



Caetano Maria Pope Almeida de Carvalho

Licenciado em Engenharia Química e Bioquímica

**Aplicação do VSM na otimização de um
Processo de Produção de Rolhas
Aglomeradas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Professor Doutor Mário Eusébio
Coorientador: Engenheiro Mário Rocha Cunha

Presidente: Prof. Doutora Maria Madalena Alves Campos de
Sousa Dionísio Andrade

Arguente: Engenheira Ana Maria Fernandes de Matos

Vogal: Engenheiro Mário Rocha Cunha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2019

“Whenever there is a product for a customer, there is a value stream. The challenge lies in seeing it.”

Mike Rother & John Shook, *Learning to see*.

Agradecimentos

A realização deste trabalho foi facilitada pela ajuda e conselhos de diversas pessoas.

Em primeiro lugar tenho a agradecer à empresa Amorim pela parceria que tem com diferentes Universidades no país, tornando possível que jovens académicos como eu possam passar entre 6 a 12 meses numa empresa desta dimensão, desenvolvendo as suas dissertações mas também trabalhando lado a lado com profissionais, que nos ensinam e preparam para a próxima etapa da nossa vida, a entrada no mercado de trabalho.

Um agradecimento especial para o Engenheiro Mário Cunha Rocha, Diretor Industrial da Equipar em Coruche, por ter acreditado em mim, por me ter ensinado e desafiado a fazer sempre mais e melhor durante o meu estágio. Ensinou me muito no plano técnico, mas mais importante ainda, na maneira como se gerem pessoas e relações profissionais dentro de uma empresa. Será um exemplo para o resto da minha vida profissional.

Gostaria também de agradecer, ainda no âmbito do meu estágio aos meus colegas Ivo Rodrigues, David Neves e Patrícia Caneira, que como eu tinham feito uma dissertação na empresa e por isso sabiam melhor que ninguém das dificuldades existentes e da melhor maneira de me ajudar a superá-las. Por fim, uma menção especial à Ana Silva, à Isilda Gagueja, ao Micael Dinis, Nélio Pedro, Rui Leite, Cristophe Freitas e ao Carlos Feijão por facilitarem a minha adaptação aos costumes da empresa, e estarem sempre presentes para qualquer dúvida que eu tivesse.

Por fim, restam poucas palavras para descrever o incrível trabalho do Professor Mário Eusébio na ajuda constante à realização desta e outras muitas dissertações ao longo de todos os anos. A sua disponibilidade, conhecimento e paciência foram uma vez mais fundamentais para mim.

Obrigado!

Abstract

Although the process of producing agglomerated cork stoppers has been in existence for over 20 years, it is possible to see that there is still much to improve, especially thanks to the new technologies that appear in the industry.

The main problem identified in the process (common to other batch processes as well) is related to wait times. These can come in the form of breakdowns or other unexpected stops, machine disruption, poor planning, or employee inertia.

This dissertation aimed to optimize the production process of agglomerated stoppers of Coruche Industrial Unit, Equipar (belonging to Amorim & Irmãos Group).

The process begins with the transformation of crushed cork into a mixture used to create cork sticks. These are then cut into “bodies” and grinded into stoppers. These go through a washing process and are then electronically sorted and packaged.

The optimization method used was Value Stream Mapping (VSM) which is one of the most widely used tools in the philosophy of lean continuous improvement. The goal is to have a production cycle time below takt time (which represents the production time required to satisfy all orders). For this to happen, all types of *mudas* (waste in Japanese) that may exist must be disposed of.

Throughout this work it was possible to identify *mudas* in all production stages that were working below the takt time. For all of them, improvement techniques were studied and suggested so that the Factory could produce 15M corks / week, the current ambition of the Board.

After implementing the measures proposed in this Dissertation, Equipar will be able to Produce 14 M corks / week, which represents a **14,4%** increase from the previous production of 12,2 M/week.

Keywords: Production Process, Cork Stopper, Wait Time, VSM, Lean, *Muda*.

Resumo

Apesar do processo de produção de rolhas aglomeradas já existir há mais de 20 anos, é possível perceber que ainda há muito por onde melhorar, principalmente graças às novas tecnologias que surgem na indústria.

O principal problema identificado no processo (comum também a outros processos descontínuos), está relacionado com os tempos de espera. Estes podem surgir na forma de avarias ou outras paragens inesperadas, desafinação de máquinas, mau planeamento ou inércia dos funcionários.

Esta dissertação teve objetivo otimizar o processo de produção de rolhas aglomeradas da Unidade Industrial de Coruche da empresa Amorim, Equipar.

O processo em causa inicia se na transformação de cortiça triturada numa mistura utilizada para criar bastões. Estes bastões são de seguida cortados em corpos e retificados em rolhas. Estas passam por um processo de lavação para depois serem escolhidas de forma eletrónica e embaladas.

O método de otimização utilizado foi o Value Stream Mapping (VSM) que é uma das ferramentas mais utilizadas na filosofia de melhoria continua lean. O objetivo passa por ter um tempo de ciclo de produção abaixo do takt time (que representa o tempo de produção necessário para satisfazer todas as encomenda). Para que tal aconteça, é necessário que se proceda à eliminação de todos os tipos de mudas (desperdícios) que possam existir.

Ao longo deste trabalho foi possível identificar mudas em todas as etapa de produção que trabalhavam abaixo do takt time. Para todas elas foram estudadas e sugeridas técnicas de melhoria de forma a que a Fábrica da Aglomerada fosse capaz de produzir 15M rolhas/semana, ambição atual da Direção.

Após implementar as medidas propostas nesta Dissertação, a Equipar será capaz de Produzir 14 M de rolhas/semana, um aumento de **14,4%** face à produção atual de 12,2 M / semana.

Termos Chave: Processo de Produção, Rolha, Tempos de Espera, VSM, Lean, Muda

Índice

Índice de Figuras.....	IX
Índice de Tabelas.....	XI
Siglas.....	XIII
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e motivação.....	1
1.2 Caracterização da Empresa.....	2
1.3 Descrição do Processo.....	3
1.4 Descrição do Problema.....	4
1.5 Objetivos.....	5
1.6 Estrutura do Relatório.....	5
2 Revisão Bibliográfica.....	7
2.1.1 Pensamento <i>Lean</i>	7
2.2 Análise da Cadeia de Valor (VSM).....	13
2.2.1 História.....	13
2.2.2 Vantagens e Limitações.....	14
2.2.3 Implementação.....	15
2.3 Ferramentas Auxiliares.....	16
2.3.1 KPI.....	16
2.3.2 Soluções <i>lean</i>	18
2.3.3 Análise Financeira.....	20
3 Metodologia aplicada.....	21
4 Análise e Discussão de Resultados.....	23
4.1 VSM.....	23
4.1.1 Família de Produtos.....	23
4.1.2 Índices de Performance, KPI.....	26
4.1.3 Capacidades do Processo.....	26
4.1.4 Tempos de Ciclo Padrão.....	30
4.1.5 Takt Time.....	31
4.1.6 Tempos de Ciclo atuais.....	32
4.1.7 Mudanças.....	33

4.1.8 Restantes Índices	34
4.1.9 Desenho	35
4.2 VSD	37
4.2.1 Problemas Organizacionais	37
4.2.2 Processo de Embalagem	39
4.2.3 Otimização da Extrusão	40
4.2.4 Otimização dos Acabamentos Mecânicos	45
4.2.5 Otimização da Lavação	54
4.2.6 Otimização da Escolha Eletrônica	60
5 Conclusões e propostas para trabalho futuro	65
Bibliografia	67
Anexos	69

Índice de Figuras

Figura 1.1 Unidade Industrial Equipar	3
Figura 1.2 Processo Produtivo da Aglomerada	3
Figura 2.1 Muda, Mura, Muri	10
Figura 2.2 Os 8 desperdícios no pensamento <i>lean</i>	12
Figura 2.3 Alguns dos principais símbolos utilizados no VSM	16
Figura 2.4 Exemplo da relação entre os tempos de ciclo e o takt time de um processo produtivo	17
Figura 2.5 Os 5S para redução de desperdícios	19
Figura 3.1 Metodologia aplicada	21
Figura 4.1 Primeiro VSM do Processo de Produção de rolhas aglomeradas	25
Figura 4.2 Método de identificação de Mudanças utilizado neste trabalho	26
Figura 4.3 T/C vs takt time	33
Figura 4.4 Desenho do VSM	36
Figura 4.5 Quadro de Registos de Encomendas	39
Figura 4.6 <i>Takt time</i> vs T/C do Processo de Embalagem	39
Figura 4.7 T/C vs takt time	40
Figura 4.8 Processo de Extrusão	41
Figura 4.9 Registo de falhas Extrusão	42
Figura 4.10 T/C.a vs numero de defeitos em percentagem	43
Figura 4.11 Novo T/C vs Takt Time para a Extrusão	44
Figura 4.12 T/C vs <i>Takt Time</i> dos AM	45
Figura 4.13 Balde com corpos defeituosos	46
Figura 4.14 Total de encravesamentos de cada etapa dos AM	46
Figura 4.15 Corpos não conformes	47
Figura 4.16 a e b Encravesamento entrada da estrela e por problemas de sensor	48
Figura 4.17 Exemplo de um Diagrama dos Palitos	49
Figura 4.18 Gráfico das diferentes Causas de Encravesamento	49
Figura 4.19 Gráfico das diferentes Causas de Encravesamento após intervenção	50
Figura 4.20 Desenravesamento de uma máquina	51
Figura 4.21 Instalação de Luzes Andon	52
Figura 4.22 T/C vs <i>Takt Time</i> dos AM após otimização	53
Figura 4.23 T/C vs <i>Takt Time</i> da Lavação	55
Figura 4.24 Alimentação das máquinas antes (a) e depois (b)	57
Figura 4.25 Resultados da Ferramenta SMED na Lavação	58
Figura 4.26 Diagrama de Esparguete antes e depois	58
Figura 4.27 T/C vs Takt Time da Lavação após otimização	59
Figura 4.28 Tempo de ciclo vs Takt Time da Escolha Eletrónica	60
	IX

Figura 4.29	Ganhos com Redução de Numero de Defeitos	61
Figura 4.30	Alocação máquinas escolha Eletronica	62
Figura 4.31	Tempo de ciclo vs Takt Time da Escolha Eletrónica após melhoria	63
Figura 4.32	Tempos de ciclo por setor após implementação de melhorias	63

Índice de Tabelas

Tabela 4-1 Família de Produtos da Aglomerada	23
Tabela 4-2 Capacidade do Processo de Extrusão	27
Tabela 4-3 Confirmação do número de amostras necessário	27
Tabela 4-4 Capacidade de produção da Retificação	28
Tabela 4-5 Capacidade do Processo de Lavação	29
Tabela 4-6 Capacidade de Produção Escolha Eletrônica	30
Tabela 4-7 Capacidade de Produção da Embalagem	30
Tabela 4-8 Tempos de Ciclo Padrão por Setor	31
Tabela 4-9 Takt Times dos processos	31
Tabela 4-10 Tempo de Ciclo atual Extrusão	32
Tabela 4-11 Tempos de Ciclo atuais por setor	33
Tabela 4-12 KPIs e Muda	34
Tabela 4-13 Eficiência do setor	34
Tabela 4-14 Lead Time por setor	35
Tabela 4-15 C/O de cada setor	35
Tabela 4-16 Os 5 Whys	37
Tabela 4-17 Quadro de Registo de Entregas	38
Tabela 4-18 Novos KPI da Extrusão	44
Tabela 4-19 Ganhos Financeiros	44
Tabela 4-20 Tempos de desencravamento	51
Tabela 4-21 Produção após Implementação das soluções	52
Tabela 4-22 Análise financeira das soluções propostas	53
Tabela 4-23 Produção após investimento em máquinas de escolha	54
Tabela 4-24 Análise Financeira às Máquinas de Escolha	54
Tabela 4-25 Tempos de operação das máquinas da Lavação	56
Tabela 4-26 Produção E.E. atual e após melhoria	61
Tabela 4-27 Produção após acabar com a falta de rolha	61
Tabela 4-28 Produção após nova alocação de máquinas	62
Tabela 4-29 Ganhos em rolhas e financeiros	63

Siglas

TCA	Tricloroanisol
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Mapping
VSD	Valuer Stream Design
AGLO	Fábrica Aglomerados
TT	Fábrica de Trituração
EQD	Equipar Distribuições
AM	Acabamentos Mecânicos
EE	Escolha Eletrónica
JIT	Just in Time
JIC	Just in Case
WIT	Work in Progress
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SMED	Single Minute Exchange of Dies
7W	Seven Wastes
KPI	Key Performance Indicator
T/C	Tempo de Ciclo
T/Ca	Tempo de Ciclo atual
T/Cp	Tempo de Ciclo Padrão
LT	Lead Time
VA	Value Added time
NVA	Non Value Added Time
C/O	Change Overtime
MES	Measurement Effectiveness System

1 Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

A indústria Corticeira passou por mudanças profundas nos últimos 30 anos, mais precisamente no subsector rolheiro que representa cerca de 70% de todas as exportações. Com o aumento na década de 90 de casos de *bouchonné* (*bouchon* em francês significa tampa) provocados pelo TCA, composto químico responsável pelo “sabor a rolha”, o mercado de vedantes começou a virar-se para outras alternativas como os vedantes plásticos e metálicos. Este decréscimo da procura de rolhas de cortiça deu o impulso necessário para uma maior profissionalização do sector. Nos últimos anos, graças a enormes investimentos financeiros e científicos por parte dos principais intervenientes do mercado, foram desenvolvidos métodos tanto na redução como na deteção de TCA que garantem rolhas onde o composto químico não é detetável (inferior a 0,5 ppt). (“Unidade Negócios Rolhas”) Estes investimentos começam a dar frutos hoje em dia, com o mercado a crescer anualmente é estimado que cerca de 90% dos consumidores preferam vinhos com vedantes de cortiça, fazendo com que 70% das garrafas de vinho sejam vedadas com rolhas de cortiça. (“APCOR – Estatísticas”)

Portugal é atualmente o maior Produtor de cortiça com cerca de 49% da produção mundial. Desde 2010 que as exportações se mostram positivas face ao ano anterior, tendo em 2017 atingido os 986 M de euros o que representa um aumento de 5,4% face a 2016. (“ECO-Sapo”) Estes resultados são devidos em parte ao aumento da procura de rolhas de cortiça que já no primeiro trimestre de 2018 tinha crescido 18% face ao período homólogo. (“Observador”)

Acompanhar o aumento da procura é sempre um desafio, uma vez que as empresas têm de produzir em maiores quantidades sem nunca perder a qualidade a que já habituaram os seus clientes ou correm o risco de voltar a ter uma resposta negativa do mercado. A maioria das fábricas pode já ter tecnologia de ponta para a eliminação do TCA, mas as suas instalações e máquinas já são antigas em muitos casos, havendo necessidade de otimizar os seus processos. Esta otimização de processos ganha maior relevância visto que as empresas sabem que num futuro não muito distante a sua matéria prima, a cortiça, irá ser insuficiente para responder a todos os pedidos do mercado.

A metodologia de melhoria adotado nesta dissertação será então a filosofia *lean* (“magra”), usando como base para a compreensão do estado atual do processo o VSM (*Value stream*

Mapping). Esta ferramenta consiste num levantamento da cadeia de valor do processo, identificando as diferentes etapas e respetivas métricas (também conhecido por *key performance indicators*, KPI), de modo a encontrar os problemas e ajudar a definir objetivos e ações que melhorem a capacidade produtiva. Apesar de nos últimos anos terem surgido inúmeras novas aplicações para o VSM, as suas origens continuam a ser o foco na análise e melhoria de sistemas de produção descontínuo. (Rother and Shook, 1999)

Esta dissertação é motivada pela vontade de contribuir para uma indústria que se encontra ainda em transição, na procura de se melhorar e estabilizar como líder nos seus variados sectores. Contudo, os métodos e resultados aqui encontrados não se cingem apenas a este sector, podendo ser reproduzidos ou utilizados como base de outros projetos em qualquer outro sector industrial.

1.2 Caracterização da Empresa

Esta dissertação foi feita em colaboração com a unidade industrial Equipar, que pertence ao grupo Amorim & Irmãos.

O Grupo Amorim é uma multinacional de origem portuguesa fundada em 1870. Conta atualmente com 30 Unidades Industriais, 47 Empresas de Distribuição e 254 Principais Agentes espalhados por mais de 100 países. Em 2017 a corticeira amorim atingiu um valor total de vendas de 701M€, com o sector das rolhas a atingir os 477M €, consolidando-se assim mais uma vez como líder mundial, tendo uma quota de mercado que ronda os 35%.

A Equipar surgiu de uma cooperativa, localizada na zona industrial do Monte da Barca em Coruche, Santarém (Figura 1.1). Foi comprada em 2005 pelo Grupo Amorim com o objetivo de aproximar a sua produção da matéria prima, a cortiça, uma vez que 83% dos sobreiros se encontram no Alentejo. A fábrica produz cerca de 4M de rolhas diariamente sendo uma das maiores produtora do país com cerca de 10% da produção total.

A fabrica é composta por 5 secções:

- A Trituração; Segmento responsável pela formação do granulado que será distribuído não só pelas outras secções da fábrica como também por outras unidades do Grupo.
- A Aglomerada: Responsável pela produção de rolhas aglomeradas.
- A Twin Top: Dedicada ao fabrico de rolhas técnicas.
- A EQD: Onde é feita a marcação, tratamento e embalagem da maior parte das rolhas da Aglomerada.
- O Armazém de Expedição: Responsável pelo armazenamento das rolhas até a sua expedição ou exportação.



Figura 1.1 Unidade Industrial Equipar

1.3 Descrição do Processo

Este estudo irá ser realizado a fábrica de Aglomerados onde um processo em descontinuo transforma granulado proveniente de cortiça em rolhas aglomeradas (Figura 1.2).

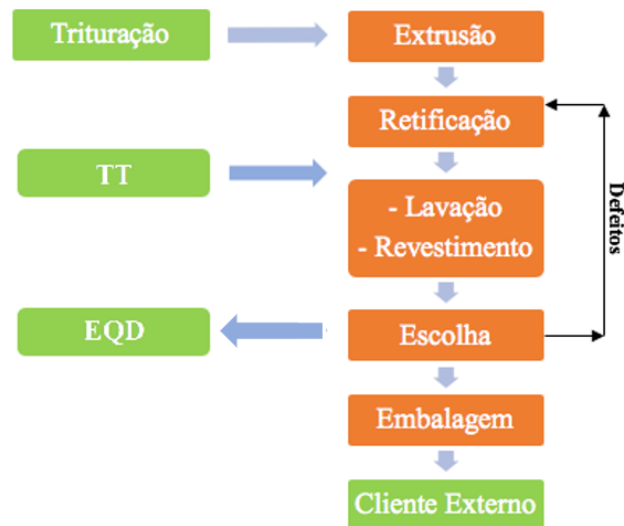


Figura 1.2 Processo Produtivo da Aglomerada

Trituração: O processo de trituração transforma toda cortiça que não pôde ser aproveitada para rolhas naturais em diferentes granulados. Realiza-se fora da Aglomerada e funciona como um fornecedor interno da mesma.

Extrusão: É a primeira etapa do processo que se encontra dentro da Aglomerada. Num primeiro momento é feita uma mistura do granulado com látex, parafina e cola que irá depois ser alimentada às extrusoras. A mistura é então aquecida ao passar por uns moldes cilíndricos formando então bastões com os diâmetros pretendidos. Estes bastões são por fim cortados de forma continua pelas laminas das extrusoras dando origens aos corpos de calibre desejados (rolhas pré retificadas).

Retificação: É o processo mecânico composto por 3 tipos de máquinas (Ponçadeiras, Topejadeira e Chanfadeira) onde os corpos provenientes da extrusão são transformados em rolhas.

Lavação/Revestimento: As rolhas saem da retificação agrupadas por calibre e são de seguida alimentadas às máquinas de lavação onde através de diferentes misturas químicas serão lavadas (ou revestidas) ganhando finalmente a cor que se deseja alcançar (desde um castanho natural a azul ou bordeaux no caso das revestidas).

Escolha: É a última etapa do processo natural de produção onde todas as rolhas são analisadas seja de maneira eletrónica (com o auxílio de máquinas) seja de forma manual por funcionários altamente qualificados. Todas as rolhas que chumbem no teste de qualidade são reagrupadas por calibre podendo na maioria dos casos ser reenviadas de volta para a etapa de retificação de forma a serem rebaixadas em outros calibres.

Embalagem: Cerca de 20 % das rolhas que passarem nos testes de escolha são enviadas para esta etapa para serem embaladas e enviadas para o cliente final.

EQD: As restantes rolhas da aglomerada são “vendidas” ao pavilhão da EQD de forma a serem marcadas e/ou tratadas a pedido dos clientes e por fim embaladas.

1.4 Descrição do Problema

Apesar do processo de produção da Equipar já ter dado provas de eficácia, uma vez que existe há mais de 20 anos, ainda há muito a melhorar. Foram identificadas várias oportunidades de melhoria, após analisar o processo, não só a nível mecânico como na fluidez de inventário, de informação e de planificação.

O principal problema visível neste e noutros processos descontínuos, está relacionado com os tempos de espera. Estes podem surgir na forma de avarias e outras paragens inesperadas, desafinação de máquinas, mau planeamento ou inércia dos funcionários. Quando uma das etapas do processo está exposta a demasiados tempos de espera, ela passa a trabalhar abaixo da capacidade prevista, é possível que se forme então um estrangulamento do processo nessa etapa impedindo desta forma que exista fluidez de produção. Na Equipar todos os processos apresentam

elevados tempos de espera e paragem que levam a um défice de produção quando se compara com os números de produção previstos.

1.5 Objetivos

Para dar conta do aumento da procura do mercado, a Equipar definiu metas de produção elevadas, que apenas podem ser alcançadas com fluidez de processo apoiado por um planeamento rigoroso. Como tal os objetivos desta dissertação foram definidos de forma a enquadrar se nos parâmetros da empresa.

O principal objetivo desta dissertação é de aumentar a produção de rolhas aglomeradas. Tendo a Equipar um objetivo também definido, torna se então foco deste trabalho fazer os possíveis para que o mesmo seja alcançado:

- Aumentar a produção semanal (à data de 12,2M de rolhas) de forma a alcançar a produção de 15,3M de rolhas aglomeradas por semana.

Para que esta produção seja sustentável será necessário:

- Todas as etapas do processo produzirem abaixo do *takt time* (Tempo de ciclo necessário para que a produção seja capaz de satisfazer todas as encomendas).
- Eliminar o maior número de *Mudas* (conceito de desperdício em Japonês, que irá ser abordado no próximo capítulo) possível, de forma a reduzir os tempos de ciclo.
- Encontrar soluções económicas de resolver os problemas de forma a que os investimentos propostos sejam o mais reduzidos possível.
- Desenvolver um VSD (*value stream design*) que ajude a compreender quais as ações que terão de ser tomadas para alcançar as melhorias desejadas.

1.6 Estrutura do Relatório

Capítulo 1

Foram explicadas neste primeiro capítulo as razões que levaram ao desenvolvimento desta dissertação, estabelecendo as bases necessárias para uma melhor compreensão do tema.

Capítulo 2

O capítulo seguinte começará com a definição do que é um VSM/VSD, as suas origens e diferentes aplicações. Depois irão ser abordadas as diferentes metodologias de otimização de processos, as suas vantagens e desvantagens em relação ao VSM. Por fim, as diferentes ferramentas que podem ou devem ser utilizadas em conjunto com o VSM irão ser expostas, explicando o porque e a sua importância neste tema em concreto.

Capítulo 3

O terceiro Capítulo vai servir como um guião da metodologia aplicada na dissertação, explicando ao pormenor quais os diferentes métodos utilizados para responder aos diferentes problemas que foram aparecendo. Todas as ferramentas utilizadas irão ser apresentadas pela sua ordem de utilização tornando assim possível, após a leitura deste capítulo, replicar e melhorar este modelo de otimização nesta ou noutra indústria.

Capítulo 4

É onde se apresentam e discutem todos os resultados obtidos na dissertação. O sucesso desta dissertação em resolver os seus problemas irá ser definido pelos valores apresentados neste capítulo.

Capítulo 5

É o último deste trabalho, irá conter um resumo das conclusões estabelecidas, desde problemas resolvidos e objetivos atingidos a possíveis problemas que possam ter surgido no final da dissertação. Irá terminar com propostas de trabalho futuro, que poderão ser abordadas noutro trabalho.

2 Revisão Bibliográfica

2.1.1 Pensamento *Lean*

Apesar da maioria dos autores citarem James Womack e Daniel Jones como os primeiros a escreverem sobre o conceito do pensamento *lean*, a palavra *lean* surge pela primeira vez na literatura no ano de 1988 num artigo intitulado *Triumph of the lean production system* de John Krafcik (Krafcik, 1988). Neste artigo Krafcik faz um excelente trabalho ao desmistificar o que na altura parecia uma ideia generalizada, “as fabricas Japonesas têm melhor produtividade que as Americanas e Europeias por razões culturais ligadas ao Japão”. Ele baseia o seu estudo na comparação de dois sistemas de produção, desenvolvidos por empresas automóveis, Ford e Toyota. Ao sistema da Ford, adotado pela maioria das empresas, foi dado o termo de *buffered*, enquanto o TPS (Toyota Production System) foi apelidado de *lean*. A maior parte dos produtores Ocidentais no pós-guerra partilhavam a ideia de que a melhor maneira de combater qualquer imprevisto era o de criar um buffer (“amortecedor”) para manter a fabrica a trabalhar mesmo quando surgissem imprevisto (fossem eles defeitos de produção, aumentos de procura, etc.). Enquanto aqueles que pensavam *lean* (“magro”) como na Toyota, procuravam eliminar todo o tipo de desperdícios, mantendo os inventários a níveis mínimos, como forma de melhorar a qualidade dos seus produtos. A grande diferença dos dois como se pode verificar está nas suas filosofias de produção, com o primeiro assente no pensamento JIC (Just in Case (“apenas para prevenir”)) e o segundo em Just in Time (“apenas no momento/ apenas quando necessário”)” (Krafcik, 1988).

Seguiu-se em 1992 o *The Machine that changed the World* de James Womack e Daniel Jones (Womack, Jones and Roos, 1992), que apercebendo-se também da discrepância entre os métodos de produção japoneses face aos do resto do mundo decidiram fazer uma análise global sobre a indústria automóvel da década de 80. Os resultados foram de tal forma inequívocos sobre a superioridade do TPS que Womack e Jones não perderam tempo e 5 anos mais tarde lançaram o reconhecido *Lean Thinking* (Womack and Jones, 1997). Neste livro extenso e detalhado, os autores analisaram a metodologia vencedora da Toyota explicando as vantagens das inúmeras ferramentas por eles utilizadas. Segundo eles, esta filosofia ajuda as empresas a “identificar o valor do produto, mapear os processos que acrescentam valor, ter uma produção sem interrupções sempre que requisitado e aumentar as suas eficiências de forma contínua”. Esta citação remete então para os 5 Princípios do pensamento *lean*; Valor, Cadeia de Valor, Fluxo Contínuo, Produção Pull (“puxada”) e Perfeição.

A estes 5 princípios originais o Dr. Professor João Paulo Pinto, fundador da comunidade *Lean Thinking*, acrescenta mais dois, conhecer quem servimos e inovar sempre, num dos seus 3 livros sobre o tema, *Pensamento lean, a filosofia das organizações vencedoras* (Pinto, 2009).

A sequência dos agora 7 princípios do pensamento *lean* não é arbitrária pois a melhor maneira de por em prática esta metodologia é de executar os princípios na ordem apropriada. Os princípios são então:

1. **Conhecer quem servimos:** “Conhecer com detalhe todos os stakeholders do negócio”. Este princípio é importante para o autor, apesar da satisfação do cliente final ser sempre a maior preocupação de qualquer empresa, a satisfação dos seus colaboradores tem de ser tomada em conta. Temos o exemplo de questões ambientais, certas empresas prejudicam o meio ambiente apenas para baixar o preço de produção (e venda) dos seus produtos, mas será que esta estratégia será a melhor, até do ponto de vista dos seus clientes?
2. **Definir o(s) valor(es):** A abordagem a este princípio por parte do autor é interessante uma vez que a ideia original seria de apenas procurar o que traz valor ao produto de modo a beneficiar o cliente. Hoje em dia as organizações têm consciência de que é necessário agradar a todos os seus stakeholders para garantirem um modelo de negócios estável, assim sendo, processos ou etapas que antigamente poderiam ser considerados como desperdício obrigatório hoje em dia podem ser transformados em valor acrescentado (como a criação de recursos humanos ou de formações de higiene e segurança no trabalho). No exemplo dado pelo autor do investimento em recursos humanos, apesar de não trazer diretamente valor acrescentado ao cliente, melhora as condições de trabalho dos seus funcionários(Pinto, 2009).
3. **Definir a cadeia de valor:** A cadeia de valor é o conjunto de processos que acrescenta valor ao processo, para a implementação do pensamento *lean*, este ponto é muito importante pois uma vez identificada, começam a observar-se as suas potenciais melhorias. Este princípio é fundamental nesta dissertação pelo que terá um subcapítulo próprio.
4. **Fluxo Contínuo:** Aqui o fluxo em questão não é apenas o de materiais, mas também o de pessoas, informação e capital. Para o bom funcionamento de uma organização estes

fluxos devem estar bem sincronizados e definidos, devem ocorrer sem interrupções nem obstáculos. Temos o exemplo do fluxo de informação, quando uma empresa se torna muito burocrática, os entraves há comunicação são ocorrentes, o que pode causar uma perda de tempo útil de um funcionário que por sua vez pode levar à paragem de outros fluxos.

5. **Produção Pull:** Quando possível e vantajoso, este sistema deve ser implementado. O sistema *Pull* (“puxar”) está em oposição ao sistema *Push* (“empurrar”). Os engenheiros da Toyota perceberam que não fazia sentido produzir o máximo possível desde o processo inicial, se isso fosse levar a que o inventário se acumulasse num processo seguinte que fosse mais lento (sistema *Push*). O sistema *Pull* em oposição produz do fim para o início, isto é, através da ajuda do método *kanban* (método aprofundado mais à frente), um pedido do cliente transmite um sinal ao último processo de produção que por sua vez faz passar a mensagem (*kanban*) ao processo anterior até chegar ao primeiro processo que inicia então a produção. Evita-se desta forma que se produza qualquer tipo de produto que não fosse necessário, reduzindo stocks e WIP (Work In Progress) (“produto inacabado”) que são considerados com desperdícios.
6. **Perfeição:** A filosofia *lean* tem de ser vista de forma circular, isto é, após melhorar um processo, não descansar e recomeçar tudo outra vez. A busca pela perfeição não se trata de um desejo egocêntrico, mas sim de uma certeza de que é possível melhorar todos os dias. Um bom exemplo da busca pela perfeição são as paragens na fórmula 1 que em 1950 duravam cerca de 1 minuto e anos depois através de melhoria continua dura cerca de 2 segundos.
7. **Inovar constantemente:** Com o mercado mais competitivo do que nunca, nenhuma empresa se pode dar ao luxo de achar que já tem o produto ideal. A inovação é apesar de poder ter custos a nível de pesquisa acaba quase sempre por ser recompensada no futuro porque o principal objetivo de qualquer empresa é o de ter um produto que se destaque dos restantes. A Corticeira Amorim por exemplo é um excelente exemplo de que a inovação traz frutos uma vez que a sua tecnologia de deteção de TCA lhe permite ter rolhas muito melhores do que a concorrência tornando-se assim na maior empresa de cortiça no mundo.

O principal objetivo de uma organização que adote o pensamento *lean* será então de maximizar o valor do seu produto de modo a servir os seus clientes e para isso terá de identificar e eliminar os

desperdícios associados aos seus processos. Para que tal seja possível, foram desenvolvidas ferramentas que ajudam a encontrar os desperdícios, como os 3 MU e os 7W (7 wastes, “desperdícios”).

Os 3 MU, representados na Figura 2.1, são 3 palavras de origem Japonesa que englobam os tipos de erros mais recorrentes na produção:

MUDA: É a palavra mais recorrente no *lean thinking* para se falar do desperdício. Existem dois tipos de *muda*, aquele que não acrescenta valor, mas que parece ser necessário para o processo e aquele que simplesmente não acrescenta nenhum valor do ponto de vista do cliente ou dos restantes interessados. Excesso de *muda* leva a percas de tempo de produção afetando diretamente a capacidade de produção.

MURA: Significa variação. Acontece quando existe falta ou falha de planeamento. Resulta numa produção desequilibrada (produzir um produto em maior quantidade que outro).

MURI: Quer dizer exagero. O desperdício *muri* ocorre quando se produz em excesso sem que os pedidos dos clientes o justifiquem, como as fabricas que adotam o sistema JIC. Produzir em demasia vai levar como já se sabe à acumulação de inventário que mais cedo ou mais tarde irá resultar no estrangulamento de um processo.

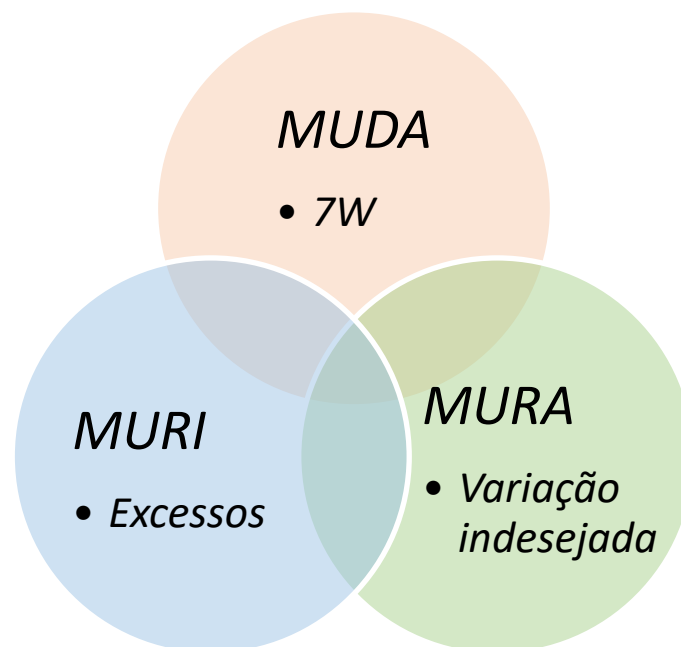


Figura 2.1 Muda, Mura, Muri

Taichi Ohno, um dos principais engenheiros responsáveis pelo TPS, foi mais longe, ele percebeu que os *muda* eram dos 3 o tipo mais recorrente e aquele que necessitava mais atenção(Ohno,

1982). De maneira que ele classificou os 7W (neste trabalho serão considerados 8) que todas as organizações têm de eliminar de maneira a alcançar a perfeição. Em inglês resulta no acrônimo DOWNTIME (tempo parado) (Sugimori *et al.*, 1977).

- 1. Defeitos (*Defects*):** Quando um produto é não conforme é chamado de defeito. Uma das formas de analisar a eficiência de um processo é através do número de defeitos. Este desperdício não vai apenas se refletir no gasto de materiais uma vez que a maioria das fábricas procura corrigir os seus defeitos de forma a não se tornarem num total desperdício. Com isto os defeitos são responsáveis pela ocupação de espaço de armazenamento, máquinas e trabalhadores que estariam planeados para produtos conformes.
- 2. Excesso de produção (*Overproduction*):** Já foi analisado como sendo um dos principais problemas da filosofia JIC. Para eliminar este *muri* as fabricas terão de passar a produzir em JIT.
- 3. Espera (*Wait*):** Se está planeado que um turno dure 8 horas com 30 minutos de pausa para refeição, espera-se que os processos de produção estejam operacionais durante 7h30. Todos os tempos de paragem, sejam eles por avarias, mudanças de materiais, pausas de funcionários ou esperas de aprovações, vão ter um impacto negativo na produção sendo então considerado um desperdício que necessita de ser reduzido ao máximo.
- 4. Ignorar o potencial talento dos trabalhadores (*Not utilizing talent*):** Este desperdício é hoje em dia considerado como o oitavo por não constar na lista dos sete originais, mas tem tanta importância como os outros. Uma das razões para o excelente funcionamento do TPS era a sua organização a nível de responsabilidades de trabalho. Os funcionários eram divididos em equipas autossuficientes que apenas respondiam a si mesmas. Todas as manhãs eram agendadas reuniões *Kaizen* (Significa melhoria contínua) onde cada funcionário era encorajado a propor soluções para os diversos problemas que fossem identificados. Para além disto aos trabalhadores não lhes era pedido para fazer apenas um trabalho repetitivo e monótono, mas era lhes ensinado a trabalhar em vários processos para os estimular e em caso de ausência de um haveria sempre outro capaz de o substituir. (Weigel, 2000)

5. **Transporte (*transportation*):** Refere-se às movimentações de matéria prima e de produtos dentro da fábrica. Distâncias demasiado compridas, ocupação de espaços desnecessários são alguns dos problemas relacionados com este desperdício.
6. **Inventário (*Inventory*):** Também conhecido como *stocks*, pode ser considerado como o pior dos desperdícios. A existência de excesso de inventário costuma ser sinal de mau funcionamento de um ou mais processos. As causas mais recorrentes costumam ser elevados *set up times*, erros de planeamento ou de fornecimento de matéria prima por parte dos fornecedores, tempos de ciclo desajustados e excesso de produção e/ou de defeitos (como podemos ver normalmente a existência de um desperdício leva ao aparecimento de outros).
7. **Trabalho desnecessário (*motion*):** Engloba todos os movimentos, reuniões, emails, pausas que não acrescentam valor ao processo. Este desperdício está muitas vezes ligado ao fator humano (desmotivação, falta de concentração, execução de um trabalho para o qual não se tem competências).
8. **Processos em excesso (*excess process*):** Todas as operações de processo que estão a mais. É comum ocorrer em fábricas que produzam defeitos em demasia e necessitem neste caso de reprocessar os seus defeitos. A nível administrativo ocorre por exemplo quando são necessárias múltiplas assinaturas ou quando os mesmos dados têm de ser introduzidos mais do que uma vez.



Figura 2.2 Os 8 desperdícios no pensamento *lean*

2.2 Análise da Cadeia de Valor (VSM)

2.2.1 História

Ficou patente que a filosofia *lean* dá grande importância à eliminação de todas as formas de Muda presentes nos processos de forma a reduzir os seus tempos de produção. A melhor forma de encontrar os desperdícios passa num primeiro momento por identificar todas as atividades que acrescentem valor ao produto, podendo depois perceber que tudo o resto serão *mudas*. A cadeia de valor pode então ser definida como o conjunto “de atividades necessárias para desenvolver, encomendar e providenciar um produto específico, da ideia à produção, da encomenda à entrega, da matéria prima às mãos do cliente”(Womack, & Jones, 1997). Conclui-se então que existem 3 tipos de atividades na cadeia de valor (Lasa, 2008):

1. Atividades que acrescentam valor
2. *Mudas* tipo 1: Atividades que apesar de não acrescentarem valor são necessárias dentro do contexto atual da empresa (alimentação manual de sistemas em descontinuo)
3. *Mudas* tipo 2: Atividades que não acrescentam valor e que não são necessárias ao processo produtivo (reprocessamentos).

O VSM é considerado a melhor ferramenta para analisar a cadeia de valor de qualquer instituição do ponto de vista *lean*. Mike Rother e John Shook escreveram o *Learning to see*, o primeiro manual para a implementação do VSM (Rother and Shook, 1999).

“Descobrimos algo de incrível. Enquanto muitos de nós andávamos a perder horas a tentar perceber a razão para o *lean thinking* ser mais difícil de implementar do que era suposto, a ferramenta vital, no entanto simples, que nos pode ajudar a fazer um verdadeiro avanço esteve debaixo dos nossos olhos este tempo todo.” Foi desta maneira que os autores iniciaram a sua introdução ao falar do VSM. (Rother and Shook, 1999)

O *Value Stream Mapping* era conhecido na Toyota como “*Material and Information Flow Mapping*”, era uma ferramenta utilizada por equipas experientes e com formação no assunto para desenvolver planos de ação. A ideia de Rother e Shook foi utilizar o VSM como uma ferramenta de aprendizagem ao conceito *lean*, aconselhando depois ao uso de ferramentas auxiliares.

2.2.2 Vantagens e Limitações

O VSM foi imaginado com o intuito de ser compreensível para todos. Os seus conceitos e métodos de aplicação foram desenvolvidos de forma a serem simples e universais.

Os resultados provenientes de observações do processo e entrevistas à equipa escolhida para implementar o VSM no artigo, *An evaluation of the value stream mapping tool*, serviram para o autor Serrano classificar o VSM como uma ferramenta de “excelência”. As principais qualidades da ferramenta descritas pela equipa foram, “as vantagens ganhas por identificar de forma clara todos os desperdícios, a utilização de linguagem standard e a facilidade de integração de outras técnicas *lean* no VSM”.(Serrano et al, 2008)

Os processos em descontinuo, como é o caso da produção de rolhas aglomeradas estudado nesta dissertação costumam ter tempos de espera elevados entre etapas, o que é facilmente identificado pelo uso do VSM.

Como qualquer ferramenta de melhoria, também existem limitações para a sua utilização. No caso de processos em continuo não fará tanto sentido o uso do VSM uma vez que os desperdícios ligados aos tempos de espera não costumam ser tão significativos. Serrano também concluí que a implementação de qualquer método *lean* apenas resulta se a Direção (da empresa) estiver altamente envolvida e comprometida, uma vez que será necessário tomar decisões de planeamento ou até mesmo de investimento se quiser realmente melhorar o seu processo. Por fim, para tirar o maior proveito da implementação do VSM, é necessário que todos os envolvidos se interessem e tenham formação sobre a base do pensamento *lean* bem como a melhor maneira de utilizar as suas ferramentas (Serrano et al, 2008).

2.2.3 Implementação

A implementação do VSM pode ser descrita em 5 fases (Rother and Shook, 1999). Elas são as seguintes:

1. Selecionar o produto ou família de produtos que se tenciona otimizar.
2. Desenvolver o mapa da cadeia de valor atual (VSM).
3. Identificar os *mudas* e definir os objetivos a alcançar.
4. Propor um mapa do futuro que contemple as soluções de otimização (VSD).
5. Alcançar as melhorias que foram propostas.

1. O VSM baseia-se na necessidade de compreender todas as etapas do processo. É necessário realizar diversas *gemba walks* (*gemba* em japonês chão de fábrica pelo que *gemba walk* significa andar pelo chão de fábrica).

O segundo passo é ter sempre consigo um lápis e papel para começar a desenvolver o VSM. É aconselhado começar de trás para a frente, isto é, do cliente até ao fornecedor, registando todas as etapas que se encontrem pelo caminho tomando nota de toda a informação que se considere relevante (número de turnos, operadores, máquinas).

De seguida realiza-se uma análise ABC de maneira a escolher o produto ou família de produtos que se tenciona estudar (consoante as etapas a que são sujeitos).

Uma vez identificados procede-se então a um levantamento rigoroso dos tempos de ciclo, tempos de espera, tempos de operação, *lead time*, *set up time*, *takt time* e OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), métricas explicadas mais à frente.

2. Com este conjunto de informações realiza-se então o VSM. Os símbolos utilizados no VSM são iguais em todo o lado facilitando a compreensão de quem quiser analisá-lo (ver figura 2-2). Com o VSM completo, torna-se simples perceber quais os problemas associados ao processo. Os tempos de ciclo inferiores ao *takt time* significam que o processo ou etapa não está a ser capaz de produzir ao ritmo imposto pelo numero de encomendas, *set up times* elevados e eficiências baixas (inferior a 85%)(Gibbons and Burgess, 2010) mostram possibilidades de melhoria. Para além dos problemas relacionados com as máquinas, outros *mudas* tornam-se visíveis no VSM, é o caso de desperdícios relacionados com o fluxo de materiais entre etapas ou com um fluxo de informação deficiente, muitas vezes proveniente de problemas estruturais da empresa, que em ambos os casos vão aumentar o *lead time* (tempo de espera) contribuindo para a ineficiência global do processo.

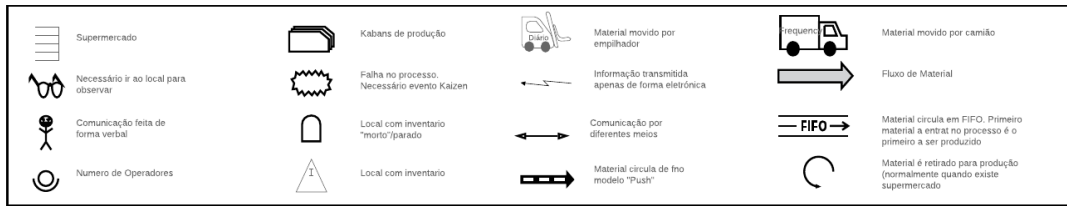


Figura 2.3 Alguns dos principais símbolos utilizados no VSM

3. Uma vez analisados estes desperdícios, cabe à equipa que estiver encarregue do VSM traçar objetivos que estejam de acordo com a política da empresa (se uma empresa não estiver disponível para investir em novos equipamentos, os objetivos não deverão depender da compra de novos equipamentos).

4. O VSD é então traçado de maneira a contemplar todos as melhorias desejadas. É importante compreender em que momentos o processo pode/deve passar a funcionar no sistema *pull*, onde faz sentido implementar um supermercado e quais as etapas do processo que necessitam uma intervenção mais urgente (redução de *changeover time*, *machine uptime*).

5. Por fim vem a parte de execução onde, com o auxílio de ferramentas *lean* como o 5S, o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), sistema *Kanban* e Técnicas JIT, se tenta eliminar o maior número de *mudas* de forma a otimizar o processo segundo os objetivos traçados.

2.3 Ferramentas Auxiliares

2.3.1 KPI

As soluções *lean* só podem ser aplicadas após traduzir o estado atual do processo em dados. A esse conjunto de métricas é dado o nome de KPI (“indicadores de performance chave” em inglês). Os KPI mais relevantes e utilizados nesta dissertação foram os seguintes:

- **Tempo de Ciclo (T/C):** É o tempo que leva a produzir dois produtos sucessivos. Numa linha de produção, o seu T/C vai ser o mesmo do processo que demore mais tempo a produzir. Nesta dissertação os T/C foram calculados em segundos por 1000 rolhas (milheiro).

- **Tempo de Ciclo padrão (T/Cp):** corresponde ao tempo que uma máquina ou processo leva a produzir 2 produtos sucessivos sem qualquer interrupção. É proporcional ao valor de máxima capacidade.(Seshan, 2010)
- **Tempo de Ciclo atual (T/Ca):** é o tempo de ciclo do processo medido no intervalo de tempo desejado. Tem então em conta todas as variáveis do OEE. (Seshan, 2010)
- **Mudas** corresponde à diferença entre o T/Ca e o T/Cp. Pode ser considerado como todo o tempo de produção “perdido” devido aos diferentes desperdícios do processo.
- **Takt Time:** Vem do germânico *taktzeit* (em que *takt* significa ritmo e *zeit* tempo). Refere-se então na linguagem *lean* ao ritmo de produção necessário para satisfazer todas as encomendas dos clientes. É calculado como o tempo de ciclo ao qual o processo precisa de produzir para satisfazer todos os pedidos:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Número de encomendas}} \quad (1)$$

Percebe-se então que um processo diz se *lean* quando o seu tempo de ciclo atual se aproxima do seu tempo de ciclo padrão e abaixo do *takt time*.

Na Figura 2.4 vemos um exemplo de um processo *lean*. Pode constatar-se que existe muito pouco *muda* e que o tempo de ciclo atual se encontra abaixo da linha do *takt time* mostrando que está a produzir dentro do ritmo imposto para obedecer a todas as encomendas.

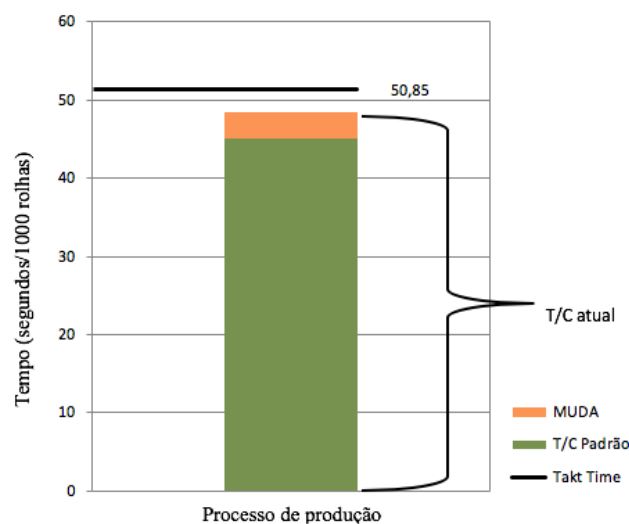


Figura 2.4 Exemplo da relação entre os tempos de ciclo e o takt time de um processo produtivo

As eficiências são também KPIs importantes. Existem várias maneiras de calcular diferentes eficiências, como:

- **Eficiência** produtiva (E): Consiste em calcular a taxa entre a produção máxima de um processo (T/C padrão) e a produção real T/C atual:

$$E = \frac{\text{Tempo de Ciclo padrão}}{\text{Tempo de Ciclo atual}} \quad (2)$$

- **Eficiência global (OEE):** O OEE é o principal indicador na medição de produtividade e eficiência de um processo Industrial. O OEE serve para identificar o potencial de melhoria de cada máquina e processo. Os seus objetivos são; aumentar a produção, reduzir custos e aumentar a esperança de vida das máquinas ao indicar quando elas necessitam de intervenção.

O OEE é calculado da seguinte forma:

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (3)$$

Disponibilidade = Tempo de operação / (tempo disponível – paragens planeadas)

Performance = (Tempo de ciclo padrão x total produzido) / tempo de operação

Qualidade = Produtos conforme / Total produzido

Outros índices relevantes a incluir no VSM são:

- **Set up time:** Tempo necessário ao arranque das máquinas ou processo.
- **Changeover time:** Tempo perdido na preparação para produzir um produto diferente.
- **Lead time (LT):** É a soma de todos os tempos desde que chega uma encomenda até a sua entrega. Pode ser calculado como a soma dos tempos de produção e de espera de cada etapa dum processo.
- **Value added time (VA):** É a soma dos tempos de produção que acrescentam valor. Pode ser calculado como a soma do T/C padrão.
- **Non Value Added time (NVA):** É a soma de todos os *mudas* do processo. Pode ser calculado fazendo a diferença entre LT e VA.
- **Número de Operadores.**
- **Número de Máquinas.**
- **Número de Turnos.**

2.3.2 Soluções lean

Desde a criação do *Lean Thinking* que surgiram variadas soluções para todo o tipo de problemas que pudessem surgir. Como Rother e Shook (Rother and Shook, 1999) explicaram na sua introdução, a utilização do VSM permite integrar algumas destas soluções em conjunto podendo

assim eliminar a maior parte do desperdício encontrado. As soluções mais eficazes no âmbito desta dissertação são as seguintes:

Para redução direta de desperdícios:

- **3 MU:** *Muda, Mura, Muri*, já explicados em cima.
- **7W:** *7 Wastes*, também já abordados.
- **5S:** É um conjunto de práticas integradas na filosofia de melhoria contínua, exemplificadas na Figura 2.5, cuja a sua utilização ajuda à redução e consequente estabilização de fontes de desperdício. Hoje em dia fala-se muito nos 5S+1 ou 6S sendo que a sexta prática é a de Segurança no trabalho.

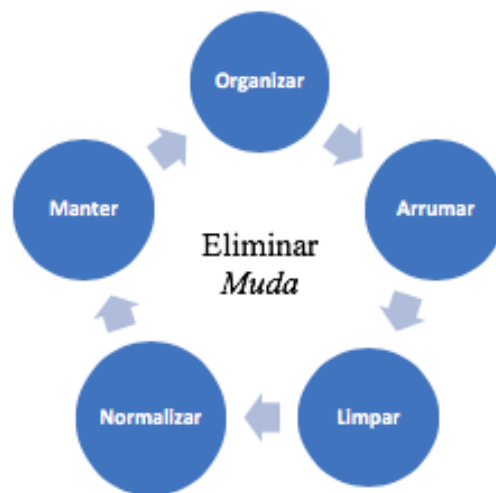


Figura 2.5 Os 5S para redução de desperdícios

- **SMED:** É uma ferramenta muito utilizada para a redução de mudas associados aos tempos de paragem para *set up e changeover*. Inicialmente chamado de *quick changeover time* (“tempo de troca rápido”) por Shingo (Shingo, 1985), esta ferramenta considera que existem dois tempos de troca, os internos e os externos. Os internos são as medidas que apenas se podem fazer com a máquina parada enquanto que os externos não necessitam que haja paragem. O objetivo, após analisar ao pormenor quanto tempo leva cada passo da mudança, é de passar o máximo de medidas internas para externas minimizando o tempo de paragem das máquinas. Segundo Shingo independentemente da complexidade da mudança, os tempos nunca podem ser superiores a 10 minutos.

- **Diagrama do esparguete:** É uma ferramenta simples e eficaz para contabilizar os mudas referentes ao transporte e deslocamento dos materiais e dos funcionários. Consiste em observar à distância e registar numa folha de papel todos os movimentos de um certo produto ou funcionário durante um intervalo de tempo. Mais tarde ao analisar o diagrama, que irá provavelmente parecer um pouco confuso (daí o nome de esparguete), identifica-se todas as voltas desnecessárias e contabiliza-se o tempo perdido com esses movimentos. Por fim traça-se um diagrama apenas com os movimentos necessários de forma a ganhar tempo de produção (eliminando o tempo desperdiçado).

Para planeamento de operações, produção e logística existem também várias soluções tais como:

- **Sistema *Just-in-Time* (JIT):** O sistema JIT, já abordado no capítulo anterior, procura produzir apenas aquilo que é pedido pelo cliente no momento em que a encomenda chegar à fábrica. Para que tal seja possível, é preciso recorrer aos *kanban* (“cartão” em Japonês) de produção de forma a coordenar os fluxos tanto de informação como de materiais. Este tipo de produção também é conhecido como *pull system*, o oposto do *push*. Ambos os sistemas trazem vantagens e desvantagens, e vários autores chegaram à conclusão que para alguns serviços ou processos produtivos, o sistema mais indicado seria um conjunto dos dois, conhecido como o *Push-Pull system*, onde numa fase inicial do processo produz-se o máximo possível, até chegar a um ponto de viragem, normalmente um supermercado, a partir do qual apenas se produz consoante os pedidos do cliente. Esta medida é melhor aplicada a processos onde o custo do produto e material não seja muito elevado, e onde haja uma certa incerteza na procura (exemplo de livros ou CDs) (Simchi-Levi, David, Edith Simchi-Levi, 1999)
- ***Jidoka*:** É uma palavra de origem japonesa que significa automação. O principal objetivo é a eliminação/redução de defeitos de modo a garantir qualidade, alcançando vantagens económicas ao reduzir os gastos em reprocessamento. O sistema *jidoka* leva à paragem das linhas caso sejam detetados defeitos, levando a uma intervenção imediata às causas dos erros. (Pinto, 2009)
- ***Andon*:** São dispositivos de controlo visual, normalmente luminosos, que indicam aos operadores quando surgem problemas numa linha ou máquina.

2.3.3 Análise Financeira

Todos os Cálculos Financeiros foram feitos com valores aproximados a pedido da Equipar. Apesar de não fugir muito à realidade, o preço de cada rolha ou corpo não corresponde ao valor praticado pela Unidade Industrial. Esta solução permite manter uma análise financeira séria mantendo a confidencialidade do negócio.

3 Metodologia aplicada

Encontra-se na Figura 3.1 a metodologia aplicada para a otimização do processo de produção de rolhas aglomeradas na Unidade Industrial Equipar em Coruche, através das ferramentas do conceito *lean* descritas no capítulo 2.

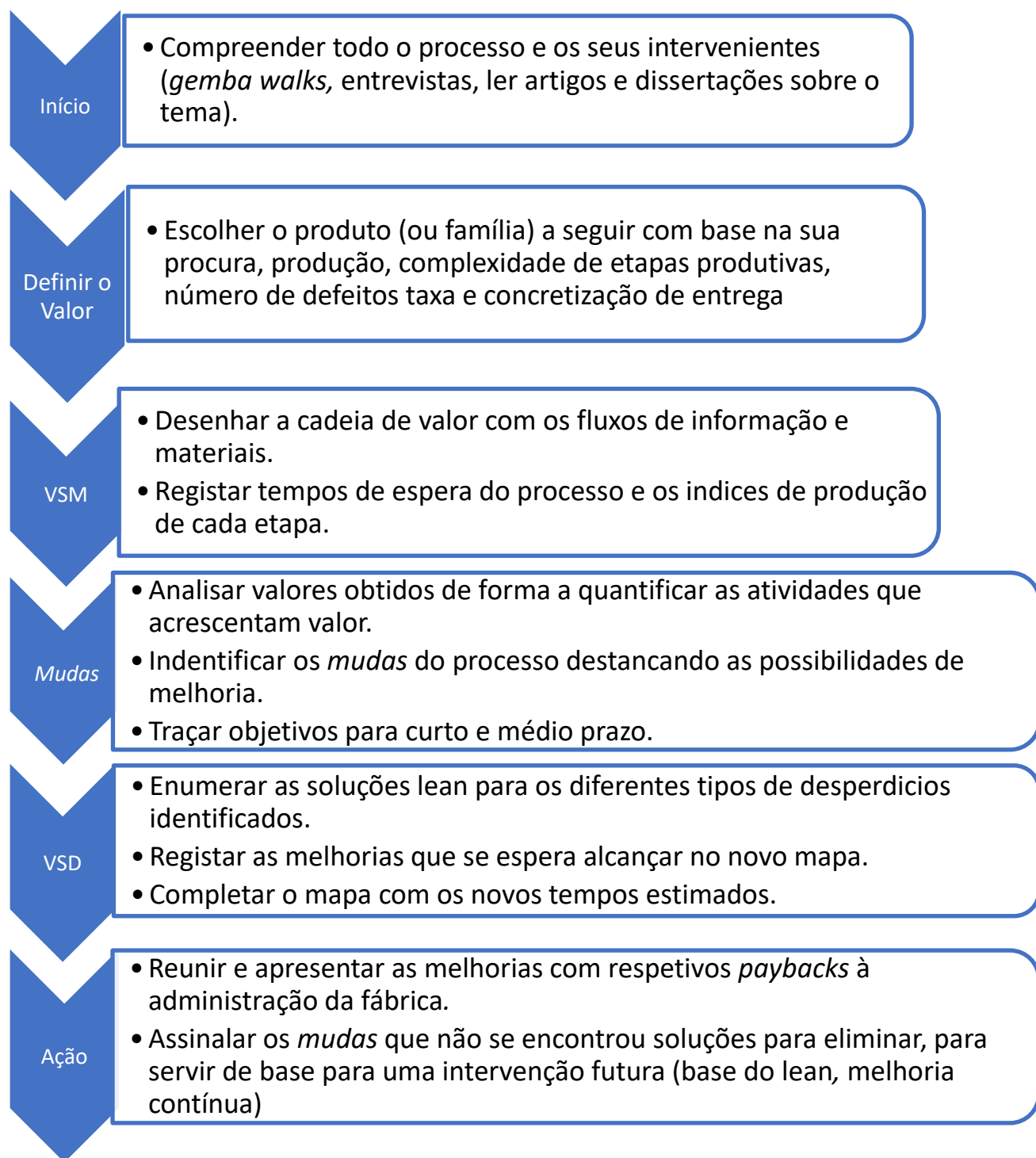


Figura 3.1 Metodologia aplicada

4 Análise e Discussão de Resultados

Como visto anteriormente, o primeiro passo na construção de um VSM é conhecer bem o processo em foco. De maneira que o início desta dissertação realizou-se maioritariamente em chão de fábrica, não só a estudar os detalhes de cada etapa, mas também a interagir com todos os intervenientes no processo (desde responsáveis pelo planeamento e chefes de turno, aos funcionários). Às 10h da manhã realizam-se reuniões *kaizen* com o intuito de preparar o dia e de seguida começavam as *gemba walks* onde com o auxílio dum bloco de notas, um lápis e um cronómetro se começou a recolher a informação necessária ao VSM.

4.1 VSM

4.1.1 Família de Produtos

Os processos escolhidos para otimizar são escolhidos consoante a família de produtos escolhida, na Tabela 4-1 encontram-se todos os processos e família de produtos que passam pela aglomerada.

Tabela 4-1 Família de Produtos da Aglomerada

Processos	Extrusão	Retificação	Moldação	Lavação	Revestimento	Escolha	Embalagem
Rolhas Extrusão	X	X		X		X	X
Rolhas COR	X	X		X	X	X	X
Rolhas Moldação			X	X	X	X	X

Considerações tomadas para a escolha dos processos:

- A Moldação ocorre atualmente na Twin Top (TT) e apenas produz dois calibres. Decidiu-se não incorporar esta etapa no estudo e considerar a TT como um fornecedor.
- Menos de 5% das rolhas passam pela etapa de Revestimento e esta acontece, à semelhança da Moldação, fora da Aglomerada. Decidiu-se não incorporar no estudo.
- Apenas cerca de 20% das rolhas produzidas na Aglomerada passam pelo processo de Embalagem, as restantes vão diretamente para o cliente EQD. Ainda assim, este processo encontra-se dentro do mesmo complexo que os outros e foi por isso incorporado no estudo.

- Pelo menos 50% da totalidade de rolhas produzidas na Aglomerada passam pelos processos de Extrusão, Retificação Lavação e Escolha, todos eles serão estudados.

Uma vez decididos os processos a analisar, é preciso entender como funcionam os fluxos entre eles. Mais uma vez é através de entrevistas informais e muito tempo passado em chão de fábrica que se ganha uma melhor compreensão do processo num todo.

O primeiro VSM é traçado, ver figura 4.2, ainda sem os índices de performances de cada etapa.

A organização da produção funciona então da seguinte forma:

1. Departamento Logístico: Encontra-se na sede da Amorim & Irmãos em Santa Maria de Lamas, a informação dá-se de maneira eletrónica (emails, telefonemas) tanto com os clientes/fornecedores como com a fábrica.
2. Departamento de Planeamento: Recebe informações da Logística e planeia toda a produção consoante as encomendas. Fala diretamente com os fornecedores, com a EQD e faz um quadro de produção semanal.
3. O encarregado de produção certifica-se que o planeamento é cumprido, mas também fala com a Twin Top e com a EQD quando existem falhas ou material em falta, alterando o planeamento semanal quando necessário. Estas alterações ao planeamento quando se tornam constantes tornam a produção imprevisível e menos fluida.
4. Por fim os 5 processos a estudar neste VSM, Extrusão, Retificação, Lavação, Escolha e Embalagem, são geridos pelos funcionários que se ocupam do bom funcionamento das máquinas assim como do planeamento diário.

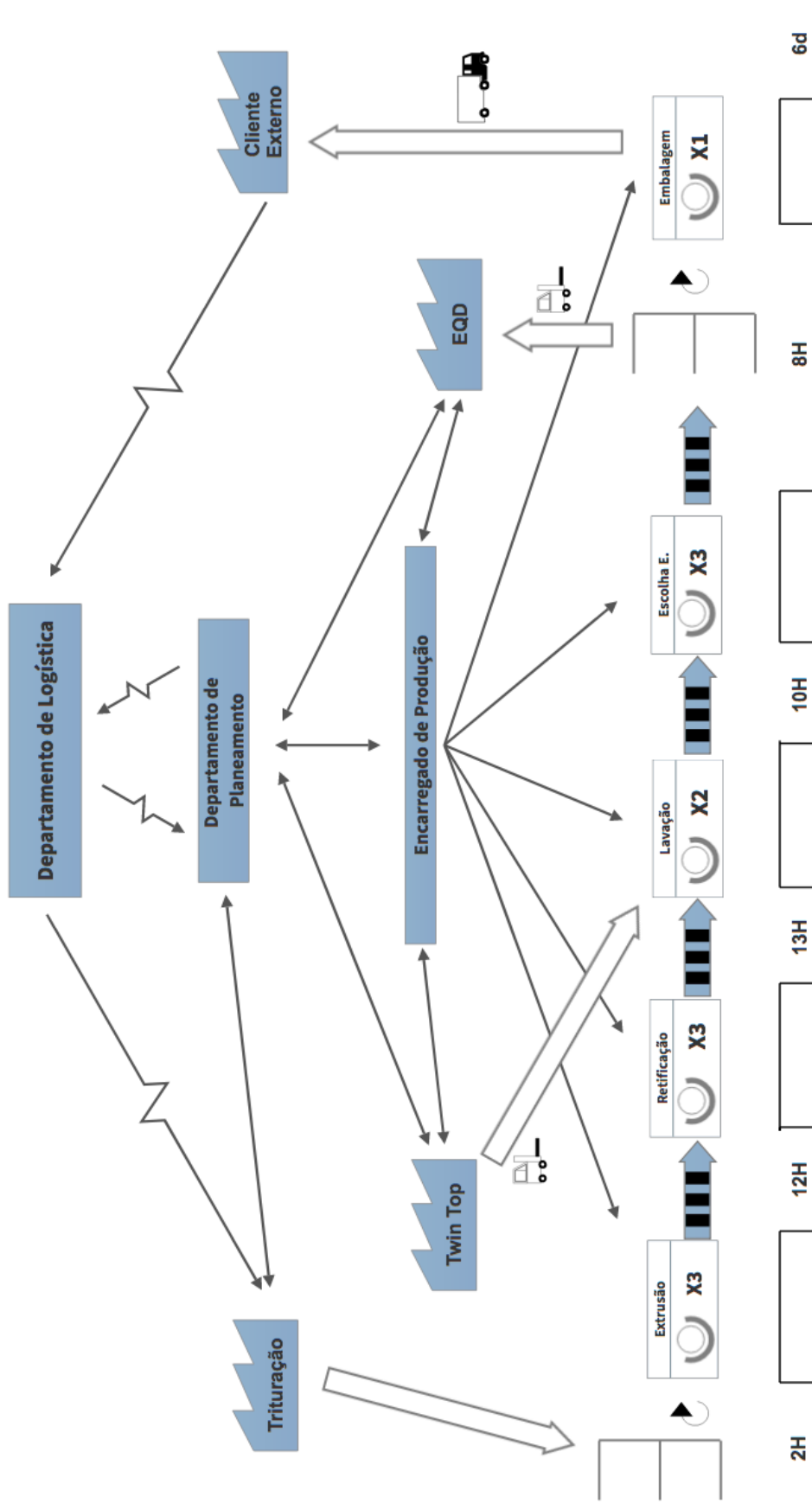


Figura 4.1 Primeiro VSM do Processo de Produção de rolhas aglomeradas

4.1.2 Índices de Performance, KPI

Os KPI servem para se ter uma visão mais aprofundada do processo de forma a identificar o que acrescenta valor e o que atrasa as produções.

Ao estudar os Tempos de Ciclo e o *takt time* é possível não só quantificar os *Mudas* como saber a quantidade que é necessário eliminar. A Figura 4.3 ilustra como foram identificados os *Mudas*.

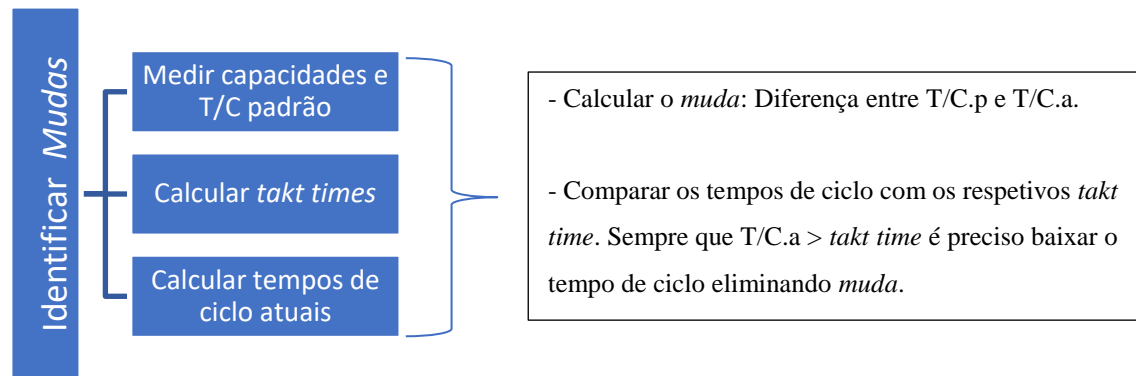


Figura 4.2 Método de identificação de Mudanças utilizado neste trabalho

Outros KPIs como o *Lead Time*, *Changeover Time* e Eficiência são também importantes para uma compreensão mais aprofundada do processo.

4.1.3 Capacidades do Processo

A recolha dos valores de capacidade deve ser medida em cada máquina de cada sector de forma independente uma vez que os valores estipulados pelo fornecedor do equipamento ou provenientes de estudos anteriores podem já não ser os mais corretos.

As capacidades de cada máquina foram medidas recolhendo o número de rolhas trabalhadas a cada 0,5 min, repetiu-se no mínimo 3 vezes cada medição.

Foi calculada a confirmação que garante um tamanho de amostras suficiente para a precisão estatística desejada, através da seguinte formula:

$$N = \left(\frac{Z \times \bar{s}}{E \times \bar{x}} \right)^2 \quad (4)$$

Onde N corresponde ao número de amostras necessário, assumindo uma distribuição normal com um intervalo de confiança Z e um erro E. O \bar{s} e \bar{x} correspondem respetivamente ao desvio padrão e à média das medições.

Para os cálculos em questão, considerou-se um intervalo de confiança Z de 99% e um erro E de 10%.

- **Extrusão**

Existem 4 linhas de extrusão na aglomerada onde cada uma dessas linhas se pode dividir em 2. A velocidade das linhas vai depender do tempo de formação dos bastões que irão ser cortados. Enquanto que as linhas 2,3 e 4 estão calibradas para fazer bastões maiores (ESP) que levam mais tempo a crescer, os bastões da linha 1 são menores (Vinho) e por isso mais rápidos.

A título ilustrativo foi apresentada a Tabela 4-2 com as medições, médias de capacidade e a Tabela 4-3 de verificação do número de amostras. Para os processos seguintes apenas serão apresentados os resultados de cada máquina sendo que as tabelas com os restantes valores encontram-se no Anexo I.I

Tabela 4-2 Capacidade do Processo de Extrusão

Lado	1ª Medição (rolha/0,5min)	2ª Medição (rolha/0,5min)	3ª Medição (rolha/0,5min)	Média (\bar{x}) (rolha/0,5min)	Capacidade (hora)	Capacidade Total (hora)
A	158	160	163	160	38 840	86 240
B	166	163	161	163		
A	67	68	66	67	16 200	
B	66	71	67	68		
A	64	65	64	64	15 600	
B	66	68	64	66		
A	67	65	60	64	15 600	
B	66	65	64	66		

Tabela 4-3 Confirmação do número de amostras necessário

Lado	Desvio Padrão (\bar{s})	Nº de amostras (N)
A	2,5	1
B	2,5	1
A	0,8	1
B	3,1	2
A	0,8	1
B	2,3	1
A	3,6	3
B	2,1	1

Verifica-se que 3 amostras são suficientes para garantir o intervalo de confiança desejado.

O sector da Extrusão tem então uma capacidade de **86 240 rolhas / hora**.

- **Retificação**

O sector da Retificação é um pouco mais complicado que o da Extrusão uma vez que existem 14 linhas e cada uma dessas linhas é composta por 3 tipos de máquinas, as Ponçadeiras, as Topejadeiras e as Chanfradeiras. Uma vez que a capacidade do processo é definida pelo passo mais lento, foram analisadas as capacidades das três máquinas.

Em chão de fábrica é fácil reparar que os *buffers* das máquinas de topejar estão sempre cheios, pelo que pode se concluir que as Ponçadeiras (que alimentam estes buffers) produzem mais rápido que as topejadeiras. Como o mesmo não se verifica de forma sistemática para as topejadeiras e Chanfradeiras, foram calculadas as capacidades das mesmas nas 14 linhas de produção como se pode ver pela tabela 4-4 (tabela completa no Anexo I.II).

Tabela 4-4 Capacidade de produção da Retificação

Máquina	Topejadeira Capacidade (Rolha/hora)	Chanfadeira Capacidade (Rolha/hora)	Capacidade (Rolha/hora)	Capacidade Total (Rolha/hora)
1	8 480	-	8 480	110 252
2	-	6 000	6 000	
3	6 880	8 440	6 880	
4	7 960	10 520	7 960	
5	7 080	9 200	7 080	
6	8 320	1 560	10 260	
7	7 480	-	-	
8	8 280	10 320	10 992	
9	8 560	9 280	8 560	
10	7 840	7 680	7 680	
11	8 640	9 720	8 640	
12	9 360	10 640	9 360	
13	9 200	9 760	9 200	
14	9 160	10 720	9 160	

Para explicar alguns dos valores, a linha 1 não possui Chanfradeiras e a linha dois é integrada (Chanfradeira e topejadeira numa só máquina) razão pela qual apenas foram calculadas estas capacidades. No caso da linha 7, como esta não possui Chanfradeira, a topejadeira 7 abastece as Chanfradeiras 6 e 8, formando uma “parelha” (como se diz na fábrica), este sistema mantém os *buffers* destas Chanfradeiras sempre cheios de maneira que nunca parem por falta de rolha.

A capacidade do setor de Retificação é então de **110 252 rolhas / hora**.

- **Lavação**

Ao contrário dos outros processos onde as rolhas são trabalhadas uma a uma, na lavação as máquinas são abastecidas entre 25 000 a 60 000 rolhas e funcionam, consoante o programa escolhido, desde 1h10 a 2h30.

A capacidade deste setor teve de ser calculada de forma completamente diferente das anteriores. Começou-se por fazer a média, com os valores dos 10 primeiros meses de 2018, do número de lavações por máquina, do tempo de lavação e por fim do número de rolhas por lavação. Com estes valores (no Anexo I.III) conseguiu-se calcular as capacidades por máquina de lavação, onde os resultados se encontram na Tabela 4-5.

Tabela 4-5 Capacidade do Processo de Lavação

Máquina	Lavação (min)	Rolhas por lavação	Capacidade (Rolha/hora)	Capacidade Total (Rolha/hora)
1	116	60 000	31 004	153 588
2	104	60 000	34 605	
3	118	60 000	30 478	
5	70	40 000	34 419	
4	129	25 000	11 605	
6	131	25 000	11 477	

As máquinas 1,2 e 3 fazem as três principais lavações, CL0, CLEAR e CL2000. A máquina 5 apenas faz CL0, a lavação mais curta, (1h10). As máquinas 4 e 5 apenas fazem revestimentos (2h10) e só têm capacidade para 25 000 rolhas.

A capacidade total do setor de Lavação é de **153 588 rolhas / hora**.

- **Escolha Eletrónica**

A Escolha E. é composta por 15 máquinas. O cálculo da sua capacidade torna-se mais fácil uma vez que será a soma da capacidade de cada máquina. Foram feitas 3 medições por linha e uma verificação adicional de que as 3 amostras se encontravam dentro do intervalo de confiança desejado. Na Tabela 4-6 podem ser consultadas as capacidades por máquina. A tabela completa encontra-se no ANEXO I.IV

Tabela 4-6 Capacidade de Produção Escolha Eletrónica

Máquina	Capacidade (Rolha/hora)	Capacidade (Rolha/hora)	Capacidade Total (Rolha/hora)
1	92,8	11 136	
2	84,0	10 080	
3	91,0	10 920	
4	90,6	10 872	
5	98,2	11 784	
6	90,2	10 824	
7	97,0	11 640	
8	84,0	10 080	164 376
9	86,2	10 344	
10	96,6	11 592	
11	85,4	10 248	
12	88,2	10 584	
13	89,6	10 752	
14	99,0	11 880	
15	97,0	11 640	

A capacidade total do setor de Escolha Eletrónica é de **164 376 rolhas / hora**.

- **Embalagem**

A embalagem é o último processo da Aglomerada e apenas cerca de 20% das rolhas passam por ele. O setor é composto por apenas uma máquina facilitando os cálculos da capacidade. Foram então feitas 3 medições e os resultados encontram-se na Tabela 4-7.

Tabela 4-7 Capacidade de Produção da Embalagem

Máquina	Capacidade (Rolha/minuto)	Capacidade (Rolha/hora)
1	1 250	75 000

A Capacidade total é de **75 000 rolhas / hora**.

4.1.4 Tempos de Ciclo Padrão

Os tempos de ciclo padrão correspondem à capacidade de cada setor em segundos por 1000 rolhas (milheiro). Já tendo calculado todas as capacidades, resta aplicar a seguinte formula:

$$T/C.p = \frac{1000 \times 3600}{Capacidade (hora)} \quad (5)$$

Pode desde já constatar-se pela Tabela 4-8 que as capacidades são bastante distintas de um setor para o outro. Entre o primeiro e o último processo (Extrusão e Escolha) a capacidade quase que duplica, explicando a razão da Twin Top funcionar como um fornecedor interno. A Aglomerada compra corpos (para abastecer a Retificação) e rolhas já retificadas (para abastecer a Lavação) de forma a dar uso à capacidade de cada um dos seus setores.

Tabela 4-8 Tempos de Ciclo Padrão por Setor

Sector	Capacidade (hora)	T/C Padrão (s/milheiro)
Extrusão	86448	41,64
Retificação	110252	32,65
Lavação	153588	23,44
Escolha Eletrónica	164376	21,90
Embalagem	75000	48,00

4.1.5 Takt Time

O *takt time* define o ritmo de produção de um processo. Produzir acima do *takt time* significa que não se vai dar conta de todas as encomendas. Mas produzir muito abaixo também não é o desejado uma vez que o processo irá produzir em excesso, aumentando assim o WIP.

Neste VSM, o *takt time* irá variar de setor para setor, uma vez que o número de rolhas a produzir varia entre eles.

Os resultados para cada setor encontram-se na tabela 4-9, O tempo de produção tem em conta as diferentes paragens programadas e a procura é o valor orçamentado. O *takt time* é calculado pela equação (1).

Tabela 4-9 Takt Times dos processos

	Extrusão	Retificação	Lavação	Escolha	Embalagem
Tempo de produção (h)	22,5	22,5	24	22,5	7,5s
Procura (milheiro)	1 786	1 960	2 892	3 069	531
Takt time (s/milheiro)	45,36	41,33	29,87	26,39	50,85

4.1.6 Tempos de Ciclo atuais

O tempo de ciclo atual está relacionado com a produção do momento em que se realiza o estudo. O seu valor não pode nunca ser inferior ao tempo de ciclo padrão, uma vez que este corresponde à velocidade máxima de produção (menor tempo possível para produzir um milheiro). A diferença entre o tempo de ciclo atual e o padrão são todos os *mudas* que irão atrasar a produção (encravamentos, mudanças de calibre, reprocessamento de defeitos, erros humanos, entre outros desperdícios).

Para calcular os T/C.a, é necessário obter os valores e tempo de produção. Todos os números de produção foram calculados através dos registos diários fornecidos pela Equipar. Para a Extrusão e Retificação foram utilizados os valores de Junho a Outubro (5 meses). Para a Lavação, Escolha Eletrónica e Embalagem foram considerados os valores dos primeiros 10 meses do ano, Janeiro a Outubro.

Através das equações (6) e (7) calcula-se os valores para cada setor. Na Tabela 4-10 estão representados os valores para o setor da Extrusão, os restantes valores encontram-se na Tabela 4-11. Os valores de produção estão em milheiros de rolhas.

$$\text{Produção por hora} = \frac{\text{Produção Total}}{\text{Horas Efetivas}} \quad (6)$$

$$\text{T/C.a} = \frac{3600}{\text{Produção por hora}} \quad (7)$$

Tabela 4-10 Tempo de Ciclo atual Extrusão

Extrusão	
Produção Total	174 939
Horas Efetivas	2 332,50
Produção (Rolha/hora)	75,00
Tempo de Ciclo atual (segundos/milheiro)	48,00

O número de Horas Efetivas foi calculado multiplicando os dias de produção pelo tempo de produção. No caso da extrusão, 22,5 horas os dias inteiros (3 turnos), 15 horas os dias extra

(apenas 2 turnos).

Tabela 4-11 Tempos de Ciclo atuais por setor

Sector	T/C Atual (s/1000rolhas)
Extrusão	48,00
Retificação	50,47
Lavação	33,51
Escolha	33,09
Eletrónica	
Embalagem	48,50

4.1.7 Mudanças

Ao fazer a diferença entre os dois tempos de ciclo obtém-se os *mudas*. Ao fazer a diferença entre o T/C atual e o *Takt time* encontra-se o valor de *muda* a eliminar.

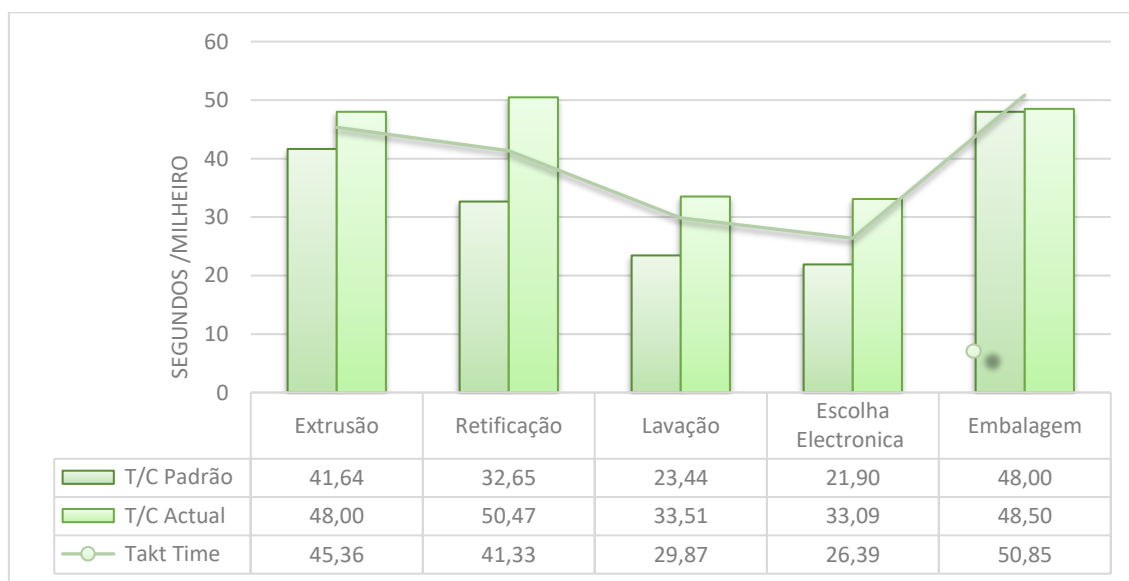


Figura 4.3 T/C vs takt time

Verifica-se pelo gráfico que todos os setores da Aglomerada, tirando a embalagem (apenas processa cerca de 20% rolhas), estão a trabalhar acima do *takt time*, razão pela qual não se está a produzir o suficiente, durante os 5 dias de trabalho programado, para satisfazer todas as encomendas.

Calculou-se então o *Muda* de cada setor:

$$Muda = Tempo Ciclo padrão - Tempo de Ciclo atual \quad (8)$$

E o *Muda* que será necessário eliminar:

$$Muda a Eliminar = Tempo Ciclo atual - Takt Time \quad (9)$$

Pela Tabela 4-12 é possível verificar que os setores da Retificação e da Escolha Eletrónica são aqueles onde se encontra o maior número de desperdícios e que necessitam de uma maior intervenção.

Tabela 4-12 KPIs e Muda

Sector	T/C Padrão	T/C Atual	Takt Time	Muda	Muda a Eliminar
Extrusão	41,64	48,00	45,36	6,36	2,64
Retificação	32,65	50,47	41,33	17,82	9,14
Lavação	23,44	33,51	29,87	10,07	3,64
Escolha	21,90	33,09	26,39	11,19	6,70
Eletrónica					
Embalagem	48,00	48,50	50,85	0,50	0,00

4.1.8 Restantes Índices

- **Eficiência:** Através da equação (2), obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 4-13:

Tabela 4-13 Eficiência do setor

Sector	Eficiência
Extrusão	87%
Retificação	65%
Lavação	70%
Escolha	66%
Eletrónica	
Embalagem	99%

- **Lead Time:** Representa o tempo de espera entre os diferentes setores da Aglomerada. A soma de todos os *Lead Times* equivale ao tempo decorrido desde que foi feita a encomenda até à sua entrega. De forma a calcular o lead time,

foram seguidos 5 cestos, em dias diferentes, desde a saída ao abastecimento do setor seguinte. Os valores médios encontram-se na tabela 4-14.

Tabela 4-14 Lead Time por setor

Sector Saída	Lead Time
Trituração	14H
Extrusão	12H
Retificação	13H
Lavação	14H
Escolha	10H
Eletrónica	10H
Embalagem	6 dias

Contentores da Twin Top têm um *Lead Time* igual aos que saem da Retificação. Uma vez que existem dois Clientes com LT bastante distintos 8 horas para a EQD e 4 dias para o Cliente Externo, calcularam-se dois LT distintos para cada um *Lead Time* total (EQD): **2,7 dias**. *Lead Time* total (Cliente Externo) **8,7 dias**.

- **Changeover Time:** É o tempo que leva a preparar uma máquina para uma nova volta. Foi medido com recurso a um cronómetro e confirmado pelos trabalhadores. Como se pode verificar na Tabela 4-15, a Embalagem é o setor com menor C/O, 5 min, enquanto que a Retificação e a Lavação demoram 20 min.

Tabela 4-15 C/O de cada setor

Sector Saída	C/O
Extrusão	10 min
Retificação	20 min
Lavação	20 min
Escolha	15 min
Eletrónica	15 min
Embalagem	5 min

4.1.9 Desenho

Uma vez reunida toda a informação, valores e parâmetros do processo de produção da Aglomerada, estão reunidas as condições para desenvolver o VSM completo.

Começou-se por desenhar os símbolos em 4 folhas A3 e de seguida plastificou-se cada uma delas.

Num segundo instante colaram-se as folhas na parede e adicionaram-se os valores calculados, as setas de fluxos, o nome dos departamentos, Clientes, Fornecedores e os restantes símbolos com marcadores. Por fim adicionou-se os momentos *kaizen* (problemas encontrados) e respetivas soluções. O VSM que foi colado na parede encontra-se na Figura 4.4.

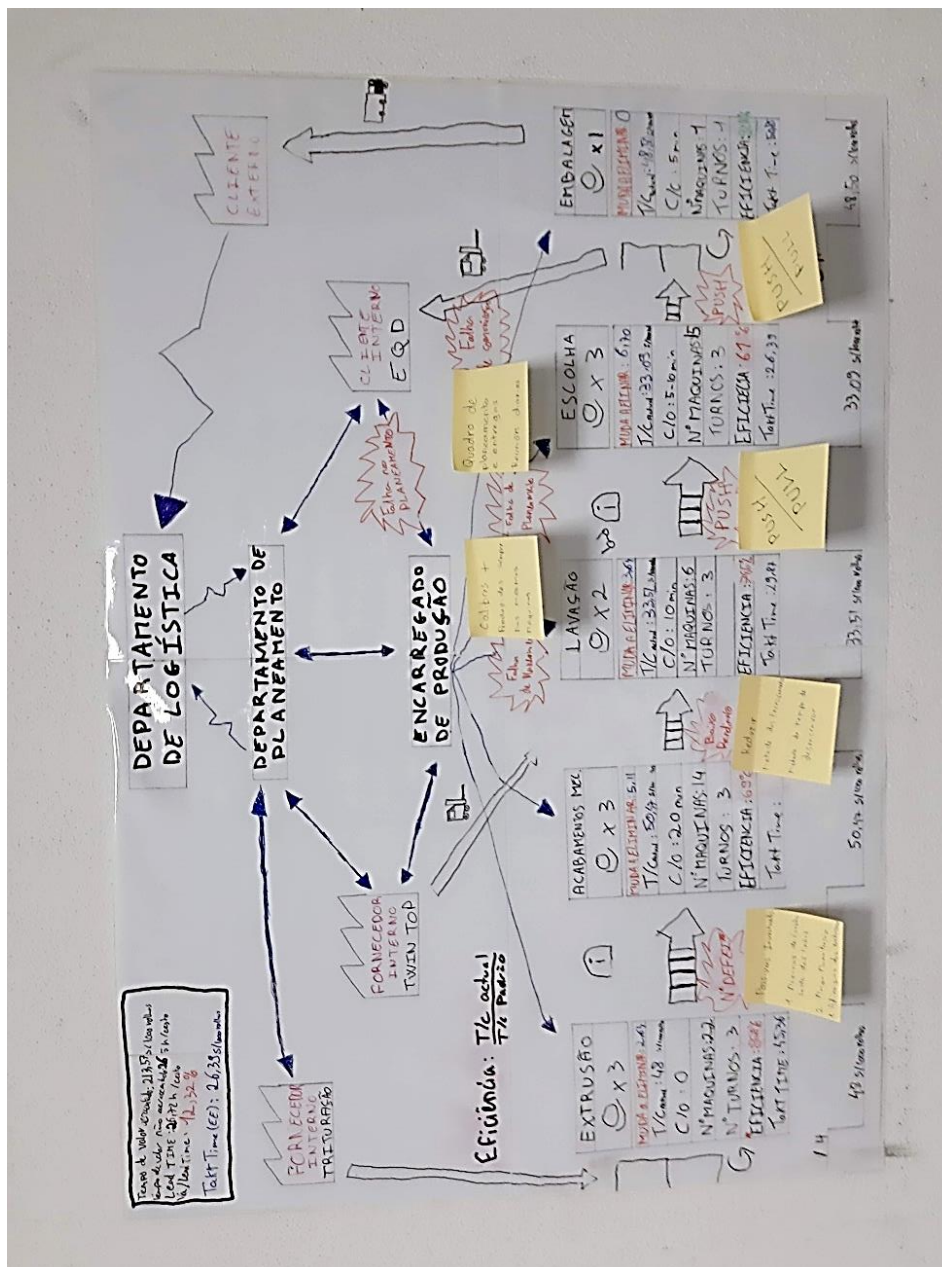


Figura 4.4 Desenho do VSM

No Anexo IV é possível consultar o VSM feito num software específico para tal.

4.2VSD

Desenvolver o Value Stream Design requer um conhecimento aprofundado dos processos para que as ferramentas da filosofia *lean* sejam adequadamente aplicadas em cada situação, de forma a agilizar o processo produtivo.

Irão ser propostas neste capítulo soluções aos problemas e desperdícios encontrados, começando pela parte superior do VSM (problemas relacionados com a comunicação e planeamento) passando depois aos processos em estudo.

4.2.1 Problemas Organizacionais

O planeamento de produção da Aglomerada é feito todas as quintas feiras para a semana seguinte. Foi prontamente observado a existência de atrasos sistemáticos nas entregas ao Cliente Externo e Interno (EQD). Outro problema identificado foi que ao chegar aos últimos dias da semana, o planeamento já não era cumprido na sua totalidade. Após assistir a várias reuniões, conferenciar com os intervenientes e com o Diretor Industrial, chegou-se à conclusão que a causa destes problemas estava na comunicação entre a EQD e a Aglomerada.

Através de uma análise 5W, que se encontra na Tabela 4-16, percebe-se facilmente o porquê de esta ser a causa raiz.

Tabela 4-16 Os 5 Whys

PASSO	RAZÃO OU MOTIVO	PORQUÊ (WHY)?
1	Atrasámos nos numa entrega.	Porque é que houve um atraso?
2	Porque tivemos algumas linhas de produção paradas.	Porque é que as linhas pararam?
3	Para produzir outro calibre.	Porque é que esse calibre não estava no planeamento?
4	Porque vinha de um atraso que já aconteceu há várias semanas.	Porque é que só agora é que se está a lidar com esse atraso?
5	Porque o departamento de planeamento não sabia do atraso.	Porque é que eles não foram informados?
Causa raiz	Porque no sistema atual estes atrasos são registados apenas pelo encarregado da EQD e o da AGLO.	

Como se pode ver pela análise 5W o sistema atual de comunicação entre a EQD e a Aglomerada é a causa de vários problemas. Decidiu-se então procurar corrigir todas estas falhas na origem.

Percebeu-se que ao receber os respetivos planeamentos semanais, os encarregados de produção de cada uma destas duas secções registavam aquilo que já tinha sido entregue ou que estava em

falta nas suas próprias folhas de papel. Este sistema não só é problemático no caso de ausência ou esquecimento de um dos responsáveis, como não é pratico (se fosse entregue uma quantidade num dia e o resto noutro, era riscado o antigo valor e escrito por cima).

A solução foi desenvolver um quadro de registo (Tabela 4-17 e Figura 4.6) onde os trabalhadores escrevem a marcador todas as necessidades semanais da EQD (maior cliente da AGLO). O quadro vai de segunda a sábado e todas as Sextas voltam-se a completar os calibres e quantidades necessários para a semana seguinte (segundo o planeamento). Quando um contentor é entregue pela Aglomerada à EQD, marca-se a azul no quadro de forma a que fique registado tudo o que foi entregue e quando. Existem 3 tipos de status (quadrados com 3 cores que se adicionam com velcro), onde de forma simples fica indicado o estado de entrega de cada encomenda.

Tabela 4-17 Quadro de Registo de Entregas

Calibre	LAV.	QTD	URG.	T	SEGUNDA							TERÇA													
					Status	1	2	3	4	5	6	OBS	status	1	2	3	4	5	6	OBS					
45X30 RCT	CL2000	400	Grande	T1																					
				T2																					
				T3																					
47X29,5 RCT	CL0	880	Pequena	T1																					
				T2																					
				T3																					
38x23 RA	CLEAR	560	Média	T1																					
				T2																					
				T3																					
	Encomenda entregue na totalidade																								
	Encomenda já começou a ser entregue																								
	Encomenda ainda não começou a ser entregue																								
	Sempre que for entregue um contentor, marcar no quadro a azul consoante o turno.																								

Após uma fase experimental, o quadro foi considerado uma mais valia pelos trabalhadores, Encarregados de Produção e Diretor Industrial, decidiram então que iria ser utilizado.

Todas as manhãs, após a primeira reunião *kaizen*, os responsáveis pela EQD, AGLO e Planeamento passaram a reunir-se à frente do quadro, que se situa ao lado do Supermercado da Aglomerada, para fazer o ponto de situação do dia anterior e discutirem as estratégias do próprio dia como se pode verificar na Figura. 4.5



Figura 4.5 Quadro de Registos de Encomendas

4.2.2 Processo de Embalagem

Apesar de ser a última etapa do processo, começa-se por analisar a Embalagem uma vez que no capítulo anterior se chegou à conclusão que era o único a produzir abaixo do seu *takt time*, com um nível eficiência muito elevado, 99%, fruto do baixo *muda*, apenas 0,5 s/milheiro (tabela 4-12 e 4.13).

A figura 4.6 representa a situação atual da embalagem e exemplifica o cenário que se deseja alcançar aquando da otimização *lean* de um processo.

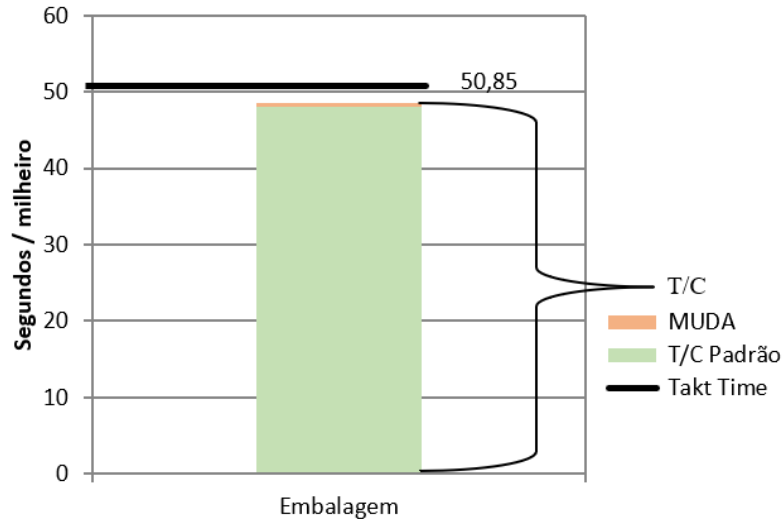


Figura 4.6 *Takt time* vs T/C do Processo de Embalagem

Como podemos analisar, o Tempo de Ciclo Atual (*Muda* + T/C Padrão) encontra-se abaixo do *takt time* com valores de muda quase nulos.

De momento esta etapa não necessita de otimização, o que não significa que no futuro, com um aumento da procura e da produção, não seja necessária uma intervenção.

4.2.3 Otimização da Extrusão

Começou-se por analisar a primeira etapa de produção de rolhas aglomeradas, a Extrusão. Como já foi visto no capítulo 4.1, a extrusão é o segundo processo com melhor eficiência, **86,8%**, que corresponde apenas a **6,36 segundos/milheiro** de *muda*, mas mesmo assim não consegue acompanhar o ritmo de produção necessário.

A figura 4.7 mostra que o tempo que leva a produzir um milheiro está acima do *takt time*. Para alcançar os objetivos pretendidos, será necessário baixar este valor, **eliminando o *muda* em pelo menos 2,64 segundos por milheiro**.

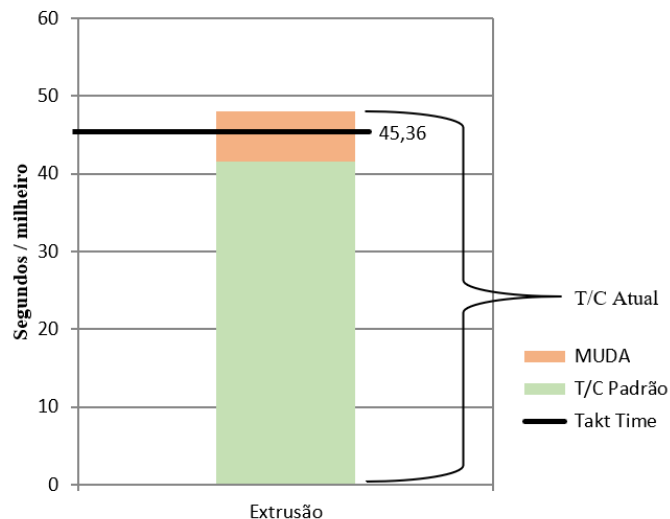


Figura 4.7 T/C vs takt time

A abordagem inicial passa pela identificação das falhas que originam estes desperdícios para que depois seja possível corrigi las, pelo uso das ferramentas apropriadas.

O processo de Extrusão funciona 24 horas, dividido em 3 turnos com 3 trabalhadores cada e é composto por 3 passos:

- Criação de uma mistura à base de cola, parafina, latex e granulado.
- Formação dos bastões ao passar a mistura pelos moldes.
- Formação dos corpos após as lamina de cada extrusora cortarem os bastões.

Todo o processo decorre de forma praticamente automática pelo que a maior fonte de desperdício está nas máquinas em si. Após 2 semanas de observações e diálogos com os encarregados da

secção, facilmente se chega à conclusão que as duas maiores falhas no processo estão nos últimos 2 passos. Um dos erros frequentes está na formação do bastão, seja por sair deformado ou por sair do tubo que o leva ao corte. O outro erro está no corte do corpo que tanto pode sair curto como demasiado comprido. De facto, as máquinas de extrusão já têm mais de 20 anos, figura 4.8, pelo que os problemas mecânicos e tecnológicos serão cada vez mais recorrentes.



Figura 4.8 Processo de Extrusão

Ao analisar os registos da Aglomerada, constata-se que em média cerca de **210 000 corpos** são registados como desperdício (queima). Tendo em conta que a média de produção diária (22,5 horas) do sector é de **1 687 000 corpos**, chega-se à conclusão que cerca de **12%** da produção é desperdiçada, inerente ao processo, de forma a que seja garantida a qualidade dos corpos produzidos.

Este é um caso onde grande parte do *muda* vem do fabrico defeituoso do produto. Na filosofia *lean* utilizam-se métodos denominados de *poka-yoke* (“sistema à prova de erro”) com o objetivo de identificar e prevenir as causas prováveis de erros.

É importante realçar que não estão estipuladas no planeamento de gestão da fábrica medidas que resultem na contratação de mais trabalhadores ou na compra de equipamentos em que o retorno não seja certo e a curto prazo.

Tendo dito isto, pensou-se em 2 soluções distintas para resolver os problemas em causa. A solução ideal seria ter mais do que um funcionário a tempo inteiro a verificar a formação e corte dos

bastões em cada uma das linhas, mas tal não é possível uma vez que os 3 trabalhadores deste setor já têm o seu tempo ocupado com outras tarefas.

Propôs-se então que um dos trabalhadores ficasse encarregado de dar uma volta pelas máquinas de 2 em 2 horas (para além dos funcionários, este trabalho também poderia ser feito por uma pessoa do controlo de produção) de forma a identificar se existia algum problema com uma das linhas, podendo agir de imediato na raiz do problema. Para além da deteção e resolução do problema, seria pedido ao funcionário que registasse a causa e o local do problema numa ficha, Figura 4.9, para entender se os erros surgem de forma aleatória ou se existem máquinas a necessitar de uma intervenção imediata.

Para facilitar o estudo posterior destes registos e para evitar ambiguidade nas respostas os problemas e causas iriam apenas ser os seguintes: Bastão fora do lugar, bastão não conforme (problema na mistura), bastão encravado.

Controlo do Processo • AGLO EXTRUSÃO		
Linha	Máquina	Problema e Causa

Figura 4.9 Registo de falhas Extrusão

Apesar de haver vantagens do ponto de vista financeiro, não seria necessário qualquer tipo de investimento, esta solução acaba por ter os inconvenientes de ocupar tempo que estaria direcionado para outras tarefas aos funcionários, não garantindo também a deteção de todas as falhas, uma vez que elas continuariam a surgir no intervalo entre cada uma das voltas.

A segunda solução encontrada para lidar com os desperdícios da Extrusão era a compra de 4 máquinas de escolha de corpos, uma por linha, de forma a detetar quando surgem defeitos no imediato. Apesar de necessitar de um investimento inicial de cerca de **240 000€**, esta etapa adicional iria trazer várias vantagens não só para o processo de extrusão como também para os outros setores.

Começando pela deteção de defeitos na extrusão, a máquina estaria calibrada para avisar os trabalhadores quando o número de defeitos ultrapassasse os **5%** (valor máximo orçamentado). Assim que este valor fosse atingido, a linha em questão seria parada. Uma vez que o granulado representa um dos maiores custos na produção de rolhas, toda a produção de defeitos resulta em perdas elevadas para a empresa.

Estes tipos de ferramentas são denominados pelo termo *jidoka* no universo *lean* e referem-se a ações tomadas que não permitam que peças defeituosas passem de uma etapa do processo para a outra.

Ao analisar as os problemas que existem nos restantes setores da Aglomerada, será fácil identificar que muitos deles são causados pelos defeitos provenientes da Extrusão.

No subcapítulo seguinte irá ser realizada uma análise financeira da compra destas máquinas de escolha para a extrusão, com todos os custos e receitas por elas geradas assim como o *payback time* (“tempo de retorno”) do investimento.

Na figura 4.10 estão representados os novos Tempos de Ciclo reais em relação à percentagem do número de defeitos produzidas pelo setor de extrusão.

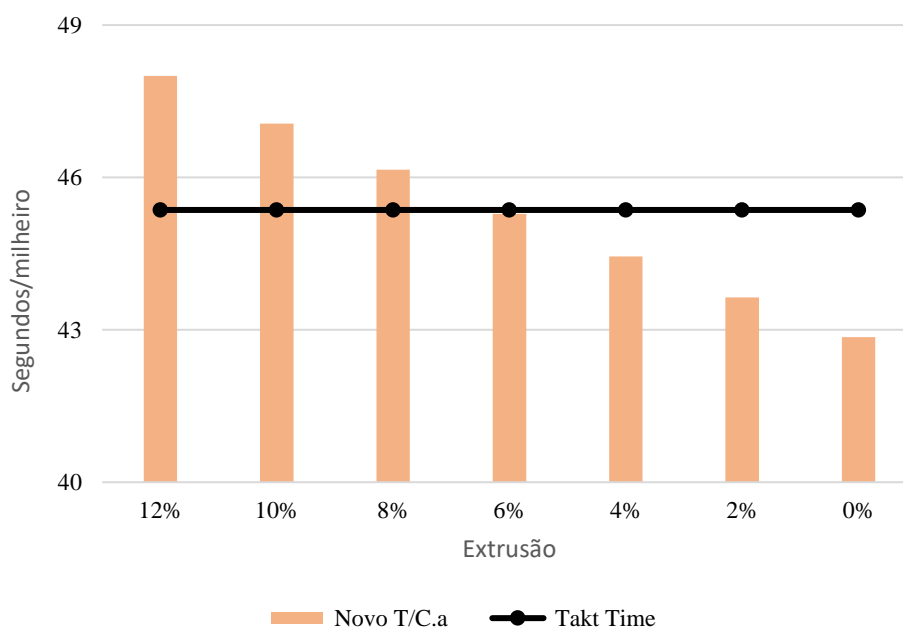


Figura 4.10 T/C.a vs numero de defeitos em percentagem

Verifica-se pelo gráfico que a partir dos **6% de defeitos**, redução de cerca de 50%, o setor da Extrusão já produz abaixo do *takt time* imposto pela procura.

É expectável, que utilizando qualquer uma das duas soluções propostas, este cenário se verifique, ainda que a compra das máquinas de escolha indique de forma mais rápida e com maior precisão quando e em que quantidade estão a ser produzidos corpos defeituosos.

Uma vez que o investimento em máquinas novas requeira mais tempo para que se possa fazer um estudo mais aprofundado, sugere-se que num primeiro momento se implemente a primeira solução visto que a mesma não carece de investimento e ao mesmo tempo acrescenta informação valiosa sobre o estado de cada uma das máquinas.

O novo cenário da Extrusão após serem implementadas as medidas acima descritas é o seguinte:

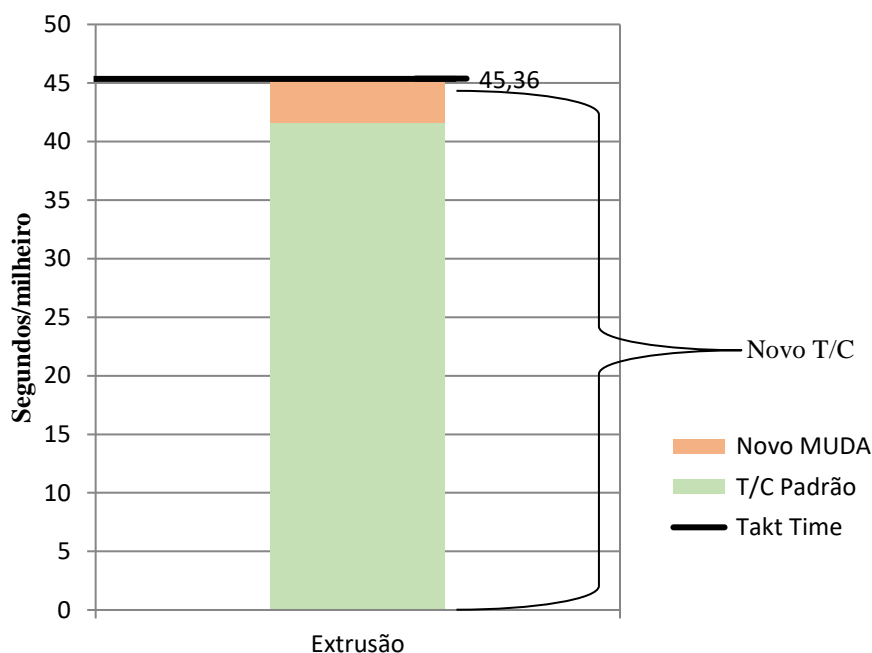


Figura 4.11 Novo T/C vs Takt Time para a Extrusão

Uma redução de **50%** (12% para 6%) corresponde a um novo tempo de ciclo de **45,28 segundos/milheiro** o que equivale uma redução de **2,72 segundos/milheiro** de muda. A eficiência passa assim do 86,8% para **92%** como se pode verificar pela Tabela 4-18.

Tabela 4-18 Novos KPI da Extrusão

Sector	T/C.a Anterior	Novo T/C	Nova Eficiência	MUDA	Novo MUDA	Takt Time	Muda Eliminado
Extrusão	48,00	45,28	92,0%	6,36	3,64	45,36	2,72

A nível de ganhos financeiros, Tabela 4-19, apenas olhando para o aumento do número de corpos produzidos obtemos os seguintes valores:

Tabela 4-19 Ganhos Financeiros

Sector	Produção Atual	Produção após alterações	Ganho em corpos (diário)	Retorno Financeiro (anual)
Extrusão	1 687 500	1 788 869	101 369	< 3 anos

O aumento de produção de **101 369 corpos diários** permite um retorno financeiro **inferior a 3 anos**.

4.2.4 Otimização dos Acabamentos Mecânicos

Os Acabamentos Mecânicos, segunda etapa do processo de produção de rolhas aglomeradas, tem atualmente a pior eficiência, apenas **64,7%**, o que se traduz em *mudas* de **17,82 segundos/milheiro**.

Como se vê pela figura 4.12, o Tempo de Ciclo atual dos Acabamentos Mecânicos encontra-se bastante abaixo do *takt time* pretendido.

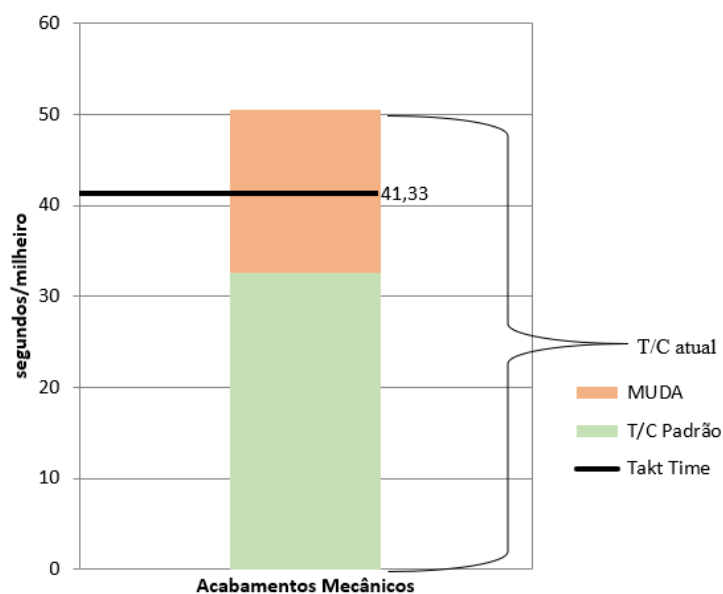


Figura 4.12 T/C vs *Takt Time* dos AM

Com o objetivo claro de eliminar o maior número de fontes de desperdício possível, decidiu-se dedicar bastante tempo à otimização desta secção. Após estudar os processos, torna-se evidente que a principal causa de paragens não planeadas são **os encravamentos das máquinas** de modo que decidiu-se analisar com detalhe as suas causas e influencia na produção.

O estudo dos encravamentos foi feito num primeiro momento de forma visual, para cada uma das etapas dos AM (Ponçadeira, Topejadeira e Chanfradeira), passando depois a uma análise estatística da etapa ou máquinas que fossem consideradas mais críticas.

- **Análise Visual**

Sempre que um corpo provoca o encravamento de uma máquina, os responsáveis pelo desencravamento colocam o corpo defeituoso num balde que se encontra por baixo da máquina, figura 4.13.



Figura 4.13 Balde com corpos defeituosos

No final de cada turno o balde é esvaziado para facilitar o trabalho do turno seguinte. Decidiu-se portanto proceder a uma contagem do numero de corpos defeituosos por máquina que se encontrava no interior de cada balde de forma a perceber se o numero de encravamentos era homogéneo por todos os processos ou se existem máquinas ou etapas onde eles acontecem de forma mais recorrente.

Verifica-se pela figura 4.14 que as Topejadeiras são as máquinas que mais param devido a encravamentos, cerca de 50 encravamentos por hora no total do processo.

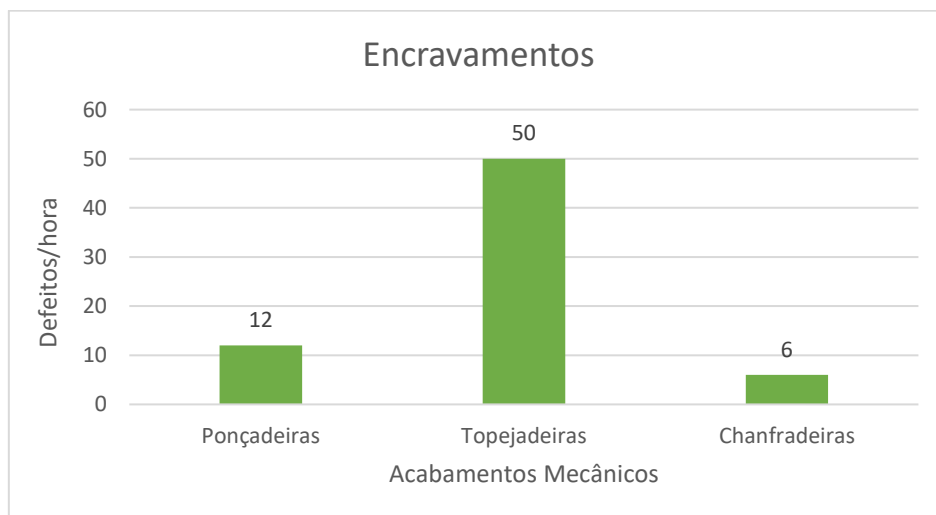


Figura 4.14 Total de encravaentos de cada etapa dos AM

Como já tinha sido explicado no capítulo 4.1.3, o passo mais lento do setor dos Acabamentos Mecânicos é o Topejamento. Uma vez que é também nesta etapa que se registam o maior número de paragens, será preciso arranjar uma solução que procure diminuir esse número de forma a aumentar a produtividade do setor em geral.

Apesar do estudo acima ser útil, a sua precisão não é alta uma vez que no caso de encravamentos causados pela máquina e não por corpos defeituosos, os trabalhadores recolocam o corpo no processo para evitar desperdícios. Também pode acontecer que os baldes não sejam trocados no final do turno alterando desta forma a validade do estudo em si. Decidiu-se recorrer a um outro estudo que de forma mais precisa indica-se não só o número de encravamentos como a sua causa

- **Análise Estatística**

Para o estudo em questão, começou-se por tentar perceber quais seriam as principais causas de encravamentos. Após várias observações e conversas com os responsáveis do setor, chegou-se à conclusão que os encravamentos advinham de corpos não conformes ou de problemas mecânicos. É possível classificar os corpos não conformes em 3 grupos (Figura 4.15):

- **Moedas:** Surge quando o corte na extrusão é feito antes de tempo, deixando o corpo com um comprimento curto (em forma de uma moeda).
- **Corpos Grandes:** Acontece quando o corte na extrusão falha deixando o corpo com um diâmetro igual a 2 ou 3 corpos.
- **Corpos com Defeito:** São todos os corpos que apresentam um calibre irregular ou que estejam esburacados (normalmente surgem devido a problemas com a mistura na Extrusão).

Decidiu-se fazer uma distinção dos diferentes defeitos de forma a perceber se a causa dos mesmos vinha de problemas com as máquinas de extrusão (moedas e corpos grandes) ou se o problema era outro o caso dos “corpos com defeitos”.

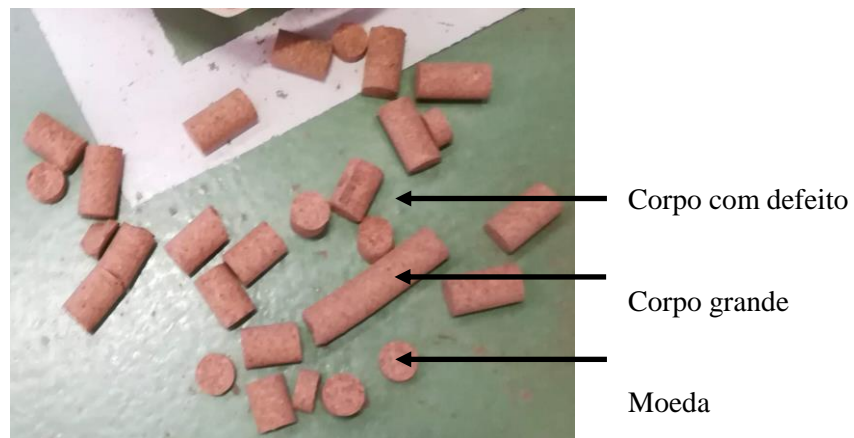


Figura 4.15 Corpos não conformes

A nível de encravamentos causados por problemas mecânicos existem duas categorias:

- **Entrada da Estrela:** Encravamento causado por uma anomalia na posição do corpo à entrada na estrela (a estrela mecânica é por onde os corpos passam para ser topejados).
- **Problemas com os sensores:** As girafas, as raseiras e outros equipamentos mecânicos funcionam com sensores que indicam quando devem funcionar ou parar.

Como se pode ver na figura 4.16a, o corpo entrou mal na estrela provocando o encravamento da máquina. Na 4.16b, uma falha no sensor da girafa levou à sua paragem fazendo com que as rolhas não descessem pelos tubos.



Figura 4.16 a e b Encravamento entrada da estrela e por problemas de sensor

Identificadas as causas dos encravamentos, criou-se uma ficha, à qual se deu o nome de Diagrama dos Palitos, onde os funcionários de cada turno iriam marcar sempre que existisse um encravamento para depois se analisarem os resultados.

Na Figura 4.17 temos o exemplo de uma das fichas colocadas ao lado das máquinas, cada cruz ou “palito” corresponde a um encravamento.

Os resultados obtidos encontram-se na Figura 4.18.

É possível constatar nessa figura que cerca de 60% dos encravamentos é causado por corpos defeituosos enquanto que os restantes 40% surgem devido a erros mecânicos.

Uma vez apresentados estes valores aos responsáveis pela produção, decidiu-se pedir aos mecânicos que inspecionassem as máquinas uma a uma para procurar solucionar os problemas identificados.

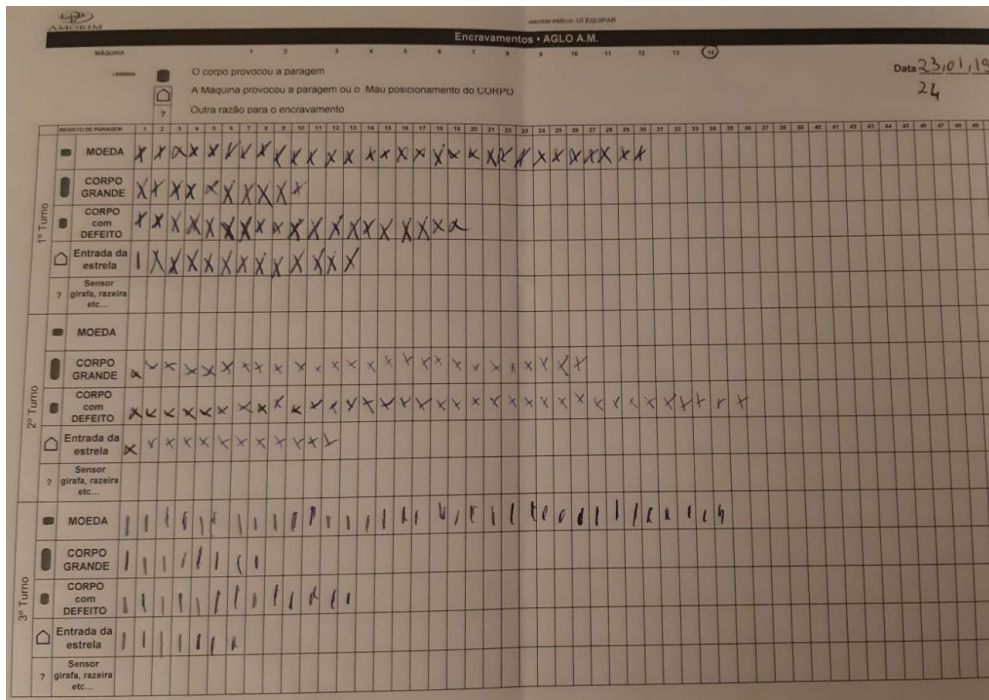


Figura 4.17 Exemplo de um Diagrama dos Palitos

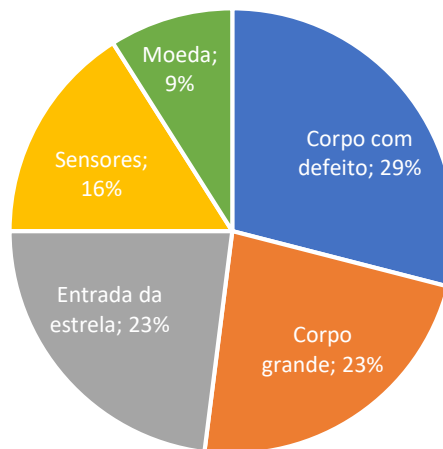


Figura 4.18 Gráfico das diferentes Causas de Encravamento

No espaço de uma semana foram arranjados os sensores e em algumas máquinas conseguiu-se solucionar os problemas com as entradas dos corpos na estrela. Os resultados encontrados após estas intervenções podem ser visualizados na Figura 4.19.

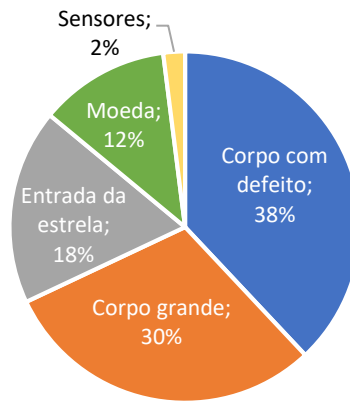


Figura 4.19 Gráfico das diferentes Causas de Encravamento após intervenção

É possível constatar pelo gráfico que o número de encravamentos devido a problemas mecânicos baixou de 40% para 20% tendo sido eliminados em média 61 encravamentos por turno, o que equivale a 15% do total de encravamentos. Uma vez resolvido os encravamentos devido a problemas com os sensores (apenas 2% de momento), é agora necessário tentar resolver os restantes 18% causados por problemas à entrada da estrela e tentar baixar o número de corpos de defeituosos que correspondem aos restantes 80%.

As falhas ligadas ao posicionamento dos corpos apenas podem ser resolvidas no verão, altura em que a produção para durante 3 semanas para não comprometer a produção e encomendas atuais.

- **Diminuir os tempos de paragem**

Existem duas maneiras de diminuir o tempo de paragem, baixando o número de corpos com defeitos ou reduzindo o tempo perdido em cada paragem.

É necessário começar por calcular o tempo perdido em média com cada encravamento. O seu valor será a soma entre o **tempo de espera** e o **tempo de desencravamento**, isto é, o tempo que decorre desde que a máquina encravou até ao funcionário se dar conta (tempo de espera) e o desencravamento.

Para o **tempo de desencravamento**, mediu-se diferentes funcionários a desencravar diferentes máquinas. Os resultados obtidos foram entre os **10 e os 20 segundos**.

figura 4.20.



Figura 4.20 Desencravento de uma máquina

O **tempo de espera** até desencravar foi medido de duas maneiras: *at gamba*, mediram-se vários desencravamentos desde o momento de paragem da máquina até recomeçar a produção. Com recurso ao Excel, cruzando os valores registados de produção e paragens identificadas com o número de encravamentos nesse dia utilizando a informação recolhida pelos Diagramas dos Palitos.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 4-20.

Tabela 4-20 Tempos de desencravamento

Tempo de Espera	Tempo de Desencravamento	Tempo Total
3,93 minutos	0,17 Minutos	4,1 minutos

Verifica-se que o tempo de desencravamento corresponde de momento apenas a 4% do tempo total, o que significa que os funcionários demoram em média quase 4 minutos a aperceber-se que as máquinas estão encravadas.

- **Soluções**

Com os resultados encontrados conclui-se então que a solução para reduzir o Tempo de ciclo atual do setor pode passar por duas medidas, reduzir o **tempo de espera** que entre a paragem da máquina e o seu desencravamento, reduzir o número de paragens por encravamento das máquinas.

- **Reduzir o Tempo de Espera**

O objetivo é **reduzir o tempo de espera de 4,1 minutos para 1,33 minutos**. A solução passa por duas medidas importantes. A primeira consiste em redefinir as prioridades dos responsáveis por desencravar as máquinas, pedindo-lhes que, **sempre que vejam uma Topejadeira**

encravada prossigam ao seu arranjo em detrimento de outra máquina ou tarefa que estejam a executar.

Existem 39 máquinas no setor dos Acabamentos mecânicos, todas elas suscetíveis de encravar e apenas 3 trabalhadores para garantir o seu bom funcionamento. No entanto, como já foi estudado acima, as topejadeiras não só encravam mais, como definem o T/C do setor, a sua paragem afeta diretamente a produção ao contrário das restantes.

A segunda medida requer um pequeno investimento. A ferramenta é conhecida por *Andon* no universo *lean*, um sistema de sinalização que serve para alertar os trabalhadores da ocorrência de problemas na produção em tempo real. Apesar da maior parte das máquinas na Aglomerada já possuírem sistemas do género, luzes sinalizadoras, nenhuma topejadeira tem luzes funcionais. Com a instalação destes avisos luminosos, figura 4.21, os operadores são alertados no momento em que ocorre uma paragem podendo resolvê-la no imediato, baixando desta forma o tempo total de desencravamento.



Figura 4.21 Instalação de Luzes Andon

- **Resultados**

Com as medidas já tomadas (arranjo dos sensores e entradas das estrelas) e com a implementação das restantes medidas, o novo cenário dos Acabamentos Mecânicos é o da Tabela 4-21.

Tabela 4-21 Produção após Implementação das soluções

	Luzes	Reparações	Ambos
Nova produção (Rolhas/H)	85,80	76,67	87,54
Novo T/C	41,96	46,95	41,13
Muda eliminado	8,51	3,52	9,34

Uma vez que o *Takt Time* dos Acabamentos Mecânicos é de **41,33 segundos/milheiro**, nenhuma das soluções por si só cumpre com os objetivos, o que levou a que se realizasse os cálculos para o caso em que as duas soluções são adotadas.

Como se pode ver pela Figura 4.22, após serem adotadas as duas medidas acima descritas, o Tempo de ciclo real passa a ser 41,13 segundos/milheiro que é inferior aos 41,33 de *takt time*.

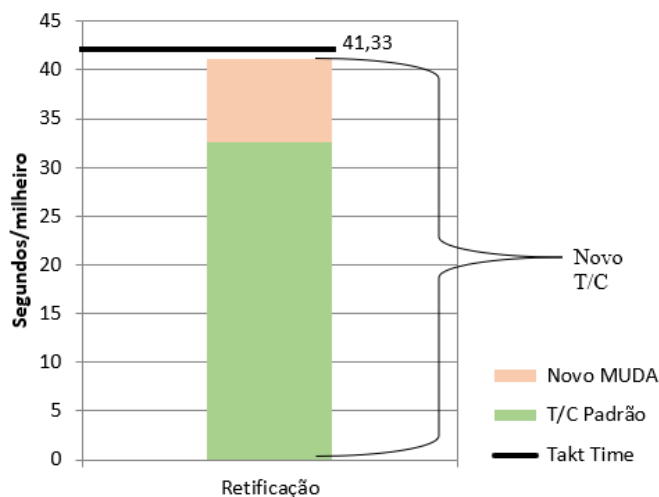


Figura 4.22 T/C vs *Takt Time* dos AM após otimização

Uma vez atingido o objetivo de tornar o $T/C_a < takt\ time$, a otimização deste setor dá-se por concluída, restando apenas mostrar a estimativa de investimento necessário ao setor.

Tabela 4-22 Análise financeira das soluções propostas

Solução	Investimento	Ganho (Rolhas/Dia)	Payback (meses)
Andon + Reparções	66 538 €	364 672	< 1 ano

O *payback time* destas soluções seria inferior a 1 ano.

- **Máquinas de Escolha**

Como foi visto na otimização da Extrusão, uma das soluções para o setor passava pela compra de máquinas de escolha de corpos. Uma vez que foi estudado que 80% dos encravamentos são neste momento causados por corpos defeituosos, torna-se claro que as vantagens do investimento naquele equipamento não são limitadas àquele setor. Decidiu-se estudar também a influencia de uma redução de **90%** dos corpos defeituosos nos Acabamentos Mecânicos, os resultados encontram se na Tabela 4-23.

Tabela 4-23 Produção após investimento em máquinas de escolha

Máquinas de Escolha	
Nova produção hora	87,18
Novo T/C	41,29
Muda eliminado	9,18

No pior dos cenários, onde o tempo de paragens se mantinha o mesmo e apenas 75% dos encravamentos tinham sido eliminados, a nova produção/hora já era suficiente para cumprir com os objetivos uma vez que o T/C já se encontraria abaixo do *takt time*. O Investimento, encontra-se na Tabela 4-24.

Tabela 4-24 Análise Financeira às Máquinas de Escolha

Solução	Investimento	Payback (Anual)
Máquinas de Escolha	240 000 €	< 2 anos

O retorno, se o custo total de cada máquina (1 por cada uma das 4 linhas) for de 60 000€ (valor calculado já com todos os custos de instalação associados) e apenas se considerar o lucro gerado por cada rolha retificada ganha (sem ser considerados os ganhos com o setor da Extrusão e com a redução de dias de trabalho extra), seria **inferior a 2 anos**.

4.2.5 Otimização da Lavação

O setor da lavação encontra-se atualmente com uma eficiência de cerca de **69,9%**. Apesar de ser superior à dos acabamentos mecânicos, a perda em rolhas não produzidas é significativamente superior uma vez que esta secção produz quase o dobro de rolhas que as anteriores. A baixa eficiência do processo traduz-se em *mudas* de **10,07 segundos por milheiro**.

O cenário atual encontra-se na figura 4.24.

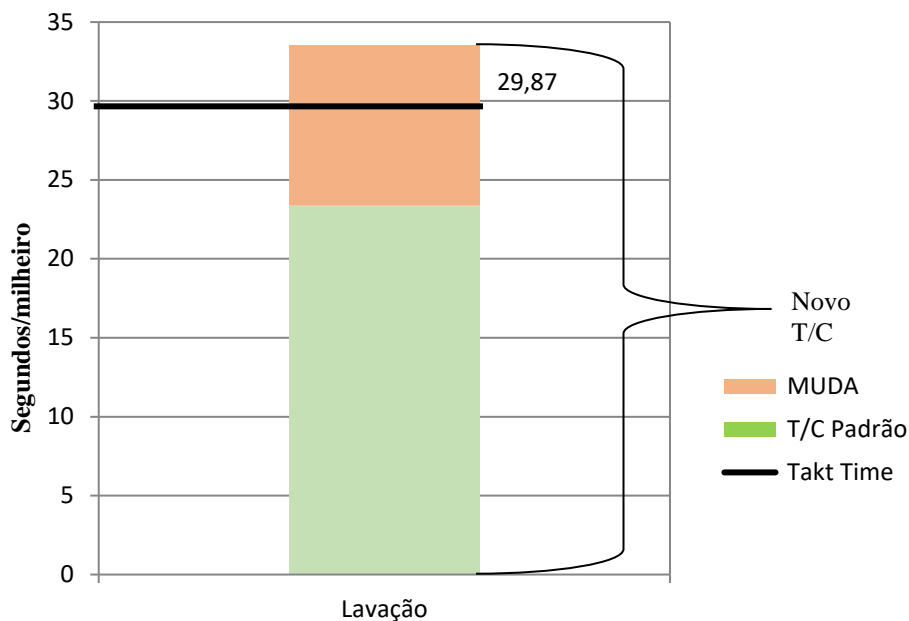


Figura 4.23 T/C vs *Takt Time* da Lavação

Como se pode verificar, o *takt time* é de **29,87 segundos por milheiro**, o que equivale a uma produção aproximada de 2 000 rolhas por minuto.

Como já foi explicado, o setor da lavação difere dos restantes setores da Aglomerada. A maior parte do processo funciona de forma automática, deixando os operadores encarregues do abastecimento de máquinas, planeamento e registo de quantidades. A otimização terá então de passar por uma maior eficiência dos funcionários, para minimizar ao máximo o tempo entre lavagens.

Começou-se por analisar estatisticamente os valores de produção registados de forma a compreender se todas as máquinas estavam a trabalhar de igual forma, se tal se verificasse passar-se-ia então à utilização da ferramenta SMED para tentar reduzir o tempo perdido entre duas lavagens.

- **Nivelamento das máquinas**

A quantidade de rolhas produzidas por lavação, a sua percentagem e, com o tempo por lavação já calculado no capítulo 4.1.3 (tabelas encontram-se no Anexo II), obteve-se a tabela 4-25.

Tabela 4-25 Tempos de operação das máquinas da Lavação

Máq.	Número de Lavações	Rolhas / Lavação (Milheiro)	Tempo / Lavação (horas)	Tempo a Operar (horas)	Tempo entre Lavações (horas)	Tempo Total (horas)	Tempo Perdido (horas)	Rolhas Perdidas (Milheiro)
M1	2099	61	1,9	4062	693	4755	139	4385
M2	2329	51	1,7	4038	769	4807	87	2583
M3	2129	62	2,0	4191	703	4894	0	0
M5	2695	44	1,2	3132	889	4021	872	32683
M4	1644	27	2,2	3541	543	4084	810	9971
M6	1626	25	2,2	3542	537	4079	815	9408

Estes valores foram calculados para os 10 primeiros meses de 2018.

O Número de Lavações foi calculado através do Excel de registo de produção.

Para os valores de Rolhas / Lavação (R/L) usou-se o valor de produção por máquina e o número de lavações.

O Tempo / Lavação (T/L) é o mesmo calculado no capítulo 4.1.3.

O Tempo a Operar (T.O):

$$T.O = N^{\circ}Lavações \times T/L \quad (10)$$

O Tempo entre Lavações (C/O) equivale a 20 minutos (0,33 horas):

$$C/O = 0,33 \times N^{\circ}Lavações \quad (11)$$

O Tempo Total (T.T) é a soma do T.O e do T/L

O Tempo Perdido (T.P) aqui calculado tem como referência a máquina com maior Tempo Total.

$$T.P \text{ da M1} = \text{Máximo}(T.T) - T.T \text{ da M1} \quad (12)$$

As Rolhas perdidas:

$$\text{Rolhas perdidas} = T.P \times (R/L / T/L) \quad (13)$$

Na teoria o Tempo Perdido por cada máquina devia ser praticamente igual uma vez que o C/O é o mesmo para todas elas. O que se verifica por estes cálculos é que as máquinas 4, 5 e 6 perderam em 10 meses cerca de **800 a 900 horas** de produção. Somando o valor de todas as rolhas perdidas pelas máquinas que trabalharam menos tempo que a máquina 3, percebeu-se que poderiam ter sido produzidas mais **281 000 rolhas por dia**.

Após analisar os registos de produção, chegou-se à conclusão que o Tempo Perdido devido a avarias e/ou falta de rolhas apenas não variava mais de 4% entre as diferentes máquinas pelo que o problema tinha de estar no abastecimento ou descarga das rolhas.

Decidiu-se passar 1 semana a acompanhar o processo de produção para encontrar a razão de uma máquina trabalhar menos horas que outras.

A causa e resolução do problema encontra-se explicada na figura 4.25:

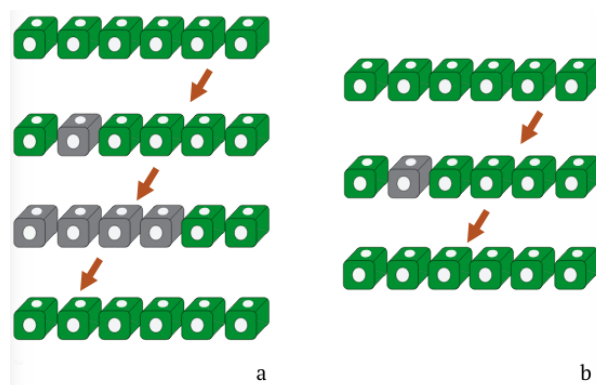


Figura 4.24 Alimentação das máquinas antes (a) e depois (b)

Os responsáveis pela alimentação estavam habituados a esperar que varias máquinas estivessem paradas (quadrados a cinzento) para as alimentar todas de uma só vez (quadrados verdes), figura 4.25(a). Este procedimento acaba por aumentar o Tempo entre Lavações. Como a máquina 5 faz as lavações mais curtas (CL0 demora 1,2 horas) aumentar o C/O acaba por ter um maior impacto, aumentando assim o seu Tempo Perdido. No caso das máquinas 4 e 6, os funcionários estão habituados a fazer apenas 3 lavações em cada máquina por turno, uma vez que cada turno tem 8 horas e 3 lavações equivalem apenas a 6,6 horas, o abastecimento nem sempre era feito quando no imediato.

A solução passa por abastecer as máquinas logo a seguir às descargas para que o C/O seja o mesmo para todas, figura 4.25(b).

Este nivelamento da produção das máquinas agradou ao Diretor Industrial e já foi transmitido aos encarregados de produção. Nas duas primeiras semanas experimentais, o número de lavações feitos pela máquina 5 amentou em uma lavação por turno, o que corresponde a um aumento de produção de **130 mil rolhas por dia**.

O aumento previsto de 280 000 rolhas por dia não é, contudo, suficiente para o tempo de ciclo se encontrar abaixo do *takt time*. Decidiu-se recorrer ao SMED para tentar baixar o C/O.

Foram medidos os tempos que os funcionários levavam a executar cada tarefa e para depois estudar a melhor maneira de reduzir o tempo total. Os resultados do SMED encontram-se na figura 4.26.

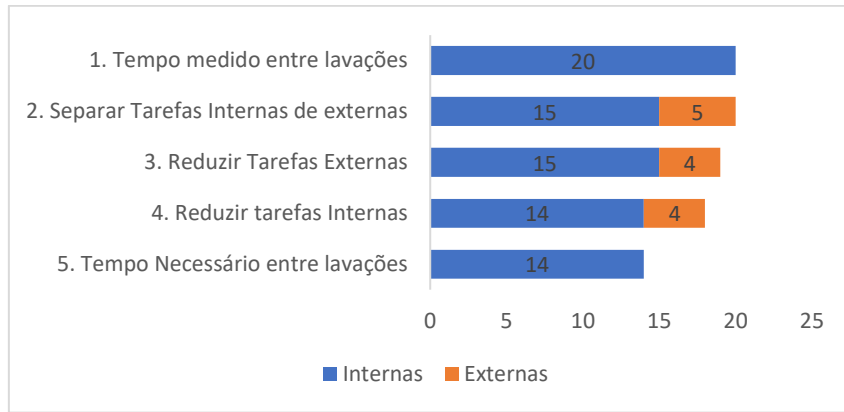


Figura 4.25 Resultados da Ferramenta SMED na Lavagem

O objetivo será passar dos 20 minutos de *change over time* para **14 minutos**.

A otimização proposta pode ser verificada na figura 4.27.

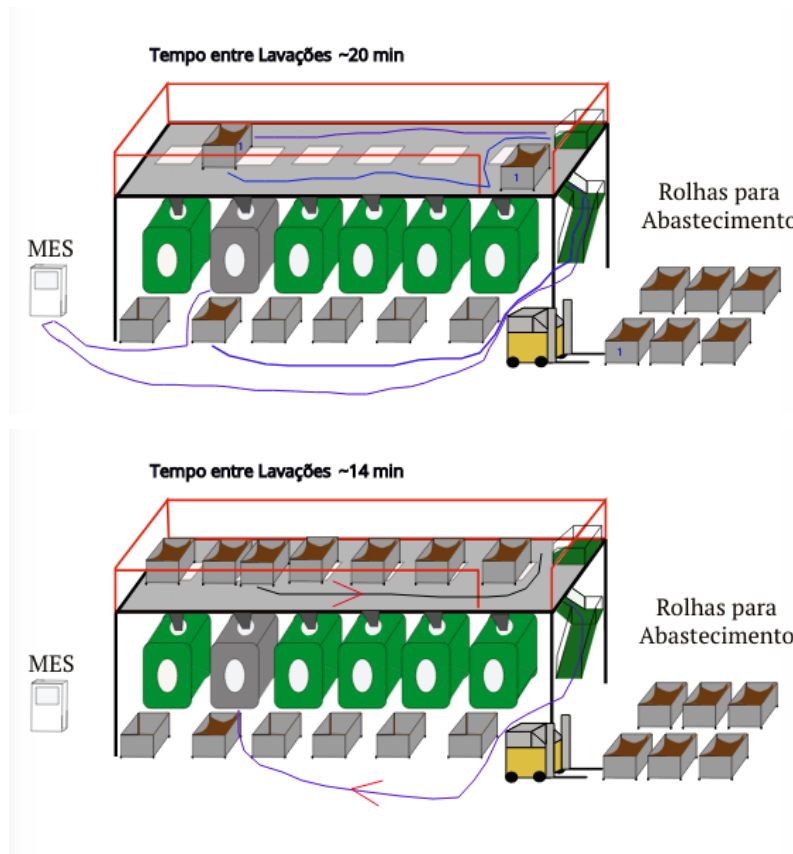


Figura 4.26 Diagrama de Esparguete antes e depois

Existem 4 tarefas a executar entre lavações; Descarga das máquinas (12 min), registo no MES (4 min), abastecimento das máquinas (2 min antes, 1 min depois), movimentação (2 min antes, 1 depois). O objetivo é o de deixar todas as máquinas prontas a abastecer antes que a lavagem acabe e efetuar o registo MES enquanto as máquinas estão a descarregar automaticamente. Estas duas ações permitem poupar **6 minutos por lavagem**.

Por dia são feitas em média 50 lavações, poupar 6 minutos em cada lavação equivale a poupar 300 minutos por dia. Uma vez que o processo da lavação produz cerca de 2 000 rolhas por minuto, esta medida irá permitir aumentar a produção em 12 500 rolhas por hora.

Uma vez aplicadas estas medidas, os resultados serão os encontrados na Figura 4.28.

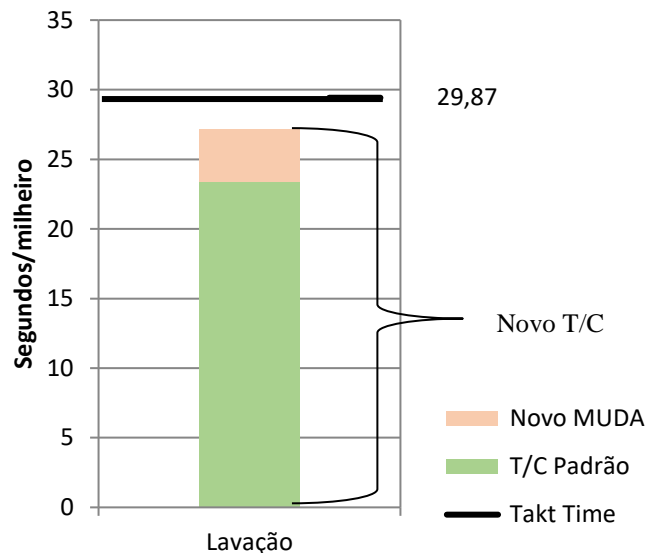


Figura 4.27 T/C vs Takt Time da Lavagem após otimização

Como se pode facilmente verificar na figura, o novo Tempo de Ciclo é de **27,18 segundos por milheiro**, bem abaixo do *takt time* (29,87 segundos/milheiro) o que permite uma maior margem de manobra para lidar com paragens não planeadas e outros problemas. Este novo T/C corresponde a um aumento de 562 000 rolhas diárias.

4.2.6 Otimização da Escolha Eletrónica

O último setor a otimizar é também o que tem a maior capacidade de produção com 164 376 rolhas por hora. A sua eficiência é de apenas **66,2%** o que significa que é o setor onde se perdem mais rolhas devido ao *Muda* (11,19 segundos por milheiro). A situação atual do processo encontra-se na figura 4.29.

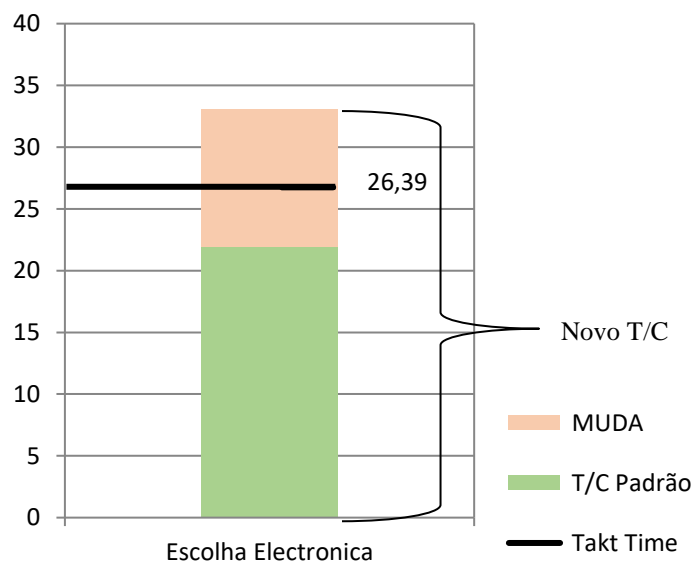


Figura 4.28 Tempo de ciclo vs Takt Time da Escolha Eletrónica

É perceptível, analisando a figura, que o *takt time* de produção necessário encontra-se quase 7 segundos por milheiro abaixo do tempo de ciclo atual. Isto equivale a uma necessidade de aumentar a produção em cerca de 27 000 rolhas por hora, ou eliminar cerca de 15 minutos de atrasos e paragens por cada hora de produção.

A primeira solução passa pela redução dos defeitos que nos 3 meses em estudo se encontravam nos 4,83%.

Foram estudados 3 casos onde o número de defeitos seria reduzido de 4,83% para: 2,5%; 1,75%; 1%.

Os resultados encontram-se na Figura 4.30.

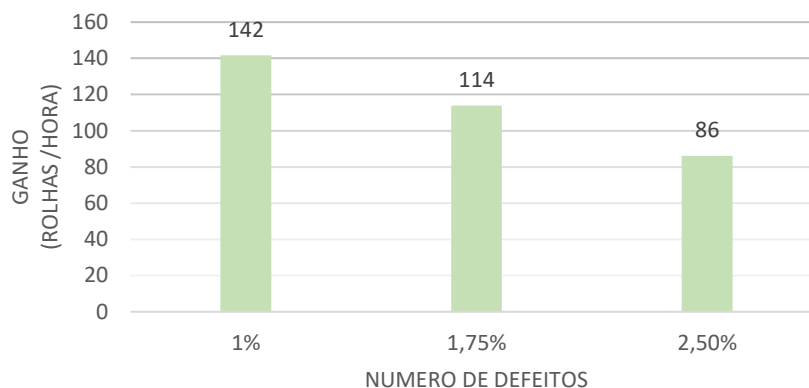


Figura 4.29 Ganhos com Redução de Numero de Defeitos

Apesar da redução de defeitos de 4,83% para 1% ser um objetivo realístico, é possível que o mesmo não aconteça no imediato após a compra das novas máquinas de escolha para o setor da extrusão pelo que optou se para este estudo escolher o caso mais conservador onde o numero de defeitos ficaria situado à volta dos 2,5%. É possível verificar na tabela 4-26 os valores de produção esperados após a melhoria.

Tabela 4-26 Produção E.E. atual e após melhoria

	Produção atual	Produção após melhoria
Produção (Rolha/hora)	108,78	112,30
Tempo de ciclo	33,09	32,05

De seguida observou se que os tempos de paragens das máquinas eram superiores devido à falta de rolhas para retificar. Em média cada turno perdia 1 cesto por dia, o que equivale a 160 milheiros (2 cestos de rolha pequena com cerca de 60 milheiros e 1 cesto com rolha maior, 40 milheiros) Calculou se durante 2 semanas quantas rolhas eram processadas dentro de cada máquina, Anexo III. Com a lavação a produzir mais de 380 milheiros por dia, e com um novo planeamento utilizando a prática do Kanban, será suficiente para acabar com o tempo de paragens devido à falta de rolhas lavadas. Na tabela 4-27 encontram se as produções após melhoria.

Tabela 4-27 Produção após acabar com a falta de rolha

	Produção atual	Produção após melhoria
Produção (Rolha/hora)	112,30	119,41
Tempo de ciclo	32,05	30,15

Para finalizar, decidiu se propor uma nova abordagem na alocação dos calibres por máquinas.

A preparação de uma máquina para escolher um novo calibre pode levar entre 5 a 10 min (consoante os calibres). Apenas uma pessoa por turno está encarregue desta tarefa e é recorrente ser necessário mudar o calibre em mais que 1 máquina.

O tempo perdido nestas trocas é igual a $T \times (N!)$; onde T é o tempo que leva a mudar a máquina e N o número de máquinas.

Uma vez que existem calibres que são produzidos todas as semanas do ano, e outros que são pouco produzidos, a melhor alocação seria ter um número de máquinas que produzissem sempre os mesmos calibres, figura 4.31, e deixar os calibres mais raros noutras máquinas. Desta forma haveria máquinas que estariam sempre a funcionar com os mesmos calibres onde o C/O seria 0 uma vez que não seria necessário alterar as máquinas para um novo calibre.



Figura 4.30 Alocação máquinas escolha Eletronica

Como se pode ver pela figura ilustrativa, as máquinas 10 11 e 12 produziram apenas as rolhas 47X29,5 (as mais procuradas) enquanto que as máquinas 1 e 2 apenas produziram rolhas 38X23. Esta prática iria permitir produzir mais 2,5 cestos por dia (meio cesto de 38X23 40 milheiros) e 2 cestos de 47X29,5 (2x 38 milheiros 76 milheiros) os resultados das novas produções encontram se na tabela 4-28.

Tabela 4-28 Produção após nova alocação de máquinas

	Produção atual	Produção após melhoria
Produção (Rolha/hora)	119,41	124,57
Tempo de ciclo	30,15	28,90

Pode se constatar que após as melhorias o tempo de ciclo é reduzido dos 33,09 para os 28,90. Apesar de esta ação representar um aumento de produção de mais de 350 000 rolhas/dia, o mesmo não é suficiente para satisfazer o takt time de 26,39 s/milheiro como se verifica na figura 4.32.

O resultado financeiro após alterações pode ser consultado na tabela 4-29.

É possível verificar um aumento de **14,3%** na produção aquando das alterações propostas.

Sector	Produção diária Atual	Produção diária após alterações	Ganho em rolhas (diário)
Escolha Electronica	2 447 869	2 802 768	354 899

Tabela 4-29 Ganhos em rolhas e financeiros

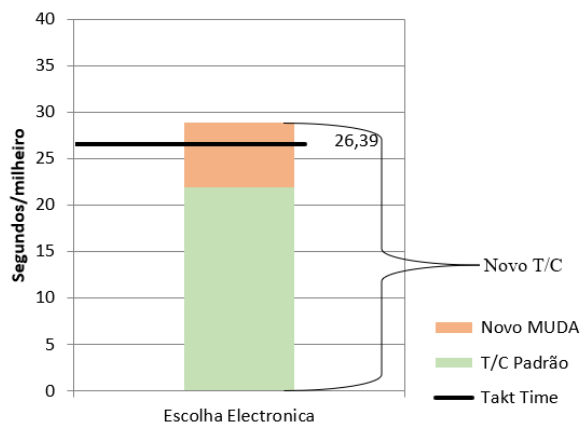


Figura 4.31 Tempo de ciclo vs Takt Time da Escolha Eletrónica após melhoria

Os resultados finais de otimização encontram-se na figura 4.33 onde se pode verificar que tirando a E.E, todos os processos têm o seu tempo de ciclo inferior ao takt time.

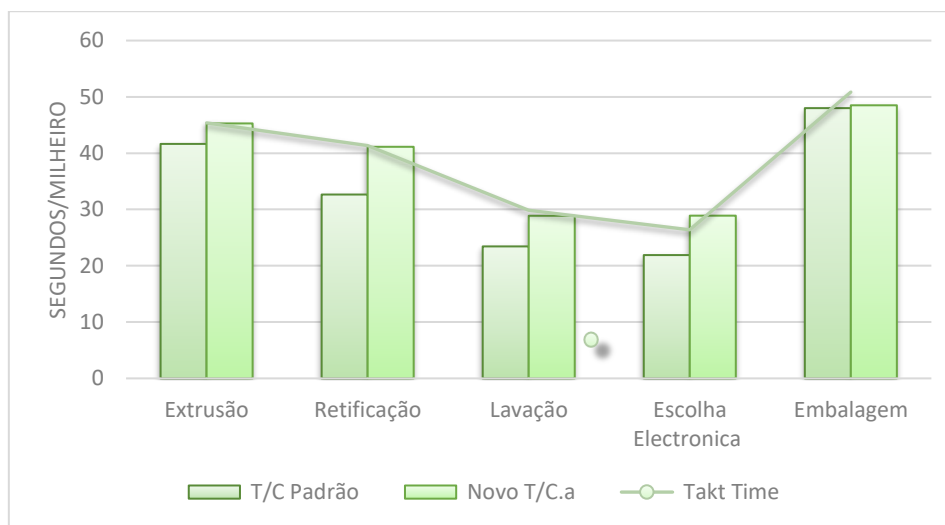


Figura 4.32 Tempos de ciclo por setor após implementação de melhorias

Uma vez que a Amorim não tem por norma vender rolhas corpos ou rolhas pré-lavadas, os ganhos financeiros registados nos outros setores são apenas teóricos. Os verdadeiros ganhos financeiros são os que se encontram no último processo melhorado, o da Escolha E. com um aumento de 14,3% dos ganhos financeiros.

- **O Desenho**

O desenho do VSD pode ser consultado no Anexo V.

5 Conclusões e propostas para trabalho futuro

Este estudo foi realizado com o intuito de otimizar um processo produtivo com mais de 30 anos numa das fabricas de produção de rolhas aglomeradas do mundo. A seriedade e motivação de obter resultados positivos foram essenciais para a realização do mesmo. A escolha do modelo VSM com auxílio de outras ferramentas e KPIs da metodologia *lean* foram um sucesso. O VSM aplica se em 5 fases. Na primeira etapa estudou se os processos, os trabalhadores, os materiais através de várias entrevistas, *gemba walks* e muita leitura. Numa segunda etapa definiu se o valor, todas as rolhas que passaram pelos 5 processos principais dentro da fábrica aglomerada foram estudadas, mas apenas no momento que se encontram no local. Deste modo, rolhas que entrassem depois da extrusão (rolhas provenientes da moldação) eram consideradas apenas no momento que foram retificadas, tendo vindo então de um fornecedor interno, a TT. As rolhas de cor também não foram estudadas uma vez que no momento do estudo (2018) as máquinas de lavar com tinta iriam ser substituídas, pelo que o processo iria se alterar pro completo. A terceira fase é a do desenho do VSM. Com os valores dos estudos realizados completou se o VSM ficando claro onde se encontravam os problemas que tinham de ser resolvidos de forma a otimizar o processo. O primeiro problema a ser abordado foi a falha de comunicação entre o responsável pela produção da Aglomerada e o da EQD. Estas falhas na comunicação levavam a alterações diárias aos diferentes processos da Aglomerada o que levava a erros de planeamento e consequentemente tempos de paragem. Observou se também que todas as etapas estavam a produzir abaixo do seu *takt time* não conseguindo dessa forma satisfazer todas as encomendas dos clientes. A quarta quinta e sexta etapa serviram para analisar com pormenor os *mudas* do processo, definir objetivos e encontrar ferramentas *lean* que sirvam de ajuda à redução dos tempos de ciclo. Para resolver o problema da comunicação implementou se no imediato um quadro de planeamento onde ambas as fabricas (AGLO e EQD) reportavam as necessidades e se os pedidos estavam a ser compridos. 1 Mês depois de implementar o quadro foi inquerido juntos dos dois responsáveis qual a importância do novo quadro de produção e ambos responderam que se tinha tornado essencial para a comunicação entre ambos. Noutros processos foram utilizadas técnicas como o SMED e o Kanban para reduzir *mudas* e aumentar a produção. Foi também proposto a compra de algum equipamento que como foi mostrado iria ter um payback baixo e iria aumentar a produtividade de todos os setores da Aglomerada. No final conseguiu-se identificar e eliminar vários *mudas* do processo, tendo aumentado, ou deixando informação para aumentar, a produção em cerca de 355 000 rolhas diárias. A nova produção poderá atingir os 14M de rolhas semanais, que corresponde a um aumento significativo de **14,3%** face à produção atual de 12,2M . Com este aumento a produção encontra se acima dos 2,8 milhões por dia, apenas a 200 milheiros diário de atingir o grande objetivo de 15,3 milhões de rolhas semanais. A principal dificuldade encontrada durante

a definição deste trabalho foi a falta de um sistema de ERP para extrair facilmente valores de produção e outros KPIs. Mesmo assim durante o período do trabalho a EQUIPAR estava a implementar o sistema MES (Measurement Effectivness System) que permitiu, por ter ajudado na implementação, um maior conhecimento dos processos e de quem os executa no chão de fábrica.

Propostas de trabalho futuro:

1. Fazer simulação de alocação no processo de Escolha Elétronica
2. Estudar produtividade das máquinas de AM com o aumento da velocidade de rotação das estrelas
3. Estudar o impacto de uma alimentação automática nas máquinas de lavação.

Bibliografia

- Amorim & Irmãos - Unidade Negócios Rolha*. Available at: <https://www.amorimcork.com/pt/amorim-irmaos-cork-stoppers-business-unit/> (Accessed: 11 February 2019).
- APCOR – Estatísticas*. Available at: <http://www.apcor.pt/media-center/estatisticas/> (Accessed: 11 February 2019).
- Cortiça vive melhor ano de sempre – ECO*. Available at: <https://eco.sapo.pt/2017/02/12/cortica-vive-melhor-ano-de-sempre/> (Accessed: 11 February 2019).
- Gibbons, P. M. and Burgess, S. C. (2010) ‘Introducing OEE as a measure of lean six sigma capability’, *International Journal of Lean Six Sigma*. doi: 10.1108/20401461011049511.
- Krafcik, J. F. (1988) ‘Triumph of the lean production system’, *Sloan Management Review*. doi: 10.1021/je990059p.
- Lasa, I. S., Laburu, C. O. and De Castro Vila, R. (2008) ‘An evaluation of the value stream mapping tool’, *Business Process Management Journal*. doi: 10.1108/14637150810849391.
- Lucro da Corticeira Amorim sobe 9% para 41 milhões de euros no 1.º semestre – Observador* (no date). Available at: <https://observador.pt/2018/08/01/lucro-da-corticeira-amorim-sobe-9-para-41-milhoes-de-euros-no-1-o-semester/> (Accessed: 11 February 2019).
- Ohno, T. (1982) ‘How the Toyota Production System was Created’, *Japanese Economic Studies*. doi: 10.2753/jes1097-203x100483.
- Pinto, J. P. (2009) ‘Pensamento Lean, A filosofia das organizações vencedoras’, *Lidel*. doi: 10.1080/0269905031000088869.
- Rother, M. and Shook, J. (1999) *Learning to see: Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*, *IEEE Spectrum*. doi: 10.1109/6.490058.
- Seshan, P. (2010) *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness, Reliability, and Maintainability*. doi: 10.1201/EBK1439814062-f.
- Shingo (1985) *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, *Productivity Press*. Portland.
- Simchi-Levi, David, Edith Simchi-Levi, and P. K. (1999) ‘Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and cases’, *McGraw-Hill*. doi: Book review.
- Sugimori, Y. *et al.* (1977) ‘Toyota production system and kanban system materialization

of just-in-time and respect-for-human system', *International Journal of Production Research*. doi: 10.1080/00207547708943149.

Weigel, A. L. (2000) 'A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones', (November).

Womack, J. and Jones, D. T. (1997) 'Lean Thinking', *The Journal of the Operational Research Society*. doi: 10.1057/palgrave.jors.2600967.

Womack, J. P., Jones, D. T. and Roos, D. (1992) 'The machine that changed the world', *Business Horizons*. doi: 10.1016/0007-6813(92)90074-J.

Anexos

- Anexo I Capacidades por Setor
- Anexo I.I Capacidade Extrusão:

Máq.	Lado	1	2	3	4	5	Média (\bar{x})	Média Linha (Rolha/hora)	Média Dia	Média Semana	Desvio Padrão (\bar{s})	Nº de Amostras (N)
1	A	315	321	327	330	323	323,2	38 856	1 902	9 509	5,76	1
	B	333	325	321	318	325	324,4				5,64	1
2	A	134	135	132	134	135	134,0	16 224			1,22	1
	B	131	143	135	136	137	136,4				4,34	1
3	A	128	130	127	126	138	129,8	15 684			4,82	1
	B	132	136	127	134	129	131,6				3,65	1
4	A	128	130	127	126	138	129,8	15 684			4,82	1
	B	132	136	127	134	129	131,6				3,65	1

- Anexo I.II Capacidade Acabamentos Mecânicos

Chanfradeira (amostras de 1 a 3 em Rolha/0,5min)

Máquina	1	2	3	Média (\bar{x})	Média (Rolha /hora)	Média Dia	Média Semana	Desvio Padrão (\bar{s})	Nº de Amostras (N)
1	70	72	70	70,7	8480,0	2 851	14 255	1,15	1
2	48	51	51	50,0	6000,0			1,73	1
3	70	71	70	70,3	8440,0			0,58	1
4	88	86	89	87,7	10520,0			1,53	1
5	76	76	78	76,7	9200,0			1,15	1
6	88	87	89	88,0	10560,0			1,00	1
7	-	-	-	-	-			-	-
8	86	85	87	86,0	10320,0			1,00	1
9	75	78	79	77,3	9280,0			2,08	1
10	62	65	65	64,0	7680,0			1,73	1
11	80	82	81	81,0	9720,0			1,00	1
12	90	87	89	88,7	10640,0			1,53	1
13	80	83	81	81,3	9760,0			1,53	1
14	90	88	90	89,3	10720,0			1,15	1

Topejadeira (amostras de 1 a 3 em Rolha/0,5min)

Máquina	1	2	3	Média (\bar{X})	Média (rolha /hora)	Média Dia	Média Semana	Desvio Padrão (\bar{S})	Nº de Amostras (N)
1	-	-	-	-	-	2 321	11 604	-	-
2	-	-	-	-	-			-	-
3	57	58	57	57,3	6880,0			0,58	1
4	67	65	67	66,3	7960,0			1,15	1
5	58	60	59	59,0	7080,0			1,00	1
6	69	70	69	69,3	8320,0			0,58	1
7	64	62	61	62,3	7480,0			1,53	1
8	68	70	69	69,0	8280,0			1,00	1
9	70	72	72	71,3	8560,0			1,15	1
10	66	64	66	65,3	7840,0			1,15	1
11	72	71	73	72,0	8640,0			1,00	1
12	78	78	78	78,0	9360,0			0,00	0
13	78	76	76	76,7	9200,0			1,15	1
14	78	75	76	76,3	9160,0			1,53	1

Capacidade Real dos Acabamentos Mecânicos

Máquina	Média (Rolha /hora)	Média (Rolha /hora)	média (Rolha /hora)	Média Dia	Média Semana
1	8480,0	-	8480,0	2 591	12 955
2	6000,0	-	6000,0		
3	8440,0	6880,0	6880,0		
4	10520,0	7960,0	7960,0		
5	9200,0	7080,0	7080,0		
6	10560,0	8320,0	10260,0		
7	-	-	-		
8	10320,0	8280,0	10992,0		
9	9280,0	8560,0	8560,0		
10	7680,0	7840,0	7680,0		
11	9720,0	8640,0	8640,0		
12	10640,0	9360,0	9360,0		
13	9760,0	9200,0	9200,0		
14	10720,0	9160,0	9160,0		

- Anexo I.III Capacidade Lavação

Máquina	Lavação (Minutos)	Capacidade (Rolhas)	Capacidade (Rolha/min)	Capacidade (Rolha /hora)	Média Dia	Média Semana
1	116	60000	516,7	31004,1	3 471,3	17 356,5
2	104	60000	576,7	34604,6		
3	118	60000	508,0	30478,1		
5	70	60000	860,5	51628,2		
4	388	75000	193,4	11605,4		
6	392	75000	191,3	11476,7		

- Anexo I.IV Capacidade Escolha Eletrónica (amostras 1 a 5 em Rolha/0,5min)

Máq.	1	2	3	4	5	Média (\bar{x})	Média (Rolha /hora)	Média Dia	Média Semana	Desvio Padrão (\bar{s})	Nº de Amostras (N)
1	105	89	90	93	87	92,8	11136	3 862 840	19 314 180	7,16	4
2	91	75	88	81	85	84,0	10080			6,24	4
3	91	95	88	101	80	91,0	10920			7,84	5
4	102	90	84	85	92	90,6	10872			7,20	5
5	105	101	89	106	90	98,2	11784			8,70	5
6	90	91	90	93	87	90,2	10824			2,17	1
7	102	94	100	88	101	97,0	11640			5,92	3
8	81	83	80	91	85	84,0	10080			4,36	2
9	91	85	88	85	82	86,2	10344			3,42	2
10	94	91	93	100	105	96,6	11592			5,77	3
11	87	86	83	91	80	85,4	10248			4,16	2
12	94	91	91	81	84	88,2	10584			5,45	3
13	90	89	80	90	99	89,6	10752			6,73	4
14	104	87	100	105	99	99,0	11880			7,18	4
15	100	101	101	90	93	97,0	11640			5,15	2

- Anexo I.V Capacidade Lavação (amostras de 1 a 3 em Rolha/0,5min)

Máquina	1	2	3	Média (\bar{x})	Média (Rolha /hora)	Média Dia	Média Semana	Desvio Padrão (\bar{s})	Nº de Amostras (N)
1	620	630	625	625	75000	1 762 500	8 812 500	5	1

- Anexo II Analise setor Lavação

Máquina	Nº de LAV	Rolha por lavação	Tempo por lavação (Hora)	Tempo a operar (Horas)	tempo descarga (Horas)	tempo total (Horas)	horas parado (Horas)	rolhas perdidas
M1	2099	61	1,9	4062,0	524,8	4586,8	136,7	4309
M2	2329	51	1,7	4038,2	582,3	4620,4	103,0	3058
M3	2129	62	2,0	4191,2	532,3	4723,5	0,0	0
M5	2695	44	1,2	3132,0	673,8	3805,8	917,7	34380
M4	1644	27	2,2	3541,5	411,0	3952,5	771,0	9493
M6	1626	25	2,2	3542,0	406,5	3948,5	775,0	8943

- Anexo III Analise setor Lavação

Máquina	Rolha boa (rolha)	Defeito (rolha)	Total (rolha)	% def	nº cestos	rolha por cesto	rolha/hora
1	10 417,943	1 001,595	11 419,538	8,77%	156	73,202	7,523
2	10 267,940	800,360	11 068,300	7,23%	171	64,727	7,291
3	11 139,469	519,024	11 658,493	4,45%	178	65,497	7,680
4	10 229,080	841,303	11 070,383	7,60%	176	62,900	7,293
5	12 888,047	466,548	13 354,595	3,49%	207	64,515	8,797
6	10 907,111	467,918	11 375,029	4,11%	169	67,308	7,493
8	10 021,296	446,835	10 468,131	4,27%	161	65,019	6,896
9	10 242,762	425,501	10 668,263	3,99%	168	63,502	7,028
10	11 626,622	513,774	12 140,396	4,23%	190	63,897	7,998
Total	97 740,270	5 482,858	103 223,128	5,35%	175	65,619	
Por semana	7 518,482	421,758	7 940,241		13,5		
por dia	1 480,913	83,074	1 563,987		2,7		
7	12 621,198	491,780	13 112,978	3,75%	355	36,938	8,638
11	10 574,639	603,874	11 178,513	5,40%	273	40,947	7,364
12	10 910,759	554,327	11 465,086	4,83%	291	39,399	7,553
13	11 944,666	570,541	12 515,207	4,56%	332	37,696	8,245
14	13 117,777	366,403	13 484,180	2,72%	360	37,456	8,883
15	12 850,820	394,336	13 245,156	2,98%	357	37,101	8,725
Total	72 019,859	2 981,261	75 001,120	4,04%	328	38,2	
Por semana	5 539,989	229,328	5 769,317				
Por dia	1 091,210	45,171	1 136,381				
Total	169 760,129	8 464,119	178 224,248	4,83%			
Por semana	13 058,471	651,086	13 709,558				
Por dia	2 572,123	128,244	2 700,367				

-

Aplicação do VSM na otimização de um Processo de Produção

- Anexo V VSD

