodada 90 graus. Na Figura 7 apresenta-se uma fase, já rodada na posição de encaixe na cuba:



Figura 7 – Fase de um Transformador SHELL

A colocação do circuito magnético e da cuba é feito numa outra zona, denominada montagem da parte activa. A fase é disposta verticalmente na cuba inferior, sendo que apenas após esta operação é que são empilhadas as finas chapas magnéticas que constituem o circuito magnético. A cuba superior, com a cablagem previamente preparada, é posteriormente descida e as ligações eléctricas com o exterior são completadas. É feita ainda uma segunda secagem do transformador, usando já a cuba como receptáculo, seguida da montagem do equipamento auxiliar e dos testes no laboratório. Só após este processo é que se faz alguns acabamentos e se procede à expedição. Na Figura 8 é possível observar o processo de montagem do Circuito Magnético, constituído por chapa magnética empilhada, enquanto na Figura 9 demonstra-se o processo de colocação da cuba superior após rotação da fase e montagem do circuito magnético.



Figura 8 – Montagem do Circuito Magnético



Figura 9 - Colocação da Cuba Superior

2.1.2 Diagrama de Processos

Após a descrição do produto, vai-se proceder à caracterização do processo produtivo através do Diagrama de Processos da Figura 10. Desta forma enquadra-se o projecto e o objecto de

estudo na situação presente. De relembrar que o projecto foca-se numa célula de produção na zona de isolantes, representado neste diagrama pelo Corte dos Materiais Isolantes.

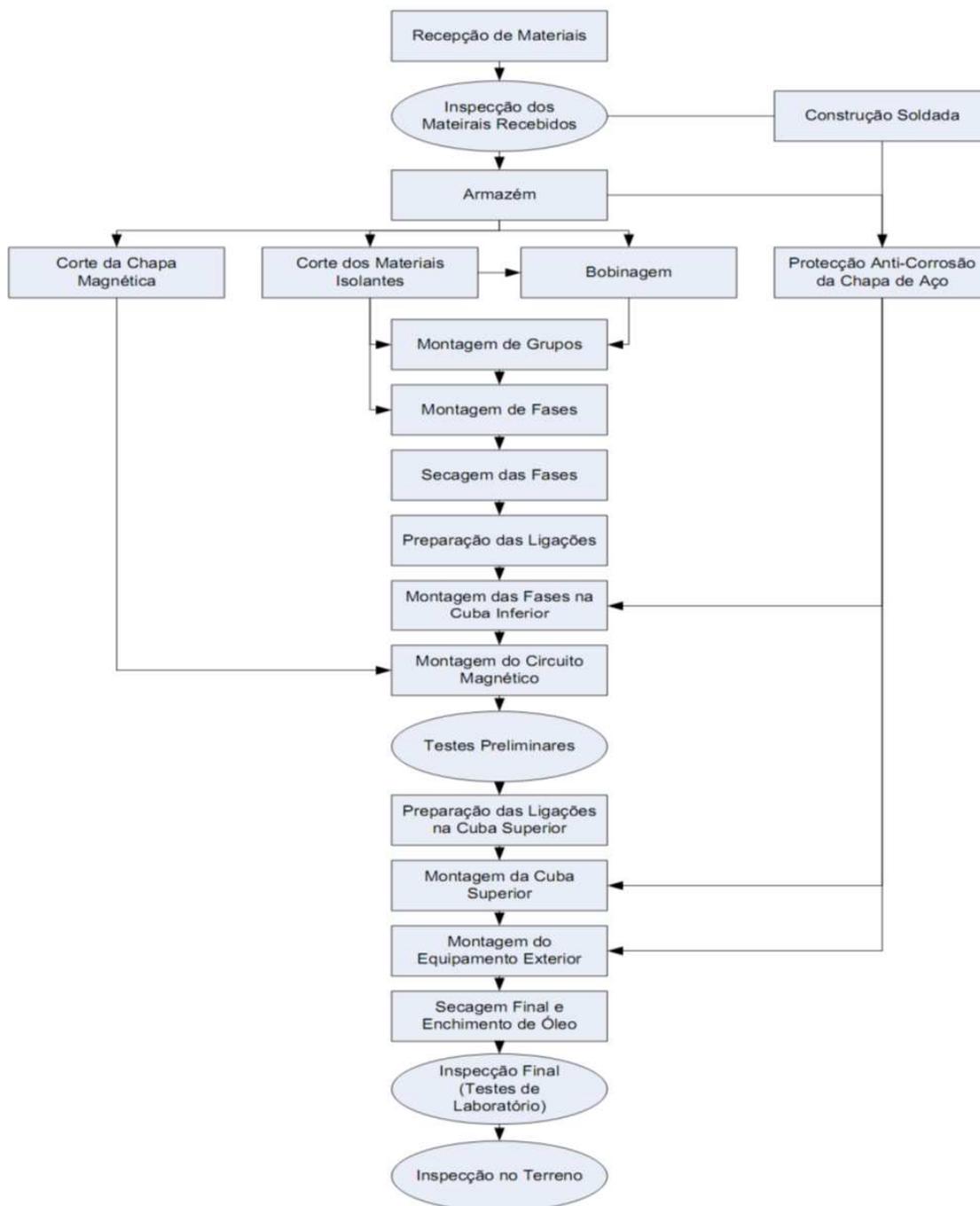


Figura 10 - Diagrama de Processos dos Tranformadores SHELL

Do diagrama de processos é possível concluir que o corte dos materiais isolantes localiza-se no início da cadeia de valor, recebendo matéria-prima directamente do armazém e fornecendo a três áreas: bobinagem, montagem de grupos e montagem de fases. A bobinagem e montagem de grupos pertencem à mesma área funcional, sendo que a montagem de grupos é o gargalo em termos de produção, enquanto os produtos fornecidos à bobinagem e montagem de fase são de baixo impacto em termos de produção. Sendo um fornecedor directo da área

que condiciona a produtividade de toda a fábrica, trata-se de uma zona fulcral em termos produtivos.

2.1.3 Relação Cliente-Fornecedor

A dinâmica de produção da fábrica SHELL depende essencialmente da relação entre o cliente e fornecedor internos já que as zonas restantes, montagem de activo, expedição, laboratório e spray final funcionam com um ritmo próprio, com uma relação directa com a mão-de-obra disponível. Define-se como cliente interno a área funcional da montagem de grupo, sendo o fornecedor a área da moldação. Existe um fluxo de produtos do fornecedor para o cliente condicionado ao fluxo de informações, nomeadamente encomendas, em sentido contrário.

Antes de mais é pertinente expor o *Layout*, explicito na Figura 11, que abrange as zonas dos isolantes, bobinagem, montagem de grupos e montagem da parte activa.

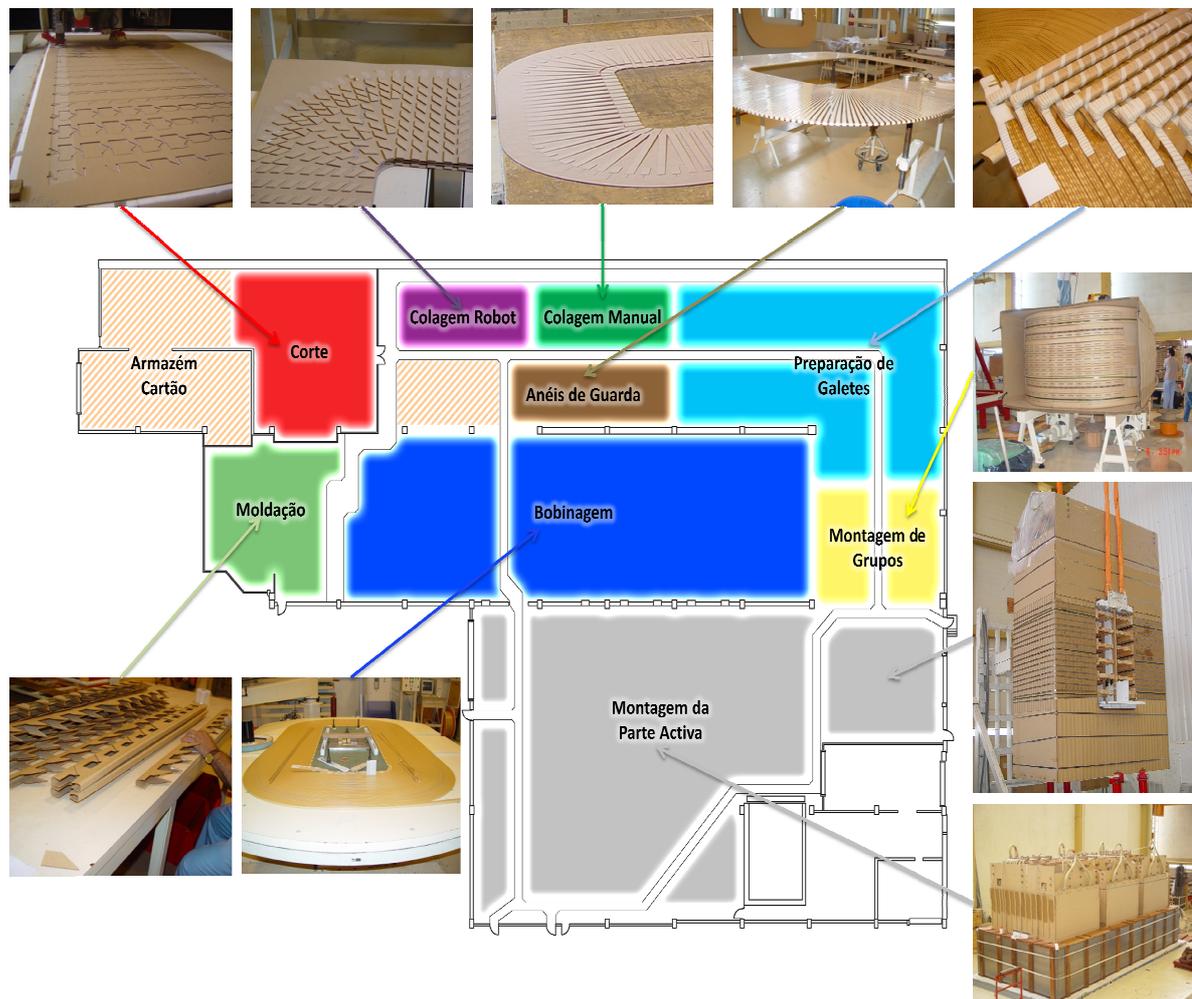


Figura 11 - *Layout* das Áreas Funcionais no chão de fábrica

Da mesma forma, é igualmente apresentado na Figura 12 o fluxo de produtos entre as duas zonas essenciais: os isolantes e a montagem de grupo. Nos isolantes estão incluídas as áreas de corte de cartão, moldação, colagem de rodela e anéis de guarda. Na montagem de grupos incluem-se as áreas de preparação de grupo, bobinagem e calibração de galetes e a montagem de grupos em si. É ainda referida a montagem da parte activa haver fluxo de produtos directo dos isolantes.

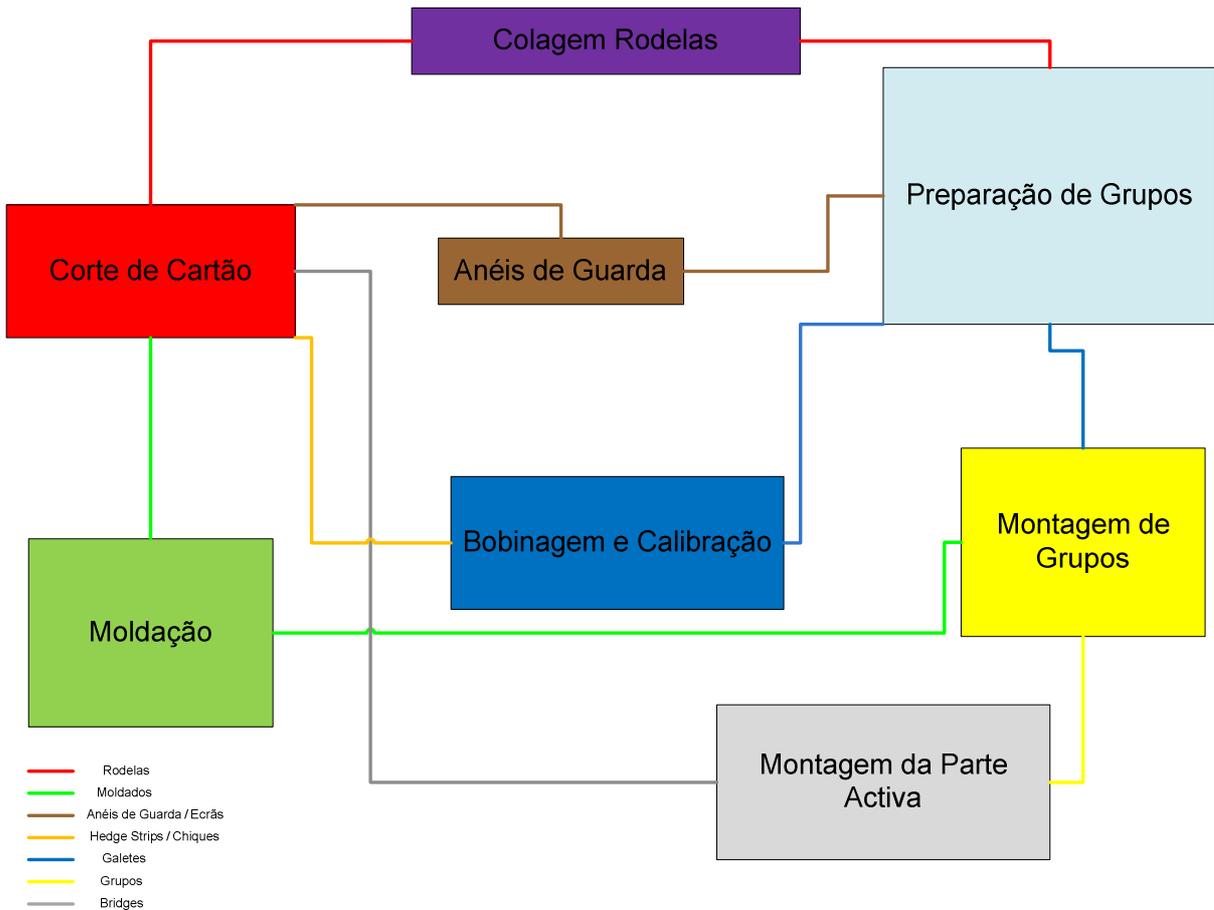


Figura 12 - Fluxo de Produto por Áreas Funcionais

A zona funcional de montagem de grupos/preparação de grupos é a que marca o ritmo de produção a toda a fábrica. Trata-se portanto do *bottleneck* que condiciona toda a produção de transformadores e deve-se garantir que não existam aqui roturas de stock. A zona de bobinagem e a zona de isolantes servem como fornecedores ao cliente interno, sendo que a bobinagem pertence à mesma zona funcional que a montagem de grupos e está sincronizada com as suas necessidades. No que toca aos isolantes, o esforço constante de ter as ordens de fabrico associadas ao consumo do produto por parte do cliente esbarra contra algumas questões de ordem de planeamento. Isto deve-se essencialmente a dois factores: o consumo por picos de moldados e a necessidade de condicionar a produção às mudanças de ferramenta. Existe uma razão funcional por detrás de ambos os factores: os transformadores contêm três fases idênticas. Isto é, o cliente apenas necessita da matéria-prima para uma fase de cada vez, enquanto o fornecedor produz simultaneamente moldados em triplicado. À parte de questões de comunicação, não existe neste momento forma de estimar o tempo necessário para produzir uma determinada sequência de moldados. Este tipo de previsão de necessidades é fulcral para nivelar a produção e ajustar o ritmo do fornecedor ao ritmo de produção mais a jusante.

2.1.4 A Prensa dos Moldados Rectos e Posto de Acabamentos

A célula de trabalho responsável pela produção de moldados rectos é constituída por dois postos distintos: a prensa que molda o cartão, representada na Figura 13 e o posto responsável pelos acabamentos que são, nalguns casos, necessários.



Figura 13 - Prensa dos Moldados Rectos

Esta célula encontra-se inserida na zona funcional dos moldados que por sua vez se insere nos isolantes. O *Layout* actual, devidamente enquadrado na secção, é representado na Figura 14:

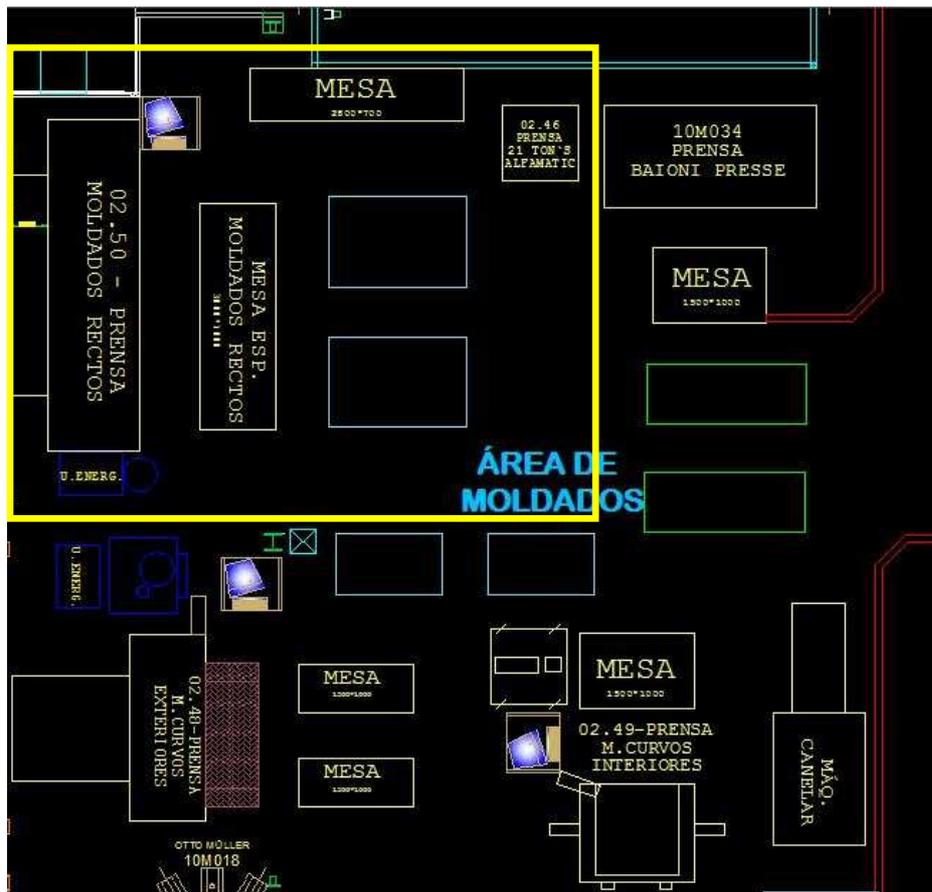


Figura 14 - *Layout* da Célula de Trabalho dos Moldados Rectos

Em termos de equipamentos presentes na célula são de referir:

- Prensa Moldados Rectos: equipamento que conforma plasticamente, com aplicação de pressão e calor, o cartão e acrescenta valor a um ritmo imposto pelo tempo requerido de fecho de prensa. Devido a esse limite de ritmo, trata-se de uma posição crítica em

termos de organização de trabalho. Tem como comprimento útil de punção 3000 mm e uma saliência de trabalho para auxiliar a moldagem. O avanço das peças na posição de trabalho é dado por duas paralelas com metade do comprimento da prensa;

- Mesa de Apoio à Moldação: mesa onde é preparado o trabalho para a prensa. Cada peça de cartão necessita de ser molhada, pelo menos, 20 minutos antes da sua conformação. Serve igualmente para marcar o número de referência em cada conjunto de moldados;
- Mesa de Apoio ao Acabamento: suporte onde as peças são marcadas para colagem e puncionamento, quando necessário, e onde a colagem é efectuada. Serve também de apoio para o puncionamento.
- Prensa de Puncionamento: equipamento onde são puncionados os moldados que assim o exigem para fins de passagem de óleo e ligações ao exterior. É também utilizada por outras células da área.

Numa primeira observação do *Layout*, e numa posterior análise no chão de fábrica, foi possível determinar que existem bastantes movimentos associadas à produção. De salientar os movimentos associados ao armazenamento e ao puncionamento. Este último em especial apresenta-se crítico já que o mesmo equipamento é utilizado por todos os postos dentro da secção dos moldados.

O armazenamento do produto que transita entre os dois postos é também um ponto a melhorar. É utilizado o vão da mesa para colocar os moldados acabados de conformar. Consoante precisam ou não de acabamentos, nomeadamente colar e puncionar, os moldados são colocados debaixo da mesa de apoio à moldação ou de acabamentos respectivamente. Esta acção, proveniente da dificuldade de armazenamento, é desaconselhável por questões ergonómicas e por não tornar visível o trabalho em progresso.

Nesta fase é pertinente expor o produto intermédio produzido pela célula de produção já que, para além de permitir um melhor conhecimento da situação global, também ajuda a identificar mais oportunidades de melhoria.

2.1.4.1 Moldados Rectos

Nesta célula, tal como na totalidade da fábrica, o produto é determinado exactamente pelas necessidades do cliente. Apesar de, no caso particular do moldado, o ciclo de produção ser reduzido quando comparado com o produto final, o transformador, cada peça produzida não deixa de ser única. Trata-se portanto de um sistema *make to order* de elevado volume de produção. A informação proveniente do projecto que caracteriza cada moldado está devidamente parametrizada, de forma a permitir o já referido elevado volume em termos de design. Isto é, cada peça é única mas todas as peças são caracterizadas pelos mesmos parâmetros. De salientar na Tabela 1 a características dos moldados consoante os parâmetros:

Tabela 1 - Lista de Parâmetros dos Moldados Rectos

Parâmetro	Descrição	Influência Produtiva	Amplitude de Valores
X	Largura de um lado do moldado	Determina a largura do punção utilizado, logo impõe mudanças de ferramenta	7 a 320 mm
L	Comprimento do moldado	Número de peças possíveis de colocar na Prensa	≈100 a 3000 (máximo)
Y e Z	Largura de Lados de Moldado	Parâmetro Y existe sempre. Z igual a zero implica o moldado ser uma cantoneira. Implicam ainda ajuste das paralelas.	0 a ≈ 300
Y _k , Z _k e X _k	Medidas de Entalhe	A existência destes valores tanto pode implicar que o moldado tem entalhes nas abas, como necessita de ser puncionado no caso de ser uma cantoneira	30 a 50 mm
Y _{ti} , Y _{te} , Z _{ti} , Z _{te} , X _{ti} , X _{te} , R _{ti} , R _{te}	Espessura de Calços	A existência destes valores implicam a presença de calços, seja interiores ou exteriores, no respectivo lado do moldado. Determina a passagem pelo posto de acabamentos	0 a 12 mm
B	Largura do Punção	No caso de a peça não ser uma cantoneira, é este factor que indica a necessidade de a puncionar	16 ou 22 mm
Exer	Tipo de Execução	Dá informação acerca da totalidade de operações que a peça necessita de uma forma global. Não explicita pormenores concretos	p.e. 11C, 11A, 5R1, 5R2

Sendo assim é possível identificar cada tipo de peça produzida consoante os parâmetros que a definem. Podemos então distinguir na Tabela 2 os diversos tipos de moldados produzidos:

Tabela 2 - Tipo de Moldados Produzidos

Tipo de Moldado	Imagem	Parâmetros que o definem	Variações	Puncionamento	Colagem
Em U entalhado		X, Y, Z, Yk, Zk diferentes de Zero	Consoante o L podem ter comprimentos diferentes		Consoante o Yti, Yte, Zti, Zte
Em U emendados		X, Y, Z, Yk, Zk diferentes de Zero sendo que depende da execução	Consoante a execução, um índice pode consistir em duas ou três vezes mais moldados de dimensão inferior	n.a.	Consoante o Yti, Yte, Zti, Zte
Em U sem entalhe		X, Y, Z diferentes de Zero	Consoante o L podem ter comprimentos diferentes	B ≠ 0 implica Puncionamento	Consoante o Yti, Yte, Zti, Zte, Xte e Xti
Cantoneira		Z = 0	Consoante o L podem ter comprimentos diferentes	Xk e Yk neste caso implicam puncionamento	Consoante o Yti, Yte, Xte e Xti

Da parametrização dos moldados pode-se concluir que o produto é, em si, muito variável. Varia não só em quantidade, como em formato, atravancamento e sequência de operações.

Verificam-se dois problemas relacionados directamente com o tipo de produto. O condicionamento do produto para transporte torna-se uma actividade complexa sendo que os diversos tipos de moldados dificilmente são compatíveis. Soma-se por isso aos problemas de planeamento e nivelamento de produção mais um factor a contribuir para o excesso de carros. Por fim, aborda-se a questão da mudança de ferramentas. Tendo em conta a variedade de larguras de um lado do moldado (X) existentes e que cada X diferente implica um punção e um matriz específica, torna-se pertinente classificar a mudança de ferramentas como um ponto fulcral na dinâmica produtiva da área. O facto de a sequência produtiva estar condicionada ao número de mudanças acarreta grandes desvantagens na relação cliente-fornecedor, nomeadamente em termos de planeamento e capacidade de resposta.

2.2 Análise do Método de Trabalho

A análise do método vigente de trabalho é uma parte importante do presente projecto tendo em vista o esforço de normalização. Apesar da definição de normas e a análise de métodos não serem actividades directamente dependentes, existem vantagens e dificuldades associadas à sua aplicação paralela. A relação entre estas duas vertentes do trabalho será abordada posteriormente.

Logo no início do estudo optou-se por diferenciar dentro da célula os dois postos já referidos. Fez-se também um levantamento de todas as operações presentes em ambos os postos, sendo que, neste momento do projecto, não se tentou melhorar o método de trabalho. De seguida ir-se-á apresentar, para cada posto, as operações existentes e uma pequena descrição da função de cada uma.

2.2.1 Posto da Prensa dos Moldados Rectos

A prensa dos moldados rectos transforma a matéria-prima conformando placas de cartão até à forma correcta de moldados. A operação de moldar é a única que efectivamente acrescenta valor ao produto sendo que, idealmente, todas as outras actividades deverão ser feitas em paralelo com a máquina a moldar. Aqui aproveita-se a distinção entre o tempo da máquina e o tempo do homem.

2.2.1.1 Verificação no BOBST

O BOBST é o suporte informático que permite aceder aos parâmetros de cada moldado. Antes de cada moldado ser processado é feita a verificação das suas características por índice. As informações pertinentes para a moldação já são marcadas no próprio cartão após o corte. Esta verificação conta como uma inspecção.

2.2.1.2 Moldação

A operação de moldação é automatizada na sua totalidade. Ao operador cabe a responsabilidade de maximizar o espaço disponível na área de trabalho e, nos casos que é necessário, ajustar as duas paralelas para poder moldar peças com abas diferentes. São colocadas as peças na matriz e é accionado o ciclo de moldação de 3:30 minutos, contados desde o início da deslocação do punção ao seu repouso na mesma posição. Este ciclo constante de trabalho veio a revelar-se importante na previsão da produtividade do posto.

A saliência auxiliar a todo o comprimento da prensa é utilizada para colocar o material prestes a ser moldado. Não existe qualquer critério para a quantidade de material transportado.

2.2.1.3 Molha e Transporte de Matéria-Prima

Toda a peça moldada deve ser molhada pelo menos 20 minutos antes da sua conformação. Esta imposição para garantir qualidade tem uma grande influência em termos produtivos. Tal deve-se essencialmente à necessidade de manter constantemente peças molhadas que garantam o contínuo trabalhar da máquina. O que ocorre é que na mudança de turnos existem paragens não programadas devido precisamente à falta de material preparado para a moldação. O tempo de espera é usado para preparar trabalho, nomeadamente a escolha de índices e definição da sequência de moldagem.

A primeira operação que a matéria-prima sofre após o seu transporte é a molha, sendo esta operação que condiciona o fluxo de entrada na célula. A escolha de matéria-prima é feita no

carro e, preferencialmente mas não necessariamente, durante um ciclo de moldação. Neste momento não existe critério para o seu transporte, sendo que é tentado minimizar os movimentos.

2.2.1.4 **Condicionamento para Transporte**

Antes de a peça ser armazenada é necessário cintá-la com uma película plástica. Isto deve-se essencialmente a dois factores. Por um lado é necessário agrupar cada grupo de moldados que formam um índice. Por outro, e tendo em conta os fenómenos de contracção inerentes ao arrefecimento pós-moldagem, a cintagem do índice tenta garantir o mínimo de empeno possível.

O armazenamento é feito de forma a manter separados índices de transformadores ou localizações na galete diferentes, sendo que por localizações entende-se se os moldados têm índice par e se localizam no interior da galete ou têm ímpar e localizam-se no seu exterior. Nos transformadores monofásicos, mais pequenos, dividem-se os moldados apenas por transformador, enquanto nos trifásicos, maiores e mais comuns, a divisão é feita segundo a já referida localização. O que foi observado é que apesar de no primeiro momento de armazenamento não se perder muito tempo, a organização de encomendas torna-se um processo moroso e que não acrescenta qualquer valor.

2.2.1.5 **Abordagem ao Posto da Prensa de Moldados Rectos**

Após a observação directa do trabalho o que foi possível verificar é que, em termos produtivos, a ausência de normas só iria influenciar a produção se houvesse dificuldades em manter as operações necessárias para a moldação em paralelo com o ciclo da máquina. Já tendo sido, no entanto, referidas as paragens entre turnos devido à molha. Qualquer posterior aumento de eficácia em termos de métodos implica um aumento da folga dentro do ciclo e o eventual partilhar de funções com o posto de acabamentos. Sendo assim, conclui-se que, no caso deste posto, as normas servirão mais como garantia de qualidade e controlo do processo.

No que toca ao algoritmo de previsão das necessidades produtivas, o factor considerado essencial foi o trabalho em paralelo do operador. Este modo de actuar permite focar todo o esforço de previsão no ciclo da máquina e na ocupação da área de trabalho por fecho de prensa.

2.2.2 **Posto de Acabamentos**

Existem dois tipos distintos de acabamentos disponíveis para os moldados rectos: a colagem de calços e o puncionamento de entalhes e furos de passagem de óleo. Ao contrário do que acontecia no posto da prensa, nos acabamentos não existe distinção entre tempo do homem e da máquina já que a prensa de puncionar precisa da acção directa e contínua do operador.

2.2.2.1 **Verificação BOBST**

À semelhança do que acontece na moldação, também nos acabamentos cada índice é verificado antes de ser processado. Esta consulta acontece por duas razões distintas: a verificação que a informação marcada no moldado, como por exemplo se necessita de calços ou entalhes, está correcta e o recolher de dados adicionais relativamente a cada uma dessas operações. No caso de ser necessário colar é preciso saber onde e que tipo de calços, no caso

do puncionamento é preciso determinar não só que tipo de execução se trata, de forma a fazer a marcação, como também o tamanho do entalhe necessário.

2.2.2.2 Colagem

A colagem envolve em si três actividades distintas: o aprovisionamento de material necessário para a colagem, nomeadamente os calços respectivos de cada índice, a marcação do local onde cada calço irá ser colado e a colagem propriamente dita.

No que toca aos calços e o seu aprovisionamento, convém distinguir duas situações que podem ocorrer, dependendo do tipo de produto. No caso de se tratar moldados com entalhe, apenas existem dois tipos de calços utilizados em todos os tipos de peças. No caso dos moldados serem cantoneiras ou não-entalhados, existem diversos tipos de calços o que implica o seu aprovisionamento índice a índice. De acrescentar que o deslocamento associado à recolha de novos calços é de 52 metros, sendo que em termos de tempo gasto é ainda necessário contabilizar a escolha dos calços específicos.

Dependendo de tipo de peça e do seu tipo de execução pode ser necessário marcar a zona onde se devem colar os calços. Qualquer peça entalhada tem, à partida, marcados os pontos de colagem pelos próprios entalhes. Por sua vez qualquer peça que não tenha entalhe, quer seja em U ou cantoneira, carece de marcação. A marcação é feita usando moldes nos quais os moldados têm de ser centrados e as áreas de colagem devidamente assinaladas. Existem moldes gerais para todos os transformadores, dependendo das execuções, e outros que têm de ser refeitos para cada um. A centragem é feita índice a índice, com a posição do moldado fixa por gabaris em cartão, com o comprimento da peça medida ou consultada no BOBST.

A colagem dos calços é feita através da aplicação de cola branca num recipiente próprio, sendo que periodicamente é naturalmente necessário reencher os recipientes. O método de reenchimento neste momento baseia-se num bidão de cola e o uso de copos de plástico para abastecer o zipo. Esta operação pode dar azo a cola derramada.

O acto de colar em si é feito sem grande critério em termos de método. Existe entre a colagem e o condicionamento um tempo de espera enquanto as peças secam. Este período de secagem não tem um tempo determinado o que implica não haver igualmente critério de quantos índices devem ser mantidos na mesa. O que é mais comum acontecer é colar moldados até preencher o espaço disponível, não havendo por isso um lote de produção específico.

2.2.2.3 Puncionamento

À semelhança da colagem, também o puncionamento necessita da marcação da posição do furo. Independentemente do tipo de furo e do tipo de peça a marcação é sempre necessária, podendo ser feita ao mesmo tempo que a da colagem.

É aproveitada a mesa de apoio para colocar o índice a ser puncionado pelo operador, sendo que também nesta operação não há lote de produção definido. Nos casos em que seja necessário puncionar e colar é aconselhável, apesar de não estritamente necessário, que o puncionamento seja feito antes da colagem.

Existem neste momento alguns problemas com a extracção dos moldados após serem puncionados. A matriz e o punção de 16 mm apresentam algum desgaste implicando um corte menos limpo e a posterior dificuldade adicional na libertação do moldado.

2.2.2.4 Condicionamento para o Transporte

Tal como nas peças que não necessitam de acabamentos, também as que passam pelo posterior processamento, precisam de ser cintadas e condicionadas para o transporte. Este ponto é em tudo idêntico ao correspondente na secção 3.2.1.5.

2.2.3 Gráfico de Processos

Como ferramenta de análise formal do método escolheu-se o gráfico de processos. Para cada um dos postos foi feito um gráfico, analisando as operações individuais consoante o seu tipo e a sua classificação. De forma a facilitar a análise do gráfico, utilizou-se a seguinte nomenclatura para a classificação de operações definida na Tabela 3:

Tabela 3 - Nomenclatura de Classificação de Operações

Classificações de Operações	Sigla	Descrição
Essencial	E	Tem de se realizar para cumprir o Objectivo
Redundante	R	Objectivo da Operação Repetido
Simultânea	S	Mais que uma Operação realizada ao Mesmo Tempo no mesmo Objecto
Em Paralelo	P	Mais que uma Operação realizada ao Mesmo Tempo
Sem Valor Acrescentado	SVA	Operação que o Cliente não paga para ser Realizada

De forma semelhante à classificação, também ao tipo de operações foi atribuída nomenclatura específica, conforme fica definido na Tabela 4:

Tabela 4 - Nomenclatura do Tipo de Operação

Tipo de Operação	Sigla	Descrição
Operação	O	Modificação intencional numa das características de um Objecto
Transporte	T	Objecto que é deslocado de um lugar para outro
Inspeção	I	Examinação de um Objecto para identificação ou Verificação de Qualidade
Espera	E	Execução da próxima operação planeada não é efectuada
Armazém	A	Objecto mantido sob controlo e a sua movimentação necessita de alguma autorização

2.2.3.1 Posto da Prensa de Moldados Rectos

Após análise do processo, através da identificação das operações e atribuição dos tempos e movimentos, compilou-se a seguinte informação presente na Tabela 5:

Tabela 5 - Gráfico de Processos da Prensa de Moldados Rectos

Gráfico de Processos					
Objecto de Análise	Prensa de Moldados Rectos	Localização	Zona Isolantes	Folha Número	1
Objectivo do Estudo	Melhoria de Método	Equipamento	Prensa	Gráfico Número	1
Actividade	Moldação			Executante	Nelson Ferreira
Número de Operação	Nome	Tempo (s)	Deslocamento (m)	Tipo de Operação	Classificação
M1	Transporte Mesa - Suporte	13	1	T	SVA/P
M2	Extracção de Moldados da Prensa	13	1	T	SVA/P
M3	Introdução Cartão na Prensa	17	1	T	SVA
O1	Accionamento da Prensa	1	1	O	E
M4	Transporte MP e Organização para Molhar	46	8	T	SVA/P
I1	Verificação BOBST	45	3	I	SVA/P
O2	Molha	50	3	O	SVA/P
M5	Extracção de Moldados da Prensa	13	1	T	SVA
M6	Introdução Cartão na Prensa	17	1	T	SVA/P
M7	Preparação para Marcação	23	1	T	SVA/P
O3	Marcar	29	1	O	SVA/P
O4	Cintar	30	1	O	SVA/P
A1	Armazenamento dos Moldados	42	20	A	SVA/P

Deste diagrama conclui-se que, por norma, as operações associadas a este posto são de duração relativamente curta. De realçar o tempo atribuído às operações de molhar, de recepção de matéria-prima e de condicionamento. É conveniente referir que, apesar de o gráfico apresentar uma sequência, na prática estas actividades são realizadas de acordo com o planeamento a curto prazo do operador. A observação directa mostrou que, salvo as situações referentes à molha já referidas, a máquina mantém o ritmo de trabalho muito próximo do possível. As actividades que não funcionam em paralelo, o colocar e retirar material da prensa, já foram alvo de estudo e os tempos que lhes são atribuídos foram diminuídos com a implementação da saliência de suporte na prensa.

2.2.3.2 Posto de Acabamentos

À semelhança do que sucedeu no posto da prensa de moldados rectos, também foram utilizados os gráficos de processo como ferramenta de análise, sendo os dados compilados na Tabela 6 apresentada de seguida:

Tabela 6 - Gráfico de Processos do Posto de Acabamentos

Gráfico de Processos					
Objecto de Análise	Moldados Rectos	Localização	Zona Isolantes	Folha Número	1
Objectivo do Estudo	Melhoria de Método	Equipamento	Mesa; Zipo; Moldes; Fita Métrica; Computador	Gráfico Número	1
Actividade	Acabamentos			Executante	Hamilton Pereira
Número de Operação	Nome	Tempo (s)	Deslocamento (m)	Tipo de Operação	Classificação
I1	Verificação BOBST	45	3	I	SVA
O1	Preparação do Moldado	70	1	O	SVA
M1	Recolha de Calços por Índice	143	52	M	SVA
O2	Colagem	121	2	O	E
O3	Marcação para Puncionar	70	1	O	SVA
O4	Puncionamento	217	6	O	E
A1	Condicionamento	37	6	A	SVA

Na análise da Tabela 6, devem ser levados em conta diversos factores. Considerou-se o caso de uma peça que tenha de passar por todas as operações de forma a apresentar o caso mais complexo possível em termos de sequência de operações. Como já foi referido, a variação de produtos nesta área implica que haja diversos tipos de colagem consoante o produto, o tipo de calço utilizado e a zona de colagem. Como tal, e considerando que a problemática do tempo foi devidamente analisada no protótipo desenvolvido, em termos de análise de processo foram considerados valores médios. O mesmo é válido para o puncionamento e condicionamento.

Tendo isto em conta é possível extrair algumas informações importantes do gráfico de processo apresentado na Tabela 6. Existem diversas actividades, que não acrescentam valor, presentes no processo. Será nestas actividades que irá recair algum esforço de optimização ou, preferencialmente, eliminação. De realçar a recolha de calços por índice que, para além de requerer muito tempo, também implica grandes deslocações.

2.3 Normas Produtivas na Produção SHELL

Na produção SHELL estão definidas instruções operacionais para a maior parte das tarefas produtivas. Sendo instruções, estes documentos apresentam uma grande proximidade com a noção de normas produtivas. Indicam os materiais necessários, as relações entre produtos e também a sequência na qual determinada tarefa deve ser feita. No entanto, não indicam o método que deve ser usado e não levam em conta o tempo associado a cada tarefa, apenas fornecendo instruções gerais de como a matéria-prima deve ser processada, garantindo assim que o produto é executado de acordo com as especificações do projecto. São portanto instruções técnicas orientadas ao produto. A ausência de normas produtivas acarreta problemas essencialmente em duas áreas distintas: melhoria contínua e medição das cargas.

Conforme será posteriormente descrito, a normalização é o que verdadeiramente solidifica o esforço de melhoria contínua. As normas produtivas permitem, simultânea e efectivamente,

avaliar qualquer modificação proposta, ao mesmo tempo que garantem a aplicação de qualquer mudança de método que tenha sido aprovada. Esta garantia de aplicabilidade a longo prazo é especialmente pertinente quando se leva em conta a elevada frequência e baixo impacto que as implementações de melhoria contínua tendem a apresentar. É ainda de salientar que a presença de normas produtivas tem uma contribuição significativa na garantia de qualidade.

A medição da carga produtiva é um requisito fundamental em qualquer sistema de produção. Num sistema que tente produzir da forma mais magra possível, conseguir medir e prever as necessidades produtivas é ainda mais importante. As flutuações inerentes a um processo fora de controlo torna qualquer tipo de previsão objectiva uma actividade complexa. A problemática de ser possível medir trabalho é, neste momento, uma prioridade para a zona funcional do objecto de estudo.

2.4 Resumo das Oportunidades de Melhoria

Após a identificação das oportunidades de melhoria, elaborou-se um quadro resumo, explícito na Tabela 7, em que estas são listadas e indicadas as suas respectivas causas.

Tabela 7 - Tabela Resumo das Oportunidades de Melhoria

Causas	Oportunidades de Melhoria	Áreas Afectadas/Consequências
Dificuldades de Planeamento	Nivelamento de Produção e Ajustamento às Necessidades	Relação Cliente-Fornecedor
Disposição e Equipamento do O.E.	<i>Layout</i> Armazenamento entre Postos de Trabalho	Excesso de movimentos Stock pouco visível; Não aproveitamento de normas de armazenamento
Produto	Armazenamento de Produto Mudança de Ferramenta	Excesso de carros; Excesso de manuseamento na preparação de encomendas Produção condicionada às mudanças de ferramenta; Relação Cliente-Fornecedor
Análise do Método	Transferência de Material entre Postos Paragem não programadas Redundância de Operações Aprovisionamento de Material Preparação para Colagem e Puncionamento Reenchimento de Zipos Extracção de Moldados após puncionamento	Fluxo de Produção; Garantia de Qualidade; Estabilização de Produção Produtividade Produtividade Produtividade Produtividade Produtividade; Garantia de Qualidade Produtividade; Garantia de Qualidade
Normalização	Formalidade na Melhoria Contínua Previsão de Necessidades Produtivas	Produtividade; Garantia de Qualidade Relação Cliente-Fornecedor; Nivelamento de Produção; Medição do Trabalho

Estas oportunidades de melhoria foram abordadas, quer directa quer indirectamente, durante o projecto. A definição de normas de produção, à semelhança de qualquer actividade de engenharia industrial, apenas tem sentido se enquadrada num esforço de melhoria do status actual.

3 Revisão Bibliográfica

3.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing pode ser considerada mais uma filosofia ou forma de pensar do que propriamente uma metodologia. Tem associada a si uma série de ferramentas e métodos que, trabalhando em conjunto em direcção a um objectivo comum, permitem aumentar a produtividade e lucros de uma determinada unidade industrial. É possível identificar vários conceitos e princípios fundamentais na filosofia *Lean*, sendo que é da sua compreensão e aplicação individual que surge um sistema de produção robusto, flexível, previsível e consistente. (Feld 2001)

A filosofia de produção *Lean* pode ser definida com algum rigor através de uma perspectiva holística. Algo holístico é algo em que a soma das suas partes é inferior ao seu todo. Esta definição aplicada à produção *Lean* implica que os ganhos que a sua implementação apresenta são superiores aos ganhos da implementação de cada um dos seus pilares individuais. Trata-se portanto de uma filosofia integrada, com interconexões entre cada uma das suas vertentes, que apenas irão atingir a sua verdadeira utilidade quando utilizadas em conjunto (Feld 2001).

Devido à importância que é dada à filosofia *Lean* no paradigma industrial actual foi dado destaque ao seu conjunto de conceitos e ferramentas. No entanto, quer por reacção quer por acções paralelas, existem, actualmente, uma série de filosofias que apresentam conceitos semelhantes aos da *Lean*. Neste grupo inserem-se tanto as metodologias alternativas como sistemas de produção específicos de determinada empresa.

3.1.1 Valor e Desperdício

Para um praticante *Lean*, todas as acções na sua unidade industrial dividem-se em dois tipos fundamentais: os que acrescentam valor e os que não acrescentam valor, sendo que podemos definir acrescentar valor como “*qualquer actividade que transforma o produto ou serviço em valor para o cliente*” (Amaro e Pinto 2006). Uma operação que não cria valor pode eventualmente ser necessária por limitações tecnológicas, implicando por isso que sem mudanças a nível de processo não é possível a completa inexistência de actividades que não acrescentem valor. No entanto, qualquer actividade sem valor acrescentado para o cliente deve ser encarada como desperdício e marcada para eliminação. Podemos então definir por sua vez desperdício como “*todas as actividades que aumentam o custo, o tempo e não criam valor*” (Amaro e Pinto 2006).

Sendo este conceito geral, é pertinente classificar o desperdício em grupos que permitam uma identificação mais fácil no terreno. Os industriais nipónicos identificam o desperdício como (Amaro e Pinto 2006):

- *Muda*- Capacidade acima da procura, normalmente associado ao desperdício;
- *Mura*- falta de balanceamento de produção;
- *Muri* - Produzir mais que a capacidade.

A classificação mais comum e aceite é porventura a de Shigeo Shingo, proveniente do seu estudo ao sistema de produção *Toyota* em 1991 (Amaro e Pinto 2006):

- **Excesso de Produção:** Considera-se o desperdício mais grave. Trata-se de produzir a mais do que realmente se precisa, acumulando por isso *stock*. Normalmente tem origem na falta de planeamento, elevada percentagem de erros e mudanças de ferramenta demasiado demoradas para trabalhar com lotes reduzidos. O excesso de produção, para além do aumento do prazo de entrega e da redução de flexibilidade, implica ainda a camuflagem de problemas que, apesar de existirem, estão escondidos pela “protecção” do excesso de *Stock*. **Soluções:** *Just-in-Time*, Nivelamento de Produção, Fluxo Contínuo, SMED.
- **Espera:** Refere-se tanto ao tempo do Homem como ao tempo de Máquina. Qualquer tipo de espera de material deve ser eliminado. Pode ser devido a problemas de transporte, diferença de ritmos de produção a jusante e montante ou lotes demasiado grandes. **Soluções:** Balanceamento de Produção, SMED, Nivelamento de Produção;
- **Transporte e Movimentações:** Qualquer tipo de transporte, quer seja de colaboradores ou de material, deve ser minorado. Não se deve esperar eliminar este tipo de desperdício, mas sim diminuir a distância nas deslocações, diminuindo simultaneamente o lote de produção. **Soluções:** Células de Produção, Flexibilidade de Operadores e Processos, Produção Fluida, Produtos Modulares;
- **Desperdício do Processo:** São todos os desperdícios associados a processos que não acrescentam valor. Todos os processos geram perdas, sendo por isso pertinente reduzir ao máximo o seu número. Existe ainda a possibilidade de um processo mal definido introduzir defeitos no produto. **Solução:** os processos de produção devem ser continuamente revistos e substituídos, os colaboradores devem ser formados e devem ser efectuados esforços de automatização;
- **Stocks:** A presença de *Stock*, para além de ser em si desperdício, também é um indicador da existência de outro tipo de “*Muda*”. De facto, “*uma das melhores maneiras encontrar desperdícios é encontrar os pontos onde há tendência a existirem stocks*” (Amaro e Pinto 2006). As causas mais comuns para a acumulação de stocks são a aceitação da sua presença, a falta de Balanceamento de Produção, mau *Layout* e tempos de *Setup* longos. **Soluções:** *Pull*, SMED, Nivelamento de Produção;
- **Defeitos:** Nos desperdícios associados aos defeitos estão incluídos os custos de inspecção, resposta aos clientes e custo de reparações. Em termos de causas, normalmente os defeitos aparecem devido à falta de controlo de processo, com excessivo ênfase na inspecção, falta de normas de trabalho e falhas humanas. **Solução:** Implementar Procedimentos Padrão, Dispositivos de Detecção de Erros, Diminuição de Movimentos;
- **Trabalho Desnecessário:** Movimento que não é realmente necessário para executar uma determinada operação, podendo ainda ser lento ou rápido demais. Pode ser resultado da desmotivação dos colaboradores, mau *Layout*, instabilidade nas Operações ou falta de formação. **Soluções:** Apostar na Formação dos Colaboradores, Uniformizar o Trabalho, e gradualmente ir conseguindo um Fluxo Contínuo de Produção.

Fica portanto patente que na filosofia *Lean*, um dos mais importantes fundamentos a seguir é a constante procura de eliminar desperdício no processo produtivo, com o objectivo de se aproximar progressivamente ao processo industrial perfeito: produzir da forma mais flexível, eficaz e eficiente a nível de custo possível, apenas com operações que acrescentem valor (Carreira 2004).

3.1.2 Cadeia de Valor

A noção de Cadeia de Valor pode ser definida como o conjunto de todas as operações, acrescentando ou não valor, que são num determinado momento necessárias para transportar um produto através de dois fluxos essenciais: o fluxo da matéria-prima ao cliente e da concepção ao lançamento. Analisar algo através de uma Cadeia de Valor implica analisar o processo como um todo, mudando uma parte apenas se beneficiar o produto final (Rother e Shook 1999)

A correcta determinação do que é que é o valor numa determinada linha de produto leva a que seja possível traçar o percurso do valor através de todo o processo. Assim, identifica-se de uma forma sistémica e integrada quais os processos que criam valor e os que não criam, podendo estes ser ou não necessários. A correcta aplicação a diversos tipos de produto muitas vezes ajuda a descobrir desperdícios onde anteriormente não se pensava que haveria. Conforme se pode verificar, este conceito está estreitamente ligado à noção de valor para o cliente, sendo que estando fortemente orientado ao produto, apenas será útil se o valor estiver devidamente identificado (Carreira 2004).

De facto, a grande vantagem de esquematizar a Cadeia de Valor é precisamente a visão global que apresenta. Permite afastar a análise da melhoria pontual e realmente aplicar a melhoria contínua ao sistema no seu todo. É também uma linguagem comum às diversas vertentes e pessoas envolvidas num esforço de implementação *Lean*. Serve como um guia ao objectivo comum da organização. Não dá, no entanto, todas as informações necessárias, nem prevê os problemas que possam surgir. Nesse ponto, mesmo com uma Cadeia de Valor bem definida ainda é possível haver enganos durante uma implementação (Liker e Meyer 2006).

3.1.3 Fluxo

O conceito de Fluxo está directamente associado à noção de fazer o exactamente o que é necessário, apenas quando é necessário. A ideia é que os produtos fluam através da fábrica, na quantidade certa, sem entraves ou condicionantes produtivos. As implementações pró-fluxo são muitas vezes contra-intuitivas já que advêm de uma noção integrada de toda a cadeia de valor e não de apenas uma máquina ou célula. A redução de eficiência de uma parte da cadeia pode compensar o aumento de eficácia de toda a cadeia, tendo vantagens que, observando apenas o local de implementação, seriam inexistentes. O Fluxo de produção está intimamente ligado a ferramentas que agilizem a troca de tipos de produto na célula, como por exemplo o SMED, bem como a noções *Lean* como o lote unitário (Carreira 2004).

A metodologia *Single Minute Exchange of Die*, uma ferramenta à disposição da implementação *Lean*, será referida posteriormente. O lote unitário provém da noção de que o lote de produção deveria ser de um só elemento, garantindo um fluxo perfeito dentro de cada célula.

Tanto o fluxo unitário como a redução de stocks, estando necessariamente associadas entre si, funcionam de acordo com a metáfora do iceberg: a redução de nível de água – stock – vai

mostrando progressivamente as pontas do iceberg – problemas – que inicialmente estavam escondidas. Dessa forma, a aproximação ao modelo do fluxo contínuo, vai implicar necessariamente o surgir de problemas na produção, incitando nos responsáveis a responsabilidade de resolver quanto antes as questões que vão surgindo. Esta é, simultaneamente, a grande vantagem e desvantagem de implementar o fluxo unitário: uma só peça de *stock* de produção implica muito menos desperdício, mas também a ausência de alguma tolerância durante a fase de estabilização de processos (Liker 2004).

Tendo em conta a ambivalência do fluxo unitário, parece coerente que a sua implementação seja progressiva e cuidadosa. Uma paragem de linha pode ser vantajosa em termos de oportunidade de melhoria, mas deve-se equilibrar esse ganho a longo prazo com prejuízo a curto prazo, já que para se colher as vantagens do primeiro é necessário arcar com as consequências do segundo.

Sendo assim, “*O objectivo não é por em causa a performance. É prudente preparar a implementação para o fluxo ao eliminar previamente os problemas essenciais, avançando de forma intencionalmente cuidadosa e compreensiva, começando no planeamento e desenvolvendo a disciplina para resolver os problemas que surjam. Enquanto o processo melhora, tornando-se capaz, os parâmetros de controlo são comprimidos durante a fase de nivelamento, fazendo surgir a próxima fase de questões, num ciclo contínuo de melhoria contínua*” (Liker e Meyer 2006).

3.1.4 **Pull**

Num sistema *Lean*, a relação entre Cliente e Fornecedor internos é estreita e comunicativa. A capacidade produtiva do Fornecedor está directamente ligada às necessidades do Cliente, sendo que apenas é produzido o que é pedido. Este formato de ordem de produção permite diminuir stocks e aumentar a rotatividade do produto, mantendo assim a produção competitiva tanto em termos de custo como flexibilidade de produto. As ordens de produção podem ter suporte físico: cartões *Kanban* ou carros de encomenda ou suporte digital, mantendo, independentemente do suporte, o conceito de ordenar produção apenas com uma encomenda específica (Carreira 2004).

Muitas vezes, os conceitos de Fluxo e *Pull* são tidos como interdependentes. No entanto, é possível ter Fluxo Contínuo não tendo a produção comandada por ordens associadas ao consumo. A distinção está no conceito de o Fluxo definir o material enquanto se move de um processo para o outro e *Pull* definir quando e para quem é que ele tem de ser movido (Liker e Meyer 2006).

É igualmente pertinente distinguir produção *Pull* de produção *Push*. Existem três principais características que definem um fluxo *Pull*, diferenciando-o do *Push* (Liker e Meyer 2006):

- Definição: deve haver uma definição exacta entre cliente e fornecedor do tipo, quantidade e sequência de produtos;
- Dedicção: itens que são partilhados por ambas as partes devem ser dedicados a elas, incluindo locais, recursos, armazéns, recipientes, bem como o tempo comum de referência;
- Controlo: Método de controlo simples e visuais que permitam controlar se o acordo está a ser cumprido.

Numa produção *Push*, o cliente e fornecedor trabalham independentemente um do outro. Apesar de haver obviamente planeamento de produção, trata-se de uma fonte comum de

informação e não verdadeiramente de uma interligação produtiva. Como seria de esperar sem definição e dedicação não pode haver controlo interno à relação entre as duas partes, apenas quando comparadas ao já referido planeamento (Liker e Meyer 2006).

Na prática, o sistema *Pull* muitas vezes não é possível de ser implementado na sua vertente mais conceptual. A presença de *stock* entre etapas produtivas é um mal necessário na aproximação ao ideal *Lean*. Taiichi Ohno, considerado o fundador do *Toyota Production System*, reconheceu a necessidade de encontrar um compromisso entre o sistema *Push* tradicional e o sistema *Pull* com fluxo unitário (Liker 2004).

É deste compromisso que surge o conceito de supermercado e de *Kanban*. O supermercado contém uma reduzida quantidade de *stock* que o fornecedor deve reabastecer mal o cliente consuma o lote predeterminado. A produção é comandada pela associação do consumo do cliente à recepção de um *Kanban* por parte do fornecedor. *Kanban* é um termo japonês cujo significado geral pode ser traduzido como qualquer espécie de sinal. O cálculo da quantidade de *stock* presente no supermercado depende da taxa de produção e da taxa esperada de consumo do cliente, denominada *takt time* (Liker 2004).

Conforme se verá posteriormente o Sistema de Produção Efacec funciona num sistema essencialmente *Pull*. O produto final está totalmente condicionado à encomenda, sendo que apenas após esse momento é que se inicia o processo produtivo. Isto só por si não garante que o sistema funcione em *Pull* internamente, já que dentro destes parâmetros é possível trabalhar em *Push* síncrono associado ao *back ordering* planeado. No entanto, e atendendo às características já definidas, é possível confirmar a natureza *Pull* do SPE referida.

3.1.5 *Kaizen*

Kaizen é um conceito, originário no Japão, que abrange transversalmente diversas filosofias de produção actuais. Na verdade, a *Kaizen*, mais que um conceito é em si uma filosofia de vida transposta para a realidade industrial. No Japão a ideia de melhorar continuamente os vários aspectos da sua vida é algo enraizado na mentalidade comum da sociedade. É por isso natural que, devido à presença desse conceito guarda-chuva num patamar social, o Japão tenha um mercado tão competitivo (Imai 1997).

Industrialmente o conceito de *Kaizen* traduz-se por sucessivos esforços de melhorias simples e pouco dispendiosas, cujo objectivo último é evoluir de forma consistente e sistemática o sistema como um todo. É uma atitude que deve ser assumida por toda a estrutura da empresa. Trata-se de uma mentalidade de inovação que contrapõe a inovação por grandes passos, leia-se investimentos, com avanços pequenos mas frequentes. A natureza pouco intrusiva deste tipo de aproximação traduz-se em baixo investimento, boa capacidade de consolidação das inovações e, pelo pouco risco envolvido, em modificações a maior parte das vezes reversíveis (Imai 1997).

3.1.6 **Conceitos Fundamentais da Filosofia *Kaizen***

Masaaki Imai, no seu livro “*Gemba Kaizen*”, define uma série de conceitos fundamentais que devem introduzidos numa estrutura empresarial de forma a ajudar a instaurar uma mentalidade focada na melhoria contínua. É dado de forma inerente uma grande ênfase ao liderar por exemplo. Os conceitos a apreender são (Imai 1997):

- ***Kaizen* e Gestão:** Num modelo *Kaizen* o papel dos órgãos de gestão prende-se a três actividades distintas: **Manutenção, Melhoria Contínua e Inovação**. Anteriormente não

havia espaço para o tipo específico de inovações baratas e recorrentes implícitas nesta filosofia. A Figura 15 explicita a posição da melhoria contínua na gestão:

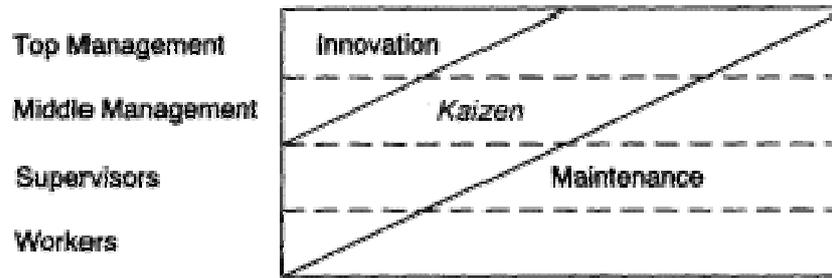


Figura 15 - Posição da Melhoria Contínua na Gestão

- **Processo Vs. Resultados:** O foco na gestão e nos esforços de melhoria devem ser os processos, já que os resultados têm origem no processo e não vice-versa. Se não se atingir os resultados planeados deve-se identificar a falha no processo que originou o erro, atingindo a doença e não o sintoma.
- **Seguir os ciclos PDCA/SDCA:** Estas metodologias cíclicas servem como ferramenta para assegurar a correcta e constante aplicação da filosofia de metodologia contínua. No caso do PDCA, *Plan* implica estabelecer uma meta a atingir e os passos para a atingir, *Do* associa-se à implementação do plano, *Check* implica verificar se a implementação continua de acordo com o plano e por fim *Act* pressupõe o estabelecer de normas de forma a impedir o regresso ao estado inicial ou planear um próxima implementação. O ciclo SDCA substitui o *Plan* por *Standardize* e é utilizado para estabilizar um processo recém implementado ou com algum descontrolo.
- **Colocar a Qualidade em Primeiro Lugar:** Entre os principais objectivos produtivos, qualidade, custo e entrega, a qualidade deve ser colocada em primeiro lugar. É por isso considerado um requisito de mercado os produtos terem a melhor qualidade possível, não podendo haver compromissos.
- **Quantificar os Dados:** Qualquer problema que surge deve ser traduzido por dados e informação concreta. A metodologia por detrás da filosofia *Kaizen* tem como base uma análise sistemática, objectiva e concreta e precisa por isso dados que se adequem a essa abordagem.
- **O próximo Processo é o Cliente:** Este axioma está intimamente ligado à noção de Cliente e Fornecedor interno e ao compromisso assumido de nunca fazer passar uma peça defeituosa como se ao cliente final se tratasse.

Associados aos conceitos fundamentais estão diversas actividades ou metodologias que traduzem para a prática os conceitos teóricos. Estas estruturas chave do *Kaizen* serão de seguida apenas referidos (Imai 1997):

- *Total Quality Control*
- *Just in Time Production*
- *Total Productive Maintenance*
- Política de Implementação
- Sistemas de Sugestões
- Actividades em Pequeno Grupo

Conforme ficará patente durante o relatório, grande parte da pertinência da definição de normas produtivas está estreitamente relacionada com a melhoria contínua. Tendo em conta aquilo que foi referido acerca do *Kaizen*, é directo afirmar que todo o que se implementa, sugere e modifica só será verdadeiramente um ganho se vier melhorar o processo existente e não oferecer uma variante do mesmo. Daí a necessidade de unificar o processo numa só forma de produzir.

3.2 Ferramentas *Lean/Kaizen* Utilizadas

A lista de ferramentas disponíveis para análise de ambientes de produção é extensa. Durante a apresentação do estado de arte no que toca às filosofias *Lean* e *Kaizen* já foram sendo referidas a maioria relacionada com a área de Produção. Neste projecto específico, utilizou-se em particular três ferramentas *Lean/Kaizen*: SMED, 5S e a normalização. Como seria de esperar, conceitos mais gerais como garantir fluxo, mudanças de Layout e planeamento de produção foram aplicados de forma inerente ao projecto. Durante esta secção do relatório ir-se-á apresentar, de forma mais concreta, as noções e metodologias que se utilizou de um ponto de vista meramente teórico. No entanto, quando se justificar, proceder-se-á a uma contextualização na situação actual. Essa contextualização será breve e devidamente aprofundada durante a descrição da implementação do projecto.

3.2.1 Desenho de *Layout*

A linha guia por detrás de um bom desenho de *Layout* passa por tentar garantir fluxo contínuo, o mínimo desperdício devido a movimentos e tentar impor flexibilidade nas operações, tanto em termos de número de elementos humanos como de taxa de produção variável.

Neste ponto é pertinente referir a noção de célula de produção, sendo definida como (Zandin e JMA 2004):

“Grupo de duas ou mais operações, máquinas ou postos de trabalho dedicados ao processamento de um ou número limitado de peças ou produtos”.

Tendo uma área limitada, uma célula de produção é normalmente pequena, virtualmente auto-regulada e comumente tratada como um único elemento de produção. Na organização interna de uma célula deve ser tido em conta a parte física, a parte operacional e a parte humana. Tanto o equipamento, como os procedimentos e os colaboradores devem estar devidamente estruturados de forma a se atingir a já referida auto-regulação. O objecto do estudo pode ser classificado como célula de acordo com a definição apresentada, mas falta-lhe a estrutura organizativa que lhe confere as características referidas. A aproximação ao modelo de célula de produção é menos relevante do que a garantia do fluxo de uma forma geral.

Relativo ao desenho do *Layout* propriamente dito, verifica-se que existe uma série de indicações gerais que orientam a organização da área de trabalho. A análise terá de ser necessariamente caso a caso, mas é possível estabelecer estas linhas guias (Feld 2001):

- Garantir que o fluxo flui numa só direcção;
- Reduzir deslocamentos do elemento humano e equipamento;
- Eliminar armazenamento entre operações;
- Eliminar duplo e triplo manuseamento;

- Colocar os componentes o mais perto possível do local de uso;
- Variar tarefas para evitar repetições de movimentos;
- Colocar todas as ferramentas e componentes dentro do raio de acção;
- Garantir deambulações curtas;
- Eliminar todo o tempo de espera;
- Manter presente que o armazenamento vertical tem uma maior taxa de ocupação que o horizontal;
- Dispor máquinas e equipamento de acordo com a sequência de operação;
- Envolver os colaboradores no processo de decisão.

Muitas destas noções são intuitivas e têm as suas raízes nos princípios de eliminação de desperdício, fluxo contínuo e melhoria contínua.

Durante o projecto, a mudança de *Layout* foi utilizada como um meio para atingir um fim. Ao mudar o *Layout*, para além de melhorar o fluxo, obteve-se uma melhor organização do local de trabalho, facilitando a definição de normas associadas ao método e melhorando as condições de trabalho dos colaboradores.

3.2.2 5S – *The Good Housekeeping*

O axioma *um lugar para coisa e cada coisa no seu lugar* já é lugar-comum no panorama industrial actual. A actividade 5S é muitas vezes tida como a base para qualquer tipo de implementação mais complexa. Exemplo disso é por exemplo o TPM e o SMED bem como qualquer tentativa de normalizar trabalho.

A metodologia 5S teve a sua origem num esforço conjunto num contexto industrial e como o próprio nome indica baseia-se em cinco passos distintos cujos nomes, originalmente em japonês e posteriormente traduzidos para diversas línguas, começam por S (Imai 1997):

- *Seiri (Sort)*

Conceito: Identificar e classificar todos os objectos presentes no local de trabalho em dois grupos distintos: necessários ou não necessários. Estabelecer limite máximo de objectos necessários. Este processo não só elimina material inútil e liberta espaço, mas também expõe uma série de oportunidades de melhoria de forma muitas vezes transversal à organização.

Execução: Por norma é reunida uma equipa 5S, incluindo necessariamente os colaboradores, que se desloca ao local de trabalho. Utiliza-se um qualquer sistema de marcação que distinga objectos necessários dos desnecessários, marcando os últimos. Na dúvida é preferível marcar e posteriormente justificar a presença do objecto na área de trabalho.

- *Seiton (Straighten)*

Conceito: Após a limpeza de todos os objectos e equipamentos não necessários, passa-se para a sua organização. Tem-se em conta a sua frequência de utilização e posição em relação ao posto de trabalho. O objectivo é minimizar o tempo e esforço perdido ao procurar e transportar equipamento. O *Seiton* também é aplicável a *stock* de material em curso de fabrico.

Execução: Para cada objecto e equipamento presente na área determina-se localização, nome e volume, estabelecendo limites máximos de quantidade. A marcação de áreas e a implementação de mecanismos que evitem o erro são normalmente usados. É determinado a

quantidade máxima de *stock* que poderá estar presente e o excesso deverá ser enviado a montante.

- ***Seiso (Scrub)***

Conceito: A limpeza de equipamento é um procedimento enganadoramente simples. Tendo em conta o axioma que diz que *limpar é verificar*, um colaborador ao limpar o seu equipamento ou máquina está ao mesmo tempo a verificar se existe algo que indique uma avaria. Não só se pode detectar avarias durante a limpeza, como uma máquina limpa permite um melhor controlo de sinais de alerta *a posteriori* e evita mesmo avarias relacionadas com a falta de condições.

Execução: A limpeza deverá ser não só da responsabilidade dos operadores do equipamento específico mas também de colaboradores de toda a estrutura empresarial. Este tipo de acções para além de reforçar o conhecimento directo do equipamento também reforça relações entre patamares de emprego diferentes. De igual forma a limpeza não deverá estar limitada ao equipamento em si, mas também abranger a área envolvente.

- ***Seiketsu (Systematize)***

Conceito: É possível interpretar de duas formas o *Seiketsu*. A primeira foca-se na própria pessoa, em manter-se devidamente equipada e o ambiente de trabalho saudável e limpo. A segunda passa por continuar a trabalhar no *Seiri*, *Seiton* e *Seiso* continuamente, diariamente.

Execução: Aplicar uma única vez os três primeiros S é relativamente simples. No entanto manter continuamente uma mentalidade em que os esforços da metodologia de melhoria contínua, nomeadamente os 5S, são aplicados de forma cíclica e sustentada já é uma tarefa que envolve alguma complexidade. O compromisso da administração é essencial e deve fazer parte do planeamento anual.

- ***Shitsuke (Standardize)***

Conceito: *Shitsuke* significa disciplina. Trata-se de mesclar os 4S anteriores na sua vida pessoal e profissional.

Execução: Trata-se de um objectivo pessoal e que deve ser perseguido de forma a atingir a verdadeira abrangência dos 5S.

É possível dividir os 5S em dois grupos distintos. Os que passam por actuar directamente na área de trabalho, seleccionando e eliminando material consoante a sua utilidade, e os que passam pelo compromisso directo da administração e pela disciplina pessoal.

Devido à necessidade de mudar mentalidades associada a um processo 5S, é vantajoso recorrer ao mais alto nível interno possível para vencer a inércia natural à mudança. Por outro lado, quanto mais abrangente for a variedade de cargos envolvidos e a liderar por exemplo, maior impacto terão os 5S na consciência colectiva (Feld 2001).

Sendo assim, é possível concluir que a metodologia 5S é uma ferramenta, ou sistema, que suporta uma filosofia de operação. Uma filosofia de disciplina, eficiência e atenção ao detalhe (Carreira 2004).

Tal como a mudança de *Layout*, a aplicação da metodologia 5S foi um meio para atingir o fim. A organização do local de trabalho é parte essencial de impor normas produtivas, já que só se houver sítios específicos para matéria-prima e equipamento utilizado é possível impor métodos.

3.2.3 **Single Minute Exchange of Die – SMED**

A metodologia SMED é, como o próprio nome indica, um conjunto de ferramentas e conceitos que pretende conseguir mudar qualquer ferramenta de qualquer máquina em menos de 10 minutos, isto é num intervalo de tempo com apenas um dígito de minuto (Feld 2001).

O seu objectivo é minorar o tempo em que um determinado equipamento, normalmente mas não necessariamente prensas, está parado durante uma troca de ferramentas. É de ressaltar que este objectivo não implica uma diminuição do tempo gasto a trocar ferramentas num determinado intervalo, mas sim conseguir mais trocas nesse mesmo intervalo (Feld 2001).

Em termos produtivos uma maior frequência de troca de ferramentas implica directamente um ganho em termos de flexibilidade na sequência produtiva, com vantagens directas nos esforços de redução de *stock*, produção *Pull* e *Just-in-Time* (Feld 2001).

No que toca à cronologia o SMED surge numa altura em que a sua relação com outros conceitos *Lean*, tantos os anteriormente referidos como ainda os relacionados com fluxo unitário, acaba por ser simbiótica, cada um permitindo e sendo permitido pela aplicação de outro.

No contexto das dificuldades pós II Grande Guerra, os antigos métodos de produção baseados no conceito de tamanho de lote económico, apresentavam-se impraticáveis devido ao mercado mundial bastante debilitado. O que Shigeo Shingo proponha é que, em situações em que a mudança de ferramenta em si apresentava baixos custos, o ganho de flexibilidade e a redução de *stocks* que isso implicaria poderia compensar a suposta redução de eficiência que ocorreria com trocas frequentes de ferramentas (Shingo 1983).

O conceito verdadeiramente inovador era a divisão das tarefas em dois grupos distintos: o *Setup* Interno e o *Setup* Externo. Shingo dizia que havia em todas as mudanças de ferramentas tarefas que podiam ser feitas de antemão e que não necessitavam que a máquina parasse para a sua execução, devendo os colaboradores trabalhar em paralelo. Havia da mesma forma tarefas durante as quais a máquina teria necessariamente de parar. Ao primeiro tipo de tarefas chamou *Setup* Externo e ao segundo *Setup* Interno (Shingo 1983).

A transição da sua aplicação intuitiva até ao desenvolvimento de um método foi um processo que levou alguns anos, no final Shingo apresentou uma aproximação metódica, aplicável de forma geral a todos os equipamentos.

A divisão foi feita em 4 fases conceptualmente diferentes. Na prática muitas vezes há sobreposição parcial ou total entre fases. No entanto, a sua divisão é útil para a distinção conceptual e exposição do método subjacente.

3.2.3.1 **Fase Preliminar: Setup Interno e Externo são indistintos**

- **Conceito**

Nesta fase inicial deve-se, essencialmente, recolher a informação necessária para o resto da análise. Neste ponto não é necessário haver a preocupação para classificar operações ou otimizar o processo, deve-se apenas recolher a sequência de operações e associar tempos a cada acção (Shingo 1983).

- **Execução**

O método de recolha de informação pode ser mais ou menos formal, abrangendo entrevistas aos operadores e análises produtivas contínuas. A gravação de vídeo apresenta um bom compromisso entre exactidão do método e medição de tempo (Shingo 1983).

3.2.3.2 Fase 1: Separação do Setup Interno do Externo

- **Conceito**

Nesta fase deve-se classificar cada operação como *setup* interno ou externo. Este esforço de catalogação é porventura o mais importante de todo o método já que é, em si, a base conceptual do SMED (Shingo 1983).

O primeiro passo é interpretar cada acção desprovida de contextualização e sequência. Operações como preparação de componentes e manutenção devem ser consideradas inevitavelmente como internas, enquanto a mudança real de ferramentas terá de ser interna por implicar a necessária paragem do equipamento. A necessidade de se analisar as operações descontextualizadas relaciona-se com o facto intuitivo de que todas as acções imediatamente precedidas e seguidas por actividades internas complementares, por exemplo a troca de ferramenta, são efectivamente tratadas como sendo, também elas, internas (J. P. Pinto 2006).

Sendo assim conclui-se que é necessário analisar de igual modo a sequência de operações e separar tanto quanto possível os dois tipo de operações e colocar as actividades externas antes e depois das internas. Na Figura 16, esquematiza-se a sequência ideal para mudança de ferramenta.



Figura 16 - Sequência Ideal para Mudança de Ferramenta

O ganho esperado de uma situação desordenada para uma sequência apenas com as operações classificadas é de 30 a 50% (Shingo 1983).

- **Execução**

Existem uma série de técnicas que podem ser utilizadas de forma a garantir a correcta aplicação da sequência que garante a separação de operações. É aconselhado a execução de listas de verificação nas quais devem estar explicitadas todas as condições e itens que irão ser necessitados na posterior mudança. As condições operativas devem ser alvo de especial atenção de forma a evitar erros e o tempo que possam implicar perder. É igualmente aconselhado que o método de controlo da lista seja eminentemente visual, com sítios pré-

determinados para cada um dos itens de forma a evitar esquecimentos. As listas devem ser específicas para cada equipamento (Shingo 1983) (Lopes, Neto e Pinto 2007).

Associado às listas de verificação, que pretendem garantir a presença de itens e condições necessárias, é também necessário fazer verificações de prontidão ao funcionamento para garantir que tudo o que for necessário está a funcionar correctamente. Dessa forma evita-se a possibilidade de paragem devido à montagem de uma ferramenta com uma avaria. Deve-se também garantir que, no caso da detecção de uma avaria, as reparações devem estar definitivamente concluídas antes de se avançar com a mudança (Shingo 1983).

Tendo em conta que um dos sete tipos de desperdício é o transporte, apresenta-se pertinente a preocupação nesta fase inicial com a redução dos movimentos de peças. Qualquer tipo de deslocamento deve ser separado da actividade em que se insere e considerado externo à mudança (Shingo 1983).

3.2.3.3 Fase 2: Conversão do *Setup* Interno para Externo

- **Conceito**

Apesar dos ganhos significativos durante a fase 1, a metodologia SMED prevê ainda um patamar de conversão de actividades internas para externas. Após a confirmação que não houve enganos na segregação das actividades deve-se trabalhar na conversão de *setup* interno para externo. Nesta fase, ter uma perspectiva inovadora e identificar correctamente o verdadeiro propósito para uma determinada operação é essencial (Shingo 1983).

- **Execução**

O primeiro passo para converter setups pode ser dado na direcção dos testes e calibrações. Muitas vezes é necessário cumprir determinados procedimentos em que, para garantir qualidade, se fazem ciclos de máquina defeituosos até se atingirem as condições óptimas. Reunindo de antemão as condições que se sabem ser as ideais para o correcto funcionamento do equipamento consegue-se reduzir o tempo associado à aceleração após paragem – *Setup* Interno – ao garantir as condições necessárias – *Setup* Externo – fazendo bem à primeira vez (Shingo 1983).

A normalização é também uma ferramenta útil na conversão de actividades. Distinga-se antes de mais normalização de ferramenta da normalização de Processo. Enquanto a normalização de ferramenta tem uma aplicação mais directa, mas também mais cara, com menores ganhos a nível da flexibilidade, a de processo é a mais útil no contexto SMED. Entenda-se normalização de Processo como a análise detalhada de cada item envolvido na mudança de ferramenta, seguindo-se a sua separação em componentes elementares e encontrando entre cada um hipóteses de reduzir calibrações e ajustes entre mudanças. São exemplo deste tipo de actividade a presença de *jigs* que acomodem diversos tipos de encaixe sem necessidade de ajustes. (Shingo 1983) (Lopes, Neto e Pinto 2007).

Conforme se pode verificar, a distinção entre fase 2 e fase 1 pode ser pouco clara e na prática é comum acontecer sobreposição.

3.2.3.4 Fase 3: Melhoria Sistemática de Todos os Processos Envolvidos

- **Conceito**

Após a correcta aplicação das fases subsequentes, qualquer redução extra ao tempo de mudança terá de necessariamente passar pela optimização dos processos de forma a torná-los ainda mais eficientes. A divisão entre fases 2 e 3 é ainda menos clara do que entre as fases 1 e 2. Isto deve-se à análise detalhada e ao esforço de normalização durante a fase anterior que, com a sua implementação, implica necessariamente melhorias em termos de processo, com reduções de tempo associadas a actividades internas (Shingo 1983).

- **Execução**

Existem vários métodos ou soluções que, quando aplicados na situação e da forma correcta, são ferramentas poderosas na optimização dos processos internos.

De referir o processamento em paralelo, em que dois colaboradores trabalham ao mesmo tempo em actividades que envolvam dois lados distintos de um único equipamento. Dessa forma o ganho em termos de tempo é superior à duração das tarefas em si, já que se reduz significativamente as deslocações (Shingo 1983).

As ligações mecânicas podem ser também optimizadas, podendo ser desenvolvidos e implementados sistemas que usem parafusos de ligação rápida, com uma só volta necessária para apertar, métodos de fixação num só movimento e métodos de encaixe simples. Em qualquer um dos casos é necessário identificar a função específica da ligação e modificar o equipamento ao retirar desperdício do seu modo de fixação (Shingo 1983).

Tal como já foi previamente referido, as operações de calibração e testes devem ser efectivamente eliminadas da sequência de mudança de ferramenta. A eliminação deste tipo de actividades pode ser conseguida ao actuar nas actividades precedentes de forma a já não serem necessárias (Shingo 1983).

3.2.3.5 Análise Crítica ao Método SMED

A metodologia SMED é considerada como a referência principal nos métodos de troca rápida de ferramenta a nível mundial. No entanto, devido à sua natureza generalista, a metodologia SMED, especialmente da forma como é apresentada por Shingo, tem algumas limitações e condicionantes que convém referir (Sugai, McIntosh e Novaski 2007).

A metodologia não aborda questões específicas da influência da sequência de produtos na complexidade das mudanças, ignorando possibilidades de desenho modular de ferramentas que poderiam implicar ganhos em termos de mudanças. A ênfase na separação de actividades internas e externas torna o SMED num modo barato e rápido para obter melhorias significativas, mas retira importância ao terceiro passo conceptual, a melhoria do processo. Também é patente a ausência da definição de normas como ferramentas de melhoria contínua, sendo que esta questão pode eventualmente ser considerada inerente à definição de listas de verificação. Por fim os períodos de desaceleração e aceleração, antes e depois da mudança respectivamente, não são contabilizados no método, nem aparentemente nos ganhos médios avançados por Shingo (Sugai, McIntosh e Novaski 2007).

Parte destas objecções prendem-se com a análise da envolvente e do intervalo de tempo entre mudanças de ferramenta e o destaque que Shingo deu à análise da mudança em si. Encontram-se também algumas questões no que toca à caracterização do método como sendo

científico e com a razão da sua popularidade, havendo dúvidas se foi uma questão de originalidade ou de aproveitamento do advento do TPS, *Toyota Production System*, e da sua denominação como produção *Lean*. Apesar das objecções, o mérito de Shingo e a eficácia do seu método para melhorar, de forma rápida e barata, mudanças de ferramenta anteriormente muito demoradas é inegável.

3.2.3.6 SMED na Normalização de Tempos e Métodos

A relação entre SMED e o tema do projecto proposto prende-se essencialmente com a abrangência da imposição de normas definidas no processo produtivo. As mudanças de ferramenta são parte inerente do dia-a-dia produtivo de qualquer ambiente industrial que tenha produtos associados a diferentes ferramentas em diferentes equipamentos. Tendo em consideração o objecto de estudo e que a aparente falta de método também abrangia as mudanças de ferramenta, pareceu pertinente estabelecer normas para proceder às ditas trocas de punções e matrizes. A aplicação de um método era por isso um passo natural a tomar de forma a associar a definição de normas a um esforço consolidado e metódico de melhoria de produtividade.

3.2.4 Normalização

O esforço de normalização de um determinado processo é um passo fundamental em qualquer implementação Lean. É, aliás, considerado a base de qualquer tipo de esforço direccionado nesse sentido. Num processo industrial caótico qualquer melhoria torna-se efémera sem um esforço concertado de a manter efectiva e funcional. A noção de normalizar um processo deve servir como a base na qual é assente a melhoria contínua e os esforços de medição de trabalho. (Liker e Meyer 2006)

As vantagens de manter os processos normalizados são esquematizadas na Figura 17:

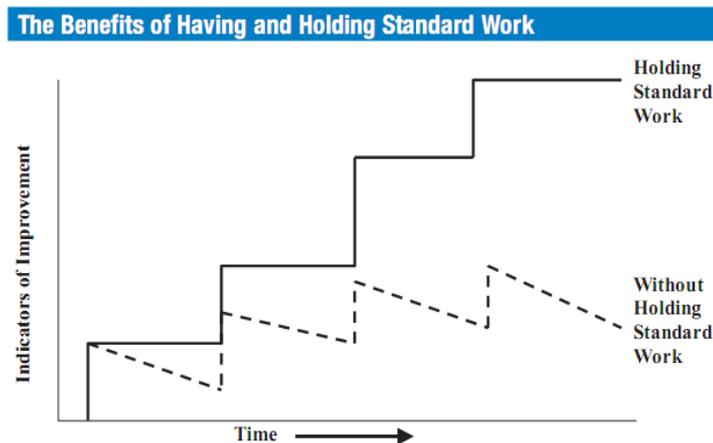


Figura 17 – Evolução de Melhoria com e sem Normas (Hutzinger 2006)

Relembrando o ciclo PDCA, pode ser considerado que o não recuo de um novo paradigma produtivo é assegurado pela implementação de normas que garantam a estabilização do processo recém modificado. Henry Ford define desta forma o esforço de normalização (Ford 1988):

“A normalização de hoje... é a necessária fundação na qual a melhoria do amanhã se irá basear. Se pensa na normalização como sendo o melhor que se sabe hoje, mas que terá de ser melhorado amanhã – Chega-se a qualquer lado. Mas se encarar as normas produtivas como sendo limitadoras, então o progresso pára.”

Para além dos esforços de Ford, a metodologia do *Training Within Industry* (TWI) do Exército Americano, programa iniciado durante a Segunda Grande Guerra para aumentar a produtividade industrial, tem um lugar de destaque no processo de desenvolvimento de normas de produção industriais. O TWI baseia-se na crença de que o estudo dos métodos teria de passar pela aplicação prática na oficina e que o trabalho normalizado deverá ser um esforço combinado do trabalhador e da gestão (Hutzinger 2002). Quando aplicado desta forma, a elaboração de um método de trabalho traduz-se num aumento da influência do trabalhador no processo produtivo, dando-lhe peso não só na execução, mas também da forma como se executa (Liker 2004).

No caso do *Toyota Production System* (TPS), o trabalho padrão é constituído por três elementos distintos: o tempo requerido de produção na óptica do cliente, a sequência de processos e a matéria-prima necessária para completar o trabalho. A norma é, antes de mais, usada como forma de garantir a qualidade e identificar em que parte do processo ocorreu o erro ao confirmar se a norma foi cumprida. Caso se verifique que o método não serve para eliminar a causa do defeito, deve haver uma reformulação do método num exercício de melhoria contínua. Neste caso estamos perante um exemplo de burocracia facilitadora da inovação, que ao mesmo tempo protege os trabalhadores em caso de erro (Liker 2004).

O ponto essencial na imposição de normas de produção é encontrar o compromisso entre procedimentos rígidos mas que dêem espaço para a criatividade e inovação (Hutzinger 2006). As normas devem ser específicas o suficiente para serem úteis como guias, mas permitir aos colaboradores inovar e melhorar o processo (Liker 2004).

No Sistema de Produção Efacec, a dificuldade em encontrar o compromisso entre estas duas necessidades foi além do esperado, já que devido ao seu tipo de produção em *Jobshop*, ao seu produto completamente desenhado à encomenda, ao *Layout* necessariamente variável em termos de armazenamento e, essencialmente, à inerente variabilidade do próprio produto, a imposição de normas rígidas seria impraticável em tempo útil.

É de igual forma pertinente distinguir a noção de norma de produção da de estudo do tempo e método. A normalização de métodos produtivos foca-se em estabelecer a correcta forma de produzir, mantendo actualizado o paradigma produtivo em ambiente industrial. A estabilização e controlo de processo, garantia de qualidade, melhoria contínua e a previsão de capacidade e tempos produtivos são todos conceitos e ferramentas apoiadas no estabelecimento de normas de produção.

O estudo do método e do tempo relaciona-se com a previsão de tempos e capacidade produtiva, à qual a normalização serve como conceito base. Trata-se de uma análise aprofundada do processo, com raízes científicas, durante a qual é analisado o método enquanto se lhe associa um tempo esperado. A definição do tempo normalizado para executar uma determinada operação, devidamente discriminada em acções elementares, é o que vai permitir a correcta estimativa do tempo utilizado e permitir apresentar uma previsão.

3.3 Engenharia de Métodos

Engenharia de Métodos é uma técnica sistemática de desenvolvimento e melhoria de métodos de trabalho. Foca-se na identificação de problemas, selecção de ideias de melhoria, implementação dessas mesmas ideias e na posterior garantia da sua continuidade através da criação de novas normas produtivas (Zandin e JMA 2004).

Tradicionalmente a Engenharia de Métodos é definida da seguinte forma (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948):

“A Engenharia de Métodos é a técnica que sujeita cada operação de uma dada sequência de trabalho a uma análise aprofundada, eliminando todas as operações desnecessárias de forma a se aproximar ao mais rápido e melhor método de executar cada operação necessária; inclui a normalização de equipamento, métodos e condições de trabalho e instrução do colaborador na execução do trabalho padrão. Após este esforço, e apenas depois, é possível determinar com exactidão o número de horas padrão que um trabalhador com performance padrão deverá demorar a cumprir um determinado objectivo.”

Esta definição, apesar de se mostrar algo datada e limitada a aplicações produtivas, ainda traduz com algum rigor o método associado a esta ferramenta. De referir que apesar da divisão conceptual e cronológica clara entre estudo do método e determinação de referências normalizadas de tempo, na prática estas duas actividades tendem a mesclar-se devido à natural interdependência entre o método de trabalho e o tempo que o próprio trabalho demora (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

Historicamente, as raízes da engenharia de métodos são os estudos de tempo de Frederick Taylor e de movimento de Frank e Lillian Gillbreth. O estudo de tempo de Taylor, um encarregado de departamento de uma siderurgia, baseava-se num modelo sistemático de estudar o método de trabalho que, associado a medições de tempo tiradas directamente do processo, permitia delinear previsões e mensurar, de forma exacta, melhorias a esse mesmo método. O estudo de movimentos dos Gillbreth, apesar de pretender igualmente aumentar a produtividade e estabelecer o melhor método para a execução das operações necessárias, abordava a problemática por uma perspectiva mais experimental, através de trabalho de laboratório na divisão das operações em movimentos elementares de duração pré-determinada. Inicialmente separadas, estas duas vertentes eventualmente uniram-se conceptualmente sobre a alçada da engenharia de método (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

Após quase um século, a engenharia de métodos continua a ser parte integrante e de destaque na engenharia industrial actual. Essa capacidade de permanecer uma actividade actual e rotineira durante esse tempo é confirmação que chegue do seu papel fundamental em todas as situações que se pretenda aumentar a produtividade (Zandin e JMA 2004).

Sendo assim é possível concluir que a Engenharia de Métodos pretende actuar, essencialmente, sobre a parte humana do processo produtivo. Pode ser dividida em duas áreas distintas: o estudo do método e a medição do trabalho. O estudo do método prende-se com a melhoria das normas de produção e eliminação de desperdício. Paralelamente a imposição de uma referência normalizada de tempo, associado ao trabalho, terá uma relação directa com qualquer previsão ou medição de carga que se pretenda.

3.3.1 Estudo do Método

Tal como já foi referido, o estudo do método pretende, através de diversas ferramentas de análise e de certos passos fundamentais, obter melhorias mensuráveis de produção através da acção directa nas normas estabelecidas de trabalho.

O estudo do método tem uma metodologia bem estipulada que se divide em quatro passos distintos de aplicação, que pretendem garantir a fiabilidade da análise (PRONACI 2005):

- Observação
- Recolha/Registo de Dados e Informações
- Análise Crítica
- Proposta de Novos Métodos ou Oportunidades de Melhoria

3.3.1.1 Observação

O primeiro passo na análise do método é a observação do processo produtivo. A observação pode ser por entrevista, experimentação directa ou por visualização. Neste ponto, ferramentas como máquinas de filmar e cronómetros são de vital importância, já que enquanto uns permitem a observação detalhada *a posteriori* outros associam na hora uma referência temporal à acção. Como serve de patamar inicial ao estudo, a fase de observação é vital para a correcta interpretação de todos os dados que irão posteriormente surgir (PRONACI 2005).

No que toca ao projecto, foram usadas formas variadas de observação. Numa primeira fase optou-se pela experimentação directa dos métodos produtivos, sendo que de seguida optou-se pela utilização de captação vídeo e por fim por visualização associada a cronómetro.

3.3.1.2 Recolha, Registo e Análise Crítica de Dados e Informações

A informação recolhida durante a fase de observação deverá ser organizada e devidamente tratada podendo ainda, mas não necessariamente, lhe ser associados tempos. Para tal é preciso, antes de mais, identificar o objecto da análise de forma a identificar como é que a informação deverá ser organizada. Para diferentes objectos de análise, devem ser usados diferentes formas de dispor os dados. A divisão do processo produtivo em tarefas elementares e a sua classificação também facilita a posterior análise.

Consoante se pretende analisar o processo ou as deslocações que advêm do mesmo, deve-se utilizar respectivamente gráficos de processo e fluxogramas ou diagramas de deslocamento. No que toca aos gráficos de processo a sua utilização é comum quando se pretende analisar o método e sequência de operações, bem como ter uma ideia dos movimentos e da eficiência de um posto de trabalho. O fluxograma está mais centrado no produto em si e menos no método produtivo, já que pretende espelhar as suas movimentações dentro de uma secção específica. Os diagramas de deslocamento, como o próprio nome indica, especializam-se na análise das deslocações dos operadores durante a sua rotina de trabalho (PRONACI 2005).

Conforme já foi referido, cada tarefa elementar pode, e deve, ser classificada, bem como descrita, segundo alguns parâmetros que deverão ser tidos em conta durante a análise do processo geral (PRONACI 2005):

- **Tipo:**
 - Operação, definida como sendo qualquer tarefa que modifica fisicamente o objecto em uma ou mais das suas características;

- Transporte, um objecto é deslocado de um local para o outro sem que lhe seja feita qualquer operação ou inspecção;
- Inspeção, ocorre quando um objecto é examinado para identificação ou comparado com um padrão de quantidade ou qualidade;
- Espera, considera-se que há espera quando a próxima tarefa planeada não ocorre por factores variados;
- Armazenagem, considera-se que um artigo está sob armazenamento quando se encontra sobre controlo e necessita de uma autorização ou ordem para se movimentar.
- Classificação:
 - Tarefa Essencial;
 - Tarefa Redundante;
 - Tarefa Simultânea;
 - Tarefa em Paralelo;
 - Tarefa sem Valor Acrescentado.
- Descrição das tarefas segundo nomenclatura da empresa;
- Duração de cada tarefa;
- Localização da Tarefa;
- Ferramentas Utilizadas;
- Tempo Gasto.

A análise crítica deve incidir nos pontos-chave através da análise cuidada da informação compilada. Devem ser postos em causa situações consideradas cânones, tais como a sequência, posto dedicado à tarefa, *Layout* e até mesmo a utilidade, ou redundância, de certas tarefas. Normalmente os pontos de melhoria tendem provir da já falada alteração da sequência, da introdução de ferramentas que diminuam tempos de execução, eliminação de tarefas desnecessárias e no alargamento de funções por parte dos operadores (PRONACI 2005).

3.3.2 Medição do Trabalho

Assume-se referência normalizada de Tempo ”*como o tempo requerido por um operador de habilidade média, trabalhando a um ritmo normal, para executar uma tarefa específica usando um método pré-determinado, contando com o tempo para necessidades pessoais, fadiga e atrasos*” (Zandin e JMA 2004).

É, portanto, coerente afirmar que as normas temporais de produção, com os quais é medida a carga, poderão ser desenvolvidos de diferentes formas desde que o resultado final seja adequado ao conceito apresentado. Será da mesma forma pertinente apresentar os diferentes métodos disponíveis para compilar a informação necessária para definir uma referência normalizada de tempo.

3.3.2.1 Estimativas

Dentro da classificação de estimativas cabem duas vertentes distintas: a estimativa não formal baseada na experiência pessoal e a estimativa com base em dados históricos. Um colaborador experiente pode, com base na sua intuição, atribuir uma duração esperada a um determinado volume de trabalho. Esta estimativa é necessariamente subjectiva e, por isso, é especialmente sensível aos atrasos e adiantamentos já que não comprova, de forma inquestionável, as durações que apresenta. Os dados históricos já implicam uma abordagem mais objectiva aos tempos produtivos. No entanto deve ser tido em conta que os dados históricos podem ser

resultado não só do método produtivo mas também da reacção natural da capacidade produtiva aos prazos e necessidades apresentadas. Tal reacção é traduzida na chamada lei de Parkinson aplicada à engenharia industrial, à muito considerada um adágio, que defende que o tempo requerido para completar uma determinada tarefa é directamente proporcional ao tempo disponível para a fazer, isto é as referências normalizadas comprimem ou expandem consoante o tempo disponível para a tarefa (Zandin e JMA 2004).

3.3.2.2 Observação Directa e Medições

Em oposição aos métodos indirectos das estimativas, independentemente de serem ou não objectivos, encontram-se os métodos de observação directa e de medições. Podem ser distinguidos três métodos particulares dentro desta classificação geral: o estudo do tempo, a amostragem de trabalho ou método de leituras indirectas, e a medição fisiológica do trabalho (Zandin e JMA 2004).

O estudo do tempo é definido como a análise feita a uma determinada operação, dividindo-a nos elementos de trabalho que a constituem, com ordem definida, e associando-lhe tempos específicos necessários para os completar. Este método implica a utilização de aparelhos de medida, a análise do método de trabalho, o registo de dados, a comparação da performance do operador com um padrão a ritmo normal e a adição de folgas para necessidades pessoais, fadiga e atrasos imprevistos. O estudo do tempo é especialmente útil na análise de tarefas repetitivas em pequenos ciclos (Zandin e JMA 2004).

A amostragem de trabalho, por oposição ao estudo do tempo, é especialmente adequada a tarefas não cíclicas, ou, sendo cíclicas, tendo um tempo de ciclo longo. É possível utilizar este método para medir tarefas de supervisão, administrativas, ou de manutenção por exemplo. Consiste num grande número de registos, feitos em intervalos aleatórios, nos quais é tido em conta a condição do objecto de estudo segundo categorias pré determinadas para o panorama produtivo particular. Das proporções de observações em cada categoria infere-se sobre toda a actividade produtiva abrangida pelo estudo (Zandin e JMA 2004). A aplicação deste método pretende não só determinar as percentagens relativas dos tempos de actividade entre homens e máquinas, mas também estabelecer o ritmo de trabalho durante os períodos de actividade e determinar os padrões de tempo usados na medição de trabalho (PRONACI 2005).

A lei física que traduz que o trabalho é igual à força multiplicada pelo deslocamento está na base da medição do trabalho por factores fisiológicos. Tendo em conta que a energia produz trabalho, é possível medir o trabalho através da medição de mudanças em factores fisiológicos como: consumo de oxigénio, batimento cardíaco, ventilação pulmonar, temperatura corporal e concentração de ácido láctico no sangue. Estabelecendo relações lineares entre o trabalho físico e alguns deste factores é possível determinar, tendo em conta o objecto em estudo específico quando comparado com um padrão, o nível de esforço associado a um determinado trabalhador. Trata-se de um método muito usado para determinar o custo físico de uma tarefa para quem a executa (Zandin e JMA 2004).

3.3.2.3 Sistemas de Bases de Dados Padrão

A relação entre os movimentos associados ao método e os tempos necessários para os executar é algo já estudado desde os primórdios do estudo do trabalho. É, aliás, a principal razão da interdependência entre método e tempo. Existem diferentes tipos de bases de dados, consoante o nível de detalhe e área à qual deve ser aplicado. O conceito por detrás destas

compilações de dados referência é a redução de qualquer trabalho a elementos fundamentais comuns e gerais (Zandin e JMA 2004). O sistema mais comumente utilizado e no qual são baseados a maioria dos mais recentes é o apresentado por Maynard, Stegemerten e Schwab em 1948 no livro, homónimo do método, “*Methods-Time Measurement*”. Nele os autores definem-no da seguinte forma (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948):

“A medição de métodos e tempos é um procedimento que analisa qualquer operação manual ou método, reduzindo-a aos movimentos básicos requeridos para a realizar, atribuindo a cada movimento um tempo referência pré determinado. Esta informação normalizada é determinada pela natureza do movimento e as condições no qual o movimento é feito.”

Os principais usos de sistemas de bases de dados padrão são avançados por Maynard no âmbito específico da medição de métodos e tempos. No entanto a generalização é coerente para os sistemas originados dessa mesma metodologia (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948):

- Desenvolvimento de métodos eficazes previamente ao começo de produção;
- Melhoria de métodos pré existentes;
- Determinação de referências normalizadas de tempo;
- Desenvolvimento de fórmulas temporais ou dados referência;
- Estimativas;
- Guiar o design de produto;
- Desenvolvimento de ferramentas de design eficazes;
- Treino de supervisores conscienciosos do método;
- Resolução de disputas acerca dos métodos;
- Pesquisa

Entre estes objectivos é de salientar a utilidade de alguns em particular. O desenvolvimento de um método eficaz antes do começo da produção é especialmente útil já que implica evitar totalmente os problemas humanos associados ao aumento de produção pela melhoria do método de trabalho e, por conseguinte, ao eventual sentimento de insegurança no emprego. De outra forma, este tipo de abordagem implicará a melhoria de métodos pré existentes, também referida, que, apesar de se enquadrar perfeitamente numa filosofia de melhoria contínua, implica as dificuldades também já abordadas. O desenvolvimento de referências temporais é, como já foi dito, o principal objectivo do estudo de tempo. As normas temporais, associadas ao conhecimento do processo produtivo, permite obter estimativas através de fórmulas relacionadas com os parâmetros do produto. As vantagens de prever a capacidade produtiva a partir do estado conceptual do produto são evidentes já que através de mudanças de design, como por exemplo a simetria, é possível obter, desde o primeiro passo do fluxo de concepção do produto, não só estimativas como também reduções do tempo necessário à produção (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

É também necessário distinguir a influência do método e dos movimentos. Métodos produtivos diferentes podem envolver movimentos iguais, mas com tempos diferentes. O tempo perdido em processos mentais, como por exemplo a selecção de um objecto específico entre outros semelhantes, não está contabilizado numa análise do movimento por si só. Da mesma forma, as limitações deste tipo de metodologia encontram-se quando o movimento é influenciado pelo processo em si. (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

Tal como já foi referido, existem vários sistemas distintos que se baseiam numa metodologia semelhante. Diferem nos elementos que consideram como comuns, no tipo de trabalho a que se destinam e no nível de detalhe ao qual é necessário dividir o método. É pertinente referir os mais importantes, bem como são obtidos os dados que contêm e como esses mesmos dados estão organizados.

No que toca aos dados em si, eles são obtidos através de estudos de base científica, analisando as variáveis que podem influenciar a relação entre um movimento e o tempo que demora executar. São tomadas em conta as condições de início e fim do objecto em causa. Não é, no entanto, tida em conta, tal como já foi referido, a influência do processo no movimento. É exemplo de uma situação deste género o transporte de um recipiente com liquido que envolva cuidados adicionais. Ao identificar uma série de movimentos elementares tornou-se necessário dissociar a especificidade do processo dos dados referência pré determinados (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

De igual forma, uma outra limitação à aplicação deste tipo de sistemas é a sua dedicação ao movimento humano e não à sua relação com a máquina. A dissociação tempo do homem e tempo da máquina é por isso uma zona cinzenta em termos de estudo de métodos (Zandin e JMA 2004).

De seguida apresentam-se diversos sistemas de bases de dados de tempos pré-determinados de forma a transparecer a variedade disponível de soluções. Muitos métodos são especialmente vocacionados para um determinado tipo de trabalho, sendo por isso o objecto de estudo um factor importante na escolha do sistema a seguir.

3.3.2.3.1 *Methods-Time Measurement (MTM-1)*

A medição de métodos e tempos, conhecido por MTM-1, é o sistema mais difundido e comum, muito em parte devido a ter sido dos primeiros a surgir. Como já foi previamente definido, tendo sido usado como exemplo geral deste tipo de métodos, resta definir em que movimentos elementares uma determinada tarefa pode ser dividida. Estes movimentos são baseados nos chamados “*therbligs*”, elementos básicos de trabalho definidos por Lillian e Frank Gilbreth, estando-lhes no entanto associados tempos sob a forma de TMU, *Time Measurement Units*, com um TMU equivalente a 0,0036 segundos (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948):

- *Reach* (alcançar) – implica intuito de mover a mão para um determinado destino;
- *Move* (deslocar) – implica deslocamento de um objecto de um local para outro;
- *Turn* (rodar) – rotação da mão, com ou sem carga, através de um movimento que envolve a própria mão, o pulso e o antebraço. Pode estar associado ao movimento de alcançar ou deslocar;
- *Grasp* (agarrar) – condicionamento de um ou mais objectos com os dedos ou mão de forma a permitir um movimento subsequente;
- *Position* (posicionar) – movimento que alinha, orienta ou engrena um objecto com outro e que cujos movimentos menores não justificam a separação em mais elementos. Trata-se de um movimento de extrema importância devido à sua frequência e dificuldade de análise;
- *Disengage* (desengate) – elemento utilizado sempre que se quebra o contacto entre dois objectos e é caracterizado pelo súbito movimento involuntário provocado pela súbita ausência de resistência.

- *Release* (largar carga) – movimento que implica o abdicar de controlo de um objecto por parte da mão ou dos dedos.

Cada um destes elementos está descrito em várias tabelas, sendo que em cada tabela se estabelecem factores de variação contínuos, como por exemplo distância ou peso, e outros discretos relacionados normalmente com as condições de início e fim do movimento.

Existem ainda outros movimentos que, apesar de não serem considerados básicos, estão contemplados no MTM-1. Exemplo disso é o andar, movimentos de pé, movimentos de perna, deslocamentos laterais, rotação de corpo, dobrar, levantar, ajoelhar e sentar. Em termos de precisão no estudo, estes movimentos não estão tão validados como os elementares, mas são considerados válidos (Maynard, Stegemerten e Schwab 1948).

3.3.2.3.2 *Work Factor (WF)*

O primeiro sistema de medição de trabalho através de tempos pré determinados foi desenvolvido por A.B. Segur, baseando-se na premissa de que, admitindo alguma folga, o tempo necessário para um operador experiente realizar uma determinada tarefa era essencialmente constante. O factor de trabalho é o índice utilizado para adicionar tempo a uma tarefa, considerada básica, consoante os factores de dificuldade que lhe estão associados numa situação específica. Este factor de trabalho relaciona-se com quatro factores distintos afectos a elementos base de trabalho:

- Membro do Corpo Usado;
- Distância Percorrida;
- Grau de Controlo Manual Necessário;
- Peso ou Resistência do Membro usado e o género do Operador.

3.3.2.3.3 *Basic Motion Time Study (BMT)*

Originário do Canada, em 1951, este sistema baseia-se noutros na altura já existentes. É no entanto reconhecido por ser um sistema de aplicação rápida. Assume como elemento básico um único movimento completo de um membro corporal. O tempo associado a cada um destes elementos é contabilizado desde o início do movimento até à sua paragem completa. A paragem é o que distingue cada movimento em três classes distintas, consoante a paragem envolve acção muscular com ou sem posicionamento de um objecto ou uma paragem involuntária devido a impacto. Como factores utilizados para determinar tempos produtivos apresentam-se o deslocamento, a atenção visual necessária para completar o movimento, o grau de precisão necessária para agarrar ou posicionar, a força necessária para o movimento, a execução simultânea de dois movimentos (Zandin e JMA 2004).

3.3.2.3.4 MODAPTS

O acrónimo MODAPTS representa o termo *Modular arrangement of predetermined time standards*. Tem origem na Austrália e pretende ser um sistema relativamente simples de utilizar. Baseia-se no conceito físico de inércia, traduzindo-se no formato em que partes de corpo maiores demoram mais tempo a mover-se que as mais pequenas. A sua representação do trabalho focado no humano e não nos seus movimentos permite-lhe uma amplitude de aplicação bastante superior aos métodos referidos, sendo este sistema utilizado em todos os tipos de actividades ligadas à indústria, ao escritório e ao manuseamento de materiais. Associado a esta variedade de campos de aplicação está a integração com sistemas

informáticos de secretária, adicionando ainda mais à versatilidade desta solução (Zandin e JMA 2004).

3.3.2.3.5 BasicMOST®

O sistema BasicMOST® foca-se essencialmente no objecto a ser manuseado. Reconhece a existência de actividades fundamentais, sob a forma de uma sequência de movimentos básicos, que traduzem única e exclusivamente deslocações de objectos. Com esta abordagem, este sistema apenas distingue três actividades fundamentais distintas (Zandin e JMA 2004):

- Movimentação Geral, que traduz um deslocamento livre do objecto sem restrições de trajectória;
- Movimentação Controlada, que traduz actividades cujo movimento está de alguma forma condicionado por uma superfície. Exemplos deste tipo de actividade são o accionamento de uma alavanca, o activar de um Botão ou simplesmente deslizar o objecto por uma superfície.
- Utilização de Ferramenta, que, como o nome indica, implica todo o tipo de movimento que envolva qualquer tipo de ferramenta manual.

De referir que o sistema BasicMOST®, apesar da sua variedade de aplicação, está orientado para actividades repetitivas, com ciclos curtos e objectos relativamente leves. Com o intuito de anular estas limitações foram introduzidas modificações no sistema, de forma a lidar com objectos pesados, e criado o sistema MaxiMOST® que lida com actividades de tempo de ciclo elevado.

3.3.3 A Engenharia de Métodos na Normalização de Tempos e Métodos

A engenharia de métodos teve um papel de destaque durante todo o projecto. Qualquer tentativa de normalizar tempos e métodos num processo produtivo, mesmo que não haja uma norma prévia, deverá incluir elementos de análise de tempos e métodos. A própria imposição de normas produtivas implica lançar a fundação formal onde a melhoria contínua deve assentar, melhoria essa que por sua vez se baseia nos conceitos da Engenharia de Métodos.

Neste sentido, qualquer tentativa de associar tempos a métodos de trabalho, independentemente do nível de pormenor que se pretende obter, implicará necessariamente uma análise paralela ao método envolvido. Daí ser complicado distinguir acções de melhoria de método de acções de determinação de tempos referência de produção. Na prática não seria coerente determinar o tempo necessário para realizar uma determinada operação se essa mesma operação poder ser melhorada com a mudança do método.

A problemática de onde acaba a análise do método e começa a determinação de tempos referência esteve patente durante a execução do projecto. Tentou-se paralelamente ir identificando oportunidades de melhorias e desenvolvendo os tempos base que permitem obter estimativas. De forma a manter as previsões permeáveis à melhoria contínua do método, bem como ajustada às consideráveis variações de produto, optou-se por um modelo diferente aos métodos já existentes de obtenção de tempos padrão.

Tendo em conta a situação produtiva específica e a variedade de métodos disponíveis, a definição das etapas e rumos a tomar durante o projecto não foi imediata. Conforme ficará patente neste relatório, o SPE apresenta características muito particulares que impedem a

aplicação directa de conceitos teóricos. Desta forma foi necessário adaptar o conhecimento obtido durante a pesquisa para a revisão bibliográfica à realidade deparada.

4 Apresentação da Solução Proposta

Após a fase de identificação dos problemas, seguem-se as propostas de soluções aos pontos de melhoria encontrados, sendo também descrita a metodologia de abordagem. Para além da análise de método inerente à definição das novas normas, foram também propostas melhorias, associadas ao processo, com o objectivo de facilitar a normalização da produção e a eliminação de desperdícios. Desta forma, este capítulo dividir-se-á entre a apresentação das normas de produção definidas e as melhorias associadas ao processo. Formalmente, a análise do método deve partir e terminar na norma produtiva.

4.1 Descrição Sucinta da Metodologia de Abordagem

O esforço para definir normas produtivas deparou-se essencialmente com duas dificuldades essenciais, nomeadamente a resistência natural à mudança e as características do produto. No que concerne ao elemento humano, é natural e esperado haver resistência à mudança do método de trabalho, enquanto o tipo de produto, com a sua variabilidade associada ao longo ciclo produtivo, acarreta uma grande variedade de peças com baixa frequência de execução. Assim, o formato típico de normas produtivas, específicas e exaustivas, é impraticável no actual paradigma produtivo. Ambas as dificuldades estão intrinsecamente relacionadas, já que as dificuldades referentes à envolvente implicam inércia na definição de normas.

A definição de normas produtivas foi um exercício de compromisso entre a especificidade exigida pela formalidade do conceito de norma e a flexibilidade necessária para as variações do sistema produtivo. Se por um lado normas produtivas específicas permitem uma menor variabilidade em termos de processo, com todas as vantagens inerentes no que concerne à qualidade e medição de carga, por outro, o excesso de pormenores e indicações tornam a norma ou demasiado complexa para ser útil na prática ou desajustada ao processo real.

4.2 Novas Normas de Produção

De forma a definir uma norma produtiva é necessário tornar explícito um determinado procedimento. Para isso determina-se a matéria-prima a ser transformada, o equipamento utilizado, o método de execução e o produto a atingir. Como, em termos de directrizes técnicas, existiam previamente as instruções operacionais, aceites e utilizadas por toda a produção, as normas propostas não se irão focar claramente em parâmetros técnicos de execução, mas sim no método associado ao processo. Em algumas operações adicionaram-se passos de controlo de qualidade, enquanto operações consideradas redundantes foram eliminadas. Apesar da distinção entre instruções operacionais e normas de produção há entre eles, pontos de contacto.

4.2.1 **Posto da Prensa de Moldados Rectos**

A abordagem para os métodos de trabalho na prensa de moldados rectos começou pela identificação do ciclo de trabalho da prensa de duração 3:30 minutos. Em termos produtivos já foi frisado a necessidade de manter a máquina a criar valor sendo que, neste caso, criar valor implica haver cartão a ser conformado com a prensa fechada. A norma produtiva definida neste posto prende-se com a forma considerada mais eficaz, e correcta, de executar as operações elementares. Escolheu-se não abordar o método de trabalho em demasiado pormenor, estipulando no entanto critérios com os quais os operadores devem condicionar o seu planeamento a curto prazo. Assim dá-se prioridade à produtividade e ao controlo de qualidade.

A sequência de execução de cada uma das operações é determinada, na sua generalidade, pelo operador. A não definição de uma sequência fixa, apesar de não se ajustar à noção formal de norma produtiva, foi a solução escolhida face à variabilidade do produto. As diferentes larguras e comprimentos associados a cada moldado implicam uma quantidade variável de cartão conformado em cada fecho de prensa. A imposição de cada peça processada ter de ser molhada 20 minutos antes da conformação implica que o stock que transita entre operações, e o tempo associado a cada uma especificamente, irá também variar consoante as características do produto. Dada a natureza *make to order* dos moldados, a escolha de deixar a sequência ao critério dos operadores afigurou-se natural. Não faria sentido definir um stock produtivo exacto, quando a única forma de manter a prensa com a taxa de ocupação máxima é variá-lo consoante a configuração geométrica das peças.

4.2.1.1 **Áreas de Trabalho do Posto**

A fim de manter as normas produtivas claras, definiu-se zonas distintas no próprio posto e na mesa de apoio à moldação, conforme é visível na Figura 18.

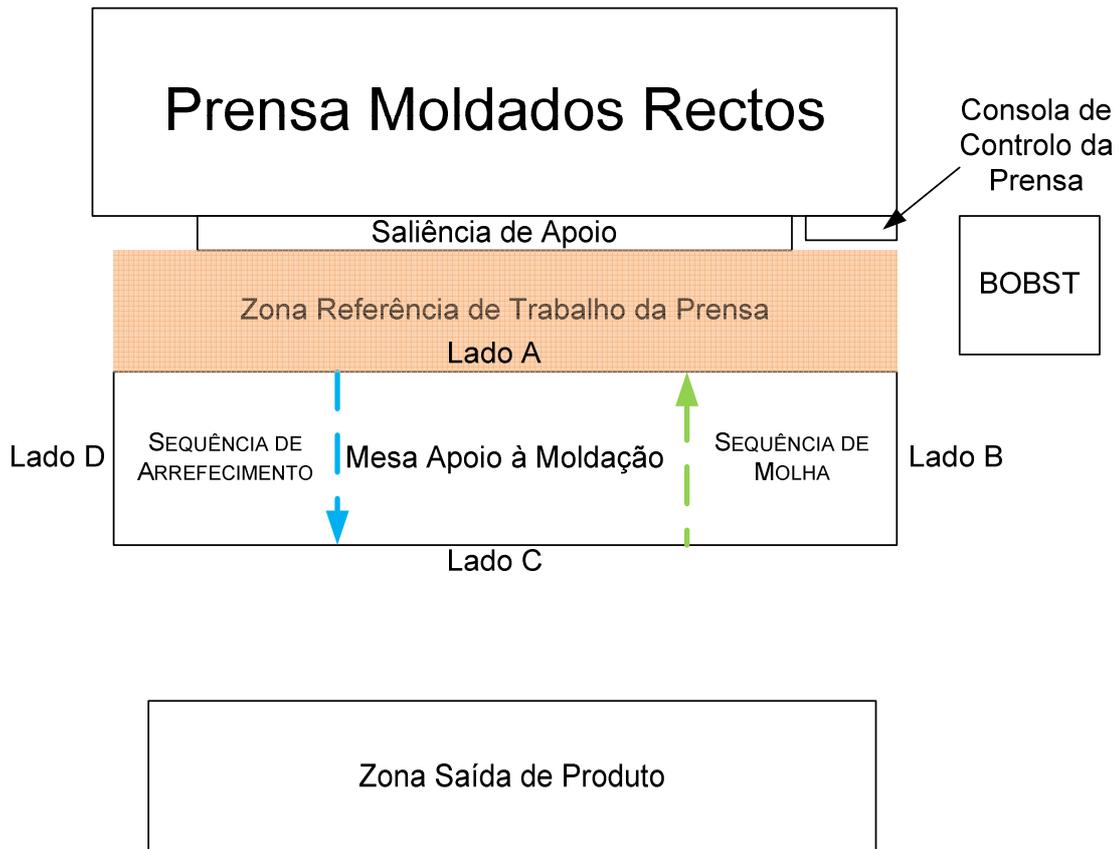


Figura 18 - Layout e Codificação do Posto de Trabalho da Prensa

4.2.1.2 Verificação no BOBST

O cartão cortado tem escrito, no lado mais curto e não biselado, o seu índice, o X correspondente e os acabamentos necessários. Esta inscrição indica todas as informações necessárias para o correcto processamento da matéria-prima e, conseqüentemente, todos estes dados devem ser verificados no início do processo. No caso dos moldados entalhados, essa indicação regista apenas a posição dos calços. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- Matéria-prima: Cartão Cortado
- Equipamento: Terminal de Computador; *Software* BOBST; Fita Métrica; Lápis de Marcação.
- Produto: Não Aplicável
- Função: Acesso a Dados com fins de Inspeção
- Método:
 - O operador deverá executar toda esta sequência de operações na sua posição de referência, entre a prensa e a mesa de apoio;
 - Com as peças por molhar, pousadas na mesa de trabalho, verificar em cada índice: as dimensões do cartão, espessura e posicionamento dos calços, tamanho do entalhe;
 - Verificar com a fita métrica se os comprimentos da peça coincidem com os do BOBST. No caso de não coincidirem, segregar a peça;

- Verificar a informação marcada no cartão corrigindo-a em caso de incorrecção ou acrescentando-a em caso de omissão. Usar somente lápis próprio para marcação;
- No fim da verificação recolocar o cartão, caso tenha sido deslocado, no sítio próprio da sequência de molha.

4.2.1.3 **Moldação**

A prensa opera num ciclo automático de 3:30 minutos. O ciclo é iniciado através da actuação de um botão monoestável. Não existem variações do tempo do ciclo consoante o tipo de produto, tendo de haver no entanto alguma atenção à temperatura do punção. A colocação de material na prensa é uma actividade crítica em termos de produtividade. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- **Matéria-Prima:** Cartão Cortado e Molhado
- **Equipamento:** Prensa de Moldados Rectos; Saliência de Apoio
- **Produto:** Cartão Moldado
- **Função:** Conformação Plástica
- **Método:**
 - O operador deverá executar toda esta sequência de operações na sua posição de referência, entre a prensa e a mesa de apoio;
 - Verificar a temperatura do punção, através da inspecção visual da saída digital do termopar, e verificar se existem marcas de oxidação na ferramenta. As temperaturas do punção e da parede lateral, quando aplicável, devem ser de 100° C e a da matriz 60° C;
 - Transportar o cartão do fim da sequência de molha para a saliência de apoio da prensa. Deve ser apenas deslocado um índice por tipo de peça que irá ser conformado;
 - Colocar o cartão, maximizando o espaço disponível no punção, com a superfície biselada voltada para cima;
 - Accionar o ciclo automático da prensa através da actuação de um Botão monoestável localizado na consola no lado esquerdo da prensa;
 - No fim do ciclo, actuar o botão biestável dos actuadores hidráulicos ligados aos pernos de extracção. Repetir até os moldados estarem completamente soltos;
 - Retirar os moldados recém moldados, deslocando-os para a mesa de apoio, de forma coerente com a sequência de arrefecimento. Devem ser colocados no lado A, no extremo mais próximo da prensa. Consoante vão sendo pousados, aproveita-se o movimento para deslocar a série de moldados em repouso, aproximando-os sequencialmente para o extremo oposto ao referido. Desta forma garante-se o tempo mínimo de arrefecimento.

4.2.1.4 **Molha e Transporte de Matéria-Prima**

De forma a ser correctamente moldado, o cartão deve ser humedecido com água destilada. Esse procedimento, denominado por molha, deverá ocorrer cerca de 20 minutos antes da conformação. Devido a esse intervalo de tempo, o correcto planeamento desta actividade influencia a produtividade do posto. De facto, caso haja alguma rotura no fornecimento de cartão molhado à prensa, o posto irá essencialmente parar. Tendo isto em conta, bem como o

ponto melhoria já referido na mudança de turno, foi proposto que se deveria definir como crítico a permanência, na mesa de apoio, de material suficiente para 20 minutos de ciclos de prensa. Este é, porventura, a norma produtiva fulcral desta operação. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- **Matéria-Prima:** Cartão Cortado Seco
- **Equipamento:** Tina de Água; Esponja; Mesa de Apoio
- **Produto:** Cartão Cortado Molhado
- **Função:** Humedecer o cartão com fim de facilitar a sua conformação
- **Método:**
 - Verificar se existe, no mínimo, cartão molhado suficiente para manter a prensa a funcionar ininterruptamente por 20 minutos. O número exacto de índices molhados depende de quantos são colocados na prensa por fecho;
 - No caso de ser necessário mais material, aprovisionar material extra ao carro de entrada de Matéria-Prima, dispondo-o no início da sequência de molha, com o bisel para cima. O operador deverá estar no lado oposto à prensa, colocando a matéria-prima no lado C.
 - Os índices, devidamente empilhados verticalmente, devem ser molhados com duas ou três passagens da esponja. A esponja deve ser mergulhada na tina de água destilada apenas uma vez por série de passagens. A área a molhar é compreendida como toda a área que não a biselada. Após as passagens, o moldado deve ser virado pelo seu lado mais longo na direcção da prensa;
 - No fim da molha do material que foi aprovisionado, toda a pilha vertical deve ser novamente virada. Desta forma garante-se que o primeiro a ser molhado é o primeiro a ser moldado. Caso no fim da molha, o cartão não esteja na extremidade do lado A, deverá ser para lá deslocado;
 - O operador regressa à sua posição referência entre a mesa e a prensa.

4.2.1.5 **Condicionamento para o Transporte**

Os moldados, estando organizados por índices, devem ser condicionados tendo isso em conta. Cada índice consiste normalmente em dois moldados podendo, no caso dos emendados, chegar a três. Com esta operação pretende-se que os moldados estejam devidamente identificados segundo o seu índice e que se evite algum empeno proveniente da contracção térmica. Existem portanto três tarefas, executadas segundo uma determinada sequência, associadas à operação de condicionamento para o transporte: marcação, cintagem e armazenamento. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- **Matéria-Prima:** Moldados Prontos para Expedir para o Cliente
- **Equipamento Utilizado:** Conjunto de Marcação (carimbo índice, carimbo ordem de fabrico, almofada vermelha e caixa cartão); Cinta Plástica Transparente; Mesa de Apoio à moldação
- **Produto:** Índice de Moldados prontos para a encomenda
- **Função:** Identificar e Condicionar os Índices de forma a evitar empenos
- **Método:**
 - O operador deve-se deslocar para o lado A, para perto da zona de sequência de arrefecimento;
 - Cumprindo o estipulado pela sequência de arrefecimento, cada índice deverá ser marcado com um carimbo de cor vermelha. Deverá ser tido em conta a

existência de furos para passagem de óleo, usando nesses casos as marcações existentes na mesa. O carimbo índice deverá ser actualizado para o índice correcto. Marca-se primeiro a ordem de fabrico, seguindo-se a marcação do índice. Antes da marcação, cada carimbo deverá usar a almofada vermelha;

- O operador deve-se deslocar para o lado D;
- Nos moldados que não necessitam de acabamento: juntando os moldados que constituem um índice (descrição melhor), procede-se de seguida à cintagem dos moldados. Deve ser usado um rolo previamente cortado de plástico transparente. O enrolar da película plástica deve ser feito na direcção contrária ao enrolamento de forma a facilitar a aplicação de tensão no plástico. Os moldados maiores, acima dos 1300 mm, devem ser apertados em três pontos distintos: nas extremidades e no centro. Não se deve cintar em cima da marcação.
- No moldados que necessitam de acabamento: juntando os moldados que constituem um índice, procede-se ao seu condicionamento provisório utilizando um elástico reutilizável.
- Após a marcação dos índices, eles devem ser condicionados de acordo com as marcações nos carros de encomendas no caso de não necessitarem de acabamento ou deverão ser colocados nas áreas de transferência entre postos na situação oposta;
- O operador deve voltar à sua posição referência na prensa.

4.2.2 Posto de Acabamentos

Ao contrário do que ocorre no Posto da Prensa de Moldados Rectos, a produtividade nos acabamentos não está condicionada pelo ritmo imposto por uma máquina. Sendo assim, neste posto definir-se-á a sequência de execução pelas normas de produção. Apesar da diferença fundamental no que toca à produtividade, as condicionantes já referidas do produto e da sua variabilidade mantêm-se. Assim, apesar de ser possível estipular a sequência de execução e estabelecer zonas de trabalho genéricas, não é exequível a definição exacta de todos os movimentos associados a cada uma das operações.

4.2.2.1 Áreas de Trabalho do Posto

À semelhança do proposto para a área de Prensa, também para o posto de colagem foram definidas áreas funcionais internas ao posto de trabalho, explicitas na Figura 19. Desta forma é possível alocar determinados materiais ou ter áreas dedicadas a uma determinada função, mesmo que se tratem de estimativas que possam ser alteradas em casos pontuais.



Figura 19 - Layout e Codificação do Posto de Acabamentos

Definiram-se três zonas fundamentais no posto: a zona referência de trabalho, a zona de consulta do BOBST e a zona do Puncionador. Definiu-se ainda uma área dedicada ao aprovisionamento de calços, na qual deverão estar empilhados os calços necessários para o trabalho esperado a curto prazo. À mesa de apoio ao acabamento foram adaptadas duas prateleiras a todo o comprimento. Desta forma foi possível definir um andar como área designada do material aprovisionado e equipamento necessário e um outro como área para secagem dos moldados recém colados. Assim, liberta-se a superfície do tampo da mesa para a execução da colagem, apoio à puncionadora e condicionamento do produto. A configuração final do posto de acabamentos é a apresentada na Figura 20.



Figura 20 - Posto de Acabamentos com Prateleiras

4.2.2.2 Verificação BOBST

A consulta de dados no BOBST fazia parte de sequência de operações de todos os moldados que necessitam de acabamentos. Tal devia-se essencialmente à falta de informação das necessidades específicas para cada moldado. Atendendo que esta informação já era consultada previamente no posto anterior, foi proposto a eliminação de esta tarefa de forma sistemática. No entanto, caso haja necessidade, definiu-se igualmente normas de produção para a verificação de dados no BOBST. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- Matéria-Prima: Moldados
- Equipamento Utilizado: Terminal de computador, *Software* BOBST; Caneta de Marcação
- Produto: Não Aplicável
- Função: Acesso a Dados com Fim de Inspeção e Processamento
- Descrição:
- Método:
 - O operador dever-se-á deslocar da sua zona referência para a zona de consulta do BOBST;
 - Retirar, em cada índice, a informação das posições de colagem, das espessuras de calços e do tamanho do entalhe;
 - Verificar a informação marcada no cartão corrigindo-a em caso de incorrecção ou acrescentando-a em caso de omissão. Usar caneta com tinta própria para marcação, distinguindo-a da marcação com lápis anterior;
 - No fim da verificação recolocar o cartão na superfície de trabalho ou na zona inferior da mesa.

4.2.2.3 Puncionamento

A operação de Puncionamento é, a par da Colagem, as operações que acrescentam valor no posto de acabamentos. Nesta tarefa executa-se os furos necessários para a passagem do óleo e acesso dos cabos de ligação à galete. Apenas os moldados que não têm entalhe, quer seja em U ou cantoneiras, são susceptíveis de necessitar de ser puncionados. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- Matéria-Prima: Moldados
- Equipamento Utilizado: Puncionadora, Moldes de Marcação; Lápis de Marcação; Mesa de Apoio aos Acabamentos
- Produto: Moldados Puncionados
- Função: Puncionar os Moldados com Fim de Refrigeração e Passagem de Ligações
- Método:
 - Deslocar os moldados que carecem de puncionamento para a proximidade da puncionadora, dispô-los segundo a ordem em que irão ser puncionados no andar de material provisionado;
 - Verificar se a ferramenta que está montada na puncionadora corresponde às necessidades dos moldados a puncionar. Se não corresponder proceder à mudança de ferramenta ou, caso haja moldados em espera, proceder ao puncionamento dos moldados que correspondam à ferramenta montada.

Apesar de não ser considerado correcto condicionar a sequência de processamento à mudança de ferramenta, neste caso o impacto é mínimo;

- Marcar com um molde, os limites do puncionamento. O método de marcação é em tudo igual à colagem. No entanto, é necessário riscar os limites com o lápis de marcação;
- Manuseando um moldado de cada vez, ajustar para todo o índice o gabari da prensa ao moldado, de forma a centrar o punção;
- Proceder ao puncionamento do moldado, repondo cada um já processado à mesa de apoio e, no mesmo movimento, retirando o próximo a moldar do andar de aprovisionamento;
- No fim da sequência de moldados a trabalhar, o operador dever-se-á deslocar para a área referênciada;

Todos os moldados que necessitem de colagem deverão ser condicionados com elásticos e colocados na superfície inferior da mesa, sendo que de outra forma deverão ser devidamente condicionados.

4.2.2.4 Colagem

A operação de Colagem é, a par do Puncionamento, as operações que acrescentam valor no posto de acabamentos. O puncionamento deve ser executado antes da colagem caso ocorra, sendo no entanto mais comum os moldados necessitarem apenas de colagem do que de ambas as operações. A colagem consiste em três momentos distintos: a marcação, a colagem de calços e a secagem da cola. Consoante o tipo de peça poderá não ser necessário fazer a marcação do local de colagem. Existem variações ao método específico de acordo com a zona onde os calços deverão ser colados. A secagem deverá demorar cerca de 10 minutos, sendo que só após este intervalo de tempo é que se poderá proceder ao seu condicionamento. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- Matéria-Prima: Moldados
- Equipamento Utilizado: Moldes de Marcação, Calços, Zipo de Cola Branca, Gabaris de Cartão, Molas; Recipiente de Cola Branca; Mesa de Apoio aos Acabamentos
- Produto: Moldados Com Calços
- Função: Colagem de Calços
- Método:
 - Verificar se o Zipo de Cola Branca está abastecido e se a película transparente de plástico está adequada a ser utilizado. No caso de reabastecimento do Zipo deverá ser usado o recipiente próprio de cola branca, equipado com torneira;
 - Após verificação das necessidades em termos de calços, deve se proceder ao seu aprovisionamento. Caso os calços em causa já estejam localizados na prateleira dedicada a esse fim, basta deslocar a respectiva caixa para uma zona o mais perto possível do operador. Caso assim não aconteça, será necessário o operador deslocar-se à zona de aprovisionamento de calços e proceder à sua escolha e transporte;
 - No caso dos moldados entalhados: a localização do ponto de colagem está definida pelo próprio entalhe. Deve ser feita a colagem de uma só passagem, colocando cola primeiro em todos os pontos de colagem, e pousando os posteriormente os calços. No caso de ser necessária uma segunda colagem no outro lado exterior deve ser repetido o processo após a secagem;

- No caso dos moldados sem entalhe: Antes de se proceder à colagem, cada índice deve ser centrado no molde com as posições de colagem. Utilizando uma régua simétrica de escala dupla, basta saber o comprimento total da peça e coincidi-lo num dos lados, centrando automaticamente o moldado. A fixação da posição do moldado é garantida por dois gabarits de cartão, apertados por duas molas, adequados ao molde utilizado. Existem moldes consoante as diferentes posições dos calços. Deve ser feita a colagem de uma só passagem, colocando cola primeiro em todos os pontos de colagem, e pousando os posteriormente os calços. No caso de ser necessária uma segunda colagem no outro lado exterior deve ser repetido o processo após a secagem;
- A secagem deve ocorrer utilizando a área designada nas prateleiras e, caso seja necessário, a área de apoio aos acabamentos. A organização de moldados já processados deve garantir o tempo mínimo de secagem, sendo que para esse efeito se sugere a sua disposição em linhas paralelas ao bordo maior da mesa. Dessa forma garante-se a sequência correcta em termos temporais. Só após este período de tempo se deve proceder à cintagem.

4.2.2.5 Condicionamento para o Transporte

Os moldados, estando organizados por índices, devem ser condicionados tendo isso em conta. Cada índice consiste normalmente em dois moldados podendo, no caso dos emendados, chegar a três. Existem portanto duas tarefas, executadas segundo uma determinada sequência, associadas à operação de condicionamento para o transporte: cintagem e armazenamento. De seguida apresenta-se as normas associadas a esta operação:

- Matéria-Prima: Moldados Prontos a Expedir para o Cliente
- Equipamento Utilizado: Cinta Plástica Transparente; Mesa de Apoio aos Acabamentos
- Produto: Índice de Moldados prontos para a encomenda
- Função: Identificar e Condicionar os Índices de forma a evitar empenos
- Método:
 - Estando o Operador na sua Zona de Referência;
 - Juntando os moldados que constituem um índice (descrição melhor), procede-se de seguida à cintagem dos moldados. Deve ser usado um rolo previamente cortado de plástico transparente. O enrolar da película plástica deve ser feito na direcção contrária ao enrolamento de forma a facilitar a aplicação de tensão no plástico. Os moldados maiores, acima dos 1300 mm, devem ser apertados em três pontos distintos: nas extremidades e no centro. Não se deve cintar em cima da marcação.
 - Após a marcação dos índices, eles devem ser condicionados de acordo com as marcações nos carros de encomendas no caso de não necessitarem de acabamento ou deverão ser colocados nas áreas de transferência entre postos na situação oposta;
 - O operador deve voltar à sua posição referência na prensa.

4.2.3 Resultados da Implementação de Normas de Produção

A implementação de normas de produção implica lidar com a parte mais complexa da gestão industrial: o elemento humano. Como tal, é importante ter em conta que as normas produtivas não são documentos estanques e imutáveis, mas sim elementos formais que pretendem ter a sua tradução na fábrica. O estabelecimento de normas é um processo necessariamente iterativo em que a comunicação com os operadores é fundamental. Por esse motivo, o processo de validação e aceitação destas normas específicas é um esforço ainda em desenvolvimento. Apesar de serem baseados no processo actual e serem suficientemente gerais para manter alguma individualidade e flexibilidade no trabalho, os pontos considerados fulcrais na definição de normas, nomeadamente a eliminação de tarefas redundantes e a continuidade de trabalho, continuam a não estar completamente aplicadas.

As normas produtivas são, como já foi referido, uma necessidade no ambiente industrial actual. O objectivo de iniciar um esforço de normalização do processo produtivo foi cumprido, pese embora a implementação não estar concluída. O conceito essencial de apoiar a melhoria contínua está também relacionado com a total aplicabilidade das normas, razão pela qual ainda não foi possível concluir o reescrever de normas baseado numa oportunidade de melhoria. É de ressaltar que a própria redacção das normas já foi baseada em sugestões de melhoria de método de diversas fontes.

As vantagens de um processo produtivo estável e nivelado, tendo em especial atenção a integração de fluxo característico de um sistema *Lean*, apenas poderão ser colhidas com uma implementação global de normas produtivas em toda a cadeia de valor.

No decorrer da definição de normas produtivas foi possível aferir tanto a complexidade do produto, como do processo em si. A produção *make to order* de elevado volume de produção revelou-se um dos principais impedimentos para a aplicação directa dos conceitos teóricos, tanto em termos de normas produtivas como de previsão de tempos. De facto, a ausência de normas produtivas na fábrica abrangia não só o processo produtivo em si, mas também o *Layout* da célula e os próprios sistemas de armazenagem.

Trata-se de um problema com diversas vertentes interligadas. A solução apresentada, apesar de não ser a ideal, foi a considerada mais fácil de transportar para o chão de fábrica e de oferecer algumas vantagens práticas.

4.3 Melhorias de Método

Em simultâneo com a definição de normas do processo produtivo, procedeu-se à análise do método de trabalho. Neste ponto do relatório são apresentadas implementações e propostas relacionadas com a melhoria de método. A distinção entre as novas normas de produção, que incluem melhorias no método associado a cada tarefa, e as melhorias de método prende-se, essencialmente, com o facto do primeiro se referir à tarefa em si e o segundo à operação e toda a sua envolvente, nomeadamente o *Layout*, o equipamento e o planeamento.

4.3.1 Aprovisionamento Interno

As oportunidades de melhoria identificadas que se relacionam directamente com o aprovisionamento de material são o aprovisionamento dos calços e o reenchimento do zipo de cola branca. No entanto, as suas influências a nível produtivo são distintas. No que diz

respeito aos calços, trata-se essencialmente de excesso de movimentação e o desperdício a isso associado. Já o reenchimento de Zipo implica questões a nível de qualidade e higiene.

Foi proposto, pelo departamento de Ambiente e Segurança, a utilização de um bidão, próprio para armazenar Cola Branca, equipado com uma torneira de baixo débito. O método anterior de enchimento de Zipos baseava-se no vazamento, por meio de um copo, de cola armazenada no seu bidão comercial. Aproveitou-se este novo sistema de armazenamento para reorganizar a zona envolvente. Desta forma, garantiu-se melhores condições de trabalho aos colaboradores, permitindo o enchimento de Zipos de uma forma limpa e fácil, conforme se pode observar na Figura 21.



Figura 21 – Bidão com Torneira de Baixo Débito

A resolução do problema do aprovisionamento dos calços implica soluções mais complexas. A movimentação associada a esta operação era, aquando a análise da situação actual, de 52 metros. Às perdas na movimentação adiciona-se o tempo gasto a procurar o calço com a espessura certa. De forma a propor a solução foi necessário, antes de mais, perceber a razão do actual método. A posição actual dos calços foi determinada por dois factores: a quantidade de calços e a necessidade da área de montagem de grupo de também aceder aos calços. Quanto ao tempo que demora a encontrar a espessura correcta, tal deve-se essencialmente à falta de organização das caixas e à falta de clareza nas marcações. A identificação da caixa era

feita com recurso a uma tira de fita-cola com a espessura a marcador, conforme é visível na Figura 22.



Figura 22 - Organização Original dos Calços

A proposta de melhoria passa por duas considerações importantes. A primeira é que existe um desfaseamento entre as necessidades de calços da montagem de grupo e do posto de colagem. A segunda é que é possível determinar quais são as espessuras com maior frequência de utilização e, segundo essa classificação, organizar quais são as caixas que deverão ficar na proximidade do posto de acabamentos.

A organização das caixas foi melhorada, após a proposta de um colaborador, atribuindo um código de cores às diferentes espessuras e empilhando as caixas segundo a sua espessura. O documento usado como referência na fábrica está apresentado na Figura 39 do ANEXO B. Em relação à movimentação efectuada, propôs-se a identificação das espessuras com maior frequência de utilização e, com a quantidade de calços limitada, o seu armazenamento numa área próxima dos acabamentos. As modificações feitas à própria mesa de apoio à colagem implicam que, após a triagem inicial de calços, ainda pode ser feita uma segunda escolha, com base da frequência de utilização, de forma autónoma por parte do colaborador. A organização do ponto de aprovisionamento foi feita em conjunto com os responsáveis da área, sendo que a codificação por cores está em fase de implementação, enquanto a triagem por frequência é ainda conceptual. A codificação por cores em fase de implementação está representada na Figura 23.



Figura 23 - Codificação por cores em fase de Implementação

4.3.2 Armazenamento do Produto e Matéria-Prima

Tal como já foi referido na secção 2.2, foi identificada como oportunidade de melhoria o armazenamento do produto e da matéria-prima. Se por um lado a matéria-prima é transportada para a célula de uma forma que dificulta a escolha e o planeamento do operador da prensa, por outro o produto, devido à sua amplitude de dimensões e geometria, é também armazenado em carros com fraca mobilidade. Apesar destas dificuldades, o factor que realmente interfere em termos produtivos não é a forma do carro, mas sim a sua quantidade. A quantidade de carros é considerada excessiva e depende não só do produto em si, mas também do planeamento de produção e da relação entre cliente e fornecedor. Foi decidido dividir-se o problema do excesso de carros em dois sub-problemas complementares: a entrada de matéria-prima e a saída do produto. Na Figura 24 é apresentado o modelo actual de carros de matéria-prima, sendo que o mesmo carro também é utilizado para a expedição de alguns tipos de produtos.



Figura 24 - Carro actual de Entrada de Matéria-Prima

No que toca à entrada de matéria-prima, foi proposta a troca dos carros actuais. O modelo de carro proposto é mais leve, com mais prateleiras mas mais curto, ganhando assim em mobilidade. O carro teria ainda a característica de cada prateleira ser amovível e permitir a sua troca com uma prateleira vazia, diminuindo o manuseamento do produto. O armazenamento do produto poderia ser também feito em carros iguais à da entrada da matéria-prima. A modelação da proposta está patente na Figura 25.

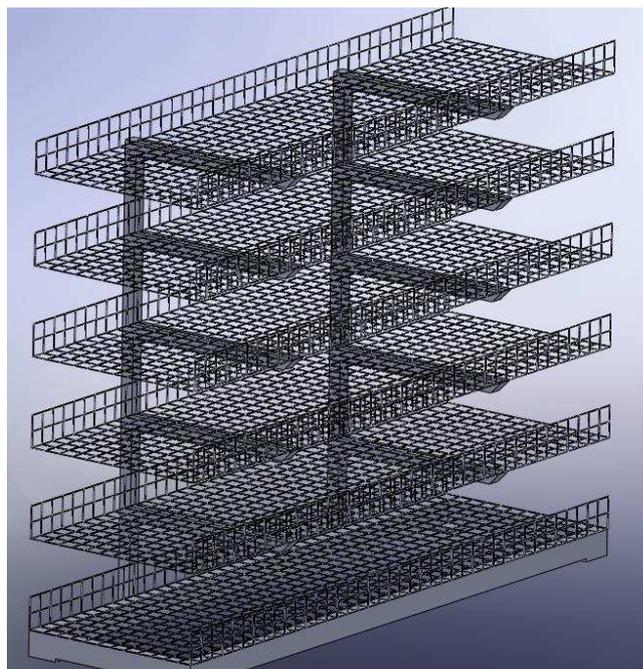


Figura 25 - Proposta de Novo Carro

Apesar da modificação da forma de armazenamento ter impacto no número de carros, não resolve a causa do excesso de carros. Na verdade, o número de carros depende directamente do facto do planeamento não ser regido pelas necessidades do cliente, mas sim condicionado pela mudança de ferramenta. Tornou-se assim pertinente de abordar as oportunidades de melhoria nesse campo. Na Figura 26 apresenta-se o excesso de carros presente na secção.



Figura 26 - Representação do Excesso de Carros

A solução para as dificuldades de planeamento e, por consequência, para o excesso de carros passa por dividir as encomendas do cliente em ordens de fabrico menores, com um tempo de

execução devidamente definido, e apenas fornecer à célula matéria-prima associada a uma ordem de fabrico específica.

Paralelamente a este novo sistema de planeamento, a logística interna encarregar-se-ia de exteriorizar as actividades que não acrescentam valor. Com a matéria-prima e produto organizados em lotes de produção, definidos não pela quantidade mas por unidades de armazenamento, seria possível definir áreas de entrada e saída de material, nas quais se daria a recolha e entrega de ordens de fabrico. Desta forma seria possível diminuir o número de carros e afastar da zona de produção a organização de encomendas a entregar ao cliente.

As modificações produtivas que este tipo de solução implica, tornam a sua implementação complexa e demorada. No entanto, sempre que possível, foram dados alguns passos que permitem alcançar o objectivo de não só condicionar toda a produção da área dos moldados exclusivamente às necessidades do cliente mas também reduzir o número de carros de transporte de cartão ao mínimo indispensável.

4.3.3 Eliminação de Operações Redundantes

Conforme ficou patente nas normas produtivas da operação de verificação no BOBST do posto de colagem, foi determinado que esta operação se tornava redundante, na maioria das vezes, caso se acrescentasse ao cartão cortado as informações pertinentes à colagem. Na prática, a informação por vezes não é escrita no cartão, mas numa lista de moldados elaborada à parte.

4.3.4 Diminuição das Movimentações

O *Layout* actual, devidamente apresentado na secção 2.1.4 e representado na Figura 27, apresentava oportunidades de melhoria no que toca às movimentações.



Figura 27 - *Layout* Actual do Objecto de Estudo

Foram ainda tidos em conta os seguintes factores no desenho de um novo *Layout*:

- A prensa *Baioni*, equipamento número 10M034, vai ser deslocada para um outro ponto do chão de fábrica;
- Possibilidade de modificar as funções de cada um dos postos, nomeadamente o funcionamento estar a cargo do operador da prensa e todo o condicionamento e armazenamento estar a cargo do operador dos acabamentos;
- Criação de uma zona de preparação de encomenda à saída da zona dos moldados, incluindo todos os produtos processados na área;
- Disposição do equipamento orientado à sequência de trabalho.

É apresentado na Figura 28 o *Layout* proposto.

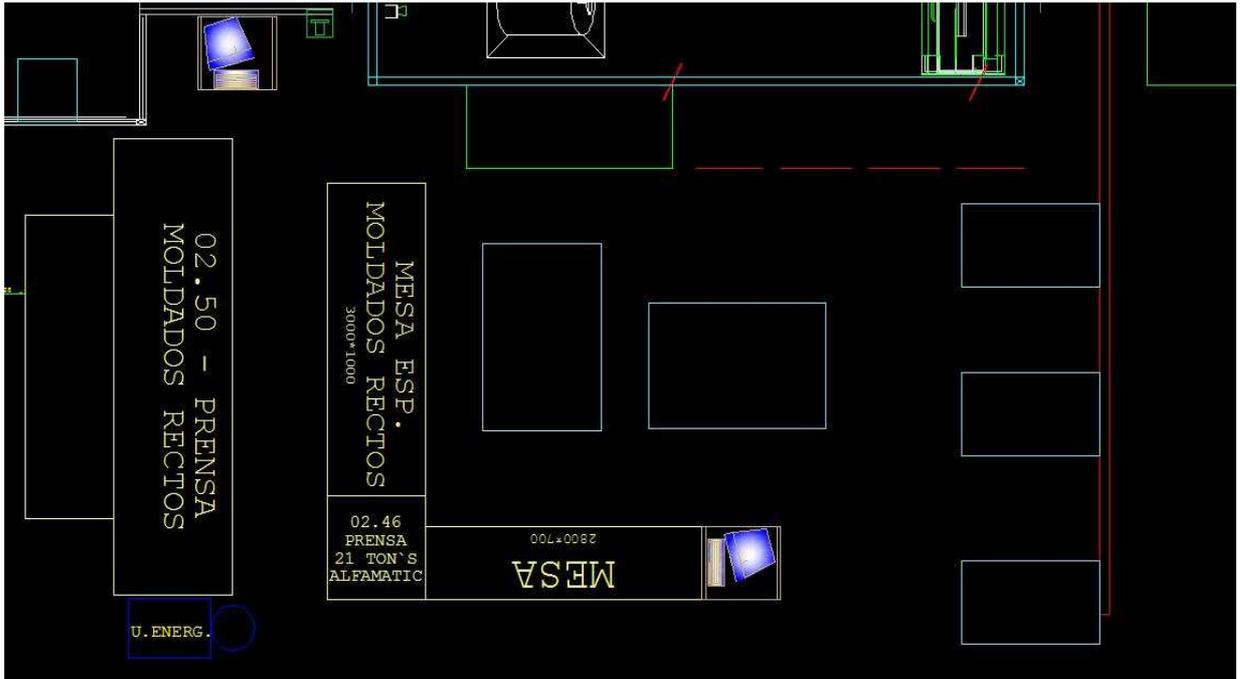


Figura 28 - Proposta de *Layout*

Esta nova disposição do equipamento permite ganhos a nível da movimentação e do manuseamento do produto. Os moldados são transferidos de posto para posto através da comunicação directa das zonas de trabalho. Deve ser ainda referida a mudança da puncionadora para próximo das outras prensas da área de forma a também diminuir o deslocamento dos seus operadores. Em termos de distância, os ganhos ao fim de um transformador podem ser resumidos da seguinte forma na Tabela 8:

Tabela 8 - Ganhos na Movimentação Durante a Produção de Um Transformador

Origem	Deslocações	Metros		Ganho em Distância	Ganho Percentual
		Actual	Proposto		
Prensa	Carros Moldados	3905,5	0,0	3905,5	100%
	Carros MP	2428,9	781,1	1647,8	68%
	Puncionadora	683,7	337,1	346,7	51%
	BOBST	363,8	363,8	0,0	0%
	Mesa Colagem Calços	1426,7	0,0	1426,7	100%
Colagem	Carros Moldados	1926,0	615,3	1310,8	68%
	Puncionadora	298,5	207,0	91,5	31%
	Mesa Prensa	856,0	0,0	856,0	100%
	Reenchimento de Zipos	114,5	101,7	12,8	11%
	Reabastecer Calços Trapezoidais	465,5	508,3	-42,8	-9%
	Calços Rectos	3504,3	635,3	2868,9	82%

4.3.5 Mudança de Ferramenta

Conforme já foi referido, o tempo gasto na mudança de ferramenta condiciona de forma determinante o fluxo produtivo da área. Foram tomadas algumas acções com o objectivo de diminuir o tempo de mudança de ferramenta de uma forma simples. A análise focou-se essencialmente na identificação de operações possíveis de exteriorizar e na diminuição do tempo gasto nas operações internas. Uma mudança de ferramenta envolve, na prensa dos moldados rectos, uma troca de punção e de base, sendo que é possível transporta à mão algumas bases. Para formar um determinado X na prensa podem ser usados vários punções para alcançar a espessura necessária, sendo na mesma utilizada uma base específica. Assim, de forma a analisar o processo na sua generalidade, foram consideradas duas situações específicas, consoante as bases possam ou não ser transportadas à mão (Tabela 9).

Tabela 9 - Sequência Mudança de Ferramenta com Bases Transportadas à mão

Bases Transportadas à mão				
Nº Op.	Descrição	Equip. Necessário	Comentários	Tipo
1	Retirar Parafusos do Punção	Chave em T articulada com Hexagonal Interior		Interna
2	Translação da Matriz para Zona de Mudança	n.a.	Comandada na Máquina, não depende do operador	Interna
3	Retirar Punção da Prensa	Grua; Olhais Roscados	Punção fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para o topo do armazém	Interna
4	Retirar Pernos de Base e Base propriamente dito	Manual, Cunha em Madeira	A base termina esta operação verticalmente encostada ao armazém	Interna
5	Armazenamento do Punção	Grua	Deslocação do Colaborador para Piso Superior do Armazém, ficando lá até à operação 7	Externa
6	Troca de Base entre Pisos	Manual	Colaborador ergue manualmente a base em posição vertical, depositando a nova ferramenta no mesmo sítio	Externa
7	Troca de Punção entre Pisos	Grua, Olhais	Punção fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para junto da prensa	Externa
8	Posicionar Base	Manual, Cunhas em Madeira	Colocação da Base alinhada com o espaço entre mandíbulas da prensa, com as furações dos pernos no sentido oposto ao de encaixe	Interna
9	Roscar Pernos e Girar para a posição	Manual, Cunhas em Madeira	Roscar dos pernos em posição vertical, seguida da sua rotação em 180 graus de forma a encaixar na posição correcta	Interna
10	Ajuste da Largura das Mandíbulas	Chave-inglesa	Aperto das Mandíbulas da Prensa de forma a ter a folga adequada	Interna
11	Encaixe do Punção na posição	Grua	Deposição do Punção entre mandíbulas e apoiado pela Base	Interna
12	Translação da Matriz para a Zona de Trabalho	n.a.	Comandada na Máquina, não depende do operador	Interna
13	Enroscar Parafusos de Fixação de Punção	Chave em T articulada com Hexagonal Interior		Interna

Da mesma forma, a sequência associada às bases transportadas com a grua é a seguinte (Tabela 10):

Tabela 10 - Sequência de Mudança de Ferramenta com Bases Transportadas com Ponte

Bases Transportadas à Grua				
Nº Op.	Descrição	Equip. Necessário	Comentários	Tempo
1	Retirar Parafusos de Punção	Chave em T articulada com Hexagonal Interior		Interna
2	Translação da Matriz para Zona de Mudança	n.a.	Comandada na Máquina, não depende do operador	Interna
3	Retirar Punção da Prensa	Grua; Olhais Roscados	Punção fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para o topo do armazém	Interna
4	Armazenamento do Punção	Grua	Deslocação do Colaborador para Piso Superior do Armazém	Externa
5	Retirar Pernos da Base e Base propriamente dita	Grua; Olhais Roscados; Cunha em Madeira	Base fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para o topo do armazém	Interna
6	Armazenamento da Base	Grua	Deslocação do Colaborador para Piso Superior do Armazém, ficando lá até à operação 8	Externa
7	Troca de Base entre Pisos	Grua, Olhais	Nova Base fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para junto da prensa	Externa
8	Posicionar Base	Grua, Manual, Cunhas em Madeira	Colocação da Base alinhada com o espaço entre mandíbulas da prensa, com as furações dos pernos no sentido do encaixe	Interna
9	Roscar Pernos	Manual, Cunhas em Madeira	Roscar os pernos com rosca não visível, já com a base no sítio	Interna
10	Ajuste da Largura das Mandíbulas	Chave-inglesa	Aperto das Mandíbulas da Prensa de forma a ter a folga adequada	Interna
11	Preparação de Punção para troca	Grua	Deslocação do Colaborador para Piso Superior do Armazém, ficando lá até à operação 7	Externa
12	Troca de Punção entre Pisos	Grua, Olhais	Punção fica em regime livre pendurado na grua enquanto Colaborador não se desloca para junto da prensa	Externa
13	Encaixe de Punção na posição	Grua	Deposição do Punção entre mandíbulas e apoiado pela Base	Interna
14	Translação da Matriz para a Zona de Trabalho	n.a.	Comandada na Máquina, não depende do operador	Interna
15	Enroscar Parafusos de Fixação de Punção	Chave em T articulada com Hexagonal Interior		Interna

Conforme se pode verificar pela análise das sequências, a sequência de operações não segregava as operações externas das internas, provocando a paragem da máquina indistintamente. Foram também apontadas algumas questões relacionadas com a segurança do acesso ao armazém de ferramenta, já que tanto os punções como as bases se encontram no topo de um armazém ocupado por outras prensas na área. O acesso ao piso superior era feito através de uma escada móvel, estando a zona de mudança de ferramentas apresentada na Figura 29 e o piso superior na Figura 30.



Figura 29 - Zona de Mudança de Ferramenta



Figura 30 - Piso Superior do Armazém

Tendo em conta as sequências apresentadas, e após sugestão do operador da prensa, foi concebida uma intervenção no armazém que permite que as bases mais vezes utilizadas estejam dispostas no piso térreo. Após a determinação da periodicidade da utilização das bases, através de testemunhos dos operadores e análise aos dados de projectos recentes, foram desenhadas as bases e o modo de fixação. Aproveitando o projecto já existente para resolver algumas questões relacionadas com a segurança de trabalho, a implementação das barras de suporte dos punções foi integrada na referida intervenção.

No seguimento da redução do tempo de *setup* e do melhor aproveitamento do espaço disponível de armazenamento disponível, foi ainda feito o levantamento do material presente no piso superior, bem como a análise da sua utilização. Dessa análise resultou a identificação de diversos punções e bases que, devido à sua utilização quase inexistente, se propôs serem condicionados e armazenados, explícitos na Tabela 11 e apresentados na Figura 31, e foram ainda definidos certos factores que despoletariam o seu retorno.

Tabela 11 - Tabela de Análise de Ferramenta Proposta para Armazenamento Exterior

	Material Possível de ser Armazenado Exteriormente				
	Qtd.	Tipo	Frequência de Utilização	Observações	Critério de Recuperação
Armazém Externo	1	X 10	Não Utilizado		n.d
	4	Não Marcadas	Não Utilizado	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	n.d
	1	B 19	Muito Frequente	Base não Marcada e Redundante	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 23	Muito Esporádica	3TG924009	n.d
	1	B 35	Muito Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 39	Muito Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 41	Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 43	Muito Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 45	Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	1	B 54	Muito Esporádica	Bases no conjunto dos 3TG924009 (espessura diferente)	Desgaste ou Rotura da Base Utilizada
	2	R 10 XY iguais	Não Utilizado	1500+1500	Utilização no Projecto de cantoneiras raio 10
	2	R 10 XY dif.	Não Utilizado	1500+1500	Utilização no Projecto de cantoneiras raio 11

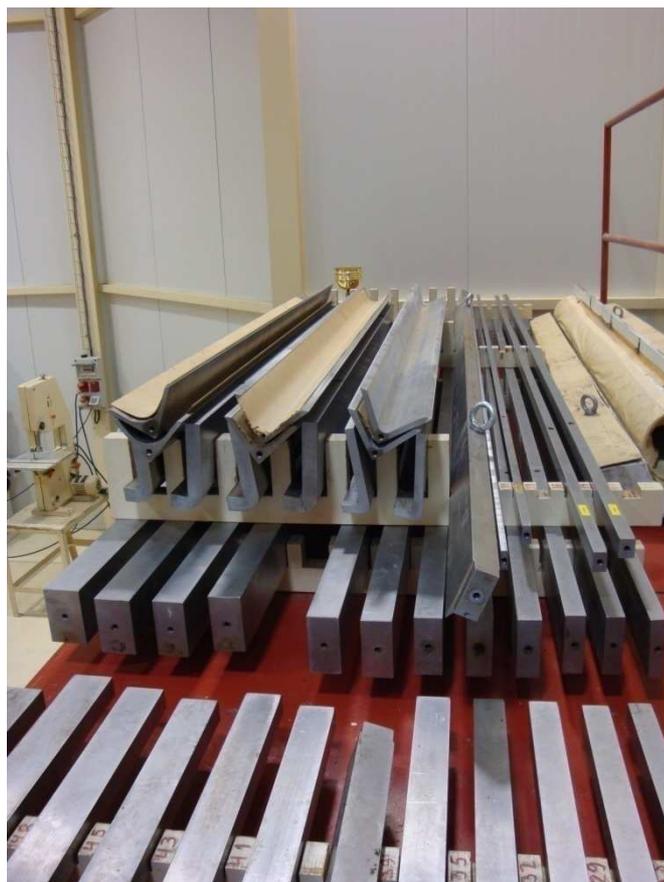


Figura 31 – Alguns Exemplos de Ferramenta Proposta a Armazenamento Externo

A otimização do espaço utilizado, a diminuição do tempo de mudança de ferramenta e a melhoria das condições de trabalho são todos objectivos passíveis de se incluir numa iniciativa de melhoria de método. A transposição das bases para uma posição não tão elevada diminui a necessidade de aceder ao armazém, enquanto a optimização do espaço, implica melhores condições de mobilidade no próprio armazém.

Utilizando a mesma análise que permitiu identificar as ferramentas não utilizadas, foi ainda possível propor uma reorganização dos punções segundo a sua frequência de utilização, colocando os mais usados mais próximos da beira do armazém. Foi usada para análise a Tabela 12:

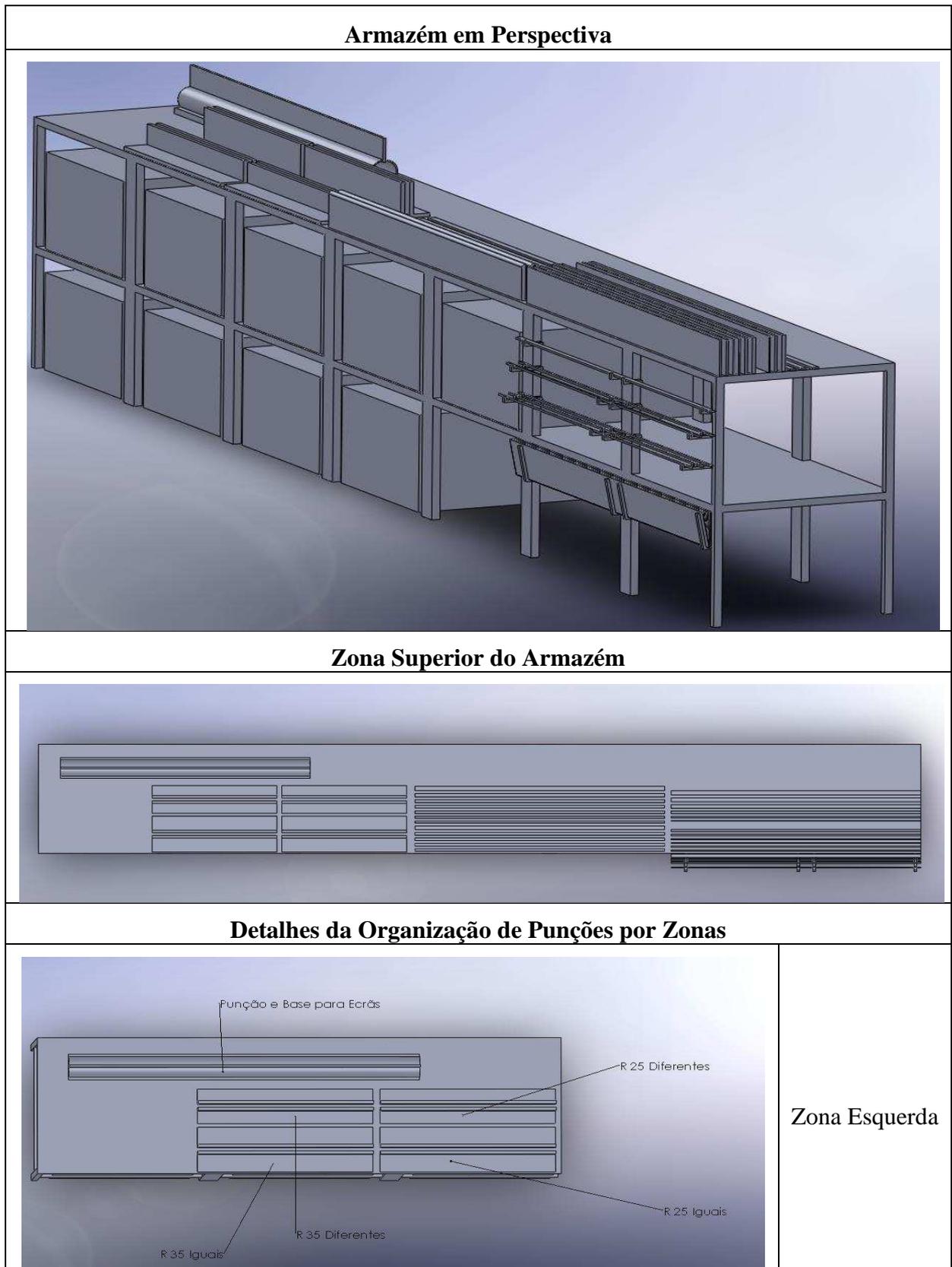
Tabela 12 - Tabela de Frequência de Utilização de Ferramentas

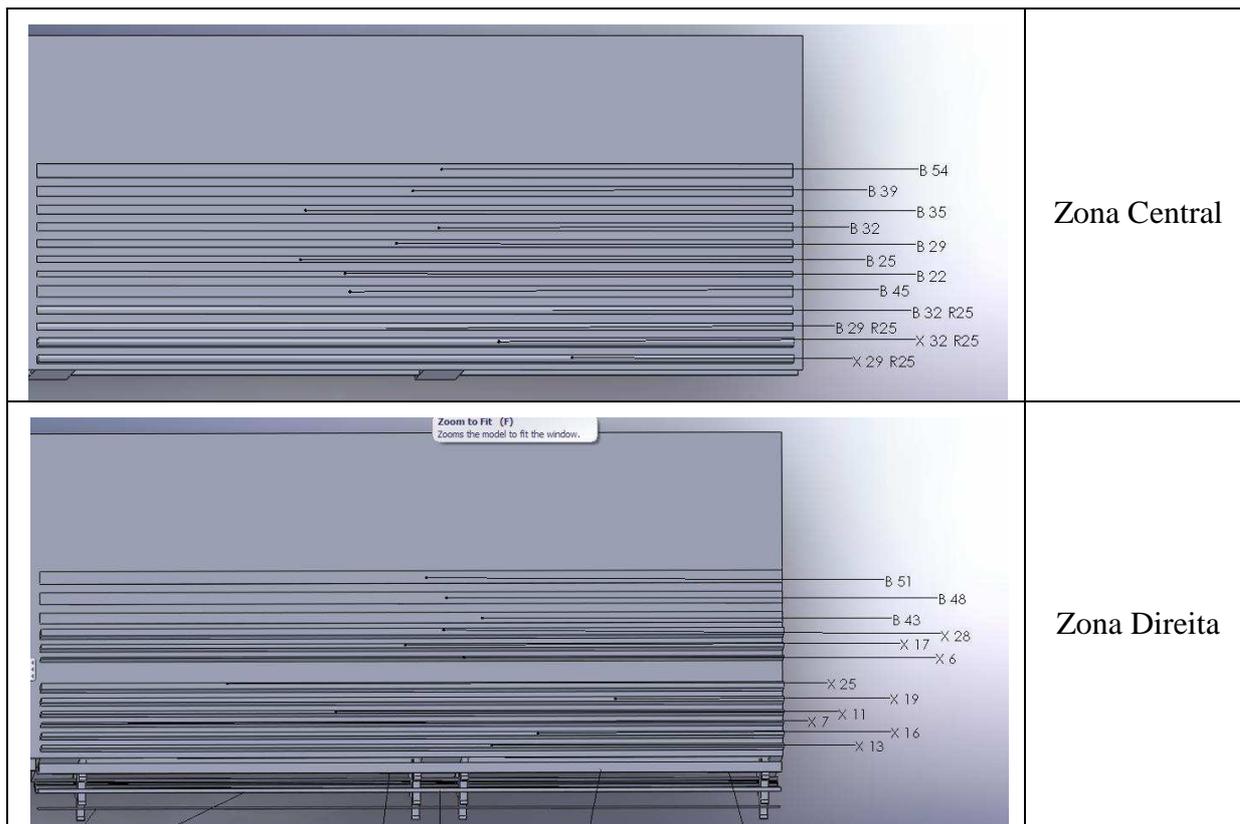
	Qtd	Tipo	Frequência de Utilização	Observações
Punções	3	X 1	Muito Frequente	Punção de Enchimento
	3	X 2	Muito Frequente	Punção de Enchimento
	2	X 6	Muito Esporádica	
	3	X 7	Frequente	Punção de Enchimento
	1	X 10	Não Utilizado	
	1	X 11	Frequente	
	1	X 13	Muito Frequente	
	1	X 16	Muito Frequente	
	1	X 17	Muito Esporádica	
	2	X 19	Frequente	
1	X 25	Esporádica		

	1	X 28	Muito Esporádica	
	1	X29 R25	Esporádica	Punções Boleados para Aneis de Guarda
	1	X32 R25	Esporádica	Punções Boleados para Aneis de Guarda
Bases	1	B 7	Muito Frequente	
	1	B 11	Muito Frequente	
	1	B 13	Muito Frequente	
	1	B 16	Muito Frequente	
	2	B 19	Muito Frequente	Uma base não está marcada
	1	B 22	Muito Esporádica	
	1	B 23	Muito Esporádica	3TG924009
	1	B 25	Muito Esporádica	
	1	B 29	Muito Esporádica	
	1	B 32	Muito Esporádica	
	2	B 35	Muito Esporádica	Uma Base é 3TG924009
	2	B 39	Muito Esporádica	Uma Base é 3TG924009
	2	B 41	Frequente	Uma Base é 3TG924009
	2	B 43	Muito Esporádica	Uma Base é 3TG924009
	2	B 45	Esporádica	Uma Base é 3TG924009
	1	B 48	Muito Esporádica	
	1	B 51	Muito Esporádica	
	2	B 54	Muito Esporádica	Uma Base é 3TG924009
	1	B 29 R25	Esporádica	Bases Boleadas para Aneis de Guarda
	1	B32 R25	Esporádica	Bases Boleadas para Aneis de Guarda
4	Não Marcadas	Não Utilizado	Bases no conjunto dos 3TG924009	
4	Aumentos V	Esporádica	4 X 1500 (ambos os lados da base em V)	
Cantoneiras	2	R 10 XY iguais	Não Utilizado	1500+1500
	2	R 10 XY dif	Não Utilizado	1500+1500
	2	R 25 XY iguais	Esporádica	1500+1500
	2	R 25 XY dif	Esporádica	1500+1500
	2	R 35 XY iguais	Esporádica	1500+1500
	2	R 35 XY dif	Esporádica	1500+1500
		P+B Circular	Muito Esporádica	Base e Punção Circular Para Ecrãs

Sendo que a organização proposta, devidamente modelada e apresentada na Tabela 13 foi a seguinte:

Tabela 13 - Tabela Explicativa da Proposta de Organização do Armazém





Esta nova disposição dos punções, acrescida das modificações feitas, nomeadamente a escada rolante e o suporte para bases, permitem que na maior parte das mudanças de ferramenta o operador não necessita de efectivamente subir para o piso superior, conseguindo fazer as trocas a partir da própria escada (Figura 32).



Figura 32 - Suportes para Bases e Escada Rolante

A atenção dada à mudança de ferramenta, prende-se essencialmente com a necessidade de diminuir a sua influência no planeamento da área. A diminuição dos tempos de paragem associados, implica mais uma aproximação ao trabalho por encomenda regulada pelo cliente referido anteriormente.

4.3.6 Melhorias de Método a Abordar

O planeamento de produção da área dos moldados foi uma oportunidade de melhoria que, apesar de ser abordada através de algumas das suas causas, não foi abordada directamente como um todo. De facto, o condicionamento à mudança de ferramenta, a falta de previsão do tempo produtivo, os problemas de aprovisionamento, o armazenamento eficaz do produto e matéria-prima e o *Layout* da célula, contribuem de uma forma geral para as dificuldades de planeamento. Sendo assim, ao actuar sobre cada um destes pontos, também se facilita a abordagem ao tema subjacente. No entanto, não foram feitos esforços directos de estabelecer uma sequência produtiva, nem critérios para a prioridade de produtos que permitam determinar a forma mais eficaz de suprir uma determinada necessidade produtiva.

5 Apresentação do Protótipo

Conforme já foi dito, uma das necessidades encontradas no âmbito do projecto foi a previsão do tempo de produção associada a uma determinada encomenda por parte do cliente. Como tal, paralelamente à definição de normas e análise do método de trabalho, foi também feita a determinação de tempos referência de produção e o desenvolvimento de um algoritmo de previsão.

Abordou-se cada posto de forma individual, com soluções específicas para cada um. No entanto, tendo em conta o seu funcionamento em célula de produção, a previsão associada a uma determinada encomenda deve considerar ambos os postos e os seus respectivos turnos activos.

Consoante o tipo de encomenda é determinado o posto que condiciona a sua expedição e é avançada uma previsão. O esquema matricial do algoritmo permite tornar a consulta e actualização dos dados mais clara, estando de acordo com o objectivo, subjacente a qualquer iniciativa industrial, de melhoria contínua.

5.1 Descrição Sucinta do Protótipo

No desenvolvimento do algoritmo dividiu-se a célula de trabalho em dois postos diferentes, sendo que a abordagem para cada um é distinta. Foi também dada atenção à precisão dos valores associados às operações.

No caso do posto da prensa foi levado em conta o ritmo imposto pelo próprio ciclo da máquina e a sua influência na produtividade. No caso do posto dos acabamentos a abordagem focou-se mais no aproveitamento da parametrização do produto, utilizando os dados do projecto para determinar a quantidade e qualidade de operações às quais o produto é sujeito. Para isso, organizou-se os dados consoante famílias de produtos afectas a diferentes tipos de operações, num esquema matricial.

A plataforma utilizada foi o *Microsoft Excel*, já que se adequa ao tratamento e processamento de dados na forma matricial.

5.2 Funcionalidade e Pertinência da Previsão de Necessidades Produtivas

A medição da carga e um planeamento eficaz dependem directamente da capacidade de previsão das necessidades produtivas. Assim, o desenvolvimento de uma ferramenta que permita, de forma objectiva e automática, prever quanto tempo deve ser dedicado a uma determinada sequência de moldados, é de uma grande relevância.

O algoritmo desenvolvido necessita, para entrada de dados, de uma lista devidamente sequenciada com os parâmetros dos moldados a processar. Essa informação passa por uma

série de filtros que associam cada entrada de índice de moldados a uma combinação entre tipo de produto e operação. O algoritmo apresenta os seus resultados em dias produtivos, tendo em consideração o número de turnos por dia. É analisado qual dos postos é que vai condicionar a produção e, segundo isso, é dada a previsão.

Numa visão integrada do sistema de produção, o algoritmo será útil quando inserido numa ferramenta de planeamento e retorno de informação da fábrica em tempo real. Este esforço, neste momento a decorrer no Sistema de Produção Efacec, é denominado SPE *Flow Sync* e pretende melhorar o mais possível a comunicação entre o cliente e o fornecedor, retirando-lhe passos que não acrescentam valor. O desenvolvimento e implementação deste tipo de ferramentas, que facilitam a comunicação e o sincronismo entre áreas, aproximam cada vez mais a fábrica num modelo mais magro possível, mantendo apenas as actividades que criam valor.

5.3 Abordagem ao Problema da Previsão

De seguida serão referidas as diferentes abordagens a cada um dos postos. Conforme já foi referido, apesar de serem analisados em separado, existe uma integração de toda a informação posteriormente, de forma a contabilizar o funcionamento em paralelo dentro da célula.

5.3.1 Categorias do Produto

Considera-se pertinente apresentar os diversos tipos de produto considerados na execução do algoritmo já que, consoante as suas características, os produtos são agrupados entre si. Os parâmetros definidos no projecto fornecem valores discretos para a classificação por tipos de produto, conforme pode ser observado na Tabela 14.

Tabela 14 - Tabela Resumo de Tipos de Produtos

Tipo Moldado	Critérios	Descrição
EUA	$L > 1000; Y_k \text{ e } Z_k \neq 0$	Entalhados em "U" de Comprimento Longo
EUC	$1000 > L > 450; Y_k \text{ e } Z_k \neq 0$	Entalhados em "U" de Comprimento Médio
EUE	$L < 450; Y_k \text{ e } Z_k \neq 0$	Entalhados em "U" Emendados (Comp. Pequeno)
NUA	$L > 1000; Y_k \text{ e } Z_k = 0$	Não-Entalhados em "U" de Comprimento Longo
NUC	$1000 > L > 450; Y_k \text{ e } Z_k = 0$	Não-Entalhados em "U" de Comprimento Médio
CA	$L > 1000; Z = 0; Y_k \text{ e } Z_k = 0$	Cantoneiras de Comprimento Longo
CC	$L < 1000; Z = 0; Y_k \text{ e } Z_k = 0$	Cantoneiras de Comprimento Médio

A categoria dos entalhados em "U" de comprimento longo será posteriormente dividida em moldados com comprimento superior e inferior a 1500 mm. É importante referir que os parâmetros de cada moldado definem não só a sua geometria, mas também todas as operações pelas quais o produto necessita passar.

5.3.2 Abordagem Matricial

Como já foi referido, preferiu-se abordar a construção do algoritmo numa perspectiva matricial. Isto implica que o tempo de produção será calculado através do produto escalar de duas matrizes, uma de quantidades e uma de tempos. A matriz de quantidade representa o

número de vezes que uma determinada operação deverá ser executada a um tipo específico de produto, podendo essas quantidades ser calculadas através dos dados do projecto da sequência de produtos que se pretende processar. Os tempos presentes na matriz de tempo foram retirados por medições directas do trabalho.

Em termos conceptuais, a abordagem matricial a este tipo de problemática baseia-se no conceito fundamental do lote de produção. Um determinado produto de um determinado lote tem-lhe associado uma sequência de operações específica, sendo que, devido ao facto de se inserir nesse mesmo lote, o seu processamento é equivalente à soma independente das operações que lhe estão associadas. Isto é, um produto é caracterizado somente pelas operações a ele associadas pelo projecto, sendo que uma determinada sequência de produtos é caracterizada pelo somatório de todas as operações associadas a cada produto individual. As especificidades na relação entre operações e tipo de produtos são abrangidas pelo esquema em matriz proposto. O principal pressuposto deste algoritmo é a entrada e saída do produto num só lote, definido pela sequência fornecida como dado de entrada.

Foram consideradas pares de matrizes diferentes para cada uma das operações. No caso do Posto de Moldação, a tabela tipo que será preenchida pelos dados do algoritmo é apresentada na Tabela 15 enquanto na Tabela 19 do ANEXO A se apresenta o seu formato em utilização.

Tabela 15 - Matriz Tipo para a Quantidade e Tempos do Posto de Moldados

Prensa Moldados Rectos		
Tipo Moldado	Moldação L>1500	Moldação L<1500
EUA		
EUC		
EUE		
NUA		
NUC		
CA		
CC		

Tanto a matriz da quantidade como a dos tempos associados são baseadas neste modelo. As quantidades são determinadas com base nos parâmetros colocados na entrada de dados. A matriz de tempos é preenchida com base em dados experimentais ou estimativas, cujos pormenores serão posteriormente tratados.

Já no caso do Posto de Acabamentos a matriz é mais complexa do que o modelo, sendo que cada uma das categorias de operações contém diversas subdivisões conforme é apresentado na Tabela 20 do ANEXO A.

Tabela 16 - Matriz tipo para a Quantidade e Tempos do Posto de Acabamentos

Posto de Acabamentos				
Tipo de Moldado	Operações de Verificação e Preparação	Operações de Colagem	Operações de Puncionamento	Operações de Condicionamento
EUA				
EUC				
EUE				
NUA				
NUC				
CA				
CC				

Sendo assim, podemos definir formalmente o algoritmo, partindo das matrizes filtradas de cada tipo de produto:

$$[EUA], [EUC], [EUE], [NUA], [NUC], [CA], [CC] \text{ de dimensão } m \times n$$

sendo m (linhas) o número de moldados no lote de produção e n (colunas) as diferentes operações a que estão sujeitas. As matrizes filtradas de cada tipo de produto indicam, para cada índice de moldados, o número de operações a que estão sujeitas. Todas estas matrizes têm a mesma dimensão da sequência que se pretende processar, sendo que apenas existem valores nas linhas dos moldados que pertençam ao tipo de produto específico e na linha que corresponda a uma operação que o moldado necessite (Tabela 17, ANEXO A).

A matriz quantidade foi determinada considerando o seguinte:

$$[M_Q] = \begin{matrix} \sum_{l=1}^m [EUA]_{j=1} & \dots & \sum_{l=1}^m [EUA]_{j=n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{l=1}^m [CC]_{j=1} & \dots & \sum_{l=1}^m [CC]_{j=n} \end{matrix}$$

$[M_Q] = \text{Matriz Quantidade}$

Isto é, cada valor da matriz de quantidade é calculado segundo o somatório do número de vezes que um tipo de produto necessita uma determinada operação. Cada índice da matriz de tempos foi determinado com base em dados experimentais:

$$[M_T] = \text{Matriz Tempo}$$

A determinação, para cada posto, do tempo de produção será dado:

$$[M_q] \cdot [M_T] = T_p$$

$T_p = \text{Tempo de Produção}$

5.3.3 Posto da Prensa de Moldados

A cadência imposta pela máquina teve um papel preponderante no desenvolvimento do algoritmo. O tempo de ciclo da máquina é de 3:00 minutos, tendo sido observada após análise do método uma cadência real aproximadamente de 3:30 minutos, devido ao tempo dispendido a retirar e colocar material. Durante a observação directa verificou-se que, apesar da variabilidade do comprimento dos moldados, a produtividade da prensa, associada directamente ao aproveitamento da área útil de moldação, é fortemente influenciada pelos moldados de comprimento superior. Assim, decidiu-se abordar a previsão do tempo produtivo associado a este posto de duas formas distintas, seleccionando-se a que, na validação do algoritmo, mais se aproximasse à realidade. Uma das abordagens baseia-se na predominância da influência das peças de comprimento considerado longo, enquanto a outra se baseia na taxa média de ocupação da prensa.

Necessitou-se então de subdividir os tipos de produtos consoante o seu comprimento ser, ou não, superior a 1500 mm. Esta subdivisão deve-se essencialmente à impossibilidade de moldar duas peças de comprimento superior a metade do comprimento total da prensa. Desta forma, a matriz de tempos associada à operação de moldação contabiliza apenas os moldados de comprimento longo, com as suas referidas variantes.

Foi também calculada a média do comprimento dos moldados da sequência. É pertinente referir que apenas o modelo baseado na influência das peças de comprimentos longos se baseia no modelo matricial. O tempo produtivo contabilizando a taxa de ocupação da prensa é dado por:

$$T_p = N^{\circ} \text{ Moldados} \times \text{Ciclo Real Ponderado}$$

$$\text{Ciclo Real Ponderado} = \frac{\frac{\text{Ciclo Máquina}}{3000} / L_{\text{médio}}}{\text{Taxa de Aproveitamento}}$$

Foram ainda levadas em conta as mudanças de ferramentas associadas à sequência dada, bem como a quantidade de turnos presentes no posto e os tempos de paragem para tempo pessoal e alimentação.

Imagens das matrizes de tempos e quantidades associadas ao posto de moldação estão presentes no Anexo A.

5.3.4 Posto de Acabamentos

O posto de acabamentos adequa-se melhor à abordagem matricial do que o posto da prensa. Neste caso, todo o trabalho é feito sem aproveitamento da diferença entre tempo da máquina e tempo do homem. Assim sendo, as principais dificuldades na adaptação do algoritmo a este posto específico foram relacionadas com a recolha dos tempos referência de produção.

O método de recolha escolhido foi a observação directa com a utilização de cronómetro, já que a utilização de captura vídeo seria pouco prática quando considerada a quantidade de medições necessárias. Para além disso, a utilização do cronómetro adicionou flexibilidade nas medições e o mínimo impacto possível no chão de fábrica, sendo menos intrusivo que a

análise vídeo. No entanto, o recurso a suporte visual garante uma componente de análise de método não presente no cronómetro.

Considerando o prazo de entrega associado ao produto final não foi possível, no intervalo de tempo dedicado ao algoritmo, obter registos reais para todas as combinações entre produto e operações. Assim sendo decidiu-se, retirando proporções de relações semelhantes, calcular estimativas de tempos de produção, completando a matriz necessária à previsão.

À semelhança do posto dos moldados, também nos acabamentos foram considerados os turnos presentes e as paragens para alimentação e tempo pessoal. Da mesma forma, estão representadas no Anexo A, imagens das matrizes de quantidade e tempos associadas ao posto dos acabamentos.

5.3.5 Conclusão do Protótipo

Após a sua concepção, o protótipo necessita sofrer uma fase de validação dos dados e estimativas para posterior correcção. Só após esta fase de acertos é que o algoritmo estará pronto a ser utilizado numa aplicação real. Pode-se afirmar que, para além da funcionalidade directa de prever, a existência de um formato formal para tempos referência de produção, tem vantagens mais vastas do que a aplicação directa do algoritmo. Desta forma, é permitido não só alocar trabalho de forma objectiva, como também determinar o nível de eficiência da área, de um turno ou de um colaborador, estabelecendo-se uma plataforma de nivelamento com base em tempos normalizados de execução. O algoritmo de previsão complementa o trabalho desenvolvido no âmbito do desenvolvimento de normas de produção, acrescentando à função de nivelamento da normalização de método de trabalho, a capacidade de planear trabalho com base nessa garantia de estabilidade.

Qualquer acção de melhoria contínua que afecte o método e tempo referência deverá ser devidamente integrada neste modelo

6 Actividades Paralelas

Durante a execução do projecto foi dada a oportunidade de intervir numa série de iniciativas de impacto geral que enriqueceram não só o objecto de estudo, como a fábrica. Este tipo de esforços, normalmente associados à melhoria contínua e a actividades 5S, vão de encontro ao objectivo de normalizar a produção. Esta relação directa entre este tipo de iniciativas e o objectivo do projecto tem vindo a ser exposta no decorrer do relatório e deriva da componente de melhoria associada à análise do método e da componente de normalização do sistema 5S.

6.1 Certificação Ambiente e Segurança

No âmbito da certificação de Ambiente e Segurança, em curso durante o intervalo de tempo em que decorreu o projecto, em toda a unidade de negócio dos Transformadores, foram levadas a cabo diversas actividades com vista à correcção de não conformidades. Assim, foram identificados todos os produtos químicos no chão de fábrica SHELL (Figura 34), incluindo montagem do activo e expedição, foram instalados armários adequados ao armazenamento de produtos químicos, foram alocados contentores para resíduos específicos e procedeu-se ao isolamento da área de corte. Foram da mesma forma introduzidos diversos equipamentos orientados à correcta disposição, e manuseamento, de produtos químicos e detritos. Exemplos disso são os baldes com separação de resíduos (Figura 35), o contentor para detritos da pintura, os aventais para a colagem e as pistolas para a colagem de calços nas rodelas (Figura 33). Foi também garantido o correcto acesso a extintores (Figura 35). Estas actividades foram feitas em colaboração com o departamento de Ambiente e Segurança, bem como a engenharia de produção SHELL e de processo, sendo que algumas das iniciativas estão ainda em processo de implementação no chão de fábrica, como por exemplo o isolamento da área de corte e o contentor para detritos de pintura.



Figura 33 – Desenrolador de Mangueira com Pistolas de Aplicar Cola Branca



Figura 34 - Marcação de Todos os Produtos Químicos da Produção



Figura 35 - Marcação de Contentores de Resíduos Vários e Extintores

6.2 Implementação dos 5S em toda a fábrica

Em paralelo com as actividades relacionadas com a certificação de Ambiente e Segurança, foram também encetados esforços na aplicação da metodologia 5S em toda a produção de transformadores, incluindo naturalmente a produção SHELL. Assim, procedeu-se à organização de estantes de apoio às máquinas (Figura 36), à marcação de zonas específicas para cada tipo de material bem como à construção de suportes para ferramentas. Este tipo de actividades, especialmente no que toca à marcação, partiu, muitas vezes, de situações de progresso nulo. À semelhança do que sucedeu com a preparação para a certificação, também

este tipo de actividades foram feitas em estreita colaboração tanto com a engenharia de produção SHELL como com a de processo.



Figura 36 – Organização, Limpeza e Marcação do Armazém de Edge Strip

6.3 Instalação de uma Nova Área Funcional

Reagindo às necessidades produtivas futuras, foi decidida o aumento do espaço e equipamento associado à bobinagem, adicionando-lhe dois novos postos. Após a instalação do equipamento primário da área, nomeadamente as mesas de bobinar e o desenrolador de carretas de cobre, tornou-se necessário replicar as condições de trabalho presentes nos postos originais. Assim procedeu-se ao levantamento do equipamento necessário para cada mesa de bobinar, encomendou-se os carros de ferramentas necessários, bem como os armários e estantes que se determinou necessários (Figura 37). Ao se proceder à instalação da nova área, já se definiu de base a organização do carro, separando-se o equipamento consoante as suas características e o facto de terem ou não possibilidade de adquirir limalhas (Figura 38).

A instalação das estantes para mandris metálicos e dos armazéns para Hedgestrips, implicou a determinação do espaço de armazenamento necessário e, no caso dos armazéns, o seu desenho de construção para se proceder à encomenda.



Figura 37 - Organização e Marcação de Estante de Apoio à Bobinagem



Figura 38 - Organização e Marcação de Carro de Ferramentas de Apoio à Bobinagem

7 Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro

O objectivo de um projecto em empresa transpor os conceitos teóricos para a prática e verificar as suas potencialidades e limitações. No caso específico deste projecto, a implementação prática de normas produtivas não teve, em tempo útil, resultados possíveis de mensurar. No entanto, apesar da ausência de dados que permitam corroborar o atingir dos objectivos propostos, é possível afirmar que a interpretação da informação teórica e a sua posterior aplicação foi bem sucedida. De facto, a percepção das limitações dos conceitos teóricos, implica o reconhecimento da necessidade de verdadeiramente apreender as noções básicas por detrás do conhecimento académico, de forma a adaptá-lo ao panorama industrial sempre mutável. O esforço de normalização dos métodos produtivos é, à semelhança de qualquer iniciativa individual, apenas uma parte do planeamento geral de intervenções na produção. Como tal, o seu impacto será sentido de forma integrada na melhoria geral na fábrica.

As dificuldades naturais associadas ao facto de trabalhar com o elemento humano ganham particular importância no ambiente industrial da produção SHELL, já que, no sistema de produção Efacec, o colaborador e o seu conhecimento técnico é, de facto, o bem mais precioso. Assim, um estudo que se comprometa a determinar a forma mais eficaz de aplicar o conhecimento já existente é equivalente a fornecer uma ferramenta melhor a um operador já experiente. A determinação da melhor ferramenta e a sua distribuição por toda a produção é facilmente identificada como um passo seguro na garantia da qualidade e na uniformização do trabalho.

O tema do projecto, devido à sua longa história e à sua aplicação generalizada em sistemas de produção, foi referido durante a formação académica. Devido à integração da normalização nas ferramentas do estado de arte industrial, foi natural o aprofundar das metodologias às quais as normas produtivas servem como conceito “guarda-chuva”. Em paralelo, à medida que a análise do processo industrial foi sendo feita, foram também verificadas necessidades ao nível dos temas teóricos a abordar. Este processo de pesquisa e de aprendizagem é uma parte muito importante da experiência industrial de um projecto em empresa.

O processo de implementação é, de facto, a componente mais complexa do trabalho de engenharia, especialmente num ambiente industrial. Para além de ser necessário conhecer profundamente o processo de fabrico, é também preciso perceber de forma integrada os fluxos de produção e identificar que tipo de acção é que trará maior vantagem para o produto. No entanto, qualquer esforço de melhoria é inútil sem o conhecimento e colaboração das pessoas envolvidas.. De facto, o período de experimentação directa do método de trabalho permitiu não só observar em primeira mão o processo, mas também conhecer as pessoas que o conduzem. Os benefícios do trabalho na produção só foram claros a médio prazo, quando se passou da fase da proposta para as tentativas de implementação. A aprendizagem de lidar com o elemento humano foi porventura tão predominante como o aprofundar dos conceitos de engenharia industrial tratados.

No futuro, a influência do projecto no sistema de produção Efacec, terá duas vertentes complementares. Por um lado, a definição de normas produtivas, associada à melhoria do método, pretende garantir a estabilidade do processo essencial para medir trabalho, sendo que, a produção SHELL mantém constantemente esforços na melhoria contínua e na implementação de suportes visuais à produção, como por exemplo iniciativas 5S, nas quais a definição de normas de trabalho

é fulcral. Por outro lado, como já foi referido, o planeamento de trabalho na área dos isolantes é, neste momento, uma prioridade. Assim sendo, o algoritmo de previsão e a redução de actividades que não acrescentam valor permitem aproximar o chão de fábrica a um planeamento cada vez mais eficiente. A integração e validação da ferramenta criada numa plataforma que regule a produção de forma eficiente e síncrona é neste momento uma possibilidade que se explora.

O tempo dispendido na elaboração do projecto permitiu uma grande variedade de experiências de aprendizagem, principalmente a noção de que a capacidade de trabalho, o engenho e a proactividade são requisitos básicos para um bom profissional de engenharia. A transposição dos conceitos da formação académica para o chão de fábrica, adaptando-os e tornando-os palpáveis é a grande mais-valia de usufruir do complemento ao conhecimento teórico ainda em período lectivo. As pessoas, tal como a produção, têm sempre oportunidades de melhoria e, como tal, estas são identificadas mais facilmente quando se está em pleno funcionamento.

A normalização de métodos e tempos é, a par com a análise de métodos de trabalho, muitas vezes identificada com uma gestão controladora e desumana. No entanto, a exactidão e a objectividade no trabalho e na sua medição permite, efectivamente, proteger o trabalhador. Protege-o porque lhe dá o trabalho na quantidade certa, evitando o excesso de expectativas. Protege-o também porque o fundamento subjacente à análise de método é produzir mais com menos esforço, sendo que, com um método de trabalho bem definido um colaborador tem uma possibilidade menor de cometer erros. Qualquer modificação que melhore as condições de trabalho, aumentando em paralelo a produtividade, é um passo seguro na formação de uma nova consciência fabril, que distinga uma gestão que controle o trabalho, de uma gestão que controle os trabalhadores.

Bibliografia

- Amaro, Paulo, e Paulo Pinto. *Criação de Valor Vs Eliminação de Desperdício*. Comunidade Lean Thinking, 2006.
- Batista, Francisco. *SPE - Linhas de Acção*. EFACEC, 2007.
- Carreira, Bill. *Lean Manufacturing That Works, Powerfull Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profit*. American Management Association (AMACON), 2004.
- EFACEC. *Manual do Colaborador*. 2008.
- Esquivel, Pedro. *O Desenvolvimento Sustentável na EFACEC*. EFACEC, 2008.
- Feld, William M. *Lean Manufacturing Techniques and How to Use Them*. St. Lucie Press, APICS, 2001.
- Ford, Henry. *Today and Tomorrow, Reprint Edition*. Portland: Productivity Press, 1988.
- Hutzinger, Jim. “Why Standard Work is Not Standard.” *AME*, 2006.
- . *The Roots of Lean, Trainin Within Industry: The Origin of Kaizen*. Vol. 18. Target, 2002.
- Imai, Masaaki. *Gemba Kaizen: A Commonsense Low-Cost Aproach to Management*. McGraw-Hill Professional, 1997.
- Liker, J. K. *The Toyota Way, 14 Management Principles from the World Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Professional, 2004.
- Liker, J. K., e D. Meyer. *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill Professional, 2006.
- Lopes, Raul, Carlos Neto, e João Paulo Pinto. *Quick Changeover, Aplicação prática do método SMED*. Comunidade Lean Thinking, 2007.
- Maynard, Harold B., G.J. Stegemerten, e John L. Schwab. *Methods-Time Measurement*. Mcgraw-Hill, 1948.
- Moore, Ron. *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools*. Elsevier Science & Technology Books, 2006.
- Pinto, João Paulo. *Quick Changeover, mudança rápida de ferramentas*. Comunidade Lean Thinking, 2006.
- Pinto, Paulo. *Glossário de Termos e Acrónimos Lean Thinking*. Comunidade Lean Thinking, 2008.
- PRONACI. *Métodos e Tempos*. Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intemédias, 2005.
- Rother, Mike, e John Shook. *Learning to See, Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Technique, 1999.
- Shingo, Shigeo. *The SMED System*. Tokyo: Japan Management Association, 1983.
- Sugai, Miguel, Richard Ian McIntosh, e Olívio Novaski. “Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.” *Gest. Prod.*, 2007: 323-335.

Zandin, Kjell B., e Consultants JMA. *Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition*. MacGraw-Hill Professional, 2004.

Anexo A – Matrizes de Quantidade do Protótipo

Tabela 17 - Matriz Filtrada do Tipo de Produto CA

Moldação L>1500	Moldação L<1500	Verificação Bobst	Preparação Moldado	Transporte de Calços	Col. Aba Ext.	Col. Aba Int.	Col. Ambas Abas	Col. X Int.	Col. X Ext.	Col. Radial Ext.	Col. Radial Int.	Co rte	Puncionamento em B	Ent alhe	Col. AP X Ext.	Col. AP X Int.	Condicionamento Sem Calço	Condicionamento Com Calço
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0
4	0	1	1	1	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0

Tabela 18 - Exemplo do Somatório de Operações de um Tipo de Moldado

Moldação L>1500	Moldação L<1500	Verificação Bobst	Preparação Moldado	Transporte de Calços	Col. Aba Ext.	Col. Aba Int.	Col. Ambas Abas	Col. X Int.	Col. X Ext.	Col. Radial Ext.	Col. Radial Int.	Co rte	Puncionamento em B	Ent alhe	Col. AP X Ext.	Col. AP X Int.	Condicionamento Sem Calço	Condicionamento Com Calço
0	520	60	60	60	104	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460	60

Tabela 19 - Matriz de Quantidades do Posto da Moldação

Prensa Moldados Rectos			
Tipo Moldado	Moldação L>1500	Moldação L<1500	
EUA	0	520	
EUC	0	200	
EUE	0	383	
NUA	0	212	
NUC	0	212	
CA	176	436	
CC	0	444	
			Total Moldado
			L Médio
Total	176	2407	2583
			813,5076923

Tabela 20 - Matriz Quantidade do Posto de Acabamentos

Matriz de Quantidades do Posto de Acabamentos																	
Tipo Moldado	Verificação Bobst	Preparação Moldado	Transporte de Calços	Col. Aba Ext.	Col. Aba Int.	Col. Ambas Abas	Col. X Int.	Col. X Ext.	Col. Radial Ext.	Col. Radial Int.	Co rte	Puncioname nto em B	Ent alhe	Col. AP X Ext.	Col. AP X Int.	Condicionament o Sem Calço	Condicionamento Com Calço
EUA	60	60	60	104	136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460	60
EUC	62	62	62	0	68	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152	48
EUE	280	280	280	0	136	247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	174
NUA	7	7	7	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	205	7
NUC	26	26	26	0	0	0	28	0	0	0	0	19	0	0	76	186	26
CA	58	58	58	12	52	0	80	4	0	18	46	0	0	0	0	563	49
CC	64	64	64	4	36	0	48	64	0	0	44	0	29	0	96	386	58

Anexo B – Código de Cores da Espessura de Calços

Código de Cores da Espessura de Calços

1 mm
1,5 mm
2 mm
2,5 mm
3 mm
3,5 mm
4 mm
4,5 mm
5 mm
5,5 mm
6 mm
8 mm
9 mm

Figura 39 - Código de Cores da Espessura Calços