



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise e Proposta de Melhoria no Processo Produtivo da Heliflex

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Autor

Diana de Jesus Ferreira

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

Júri

Presidente Professor Doutor Altino Loureiro
Professor Associado da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Pedro Neto
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



**Heliflex – Tubos e
Mangueiras S.A**

Coimbra, Julho, 2015

“Não é o trabalho, mas o saber trabalhar, que é o segredo do êxito, no trabalho. Saber trabalhar quer dizer: não fazer um esforço inútil, persistir no esforço até ao fim, e saber reconstruir uma orientação quando se verificou que ela era, ou se tornou errada.”

Fernando Pessoa

“O conhecimento dirige a prática; no entanto, a prática aumenta o conhecimento”

Thomas Fuller

À minha família e ao João.

Agradecimentos

A dissertação apresentada não poderia ser possível sem o contributo e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de transmitir o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, um especial obrigado à Heliflex, por me ter dado a oportunidade de integrar na empresa. Agradeço a todos os colaboradores e colegas que foram essenciais tanto na realização deste trabalho, como na construção e enriquecimento do início da minha vida profissional e no meu crescimento a nível pessoal.

Ao Eng.º Alberto Marques, agradeço toda a disponibilidade, conhecimentos transmitidos, assim como todas as sugestões que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Um grande obrigado, ao Professor Doutor Cristóvão Silva, orientador desta tese, por todos os conhecimentos transmitidos não só ao longo da realização deste trabalho, como ao longo da minha formação. Agradeço toda a paciência, motivação, apoio e disponibilidade que foram essenciais para a concretização do mesmo.

Um infindo obrigado à minha família, especialmente aos meus pais, às minhas irmãs e à minha Avó, pela mulher que é e pela lição de vida.

Aos meus pais, não posso deixar de expressar o meu profundo reconhecimento e gratidão por todas as oportunidades e experiências que me proporcionaram, pelos princípios e valores com que me instituíram e fizeram de mim aquilo que eu sou hoje e pela certeza que sempre tiveram no meu sucesso, mesmo quando eu duvidei e duvido dele.

Às minhas irmãs, pelo apoio incondicional, pela amizade e por estarem sempre presentes.

Ao João, um agradecimento profundo pelo carinho de todos os dias, pela compreensão e paciência.

Por fim aos meus amigos e colegas, por me acompanharem nos bons e maus momentos, em especial à Nathalie pelo companheirismo e vivências ao longo destes importantíssimos cinco anos.

A todos, um grande OBRIGADA!...

Resumo

A presente dissertação surge de um protocolo acordado entre a Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra e a Heliflex, empresa de referência, no fabrico e comercialização de tubos, mangueiras e sistemas de rega.

O objetivo inicial deste trabalho começou pelo estudo e análise da viabilidade da implementação de um sistema *Kanban*, uma das ferramentas do pensamento *Lean*. Este estudo pressupunha uma análise a todo o fluxo de informação e materiais da Heliflex, de forma a conseguir conciliar os procedimentos atuais da empresa com um sistema *Kanban*. O processo produtivo físico da Heliflex tem início no sector dos Compostos de PVC/Misturadoras, sendo este o fornecedor da principal matéria-prima dos restantes sectores produtivos. Deste modo, iniciou-se o estudo por esta etapa do processo produtivo.

Conclui-se que a Heliflex apresenta um elevado número de referências (109 referências diferentes), em que cerca de 94% apresenta uma procura instável em termos de variabilidade de dimensão e/ou intervalos de consumo.

De seguida, o estudo continuou com a análise de todo o processo produtivo no sentido de identificar os estrangulamentos do sistema. Ao longo da observação deste processo da Heliflex, verificou-se que o material (produto acabado) se acumulava e permanecia um elevado período de tempo entre a linha de produção, após ser produzido, até ser transportado para a embalagem. Identificada a causa do problema, recorreu-se a simulação, tendo sido testados quatro cenários de forma a conseguir chegar a uma solução que fosse benéfica para a empresa e proporcionasse melhores resultados.

Através da simulação, foram obtidos melhores valores que a situação atual, no entanto a escolha da melhor hipótese depende da empresa e do que esta considerar mais importante: se a redução dos tempos de ciclo total, a taxa de ocupação dos trabalhadores ou um equilíbrio entre ambos.

Palavras-chave: Pensamento *Lean*, *Kanban*, Redução do *lead time*, Redução do *Work in Process*, Processo de embalagem, Simulação.

Abstract

This thesis is a result of a protocol between the Faculty of Science and Technology of the University of Coimbra and Heliflex, a company of reference, in the manufacturing and commercialization of tubes, hoses and irrigation systems.

The first objective of this work was a viability study and analysis for the implementation of a Kanban system, one of Lean thinking tools. This study presupposed an analysis of Heliflex's whole materials and information flow, in order to conciliate the current procedures of the company with a Kanban system. Heliflex's physical productive system starts with the PVC compounding/Mixtures sector. This sector is the supplier of the main raw material of the rest of the productive sectors. This way, the study began at this stage of the productive process.

In conclusion, Heliflex features a high number of references (109 different references), 94% of which feature an unstable demand in terms of dimension and/or consumption intervals.

Next, the study moved on with the analysis of the whole productive process in order to identify the system bottlenecks. During the observation of this Heliflex's process, it was found that the material (finished product) would accumulate and remained for a high period of time near the production line, after being manufactured, until it was transported to the packaging. Once the problem was identified, a simulation was used where four scenarios were tested in order to find a better solution for the company in order to provide better results.

Through the simulation, better results were obtained, however the choice of the best hypothesis depends on the company and on what it considers to be more important: if the reduction of the times of the lead time, the optimization of the worker's occupation rate or a balance between both.

Keywords: Lean thinking, Kanban, lead time reduction, work in process reduction, packaging process, simulation.

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Siglas	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Estrutura da Dissertação	2
2. PENSAMENTO LEAN.....	3
2.1. Resumo histórico	3
2.2. Desperdícios.....	4
2.3. Princípios Básicos do <i>Lean Thinking</i>	5
2.4. Ferramentas.....	6
2.5. Just In Time - JIT.....	7
2.5.1. Sistema <i>Kanban</i>	7
2.5.2. CONWIP (<i>Constant Work in Process</i>).....	10
2.5.3. POLCA (<i>Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization</i>).....	11
2.6. Job Shop.....	12
2.6.1. Dificuldade de Implementação <i>Lean</i> em <i>Job Shops</i>	13
3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	15
3.1. Técnica.....	16
3.2. Processo Produtivo	17
3.2.1. Compostos de PVC/Misturadoras	17
3.2.2. Setores de Produção	17
3.2.3. Outros Processos	20
4 PROJETO I: Análise da Viabilidade da implementação de um Sistema <i>Kanban</i>	22
4.1. Objetivos da Empresa	22
4.1.1. Análise de Viabilidade - Conceito.....	22
4.2. Análise do Processo de Logística Interna da Heliflex	22
4.3. Estudo da Viabilidade de conciliação do Sistema <i>Kanban</i> com os procedimentos atuais	26
4.3.1. Consumo anual e <i>stocks</i> médios	27
4.3.2. Conclusões Finais	36
5 PROJETO II: Redução do <i>Lead Time</i> e <i>WIP (Work in Process)</i>	39
5.1. Considerações e Objetivos.....	39
5.2. Simulação.....	39
5.2.1. Parâmetros	39
5.2.2. Resultados da Simulação	49
6 FOLHA DE CÁLCULO.....	59
6.1. Solução.....	61
7 CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

ANEXO A – RESULTADOS DO SIMULADOR.....	67
--	----

Índice de Figuras

Figura 2.1. Fontes de desperdício segundo Taichi Ohno (Pinto, 2008).	4
Figura 2.2. Princípios Básicos <i>Lean Thinking</i> (Rodrigues,2009).....	5
Figura 2.3. Ferramentas da metodologia <i>Lean</i> (Pinto, 2008).	7
Figura 2.4. Fluxo de Informação <i>Kanban</i> . Fonte: Courtois <i>et al.</i> (2007).....	8
Figura 2.5. Funcionamento de Sistema <i>Kanban</i> . Fonte: Coutois <i>et al.</i> (2007).	9
Figura 2.6. Exemplo de um cartão <i>Kanban</i> utilizado pela Toyota. Fonte: Ohno (1997).	9
Figura 2.7. Sistema <i>Kanban</i> e CONWIP. Adaptado de: Bonvik <i>et al.</i> (1996).....	11
Figura 2.8. Ilustração do fluxo de cartões no sistema POLCA. Fonte: Suri (1998).....	12
Figura 3.1. Capacidade Técnica e Produtiva. Fonte: Revista Heliflex (2014).	16
Figura 3.2. Processo de extrusão (The Advanced Team, Inc. 2008).....	17
Figura 3.3. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor heliflex.....	18
Figura 3.4. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor helivil.....	19
Figura 3.5. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor hidrodur.	20
Figura 4.1. Esquema simplificado e representativo do processo de logística interna.	22
Figura 4.2. <i>Layout</i> da Empresa.....	26
Figura 4.3. Diferentes formas de colocar matéria-prima.	26
Figura 4.4. Tubo helijardim Costa Nova (esquerda) e tubo cristalflex (direita).	27
Figura 4.5. Representação das Granuladoras existentes na zona dos compostos.....	27
Figura 4.6. Granuladoras.	28
Figura 4.7. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 1 (cristais).....	28
Figura 4.8. <i>Stock</i> médio das matérias-primas provenientes da granuladora 1 (cristais).....	28
Figura 4.9. Consumo da matérias-primas provenientes granuladora 2 (opacos).....	29
Figura 4.10. <i>Stock</i> médio das matérias-primas provenientes da granuladora 2 (opacos)....	29
Figura 4.11. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 2/3 (interiores e monoflat's).	30
Figura 4.12. <i>Stock</i> médio das matérias-primas provenientes da granuladora 2/3 (interiores e monoflat's).	30
Figura 4.13. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 4 (rígidos).	30
Figura 4.14. <i>Stock</i> médio das matérias-primas provenientes da granuladora 4 (rígidos)....	31

Figura 4.15. Curva ABC da quantidade de matérias-primas consumida pelas linhas de produção.	32
Figura 4.16. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.....	33
Figura 4.17. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.....	33
Figura 4.18. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.....	33
Figura 4.19. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.....	34
Figura 4.20. Caracterização da Procura segundo Syntetos. Adaptado de: Syntetos (2005).35	
Figura 4.21. Exemplo de dois tipos de matéria-prima, em kg, do segundo quadrante da matriz apresentada.	36
Figura 4.22. Conclusões finais do estudo.	37
Figura 5.1. Filme do Tipo 1 (esquerda) e Filme do Tipo 2 (2 imagens à direita).	40
Figura 5.2. Tapete 1 (esquerda) e Tapete 2 (direita).	40
Figura 5.3. Máquina 1 / 2 (vista frente e trás à esquerda) e Máquina 3 (direita).	41
Figura 5.4. Ilustração da situação no simulador.	43
Figura 5.5. Sinalização da Qualidade (aprovação do material).	44
Figura 5.6. Percentagem das diferentes máquinas.	45
Figura 5.7. Sequência de acontecimentos após colocação de filme.	46
Figura 5.8. Modelo de Simulação.	48
Figura 5.9. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.....	51
Figura 5.10. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.....	52
Figura 5.11. Produto acabado junto à Zona de Embalagem.	52
Figura 5.12. Descrição dos Cenários estudados.	53
Figura 5.13. Tempo médio de espera obtido para os postos de trabalho em estudo.	54
Figura 5.14. Fatores analisados.	58
Figura 6.1. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.....	59
Figura 6.2. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.....	59
Figura 6.3. Tubo à saída da extrusora (esquerda) e objetivo final (direita).	60
Figura 6.4. Enrolador (esquerda) e tubo enrolado (direita).	60
Figura 6.5. Ilustração da folha de cálculo.	61
Figura 6.6. Ilustração da folha de cálculo.	61

Índice de Tabelas

Tabela 5.1. Número médio diário de ordens de fabrico e percentagem correspondente a cada setor.....	42
Tabela 5.2. Número médio de linhas de produção que trabalham em cada setor.	42
Tabela 5.3. Tempos de deslocação.....	45
Tabela 5.4. Tempo de processamento das máquinas de embalar.....	46
Tabela 5.5. Resultados obtidos para a fila de espera da Qualidade e Transporte do Setor heliflex.....	49
Tabela 5.6. Resultados obtidos para a fila de espera da Qualidade e Transporte do Setor helivil.....	49
Tabela 5.7. Resultados obtidos para a fila de espera das máquinas de embalar.....	50
Tabela 5.8. Taxa de Ocupação do Trabalhador da Embalagem.....	51
Tabela 5.9. Tempos médios de espera obtidos para os diferentes postos de trabalho e a correspondente percentagem de melhoria.....	54
Tabela 5.10. Taxa de ocupação do trabalhador da embalagem.....	56
Tabela 5.11. Recursos humanos em cada cenário estudado.....	57

Siglas

CONWIP – Constant Work in Process

HMLV – High-Mix, Low-Volume

JIT – Just In Time

MRP – Manufacturing Resource Planning

OEM – Original Equipment Manufacturer

PE – Polietileno

POLCA – Paired – cell Overlapping Loops of Cards with Authorization

PP – Polipropileno

TMC – Toyota Motors Company

TPS – Manufacturing Resource Planning

VBA – Visual Basic for Applications

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work in Process

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje as empresas estão sujeitas a grandes desafios, causados sobretudo pelos efeitos da globalização. Face ao risco real da não sobrevivência, as empresas são obrigadas a evoluir, reduzindo custos e elevando os seus níveis de produtividade, de forma a conseguirem enfrentar os seus competidores a nível global. É então, necessário definir e implementar estratégias que ajudem as empresas a superar as dificuldades.

Nesta perspetiva, surge o Pensamento *Lean* que engloba um conjunto de ferramentas e metodologias que visam auxiliar as empresas a conseguirem detetar todo e qualquer desperdício existente, e a identificarem soluções que visam a sua redução e/ou eliminação.

Para a sua implementação, o principal ponto desta filosofia, principia na necessidade de compreender perfeitamente como todo o sistema produtivo opera atualmente. De seguida, existe a necessidade de constatar o que de facto os clientes consideram como mais-valias no produto, tentando ir ao seu encontro. Por último, não ter medo de melhorar.

A Heliflex, inserida num mercado que tem seguido uma estratégia de “baixo preço” por parte da concorrência, tem procurado otimizar a relação qualidade/preço, numa tentativa de reduzir os custos fixos e variáveis.

Neste contexto, com este trabalho procura-se pôr em prática conceitos adquiridos e assimilados ao longo da formação, explorar e investigar o pensamento *Lean* e os pilares que o sustentam, analisar o potencial da ferramenta *Kanban* no contexto produtivo da empresa e, por fim, efetuar um estudo de um aumento de turnos de trabalho numa tentativa de reduzir o tempo que o produto acabado permanece junto à linha de produção à espera de ser embalado e conseqüentemente obter a redução do tempo de ciclo total.

1.1. Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução ao trabalho, explicando os objetivos e a importância do mesmo.

O segundo capítulo inicia a temática do pensamento *Lean* e tudo o que advém desta filosofia. Neste capítulo são apresentados conceitos e perspectivas de vários autores e tem como base a apresentação de uma das suas ferramentas: sistema *Kanban*, que foi alvo de estudo nesta dissertação.

O terceiro capítulo apresenta a empresa, os fluxos de materiais e dos seus processos produtivos. Pretende-se justificar a razão pela qual a empresa partiu para este estudo e dar a conhecer os seus processos, que foram alvo desta dissertação.

O quarto capítulo trata da análise e tentativa de conciliação de um sistema *Kanban* com os procedimentos atuais da empresa, neste capítulo foi necessário recorrer a uma Análise ABC e a uma caracterização da procura segundo Syntetos para uma melhor análise dos dados.

O quinto capítulo trata do estudo da redução do tempo de ciclo total e do trabalho ao longo de uma das etapas do processo produtivo, neste capítulo recorre-se à simulação por eventos discretos.

No sexto capítulo apresenta-se uma folha de cálculo desenvolvida para calcular o número de rolos de tubos que pode conter um contentor.

Por fim, no último capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho.

2. PENSAMENTO LEAN

2.1. Resumo histórico

Após a 2ª guerra mundial, o Japão é confrontado com enormes problemas e com a necessidade de reconstruir o país, ao contrário da indústria europeia e norte americana com grandes capacidades e a dominar o mercado.

A *Toyota Motors Company* (TMC) descobriu que a única forma de sobreviver era disponibilizar o que as indústrias ocidentais não tinham: variedade do produto, mantendo a elevada qualidade e baixo custo.

Possuindo poucos recursos, a TMC teve de desenvolver um sistema de fabrico totalmente novo para conseguir sobreviver. O resultado foi o sistema *Toyota Production System* (TPS), o qual tem como objetivo eliminar o desperdício e orientar a sua atenção para a satisfação do cliente.

Origem do *Lean Thinking*

A origem do *Lean Thinking* está nas práticas de gestão de operações na TMC no Japão nos anos 1950. O sistema de produção da Toyota (TPS) foi gradualmente adaptado por toda a indústria Japonesa e a partir dos anos de 1980 estendeu-se à generalidade da indústria mundial. O conceito de *Toyota Production System* (TPS) está na origem da filosofia *Just In Time* (JIT) muito popularizada um pouco por todo o lado e à qual se atribui grande parte do sucesso do Japão que conseguiu reconstruir-se e tornar-se uma das maiores potências económicas em menos de três décadas.

A designação “*Lean Thinking*” foi pela primeira vez utilizada por Womack and Jones (1996) no livro com o mesmo nome. Os investigadores JP Womack e DT Jones estudaram os métodos de gestão no Japão e desse estudo foi publicado uma obra de referência designada por “*The machine that changes the world*” em 1990. Desde então, o termo é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e a criação de valor. A indústria automóvel foi o berço da filosofia *Lean*, mas ao longo do tempo essa filosofia cresceu e evoluiu para outros setores de atividade.

O ponto de partida para o *Lean Thinking* é reconhecer que apenas uma pequena fração do tempo total e esforço de uma organização adiciona, de fato, valor ao cliente.

As atividades que acrescentam valor são aquelas que contribuem para que o cliente deseje o produto e pelas quais está disposto a pagar. Após definido o valor de um produto ou serviço na perspectiva do cliente final, todas as atividades que não acrescentam valor devem ser identificadas e eliminadas gradualmente.

Os principais objetivos desta filosofia são a qualidade e flexibilidade do processo, reforçando a sua capacidade de competir num cenário cada vez mais exigente e globalizado (Pinto, 2008).

2.2. Desperdícios

Womack and Jones (1996) confirmaram as sete fontes de desperdício identificadas por Ohno e Shigeo Shingo para o TPS e até acrescentaram uma oitava fonte que corresponde ao *“design de produtos e serviços que não vão ao encontro às necessidades do cliente”*.

As sete fontes de desperdício segundo Taichi Ohno são descritas na Figura 2.1:

Fontes de Desperdícios	
	Excesso de produção: Produzir excessivamente ou cedo demais, pode resultar em excesso de <i>stocks</i> ou fluxos irregulares de material e informação.
	Espera: referem-se essencialmente aos períodos de inatividade, ou seja, tempo perdido à espera de ordens ou tarefas.
	Transporte: qualquer deslocação excessiva de pessoas, materiais e informação podendo resultar em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia.
	Excesso de processamento: Operações e processos que não acrescentam valor ao produto. As principais causas estão relacionadas com a fraca conceção do produto ou a não conformidade com as especificações de qualidade, obrigando o produto a ter que ser por vezes reprocessado.
	Stocks: Existência de materiais retidos num determinado período de tempo.
	Movimentação: Trabalho e movimento de pessoas que não é necessário para executar as operações, pode até referir-se à desorganização dos locais de trabalho, resultando em mau desempenho.
	Defeitos: inclui problemas frequentes nas fases de processo, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho na entrega.

Figura 2.1. Fontes de desperdício segundo Taichi Ohno (Pinto, 2008).

2.3. Princípios Básicos do *Lean Thinking*

Womack and Jones (1996) sugerem cinco princípios para esta filosofia, no entanto estes consideram apenas a cadeia de valor do cliente e tendem à redução frequente de desperdício sem referência à importância da criação de valor através da inovação, quer seja de produtos, serviços ou processos. Com o intuito de criar valor para as partes interessadas, a *Comunidade do Lean Thinking* (2008) propôs a revisão destes princípios sugerindo a adoção de mais dois princípios, conhecer os *stakeholders* e *Inovar sempre*, como é possível visualizar na Figura 2.2. O objetivo é colocar a empresa no caminho certo rumo à excelência e a altos níveis de desempenho.

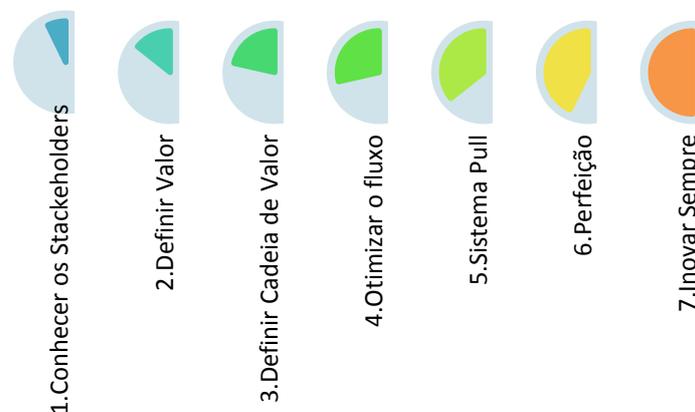


Figura 2.2. Princípios Básicos *Lean Thinking* (Rodrigues,2009).

1. **Conhecer os *Stakeholders*:** Conhecer com detalhe todos os *stakeholders* do negócio com o objetivo de focalizar a atenção no cliente final e não apenas no próximo cliente da cadeia de valor.
2. **Definir Valor:** Procura-se identificar o que os clientes querem, o que tem valor e para o qual estes estão dispostos a pagar. Quaisquer características ou atributos do produto ou serviço que não atendam as necessidades ou até mesmo às expectativas de valor dos clientes representam oportunidades de melhoria;
3. **Definir a cadeia de valor:** procura-se estudar todo o ciclo de vida do produto, desde o fornecedor ao cliente, com o objetivo de determinar toda a sequência de processos que desenvolvem, produzem e entregam os resultados desejados ao cliente a fim de racionalizar cada etapa do processo.

4. **Otimizar o fluxo:** procura-se organizar a cadeia de valor para eliminar qualquer parte do processo que não acrescenta valor. A ideia passa por criar um fluxo contínuo onde seja possível fabricar produtos ou serviços ao ritmo a que são pedidos pelo cliente.
5. **Sistema *Pull*:** Procura-se que seja o cliente a efetuar o pedido dos produtos, de forma a assegurar que a empresa não está a produzir produtos que não tem a certeza de vender, ou seja, consiste em produzir apenas o que é necessário quando for necessário, evitando assim a acumulação de *stocks*.
6. **Perfeição:** A perfeição traduz-se em ter presente nos processos só as atividades que acrescentam valor ao produto, traduzindo-se numa completa eliminação do desperdício. A Perfeição refere-se ao uso sistemático dos quatro princípios anteriores de uma forma integrada, sustentável, numa perspetiva de melhoria contínua.
7. **Inovar sempre:** Inovar para criar novos produtos, novos serviços, novos processos criando valor.

O pensamento *Lean* não é apenas um meio para implementar mudanças radicais nas organizações, é uma mudança de atitude e de cultura empresarial (Pinto, 2008; Rodrigues, 2009).

2.4. Ferramentas

As ferramentas do Sistema *Lean Thinking* são um auxílio na organização de empresas, coordenando melhor o fluxo de produção, gerando ações que criam valor e tornando os processos mais eficazes e rentáveis.

À medida que a filosofia *Lean* vai sendo cada vez mais estudada e implementada em diferentes ambientes empresariais, vão aparecendo novas ferramentas inspiradas em vários sistemas de produção de diversas indústrias. Algumas das principais ferramentas *Lean* são apresentadas na Figura 2.3.



Figura 2.3. Ferramentas da metodologia *Lean* (Pinto, 2008).

Nesta dissertação, apenas vai ser referida com um maior detalhe a ferramenta estudada num dos projetos desenvolvidos ao longo da tese que é o sistema *Kanban* e os seus métodos alternativos.

2.5. Just In Time - JIT

A filosofia de produção *Just In Time* (JIT) é uma filosofia desenvolvida no Japão por Taiichi Ohno (1988), que surgiu pela necessidade de produzir com custos de produção mais baixos através da eliminação de desperdícios, esta consiste em “*produzir o necessário, no momento certo e nas quantidades exatas*” (Sugimori et al., 1977; Ohno, 1988). Incorporar o JIT nos processos de produção industrial significa fazer com que as necessidades por itens ou materiais sejam atendidas no momento certo e na quantidade correta, ou seja, com o menor desperdício possível. Além das vantagens económicas a filosofia JIT veio trazer também um maior nível de satisfação do cliente por fazer entregas atempadas e garantir uma melhoria na qualidade dos produtos. Baseado nesta filosofia surgiu o *Toyota Kanban System* – TKS, também conhecido na literatura por *Kanban System*, um mecanismo que utiliza *kanbans* para controlar a produção.

2.5.1. Sistema *Kanban*

Como vimos, dentro do TPS, o *Kanban* está inserido no pilar do JIT sendo a ferramenta que o operacionaliza por meio da sua técnica de puxar a produção, estimulando ações que promovam o fluxo contínuo.

Kanban é uma palavra de origem Japonesa que significa cartão, quadro de aviso ou bilhete. Este é o mecanismo baseado em cartões mais conhecido. Neste, de uma forma geral, existe à entrada de cada centro de trabalho ou fase de produção um *stock* mínimo de trabalho a processar, e à saída um stock mínimo de trabalhos processados. Estes trabalhos, na última fase do processo produtivo, são produtos acabados para satisfazer as encomendas dos clientes. Estes *stocks* são geralmente mantidos em contentores normalizados, com quantidades bem definidas, sendo repostos à medida que se vão consumindo. A reposição pode fazer-se de forma contínua ou periódica, sendo geralmente feita substituindo contentores vazios por cheios.

A reposição está associada a uma autorização de produção geralmente do centro de trabalho consumidor, em forma de uma ordem de produção traduzida num cartão de controlo de produção, que é designado por *kanban*. Os cartões de controlo têm portanto o objetivo de autorizar a produção e controlar o fluxo de materiais. O fluxo físico de materiais, assim como o fluxo de informação *kanban* encontram-se apresentados na Figura 2.4.

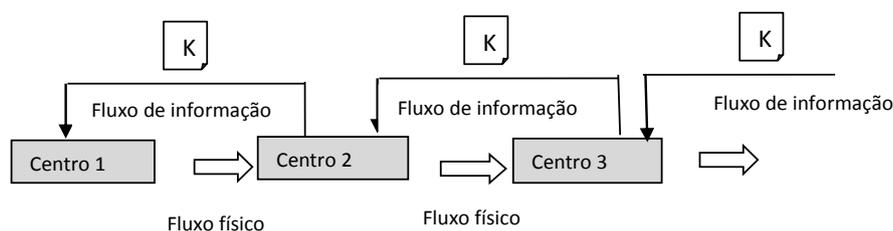


Figura 2.4. Fluxo de Informação *Kanban*. Fonte: Courtois *et al.* (2007).

No *Generic System Kanban*, os cartões são específicos de centros de trabalho e a cada centro de trabalho é disponibilizado um número de cartões. Assim, para que um trabalho possa ser lançado é necessário a existência de pelo menos um cartão para lhe ser alocado.

Os cartões são portanto alocados aos trabalhos aquando do seu lançamento em produção e acompanham-no durante o seu processamento até ao centro de trabalho a que pertencem. Quando um trabalho acaba de ser processado num centro de trabalho, os respetivos cartões são retirados, ficando disponíveis para serem alocados a um novo trabalho. Este tipo de sistema de controlo da produção encontra-se representado esquematicamente na Figura 2.5.

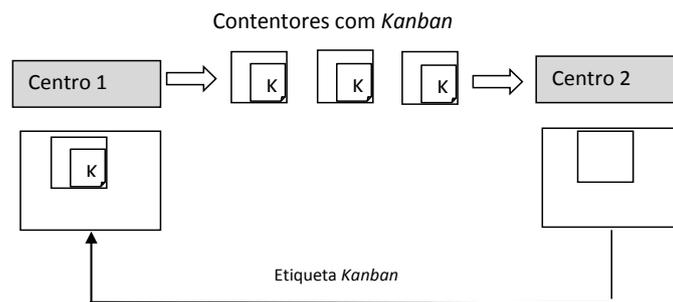


Figura 2.5. Funcionamento de Sistema *Kanban*. Fonte: Coutois *et al.* (2007).

A. TIPOS DE KANBAN

O sistema *Kanban*, além de controlar as operações coordena e disciplina o sistema *pull*. Atualmente é possível identificar dois tipos principais de *Kanban* (Monden, 2011):

- ***Kanban* de produção:** consiste em autorizar a produção, nenhuma operação de fabrico é autorizada sem que haja um cartão *kanban* de produção a autorizar.
- ***Kanban* de transporte:** consiste num cartão que autoriza a movimentação do material de um posto para o outro. Este cartão contém, em geral, as mesmas informações do *kanban* de produção, acrescentado apenas a indicação do centro de trabalho de origem e destino.

As informações de um cartão *kanban* (Figura 2.6) variam de empresa para empresa, mas em todas elas encontram-se informações mínimas necessárias, como:

- Referência da peça fabricada;
- Capacidade do contenedor – quantidade a produzir;
- Endereço ou referência do centro a montante (fornecedor);
- Endereço ou referência do centro a jusante (cliente).

Hora da Entrega 10:30 Fundação Ohashi Prateleira nº 1 – Embeixo	Área de Estocagem A 1 - 1 Número do Item 53018-60011 Nome do Item Linha de pressão do radiador 21 Kanban de pedido de peças	Identificação Usado em FJ Carro tipo (I) Tipo de caixa Especial Capacidade da caixa 30	Fábrica Central da Toyota Motors Montagem nº 2 50
--	--	--	--

Figura 2.6. Exemplo de um cartão *Kanban* utilizado pela Toyota. Fonte: Ohno (1997).

B. REQUISITOS DE UM SISTEMA KANBAN

Para se conseguir gerir um fluxo de produtos utilizando este método é necessária uma grande fluidez no escoamento dos produtos. Como tal, é importante verificar um conjunto de alterações estratégicas, organizacionais e tecnológicas para o sucesso da aplicação do sistema *Kanban*, entre as quais se destacam:

- Necessidade de um bom *layout* dos postos de trabalho;
- Reduzidos tempos de operação e *setup*;
- Processos uniformizados e estáveis;
- Desenvolvimento e extensão das relações entre clientes e fornecedores a todo o processo;
- Produtos com *design* simples e sujeitos a uma procura estável e previsível;
- Necessidade de normalizar materiais, subconjuntos constituintes do produto, levando a uma diminuição do número de referências a produzir.

C. VANTAGENS

As vantagens deste tipo de sistema são essencialmente:

- Redução de *stocks*;
- Melhoria do fluxo de materiais, permitindo uma integração e uma simplificação dos processos, tornando-os mais claros e eficazes;
- Melhoria da produtividade, pois previne o excesso de produção, uma vez que especifica o tamanho do contentor e o número máximos de contentores a serem produzidos;
- Melhoria na resposta às variações da procura, porque apenas se produz o necessário para satisfazer a procura, proporcionando assim um melhor serviço ao cliente que se traduz numa diminuição dos prazos de entrega.

Apesar do seu significativo sucesso, o Sistema *Kanban* não é o mecanismo perfeito para todos os ambientes produtivos.

2.5.2 CONWIP (*Constant Work in Process*)

Como alternativa ao sistema *Kanban* e tendo também subjacente a filosofia JIT, Spearman *et al.* (1990) propuseram o mecanismo CONWIP. O objetivo do CONWIP é desenvolver um sistema que possua os benefícios de um sistema *pull* mas que possa ser

utilizado em diferentes tipos de produção. A produção é também controlada por cartões, contudo estes são atribuídos à linha de produção ou sistema produtivo, não sendo específicos de qualquer artigo a produzir, como sucede no sistema *Kanban* e é visível na Figura 2.7. À medida que os trabalhos são concluídos ou expedidos para o cliente, os cartões são retirados destes e enviados para o início da linha, para que possam ser alocados a novos trabalhos a lançar em produção.

No CONWIP, logo que a última estação seja autorizada a produzir, ou seja o cliente final coloca um pedido, é enviado um sinal para a primeira estação para que esta comece a produzir os componentes para esse pedido. Este modelo limita assim, o número de peças ou materiais no sistema, conseguindo-se reduzir *stocks* em todos os pontos do processo e em algumas situações anula os *stocks* nas fases intermédias.

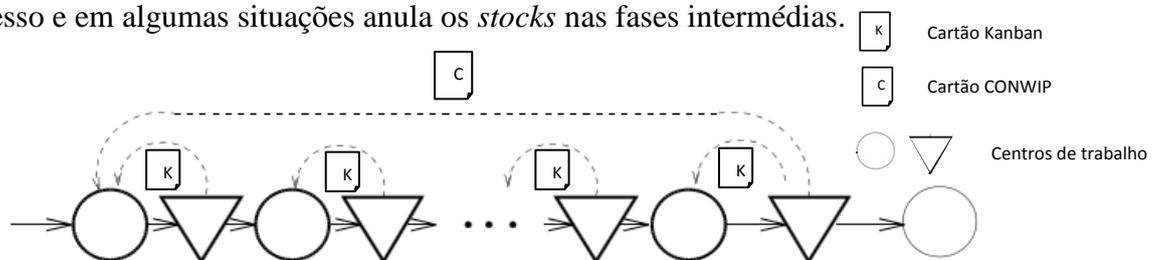


Figura 2.7. Sistema *Kanban* e CONWIP. Adaptado de: Bonvik *et al.* (1996).

2.5.3 POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization*)

O POLCA (Suri, 1998) é um mecanismo que tenta combinar as melhores características do MRP e do sistema *Kanban* o que permite a sua aplicação em ambientes de produção com uma maior gama de produtos e ou produtos customizados (Krishnamurthy e Suri, 2009). No entanto, o sistema POLCA não é a solução ideal para todos os tipos de produção.

O POLCA controla o fluxo de ordens de produção, ou trabalhos, ao longo das diferentes unidades de produção, geralmente organizadas em células, através de uma combinação de autorizações de libertação e de cartões de autorização de produção, conhecidos por cartões POLCA. As autorizações de libertação são geradas por um sistema MRP, que apenas ajuda a planear o fluxo de materiais entre células. Para cada trabalho, o sistema MRP gera uma data planeada de libertação em cada célula, estabelecendo o momento, a partir do qual, a célula pode começar a trabalhar neste. Contudo, ao contrário do MRP, em que a produção se deve iniciar na data gerada, aqui a produção só pode ser

iniciada na presença de cartões POLCA. Os cartões não são específicos de um particular tipo de trabalho, como acontece no sistema *Kanban*, sendo atribuídos a pares de células sucessivas no roteiro de fabrico do trabalho. Por exemplo, para os trabalhos com um roteiro de fabrico P1-F2-A4-S2 é possível identificar os pares de células P1/F2, F2/A4 e A4/S2, formando malhas de controlo como demonstra a Figura 2.8. Assim, para que um dado trabalho, possa iniciar a produção numa dada célula, é necessário que existam cartões disponíveis para serem afetados ao trabalho e que a sua data planeada de libertação, conforme programado pelo sistema MRP, já tenha sido atingida.

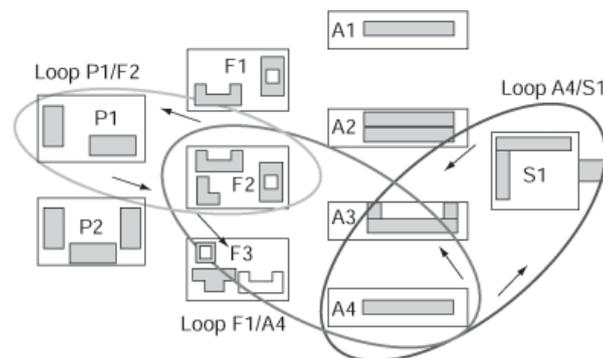


Figura 2.8. Ilustração do fluxo de cartões no sistema POLCA. Fonte: Suri (1998).

Outros mecanismos baseados no POLCA são o E-POLCA (Vandaele *et al.* 2005), *Generic POLCA* (Fernandes e Carmo-Silva, 2006) e *Load Based POLCA* (Vandaele *et al.* 2008).

Na literatura podem ser ainda encontrados outros mecanismos para o controlo da produção baseados em cartão como o *Behaviour based Control* – BBC (Paternina-Arboleda e Das, 2001), o *Bottleneck Oriented Card-based* (Aziz *et al.*, 2013) e o *Control of Balance by Card-based Navigation* - COBACABANA (Land, 2009).

2.6 Job Shop

O termo *job shop* é utilizado para designar o tipo de processo em que é produzido um elevado número de artigos diferentes, normalmente em pequenas quantidades e frequentemente de acordo com determinadas especificações do cliente.

Muitos estudos têm sido efetuados no sentido de desenvolver metodologias que permitam às empresas conduzir a sua atividade de forma mais eficiente. A maior parte dessas investigações apresenta métodos de planeamento e controlo para as empresas de grande dimensão, geralmente com um processo de produção repetitiva (*flow shop*). No

entanto, as pequenas empresas (tipicamente com um processo produtivo do tipo *job shop*), além de constituírem uma percentagem elevada do tecido empresarial, têm um contributo significativo para a produção nacional. Podemos, ainda, constatar que a produção repetitiva tradicional está, cada vez mais, a dar lugar a um tipo de produção que incorpora as principais características dos *jobs shops*. Hoje em dia, as empresas procuram satisfazer os seus clientes, bem como atrair novos, que desejam, cada vez mais, possuir produtos “especiais”, diferentes dos de outros consumidores. A produção em lotes pequenos e a produção por encomenda estão a tornar-se mais importantes que a produção em massa, repetitiva, de um único produto.

2.6.1 Dificuldade de Implementação *Lean* em *Job Shops*

Como já vimos, a essência do pensamento *Lean* é a identificação e eliminação de desperdício em qualquer sistema de produção. Desperdício é qualquer elemento ou atividade no sistema de produção que não fornece valor ao cliente. Valor é qualquer coisa pela qual o cliente está disposto a pagar. Os clientes pagam pela versão final do produto pelo que merecem a redução de preços alcançados através da redução de custos, conseguidos pela eliminação de desperdício durante o processo de produção.

Este elemento fundamental do *Lean manufacturing* pode ser adaptado a qualquer ambiente produtivo, desde a maior operação de montagem até à mais pequena *job shop*. No entanto, investigando as especificações do *Lean*, verifica-se que nem todas as ferramentas de *Lean* são igualmente aplicáveis a todas as organizações. Um *job shop* do tipo *high-mix, low-volume* (HMLV) é fundamentalmente diferente das instalações de montagem de um OEM (*Original Equipment Manufacturer*) tipo a Toyota, Ford, Maytag, Alcoa, Boeing e a John Deere (Irani, 2011).

Apesar dos gestores de empresas com sistemas do tipo *job shop* deverem procurar implementar a metodologia *Lean*, estes devem também selecionar cuidadosamente a estratégia de fabrico que lhes convenha. Esta escolha irá forçá-los a mudar os métodos e as ferramentas que usam. Isto porque, para ser claro, as ferramentas *Lean* mais populares nunca foram projetadas para suportar as condições de operação das instalações HMLV.

No livro *Toyota Production System*, Taiichi Ohno diz com frequência que projetou todas as instalações da Toyota de modo que os equipamentos fossem postos seguindo a lógica da sequência de produção e montagem dos produtos da Toyota.

Um *job shop* processa literalmente milhares de produtos diferentes para uma base de clientes largamente diversos e que mudam rapidamente. Uma nova equipa de vendas e marketing, por exemplo, pode introduzir novos produtos, que é bom para o negócio mas desafiador para o setor de produção que têm de desenvolver e otimizar novos processos.

Segundo, Shahrukh Irani professor da Universidade do Estado de Ohio, algumas abordagens especialmente o mapeamento do fluxos de valor (VSM), células de fluxo contínuo e de sistemas *pull* normalmente não são indicadas para sistemas *job shop* (Irani, 2012).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Heliflex é uma empresa de referência, desde 1969 em Portugal, no fabrico e comercialização de tubos, mangueiras e sistemas de rega, que proporcionam aplicações em vários sectores de atividade, entre os quais se destacam: a agricultura (sucção, transporte de água, rega e pulverização agrícola), a construção civil e obras públicas (saneamento básico e abastecimento de água), a indústria alimentar (tubos não tóxicos), e a indústria em geral (ar comprimido, gás). Esta localiza-se na Zona Industrial da Mota, na Gafanha da Encarnação, concelho de Ílhavo, distrito de Aveiro, conta com cerca de 100 trabalhadores e com um capital social de 1 250 000,00 euros.

A Heliflex atua no B2B (Business to Business): grandes armazenistas, distribuidores e grandes superfícies especializadas em bricolage, jardim e materiais de construção – fabricando produtos com marca própria (Heliflex) e/ou marca do cliente.

A empresa apresenta atualmente 4 áreas de negócio: Heliflex Casa-Jardim, Agro, Tecno-Indústria e Heliflex Construção, as quais definem os quatro grandes segmentos onde tem uma diversificada gama de produtos. O total dos produtos soma cerca de 60 gamas diferentes, com vários diâmetros e comprimentos.

A variedade de produtos é importante para a manutenção de uma oferta alargada e a fidelização da cadeia de distribuição. Esta opção estratégica obriga a empresa a manter um catálogo com um grande conjunto de referências e uma capacidade de *stockagem* elevada.

Os produtos da Heliflex têm uma procura sazonal acentuada devido ao facto da sua principal aplicação ser a rega agrícola. A sazonalidade reflete-se diretamente na estratégia de produção e armazenagem da empresa.

Importa salientar que a imagem de marca da empresa sempre se pautou pela qualidade dos seus produtos, face a uma concorrência que tem privilegiado uma estratégia comercial baseada muitas vezes em baixos preços.

A Heliflex é uma marca internacional, que vende para mais de 53 países, espalhados por 4 continentes. Nos países em que considerou ser necessária presença física, a empresa constitui filiais: Heliflex Angola, Heliflex Mozambique, Heliflex Maroc,

Heliflex Brasil e a Heliflex Sud America (esta última, uma unidade de produção as restantes são filiais comerciais).

3.1 Técnica

A Capacidade Técnica e Produtiva da Heliflex é descrita na Figura 3.1.



Figura 3.1. Capacidade Técnica e Produtiva. Fonte: Revista Heliflex (2014).

3.2 Processo Produtivo

3.2.1 Compostos de PVC/Misturadoras

O processo produtivo da Heliflex tem início no sector dos Compostos de PVC/Misturadoras, sendo este o fornecedor da principal matéria-prima dos restantes sectores produtivos: o PVC.

São muitos os componentes necessários para a produção dos compostos de PVC produzidos pela Heliflex, que podem ser divididos em 4 grandes grupos: Resina PVC; Óleos (plastificantes, estabilizantes, etc.) e Corantes.

Existem 2 Misturadoras com 4 granuladoras na Heliflex, que produzem dezenas de produtos, consoante uma fórmula predefinida. As 2 Misturadoras da Heliflex produzem famílias de PVC que são divididas pelas 4 granuladoras: cristais (granuladora 1), opacos (granuladora 2), rígidos (granuladora 4) e interiores/monoflat's (granuladora 2 ou 3), estes correspondem às necessidades da produção-tipo da Heliflex. O processo de mistura é completamente controlado por um computador, só é necessário introduzir a designação do composto a produzir, o tamanho do lote e o número de lote interno.

A armazenagem dos compostos dos tubos rígidos é feita em sacos, e os compostos dos tubos flexíveis, que poderão ser opacos ou transparentes, é feita em silos. Após a granulação dos compostos (último passo no processo das misturadoras), estes são encaminhados, através de um sistema de tubagens, para os silos de armazenamento (ou para sacos), onde ficam à espera de serem utilizados.

3.2.2 Setores de Produção

Os produtos da Heliflex são obtidos por um processo de extrusão, ilustrado na Figura 3.2.

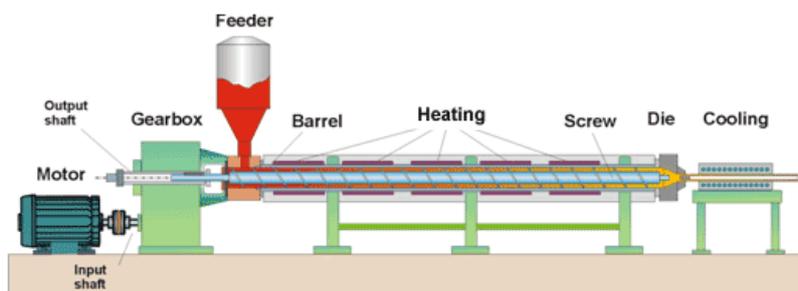


Figura 3.2. Processo de extrusão (The Advanced Team, Inc. 2008).

Uma linha de extrusão é constituída pelos seguintes equipamentos:

- Extrusora;
- Fieira ou Entrançadeira;
- Equipamento para calibrar;
- Arrefecimento;
- Puxo;
- Enrolador.

A Heliflex encontra-se dividida em 3 setores: heliflex, helivil e hidrodur. A nível produtivo, os *inputs* e *outputs* desses sectores são bastante simples. Tem como *input* o material comprado no exterior e o elaborado internamente (nas misturadoras), de seguida este segue para as diferentes áreas produtivas de forma a sair como produto acabado.

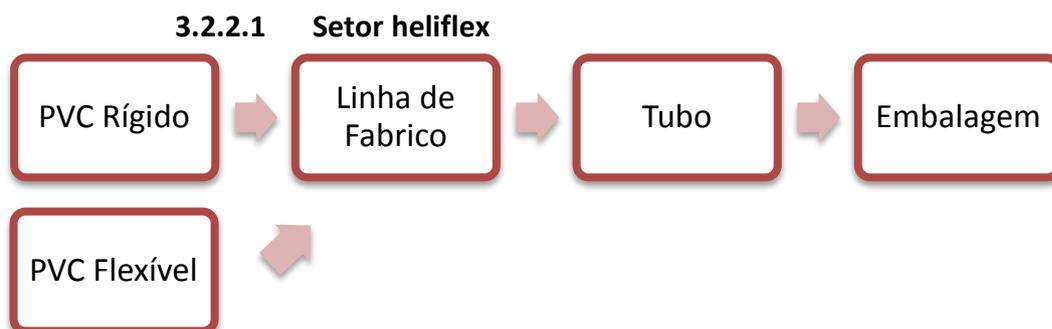


Figura 3.3. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor heliflex.

A matéria-prima utilizada neste sector é, tal como descrita na Figura 3.3 é: o PVC rígido (proveniente das Misturadoras), e o PVC flexível (proveniente das Misturadoras).

Existem 7 linhas de produção no sector heliflex. Para o fabrico de tubos reforçados heliflex são necessárias duas extrusoras: uma de PVC rígido e outra de PVC flexível (ou plastificado). Os dois tipos de material são colocados nas extrusoras respetivas e são aquecidos até gelificarem; posteriormente, o material é empurrado pelo fuso, até à cabeça de saída que, neste caso, consiste num ponteiro giratório com saída de PVC rígido no interior e PVC plastificado no exterior. O tubo é formado no respetivo calibrador, através do movimento giratório do ponteiro que vai “colar” o PVC, camada por camada, formando uma espiral contínua. No calibrador, o tubo é arrefecido, permitindo a

solidificação do material com as características definidas para cada produto. Finalmente, o tubo é enrolado ou cortado.

Para o fabrico de tubos sem reforço, o material é colocado na tremonha de alimentação da extrusora, sendo posteriormente aquecido até ao ponto de gelidificação. O material é, então, empurrado pelo fuso da máquina saindo na matriz correspondente, que lhe confere as características definidas. À saída, o tubo é calibrado e arrefecido nos banhos de água, sendo posteriormente enrolado e cortado. No final da produção, os tubos, são organizados em paletes de produção e transportados para a zona de embalagem.

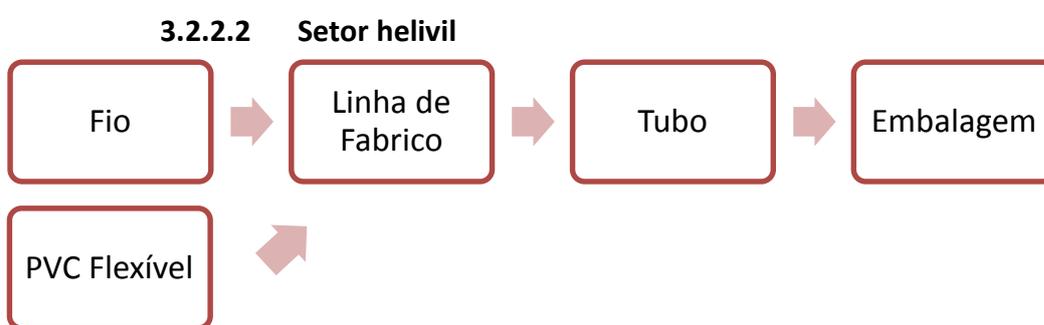


Figura 3.4. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor helivil.

Neste sector é utilizada como matéria-prima, tal como descrita na Figura 3.4: o Fio e o PVC flexível (proveniente das Misturadoras).

Existem 13 linhas de produção no setor helivil. Para o fabrico do tubo reforçado helivyl existem, no mínimo, duas extrusoras de PVC flexível, chegando a existir uma terceira. O processo de extrusão é idêntico nas diferentes máquinas: o material é colocado na “tremonha” de alimentação da extrusora, é aquecido até ao ponto de fusão e empurrado pelo fuso até à cabeça de saída.

Logo que o material sai da primeira extrusora, é auxiliado por um calibrador, que lhe permite formar o diâmetro interior desejado e manter as restantes características fornecidas à saída da extrusora. Em seguida, são colocados os fios longitudinais que irão auxiliar o processamento do tubo. O reforço do tubo é formado por uma entrançadeira que tece uma rede constituída por fios de poliéster, necessários para que o tubo resista às pressões a que será sujeito nas suas aplicações. No final, o tubo leva uma cobertura de PVC, aplicada pela 2ª extrusora, que lhe dará o acabamento desejado. De seguida, o tubo entra nos banhos de arrefecimento, e é enrolado. No final da produção, os tubos, são

organizados em paletes/contentores de produção e são transportados para a zona de embalagem.

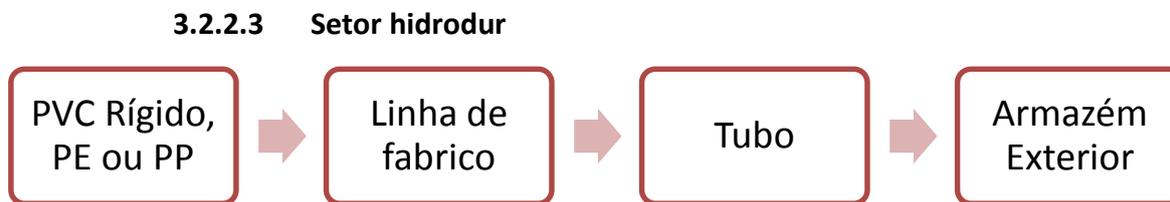


Figura 3.5. Esquema simplificado e representativo do processo de produção do Setor hidrodur.

A Figura 3.5. apresenta como forma de esquema o processo de produção no Setor hidrodur. Neste sector é utilizada como matéria-prima:

- PVC rígido (proveniente das Misturadoras);
- Polipropileno (PP, fornecido externamente);
- Polietileno (PE, fornecido externamente).

Existem neste setor 2 linhas de produção. Para a produção do tubo rígido em PVC, em Polipropileno ou em Polietileno é necessário colocar a mistura na tremonha de alimentação da extrusora e esta, ao entrar nas câmaras de aquecimento, terá que atingir o ponto de gelidificação, sendo empurrada pelo fuso para a cabeça de saída. Nesta fase, o material é forçado a sair pela matriz, concedendo-lhe o formato de tubo pretendido. À saída, o tubo entra no calibrador que lhe concederá as características desejadas para cada caso. Ao entrar no calibrador, o tubo começa a ser arrefecido nas câmaras de água e, com o auxílio de vácuo, o tubo é forçado a manter as suas características até à solidificação. Depois de arrefecido, o tubo é cortado, de acordo com a medida definida.

No final da produção os tubos, são organizados em paletes e transportados para uma zona de armazenagem no exterior.

3.2.3 Outros Processos

Depois do produto estar acabado, à saída das extrusoras, este segue para a zona da embalagem, onde lhe é colocado filme retrátil e a respetiva embalagem. Desta secção os produtos saem prontos a serem armazenados, para posterior expedição para o cliente.

A armazenagem é efetuada em pavilhão fechado, bem como em espaço livre exterior (zona do estacionamento), o qual é utilizado apenas para o tubo rígido que não necessita de condições especiais de armazenamento. Existem 3 pavilhões fechados para os

restantes produtos, que permitem o correto armazenamento do tubo flexível, a sua identificação e planeamento de carga.

Os desperdícios de PVC gerados ao longo do processo de produção são reciclados, ou seja, são triturados e transformados de novo em granulado, com o objetivo de serem reinseridos no processo produtivo. Com esta operação não se coloca em questão a qualidade do material, já que o PVC é um material facilmente reciclável, contribuindo para um ambiente melhor e a redução de lixo.

Ao longo de todo o processo há uma elevada preocupação com a qualidade. A Heliflex tem evoluído no sentido de apresentar cada vez mais produtos técnicos, cuja qualidade é reconhecida por entidades externas, através da sua certificação.

O controlo da qualidade do produto efetuado na empresa está assente nas seguintes vertentes:

- ❖ **Controlo na receção:** das matérias-primas utilizadas na fabricação dos tubos.
- ❖ **Controlo no fabrico:** durante o fabrico dos produtos, com a realização do exame visual e controlo dimensional (espessuras, diâmetros, comprimentos, passos, espira, ovalização). Este controlo é realizado pelos próprios operadores das linhas de produção.
- ❖ **Controlo do produto acabado:** normalmente, são recolhidas as amostras retiradas pelo operador da linha ao longo da produção do tubo, realiza-se o controlo dimensional (espessuras, diâmetros, comprimentos, passos, espira, ovalização), comparam-se os valores com os valores obtidos pelos operadores das linhas de produção, e por fim realiza-se o exame visual. Este controlo é realizado pelo operador da qualidade.

Todos os produtos fabricados na Heliflex estão inseridos num Plano de Inspeção e Ensaios, onde são especificados os ensaios a realizar por lote/turno ou quando ocorre qualquer alteração no normal funcionamento da produção.

4 PROJETO I: ANÁLISE DA VIABILIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA KANBAN

4.1 Objetivos da Empresa

O projeto *Kanban* consistiu na análise da viabilidade de aplicação desta ferramenta no contexto produtivo da Heliflex, pelo que pressupunha um estudo de todo o fluxo de informação e materiais da Heliflex.

4.1.1 Análise de Viabilidade - Conceito

Em primeiro lugar, é necessário ter em conta o significado de análise de viabilidade. Entende-se por análise de viabilidade, o estudo que procura anteceder o eventual êxito ou fracasso de um projeto. Nesse sentido, tem por base dados que possam ser contrastados aos quais se tem acesso através de diversos tipos de investigações (análise de dados, estatísticas, etc.).

Trata-se de um recurso útil antes de iniciar um projeto ou de lançar um novo produto no mercado. Deste modo, é minimizada a margem de erro, uma vez que todas as circunstâncias vinculadas aos projetos são estudadas (Hofstrand and Holz-Clause, 2009).

4.2 Análise do Processo de Logística Interna da Heliflex

O fluxo associado ao processamento das encomendas recebidas pela Heliflex encontra-se representado na Figura 4.1.

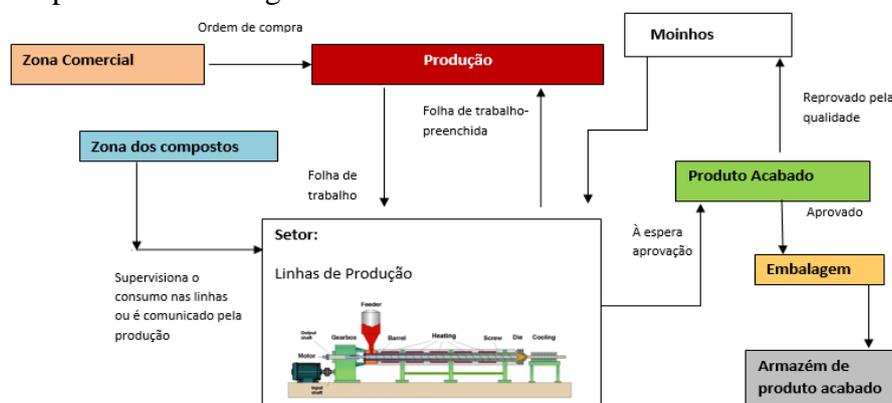


Figura 4.1. Esquema simplificado e representativo do processo de logística interna.

O Departamento comercial está dividido por nacional e internacional: este recebe encomendas e verifica no sistema se existe o produto pretendido em *stock*. Se existir *stock* a encomenda é enviada para o armazém de produtos acabados que a prepara para ser expedida, se não existir é gerado um pedido à produção que por sua vez gerará uma ordem de produção.

O cliente Heliflex é um cliente muito exigente que vai para além do catálogo, a empresa recebe uma quantidade significativa de encomendas personalizadas em que, por exemplo, um determinado tubo no catálogo existe apenas disponível numa cor, mas o cliente pretende outra ou necessita que o tubo tenha outro tipo de propriedades. Nestes casos procede-se a um estudo técnico, principalmente quando o produto implica novas propriedades, pelo Departamento de I&D em conjunto com o Departamento da Qualidade. Se o estudo obtiver sucesso é enviada uma amostra ao cliente e, se este aprovar, então procede-se à encomenda.

Seguindo para a produção, os responsáveis pelo planeamento da produção procedem á elaboração da folha de trabalho, esta folha de trabalho contém essencialmente a descrição do tipo de tubo a fabricar, a dimensão da encomenda, a linha de produção em que o tubo vai ser fabricado, o tempo de execução teórico, a descrição da matéria-prima assim como a sua quantificação. A folha também contém uma série de parâmetros para o trabalhador da linha preencher no final do seu turno, para que o turno seguinte saiba o que foi feito e o que ainda falta fazer. Após a encomenda estar concluída, a folha de trabalho retorna aos responsáveis pelo planeamento e é neste momento que é dada baixa da matéria-prima utilizada.

O planeamento de produção é feito todos os dias. Após a receção de uma encomenda, verifica-se se existe linha de produção em operação que possa produzir o tubo da encomenda. São analisadas portanto, os seguintes pontos:

- Existe alguma linha de produção a trabalhar que consiga produzir os tubos da encomenda?
- A matéria-prima que está a ser utilizada na linha de produção é a mesma? O diâmetro é o mesmo?
- Compensa iniciar agora uma linha de produção para produzir a encomenda? Existem recursos disponíveis?

No caso de existirem duas linhas em funcionamento que possam produzir o tubo da encomenda, é dado prioridade à linha que estiver a produzir tubos com o mesmo diâmetro, sendo portanto necessário apenas alterar a matéria-prima. É fácil perceber o porquê, a mudança de ferramentas no caso da alteração do diâmetro é mais demorada, além do que implica a paragem de produção para a sua alteração. O objetivo é não parar, quanto mais tempo estiver a máquina a trabalhar menores são os custos que esta causa.

Se não estiver nenhuma linha de produção a trabalhar que consiga produzir o tubo pedido, verifica-se se existem trabalhadores e recursos disponíveis para iniciar a linha de produção necessária, pode-se optar por esperar que existam mais encomendas para essa linha ou aproveita-se o fato de se iniciar a linha e produz-se para *stock*. Quando não existem encomendas, e existem linhas de produção a trabalhar, na procura de reduzir custos, reduzir o impacto associado a picos de procura, assim como no sentido de satisfazer o cliente de uma forma mais rápida, produz-se algum *stock* com base em previsões assentes em dados históricos.

Numa linha de produção podem existir várias folhas de trabalho que indicam as próximas encomendas a produzir. Em cada linha de produção é afetado um trabalhador que tem as seguintes funções:

- Abastecimento de matéria-prima;
- Colocar o tubo no enrolador;
- Retirar amostra de 1 metro e preencher a ficha de controlo de qualidade;
- Cintar após o enrolamento;
- Colocar etiqueta/identificação, se necessário;
- Colocar o tubo num contentor/palete.

O abastecimento da matéria-prima nas linhas de produção é feito pelos próprios operadores da linha, esta normalmente está sempre produzida no momento em que o trabalhador da linha de produção precisa. O que acontece é que o responsável pela zona dos compostos circula pelas linhas de produção, vê e analisa o que está a ser consumido e o que vai ser consumido de seguida tendo em conta as folhas de trabalho aí presentes, definindo assim o que produzir consoante as necessidades. Neste sector existem 2 trabalhador em dois turnos, mais o responsável pelo próprio sector.

Em média existem, por dia, cerca de 4 linhas de produção a produzir no setor helivil e 3 no sector heliflex. O setor hidrodur é o setor que apresenta as taxas de ocupação

mais baixas, por ser dedicado a uma procura bastante sazonal. As linhas de produção trabalham 24h por dia, existindo 3 turnos de trabalho (08h-16h), (16h-00h) e (00h-08h), cada setor tem um responsável de turno que distribuí os trabalhadores pelas respetivas linhas no início do turno.

Após o tubo sair do enrolador, este pode ser colocado numa palete, no caso de pertencer ao setor heliflex, hidrodur e helivil, ou num contentor, no caso de pertencer ao setor helivil. Estando um contentor de material cheio, ou seja um determinado número de tubos produzidos, estes ficam a espera de serem aprovados por parte da qualidade, após o que seguem para a embalagem.

A qualidade recolhe as amostras retiradas pelo operador ao longo da produção do tubo, mede os valores da ficha de controlo e compara os resultados com os preenchidos pelo operador da linha, de seguida é feito um exame visual para verificar se, o tubo apresenta defeitos. Os materiais aprovados pela qualidade são assinalados com uma etiqueta verde. Existe apenas um trabalhador envolvido neste processo que normalmente, é realizado de manhã.

No caso de não ser aprovado pela qualidade o material é enviado para os moinhos onde é preparado para ser reciclado, ficando pronto a ser reinserido no processo produtivo.

O trabalhador da embalagem é responsável pelo transporte do material, este passa pela zona onde se encontram os contentores/paletes, verifica se estes foram aprovados pela qualidade e leva-os para a zona da embalagem onde é colocado o filme retrátil para seguir em direção ao armazém de produtos acabados.

Na embalagem existem 3 trabalhadores a tempo inteiro, este setor apenas trabalha durante um turno (08h-16h).

Após a colocação de filme num tubo este é colocado numa palete que é transportada pelo trabalhador da embalagem para a entrada dos armazéns de produto acabado/parqueamento. A partir daí, os responsáveis pelos armazéns de produtos acabados definem o local de armazenamento.

4.3 Estudo da Viabilidade de conciliação do Sistema *Kanban* com os procedimentos atuais

Depois de analisado o processo produtivo de uma forma geral, optou-se por fazer uma análise mais pormenorizada, começando pela zona dos compostos, onde começa o processo produtivo. Neste sector é preparada a matéria-prima para o sector heliflex, helivil e hidrodur. O sector heliflex é composto por um pavilhão tal como o setor hidrodur, já o setor helivil é composto por dois, como se pode ver na Figura 4.2.

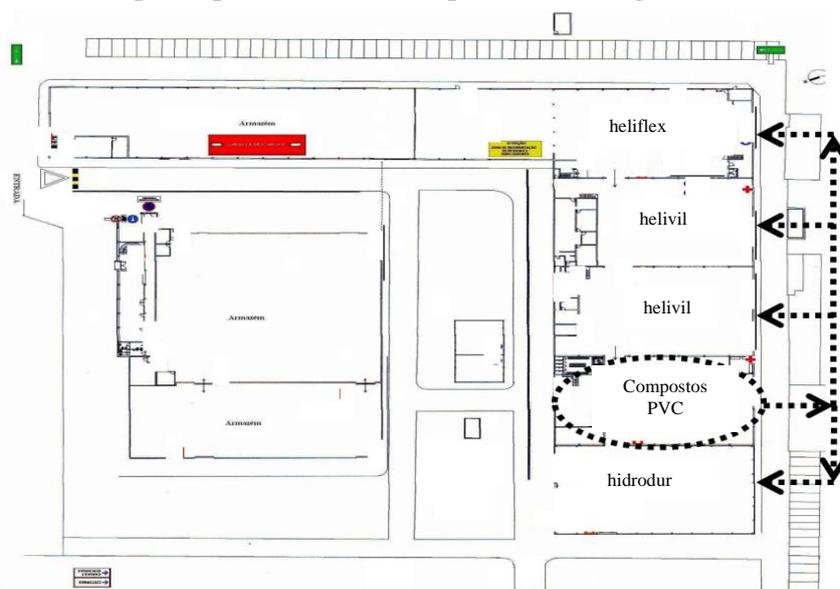


Figura 4.2. Layout da Empresa

Como já referido, é o responsável pela zona dos compostos que diariamente define a produção mediante uma análise do consumo das linhas de produção.

Existem várias formas do trabalhador colocar e transportar matéria-prima, como se pode ver na Figura 4.3. Este processo não se encontra uniformizado na Heliflex.



Figura 4.3. Diferentes formas de colocar matéria-prima.

Um bigbag (saco) de matéria-prima leva cerca de 1000kg e é transportado para a linha através da ajuda de um empilhador, a caixa pode levar até 350 kg e pode ser transportada através de um empilhador ou de um porta palete, o caixote do lixo e o balde levam cerca de 200kg de matéria-prima e podem ser transportadas para a linha manualmente. O abastecimento de material não é algo que aconteça muitas vezes durante o turno, acontece quando existe essencialmente uma mudança de produção na linha em que a matéria-prima não é a mesma ou quando esta realmente acaba.

Como já foi referido quando se explicou os processos produtivos, para fazer um tubo podem ser necessárias até 3 extrusoras, porque o produto pode ser feito a partir de 3 matérias-primas distintas para o interior, a cobertura e a lista, como se pode visualizar na Figura 4.4. Nessa mesma figura, apresenta-se um tubo mais simples em que é apenas necessário um tipo de matéria-prima.



Figura 4.4. Tubo helijardim Costa Nova (esquerda) e tubo cristalflex (direita).

Nas estantes do sector de compostos existe *stock* de matéria-prima que não foi transportada para os silos, matéria-prima proveniente dos desperdícios e material (por exemplo, corantes) que entram no processo produtivo dos compostos. Os silos contêm material proveniente das granuladoras que tem como destino as linhas de produção. Não existem silos fixos para cada matéria-prima.

4.3.1 Consumo anual e *stocks* médios

De seguida, passa-se à análise dos valores do consumo anual das matérias-primas provenientes das granuladoras. O objetivo é determinar uma dimensão e um intervalo de tempo para cada referência de material. Para isso, dividiu-se a análise por família de produtos e conseqüentemente, por granuladora (Figura 4.5).

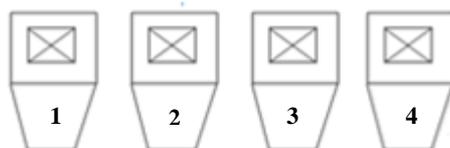


Figura 4.5. Representação das Granuladoras existentes na zona dos compostos.

A granuladora 1 é para cristais, a granuladora 2 é para opacos, mas também pode ser utilizada para granular interiores e monoflat's, assim como a granuladora 3, por fim a granuladora 4 é para os compostos rígidos. Nas Figuras 4.7 a 4.14 (figuras removidas por motivos de confidencialidade) encontra-se o consumo, em kg, ocorrido entre os meses de Janeiro de 2014 e Fevereiro de 2015 e o *stock* médio, em kg, para cada um dos materiais produzidos em cada granuladora. As 4 granuladoras podem estar a granular ao mesmo tempo e apresentam uma taxa de produção de aproximadamente 700kg/hora, mas este valor varia por tipo de material. Duas das granuladoras existentes na Heliflex estão representadas na Figura 4.6 (figura removida por motivos de confidencialidade).

CONFIDENCIAL

Figura 4.6. Granuladoras.



Figura 4.7. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 1 (cristais).

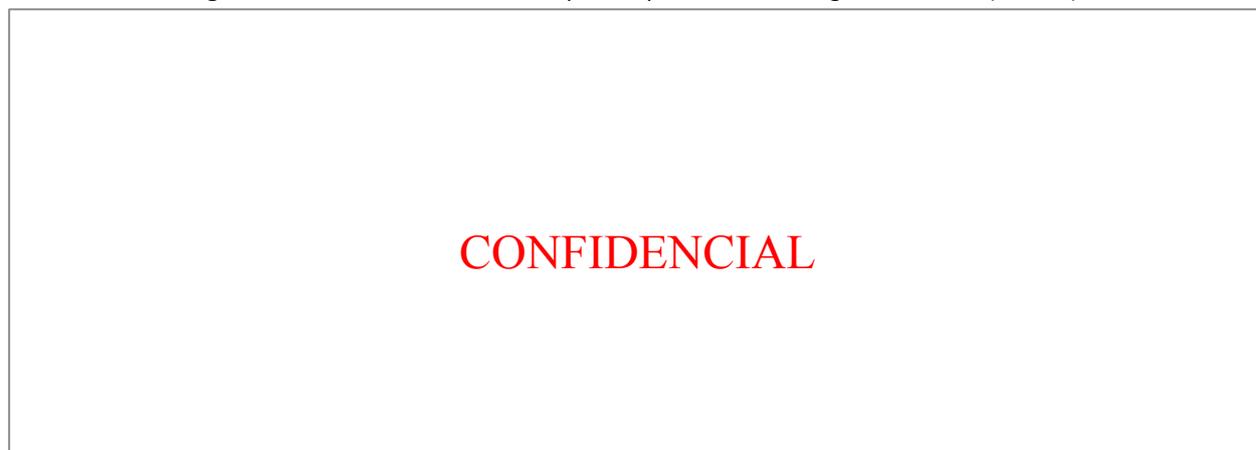


Figura 4.8. *Stock* médio das matérias-primas provenientes da granuladora 1 (cristais).

CONFIDENCIAL

Figura 4.9. Consumo da matérias-primas provenientes granuladora 2 (opacos).

CONFIDENCIAL

Figura 4.10. Stock médio das matérias-primas provenientes da granuladora 2 (opacos).



Figura 4.11. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 2/3 (interiores e monoflat's).



Figura 4.12. *Stock* médio das matérias-primas provenientes da granuladora 2/3 (interiores e monoflat's).



Figura 4.13. Consumo das matérias-primas provenientes da granuladora 4 (rígidos).



Figura 4.14. *Stock* médio das matérias-primas provenientes da granuladora 4 (rígidos).

Existem ao todo, 109 referências diferentes de matérias-primas para os diversos setores de produção com consumos anuais e *stocks* médios diferente entre si, como se pode verificar nos gráficos apresentados.

Após esta análise do consumo anual e dos *stocks* médios separados por categorias de produto, podemos concluir que os consumos variam bastante entre si.

Informação removida por motivos de confidencialidade.

CONFIDENCIAL

Relativamente aos valores de *stock*, é visível através dos gráficos que se verificam elevados *stocks* médios em alguns tipos de matérias-primas como por exemplo: o Monoflat Azul Texas (granuladora 2/3) e PVC Rígido Granulado BR (granuladora 4). Os materiais com maior consumo não são na maioria dos casos, os que apresentam um maior *stock* médio, isto deve-se essencialmente à incerteza da procura, e ao desperdício efetuado pelas linhas. Os desperdícios dos setores são contabilizados e rondam os 8.4% no setor helivil, 6.5% no setor heliflex e 4% no setor hidrodur, sendo que sempre que se produz matéria-prima para as linhas tem-se em conta estes parâmetros e produz-se sempre a mais.

O que acontece por vezes é que o que se produziu a mais não é utilizado e poderá não voltar a ser utilizado.

Não é visível nos gráficos apresentados, mas é possível identificar 5 tipos de matérias-primas que não tiveram qualquer consumo durante os meses apresentados, ou seja, estabelecer uma dimensão de consumo para todas as referências, seria um risco e poderia se estar a criar um *stock* de material desnecessário.

Por isso, o próximo passo consistiu numa Análise ABC, que teve como objetivo perceber quais as matérias-primas que representam a maior quantidade consumida pelas linhas de produção, a fim de trabalhar numa primeira fase com esses componentes.

A classificação ABC consiste em dividir os artigos por classes (A, B e C), consoante o seu valor ou quantidade em *stock*. A divisão é feita da seguinte maneira: a classe A corresponde ao grupo de maior valor: 20% dos artigos correspondem a 80% da quantidade consumida pelas linhas de produção; na classe B, 30 % dos artigos correspondem a 15% da quantidade consumida pelas linhas e por último temos a classe menos valorizada, classe C, em que 50 % dos artigos correspondem a 5% da quantidade consumida pelas linhas. A Figura 4.15 representa a curva ABC obtida para as matérias-primas da Heliflex.

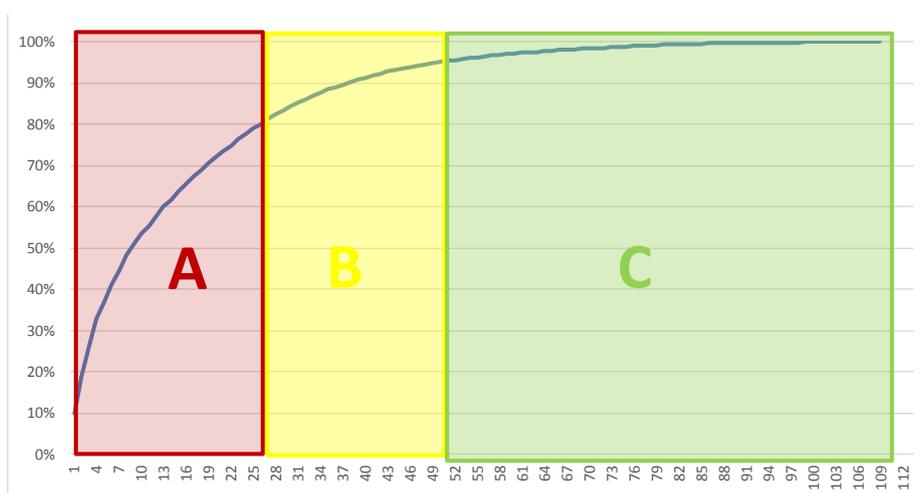


Figura 4.15. Curva ABC da quantidade de matérias-primas consumida pelas linhas de produção.

Ao realizar-se esta análise verifica-se que somente uma pequena parte dos itens é responsável pela grande parte do valor utilizado. Segundo a Análise ABC, dos 109 tipos de matérias-primas diferentes, temos 26 tipos (24%) de matéria-prima que representam cerca de 80% do total consumido pelas linhas de produção, estes pertencem à classe A e

são os mais importantes para a empresa. Outros 25 tipos de matéria-prima (23%) pertencem à classe B e 58 (53%) pertence à classe C.

Nas Figuras 4.16, 4.17, 4.18 e 4.19 (figuras removidas por motivos de confidencialidade) apresentam-se quatro exemplos de consumo para matérias-primas do Tipo A.

CONFIDENCIAL

Figura 4.16. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.

CONFIDENCIAL

Figura 4.17. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.

CONFIDENCIAL

Figura 4.18. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.

CONFIDENCIAL

Figura 4.19. Exemplo do consumo, em kg, de um material do Tipo A.

Através destes exemplos, concluímos que basta apenas ter um consumo elevado num determinado mês durante o ano para que uma determinada matéria-prima possa fazer parte da classe A da curva.

A Análise ABC é muito utilizada e útil quando se analisam itens homogêneos. Contudo, se o tipo de *stock* for muito heterogêneo, como neste caso, é necessário encontrar uma forma adicional de o classificar.

No grupo de materiais que fazem parte da classe A da curva ABC, podem-se ter materiais que apresentam um elevado consumo num mês e nos restantes meses apresentam valores nulos ou muito baixos. Um material deste tipo é muito incerto em termos de consumo, sendo necessário ter em conta na análise do grupo de materiais em questão, parâmetros como: a variabilidade da dimensão e os intervalos médios entre consumos.

4.3.1.1 Caracterização da Procura

O modelo proposto por Syntetos (2005) estuda a procura dos materiais segundo a variabilidade da dimensão de cada pedido e o intervalo médio entre consumos consecutivos.

Para que fosse possível nomear de forma mais clara as procuras com diferentes tipos de flutuações, Syntetos (2005) gerou uma classificação da procura que se distingue em quatro categorias baseadas num critério de classificação implementado por Williams (1984) e Eaves & Kingsman (2004).

O intervalo entre consumo (p) é medido em unidades de tempo e corresponde à média do intervalo entre dois consumos sucessivos do mesmo material, ao passo que a

variabilidade da procura (CV^2) é o quadrado do coeficiente de variação da dimensão da procura, e é dada pela seguinte expressão:

$$CV^2 = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)^2$$

Quanto maior for este coeficiente, maior é a imprevisibilidade da dimensão da procura. A matriz que descreve a caracterização de procura Syntetos encontra-se representada na Figura 4.20.

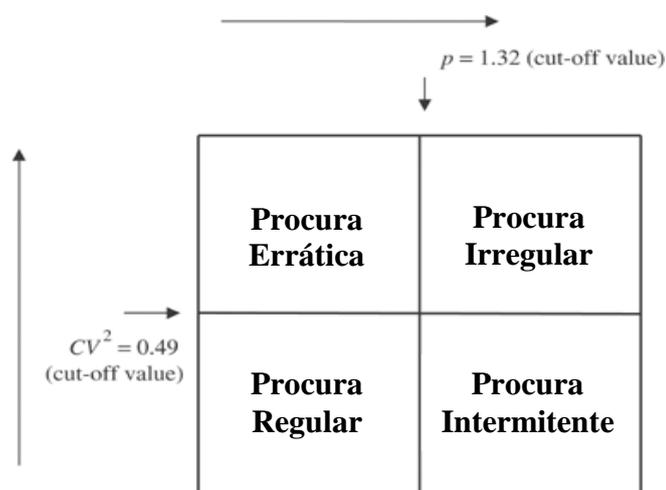


Figura 4.20. Caracterização da Procura segundo Syntetos. Adaptado de: Syntetos (2005).

O primeiro quadrante da matriz representa a procura Errática: uma procura com intervalos entre consumos abaixo de 1,32 meses, mas com uma variabilidade da dimensão acima de 0,49. Tendo em conta as matérias-primas da Heliflex, neste quadrante existem 52 tipos de matérias-primas.

O segundo quadrante representa a procura Irregular: esta caracteriza-se por ser a procura mais complicada de se gerir em armazém, tanto o tempo médio entre consumos como a variação do tamanho das encomendas é muito grande. A este quadrante pertencem 45 tipos de matérias-primas.

É o terceiro quadrante que mais nos interessa, este apresenta uma procura com intervalos entre consumos abaixo de 1,32 meses, e uma variabilidade da dimensão da procura abaixo de 0,49. Caracteriza-se por ser constante ao longo do tempo, um material com este tipo de procura é consumido com regularidade e com uma variação da dimensão baixa. Neste quadrante apenas existem 7 tipos de materiais.

O quarto e último quadrante apresenta a procura Intermitente: nesta procura, o tempo médio entre consumo é bastante elevado, embora, a variação da dimensão da

procura seja pequena. O intervalo médio entre consumos é superior a 1,32 meses, com uma variabilidade da dimensão da procura abaixo do 0,49. Nenhuma matéria-prima da Heliflex pertence a este quadrante.

Para os exemplos apresentados anteriormente, de 4 tipos de matérias-primas que pertencem à classe A, atribuiu-se o quadrante a que pertencem. O produto PVC Rígido Granulado BR apresenta um consumo regular segundo a caracterização da procura de Syntetos. O Interior Preto Mangas, assim como o Heligás BR Esp.PLA e a Cobertura Heliflat Azul pertencem ao primeiro quadrante, com uma procura errática, é visível nas Figuras 4.17 a 4.19 que a dimensão da procura varia consideravelmente.

Por último, apresentamos através da Figura 4.21 (figura removida por motivos de confidencialidade), o material 090 Amarelo (granuladora 1) e o Hidroflex azul (granuladora 2) que correspondem a dois tipos de matéria-prima do segundo quadrante da matriz apresentada, com uma procura irregular. Nesta situação verifica-se um tempo de intervalo médio entre consumo assim como a variação da dimensão elevados.

CONFIDENCIAL

Figura 4.21. Exemplo de dois tipos de matéria-prima, em kg, do segundo quadrante da matriz apresentada.

4.3.2 Conclusões Finais

A Heliflex apresenta, um número elevado de referências (109 referências) o que já é uma limitação para a implementação de um sistema Kanban, no entanto esse problema poderia ser resolvido.

Através de uma visita à empresa SRAM, realizada durante o estágio, foi possível verificar como nessa empresa se lida com cerca de 80 referências diferentes de produtos, o que acontece é que existe um quadro *kanban* agrupado por máquinas. Se existem 4 máquinas, existem no quadro 4 filas para colocar cartões e cada cartão representa uma ordem de fabrico para a máquina. O conjunto de cartões numa fila pode ser

de referências diferentes desde que tenha como destino a mesma máquina. Nessa situação, apenas é necessário determinar os intervalos de tempo de consumo e as quantidades necessárias para cada referência de material. Este tipo de solução poderia ser adotado na Heliflex.

No entanto, depois de analisar os consumos anuais/mensais de todas as matérias-primas que entram no processo produtivo e de elaborar as análises anteriores, pode-se concluir que existe um elevado número de materiais para os quais não se consegue ter perceção do que produzir (tanto a nível de quantidade como período de tempo de consumo). Uma solução seria apenas aplicar um sistema *Kanban* a sete tipos de matérias-primas, cerca de 6% do total de referências existentes na zona de compostos, as que apresentam um consumo regular em termos de variabilidade da dimensão e intervalos de tempos entre consumos.

Como se sabe, para aplicar um sistema *Kanban*, ou qualquer outro sistema que envolva cartões em circulação é necessário calcular uma dimensão para circular entre os postos de trabalho com o respetivo cartão. O que acontece é que para a maioria dos materiais a variabilidade da procura em termos de dimensão é tão elevada que não se consegue obter esse valor. A questão dos intervalos entre consumos variarem ou serem elevados, poderia ser resolvida, se a tal variabilidade da dimensão não existisse, como sabemos só se voltaria a produzir, depois de não existir material, ou seja depois de este ser consumido. As conclusões são apresentadas em forma de esquema na Figura 4.22.

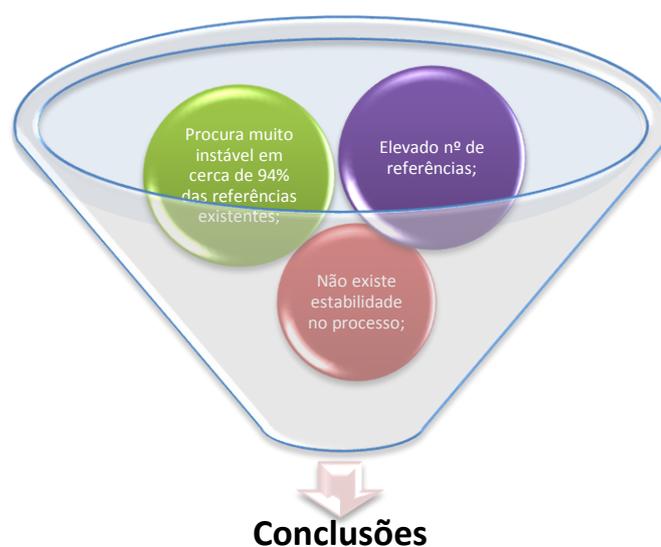


Figura 4.22. Conclusões finais do estudo.

Não é possível então, calcular o número de cartões em circulação necessários para a maioria das referências. Na Heliflex não existe um fluxo contínuo de consumo.

Desde o início que se sabia que esta empresa apresentava uma enorme variedade de referências e produtos acabados, mas se estes apresentassem um consumo mais ou menos regular em termos de dimensão e intervalos de consumo por parte dos seus clientes, ter-se-ia conseguido combater o problema e apresentar um método que se adaptasse à empresa.

Porque não se optou por métodos alternativos?

O objetivo da Heliflex não era o de controlar o número de ordens de fabrico lançadas, até porque uma linha de produção pode conter várias ordens de fabrico que indicam próximos trabalhos a realizar. O objetivo era o de conseguir uma sequência de produção e de matérias-primas utilizadas de forma a conseguir essencialmente:

- Definir o que produzir diariamente;
- Evitar o excesso de produção de *stock* de matéria-prima que depois não é consumida pelas linhas;
- Reduzir o *lead time*;
- Conseguir prever com um maior prazo de tempo o que consumir para poder efetuar as compras de matérias-primas mais antecipadamente. A compra de matérias-primas (resinas PVC, plastificantes, estabilizantes, corantes) para a zona de compostos é feita segundo previsões e consumos passados e esta tem de ser feita com alguma antecipação. A Heliflex tem uma quantidade de fornecedores (Espanha, México) que podem demorar até cerca de 1 mês a fazer a entrega.

5 PROJETO II: REDUÇÃO DO *LEAD TIME* E *WIP* (*WORK IN PROCESS*)

5.1 Considerações e Objetivos

Com este projeto procurou-se perceber como melhorar o tempo de ciclo total e reduzir a quantidade de trabalho ao longo do processo produtivo. Após a observação de todo o processo produtivo da Heliflex, verificou-se que o produto acabado se acumula e permanece um elevado período de tempo entre a linha de produção, após ser produzido, e o transporte para a embalagem.

Para identificar a causa do problema e obter uma solução que melhore o tempo de espera do produto acabado para a zona de embalagem, e consequentemente melhore o tempo de todo o processo produtivo (desde a matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente), recorreu-se à simulação.

5.2 Simulação

A simulação é a tentativa de replicação de um sistema real através da construção de um modelo matemático tão parecido quanto possível da realidade. Neste projeto, a simulação foi realizada através do programa: SIMUL8. Este é um programa de simulação por eventos discretos que apresenta características interativas e gráficas que possibilitam a modelação gráfica do sistema a simular, desenhando os diagramas de processos das entidades do modelo, recorrendo a diferentes tipos de blocos (atividades, filas de espera, ...) e de arcos orientados que estabelecem o fluxo das entidades ao longo do diagrama.

5.2.1 Parâmetros

Para a realização desta simulação foi recolhida uma amostra de 124 ordens de produção acabadas, entre 16 e 25 de Março de 2015. Dessas 124 ordens de fabrico, 35 correspondem a produtos customizados e as restantes a produtos *standard*.

Das ordens de produção foram recolhidos os seguintes dados:

- Código e descrição do tubo;
- Tempo de execução teórico;
- Linha de produção;
- Dimensão da encomenda;
- Data de emissão.

Através da linha de produção, de cada ordem de fabrico definiu-se o setor a que cada produto pertence e através das dimensões do tubo (diâmetro e comprimento) e do próprio setor (heliflex, helivil e hidrodur), os produtos foram separados por máquina de embalar.

A. TIPOS DE COLOCAÇÃO DE FILME

Na embalagem existem dois tipos de colocação de filme que se encontram ilustrados na Figura 5.1:

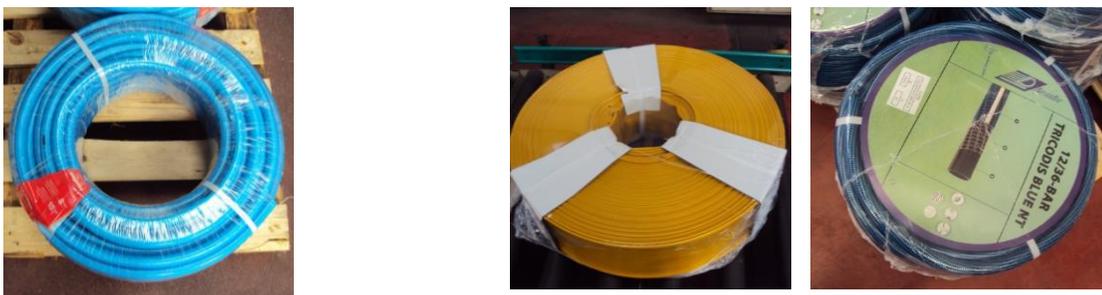


Figura 5.1. Filme do Tipo 1 (esquerda) e Filme do Tipo 2 (2 imagens à direita).

B. MÁQUINAS DE EMBALAR

Existem 5 máquinas de colocação de filme na Heliflex que são apresentadas nas Figuras 5.2 e 5.3 (figuras removidas por motivos de confidencialidade).

CONFIDENCIAL

Figura 5.2. Tapete 1 (esquerda) e Tapete 2 (direita).

CONFIDENCIAL

Figura 5.3. Máquina 1 / 2 (vista frente e trás à esquerda) e Máquina 3 (direita).

A máquina de embalar um e dois, que são iguais, destinam-se a tubos do setor heliflex e helivil com pequenas dimensões (diâmetros até aproximadamente 50mm). A máquina 3 dedica-se ao setor heliflex, este é o setor destinado à Agricultura/Indústria e onde são produzidos os tubos de maiores diâmetros. Para estas máquinas a colocação do filme é do Tipo 1.

O tapete 1 destina-se essencialmente ao setor helivil.

No setor hidrodur, o material não é embalado, no entanto existem duas linhas de produção que produzem material que está inserido nos produtos do setor helivil, este material embora esteja no pavilhão do setor hidrodur pertence ao setor helivil.

O tapete 1 e o tapete 2 são dedicados à colocação de filme em tubos que fazem parte da área de negócio casa jardim. Para tubos com diâmetros superiores ou iguais a 19mm e todo o tipo de manga de pequena e grande dimensão, a colocação de filme é realizada no Tapete 1. O tapete 2 é apenas utilizado para tubos da secção casa jardim com um diâmetro de 15 mm e comprimento até 25 metros e para um diâmetro de 19 mm e 15 metros de comprimento.

Todas estas máquinas são semiautomáticas, precisam de pelo menos um trabalhador para iniciar o processo de colocação de filme.

C. TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO RECOLHIDA NAS ORDENS DE FABRICO

O estudo iniciou-se pelo cálculo do número médio diário de ordens de fabrico e pela percentagem correspondente a cada setor, como é visível na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Número médio diário de ordens de fabrico e percentagem correspondente a cada setor.

Dia	O.F	heliflex	helivil	hidrodur
16-Mar	7	3	4	0
17-Mar	28	11	17	0
18-Mar	12	8	4	0
19-Mar	15	2	13	0
20-Mar	12	7	5	0
23-Mar	16	6	10	0
24-Mar	14	6	8	0
25-Mar	20	9	9	2
Média	15,5	6,5	8,75	0,25
Percentagem (%)	41,9%	16,9%	24,5%	0,6%

De seguida, para cada dia e de acordo com as ordens de fabrico, determinou-se em média quantas linhas de produção operam em cada setor, este cálculo é representado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2. Número médio de linhas de produção que trabalham em cada setor.

Dia	Linhas de produção diferentes		
	heliflex	helivil	hidrodur
16-Mar	1	2	0
17-Mar	4	5	0
18-Mar	2	2	0
19-Mar	1	6	0
20-Mar	4	4	0
23-Mar	3	4	0
24-Mar	3	2	0
25-Mar	2	5	1
Média	2,5	3,75	0,125
Replicate	3	4	1

Os valores foram arredondados por excesso porque se considerou ser o mais correto, verifica-se mais dias com 4 linhas de produção em funcionamento no setor helivil do que 3, assim como de 3 para o setor heliflex.

Posteriormente, para cada ordem de produção, determinou-se o número de contentores/paletes necessários para colocar os tubos prontos a serem transferidos para a embalagem. Este valor foi conseguido através da dimensão da encomenda e do cálculo/observação do número de tubos que podem ser colocados num contentor (no caso do setor helivil) ou palete (no caso do setor heliflex ou até mesmo do setor helivil).

O número de tubos que compõem uma paleta ou um contentor depende das dimensões do mesmo. Para determinar quantos tubos era possível colocar num contentor foi desenvolvida uma folha de cálculo que será apresentada no Capítulo 6. O número de tubos a alocar a cada paleta foi determinado por observação direta e registo de dados efetuados ao longo do tempo de estágio. Esta observação foi necessária no caso das mangas ou tubos grandes colocados em paletes, no sentido de perceber a quantidade de rolos de tubos que os trabalhadores colocam nas paletes, e quais os aspetos que costumam ter em conta (peso, altura, aproveitar espaço disponível).

Obtidos esses valores, foi possível “transformar” uma ordem de fabrico em número de contentores/paletes. Sempre que um contentor/paleta está pronto, este pode ser aprovado pela qualidade e ser levado para a embalagem. Não é necessário que toda a encomenda esteja na sua totalidade completa para seguir para o próximo posto de trabalho.

Em termos do modelo de simulação desenvolvido, as ordens de fabrico chegam, com um tempo médio entre chegadas determinado de acordo com os dados da Tabela 5.1, são divididas pelos respetivos setores, de acordo com as percentagens apresentadas na Tabela 5.2, e através de um posto de trabalho fictício e invisível são transformadas num determinado número de contentor/paletes, como podemos visualizar na Figura 5.4.

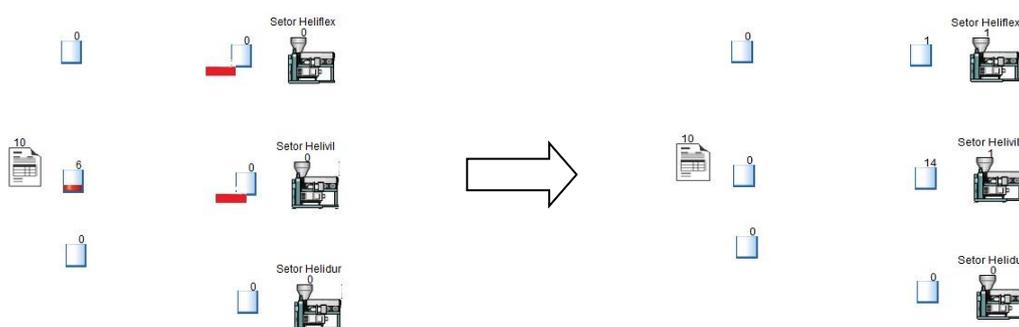


Figura 5.4. Ilustração da situação no simulador.

Os tempos de processamento para os diferentes tipos de setores, foram obtidos através do número de tubos de cada contentor e o tempo de ciclo (a divisão entre o tempo de execução teórico e a dimensão da encomenda, valores fornecidos pela ordem de produção). Calculou-se assim, o tempo que se demora a produzir um contentor/paleta completo de material.

Aos dados empíricos, referentes aos tempos de produção, obtidos foi ajustada uma distribuição estatística apropriada, recorrendo ao *software* Easy Fit 5.6 Standard©.

Para os produtos do sector heliflex, chegou-se a uma distribuição Beta com $\alpha_1=0.81602$, $\alpha_2=1.4819$, mínimo de 36.0 e um máximo de 333.27.

Para o caso do setor helivil obteve-se uma distribuição Pearson V com um $\alpha=2.1056$ e $\beta=278.21$.

Para o setor hidrodur não foi necessário utilizar este programa. Na amostra recolhida, para este setor só existiam 2 ordens de fabrico que apresentavam um tempo de execução de 125 minutos e a uma dimensão de 5 tubos.

Quando um contentor/paleta sai do setor passa para uma fila de espera da qualidade, neste posto de trabalho é verificado o estado do material. À qualidade atribui um valor médio de 2 minutos para a inspeção de um contentor. Normalmente o controlador da qualidade, vai à produção recolher as amostras dos tubos que estão por aprovar, mede os parâmetros (espessura, espira, diâmetro interior e exterior...) e verifica os valores com os valores da ficha de controlo preenchida pelo próprio operador da máquina durante a produção do tubo, se estiver tudo de acordo, então é feito o exame visual ao contentor e colocado um autocolante verde semelhante ao da Figura 5.5.



Figura 5.5. Sinalização da Qualidade (aprovação do material).

Nenhum material pode ser embalado enquanto não receber a aprovação por parte da qualidade.

Ao longo do tratamento de dados, deparou-se com 9 paletes, nas 124 ordens de produção, no setor heliflex com tubos de elevado diâmetro (150 mm) não seguindo para as máquinas apresentadas. Nestes casos, a colocação de filme no produto acabado vai depender do cliente, se este preferir filme, procede-se a colocação do filme de forma manual, se não, este irá sem filme. Para o modelo de simulação, decidiu-se assumir o pior dos cenários: todos estes tubos vão ser embalados manualmente. Para o posto de trabalho de embalamento manual foi considerado um tempo de 10 minutos por rolo.

O material é aprovado por contentor ou paleta, e de seguida segue para a fila de espera do transporte. O transporte é feito pelos trabalhadores da embalagem e apenas existe

um empilhador para este efeito. Os tempos de deslocação entre os vários setores e a embalagem foram obtidos pela média de um conjunto de registos de tempo, e são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3. Tempos de deslocação.

Setor	Embalagem
Heliflex	0,35 min.
Helivil	1,7 min. + 0,8 min.
Hidrodur	2 min.

Do setor helivil à Embalagem obteve-se um valor médio de cerca de 1.7 minutos, mas a este valor foi incrementado em 0.8 minutos, porque se observou que antes de ir buscar material a este setor, o trabalhador da embalagem com o empilhador colocava contentores vazios na zona do parqueamento.

Em relação ao setor hidrodur, devido à sua baixa taxa de utilização, não foi possível realizar nenhum registo de tempo. Para este atribuiu-se um valor de 2 minutos, visto ser o pavilhão mais afastado da embalagem.

Quando o contentor/paleta chega á embalagem, dependendo do setor e das suas dimensões (diâmetro e comprimento) é então, distribuído para a máquina a que pertence. O cálculo foi realizado da seguinte forma:

Para cada setor, dividiu-se o valor da soma do número de contentores que teria de ir para cada máquina pelo total do número de contentores existentes. Obtiveram-se as percentagens descritas na Figura 5.6:

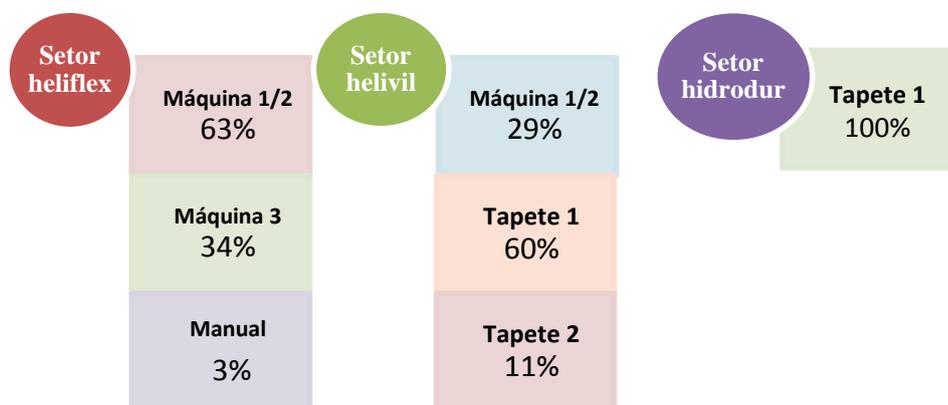


Figura 5.6. Percentagem das diferentes máquinas.

Como já referido, o material do setor hidrodur não é embalado, este setor apenas será representado porque contém duas linhas de produção que produzem material que está inserido no setor helivil, no entanto pertencem ao pavilhão do Setor hidrodur.

De seguida, o objetivo era “transformar” contentores em rolos de tubo, para isso analisou-se as respetivas ordens de fabrico e o correspondente número de rolos de tubos que ocuparia um contentor/paleta, para cada máquina individualmente. Para as encomendas que não ocupariam um contentor ou paleta considerou-se o valor total da dimensão da encomenda.

Através da recolha de tempos junto às máquinas estabeleceu-se o tempo que estas demoram a colocar filme num tubo, estes tempos estão representados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Tempo de processamento das máquinas de embalar.

Equipamento	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Tapete 1	Tapete 2
Tempo (min)	0.75	0.75	3.8	0.9	0.4

Por fim, têm-se o transporte final, este também é feito pelos trabalhadores da embalagem. O material já embalado é colocado todo em paletes e transportado para o parqueamento ou para junto dos armazéns para serem colocados pelos trabalhadores dos armazéns nos armazéns de produto acabado, como podemos visualizar na Figura 5.7.

Como não se faz o transporte de um tubo individualmente, têm-se no modelo de simulação um posto de trabalho representado por uma paleta a fazer um *collect* (junção de material) da média do número de tubos que transporta cada paleta ou contentor para cada máquina.



Figura 5.7. Sequência de acontecimentos após colocação de filme.

O parqueamento é grande, por isso o tempo deste posto de trabalho foi conseguido através de um registo de tempos. Para a máquina 3 considerou-se que o

transporte final era de cerca de 1 minuto e para as restantes máquinas acrescentou-se o tempo médio que demora na envolvente. A maior parte do material que sai do tapete 1, tapete 2, máquina 1 e máquina 2 segue para uma envolvente de filme. Para estas máquinas assumiu-se um tempo final de 2,25 minutos.

Além do que foi dito, a situação atual tem como recursos: um empilhador na zona da embalagem e 3 trabalhadores a tempo inteiro. Estes fazem o horário das 8h-16h, com 30 minutos para almoço.

Existe um trabalhador na parte da qualidade a fazer o horário das 8h-17h, mas apenas a executar a aprovação do material nas primeiras 4 horas de trabalho, ou seja, a aprovação do material apenas ocorre da parte da manhã.

Numa tentativa de tornar o modelo de simulação, próximo da realidade colocou-se um tempo de aquecimento/mudança sempre que se realizasse os 7200 minutos (1 semana). Todas as máquinas (extrusoras) param no sábado às 08h, que é quando termina o turno da 00h de sexta. Estas podem não arrancar todas ao mesmo tempo, algo que não se conseguiria prever, mas não arrancam logo no início do turno de Segunda-Feira, arrancam pelo menos após aproximadamente 150 minutos.

Observando a embalagem, verificou-se que, em geral, o trabalhador tende a estabelecer as seguintes prioridades, por ordem decrescente: (i) Transporte do material já embalado para junto do armazém de produtos acabados/parqueamento; (ii) Permanência nas máquinas de embalar; (iii) Transporte do produto acabado das linhas de produção para a embalagem.

Portanto, no modelo de simulação o operador da embalagem começa por levar, se existir, material já embalado junto ao armazém de produtos acabados/parqueamento, apenas um trabalhador com o empilhador ficando os restantes nas máquinas. O trabalhador da embalagem permanece nas máquinas enquanto estas tiverem tubos para colocar filme, quando não tiverem o trabalhador vai à linha de produção buscar mais produto acabado para embalar.

Concluindo, todas as máquinas têm prioridade superior ao transporte do produto acabado para a embalagem, mas inferior ao transporte de material já embalado para o armazém de produtos acabados/parqueamento.

É de salientar que no modelo, tal como acontece na realidade, não circulam dois ou mais trabalhadores da embalagem com empilhadores.

D. TEMPOS E Nº CORRIDAS

Relativamente ao tempo de *Warm-up*, para este modelo decidiu-se considerar uma semana (7200 minutos), uma vez que quando a embalagem começa o seu turno a produção já laborou 16 horas de trabalho.

A recolha de resultados na simulação foi realizada para cinco semanas (36000 minutos), no entanto, o levantamento de resultados só acontece para quatro semanas pois durante uma semana (7200 minutos), tempo de aquecimento, não há recolha de dados.

Por último, optou-se por correr o modelo com um *trial* de 20, considerando que é o número de corridas aceitável para estabilizar os resultados.

E. RESULTADOS A RETIRAR DO SIMULADOR

Para ajudar a adotar a melhor alternativa na diminuição do tempo do produto acabado entre os setores e a zona da embalagem retiraram-se do relatório de resultados estatísticos do *SIMUL8* algumas medidas de desempenho nomeadamente, o tempo e quantidade de material à espera da aprovação da qualidade, à espera de transporte, à espera de ser “atendido” pela sua respetiva máquina e por fim a taxa de ocupação do trabalhador da embalagem. Posto isto, chegou-se aos resultados apresentados na próxima secção.

É de salvaguardar o fato de estes resultados serem apresentados com um intervalo que foi estipulado para um nível de confiança de 95%. Assim, aquando da análise destes intervalos de confiança, pode-se afirmar apenas que uma determinada variável se encontra entre os valores extremos do intervalo com 95% de confiança.

O modelo de Simulação desenvolvido está representado na Figura 5.8.

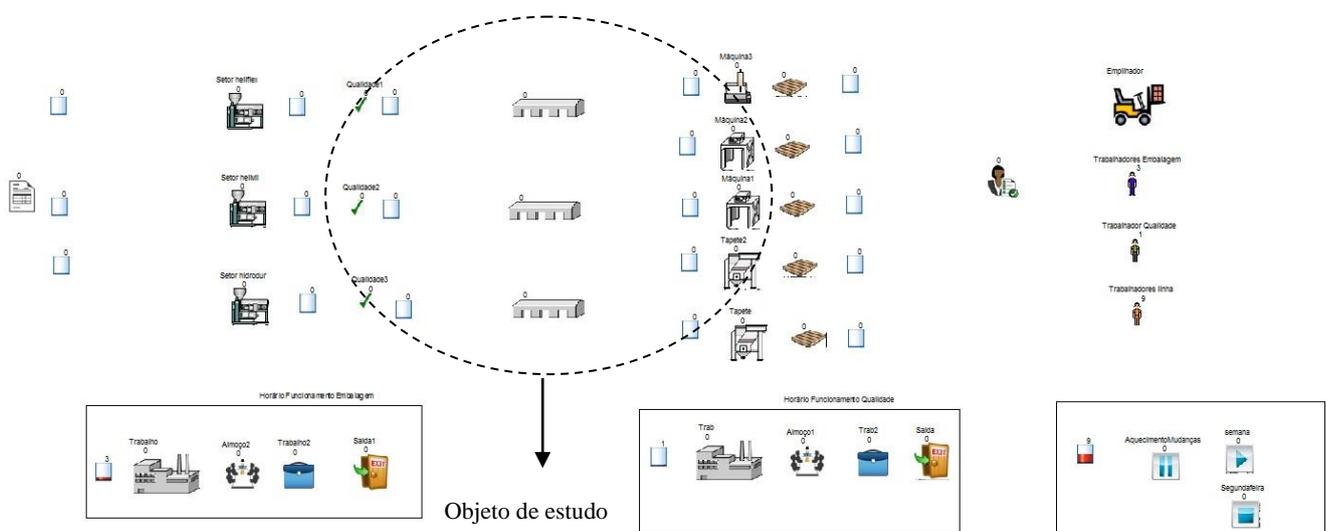


Figura 5.8. Modelo de Simulação.

5.2.2 Resultados da Simulação

Na análise de resultados foram apenas considerados os setores heliflex e helivil por serem os que representam a grande maioria das ordens de fabrico processadas.

Os postos de trabalho que foram objeto de estudo são todas as filas de espera (Figura 5.8):

- Da qualidade do Setor heliflex e helivil;
- Do Transporte do Setor heliflex e helivil;
- Das Máquinas de embalar.

5.2.2.1 Estado Atual

Tabela 5.5. Resultados obtidos para a fila de espera da Qualidade e Transporte do Setor heliflex.

Fila de espera da qualidade	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[8.71;8.89]	[19.47;19.50]
Quantidade (paletes)	[10;10]	[29;30]

Fila de espera do transporte	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[1.04;1.20]	[4.03;4.47]
Tamanho (paletes)	[1;1]	[22;24]

Tabela 5.6. Resultados obtidos para a fila de espera da Qualidade e Transporte do Setor helivil.

Fila de espera da qualidade	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[8.53;8.79]	[19.46;19.51]
Quantidade(contenedores/paletes)	[7;8]	[26;28]

Fila de espera do transporte	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[5.43;7.68]	[24.46;29.64]
Quantidade(contenedores/paletes)	[4;7]	[32;40]

Os tubos produzidos pelo setor heliflex podem ir para a máquina 1, 2 e 3, já no caso do setor helivil, estes podem ir para a máquina 1 e 2, e para o tapete 1 e 2.

Tabela 5.7. Resultados obtidos para a fila de espera das máquinas de embalar.

Fila de espera da máquina1	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[0.44;0.53]	[12.99;17.24]
Quantidade (tubos)	[4;5]	[109;130]

Fila de espera da máquina2	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[0.42;0.54]	[13.09;17.31]
Quantidade (tubos)	[4;5]	[96;123]

Fila de espera da máquina3	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[1.07;1.23]	[11.94;18.99]
Quantidade (tubos)	[3;3]	[61;70]

Fila de espera do tapete1	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[6.77;8.89]	[22.83;30.77]
Quantidade (tubos)	[103;143]	[424;561]

Fila de espera do tapete2	Valor médio	Valor máximo
Tempo (horas)	[0.63;1.20]	[11.73;16.99]
Quantidade (tubos)	[2;5]	[96;126]

É importante voltar a referir que na empresa a qualidade só aprova o material durante as primeiras quatro horas do seu horário e que só é necessário um trabalhador por máquina.

Obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 5.5,5.6 e 5.7 conclui-se que o horário de trabalho da qualidade e da embalagem influenciam bastante o tempo que o produto acabado permanece na zona das linhas de produção, assim como na zona da embalagem à espera para ser embalado.

Partindo da soma das médias, cada tubo no setor helivil apresenta um tempo médio total desde que foi produzido ao tapete 1 de 23.05 horas, ao tapete2 de 16.13 horas, à máquina 1 de 15.70 horas e à máquina 2 de 15.70 horas. Em termos de quantidade, no setor helivil junto às linhas de produção encontra-se um total de 13 contentores/paletes,

uma média de 7 contentores/paletes à espera da aprovação da qualidade e uma média de 6 contentores/paletes à espera do transporte para a embalagem.

No setor heliflex, os tempos médios totais rondam as 10.41 horas para a máquina 1, 10.40 horas para a máquina 2 e por fim 11.07 horas para a máquina 3. Já em termos de quantidade, temos um valor de 11 paletes junto às linhas de produção, uma média de 10 paletes à espera da aprovação por parte da qualidade e uma média de 1 palete à espera do transporte.

Todos estes tempos são tempos que não acrescentam valor nenhum ao produto, e só atrasam a data de entrega dos produtos finais ao cliente.

Tabela 5.8. Taxa de Ocupação do Trabalhador da Embalagem.

Taxa de Ocupação	
Trabalhador Embalagem	[96.32;97.61]

Observando agora a taxa de ocupação dos trabalhadores exposto na Tabela 5.8, relativamente ao trabalhador da embalagem, com atividades como ir buscar produto acabado às linhas, colocar filme nos tubos nas respetivas maquinas e ir colocar material já embalado junto ao armazém, este apresenta uma taxa de ocupação muito elevada entre os 96 e os 98%.

Situação atual descrita em imagens

No dia 03-06-2015 às 17h30, o turno da embalagem já tinha terminado e a seguinte situação, apresentada na Figura 5.9, 5.10 e 5.11, verificava-se no setor helivil e na Zona de Embalagem da fábrica.



Figura 5.9. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.



Figura 5.10. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.

Todas estas imagens são de produto acabado junto às linhas do setor helivil, algum à espera para ser transportado para a zona da embalagem, outro à espera de ser aprovado pela qualidade. O material das imagens tem como destino essencialmente o tapete 1, a máquina 1 e a máquina 2. Não esquecer que neste momento a embalagem já não está a trabalhar e antes de voltar a iniciar a produção vai continuar a trabalhar durante 16 horas.



Figura 5.11. Produto acabado junto à Zona de Embalagem.

5.2.2.2 Proposta de melhoria

O elevado tempo de espera a que o produto acabado está sujeito entre as linhas de produção e a embalagem deriva do fato da produção apresentar 3 turnos de trabalho e a embalagem apenas 1 turno de trabalho. Uma solução para melhorar esta situação consiste em aumentar os turnos de trabalho na zona da embalagem.

O objetivo nesta secção é testar vários cenários no sentido de chegar a resultados mais vantajosos e benéficos para a empresa. Assim foi decidido testar 4 cenários de alteração da situação atual apresentados na Figura 5.12:

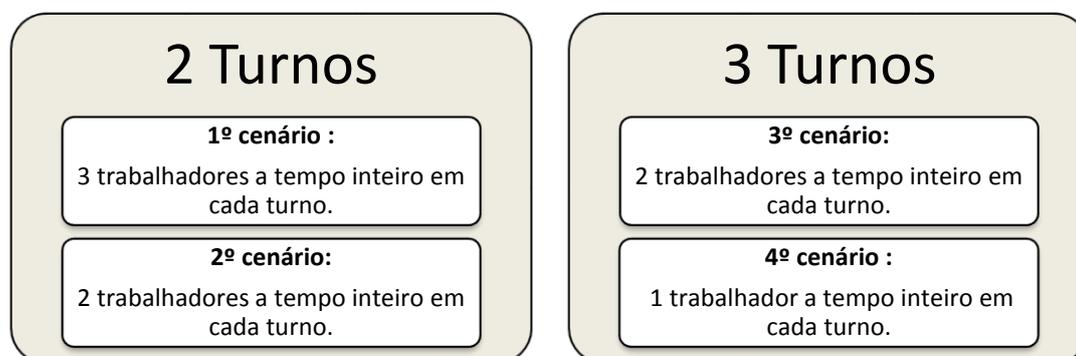


Figura 5.12. Descrição dos Cenários estudados.

Os cenários de 2 turnos foram testados apenas para o seguinte horário:

- 1º Turno: 08h-16h;
- 2º Turno: 00h-08h.

Em todos os cenários apresentados, o trabalhador da embalagem passa a apresentar as seguintes funções: (i) dar aprovação ao material para que o produto acabado possa seguir para o embalamento; (ii) realização do transporte do produto acabado para a embalagem; (iii) colocação de filme na respetiva máquina; (iv) transporte do produto final, já embalado, para o estacionamento/armazém de produto acabado.

A ideia consiste em dar formação aos trabalhadores da embalagem, para que estes possam adquirir alguma sensibilidade, conhecimento e competências do controlador da qualidade acumulando as duas funções: a aprovação do material e seu embalamento.

Os resultados da simulação de todas as hipóteses são apresentados na forma de intervalos de confiança no Anexo A.

Na Figura 5.13 são comparados todos os cenários considerando apenas o valor médio obtido em cada posto de trabalho e na Tabela 5.9 são apresentados os valores médios obtidos em cada posto de trabalho assim como a percentagem de melhoria face a situação atual.

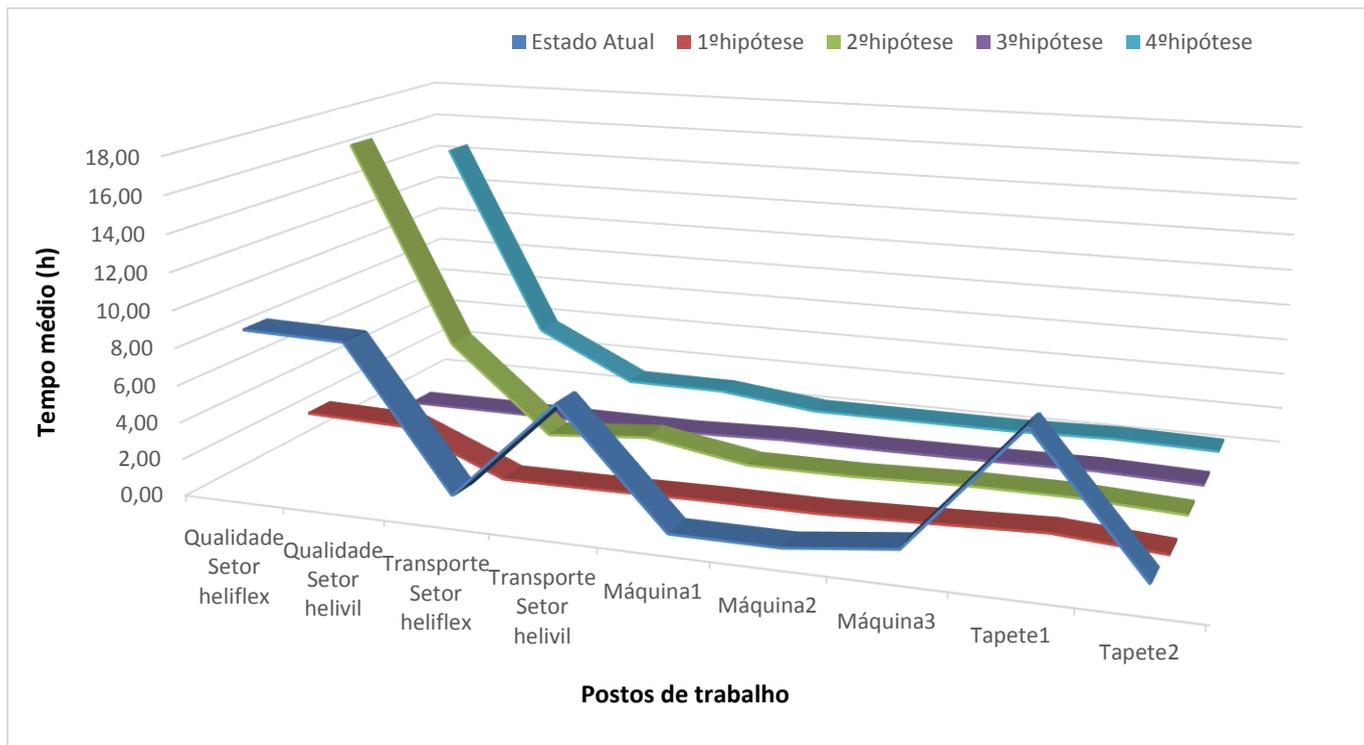


Figura 5.13. Tempo médio de espera obtido para os postos de trabalho em estudo.

Tabela 5.9. Tempos médios de espera obtidos para os diferentes postos de trabalho e a correspondente percentagem de melhoria.

Tempos (h)	Cenários								
	Estado atual	1º	%Melhoria	2º	%Melhoria	3º	%Melhoria	4º	%Melhoria
Qualidade Setor heliflex	8,80	2,67	70%	16,67	-89%	0,06	99%	14,51	-65%
Qualidade Setor helivil	8,66	2,51	71%	5,68	34%	0,06	99%	3,68	57%
Transporte Setor heliflex	1,12	0,18	84%	0,96	14%	0,02	98%	0,96	14%
Transporte Setor helivil	6,56	0,22	97%	1,42	78%	0,02	100%	0,93	86%
Máquina1	0,48	0,32	35%	0,48	1%	0,21	57%	0,27	45%
Máquina2	0,48	0,32	34%	0,49	-3%	0,21	57%	0,27	44%
Máquina3	1,15	0,50	57%	0,69	40%	0,25	78%	0,27	77%
Tapete1	7,83	0,72	91%	0,69	91%	0,33	96%	0,42	95%
Tapete2	0,91	0,31	66%	0,42	54%	0,18	81%	0,31	67%
Média			67%		25%		85%		47%

5.2.2.2.1 *Análise dos resultados*

Nos quatro cenários testados a principal diferença em relação à situação atual é que o trabalhador da embalagem é responsável por todas as tarefas desde a saída do produto do enrolador até ao transporte final do mesmo já embalado para o estacionamento/armazém de produtos acabados.

Numa tentativa de aumentar os turnos de trabalho, foi considerada que a melhor hipótese seria o de integrar a tarefa de aprovar o material nas funções do trabalhador da embalagem. Um trabalhador a executar apenas a aprovação do material em 3 turnos, apresenta uma taxa de ocupação bastante reduzida, 13 a 14%.

Nesta secção discutem-se os resultados obtidos por simulação, considerando os quatro cenários já conhecidos. A discussão é idealizada tendo em conta as seguintes medidas de desempenho:

- ❖ Tempo médio de espera;
- ❖ Taxa de ocupação do trabalhador.

Para cada um dos cenários, discute-se ainda o impacto sobre os recursos humanos necessários.

A. TEMPOS MÉDIOS DE ESPERA

Tendo em conta os valores apresentados na Tabela 5.9 e na Figura 5.13, relativamente ao tempo médio de espera verifica-se os seguintes aspetos:

- O **primeiro cenário** apresenta reduções significativas nos tempos médios de espera em todos os postos de trabalho, chegando a uma média de **67% de melhoria**.
- No **segundo cenário**, é visível uma subida do tempo médio em dois postos de trabalho (Qualidade do Setor heliflex e Máquina 2). A tarefa de aprovar o produto acabado deixa de ser efetuada por um trabalhador isolado da equipa de trabalho da embalagem e passa a ser efetuada pelo trabalhador da embalagem. Ao diminuir o número de trabalhadores, este não consegue atender a todo o trabalho de uma forma rápida, além de que o trabalhador da embalagem apenas realiza a tarefa de aprovar o produto acabado quando não é necessário nos outros postos de trabalho, chegando mesmo quase a atingir o dobro do valor num dos postos da qualidade (Setor heliflex).

Ainda assim, esta opção reduz os tempos médios de espera nos restantes postos de trabalho, levando a uma média de **25% de melhorias** face ao estado atual.

- No **terceiro cenário**, é visível tal como no 1º cenário, reduções no tempo médio de espera em todos os postos de trabalho. No entanto, para este cenário verifica-se um resultado melhor, uma média de **85% de melhorias**.
- No **quarto cenário**, uma vez diminuído o número de trabalhadores da embalagem verifica-se um aumento no tempo médio de espera num dos postos de trabalho da Qualidade (Qualidade do Setor heliflex), tal como acontecia no 3º cenário. Neste cenário obtém-se **melhorias** que rondam os **47%**.

Tendo em conta apenas os tempos médios de espera, o melhor cenário para a zona de embalagem é o 3º, com 3 turnos de trabalho e 2 trabalhadores em cada turno.

Os resultados em forma de intervalos de confiança são apresentados no anexo A onde é possível visualizar com mais pormenor, tudo o que acabou de ser referido e analisado. Através do anexo ainda é possível visualizar que no cenário 2 apesar do ligeiro aumento do tempo médio de espera na máquina 2, como se observou-se na Tabela 5.9, os tempos máximos de espera são inferiores ao da situação atual.

B. TAXA DE OCUPAÇÃO DOS TRABALHADORES

Tabela 5.10. Taxa de ocupação do trabalhador da embalagem.

%	Situação Atual	1ª hipótese	2ª hipótese	3ª hipótese	4ª hipótese
Trabalhador da Embalagem	[96.32;97.61]	[83.23;84.61]	[97.56;99.28]	[50.98;53.07]	[95.04;98.53]

Na Tabela 5.10 apresenta-se a taxa de ocupação do trabalhador da embalagem para cada cenário analisado.

Para o 1º e 3º cenário, as melhores soluções obtidas em relação aos tempos médios de espera, obtém-se as menores taxas de ocupação do trabalhador da embalagem. A situação atual, o 2º e 4º cenário apresentam taxas de ocupação do trabalhador da embalagem semelhantes e bastante elevadas.

O ideal seria ter uma percentagem de ocupação do trabalhador da embalagem entre os 80 e os 85%, entre estes valores tem-se o 1º cenário. O 3º cenário estudado é aquele que apresenta a taxa de ocupação do trabalhador mais baixa.

C. RECURSOS HUMANOS

Tabela 5.11. Recursos humanos em cada cenário estudado.

	Situação Atual	Cenários			
		1º	2º	3º	4º
Trabalhadores (por turno)	3	3	2	2	1
Total	3	6	4	6	3

A empresa apresenta atualmente na zona da embalagem, 1 turno de trabalho com 3 trabalhadores a tempo inteiro (Tabela 5.11).

Para uma solução de 2 turnos:

- ✓ O 1º cenário implica ter 3 trabalhadores a tempo inteiro em cada turno, ou seja, um total de 6 trabalhadores. Este cenário levaria à contratação de mais 3 recursos humanos por parte da empresa.
- ✓ O 2º cenário inclui a contratação de mais 1 trabalhador, nesta situação temos por turno, 2 trabalhadores o que soma um total de 4 trabalhadores na zona da embalagem.

Para uma solução de 3 turnos:

- ✓ O 3º cenário conta com 2 trabalhadores por turno, e um total de 6 trabalhadores. Este cenário levaria à contratação de mais 3 recursos humanos por parte da empresa, tal como o 1º cenário.
- ✓ O 4º cenário não necessita da contratação de mais nenhum recurso humano. Esta implica a colocação de 1 trabalhador por turno, o mesmo número de trabalhadores que se verifica atualmente na empresa.

Após análise dos resultados obtidos, pode-se referir que a melhor hipótese dependerá da empresa e do que esta considerar mais importante e benéfico, se a redução dos tempos de ciclo total e conseqüente redução nos prazos de entrega, se a taxa de ocupação dos seus trabalhadores, ou um equilíbrio entre ambos (Figura 5.14).

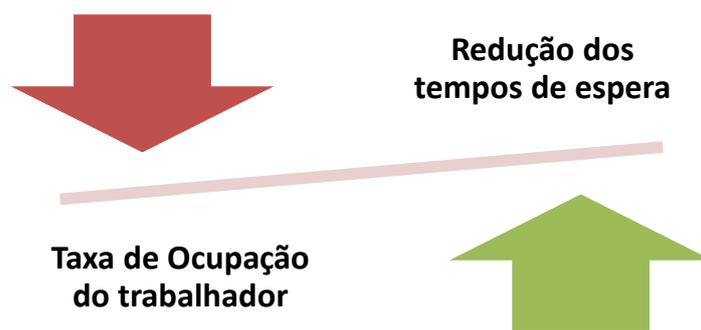


Figura 5.14. Fatores analisados.

Se a empresa optar pela redução dos tempos médios de espera, como fator principal, o melhor cenário apresentado é o 3º cenário, a empresa passaria de 1 turno para 3 turnos de trabalho na zona de embalagem, e em cada turno teria 2 trabalhadores. No entanto, se a empresa considerar o fator da taxa de ocupação dos trabalhadores, esta hipótese poderá não ser a mais indicada, pois de todos os cenários é a que apresenta a taxa de ocupação mais baixa. Estes trabalhadores vão estar ocupados a trabalhar apenas metade do seu tempo, o que significa que a empresa terá que os manter ocupados com outras tarefas no restante tempo.

O segundo melhor cenário obtido em relação aos tempos médios de espera é o 1º cenário, este oferece melhorias bastante significativas nos tempos como também apresenta uma taxa de ocupação do trabalhador bastante razoável.

As duas hipóteses referidas anteriormente requerem a contratação de mais 3 recursos humanos, no entanto é importante referir que os turnos requerem horário noturno o que implica um outro tipo de remuneração aos trabalhadores e outro tipo de custo para a empresa.

Nos restantes cenários, 2º e 4º, ambos apresentam taxas de ocupação do trabalhador da embalagem bastantes elevadas, no entanto no 4º cenário sem a necessidade de contratação de mais recursos humanos apresenta maiores reduções no tempo de espera em relação ao 2º cenário, que apresenta os valores mais baixos de redução no tempo médio de espera e implica a contratação de mais um trabalhador.

6 FOLHA DE CÁLCULO

Depois de sair da linha de produção o produto acabado é colocado num contentor, no caso de ser produzido no setor helivil, onde permanece até ser transportado para a embalagem.

Foi possível verificar, por vezes, uma falta de cuidado por parte dos trabalhadores na colocação dos rolos de tubos nos contentores, colocando quantidades superiores (Figura 6.1) ou quantidades inferiores à situação ideal.

Colocar produto acabado em demasia num contentor, pode levar a acidentes de trabalho. O empilhador ao transportar o contentor, a probabilidade de material cair no chão é maior, traduzindo-se numa perda de tempo desnecessário e diminuta segurança dos trabalhadores.



Figura 6.1. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.

Colocar menos tubos num contentor leva a um maior número de deslocações e consequentemente, perda de tempo.



Figura 6.2. Produto acabado junto às linhas de produção do Setor helivil.

Na Figura 6.2, na imagem à esquerda é visível a falta de uniformidade em contentores com o mesmo tipo de tubo, já do lado direito é apresentado um exemplo correto da colocação de rolos de tubos num contentor.

O estudo de uma das etapas do processo produtivo (da linha de produção para a embalagem) requer o conhecimento do número de rolos de tubos que pode conter um contentor. Para obter o valor pretendido foi necessário realizar uma folha de cálculo.

O tubo sai da extrusora como demonstra na Figura 6.3 e é colocada num enrolador Figura 6.4.



Figura 6.3. Tubo à saída da extrusora (esquerda) e objetivo final (direita).

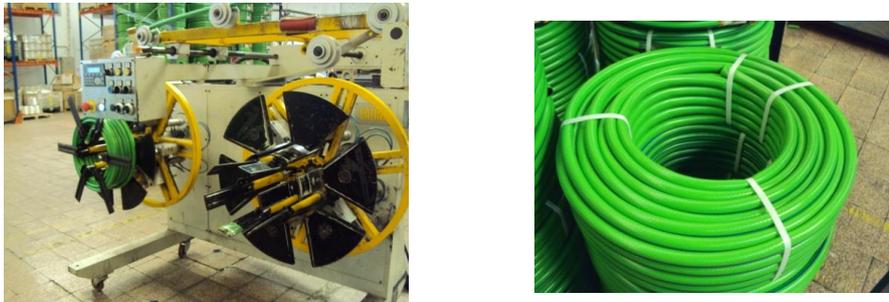


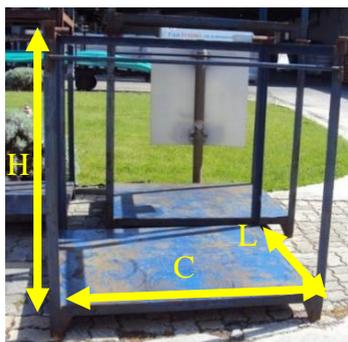
Figura 6.4. Enrolador (esquerda) e tubo enrolado (direita).

O objetivo era determinar o diâmetro (d_{final}) e altura final (h_{final}) do rolo do tubo, como demonstra a Figura 6.3 (direita).

Iniciou-se os cálculos considerando apenas o diâmetro interior do enrolador, de seguida através do número de voltas que o enrolador tem de executar descrito na ficha técnica, calculou-se os metros enrolados e os metros que faltavam enrolar.

O cálculo é sempre o mesmo, exceto que depois da primeira iteração o diâmetro a considerar é o diâmetro anterior mais duas vezes o diâmetro exterior do tubo. Quando o valor dos metros que faltam enrolar for inferior a zero, obtêm-se o valor do diâmetro final do rolo do tubo.

Tendo as dimensões do contentor, Figura 6.5, é possível determinar o valor pretendido.



H = 1.14 metros
 L = 1.10 metros
 C = 1.30 metros

Figura 6.5. Ilustração da folha de cálculo.

6.1 Solução

A solução passou então, pela elaboração de uma folha de cálculo em EXCEL, através de programação em VBA. Introduzidos os dados do tubo (diâmetro exterior e comprimento), do enrolador (diâmetro e número de voltas) e do contentor (altura, largura e comprimento) este devolve então o número de rolos de tubos que o contentor deve conter, este número por consideração e sugestão pessoal deve estar indicado na ficha técnica de cada tubo. Sempre que uma linha de produção está a produzir um determinado tubo, nessa linha estão sempre presentes 3 folhas: a folha técnica de cada tubo, a folha de controlo e a folha de trabalho. Assim o trabalhador saberá sempre quantos tubos deve colocar no contentor de forma a otimizar o espaço. A apresentação da folha de cálculo é visível na Figura 6.6.

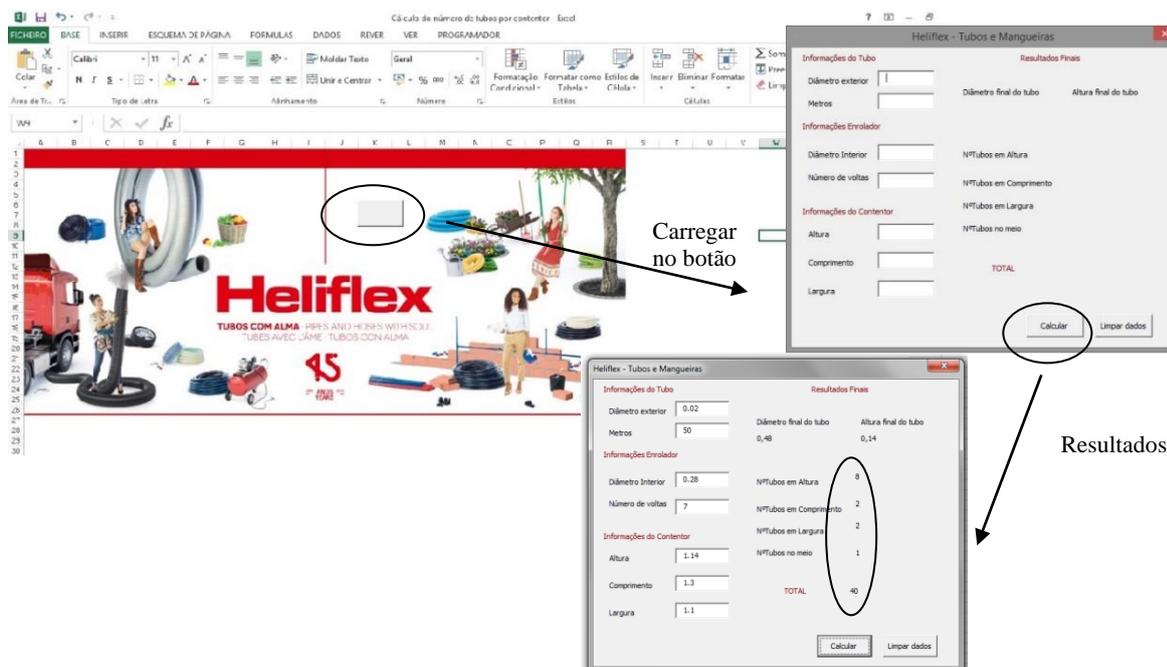


Figura 6.6. Ilustração da folha de cálculo.

7 CONCLUSÃO

A Heliflex é um exemplo da realidade de muitas empresas. A produção repetitiva tradicional está, cada vez mais, a dar lugar a um tipo de produção que incorpora as principais características dos *jobs shops*, com um elevado número de artigos diferentes, normalmente em pequenas quantidades e frequentemente de acordo com determinadas especificações do cliente.

Hoje em dia, as empresas procuram satisfazer os seus clientes, bem como atrair novos, que desejam, cada vez mais, possuir produtos “especiais”, diferentes dos de outros consumidores.

A Heliflex tem seguido um caminho positivo na procura da melhoria contínua. O estágio teve início, numa altura em que esta começou a introduzir as primeiras ferramentas *Lean* aos seus trabalhadores. É de salientar o fato da empresa ter trabalhadores com mais de 20 anos de “casa”, o que significa que são menos recetivos à mudança.

O sucesso da implementação de uma ferramenta *Lean* depende, sobretudo, das pessoas, pois implica uma forte mudança organizacional, de atitudes e de hábitos. A organização deve admitir essa mudança como benéfica e todos devem estar envolvidos e motivados para tal. É muito difícil, até mesmo impossível atingir o sucesso a partir de atitudes e posturas isoladas.

Numa empresa deste tipo, uma primeira solução a ser implementada no sentido de reduzir os desperdícios de tempo e de movimentação dos colaboradores, principalmente na zona das linhas, onde estes procuram matrizes dos mais variados diâmetros e cones, é através da mobilização e consciencialização da equipa para um espaço de trabalho normalizado, organizado e limpo. À luz do *Lean*, a ferramenta que traduz esta necessidade é o programa dos 5S, trabalho já a ser realizado por um outro estagiário.

As ferramentas do Sistema *Lean Thinking* são, sem dúvida, um auxílio na organização de empresas, coordenando melhor o fluxo de produção, gerando ações que criam valor e tornando os processos mais eficazes e rentáveis. No entanto, investigando as especificações do *Lean*, verifica-se que nem todas as suas ferramentas são facilmente aplicáveis a todas as organizações.

À medida que a filosofia *Lean* vai sendo, cada vez mais estudada e implementada em diferentes ambientes empresariais, vão aparecendo novas ferramentas inspiradas em vários sistemas de produção de diversas indústrias.

No estudo da análise da viabilidade da conciliação do sistema *Kanban* com procedimentos atuais da Heliflex conclui-se, depois de analisados os consumos anuais/mensais de todas as matérias-primas que entram no processo produtivo e de elaborar as análises ABC e caracterização da procura, que existe um elevado número de materiais que não se consegue ter perceção do que produzir (tanto a nível de quantidade como período de tempo de consumo). A única possibilidade era de aplicar um sistema *Kanban* a sete tipos de matérias-primas, cerca de 6% do total de referências existentes na zona de compostos.

Para aplicar um sistema *Kanban*, ou qualquer outro sistema que envolva cartões em circulação é necessário calcular uma dimensão, a transportar, assim como limitar um número de cartões necessários para circular entre os diferentes postos de trabalho. Como a maioria dos materiais apresenta uma variabilidade da procura em termos de dimensão elevada não se consegue obter esse valor. Na Heliflex não existe um fluxo contínuo de consumo.

Com o mesmo objetivo de procurar melhorar o fluxo do processo produtivo, reduzir o *lead time* e a WIP, elaborou-se um modelo de simulação e estudou-se o fluxo do produto acabado entre as linhas de produção e a zona de embalagem. Através da simulação chegou-se a resultados bastante positivos, no entanto a melhor hipótese dependerá dos objetivos da empresa e do que esta considerar mais importante e benéfico, se a redução a redução dos tempos de ciclo total e conseqüente redução nos prazos de entrega, se a taxa de ocupação dos seus trabalhadores, ou um equilíbrio entre ambos.

Se a empresa optar pela redução dos tempos médios de espera, como fator principal, o melhor cenário apresentado é o 3º cenário com uma média de 85% de melhorias nos tempos de espera face a situação atual, a empresa passaria de 1 turno para 3 turnos de trabalho na zona de embalagem, e em cada turno teria 2 trabalhadores. No entanto, se a empresa considerar o fator da taxa de ocupação dos trabalhadores, esta hipótese poderá não ser a mais indicada, pois de todos os cenários é a que apresenta a taxa de ocupação mais baixa (51 a 53%). Estes trabalhadores vão estar ocupados a trabalhar

apenas metade do tempo, o que significa que a empresa terá que os manter ocupados com outras tarefas no restante tempo.

O segundo melhor cenário obtido em relação aos tempos médios de espera, com uma média de 67% de melhoria face à situação atual, é o 1º cenário com 2 turnos de trabalho e 3 trabalhadores em cada turno. Este oferece melhorias bastante significativas nos tempos médios de espera como também apresenta uma taxa de ocupação do trabalhador bastante razoável (83 a 85%).

As duas hipóteses referidas anteriormente solicitam a contratação de mais 3 recursos humanos, no entanto é importante referir que os turnos requerem horário noturno o que implica um aumento dos custos do processo de embalagem.

Nos restantes cenários, 2º e 4º, que têm 2 turnos de trabalho com 2 trabalhadores a tempo inteiro em cada turno, e 3 turnos de trabalho com 1 trabalhador a tempo inteiro em cada turno, apresentam taxas de ocupação do trabalhador da embalagem bastantes elevadas (95 a 99%). No entanto, no 4º cenário sem a necessidade de contratar mais recursos humanos apresenta maiores reduções (uma média de 47% de melhorias nos tempos de espera face a situação atual) no tempo de espera em relação ao 2º cenário, que apresenta os valores mais baixos de redução (uma média de 25% de melhorias nos tempos médios de espera face a situação atual) no tempo médio de espera e implica a contratação de mais um trabalhador.

No que diz respeito à importância deste trabalho para o término do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, este foi bastante enriquecedor. Possibilitou a oportunidade de visualizar que os conceitos práticos exigem muito mais do que a simples teoria (conhecimentos dados e adquiridos ao longo da formação). Cada empresa é diferente, e é necessário adaptar tudo á realidade da mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrunhosa, A.M.T. (2012), “A Gestão do Chão de Fábrica e o Processo de Melhoria Contínua”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Bonvik, A. M., Couch, C. E., Gershwin, S. B. (1996), “Beyond Kanban: Creating and analyzing lean shop floor control policies”. Laboratory for Manufacturing and productivity, MIT, Cambridge. Acedido em Março de 2015 em: <http://web.mit.edu/manuf-sys/www/amb.msom040496.pdf>

Chinet, F.S., Filho, M.G. (2014), “Sistema POLCA: revisão, classificação e análise da literatura”. Acedido em Março de 2015 em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2014000300007&script=sci_arttext.

Citeve (2012), “Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV”, Competitividade Responsável.

Comunidade Lean Thinking (2008), “A criação de valor através da eliminação do desperdício”. Acedido em Fevereiro de 2015 em: http://www.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/Lean-thinking.

Courtois, A., Pillet, M., Chantal, M.B. (2007), “Gestão da Produção”, 5.^a Ed., Lidel, Lisboa.

Gross, J.M., McInnis, K.R. (2003), “Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process”, AMACOM.

Hofstrand D., Holz-Clause M. (2009), “What is a Feasibility Study?”. Ag Decision Maker, Iowa State University, University Extension. Acedido em Fevereiro de 2015 em: <https://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/pdf/c5-65.pdf>

Irani, S.A.(2011), “Continuous improvement: No one solution for all”. Acedido em Fevereiro de 2015 em: http://www.pmc Corp.com/Portals/5/Feb11Fab_JobShopLean.pdf.

Irani, S.A (2012), “Implementing Lean: A Different Way for the 21st Century Jobshop to Follow”, Department of Industrial and Systems Engineering, The Ohio state University, Ohio.

Junior M.L., Filho M.G. (2010), “Variations of the Kanban system: Literature review and classification”. Internation Journal.Production Economics, 125 (2), 13-21.

Mingatos, C.M. (2010), “Análise de Viabilidade e Implementação de um Sistema de Cartão KANBAN”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Monden Y. (2011), “Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time”, 4th Edition, CRC Press. Acedido em Junho de 2014 em:

https://books.google.pt/books?id=M73MBQAAQBAJ&dq=monden+toyota+production+system&lr=&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s

Moreira, N.M., Gomes, M.C., Silva, R.M. (2003), “Introdução à simulação com o SIMUL8”. Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico de Lisboa. Acedido em Abril de 2015 em:

<http://www.livrosimulacao.eng.br/download/Simul8.pdf>

Mortágua, J.P.C (2014), “Estudo de Mecanismos de Controlo da Atividade Produtiva Baseados em Cartões na Produção por Encomenda”. Tese de Mestrado em Engenharia de Sistemas, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Minho.

Ohno, T. (1997), “O Sistema Toyota de Produção”, Porto Alegre: Bookman, p. 46.

Ohno, T. (1988), “Toyota Production System: beyond large-scale production”, Productivity Press.

Pinto, J.P (2008), “Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro”, Comunidade Lean Thinking.

Pinto, J.P. (2009), “Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras”, Lidel, Porto.

Rodrigues, C.J (2009), “Introdução ao Lean Thinking: A filosofia dos vencedores – criar valor, eliminando desperdícios”, Comunidade Lean Thinking. Acedido em Março de 2015: <http://www.ccah.eu/ficheiros/informacoes/1259775890.pdf>

Spearman, M. L., Woodruff, D. L., Hopp, W. J. (1990), “CONWIP: a pull alternative to kanban”, International Journal of Production Research 28, 879 – 894.

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., Uchikawa, S. (1977), “Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system”, International Journal of Production Research, 15(6), 553-564.

Suri, R. (1998), “Quick Response Manufacturing”, Productivity Press, Portland.

Syntetos, A. A., Boylan, J. E., Croston, J. D. (2005), “On the Categorization of Demand Patterns”, Journal of the Operational Research Society, 56, p. 495-503.

The Advanted Team, Inc. (2015). “Laser Extruder Barrel Alignment”. Acedido em Junho de 2015 em: http://www.theadvancedteam.com/laser_extruder.php.

Womack, J., Jones, D.T. (1996), “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation”, Simon and Schuster, New York.

ANEXO A – RESULTADOS DO SIMULADOR

Resultados		2ºturnos				3ºturnos				
Filas de espera	Situação Atual		1ºhipótese		2ºhipótese		3ºhipótese		4ºhipótese	
	Valor médio	Valor máximo	Valor médio	Valor máximo	Valor médio	Valor máximo	Valor médio	Valor máximo	Valor médio	Valor máximo
Setor heliflex										
Qualidade	[8.71;8.89]	[19.47;19.50]	[2.61;2.72]	[7.99;8.10]	[11.13;22.22]	[29.68;45.38]	[0.05;0.06]	[0.87;0.99]	[9.01;20.01]	[25.83;41.39]
Transporte	[1.04;1.20]	[4.03;4.47]	[0.17;0.19]	[1.82;4.81]	[0.87;1.06]	[9.07;9.66]	[0.02;0.02]	[0.74;0.91]	[0.89;1.03]	[2.73;2.91]
Setor helivil										
Qualidade	[8.53;8.79]	[19.46;19.51]	[2.44;2.59]	[7.98;8.12]	[4.81;6.56]	[16.25;20.54]	[0.06;0.06]	[0.85;1.03]	[2.70;4.66]	[12.17;17.50]
Transporte	[5.43;7.68]	[24.46;29.64]	[0.21;0.24]	[1.44;3.98]	[1.12;1.72]	[9.87;10.77]	[0.02;0.02]	[0.71;0.85]	[0.84;1.01]	[2.59;2.75]
Máquinas										
Máquina1	[0.44;0.53]	[12.99;17.24]	[0.29;0.34]	[8.46;8.62]	[0.44;0.52]	[8.75;9.05]	[0.20;0.21]	[1.11;1.21]	[0.26;0.28]	[1.37;1.70]
Máquina2	[0.42;0.54]	[13.09;17.31]	[0.29;0.34]	[8.41;8.58]	[0.46;0.52]	[8.71;8.83]	[0.20;0.21]	[1.14;1.24]	[0.26;0.28]	[1.44;1.73]
Máquina3	[1.07;1.23]	[11.94;18.99]	[0.47;0.52]	[8.57;8.82]	[0.62;0.75]	[9.24;10.05]	[0.25;0.26]	[1.21;1.40]	[0.26;0.28]	[1.38;1.60]
Tapete1	[6.77;8.89]	[22.83;30.77]	[0.67;0.76]	[9.01;9.48]	[0.65;0.74]	[8.95;9.30]	[0.33;0.34]	[1.49;1.70]	[0.40;0.43]	[1.71;1.88]
Tapete2	[0.63;1.20]	[11.73;16.99]	[0.26;0.37]	[4.50;7.74]	[0.36;0.48]	[6.10;8.62]	[0.17;0.18]	[0.84;0.96]	[0.28;0.33]	[1.18;1.43]
Taxa de Ocupação (%)										
Trabalhador Embalagem	[96.32;97.61]		[83.23;84.61]		[97.56;99.28]		[50.98;53.07]		[95.04;98.53]	

ANEXO B

[APÊNDICE A]

[APÊNDICE B]