



M 2014

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE TEMPOS

RAQUEL FERREIRA DA SILVA PINHEIRO TORRES
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise da Capacidade Produtiva através da Medição de Tempos

Raquel Ferreira da Silva Pinheiro Torres

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil Costa

Orientador na Sika Portugal S.A.: Eng.º Marco Valente da Silva



FEUP

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

2014-07-15

À minha família

Resumo

O presente projeto de dissertação foi efetuado na área da produção de uma empresa industrial, com o objetivo de implementar melhorias nos tempos de produção e na contabilização do *Overall Equipment Effectiveness*. O projeto incidiu em duas das quatro zonas da produção, consideradas as críticas.

No âmbito do projeto foram efetuados diversos estudos, tais como o cálculo do OEE e o cálculo das capacidades disponíveis. Para isso, foi necessário determinar o tempo médio de produção de um *batch*, em cada equipamento. Analisando os dados obtidos, foi possível enumerar problemas que condicionavam a produção.

Após uma clara identificação das variáveis que afetavam a capacidade de produção, foi elaborado um plano de ações de melhoria, tendo em vista o aumento da produtividade.

Analysis of Production Capacity by Time Measurement

Abstract

This dissertation project was developed in the production line of a factory in order to implement improvements in production times and counting the Overall Equipment Effectiveness. The project focused only on two of the four areas of production, which were the critical ones.

Several studies have been performed throughout the project like the calculation of OEE and calculation of available capacity. It was necessary, for this end, to know the average production time of a batch in each equipment. Analyzing the obtained data, it was possible to nominate some of the problems that conditioned the production.

After clearly identifying the variables that were affecting the production capacity, an action plan was drawn up in order to increase this capacity through productive exchanges.

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer à Sika Portugal pela excelente oportunidade que me proporcionou, pela disponibilidade e condições para a execução deste projeto.

De seguida, gostaria de fazer um agradecimento especial ao Eng^o Marco Valente da Silva pela disponibilidade, pelo ensinamento e apoio que me prestou ao longo destes meses.

Não posso deixar de agradecer a todos os colaboradores da empresa, em especial da seção da produção, que me ajudaram em tudo o que podiam e sempre acreditaram em mim

Um obrigada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me proporcionar esta oportunidade e por me ter dado uma formação capaz de enfrentar mais uma etapa.

Ao meu orientador da FEUP, Professor Eduardo José Rego Gil Costa pela disponibilidade e dedicação.

À minha família, em especial Mãe, Pai, Ju e Cacá por serem quem são e por me tornarem naquilo que sou.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da Empresa Sika Portugal S.A.....	1
1.2	O Projeto de Análise da Capacidade Produtiva.....	3
1.3	Estrutura do Relatório.....	4
2	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1	LEAN.....	5
2.1.1	Value Stream Mapping (VSM).....	7
2.1.2	5S.....	8
2.1.3	Single Minute Exchange of Dies (SMED).....	9
2.2	Kaizen.....	10
2.3	Overall Equipment Effectiveness – OEE.....	13
3	Situação Antes do Projeto.....	15
3.1	Organização da Empresa.....	15
3.1.1	Planeamento da Produção.....	15
3.1.2	Setor dos Adjuvantes.....	16
3.1.3	Setor dos Mástiques.....	18
3.1.4	Setor das Tintas de Base Aquosa.....	20
3.1.5	Setor das Tintas de Base Solvente.....	24
3.1.6	Controlo da Qualidade.....	25
3.2	Fatores que Levaram à Realização deste Projeto.....	29
4	Medidas Propostas.....	31
4.1	Cálculo do OEE.....	31
4.1.1	Fatores que Afetam as Parcelas do OEE.....	34
4.1.2	Propostas de Melhoria.....	36
4.2	Análise das Capacidades.....	37
4.2.1	Aumentos de Capacidade.....	39
4.2.2	Comparação de Resultados.....	42
5	Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro.....	43
	Referências.....	45
	ANEXO A: Planta da Fábrica.....	47
	ANEXO B: Bidão, IBC e Depósitos.....	48
	ANEXO C: Documento “Registo de Produtividade e Eficiência”.....	49
	ANEXO D: Gráficos de Comparação de Capacidade Real Relativos ao Setor TBA.....	51
	ANEXO E: Gráficos de Comparação de Capacidade Real Relativos ao Setor TBS.....	52

Siglas

ADJ – Adjuvantes

APA – Armazém de Produto Acabado

CQ – Controlo de Qualidade

ERP – *Enterprise Resource Planning* (Sistema Informático Integrado de Gestão)

GP – Gestão da Produção

IBC – *Intermediate Bulk Container* (Contentor de Armazenamento de Stocks Intermédios)

MAS – Mástiques

MP – Matérias-primas

MTO – *Make To Order* (Produção para Encomenda)

MTS – *Make To Stock* (Produção para Stock)

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Índice Global de Eficácia dos Equipamentos)

PA – Produto Acabado

PP – Planeamento da Produção

SA – Semi Acabado

SAC – Serviço de Apoio ao Cliente

SKU – *Stock Keeping Unit* (Unidade Individual de Armazenamento)

TBA – Tintas Base Aquosas

TBS – Tintas Base Solvente

Índice de Figuras

Figura 1 - Kaspar Winkler, fundador, em 1910, da Sika AG. (Fonte: http://kg.gebrueder-duerst.ch/turicum/personen/winkler_kaspar.jpg)	1
Figura 2 - Logotipo da Sika AG. e da Sika Portugal S.A. (Fonte: http://pci-central.org/images/Sika-logo2014.gif).....	2
Figura 3 - Os 7 desperdícios do Lean (adaptado de http://engenharia-industrial.com/wp-content/uploads/2012/01/final_whitepaper_image3.png)	6
Figura 4 - Etapas de VSM.....	7
Figura 5 - Esquema dos 5S (http://kg.tpfeurope.com/5S_image.gif)	8
Figura 6 - KAIZEN - adaptado de (Singh and Singh 2009).....	10
Figura 7 - Ciclo PDCA - (Imai 1996)	11
Figura 8 - Ciclo SDCA - (Imai 1996)	11
Figura 9 - Componentes OEE (Da Silva 2009)	14
Figura 10 – Plastificadora	16
Figura 11 - Equipamentos “MAL02” e “MAL03”	17
Figura 12 - Equipamento “Sigunit”	17
Figura 13 - Equipamento "Latex" e mesa de enchimento.....	18
Figura 14 - Equipamentos "AMZ01", "AMZ02" e "AMZ08"	19
Figura 15 - Mesas de enchimento para butílicos	19
Figura 16 - Equipamento "MD500".....	20
Figura 17 - <i>Buffer</i> e mesa de enchimento da “MD500”	21
Figura 18 - Equipamento "MD01".....	21
Figura 19 - <i>Buffer</i> da “MD01” e misturadores "MDF01" e "MDF02"	22
Figura 20 - Mesa de enchimento da "MD01".....	22
Figura 21 - Caldeiros da seção TBA.....	23
Figura 22 - Zona de enchimento manual.....	23
Figura 23 - Equipamentos da seção TBS	24
Figura 24 - Caldeiros da seção TBS	25
Figura 25 - Viscosímetro.....	26
Figura 26 - Picnómetro.....	26
Figura 27 - Cartolina de contraste e espectrofotómetro	27
Figura 28 - Grindómetro	27
Figura 29 - Titulador automático	28
Figura 30 - Aplicação no vidro.....	28

Figura 31 - Aplicadores de filme	29
Figura 32 - Dessecador de infravermelhos e areia.....	29
Figura 33 - Apresentação e cálculo do OEE	31
Figura 34 – Diagrama temporal do processo de produção.....	32
Figura 35 – Diagrama temporal do processo de enchimento	33
Figura 36 – Novo esquema para o OEE da produção	34
Figura 37 - Novo esquema para o OEE do enchimento.....	35

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Estágios para se atingir o SMED - adaptada de (McIntosh et al. 2007)	9
Tabela 2 - Características dos equipamentos.....	38
Tabela 3 - Capacidades reais para 8 horas de trabalho	39
Tabela 4 - Capacidades reais para 12 horas de trabalho	40
Tabela 5 - Capacidades reais para 14 horas de trabalho	41
Tabela 6 - Capacidades reais para 16 horas de trabalho	41
Tabela 7 - Comparação dos resultados obtidos	42

1 Introdução

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial na Sika Portugal, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.1 Apresentação da Empresa Sika Portugal S.A.

Em 1910, na Suíça, surgiu pela mão de Kaspar Winkler, cuja fotografia é apresentada na Figura 1, a partir de dois produtos químicos para a limpeza e proteção de granitos e de uma argamassa impermeabilizante, batizada de Sika, a Kaspar Winkler & CO.. Apesar de vividos tempos iniciais conturbados, em 1921 a empresa já gozava de reconhecimento no seu mercado doméstico tendo consumado, com sucesso, o passo da internacionalização pela entrada no mercado alemão.



Figura 1 - Kaspar Winkler, fundador, em 1910, da Sika AG. (Fonte: http://kg.gebrueder-duerst.ch/turicum/personen/winkler_kaspar.jpg)

Seguiram-se anos prósperos onde a expansão mundial, reconhecimento dos mercados e passagem a empresa cotada na bolsa de valores suíça são uma realidade. No entanto os recessivos anos 70 alteraram o panorama da organização que se viu a braços com uma grande crise interna, que só foi possível ultrapassar com enorme esforço, comprometimento e reestruturação de toda a hierarquia da empresa. Para ultrapassar este período mais conturbado foi também essencial o crescimento de mercado do Sikaflex, um produto que, embora já existente, se torna num líder de mercado, permitindo a entrada da empresa no importante segmento de negócio da indústria automóvel.

Ultrapassado este período, durante os anos 80 e 90 a Sika AG. registou um impressionante crescimento do seu volume de faturação e a consolidação da sua imagem como uma multinacional, pela inauguração de novas filiais em novos e emergentes mercados. A incorporação de novas empresas na sua estrutura passou também a ser uma realidade a par com a racionalização da atividade pelo encerramento de departamentos não lucrativos.

Atualmente, a Sika AG continua sediada em Baar, na Suíça, sendo reconhecida como líder de mercado na área dos produtos químicos destinados aos setores da construção civil e indústria automóvel. Presente em mais de 80 países e empregando cerca de 16.000 colaboradores, a Sika prevalece fiel à dinâmica que lhe permitiu atingir o centenário, apostando, continuamente, num crescimento sustentado por uma estratégia focada no cliente, em produtos inovadores e presença mundial. O seu lema é “*Construir Confiança*”, como se consegue ver no logotipo da Figura 2.



Figura 2 - Logotipo da Sika AG. e da Sika Portugal S.A. (Fonte: <http://pci-central.org/images/Sika-logo2014.gif>)

Com forte posicionamento nas indústrias da construção e automóvel, a Sika desenvolve a sua atividade em torno de cinco principais competências:

- ◆ Selagem: operação que visa minimizar o fluxo de gases e/ou líquidos entre cavidades e interstícios, assegurando em simultâneo, a redução dos processos de difusão térmica.
- ◆ Colagem: união permanente de diferentes materiais destinados a aplicações distintas, salvaguardando contudo, as necessidades e especificações operacionais destas.
- ◆ Isolamentos: aplicados a estruturas fixas ou móveis com o propósito de reduzir os índices de ruído, vibrações e influências térmicas com vista a um superior conforto e utilização e usabilidade.
- ◆ Reforço estrutural: processos destinados a permitirem o incremento de carga, dinâmica ou estática, adicional em estruturas fixas ou móveis, que podem ir de estruturas de betão a carroçarias automóveis.
- ◆ Proteção: metodologias que quando aplicadas permitem uma superior durabilidade das estruturas face a agressões meteorológicas, químicas, poluição ou fogo, sendo estas em betão ou ligas metálicas.

A estratégia da Sika AG. surge cimentada pela certificação de grande parte das suas filiais pelas normas ISO 9001 e ISO 14001 no sentido de salvaguardar a qualidade dos seus produtos e dos processos de produção a eles subsequentes, garantindo, em simultâneo, uma postura face a questões ambientais responsável e que integra preocupações ecológicas em todo o ciclo dos seus produtos, do projeto de desenvolvimento até à sua aplicação.

Em Portugal, a Sika AG. encontra-se representada pela sua subsidiária Sika Portugal, SA. desde 1957. Sediada em Vila Nova de Gaia, a Sika Portugal detém ainda uma delegação de apoio em Lisboa, responsável pelos serviços técnico-comerciais, e uma unidade produtiva em Ovar, responsável pela operação logística de distribuição e investigação e desenvolvimento (I&D).

Na unidade produtiva de Ovar são produzidas tintas de base aquosa (TBA) e tintas de base solvente (TBS), adjuvantes (ADJ) e mástiques (MAS). Os processos produtivos encontram-se plenamente adaptados para a produção independente destes produtos de acordo com as especificações garantidas pelas fichas técnicas dos mesmos. Para tal, esta unidade detém uma unidade laboratorial dedicada, entre outros, a operações de controlo de qualidade.

De acordo com a política internacional que regulamenta o grupo onde se insere, a Sika Portugal, SA, privilegia a importância da qualidade dos seus produtos e dos seus serviços, assumindo-se, em paralelo, como empresa orientada por uma conduta de sustentabilidade e responsabilidade social, demonstrando, por isso, a sua preocupação com o meio ambiente e participando ativamente em vários compromissos ambientais e ações de solidariedade.

1.2 O Projeto de Análise da Capacidade Produtiva

A avaliação da capacidade produtiva de um processo industrial é, hoje mais que nunca, vital para um desempenho consolidado da atividade de uma empresa que assenta o seu modelo de negócio na comercialização de produtos próprios.

A necessidade de ponderar os proveitos obtidos com os produtos produzidos em função da utilização dos recursos disponíveis e dos custos efetivos que a sua exploração acarreta é uma necessidade emergente, na medida em que promove a salvaguarda de uma posição competitiva pela racionalização do processo produtivo.

Nesse sentido, e sendo a Sika uma empresa dinâmica e orientada para uma postura no mercado de liderança, surge, no seio da mesma, a necessidade de mensurar a capacidade dos seus processos produtivos com vista a conhecer o seu posicionamento relativamente aos recursos que detém e explora para, de forma sustentada, empreender, com base num sólido plano de ações, um processo continuado de melhoria ao nível da eficiência de exploração.

O projeto de análise da capacidade produtiva surge da necessidade anteriormente identificada e com o objetivo concreto de avaliar sistematicamente a taxa de eficiência de todos os processos produtivos para verificar o impacto global em todo o contexto de operações. Com fundação na avaliação da utilização das capacidades instaladas de forma a permitir a aferição da real eficiência dos processos, pretende-se o desenvolvimento de um indicador de desempenho que evidencie de forma clara as carências e oportunidades de melhoria dos processos.

Do presente projeto espera-se que seja produzida uma ferramenta de controlo que, pela sua transversalidade, identifique a cada momento, e com efeitos retroativos, claras falhas e oportunidades de melhoria dos processos, quantificando-as devidamente e permitindo uma análise do desvio fundamentada em causas identificadas. A obtenção da quantificação da eficiência permitirá também posicionar a Sika Portugal face às suas congéneres do grupo, ao nível da eficiência de exploração e da atividade.

Pela atualização dos procedimentos de aferição de tempos com base numa estruturada pesquisa de informação teórica pretende-se ainda colmatar questões relacionadas com a não consideração de ações de ajuste, afinação e controlo para a avaliação do desempenho dos processos. Assim, será possível compreender o real impacto de todas as operações no processo e otimizá-lo, no sentido de reduzir desperdícios de forma sustentada numa priorização de acordo com a maior ou menor influência que certa operação induz no processo final.

Por fim, deseja-se que todo o guiamento da execução e implementação do projeto seja realizado com base num plano de ações sólido e devidamente pensado, de forma a garantir que o resultado final se consegue de forma sustentada e que, depois de terminado, as ferramentas introduzidas no quotidiano da empresa prevaleçam em utilização efetiva pelos colaboradores, auxiliando a gestão na capacidade de decisão a nível administrativo, na medida em que permitem uma análise crítica de resultados com base numa ferramenta de suporte.

1.3 Estrutura do Relatório

O presente relatório encontra-se dividido em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi feita uma descrição da empresa onde decorreu o projeto e do projeto propriamente dito, assim como dos respetivos objetivos.

No segundo capítulo, Revisão Bibliográfica, é compilada a informação teórica de carácter científico, de suporte ao desenvolvimento das atividades executadas.

No terceiro capítulo é descrita a situação da unidade industrial onde o projeto foi realizado, sendo feito o levantamento dos fatores que levaram à necessidade de implementação do atual projeto de melhoria.

No quarto capítulo são expostas as metodologias de execução do projeto e as ações de melhoria propostas, da implementação das ações definidas e de aferição de resultados. Neste capítulo apresentam-se, também, as constatações resultantes da aplicação prática das metodologias definidas e dos trabalhos desenvolvidos no âmbito do projeto.

No quinto capítulo são enunciadas as conclusões provenientes dos trabalhos realizados, enunciando, posteriormente, um conjunto de propostas de melhorias e/ou trabalho futuros.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo será feita uma revisão à bibliografia sobre três temas que são considerados importantes para uma melhor compreensão da realização do projeto.

Os temas abordados serão o *Lean*, o *Kaizen* e o *Overall Equipment Effectiveness*.

2.1 LEAN

A filosofia *Lean* foi desenvolvida no Japão, na década de 1950, por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, juntamente com Shigeo Shingo (Gibbons 2006). Caracteriza-se por procurar a perfeição, eliminando qualquer atividade que não contribua com valor para o cliente (desperdício), atendendo às suas necessidades e expectativas (Zammori, Braglia, and Frosolini 2011) e baseado na lógica de que “nada se produz até que seja necessário” (Jacobs and Chase 2011).

Uma abordagem *lean* segue cinco princípios fundamentais (Nave 2002):

1. Identificar quais os recursos que criam valor do ponto de vista do cliente;
2. Identificar sequências de atividades que criam a cadeia de valor (conjunto de ações a desenvolver desde que é feita uma encomenda) e eliminar processos que não criam valor;
3. Fazer o fluxo de atividades sem interrupções;
4. Criar sistemas “*pull*”, ou seja, permitir ao cliente “puxar” o produto, só o produzindo aquando de uma encomenda, em vez de o empurrar na sua direção;
5. Perseguir a perfeição conseguindo zero *stocks*, zero erros e tempo de entrega zero.

Os objetivos fundamentais, segundo Sottile, Jon, and Detty (2000), são obter a máxima satisfação do cliente, eliminar totalmente os desperdícios e manter o máximo de respeito pelos colaboradores durante o processo. Para se conseguir uma máxima satisfação do cliente é necessário conhecer as suas necessidades, desenhando o produto e o processo ao seu gosto, com a melhor qualidade, preço e tempos de entrega. Cada passo do processo tem de criar valor para o cliente e qualquer atividade que assim não seja tem de ser eliminada. Durante todo o processo os colaboradores são considerados um ativo, sendo valorizados pelo seu intelecto.

Para Drew, McCallum, and Roggenhofer (2004) os objetivos do processo *lean* são otimizar a qualidade, diminuindo os custos e os prazos de entrega. Para tal, tem que se eliminar as três fontes de perda de capacidade do sistema produtivo: desperdícios, variabilidade e inflexibilidade.

Como já referido anteriormente, um conceito fundamental do *lean* são os desperdícios, nos quais Ohno se focou em eliminar. O valor criado contrasta com o desperdício acumulado, daí que eliminando-os se aumenta o valor oferecido ao cliente. A Figura 3 identifica esses problemas (Gibbons 2006).

Os principais desperdícios (ou *muda*), referidos por Sottile, Jon, and Detty (2000) são sete:

1. **Excesso de produção (*Over Production*)** – Considerado um dos piores desperdícios, implica consumos desnecessários, ocupações desnecessárias e *stocks* excessivos.

Impede um bom fluxo dos produtos e pode regredir a qualidade destes. Apenas se deve produzir o que é necessário.

2. **Espera (*Waiting*)** – Pode ocorrer por vários motivos (falhas de equipamentos, falta de matérias primas, falta de operadores.), fazendo com que uma etapa de produção não forneça a etapa seguinte atempadamente. Deve-se tentar minimizar, ou até mesmo eliminar, estes tempos, tentando melhorar os planos de produção ou manutenção e otimizar os recursos disponíveis.
3. **Excesso de inventário (*Inventory*)** – Tanto pode ser de matéria-prima como de produto acabado. Criam ocupações desnecessárias e podem fazer com que produtos fiquem desatualizados ainda dentro da empresa. Mais uma vez, a solução passa por produzir apenas o que é necessário, planear as necessidades de material e adotar uma política *just in time*.
4. **Transporte de material (*Conveyance*)** – Um transporte desnecessário é aquele que não acrescenta valor ao produto. Pode ocorrer devido a um mau *layout* fabril ou a falta de organização por parte dos operadores. A regra fundamental para evitar este desperdício passa por conseguir o *layout* mais apropriado, tentando manter, por exemplo, as matérias-primas perto dos postos de trabalho onde são necessárias.
5. **Movimento do operador (*Motion*)** – Qualquer movimento como levantar, baixar ou esticar que possa ser evitado é considerado um desperdício. Leva à exaustão dos trabalhadores e pode levar a produtividades baixas. Devem ser melhorados os locais de trabalho por forma a evitar esses movimentos por parte do operador.
6. **Processo incorreto (*Overspec'd*)** – Pode ocorrer por instruções pouco claras ou falta de conhecimento por parte do operador. Deve ser melhorada a comunicação ou padronizar cada posto para cada operador.
7. **Defeitos (*Rework*)** – Definem-se como produtos que não cumprem as especificações do cliente, o que acarreta custos pois vão ter de ser retrabalhados ou produzidos de novo. Recorrer a um bom controlo interno da qualidade ou melhorias no serviço são formas de evitar este tipo de desperdício.



Figura 3 - Os 7 desperdícios do Lean (adaptado de http://engenharia-industrial.com/wp-content/uploads/2012/01/final_whitepaper_image3.png)

Uma filosofia *Lean* utiliza diversas ferramentas conforme o sistema de produção em que se encontra inserida, que se focam na mudança do sistema fazendo com que seja capaz de se adaptar à evolução das necessidades dos clientes. Algumas das ferramentas capazes de analisar e projetar as metodologias necessárias para essa alteração são

- ◆ VSM (*Value Stream Mapping*),
- ◆ 5S,
- ◆ *Single Minute Exchange of Dies* (SMED),
- ◆ *Kaizen*, e
- ◆ *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

(Plenert 2007).

2.1.1 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM é uma ferramenta visual que ajuda a encontrar desperdícios escondidos (e a sua fonte) na cadeia de valor e que se concentra em reduzir os tempos de entrega.

Envolve todas as etapas do processo, tanto as que adquirem valor como as que não adquirem, necessárias para a realização de um produto.

É essencialmente importante a habilidade de conhecer o cliente e compreender as suas necessidades e o envolvimento de toda a equipa responsável pelos processos.

Um VSM inclui o mapeamento do estado atual – AS IS – enquanto se foca no estado futuro – TO BE. Para conseguir chegar ao VSM desejado é necessário seguir quatro etapas fundamentais. A primeira passa por selecionar a família de produtos a analisar, a segunda é o processo de construção do VSM atual com base em informações recolhidas através da família escolhida, a terceira etapa é a construção do VSM desejado com base no VSM atual e nas ações de melhoria possíveis e por último implementar essas ações (Thorsen 2005).

A Figura 4 mostra as etapas que são necessárias para se chegar ao VSM desejado.

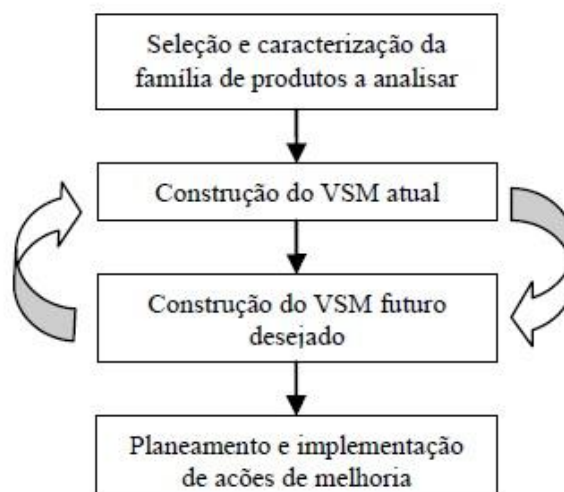


Figura 4 - Etapas de VSM

2.1.2 5S

O método dos 5S é um método muito simples, desenvolvido por autores japoneses, que consiste em eliminar os “*muda*” (desperdícios), os “*mura*” (anomalias) e os “*muri*” (instabilidades) do local de trabalho. É composta por cinco ações sequenciais que podem ser definidas como (Pranckevicius, Diaz, and Gitlow 2008):

1. **Seiri (Organizar)** – Classificar e eliminar todas as ferramentas/itens não necessárias naquele local de trabalho.
2. **Seiton (Arrumar)** – Arrumar todas as ferramentas/itens necessárias ao operador tornando-as mais acessíveis, aumentando a eficácia e eficiência das atividades.
3. **Seiso (Limpar)** – Considerar que um local de trabalho sujo é intolerável. Compete ao operador garantir que o seu posto de trabalho se encontra limpo e organizado.
4. **Seiketsu (Padronizar)** - Promover a criação de normas e padrões apoiados em ajudas visuais. Engloba as três fases anteriores.
5. **Shitsuke (Disciplinar)** – Implementar sistemas para controlar a melhoria, ações de sensibilização e formação para criar disciplina diária que assegure o cumprimento dos 5S.

Estas cinco ações podem ser visualizadas de forma mais resumida na Figura 5.

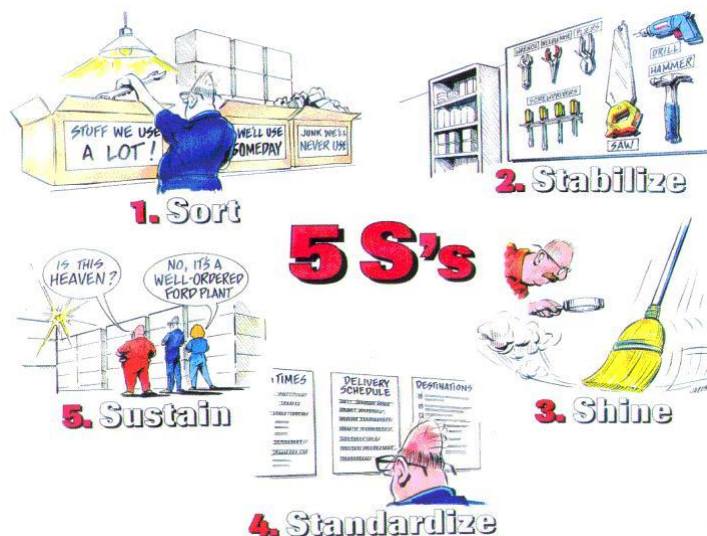


Figura 5 - Esquema dos 5S
(http://kg.tpfeurope.com/5S_image.gif)

Nem sempre a mudança é bem aceite. Por esta razão a primeira etapa desta ferramenta é preparar mentalmente os funcionários para esta alteração antes de a implementar e mostrar que alguns dos benefícios de incorporar o 5S numa empresa são:

- ◆ Cria um ambiente limpo, agradável e seguro;
- ◆ Revitaliza o chão de fábrica, motivando os funcionários;
- ◆ Ajuda a eliminar diversos tipos de *muda*;
- ◆ Ajuda os funcionários a adquirir autodisciplina;
- ◆ Melhora a eficiência do trabalho e reduz custos operacionais (Imai 1996).

2.1.3 Single Minute Exchange of Dies (SMED)

O SMED consiste numa ferramenta que analisa e reduz os tempos de *setup* de um equipamento. O seu principal objetivo é conseguir executar esses *setups* num número de minutos expressos em apenas um dígito, tentando assim reduzir drasticamente esses tempos (Shingo 1989).

Os *setups* podem ser de dois tipos: internos, que consistem em todas as operações que apenas podem ser realizadas com a máquina parada, e externos que se podem realizar com a máquina em funcionamento.

Shingo (1985) defende que para se conseguir atingir o SMED é necessário seguir três estágios, que se encontram definidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Estágios para se atingir o SMED - adaptada de (McIntosh et al. 2007)

Estágio	Técnicas de melhorias assinaladas
Estágio 1: Separar setups internos de externos	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar checklists de tarefas; • Executar verificações técnicas; • Melhorar o transporte de ferramentas.
Estágio 2: Converter setups internos em externos	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar atempadamente as operações; • Padronizar as funções.
Estágio 3: Simplificar todos os aspetos das operações de setups	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar o armazenamento e transporte de ferramentas; • Implementar operações paralelas; • Eliminar ajustes.

Se for possível implementar esta ferramenta com sucesso obter-se-á uma redução de custo de mão-de-obra, aumento do tempo útil para produzir e a frequência de *setups* diminuirá. O sistema consegue assim responder mais rapidamente à procura do mercado.

A filosofia *Kaizen* e a ferramenta *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) serão abordadas em subcapítulos seguintes por serem essenciais para o estudo desta dissertação.

2.2 Kaizen

“Today's best, which superseded yesterday's, will be superseded by tomorrow's...” Henry Ford

Kaizen (Figura 6) é uma palavra japonesa que advém da junção de duas palavras: *kai* que significa “mudança” e *zen* que significa “para melhor”. Besta and Lenort (2008) definem *kaizen* como “melhoria contínua ordenada e gradual”.



Figura 6 - KAIZEN - adaptado de (Singh and Singh 2009)

Imai (1996) definiu *kaizen* como “processo de melhoria contínua em qualquer aspeto da vida, seja pessoal, social, em casa ou no trabalho”. No ambiente empresarial definiu *kaizen* como “processo gradual de melhoria contínua na procura da perfeição da atividade realizada”. *Kaizen* é um processo, que tem como objetivo reduzir desperdícios, que engloba toda a população da empresa desde a chefia ao trabalhador, este é estimulado a criar melhores condições na sua área de trabalho, a combater a rotina do dia-a-dia, alterando-a para se sentir mais motivado, e a ser criativo sem medo de não ser ouvido (Besta and Lenort 2008).

É um processo rigoroso, mas sem ser burocrático (Grabán 2014).

A filosofia *kaizen* guia-se por alguns princípios, mas Imai (1996) salientou cinco princípios que considerou os mais importantes (Al Smadi 2009):

1 – Processos e resultados

Kaizen é uma filosofia que depende essencialmente do esforço humano para melhorar os resultados e isso requer um processo de melhoria. Uma abordagem orientada nesse sentido de melhoria é conhecida como “Plan – Do – Check – Act” (PDCA). “Plan” é a fase de escolha do alvo para melhoria e que se planeia o que se vai fazer, “Do” é a fase de implementação do plano, “Check” é a fase de controlo das melhorias efetuadas pelo plano e “Act” é a fase de implementação e normalização do novo e melhorado processo e de definição de novos alvos para novos ciclos de melhoria. É conhecido como “ciclo de melhoria” e pode ser consultado na Figura 7.

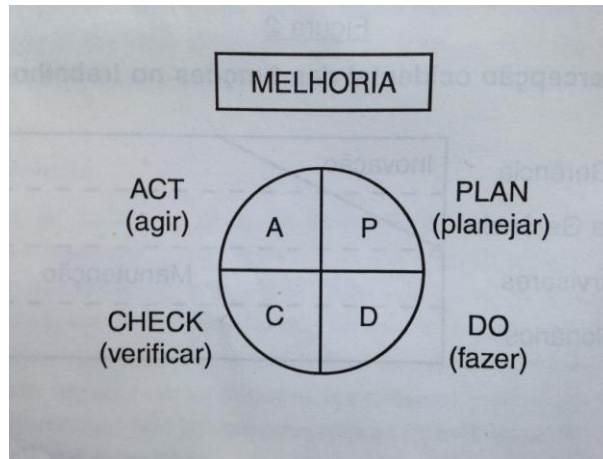


Figura 7 - Ciclo PDCA - (Imai 1996)

À medida que o processo, após cada ciclo de melhoria, se torna instável devido à natureza das mudanças, um segundo ciclo é necessário para o estabilizar. Este segundo ciclo é descrito como “ciclo de normalização” e é referido como “*Standardize-Do-Check-Act*” (SDCA). O principal objetivo deste ciclo é resolver as anormalidades resultantes do processo de trabalho e trazê-lo de volta para a harmonia antes de iniciar um novo ciclo de melhoria. Este ciclo, que se encontra definido na Figura 8, mantém os processos de trabalho correntes, enquanto o PDCA os melhora.

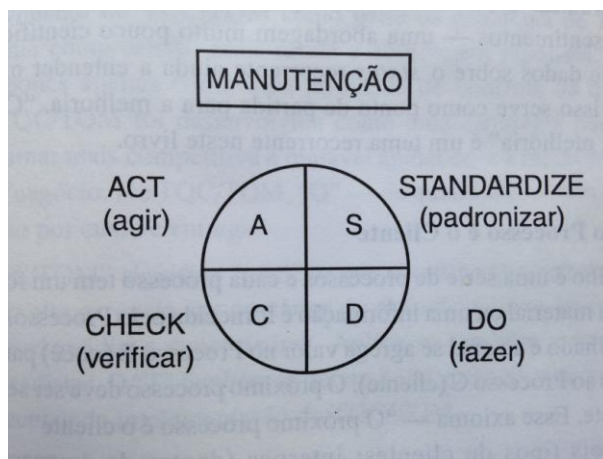


Figura 8 - Ciclo SDCA - (Imai 1996)

2 – Qualidade em primeiro lugar

Outro princípio do *kaizen* é a melhoria do desempenho através de três dimensões: qualidade, custo e entrega (QCD). Qualidade é o critério mais importante para um cliente fazer a compra, define-a como a percepção das características de um produto, incluindo a qualidade do processo por que este passa. O custo, normalmente é visto do lado do fabricante, como o custo de fazer e vender o produto. Muito importante para o custo é conseguir a eliminação de desperdícios em muitos aspetos do trabalho. Entrega refere-se a conseguir entregar a quantidade de produto desejada no sítio certo e à hora certa.

3 – Dados vs palpites

A filosofia *kaizen* é vista como um processo que resolve problemas. Mas para poder resolvê-los efetiva e eficientemente, é necessário recolher e avaliar dados relevantes. O modelo viu este requisito como algo obrigatório para melhorias contínuas.

4 – O próximo processo é o cliente

O *kaizen* vê todo o trabalho de uma organização como vários processos interligados, cada um tem um fornecedor e um cliente. O fornecedor oferece ao processo “*inputs*” (materiais e/ou informação). O cliente pode pertencer à organização (cliente interno) ou ser o comprador final (cliente externo). O cliente recebe os “*outputs*” do processo anterior.

Tendo isto em conta, todos os indivíduos dentro da organização interagem com os clientes, internos ou externos. Ou seja, o processo seguinte é sempre visto como um cliente. O modelo *kaizen* leva a um compromisso em que os funcionários nunca fornecem informações incorretas ou materiais defeituosos aos que se encontram na fase seguinte. Isto significa que, o *kaizen* tentou estabelecer um compromisso de melhoria nos processos em curso através da organização para garantir que os clientes externos recebem sempre produtos de alta qualidade.

5 – Gestão Visual

Gestão visual é outro princípio do *kaizen* que permite que os problemas sejam visíveis a toda a gente dentro do processo de trabalho, para que as correções possam ser feitas atempadamente e para que problemas similares não voltem a aparecer. É uma parte integrante do *kaizen* e tem três finalidades:

- **Tornar os problemas visíveis** – onde se pratica a gestão visual, as anomalias são visíveis à gestão logo que ocorrem e tratadas de forma eficaz em tempo real. Isto minimiza a probabilidade de problemas semelhantes ocorrerem no futuro;
- **Ficar em contato com a realidade** – quando o desempenho do processo é feito de forma transparente, normalmente através de desempenhos documentados, os trabalhadores e os gestores mantêm-se em contato direto com os desenvolvimentos na zona de trabalho para se manter em contato com a realidade. De uma maneira geral, isso mantém os processos controlados e avisa previamente mal se detete uma anomalia;
- **Estabelecer metas** - o terceiro objetivo é estabelecer metas para níveis de melhoria programada. Assim, todos os membros da organização ficam conscientes das expectativas relativas às melhorias. Através da gestão visual, o *kaizen* tentou visualizar problemas de desempenho entre níveis reais e níveis que se quer alcançar e tentou remover obstáculos à melhoria contínua.

Segundo a filosofia *Kaizen*, nenhum dia deve seguir sem que haja qualquer tipo de melhoria numa organização (Al Smadi 2009).

2.3 Overall Equipment Effectiveness – OEE

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é utilizado como indicador chave de desempenho e serve, também, para planejar a capacidade, controlar o processo, calcular custo de perdas de produção e identificar melhorias nos processos de fabrico através de uma análise detalhada da eficiência.

Não deve ser utilizado como critério para aceitação do equipamento, uma vez que envolve fatores externos ao equipamento (Da Silva 2009).

O OEE é calculado pela fórmula:

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade$$

Onde,

- ♣ Disponibilidade é o tempo em que a máquina realmente produz, comparando com o tempo para que estava programada produzir
- ♣ Eficiência é a comparação entre a produção que um equipamento é capaz de realizar e aquela que se espera no mesmo espaço de tempo;
- ♣ Qualidade é a quantidade de materiais produzidos que respeitam as especificações (Zammori, Braglia, and Frosolini 2011).

Sharma, Kumar, and Kumar (2006) sugerem que para se conhecer esse desempenho basta combinar os melhores resultados da qualidade, eficiência e disponibilidade e definem seis tipos de desperdícios:

1. **Avarias** – devem-se a falhas esporádicas dos equipamentos, superiores a 5 minutos;
2. **Setups/ajustes** - ocorrem quando termina a produção de um produto e se ajusta o equipamento para atender aos requisitos do produto seguinte;
3. **Pequenas paragens** – quando a produção é interrompida devido a uma avaria temporária, inferior a 5 minutos, ou quando o equipamento se encontra em marcha lenta;
4. **Redução da velocidade** – acontece quando a velocidade para a qual o equipamento foi projetado é diferente da velocidade a que o equipamento realmente consegue operar;
5. **Defeitos e retrabalhos** – perdas de qualidade causadas pelo mau funcionamento do equipamento produtivo;
6. **Start up** – acontece no arranque dos equipamentos, quando o processo ainda não estabilizou.

As avarias e *setups/ajustes* ocorrem devido a tempos de inatividade, o que vai diminuir a disponibilidade do equipamento. Se o equipamento operar abaixo das condições ótimas podem ocorrer os desperdícios 3 e 4, o que irá afetar a sua eficiência. A taxa de qualidade diminui com o aumento de número de defeitos 5 e 6 (De Ron and Rooda 2006).

A Figura 9 ilustra as avarias e os componentes do OEE que afetam, caso ocorram.



Figura 9 - Componentes OEE (Da Silva 2009)

As estratégias para combater estas perdas podem ser preventivas ou corretivas, em função dos objetivos e dos prazos a obter. Combatendo-as consegue-se melhorar o OEE (Da Silva 2009).

Teoricamente, nenhum dos fatores do OEE pode ser superior a 100%. Quando isso acontece é sinal de que o equipamento consegue produzir a uma velocidade nominal superior à velocidade considerada padrão (Da Silva 2009).

Num ambiente de produção, o OEE pode ser aplicado a diferentes níveis: primeiro como ponto de referência para medir o desempenho inicial de um equipamento (OEE inicial), podendo ser usado para comparação com valores medidos no futuro, quantificando a melhoria feita. Em segundo lugar, qualquer OEE calculado para uma linha de produção pode ser usado para comparações em toda a fábrica, destacando desempenhos mais fracos. Por último, se um equipamento trabalhar individualmente, a medição do OEE pode destacar qual o seu pior desempenho, informando onde concentrar os recursos necessários (Dal, Tugwell, and Greatbanks 2000).

3 Situação Antes do Projeto

Neste capítulo é feita uma descrição da forma como a empresa está organizada e de como a produção é efetuada.

3.1 Organização da Empresa

A fábrica da Sika em Ovar está dividida em quatro setores. Neste capítulo explicar-se-á o funcionamento de cada um, focando mais nos setores de tintas de base solvente (TBS) e de tintas de base aquosa (TBA) pois são setores decisivos para este projeto, visto que as melhorias de capacidades apenas incidiram sobre eles. Os sectores mástiques (MAS) e adjuvantes (ADJ) não foram considerados no cálculo, pois o setor dos MAS contém um volume de produção pequeno e o setor de ADJ é muito automatizado, com um nível de mão-de-obra direta com funções de supervisão. Uma planta da fábrica pode ser consultada no anexo A.

Pela sua relevância no *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), será também feita uma descrição da área do controlo da qualidade

3.1.1 Planeamento da Produção

Em 2010 a Sika Portugal adotou o modelo de gestão *Pull System*. Este modelo foi acompanhado por uma profunda implementação *Lean* em toda a unidade de Ovar. No decorrer destes últimos tempos, a Gestão da Produção (GP) tem sido mais assertiva e tem conseguido obter ganhos na sua flexibilidade. Para estes ganhos ocorrerem, procedeu-se a várias alterações profundas no sistema de controlo e gestão implementado.

Neste momento, todo o planeamento de produção tem como base um modelo de programação algorítmica no *Enterprise Resource Planning* (ERP) em vigor, Axapta 2009. Semanalmente é efetuada uma avaliação da classificação de todos os *Stock Keeping Unit* (SKU) com base na rotação que obtiveram. O resultado será classificá-los em *Make To Order* (MTO) ou *Make To Stock* (MTS), sendo garantida uma análise dinâmica dos *stocks*, tendo como objetivo principal aumentar o nível de serviço.

Uma encomenda é efetuada pelo cliente ao serviço de apoio ao cliente (SAC), em Gaia, que por sua vez a introduz no sistema, ficando visível para todos os departamentos. A encomenda, por sua vez, despoleta necessidades, quer de reposição de *stock*, quer de matérias-primas (MP) e consumíveis. De forma horizontal, uma necessidade de reposição de *stock* origina uma necessidade de enchimento, que por sua vez origina uma necessidade de produção, que por fim obriga a reserva informática ou encomendas de MP e consumíveis.

Após a criação destas necessidades informaticamente, o setor de planeamento da produção (PP) recolhe todas as necessidades e define prioridades com base no *feedback* disponibilizado pela área comercial (prazos, datas, clientes, urgências). No final da agregação de toda a informação o PP elabora um plano de produção diário que por sua vez disponibiliza à GP, que acompanha este plano de produção emitindo as ordens de produção necessárias.

Após a finalização da produção e confirmada a validação do controlo de qualidade (CQ), a GP efetua o fecho informático da ordem de produção e lança uma ordem de enchimento para o setor de enchimento definido. No fim do enchimento, a GP efetua o fecho informático da ordem de enchimento e disponibiliza o documento ao armazém de produto acabado (APA), para que este possa vir recolher o produto.

Na Figura 10 pode-se ver uma encomenda a ser plastificada para ser recolhida pelo APA.



Figura 10 – Plastificadora

3.1.2 Setor dos Adjuvantes

Este setor é responsável pela produção de aditivos, tendo apenas um operador responsável pela sua manutenção, sendo a produção quase toda automatizada.

O setor contém quatro equipamentos que se podem distinguir por três deles se encontrarem numa plataforma onde se produzem todas as referências, exceto uma que se produz no quarto equipamento que se encontra à parte.

Os equipamentos que se encontram na plataforma são a MAL02, MAL03 e a Sigunit. A MAL02 e a MAL03 são equipamentos semelhantes, ambos capazes de produzir até 10.000 l. Todas as MP líquidas são adicionadas automaticamente, sendo o operador que dá entrada delas no sistema. As MP sólidas têm que ser depositadas manualmente. O enchimento é feito ou para bidões ou para *Intermediate Bulk Container* (IBC) se o aditivo for para uso interno, ou para depósitos exteriores se o aditivo for para enchimento de camiões.

Os equipamentos apenas são lavados quando se efetuam produções de tonalidades mais claras após produções mais escuras.

Os equipamentos MAL02 e MAL03 podem ser visualizados na Figura 11.



Figura 11 - Equipamentos “MAL02” e “MAL03”

A Sigunit (Figura 12) consegue produzir 14000 kg e o método de produção é algo complexo. Devido a essa complexidade o equipamento é totalmente dedicado à produção de uma só referência. Além disso, foi feito um investimento profundo ao nível da automação, que permite que todas as MP sejam introduzidas por sistemas automáticos. O enchimento apenas é feito para os depósitos exteriores à fábrica.



Figura 12 - Equipamento “Sigunit”

Fora da plataforma encontra-se o equipamento Latex, que tem capacidade de produzir até 10000 kg e é completamente automatizado, sendo todas as MP líquidas adicionadas através do sistema de automação. Acoplada ao equipamento encontra-se uma mesa de enchimento automática (MEA03) para bilhas de 2,5 e 20 l. Apesar de automática, é necessário que esteja sempre um operador perto da máquina pois a adição das bilhas tem de ser feita manualmente. Este equipamento e a mesa de enchimento a ele acoplada podem ser vistos na Figura 13.



Figura 13 - Equipamento "Latex" e mesa de enchimento

Qualquer produto fabricado neste setor passa pelo controlo de qualidade antes de se poder passar ao processo de enchimento seja de bilhas, bidões, IBC ou depósitos. Imagens de bidões, IBC e depósitos podem ser consultadas no anexo B.

3.1.3 Setor dos Mástiques

O setor dos mástiques é o setor responsável pela produção de butílicos, contando com três amassadeiras industriais AMZ01, AMZ02 e AMZ08, que apenas se diferenciam pela quantidade máxima que conseguem produzir. A AMZ08 é a que tem maior capacidade e chega aos 1500 kg, enquanto que as restantes amassadeiras apenas conseguem uma produção de 600 kg.

Nenhuma das máquinas é automatizada. O operador responsável tem que fazer uma prévia pesagem de todas as MP, líquidas ou sólidas, e temporizar as suas adições.

Os três equipamentos encontram-se apresentados na Figura 14.

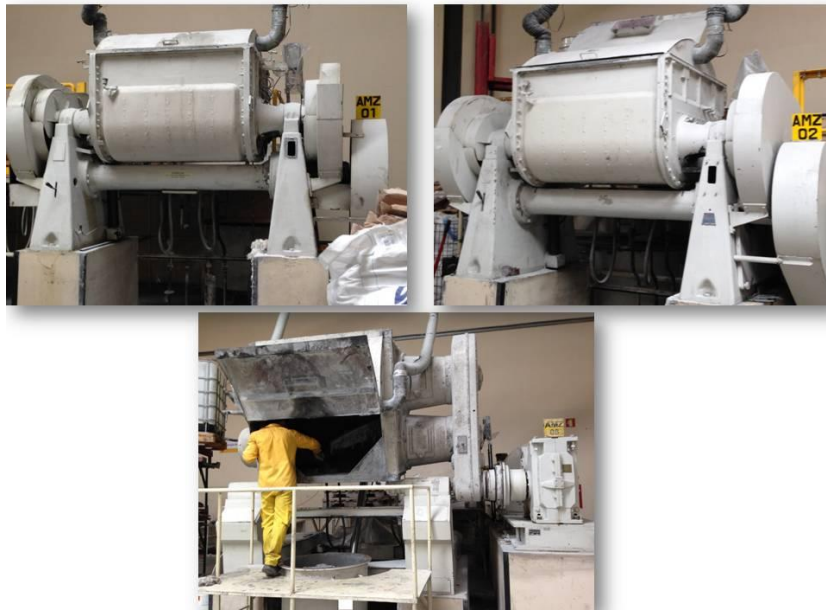


Figura 14 - Equipamentos "AMZ01", "AMZ02" e "AMZ08"

O controlo destes produtos é efetuado num laboratório dedicado, não interferindo com o controlo dos restantes setores e não foi incluído no estudo.

A remoção do produto é feita manualmente para caldeiros ou bidões e são necessários dois operadores. O segundo operador é responsável pelo enchimento de mástiques e pelo nivelamento do produto, na fase de remoção .

A lavagem dos equipamentos só é efetuada se houver alteração de produtos de uma produção para a outra.

Caso a remoção seja feita para caldeiros, é efetuado o enchimento que pode ser em cartuchos (MEC02) ou em sacos (MEU01), conforme as encomendas. Na Figura 15 podem-se ver as duas mesas de enchimento para mástiques.

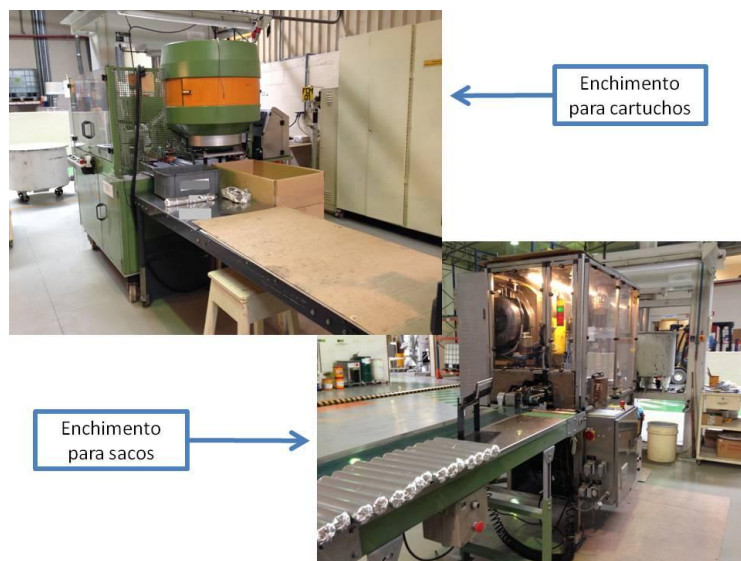


Figura 15 - Mesas de enchimento para butílicos

3.1.4 Setor das Tintas de Base Aquosa

No setor das TBA é onde se verifica o maior aumento de procura, o que origina que seja o setor onde há um foco maior por parte da gestão. É composto por três zonas distintas: duas zonas de plataforma que incluem os equipamentos para fabricos de maior quantidade e uma zona de caldeiros para fabricos de quantidades menores.

Numa primeira zona existe o misturador dispersor MD500 (Figura 16), o maior deste setor, com uma capacidade de 7000 kg. Quase todo o processo é automático, sendo as MP líquidas armazenadas em estantes (supermercado) e as MP sólidas penduradas numa estrutura metálica devidamente desenvolvida para suportar “big bags” de 1000 kg. São usadas duas referências de MP sólidas em maior quantidade, sendo estas adicionadas por um sistema automático. As restantes MP são adicionadas manualmente.

No final do fabrico os produtos com cor passam por um processo de controlo visual de cor, onde o operador compara com uma amostra padrão efetuando os ajustes ao produto que verifique serem necessários, após os quais são levados para o CQ.



Figura 16 - Equipamento "MD500"

Ao equipamento MD500 encontra-se ligado um *buffer* (Buffer 02), também com 7000 kg de capacidade, que serve de “armazém temporário” do produto. Assim não é necessário esperar que o CQ dê permissão para se fabricar outro *batch*, podendo dar seguimento ao fabrico e, caso sejam necessários ajustes, estes podem ser feitos no *buffer*, ou até mesmo ir produzindo um *batch* e enchendo outro. Desta forma, consegue-se obter uma maior rentabilidade da disponibilidade dos equipamentos.

O enchimento é feito automaticamente, através do *buffer* ou do equipamento, pois ambos têm ligação à mesa (MEA04), apenas sendo necessário o operador para alimentar as embalagens na linha de enchimento. Tanto o *buffer* como a mesa de enchimento encontram-se representados na Figura 17.



Figura 17 - Buffer e mesa de enchimento da "MD500"

No final de cada produção procede-se sempre à lavagem da máquina, mesmo que de seguida se produza o mesmo produto e a mesma cor.

A segunda plataforma contém o misturador dispersor MD01 (Figura 18), muito semelhante ao MD500 mas com uma capacidade inferior, apenas de 2500 kg. Neste caso o equipamento não é tão automatizado.



Figura 18 - Equipamento "MD01"

Nesta plataforma existe também um *buffer* para armazenamento e enchimento de produto acabado (PA) efetuado no MD01 e dois misturadores (MDF01 e MDF02) para produção e armazenamento de semi acabado (SA), presentes na Figura 19.



Figura 19 - *Buffer* da "MD01" e misturadores "MDF01" e "MDF02"

Neste caso o enchimento através do *buffer* é automático e não se pode fazer enchimento pelo MD01 pois este não tem ligação à mesa de enchimento (MEA02). Através dos misturadores o enchimento é efetuado manualmente, ou para IBC no caso do MDF01 ou para barricas no caso do MFD02. A mesa de enchimento encontra-se representada na Figura 20.



Figura 20 - Mesa de enchimento da "MD01"

Esta zona também é lavada no final de todas as produções, mesmo que se vá produzir o mesmo produto.

A terceira zona é destinada ao fabrico em caldeiros, sendo responsável por lotes reduzidos, até 1000 l. Neste caso, o operador tem que previamente pesar todas as MP e depois juntá-las pela ordem indicada na ficha do produto.

A zona de produção de caldeiros é mostrada na Figura 21, sendo visível dois misturadores e uma balança digital.



Figura 21 - Caldeiros da seção TBA

Sempre que a produção é efetuada em caldeiros o enchimento é feito manualmente por um ou dois operadores (conforme o produto e as embalagens), na zona de “Enchimento Manual”. Para tal usa-se uma ponte rolante para elevar os caldeiros ou um suporte móvel de elevação (Figura 22).



Figura 22 - Zona de enchimento manual

3.1.5 Setor das Tintas de Base Solvente

Tal como o setor das TBA, este é um setor fundamental e tem produção tanto em caldeiros como nos equipamentos DIS09, MD02, MD03, DIS10 e DIS11.

A DIS09 tem uma capacidade de 7000 kg e encontra-se totalmente dedicada à produção de uma só referência de produção. As MP sólidas inserem-se manualmente e as líquidas automaticamente.

A MD02 e a MD03 são equipamentos usados essencialmente para a tintagem de referências, mas a sua capacidade é diferente. Uma consegue produzir até 7000 kg e a outra apenas 3000 kg. A adição de MP é automática, apenas sendo pesados os pigmentos antes de serem adicionados. O produto após finalizado é passado para os caldeiros para enchimento manual ou para bidões.

A DIS10 tem uma capacidade de 2500 kg e encontra-se totalmente dedicada à produção de endurecedor. Devido à especificidade deste tipo de produto, a produção após finalizada é transferida para IBC para posteriormente distribuir pelas referências desejadas/requeridas. A DIS11 tem capacidade de 7000 kg e é usada essencialmente para a produção de referências com base solvente e óleos, que sejam monocomponentes e sem característica de cor relacionada. Em ambos os equipamentos a adição de MP é automática se forem líquidas e manual se forem sólidas.

Na Figura 23 podem-se visualizar todos os equipamentos deste setor.

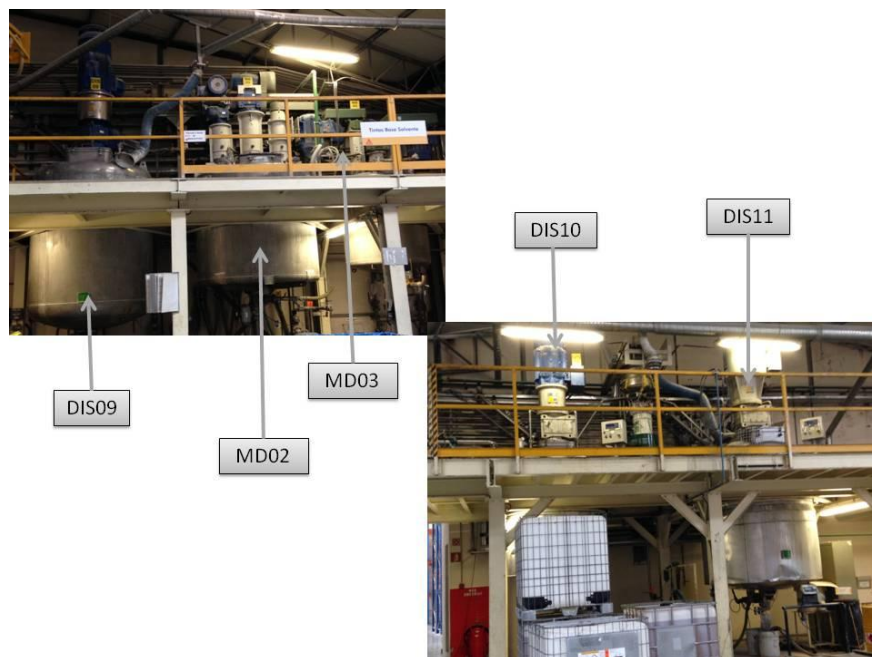


Figura 23 - Equipamentos da seção TBS

Os caldeiros, tal como nas TBA, só conseguem produzir até 1000 l. A adição de MP é efetuada de forma manual, com pesagem prévia pelo operador. O enchimento é manual e efetuado na zona de “Enchimento Manual”.

Na Figura 24 encontra-se a zona de caldeiros da seção TBS, com três misturadores e uma balança, também digital.



Figura 24 - Caldeiros da seção TBS

3.1.6 Controlo da Qualidade

Após finalizada a produção, os operadores retiram sempre uma pequena amostra para o CQ que, conforme o produto, realiza uma série de testes para confirmar se está conforme e se é possível dar a ordem de enchimento.

De seguida, apresentam-se algumas das operações de controlo da qualidade mais importantes, embora unicamente para os setores TBS e TBA.

No setor das TBS os controlos mais importantes são o aspeto e o controlo visual, a viscosidade, a massa volúmica, a avaliação da cor, o grau de dispersão, o valor de epóxi e o índice de amina. Já no setor das TBA os mais importantes são o aspeto e controlo visual, a aplicação no vidro, a viscosidade, a espessura húmida, a massa volúmica, a avaliação da cor e o teor de sólidos. Os controlos comuns aos dois são efetuados com o mesmo procedimento.

O aspeto visual é verificado à vista desarmada. Com uma espátula é retirada uma pequena quantidade e comparada com uma amostra padrão, para ser aferida a semelhança e homogeneidade da mesma. O controlo visual obriga à aplicação, com uma trincha, da amostra numa cartolina, esperar que seque e verificar se não existem crateras ou bolhas de ar e se tem um bom nivelamento.

A viscosidade é medida por um viscosímetro, equipamento que se encontra na Figura 25, a uma temperatura padrão de 20°C. Enche-se um recipiente cilíndrico com um volume fixo (17 ml) e insere-se no equipamento, que efetuará a medição. Para cada produto existe um intervalo fixo de valores de viscosidade, sendo que o produto só será aceite se estiver incluído nesse intervalo. Caso contrário, terão que ser feitas as alterações necessárias para que a viscosidade fique dentro do intervalo requerido.

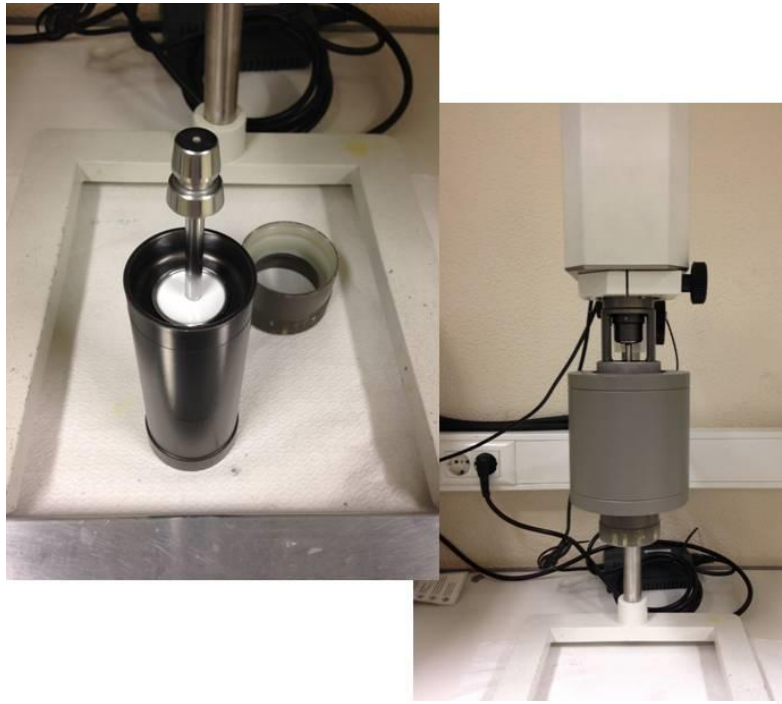


Figura 25 - Viscosímetro

A massa volúmica é medida num picnómetro (Figura 26) a 23°C. Sabendo o volume do picnómetro, apenas é necessário pesá-lo cheio, com o produto, e retirar a sua tara. Dividindo a massa pelo volume obtém-se a massa volúmica. Para cada produto existe um intervalo de valores definido no qual é aceite.



Figura 26 - Picnómetro

Apesar de só ser necessária em produtos com cor, a avaliação da cor é considerado um dos controlos mais importantes, pois a maior parte dos produtos efetuados, principalmente no sector das TBS, tem cor. Este controlo é efetuado numa cartolina de contraste, aplicando-se uma película do produto com a micragem adequada e deixa-se secar ou fazer a cura, caso seja um bi componente. Após este processo, verifica-se, através de um espectrofotómetro, se a cor corresponde à catalogada. Caso haja desvio na cor, ter-se-á de fazer uma afinação. Na Figura 27 encontra-se uma cartolina de contraste e um espectrofotómetro.

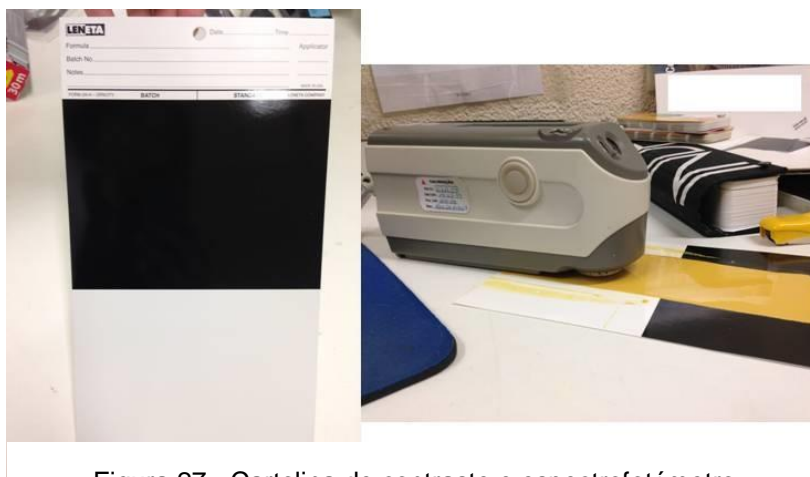


Figura 27 - Cartolina de contraste e espectrofotómetro

O grindómetro (Figura 28) é utilizado para medir o grau de dispersão. Para efetuar este teste é necessário espalhar um pouco do produto com o raspador, efetuando uma força vertical e um deslocamento horizontal, e quando deixa de existir um rasto contínuo é quando se faz a medição. Os valores medidos podem ser entre 0 e 100 μm . Para cada produto existe um intervalo de valores estipulados para a sua aceitação.

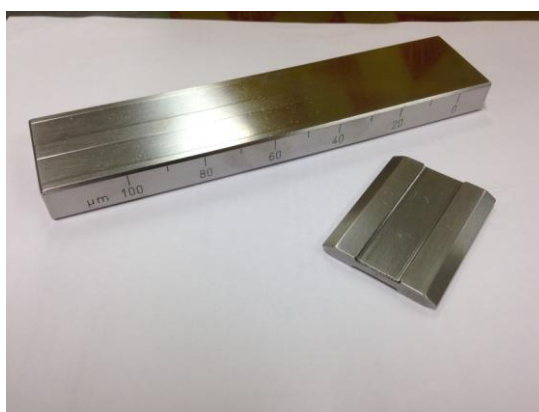


Figura 28 - Grindómetro

Os dois últimos controlos das TBS são efetuados no mesmo equipamento. Tanto os valores de epóxi como os índices de aminas são verificados num titulador automático, que já contém informação de todos os produtos, sendo apenas necessário inseri-los no copo (pesos são tabelados) e adicionar a solução para criar um meio titulado. Depois coloca-se o copo no equipamento e apenas é necessário selecionar qual o produto e o tipo de teste (valor de epóxi ou índice de aminas) que se quer realizar, dado os métodos estarem já pré-definidos. Dentro

dos valores estipulados para cada um, o produto é aceite ou rejeitado. É aconselhável fazer a medição três vezes seguidas para se obter um valor mais confiável. O titulador automático pode ser visualizado na Figura 29.

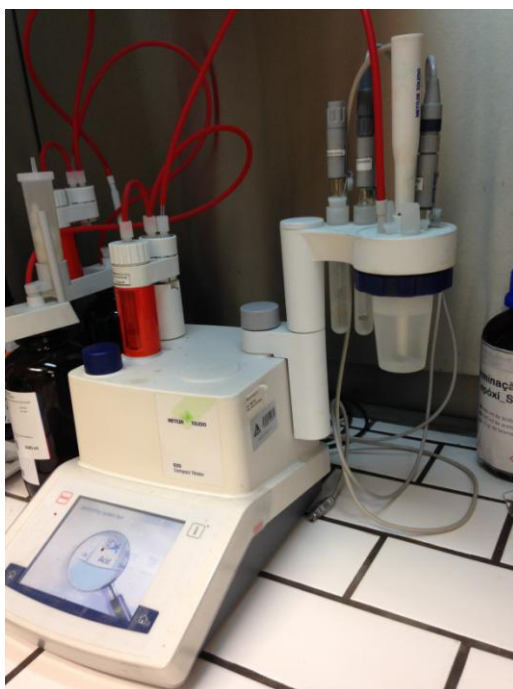


Figura 29 - Titulador automático

A aplicação no vidro, como o próprio nome indica, é feita numa placa de vidro. Aplica-se um pouco de produto e com o dedo espalha-se para verificar se é liso e não existem grumos. Na Figura 30 encontra-se uma amostra de uma aplicação no vidro.



Figura 30 - Aplicação no vidro

A espessura húmida é vista através de um aplicador de filmes (Figura 31), avaliando o escorrimento na vertical. Para cada produto existe uma espessura conhecida mínima, que tem de ser obtida.

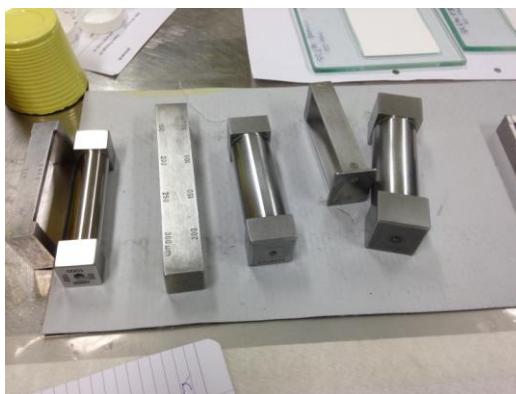


Figura 31 - Aplicadores de filme

O último processo de controlo, considerado dos mais importantes, é o teor de sólidos, que é efetuado num dessecador infravermelhos. É necessário colocar areia num prato de alumínio e uma quantidade definida da amostra, que varia de produto para produto. A temperatura e o tempo do processo também variam. No final, o equipamento dá a percentagem do teor de sólidos no produto. O dessecador e a areia encontram-se na Figura 32.

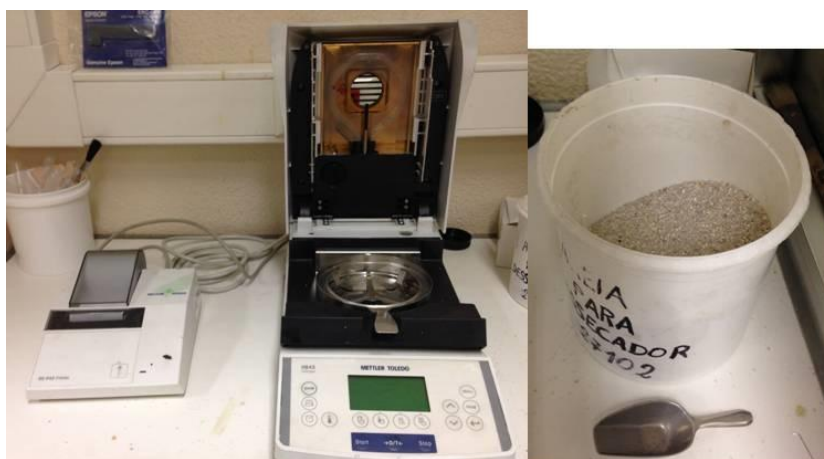


Figura 32 - Dessecador de infravermelhos e areia

3.2 Fatores que Levaram à Realização deste Projeto

O principal fator que conduziu à realização do presente projeto consistiu na falta de meios que permitissem o apuramento e monitorização do OEE, tanto no setor da produção como no setor do enchimento. Outro fator considerado importante pela empresa consistiu na falta de conhecimento da utilização da capacidade produtiva, devido ao facto dos registos não serem eficazes, sendo necessário definir ações de melhoria.

O facto de a fábrica só ter um turno de oito horas também foi um dos fatores que levou à elaboração deste projeto, pois afeta a eficiência da produção. Visto que a produção deveria ser um processo contínuo, e sendo, em alguns casos, o tempo por *batch* pouco inferior a oito horas, o equipamento é parado antes do fim do dia, perdendo assim capacidade de produção e não aproveitando o tempo total do turno. Não se rentabiliza a disponibilidade existente.

Se um produto necessita de um mesmo ajuste recorrentemente é impreterível que se verifique a razão deste ajuste para que se possa proceder à devida correção em tempo útil.

Um último fator tido em conta foram os elevados tempos de afinação e de CQ que ou atrasam a produção, ou impedem que se dê início à ordem de enchimento.

4 Medidas Propostas

O presente capítulo visa a descrição da implementação do OEE na empresa e do cálculo das capacidades e suas melhorias, caso existam.

4.1 Cálculo do OEE

Um dos principais objetivos do presente projeto consistiu na definição de uma metodologia para apurar e monitorizar o OEE por setor, para a fábrica em Ovar.

Segundo Rajput and Jayaswal (2012) “The literature reveals that no standard exists for calculation of OEE. The OEE calculation is quite general and can be applied to any manufacturing organization”. Posto isto, para se conseguir chegar ao OEE da empresa, foi preciso saber como era calculado e tentar aplicá-lo à situação em que se encontrava.

A empresa já tinha desenvolvido trabalhos relacionados com o cálculo do OEE, estando identificados os fatores mais importantes para o seu cálculo, que se encontram representados na Figura 33.

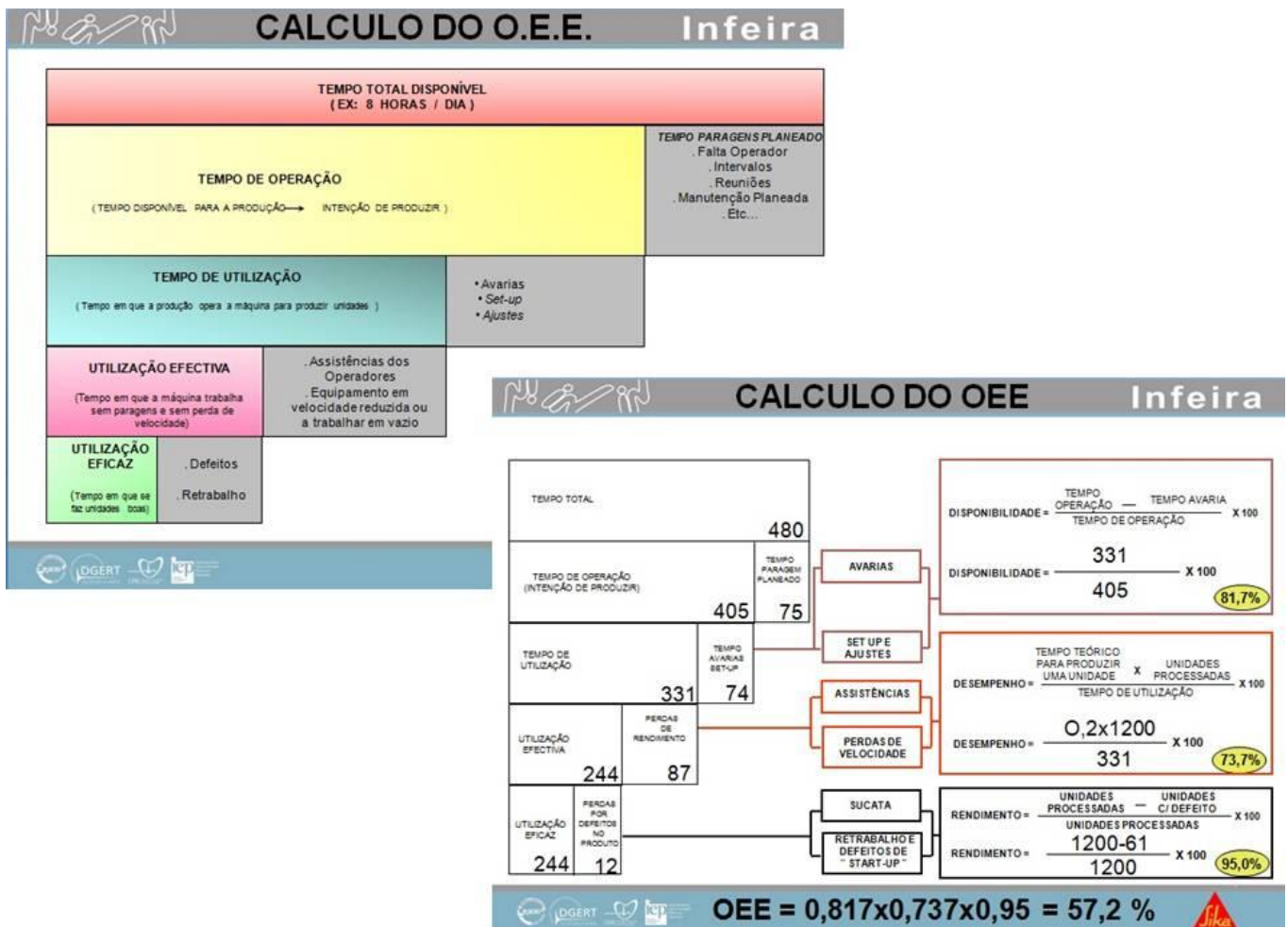


Figura 33 - Apresentação e cálculo do OEE

Para aplicar este cálculo à produção da Sika foi necessário elaborar um diagrama temporal de como esta se processa no geral, desde o lançamento da ordem de produção até aprovação pelo CQ. Neste esquema foram considerados os tempos totais de produção (tempo em que o produto se encontra no equipamento/caldeiro e tempos de afinação), as paragens planeadas e não planeadas e o controlo de qualidade total com ajustes incluídos.

O diagrama temporal efetuado está representado na Figura 34.



Figura 34 – Diagrama temporal do processo de produção

Para se conseguir chegar ao OEE, tentou-se relacionar o diagrama temporal com os anteriores trabalhos desenvolvidos na Sika e anteriormente resumidos na Figura 33. Neste caso, foi mais fácil começar “de baixo para cima”, ou seja, começar pela “Utilização Eficaz” e terminar no “Tempo de Operação”.

Sendo assim, chegou-se à conclusão que a “Utilização Eficaz” corresponde ao “Tempo de Produção e Afinação”, pois é quando se produz unidades boas. Os “Defeitos e Retrabalho” correspondem aos “Ajustes”; fazer um retrabalho de uma peça é o mesmo que fazer um ajuste num produto. Os restantes tempos são calculados da forma preconizada, sendo a soma do tempo anterior com a perda, ou seja, a “Utilização Efetiva” é igual à “Utilização Eficaz” somada com os “Ajustes” e por aí adiante. Interessa apenas definir a correspondência das perdas. Assim, “Equipamento em velocidade reduzida ou a trabalhar em vazio” corresponde ao “Tempo de Controlo de Qualidade”, “Avarias, Setup ” corresponde a “Paragens Não Planeadas” e “Tempo de Paragens Planeado” corresponde a “Paragens Planeadas”.

Após chegar a esta conclusão, foi necessário saber como calcular a Eficiência, a Qualidade e a Disponibilidade, pois a multiplicação destas três parcelas resulta no OEE.

$$Eficiência = \frac{\text{Tempo de Utilização Eficaz}}{\text{Tempo de Utilização Efetiva}} = \frac{\text{Tempo de Produção e Afinação}}{\text{Tempo de Utilização Eficaz} + \text{Ajustes}}$$

$$Qualidade = \frac{\text{Tempo de Utilização Efetiva}}{\text{Tempo de Utilização}} = \frac{\text{Tempo de Utilização Eficaz} + \text{Ajustes}}{\text{Tempo de Utilização Efetiva} + \text{Tempo CQ}}$$

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Utilização}}{\text{Tempo de Operação}} = \frac{\text{Tempo de Utilização Efetiva} + \text{Tempo CQ}}{\text{Tempo de Utilização} + \text{Paragens Não Planeadas}}$$

Para finalizar, apenas é necessário saber os tempos de produção, de afinação, de CQ, dos ajustes e das paragens planeadas e não planeadas. Para tal, existem folhas de “Registo de Produtividade e Eficiência”, que podem ser consultadas no anexo C, e que são entregues juntamente com a ordem de produção. Nesta folha, o operador tem registar a hora de início e fim da produção, o tempo das paragens efetuadas e a hora de entrada no CQ. Quem faz o CQ tem, também, que registar a que horas acabou o controlo e se o produto está conforme ou não. Caso não esteja conforme tem que indicar qual a causa e faz-se o ajuste, sendo também necessário anotar as horas de início e fim, indo novamente para controlo. Este ciclo é repetido as vezes necessárias até o produto ser aprovado.

Estes dados são todos inseridos num documento Excel, que contém as fórmulas de cálculo do OEE, sendo o seu valor calculado automaticamente.

Para o OEE do enchimento foi definido também um diagrama temporal que se encontra representado na Figura 35.



Figura 35 – Diagrama temporal do processo de enchimento

Foi necessário, novamente, relacionar este diagrama temporal com as variáveis já utilizadas na Sika e representadas na Figura 33. Assim sendo, considerou-se que a “Utilização Eficaz” corresponde ao “Tempo de Enchimento”, a “Utilização Efetiva” corresponde ao “Tempo de Enchimento + Paragens Não Planeadas”, o “Tempo de Utilização” corresponde ao “Tempo de Enchimento + Paragens Não Planeadas + Tempo de Espera” e, por fim, o “Tempo de Operação” corresponde ao “Tempo de Enchimento + Paragens Não Planeadas + Tempo de Espera + Paragens Planeadas”.

As fórmulas de cálculo são:

$$Eficiência = \frac{\text{Tempo de Utilização Eficaz}}{\text{Tempo de Utilização Efetiva}} =$$

$$= \frac{\text{Tempo de Enchimento}}{\text{Tempo de Enchimento} + \text{Paragens Não Planeadas}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Tempo de Utilização Efetiva}}{\text{Tempo de Utilização}} =$$

$$= \frac{\text{Tempo de Enchimento} + \text{Paragens Não Planeadas}}{\text{Tempo de Enchimento} + \text{Paragens Não Planeadas} + \text{Tempo de Espera}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Utilização}}{\text{Tempo de Operação}} =$$

$$= \frac{\text{Tempo de Enchimento} + \text{Paragens Não Planeadas} + \text{Tempo de Espera}}{\text{Tempo de Enchimento} + \text{Paragens Não Planeadas} + \text{Tempo de Espera} + \text{Paragens Planeadas}}$$

Novamente, os tempos de enchimento, de espera e de paragens são conhecidos através dos registos feitos pelo operador, nomeadamente o início e o fim do enchimento, se houve paragens, qual a causa e a duração respetiva.

Estes dados são também inseridos num documento do Excel que contém as fórmulas de cálculo do OEE, sendo o seu valor calculado automaticamente.

4.1.1 Fatores que Afetam as Parcelas do OEE

A metodologia anteriormente utilizada pela Sika foi aplicada na construção do novo esquema de apuramento do OEE, tanto da produção como do enchimento, sendo assim mais fácil de visualizar as perdas e o que afeta cada uma das parcelas.

Como foi anteriormente referido, a eficiência é calculada dividindo o tempo de utilização eficaz pelo tempo de utilização efetiva, a qualidade dividindo o tempo de utilização efetiva pelo tempo de utilização e a disponibilidade dividindo o tempo de utilização pelo tempo de operação.

Na Figura 36 pode ser consultado o novo esquema do OEE da produção.

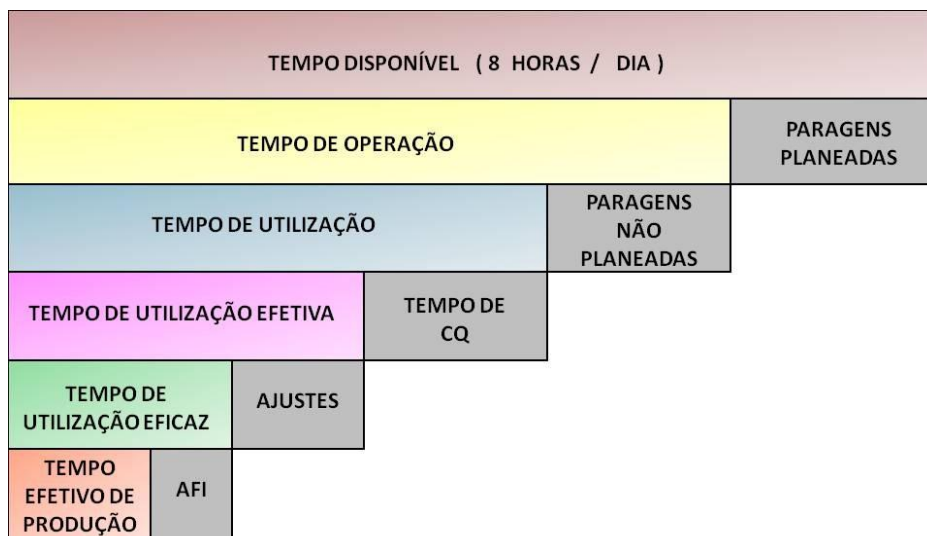


Figura 36 – Novo esquema para o OEE da produção

Através da análise deste esquema, pode-se afirmar que a eficiência é afetada pelos tempos de ajustes. Quanto mais os ajustes demorarem, menor será a eficiência. Por exemplo, supondo que o tempo de produção mais a afinação (tempo de utilização eficaz) demorou 130 minutos, se houver um ajuste de 30 minutos (tempo de utilização efetiva igual a 160 minutos) consegue-se uma eficiência de 81,3%, enquanto se o ajuste for de 40 minutos (tempo de utilização efetiva igual a 170 minutos), a eficiência é 76,5%. A partir deste exemplo pode-se verificar que 10 minutos de diferença no tempo de ajuste conduzem a uma redução do OEE de 4,8%.

A qualidade é afetada pelo tempo do CQ, tempo este que é contabilizado desde que o produto deu entrada até que sai e não desde que o operador começa a fazer o seu controlo. Mais uma vez, quanto maior o tempo de CQ, menor é o valor da parcela qualidade. Continuando com o mesmo exemplo, se o tempo de utilização efetiva for 160 minutos e um controlo demorar 40 minutos (tempo de utilização igual a 200 minutos), a parcela qualidade apresenta um valor de 80%. Mas se o controlo demorar 50 minutos (tempo de utilização igual a 210 minutos) desce para 76,2%. Novamente, uma diferença de 10 minutos representa uma perda de 4% na qualidade.

A disponibilidade é afetada por paragens não planeadas. Estas paragens podem ser de diversos tipos, devido a falhas de empilhadores, falha do operador, derrames, falta de MP, falha de energia, etc. Qualquer tipo de paragem não programada é considerada como uma paragem não planeada. Voltando a dar um exemplo, considerando que o tempo de utilização é 200 minutos e que ocorre uma paragem por falha de empilhador de 90 minutos (tempo de operação igual a 290 minutos), a disponibilidade é de 68,9%, mas se a falha for de 100 minutos (tempo de operação igual a 300 minutos), a disponibilidade passa a ser 66,7%.

Calculando o OEE para os dois casos obtêm-se os seguintes valores:

$$OEE_1 = 81,3 \times 80 \times 68,9 = 44,8\%$$

$$OEE_2 = 76,5 \times 76,2 \times 66,7 = 38,9\%$$

Na Figura 37 está representado o novo esquema realizado para o OEE do enchimento.

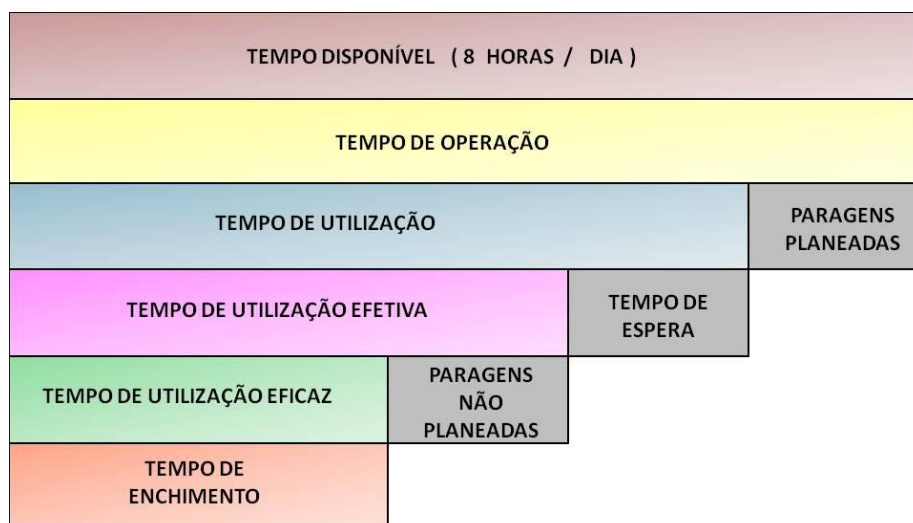


Figura 37 - Novo esquema para o OEE do enchimento

Após análise deste esquema, verifica-se que a eficiência é afetada pelas paragens não planeadas. Exemplificando, como foi feito para o OEE da produção, supondo que o tempo de enchimento, que equivale ao tempo de utilização eficaz, é 215 minutos e que existe uma paragem não planeada de 80 minutos (tempo de utilização efetiva 295 minutos), a eficiência é 72,9%, mas se a paragem fosse de 90 minutos, correspondente a um tempo de utilização efetiva de 305 minutos, a eficiência já seria 70,5%.

O tempo de espera é considerado desde que foi dado como conforme até que se começou a encher e quanto maior for este tempo, menor será o valor da parcela qualidade. Se o tempo de utilização efetiva for 295 minutos e para começar a encher se tiver esperado 10 minutos (tempo de utilização igual a 305 minutos), a parcela qualidade será 96,7%. Caso se espere 20 minutos (tempo de utilização igual a 315 minutos), a parcela qualidade reduz o seu valor para 93,7%.

Neste caso, as paragens planeadas também afetam o cálculo do OEE, mais precisamente a disponibilidade, que será tanto menor quanto maior for a paragem. Considerando o tempo de utilização igual a 305 minutos, e supondo que houve uma paragem planeada de 60 minutos (tempo de operação igual a 365 minutos), a disponibilidade assume um valor de 83,6%. Mas se a paragem for 70 minutos (tempo de operação igual a 375 minutos), a disponibilidade desce para os 81,3%.

Fazendo novamente o cálculo do OEE para as duas situações, obtêm-se os seguintes valores:

$$OEE_1 = 72,9 \times 96,7 \times 83,6 = 58,9\%$$

$$OEE_2 = 70,5 \times 93,7 \times 81,3 = 53,7\%$$

4.1.2 Propostas de Melhoria

Seguidamente apresentam-se algumas propostas para a melhoria dos OEE da produção e do enchimento.

4.1.2.1 OEE da Produção

Uma das formas de melhorar a eficiência poderá ser atualizar as fórmulas dos produtos. Se tem havido muitos ajustes, poderá significar que as fórmulas já não são apropriadas por variados motivos, que podem levar a que a fórmula precise de ser revista para que se consiga uma produção eficaz com zero ajustes.

Outra forma de melhorar a eficiência poderá ser melhorar o controlo de todas as variáveis possíveis, nomeadamente, a temperatura de funcionamento, a velocidade de mistura, a limpeza dos equipamentos e, caso seja estritamente necessário, a ordem de entrada dos produtos.

Em relação aos tempos do controlo, podem ocorrer devido ao “excesso” de produção, o que leva a que o CQ não consiga acompanhar e os produtos comecem a “ficar bloqueados a aguardar controlo”. Uma solução passa por, em certos produtos, o operador da produção tirar a amostra e fazer logo os controlos estritamente necessários para que o produto possa seguir para o enchimento. O laboratório fica mais liberto, os produtos podem seguir para o enchimento e faz com que o tempo de CQ seja muito menor, melhorando a parcela qualidade do OEE.

A disponibilidade é a parcela mais difícil de melhorar, dado que as paragens não planeadas são imprevisíveis. A única forma seria garantir aprovisionamento suficiente de MP e em caso de rutura não lançar a produção, ter os empilhadores sempre carregados e a manutenção ter todos os equipamentos sempre em dia.

4.1.2.2 OEE do Enchimento

No caso do enchimento, o melhor modo de prevenir as paragens não planeadas é tentar pedir sempre os rótulos e as embalagens a tempo e nunca efetuar uma ordem de enchimento caso um destes não exista. Algumas das restantes falhas são comuns às da produção e para que não ocorram, devem ser consideradas da mesma forma. Prevenindo este tipo de paragens, melhora-se substancialmente a eficiência.

Os tempos de espera podem ser minimizados se, mais uma vez, nunca houver falha de rótulos e embalagens, pois sem isto o produto não poderá sair do equipamento. Ao evitar estas falhas consegue-se uma maior qualidade de enchimento.

A melhor forma de aumentar a disponibilidade é otimizar as paragens planeadas. Para tal, é necessário que se evite o início de um enchimento quando se sabe que alguma paragem vai ocorrer e, se tiver de ocorrer, tentar reduzir ao mínimo a sua duração.

4.2 Análise das Capacidades

Como já foi referido anteriormente, apenas os setores TBA e TBS são críticos para este projeto, daí que a análise das capacidades apenas tenha sido efetuada para os equipamentos MD500, MD01 (TBA), e DIS09, DIS10, DIS11, MD02 E MD03 (TBS).

Capacidade pode ser traduzida como a quantidade de unidades de produto que o equipamento é capaz de produzir num determinado período. Na fábrica Sika em Ovar consideram-se três tipos de capacidade:

- ◆ Capacidade Teórica (CT) que equivale a 100%, é a capacidade que o equipamento deveria obter se trabalhasse as 8 horas diárias seguidas;
- ◆ Capacidade Real (CR), como o equipamento não trabalha as 8 horas seguidas, há uma perda de capacidade, a CT menos essa perda equivale à CR;
- ◆ Capacidade Obtida (CO) é quantidade de matéria que o equipamento realmente produz.

A capacidade obtida varia de semana para semana, não sendo aqui analisada pois depende de fatores externos aos tempos de processamento das máquinas. Apenas se vai verificar se é possível fazer melhorias a nível da capacidade real.

Para calcular esta capacidade é necessário saber as toneladas reais e as teóricas que o equipamento poderia produzir e isso depende das horas que demora, em média, um *batch* a ser processado e qual a quantidade de produto que, também em média, um *batch* contém.

Cada equipamento produz os seus produtos, e cada produto tem o seu “peso” dentro do equipamento. Daí que para chegar aos valores dos tempos necessários para produzir um *batch*, e da quantidade de produto por *batch*, foi necessário fazer uma média ponderada em cada equipamento, em função dos tempos e das quantidades de cada produto.

Por exemplo, no MD500, o produto A demora em média 6,4 horas a ser fabricado e é o produto com maior peso neste equipamento, demorando os produtos B e C 5 horas, com um peso inferior. O tempo que o MD500 demora, em média, a produzir um *batch* é:

$$0,7 \times 6,4 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 = 6 \text{ horas}$$

O mesmo método foi aplicado à quantidade do *batch*. Em média, por *batch* são produzidas 7 toneladas do produto A, 5,7 do produto B e 7 do produto C, donde:

$$0,7 \times 7 + 0,15 \times 5,7 + 0,15 \times 7 = 6,8 \text{ Toneladas}$$

O que significa que por hora se conseguem produzir:

$$\frac{6,8}{6} = 1,13 \text{ Ton/hora}$$

Para todos os equipamentos foram feitos os mesmos cálculos, considerando os produtos realizados. Na Tabela 2 apresentam-se os valores correspondentes ao tempo, à quantidade de *batch* por equipamento e às toneladas/hora.

Tabela 2 - Características dos equipamentos

Equipamento	Tempo por batch (h)	Quantidade por batch (T)	T/h
MD500	6	6,8	1,13
MD01	6,7	2,5	0,37
DIS09	6,7	7	1,04
DIS10	7	2,5	0,36
MD02	2,5	7	2,8
MD03	1,5	3	2
DIS11	3	4,5	1,5

Concluídos estes estudos, calcularam-se as toneladas reais e as teóricas. As toneladas reais dependem da quantidade que se produz num *batch*, de quantos dias tem uma semana e do número de *batch* que se conseguem produzir num dia. As toneladas teóricas dependem de quantas toneladas por hora se consegue produzir, do número de dias de trabalho e das horas de trabalho diárias. A capacidade real é o rácio entre elas:

$$T_{\text{reais}} = \text{Quantidade por batch} \times n^{\circ} \text{ dias} \times n^{\circ} \text{ batch possíveis}$$

$$T_{\text{teóricas}} = \frac{T}{h} \times n^{\circ} \text{ dias} \times n^{\circ} \text{ horas diárias}$$

$$\text{Capacidade Real} = \frac{T_{\text{reais}}}{T_{\text{teóricas}}} \times 100$$

Para efeitos de cálculo, foram considerados cinco dias de trabalho e oito horas diárias. O número de *batch* possíveis é o número de *batch* que se consegue fazer nessas oito horas, conforme o tempo que um *batch* demora a ser produzido.

Voltando ao exemplo do MD500, os resultados seriam os seguintes:

$$T_{\text{reais}} = 6,8 \times 5 \times 1 = 34 T$$

$$T_{\text{teóricas}} = 1,13 \times 5 \times 8 = 45,33 T$$

$$Capacidade\ Real = \frac{34}{45,33} \times 100 = 75\%$$

O valor de 75% é a capacidade que o equipamento realmente consegue atingir numa semana de trabalho. Como um *batch* demora 6 horas a ser produzido e o dia só tem 8 horas, apenas um *batch* será produzido, o que significa que nas restantes 2 horas o equipamento estará parado, sem efetuar qualquer produção, o que justifica a perda de capacidade, nunca sendo atingido o valor de 100%.

A mesma situação ocorre nos restantes equipamentos, como se pode ver na Tabela 3:

Tabela 3 - Capacidades reais para 8 horas de trabalho

Equipamento	Tempo por batch (h)	Qtd por batch (T)	T/h	Nº batch	Tempo Total (h)	Treais	Tteóricas	Capacidade Real
MD500	6	6,8	1,13	1	6	34	45,3	75%
MD01	6,7	2,5	0,37	1	6,7	12,5	15	83,4%
DIS09	6,7	7	1,04	1	6,7	35	42	83,4%
DIS10	7	2,5	0,36	1	7	12,5	14,3	87,5%
MD02	2,5	7	2,8	3	7,5	105	112	93,8%
MD03	1,5	3	2	5	7,5	75	80	93,8%
DIS11	3	4,5	1,5	2	6	45	60	75%

O tempo total é o tempo efetivo em que a máquina esteve a produzir nas 8 horas, equivalendo ao tempo por *batch* multiplicado pelo número de *batch* possíveis de realizar.

Como se pode concluir pela tabela, nenhum equipamento consegue produzir a 100% numa semana apenas com 8 horas de trabalho por dia, mesmo aqueles que conseguem produzir mais do que um *batch*.

Para melhorar a capacidade real de cada equipamento ter-se-á de produzir em horário alargado ou fazer dois turnos de produção.

4.2.1 Aumentos de Capacidade

Uma proposta de melhoria da capacidade dos equipamentos consiste em utilizar horários alargados, aproveitando apenas os operadores já existentes na fábrica, mas desfasando os seus horários. Foram efetuados estudos para 12 e 14 horas de produção diárias. Foi também efetuado um estudo para verificar as melhorias em caso de um segundo turno de 8 horas, num total de 16 horas diárias.

Os cálculos das toneladas reais, das toneladas teóricas e da capacidade real são efetuados do mesmo modo. A única diferença encontra-se no cálculo das toneladas teóricas que, em vez

de multiplicar por 8 horas diárias de trabalho, serão multiplicadas pelo número de horas correspondente ao horário alargado.

No caso de se alargar o horário para 12 horas, será possível aumentar o número de *batch* realizados em alguns dos equipamentos, mas naqueles que continuarem a apenas conseguir fazer um, a sua capacidade irá diminuir, pois mantém-se o número e a quantidade de *batch* para um maior número de horas disponíveis de trabalho.

Os resultados obtidos, para o horário alargado de 12 horas, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Capacidades reais para 12 horas de trabalho

Equipamento	Tempo por batch (h)	Qtd por batch (T)	T/h	Nº batch	Tempo Total (h)	Treais	Tteóricas	Capacidade Real
MD500	6	6,8	1,13	2	12	68	68	100%
MD01	6,7	2,5	0,37	1	13,4	12,5	22,5	55,6%
DIS09	6,7	7	1,04	1	13,4	35	63	55,6%
DIS10	7	2,5	0,36	1	7	12,5	21,4	58,33%
MD02	2,5	7	2,8	4	10	140	168	83,33%
MD03	1,5	3	2	8	12	120	120	100%
DIS11	3	4,5	1,5	4	12	90	90	100%

Como referido, os equipamentos que mantiveram a possibilidade de apenas fazer um *batch* viram a sua capacidade real significativamente reduzida. Os restantes aumentaram o número de *batch* aumentando a capacidade, com exceção da MD02. Este equipamento apesar de ter aumentado o número de *batch* que consegue realizar, a sua capacidade diminui uma vez que, produzindo durante 8 horas, as toneladas reais apenas diferiam em 7 toneladas das teóricas, enquanto que produzindo durante 12 horas diferem de 28 toneladas.

O segundo estudo foi efetuado para um horário alargado de 14 horas. Na Tabela 5 encontram-se os resultados obtidos para as capacidades reais.

Tabela 5 - Capacidades reais para 14 horas de trabalho

Equipamento	Tempo por batch (h)	Qtd por batch (T)	T/h	Nº batch	Tempo Total (h)	Treais	Tteóricas	Capacidade Real
MD500	6	6,8	1,13	2	12	68	79,3	85,7%
MD01	6,7	2,5	0,37	2	13,4	25	26,2	95,3%
DIS09	6,7	7	1,04	2	13,4	70	73,5	95,3%
DIS10	7	2,5	0,36	2	14	25	25	100%
MD02	2,5	7	2,8	5	12,5	175	196	89,3%
MD03	1,5	3	2	9	13,5	135	140	96,4%
DIS11	3	4,5	1,5	4	12	90	105	85,7%

Com um horário alargado para 14 horas é possível aumentar o número de *batch* em todos os equipamentos, daí que a capacidade aumente, comparativamente às capacidades obtidas quando a produção é de 8 horas. Mais uma vez, a exceção é a MD02 que teve uma diminuição de 5%, pois a diferença entre toneladas reais e teóricas é novamente superior, 21 toneladas em vez de 7.

O terceiro e último estudo efetuado consistiu na simulação de um segundo turno, aumentando para 16 as horas de produção.

Nesta situação é necessário considerar um aumento de custos à empresa, pois será necessário contratar mais operadores. Não obstante, calcularam-se as capacidades, que são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Capacidades reais para 16 horas de trabalho

Equipamento	Tempo por batch (h)	Qtd por batch (T)	T/h	Nº batch	Tempo Total (h)	Treais	Tteóricas	Capacidade Real
MD500	6	6,8	1,13	2	12	68	90,7	75%
MD01	6,7	2,5	0,37	2	13,4	25	30	83,4%
DIS09	6,7	7	1,04	2	13,4	70	84	83,4%
DIS10	7	2,5	0,36	2	14	25	28,6	87,5%
MD02	2,5	7	2,8	6	15	210	224	93,8%
MD03	1,5	3	2	10	15	150	160	93,8%
DIS11	3	4,5	1,5	5	15	112,5	120	93,8%

Um segundo turno implica 16 horas de trabalho, o dobro das horas de funcionamento em vigor atualmente. Após análise dos resultados, comparando o número de *batch* realizados nas 8 e nas 16 horas, verifica-se que estes duplicam, o que com o horário de funcionamento também duplicado faz com que a capacidade se mantenha inalterada. A exceção consiste na DIS 11 em que com o horário duplicado, resulta num número de *batch* superior ao dobro, o que origina um aumento da capacidade.

4.2.2 Comparação de Resultados

Após o estudo das três alternativas, apresenta-se a Tabela 7 com a comparação das capacidades obtidas.

Tabela 7 - Comparação dos resultados obtidos

Equipamento	8 horas/dia	12 horas/dia	14 horas/dia	16 horas/dia
MD500	75%	100%	86%	75%
MD01	83%	56%	95%	83%
DIS09	83%	56%	95%	83%
DIS10	88%	58%	100%	88%
MD02	94%	83%	89%	94%
MD03	94%	100%	96%	94%
DIS11	75%	100%	86%	94%

Para maximizar a capacidade no maior número de equipamentos possível, verifica-se que a melhor opção seria alargar o horário para 14 horas diárias.

Caso seja necessária a produção de um determinado produto, poder-se-á optar por diferentes horários nos diferentes setores ou até nos diferentes equipamentos. Implementar dois turnos pode não ser vantajoso a nível de melhorias na capacidade, mas com o dobro do tempo de produção produz-se o dobro da quantidade, o que também pode ser um fator influenciador na decisão de implementação.

Nos anexos D e E podem ser consultados gráficos de apoio a esta conclusão, relativos às capacidades de cada equipamento. O anexo D apresenta resultados dos equipamentos do setor TBA e o anexo E do setor TBS.

5 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

De acordo com os parâmetros definidos pela Sika, com o presente projeto foi desenvolvida uma metodologia para o cálculo do OEE e para o cálculo das capacidades dos equipamentos, que foi implementada, com sucesso, na unidade produtiva de Ovar.

Numa fase inicial, foram analisados dados já existentes relacionados com a duração da produção de um *batch*, tempos de lavagem e tempos de controlo de qualidade. Após analisar estes dados, foi definida a forma de cálculo do OEE da produção, o que permitiu ter uma melhor perceção da eficiência de cada setor, tornando-se assim possível perceber onde atuar para implementar melhorias.

De seguida foi efetuado o estudo dos dados relativos aos tempos de enchimento para tornar possível a definição da forma de cálculo do OEE do enchimento, mostrando mais uma vez a eficiência de cada sector, e permitindo perceber as medidas a tomar para o seu aumento.

Numa terceira fase, foi realizada uma análise global dos resultados obtidos através dos OEE de produção e de enchimento, chegando à conclusão que algumas medidas teriam de ser aplicadas tendo em vista o aumento de cada um deles. Para o OEE da produção será necessário efetuar estudos a nível de fórmulas para aumentar a fiabilidade da produção, os tempos de controlo terão de ser reduzidos para não afetar a qualidade do produto e, por último, deve ser evitada a ocorrência de paragens não planeadas, garantindo que antes de iniciar um ciclo produtivo, todas as MP, equipamentos e operadores estão aptos a desempenhar a sua função, não interrompendo desta forma a produção.

Relativamente ao OEE do enchimento, as medidas a tomar serão de implementação mais simples, pois apenas dependem de tempos que podem ocorrer entre a declaração de conformidade do produto e o enchimento, devendo ser reduzidos para que o produto seja enchido mais rapidamente. Ao contrário do que acontece no OEE da produção, as paragens planeadas afetam o OEE do enchimento. Por isso, será necessário evitar o início de qualquer enchimento sabendo que estas poderão ocorrer. Tal como no OEE da produção, também as paragens não planeadas afetam e para as evitar, é necessário verificar se tudo está apto para desempenhar a sua função.

Por fim, foram analisados todos os equipamentos relevantes para este projeto, para tornar possível o estudo da capacidade de cada um destes equipamentos e da capacidade global de cada setor.

Foi perceptível que as perdas de capacidade eram significativas, sendo possível, mais uma vez, aplicar um conjunto de medidas com vista à melhoria destes valores. Essas medidas passam por alterações do horário de funcionamento, nomeadamente alargamentos de horário ou duplos turnos, pois só assim o equipamento conseguirá funcionar na sua capacidade quase total, sendo que em alguns casos é possível atingir os 100%.

Devido ao pouco tempo disponível para a realização deste projeto, e apesar de aplicadas algumas melhorias, não foi possível obter nenhuma conclusão quanto ao impacto destas alterações tanto a nível dos OEE como das capacidades.

Num futuro próximo será necessário dar continuidade à análise destes dados, após melhorias e efetuar uma monitorização de dados contínua, desenvolvendo ações de melhoria contínua.

Este projeto foi gratificante a nível pessoal pois foi possível perceber o funcionamento global da empresa, analisando transversalmente os diferentes setores, desde a produção, ao enchimento, ao controlo de qualidade e ao armazém de embalagens.

A nível pessoal fiquei mais enriquecida com uma nova perspetiva do mundo do trabalho real e que motivou em mim um interesse específico por este tipo de indústrias.

Referências

- Al Smadi, Sami. 2009. "Kaizen strategy and the drive for competitiveness: challenges and opportunities." *Competitiveness Review* 19 (3):203-211.
- Besta, Petr, and Radim Lenort. 2008. "Kaizen: Right management." *Contemporary economics* 2 (4):99-106.
- Da Silva, José Pedro. 2009. OEE—A forma de medir a eficácia dos equipamentos.
- Dal, Bulent, Phil Tugwell, and Richard Greatbanks. 2000. "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement—a practical analysis." *International Journal of Operations & Production Management* 20 (12):1488-1502.
- De Ron, A. J., and J. E. Rooda. 2006. "OEE and equipment effectiveness: an evaluation." *International Journal of Production Research* 44 (23):4987-5003.
- Drew, J., B. McCallum, and S. Roggenhofer. 2004. *Journey to Lean: Making Operational Change Stick*: Palgrave Macmillan.
- Gibbons, P. M. 2006. "Improving overall equipment efficiency using a Lean Six Sigma approach." *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage* 2 (2):207-232.
- Graban, Mark. 2014. "GOOD CHANGE. (cover story)." *Industrial Engineer: IE* 46 (2):30-35.
- Imai, Maasaki. 1996. *Gemba Kaizen Estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica*. São Paulo: IMAM.
- Jacobs, F. Robert, and Richard B. Chase. 2011. *Operations and supply chain management*. Vol. Global ed, *The McGraw-Hill/Irwin series operations and decision sciences*. New York: McGraw-Hill.
- McIntosh, Richard, Geraint Owen, Steve Culley, and Tony Mileham. 2007. "Changeover improvement: reinterpreting Shingo's "SMED" methodology." *Engineering Management, IEEE Transactions on* 54 (1):98-111.
- Nave, Dave. 2002. "How to compare six sigma, lean and the theory of constraints." *Quality Progress* 35 (3):73-80.
- Plenert, Gerhard. 2007. "Chapter 6 - What is lean?" In *Reinventing Lean*, edited by Gerhard Plenert, 145-162. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Pranckevicius, Dario, Deisell M Diaz, and Howard Gitlow. 2008. "A lean six sigma case study: an application of the "5s" techniques." *Journal of advances in Management Research* 5 (1):63-79.
- Rajput, Hemant Singh, and Pratesh Jayaswal. 2012. "A Total Productive Maintenance (TPM) Approach To Improve Overall Equipment Efficiency." *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* 2 (6).
- Sharma, Rajiv Kumar, Dinesh Kumar, and Pradeep Kumar. 2006. "Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis." *Industrial Management & Data Systems* 106 (2):256-280.


- Shingo, Shigeo. 1985. *A revolution in manufacturing: the SMED system*: Productivity Press.
- Shingo, Shigeo. 1989. *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*: Productivity Press.
- Singh, Jagdeep, and Harwinder Singh. 2009. "Kaizen philosophy: a review of literature." *The IUP Journal of Operations Management* 8 (2):51-72.
- Sottile, Joseph, C. Yingling Jon, and Richard B. Detty. 2000. "LEAN MANUFACTURING PRINCIPLES AND THEIR APPLICABILITY TO THE MINING INDUSTRY." *Mineral Resources Engineering* 09 (02):215-238. doi: 10.1142/S0950609800000184.
- Thorsen, William C. 2005. "Value Stream Mapping & VM." *2005 SAVE International Conference Proceedings, USA*.
- Zammori, Francesco, Marcello Braglia, and Marco Frosolini. 2011. "Stochastic overall equipment effectiveness." *International Journal of Production Research* 49 (21):6469-6490. doi: 10.1080/00207543.2010.519358.

ANEXO B: Bidão, IBC e Depósitos



ANEXO C: Documento “Registo de Produtividade e Eficiência”

Doc. 13/09-02



Registo de Produtividade e Eficiência

PRODUÇÃO	Data: ___/___/___	Operador: _____	Equipamento: _____								
	Ordem de produção: _____	Hora Início: _____	Hora Fim: _____								
	Data entrada CQ: ___/___/___	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Paragem.: _____</td> <td>Tempo: _____</td> </tr> <tr> <td>Paragem.: _____</td> <td>Tempo: _____</td> </tr> <tr> <td>Paragem.: _____</td> <td>Tempo: _____</td> </tr> <tr> <td>Paragem.: _____</td> <td>Tempo: _____</td> </tr> </table>		Paragem.: _____	Tempo: _____	Paragem.: _____	Tempo: _____	Paragem.: _____	Tempo: _____	Paragem.: _____	Tempo: _____
Paragem.: _____	Tempo: _____										
Paragem.: _____	Tempo: _____										
Paragem.: _____	Tempo: _____										
Paragem.: _____	Tempo: _____										
	Hora entrada em CQ: _____										

CONTROLO DE QUALIDADE + PRODUÇÃO	Data: ___/___/___	Operador: _____	Hora Início Ajuste: _____
	Hora Início CQ: _____	OK/NOK: _____	Hora Fim Ajuste: _____
	Hora Fim/Saída CQ: _____	Causa: _____	Operador: _____
	Dispersar <input type="text"/> minutos Homogeneizar <input type="text"/> minutos Passar para Buffer <input type="text"/>	Hora entrada em CQ: _____ Nota: Ter SEMPRE atenção à Temperatura de acordo com o descrito na Fórmula Padrão. Trazer nova amostra <input type="text"/> Trazer amostra a meio do enchimento <input type="text"/>	
	Data: ___/___/___	Operador: _____	Hora Início Ajuste: _____
	Hora Início CQ: _____	OK/NOK: _____	Hora Fim Ajuste: _____
Hora Fim/Saída CQ: _____	Causa: _____	Operador: _____	
	Dispersar <input type="text"/> minutos Homogeneizar <input type="text"/> minutos Passar para Buffer <input type="text"/>	Hora entrada em CQ: _____ Nota: Ter SEMPRE atenção à Temperatura de acordo com o descrito na Fórmula Padrão. Trazer nova amostra <input type="text"/> Trazer amostra a meio do enchimento <input type="text"/>	
	Data: ___/___/___	Operador: _____	Hora Início Ajuste: _____
	Hora Início CQ: _____	OK/NOK: _____	Hora Fim Ajuste: _____
	Hora Fim/Saída CQ: _____	Causa: _____	Operador: _____
			Hora entrada em CQ: _____

ENCHIMENTO	Data Início Enchimento 1: ___/___/___	Hora Início Enchimento 1: _____	Nº de Operadores: _____
	Data Fim Enchimento 1: ___/___/___	Hora Fim Enchimento 1: _____	Ord. Ench.: _____
	Paragem.: _____	Tempo: _____	Paragem.: _____
	Tempo: _____	Paragem.: _____	Tempo: _____
	Data Início Enchimento 2: ___/___/___	Hora Início Enchimento 2: _____	Nº de Operadores: _____
	Data Fim Enchimento 2: ___/___/___	Hora Fim Enchimento 2: _____	Ord. Ench.: _____
	Paragem.: _____	Tempo: _____	Paragem.: _____
	Tempo: _____	Paragem.: _____	Tempo: _____
	Operadores Enchimento 1: _____		Operadores Enchimento 2: _____

OBSERVAÇÕES		INTRODUÇÃO NO SI	Data: ___/___/___	Operador: _____
-------------	--	------------------	-------------------	-----------------



SISTEMA DE CODIFICAÇÃO DE PARAGENS E CAUSAS

Produção e Enchimento

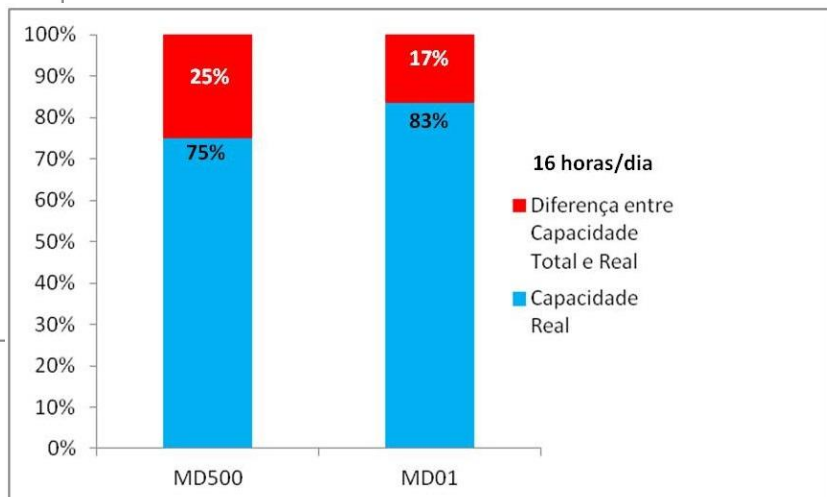
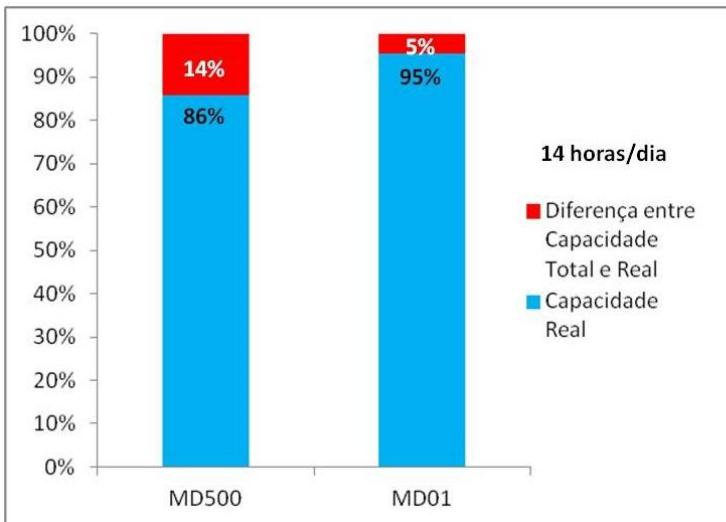
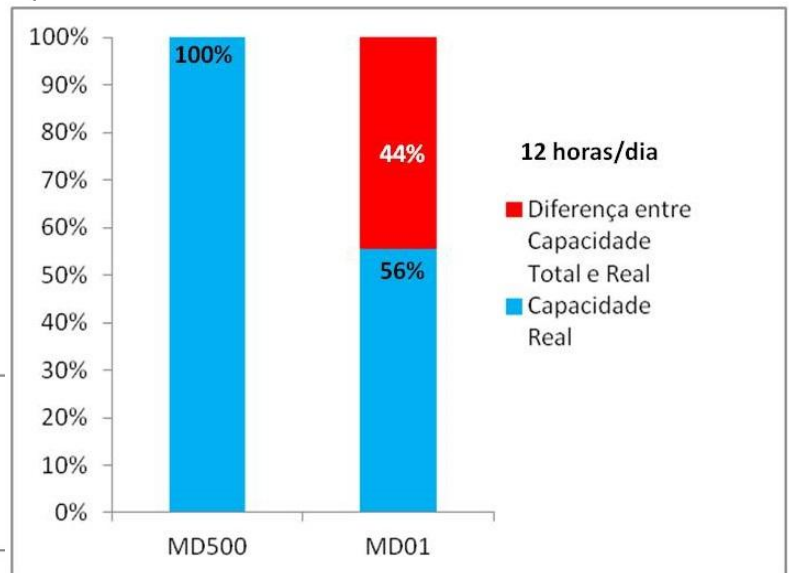
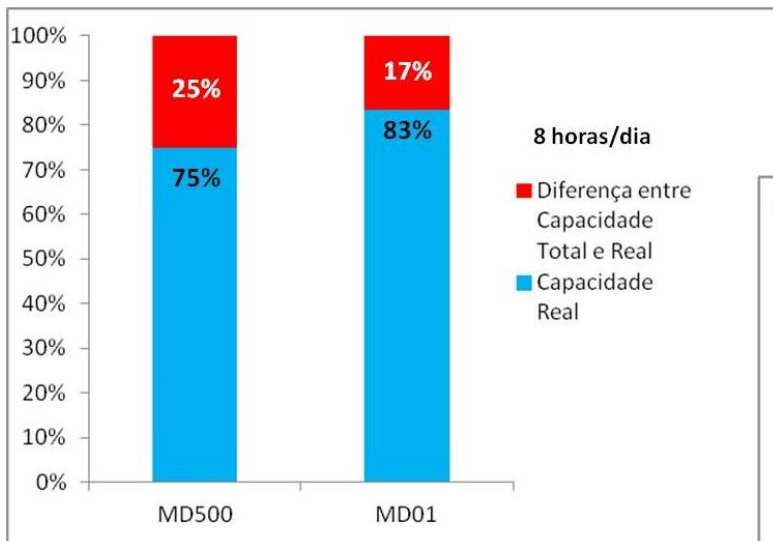
Código	Descrição	Código	Descrição
FE	Falha Empilhador	FAU	Falha Automatismo
FMP	Falha Matéria Prima	FBA	Falha Balança
FEN	Falha Energia	DER	Derrame
FEM	Falha Embalagens	BEM	Brigada Emergência
FRO	Falha Rotulagem	FEX	Fabrico Experimental
FOP	Falha Operador	APR	Aproveitamentos
FEQ	Falha Equipamento	PAL	Paragem Almoço
FCA	Falha Caldeira	AFI	Afinação
FAR	Falha Ar Comprimido	MAN	Manutenção Planeada

Controlo de Qualidade

Adjuvantes		TBS	
Código	Descrição	Código	Descrição
TSA	Teor de sólidos superior a especificação	VA	Viscosidade superior a especificação
TSB	Teor de sólidos inferior a especificação	VB	Viscosidade inferior a especificação
MVA	Massa volumica superior a especificação	MVA	Massa volumica superior a especificação
MVB	Massa volumica inferior a especificação	MVB	Massa volumica inferior a especificação
PHA	Valor de pH superior a especificação	COR	Cor fora de limites de aceitação
PHB	Valor de pH inferior a especificação	GMA	Grau de Moagem superior a especificação
AV	Aspecto visual	GMB	Grau de Moagem inferior a especificação
		VEA	Valor de Epoxy superior a especificação
		VEB	Valor de Epoxy inferior a especificação
		IAA	Índice de amina superior a especificação
		IAB	Índice de amina inferior a especificação
		AV	Aspecto visual

Mastiques		TBA	
Código	Descrição	Código	Descrição
EXE	Extrusão Elevada	TSA	Teor de sólidos superior a especificação
EXB	Extrusão Baixa	TSB	Teor de sólidos inferior a especificação
EPM	Escorrimento (Pistola Manual)	MVA	Massa volumica superior a especificação
FPD	Formação de Pele Demorada	MVB	Massa volumica inferior a especificação
FPR	Formação de Pele Rápida	PHA	Valor de pH superior a especificação
ASP	Aspecto: grumos, cor, aparência	PHB	Valor de pH inferior a especificação
		AV	Aspecto visual

ANEXO D: Gráficos de Comparação de Capacidade Real Relativos ao Setor TBA



ANEXO E: Gráficos de Comparação de Capacidade Real Relativos ao Setor TBS

