

Melhoria do OEE de Equipamento na Indústria de Produção de Rolhas Aglomeradas

Francisco Castelo Seabra

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Armando Luís Ferreira Leitão



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2024-06-27

À minha família e amigos

Resumo

O cenário competitivo atual torna imperativo que as empresas procurem formas de ganhar margens com o seu capital já investido, para que sejam ágeis na resposta a mercados dinâmicos. A deteção destas tendências de mercado, que indicam o potencial crescimento do segmento das rolhas aglomeradas impulsionou a necessidade de analisar esta unidade operacional. É neste contexto que surge o presente projeto, com o objetivo de analisar e identificar oportunidades de melhoria na cadeia produtiva.

Procedeu-se a um estudo inicial, para identificar as áreas de foco. De seguida, definiram-se objetivos concretos relativos à secção e equipamento com maior impacto na situação atual da unidade.

A observação no chão de fábrica e a análise de registos de produção permitiram identificar três grupos de análise: limpeza; microparagens e *setup*. Foram desenhadas e implementadas soluções com vista à mitigação do impacto das perdas referentes a estas ineficiências.

Os resultados obtidos foram validados com análises de laboratório, de modo a garantir que o tempo de produção ganho produziria, em condições normais, corpos dentro de especificação. Assim, foi possível garantir o impacto positivo das medidas no OEE.

Paralelamente, delineararam-se planos de ação para melhorar a qualidade dos registos de manutenção, visto que a falta de detalhe impediu a condução de um estudo aprofundado com vista à diminuição do impacto das avarias na unidade de produção.

Os objetivos do projeto foram cumpridos, resultando num aumento esperado da capacidade produtiva da secção, sem comprometer a qualidade da produção.

Improvement of equipment's OEE in the agglomerated cork production industry

Abstract

In the current competitive landscape, it is imperative that companies seek ways to gain margins with their already invested capital, as to be agile in responding to dynamic markets. The detection of market trends, indicating the potential growth of the agglomerated cork segment, has driven the need to analyse this operational unit. This project, with the goal of analysing and identifying improvement opportunities along the production chain, gains relevance in such context.

An initial study was conducted to identify the focus areas. Subsequently, specific objectives were defined concerning the section and equipment with the greatest impact on the current situation of the unit.

Examination on the factory floor and the analysis of production records allowed the identification of three analysis groups: cleaning, microstoppages, and setup. Solutions were designed and implemented to mitigate the impact of losses related to these inefficiencies.

The results obtained were validated with laboratory analyses, to ensure that the production time gained would produce, under normal circumstances, products within specification. Thus, it was possible to guarantee the positive impact of the measures on OEE.

Simultaneously, action plans were outlined to improve the quality of maintenance records, as the lack of detail prevented a thorough study aimed at reducing the impact of breakdowns in the production unit.

The project's goals were achieved, resulting in an expected increase in the section's productive capacity without compromising production quality.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, à Corticeira Amorim, pela oportunidade de desenvolver este projeto.

Ao professor Armando Leitão, orientador na FEUP, pela disponibilidade e apoio ao longo de todo o processo.

Ao Eng. Sérgio Carvalho, orientador na Socori, pelos conselhos e confiança, e à Eng. Inês Figueiredo pelo acompanhamento inicial.

Aos colaboradores da Socori pela disponibilidade, integração e partilha de conhecimentos.

À minha família e amigos pelo apoio incondicional.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	Apresentação da Corticeira Amorim e SOCORI	1
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Metodologia do projeto	3
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	Toyota Production System e Lean	5
2.1.1	Ferramentas Lean	8
2.2	Manutenção	11
2.3	OEE	14
3	Situação Atual e Oportunidades de Melhoria Identificadas	18
3.1	Descrição do Processo Produtivo	18
3.2	Análise de Processos	20
3.2.1	Descrição do Processo - Moldação	20
3.3	Definição de Oportunidades de Melhoria	23
	Descrição do processo geral de limpeza	23
3.3.1	Limpeza da Moldadora 6	25
3.3.2	Microparagem	28
3.3.3	Setup	30
3.3.4	Manutenção	31
4	Soluções Propostas e Resultados	35
4.1	Limpeza	35
4.1.1	Criação placa de mistura	35
4.1.2	Tempo de Reaquecimento	36
4.2	Microparagens	39
4.2.1	Entupimento Saída de Corpos	39
4.2.2	Erro Movimentos da Mesa	40
	Entupimento Tubo de Amostra	41
4.3	Setup	41
4.4	Manutenção	42
4.4.1	Criação de Categorias de Avaria	43
4.4.2	Folheto de Utilização da Aplicação	44
4.4.3	Visibilidade do Estado da Avaria	45
4.4.4	Notificação de Nova Avaria	45
4.5	Análise Resultados	46
4.5.1	Análise Individual do Impacto das Medidas	46
4.5.2	Síntese do Impacto e Análise OEE	48
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	49
5.1	Conclusões do Projeto Desenvolvido	49
5.2	Propostas de Trabalho Futuro	50
	Referências	51
	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	52
	ANEXO A: <i>Standard Work</i> Limpeza Moldadoras	53
	ANEXO B: MTBF	54
	ANEXO C: Desenho Técnico da Nova Rede	55
	ANEXO D: Análise Laboratorial Rolhas	56
	ANEXO E: <i>Standard Work</i> Mudança Ordem de Fabrico	57

ANEXO F: Gráficos de Pareto.....58

Índice de Figuras

Figura 1 - Organigrama Amorim.....	2
Figura 2 - Vendas por unidade de negócio	2
Figura 3 - Cronograma Projeto	3
Figura 4 - Casa TPS.....	5
Figura 5 - Ponto Ótimo de Manutenção	7
Figura 6 - Pilares TPM	7
Figura 7 - Diagrama Espinha de Peixe	9
Figura 8 - Diagrama de Pareto.....	11
Figura 9 - Tipos de Manutenção.....	11
Figura 10 - Métricas de Manutenção	12
Figura 11 - Curva da banheira	13
Figura 12 - Tempo Planeado de Produção	15
Figura 13 - Disponibilidade.....	15
Figura 14 - <i>Performance</i>	16
Figura 15 - Qualidade	16
Figura 16 - Simplificação OEE	17
Figura 17 - VSM Fábrica de Rolhas Aglomeradas.....	20
Figura 18 - Placa de Mistura	26
Figura 19 - Representação Zonas da Moldadora 6	26
Figura 20 - Gráfico Temperatura moldes após limpeza	27
Figura 21 - Cronograma de Ciclos de Rolhas.....	28
Figura 22 - Entupimento na Saída de Rolhas	29
Figura 23 - Registos de Paragem Antigos	31
Figura 24 - Registos pouco detalhados.....	32
Figura 25 - Registos Duplicados	33
Figura 26 - Avarias Externas ao Equipamento.....	33
Figura 27 - Gráfico Avarias.....	34
Figura 28 - Rede de Granulado.....	35
Figura 29 - Corpos Fissurados.....	36
Figura 30 - Causas Raiz Tempo de Recuperação de Temperatura.....	37
Figura 31 - Gráfico Evolução Temperaturas Após Limpeza Controlada.....	39
Figura 32 - Comparação Temperatura dos Moldes	39
Figura 33 - Sensor no ventilador da conduta das rolhas.....	40
Figura 34 - Tubo de Granulado	41

Figura 35 - Propostas de Melhoria da Manutenção	43
Figura 36 - Nova interface de registo das avarias	44
Figura 37 - Gráfico Relação Tempo de Espera e Número de Avarias	46

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores Referência OEE	17
Tabela 2 - Caraterísticas Moldadoras	21
Tabela 3 - OEE Moldadoras	23
Tabela 4 - Tempos de Limpeza Moldadoras	24
Tabela 5 - Trocas de Ordem de Fabrico	31
Tabela 6 - Tabela Tempos de Avaria.....	34
Tabela 7 - Tempos Agrupados de Setup.....	42
Tabela 8 - Análise Registos Duplicados.....	45

Índice de Equações

Equação 1 - Parâmetro taxa de avaria	12
Equação 2 - Teste Laplace.....	12
Equação 3 - Taxa de Avaria com Tendência Linear	13
Equação 4 - Taxa de Avaria pelo Método de Crow	13
Equação 5 - Taxa de Avaria Exponencial	13
Equação 6 - Cálculo OEE.....	15
Equação 7 - Cálculo Disponibilidade	15
Equação 8 - Cálculo <i>Performance</i>	16
Equação 9 - Cálculo Qualidade	16
Equação 10 - Fórmula Simplificada OEE	17

1 Introdução

O projeto, desenvolvido entre fevereiro e junho de 2024 na empresa SOCORI – Sociedade de Cortiças de Rio Meão, S.A., foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Porto. Os seus objetivos centraram-se na melhoria da eficiência operacional da unidade de produção de rolhas aglomeradas.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Num cenário empresarial competitivo e em constante evolução, é essencial que as empresas desenvolvam iniciativas que visem melhorar os seus processos e aumentar a produtividade. Neste contexto, surge a necessidade de estudar o desempenho dos equipamentos produtivos, de forma a garantir uma utilização dos recursos o mais eficiente possível. Assim, as empresas conseguem manter-se competitivas e ágeis na resposta a tendências de mercado, criando valor adicional, mesmo sem um notório crescimento do mercado ou quota de mercado.

A identificação de tendências de mercado, que revelam o potencial das rolhas de cortiça aglomerada, resultou na definição deste projeto, que visa a obtenção de ganhos de eficiência no processo produtivo deste segmento de produto.

1.2 Apresentação da Corticeira Amorim e SOCORI

Fundada em 1870, a Corticeira Amorim é líder mundial da indústria de transformação de cortiça e combina a tradição e a inovação, ao utilizar um material enraizado na cultura portuguesa. De facto, Portugal é o maior exportador mundial de cortiça, num setor que contribui com mais de 1200 milhões de euros em exportações e emprega mais de 16000 pessoas em todo o país.

A perceção do potencial das inúmeras aplicações desta matéria-prima, sustentável e renovável, aliada a forte investimento em investigação e desenvolvimento resultou na diversificação do portefólio e no controlo integrado do processo de criação de valor. Assim, hoje, a Corticeira Amorim divide-se em cinco principais unidades de negócio, como se pode observar na figura 1. Estas unidades interagem entre si, de forma a criar uma cadeia de valor na qual aproveitam os produtos e os subprodutos da produção umas das outras, garantindo a minimização do desperdício.

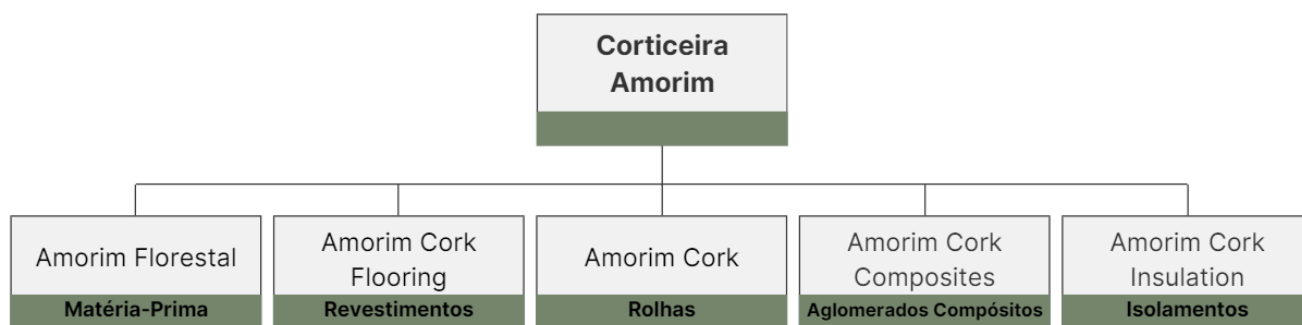


Figura 1 - Organograma Amorim

O contínuo crescimento resultou num valor de vendas consolidado de 985,5 milhões de euros no ano de 2023. A Amorim Cork contribuiu com 75,9% desse valor, pelo que se infere que, apesar da contínua diversificação e procura de margens em todas as unidades de negócio, o setor da venda de rolhas apresenta ainda uma preponderância muito significativa. Na figura 2 pode observar-se a distribuição de vendas por unidade de negócio. (Corticeira Amorim, 2024)

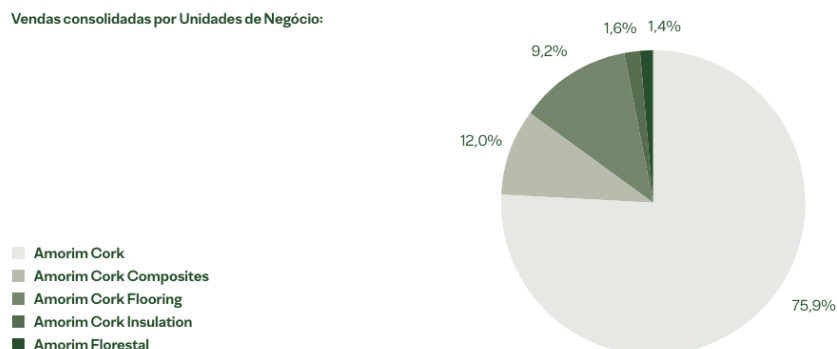


Figura 2 - Vendas por unidade de negócio

A **SOCORI – Sociedade de Cortiças de Riomeão, S.A** foi fundada em 1989 pelo Grupo Bourrassé. Inicialmente o negócio focava-se na compra e venda de rolhas. A produção iniciou-se com a rolha natural, seguida de rolhas aglomeradas e técnicas. Atualmente possui cerca de 300 colaboradores e produz 700 milhões de rolhas por ano, das quais controla todo o processo, desde a aquisição e tratamento da cortiça até à distribuição e contacto com o consumidor final. As instalações são divididas em dois edifícios, com 22 000 metros quadrados de área coberta e um estaleiro com mais de 50 000 metros quadrados.

Em 2017, a Corticeira Amorim inicia o processo de aquisição do grupo Bourrassé. Este processo, concluído em 2022, é representativo da estratégia do grupo, de aquisição de concorrentes como forma de aumentar a capacidade produtiva e quota de mercado. Ainda assim, possui uma marcada diferença relativamente às outras transações do grupo, devido ao foco na manutenção de identidade separada, como forma de aproveitar o reconhecimento da marca nos mercados alvo.

1.3 Objetivos do projeto

No seguimento da identificação das tendências de mercado e da necessidade de aumentar a eficiência do seu capital investido, a empresa definiu objetivos iniciais, que foram seguidos nas primeiras semanas.

- Análise do Processo Produtivo;
- Identificação das Áreas de Atuação;

Após a fase inicial, na qual se definiu o foco do projeto, definiram-se objetivos específicos para o desenvolvimento do mesmo:

- Diminuição do tempo despendido no processo de limpeza do equipamento em análise;
- Identificação de oportunidades de melhoria no trabalho contínuo do equipamento;
- Otimização do processo de *setup*;
- Delineação e Implementação de Medidas para aumentar a qualidade dos registos de manutenção;
- Apresentação de Propostas de Melhoria Futura.

A definição destes objetivos revelou-se essencial para direcionar o projeto e garantir o alinhamento deste com a estratégia da empresa.

1.4 Metodologia do projeto

O cronograma da figura 3 apresenta a metodologia e planeamento do projeto, ao longo de toda a sua conceção.

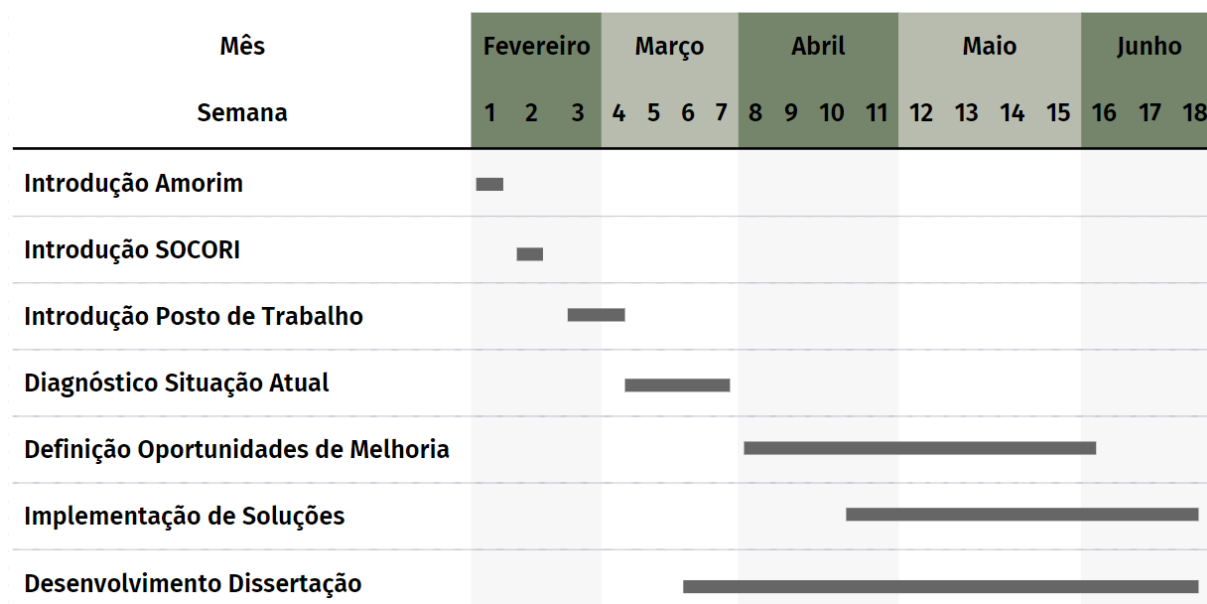


Figura 3 - Cronograma Projeto

Nas duas primeiras semanas foram realizadas diversas visitas às diferentes unidades de produção do grupo, bem como à unidade na qual decorreu o projeto.

Na terceira semana foi iniciado o processo de formação no posto de trabalho. A partir da quinta semana foram analisados os processos na unidade designada, e iniciou-se o diagnóstico

da situação atual e a procura de oportunidades de melhoria. Em simultâneo, decorreu também a implementação de propostas de solução, que foram acompanhadas e alteradas continuamente.

Paralelamente à análise e implementação de soluções, e ao longo de quase todo o horizonte temporal, ocorreu o desenvolvimento da dissertação.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

No primeiro capítulo descreve-se brevemente a empresa e a motivação para o desenvolvimento do projeto, bem como os objetivos e método seguido. Finalmente, expõe-se a presente estrutura.

No segundo capítulo apresenta-se uma revisão da literatura relevante para a compreensão da dissertação e das ferramentas utilizadas na sua elaboração.

No terceiro capítulo é detalhado o processo produtivo da empresa, no qual se identificam as principais oportunidades de melhoria e se desenvolve um diagnóstico atual.

No quarto capítulo são analisadas as causas das oportunidades identificadas, delineadas as soluções propostas e é realizada uma análise à sua implementação e impacto.

Por fim, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões do projeto, bem como propostas de trabalhos futuros.

Nos anexos podem ser encontrados documentos relevantes à elaboração do projeto.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Toyota Production System e Lean

Na sequência da 2ª Guerra Mundial, fruto das limitações financeiras e escassez de recursos, surgiu a necessidade de encontrar meios para utilizar os recursos de forma mais eficiente. É neste contexto que Eiji Toyoda e Taiichi Ohno desenvolvem o **Toyota Production System (TPS)**. Na figura 4 observar-se uma representação das bases do TPS (Fritze, 2016).

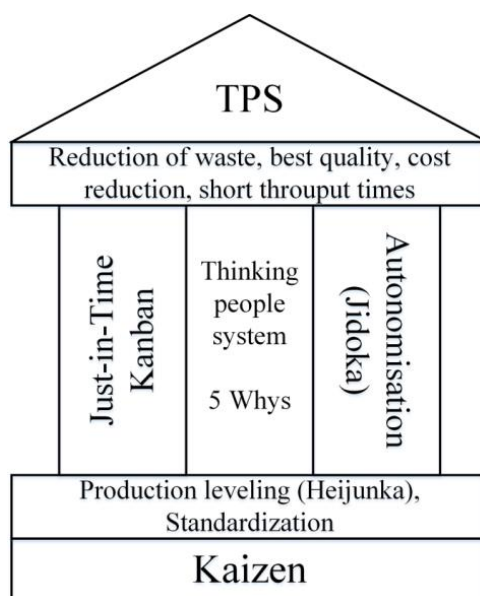


Figura 4 - Casa TPS

Nos anos subsequentes, atraiu pouco interesse, até que, no início dos anos 70, uma nova crise desencadeou a necessidade generalizada de atingir novos patamares de eficiência, quando as diversas indústrias se foram apercebendo que o modelo de produção em massa, pouco eficiente e pouco diversificado, se encontrava datado (Ohno, 1988).

O TPS define que a capacidade resulta na soma da produção e do desperdício. O objetivo é obter 100% do primeiro e minimizar o segundo. Assim, foram definidos 7 tipos de desperdício (*muda*).

- **Excesso de Produção:** produzir mais que o necessário. Um desperdício caraterístico de uma produção em grandes quantidades, na qual se tenta obter economias de escala. O excesso de produção aumenta os gastos com inventário e compromete a flexibilidade.
- **Tempo de Espera:** tempo de produção perdido por inatividade. Pode ocorrer por falta de material que ainda não foi fornecido, quer pelo fornecedor ou pelo processo a montante, produção de grandes quantidades (tamanho de lote), entre outros.

- Transporte: Movimentação de matéria-prima, produtos em curso e produtos acabados. Resulta de sistemas de produção e transporte pouco otimizados, que não minimizam a relação de transporte de quantidade/distância.
- Excesso de Processamento: processos desnecessários para atingir a especificação do produto. Falta de experiência, operações não normalizadas são causas comuns deste tipo de desperdício.
- Inventário: Excesso de matéria-prima, produto em curso ou produto final. Podem ser causados por planeamento produtivo pouco cuidado, *setups* demorados e realizados com pouca frequência, estrangulamentos no processo, entre outros. A existência de inventário leva a elevados custos de armazenamento, possibilidade de danificar artigos e pode mascarar estrangulamentos em processos a jusante.
- Movimento: movimentos executados por operadores no curso da produção que sejam atividades NVA, isto é, sem valor acrescentado.
- Defeitos: falhas de qualidade no produto. A ocorrência frequente de defeitos pode resultar em aumento de inventário e custos associados.
Caso o foco principal da análise de qualidade seja o produto acabado, pode haver elevado grau de rejeição, bem como um aumento generalizado dos custos pela produção de peças defeituosas. Além disso, a entrega de produtos defeituosos ao cliente final gera custos adicionais de transporte e possível perda de confiança (Deming, 1982).

A análise destes desperdícios tornou-se a base para a criação do Lean.

O **Lean**, definido por Womack e Jones, surge como adaptação do sistema de produção da Toyota e os seus princípios e métodos posicionam-se como soluções para eliminar os desperdícios identificados pelo TPS e ainda um desperdício adicional criado pelos autores, um oitavo *muda*, Desajuste, relacionado com produtos ou serviços que se encontram fora da especificação do cliente. Assim, os autores definem o Lean como o antídoto para estes desperdícios, através dos seus cinco princípios base (Womack e Jones, 1996).

- Especificar o Valor: Definido apenas pelo cliente. Organizações com elevado nível de especialização correm o risco de criar um processo complexo e dispendioso, mas que, na perspetiva do cliente, acrescenta pouco valor, pelo que se torna uma fonte de desperdício.
- Identificar o Fluxo de Valor: Representa a identificação de todas as etapas do processo de entrega de valor ao cliente final. A comunicação entre todas as áreas é essencial para evitar duplicação de ações. Os autores identificam três tipos de ação: as que acrescentam valor, as que não acrescentam valor, mas são necessárias, e as que não acrescentam valor e podem ser eliminadas.
- Fluxo: Organização da cadeia de valor de modo a criar um fluxo contínuo, que contrasta com a produção em lotes, de modo a minimizar os *buffers*, inventários intermédios, sincronizando a produção.
- Pull: As previsões de vendas geralmente estão erradas e a variabilidade é elevada, o que leva a falhas na previsão de produção, amplificando o efeito chicote a montante no processo produtivo. Assim, surge o princípio de guiar a produção através da procura, produzindo o estritamente necessário, minimizando os inventários.
- Perfeição: Como resultado de uma filosofia de melhoria contínua, o conceito de procura da perfeição é inerente ao *Lean*, através da tentativa de eliminar todo o *muda* do processo.

Assim, as empresas utilizam as técnicas *Lean* para guiar os seus esforços de combate ao desperdício produtivo.

Total Productive Maintenance (TPM)

O modelo TPM (*Total Productive Maintenance*), desenvolvido pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) foi implementado globalmente em diversas indústrias. A metodologia tem por base a colaboração de todos os membros da organização, de onde origina a vertente *Total* deste método. O objetivo final tem por base uma visão holística de obter zero defeitos, zero avarias, zero perdas de performance e zero acidentes. Na realidade, no entanto, como resultado de restrição de orçamento e do *trade-off* entre ganhos de aumento de produção e custos incorridos para o obter, deve ser introduzido um grau de flexibilidade, para diferenciar o que necessita de ser corrigido e o que poderia ser corrigido, caso fosse possível (Borris, 2006). Na figura 5 pode ser observada a representação gráfica do ponto ótimo desse trade-off.

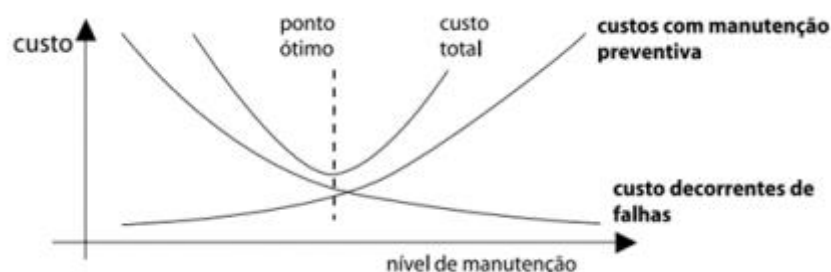


Figura 5 - Ponto Ótimo de Manutenção

O TPM rege-se por oito pilares, que podem ser observados na figura 6. (Kelly, 2006).

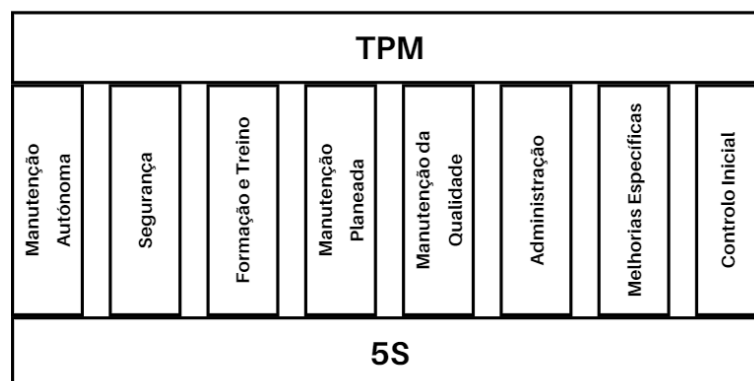


Figura 6 - Pilares TPM

- Manutenção Autônoma: Utilizar técnicos especializados para a realização de tarefas de manutenção simples não é eficiente, tanto no custo como no tempo de espera. Assim, os operadores responsáveis pelos equipamentos devem ser responsáveis por detetar anomalias no seu funcionamento e atuar nos casos menos complexos.
- Segurança: Estabelece o objetivo de zero acidentes. Os operadores responsáveis pela realização de manutenção autónoma devem receber formação específica para que adquiram capacidade de realizar uma avaliação de risco fundamentada. Além disso devem ser incentivados a contribuir para o desenvolvimento de práticas laborais seguras. A política de incentivos por segurança é utilizada na Socori, através de remuneração variável.

- Formação e Treino: A formação e treino de colaboradores passa muitas vezes por processos de aprendizagem informais, no local, através de operadores mais experientes. Este método pode resultar na passagem de informação incorreta e perpetuação de más práticas. Assim, esta fase deve ser regida por Procedimentos Operacionais Padronizados (SOPs).
- Manutenção Planeada: Procura atingir zero falhas. Através da investigação da causa de falhas recorrentes e atuação sobre as mesmas, tenta-se minimizar a ocorrência de manutenção reativa.
- Manutenção da Qualidade: Utilização de equipas multifuncionais para investigação do processo produtivo, de forma a identificar a causa da variação. Atua-se sobre a causa raiz, o que consiste na procura de soluções de melhoria do procedimento, ou, alternativamente, um processo diferente que conduza a melhores resultados.
- Administração: Dificuldades no processo produtivo podem ser consequência de falhas na administração e comunicação interdepartamental.
- Melhorias Específicas: Identificação de possíveis melhorias nos equipamentos ou procedimentos que podem resultar na resolução de dificuldades e falhas recorrentes e em melhores resultados.
- Controlo Inicial: Identificar inicialmente as prováveis falhas futuras, através da análise das características inerentes ao equipamento. Assim, garante-se maior previsibilidade na manutenção, diminuindo os custos associados.

O TPM realiza e estabelece assim uma ponte entre os 5S e as medidas tomadas para os atingir.

2.1.1 Ferramentas Lean

As organizações utilizam um conjunto de ferramentas para implementar esta filosofia, algumas das quais são apresentadas de seguida, pela sua relevância no contexto deste projeto.

5S

A metodologia 5S visa melhorar a organização e eficiência, eliminando o *muda* (Hirano, 1995).

- Seiri (Organização): Identificar e separar o material desnecessário, de forma a otimizar o fluxo de trabalho e o espaço disponível.
- Seiton (Arrumação): Organizar os restantes materiais (necessários) de forma lógica. Deve existir um local específico, de forma a minimizar o tempo gasto à procura de algo.
- Seiso (Limpeza): Manutenção de um local de trabalho cuidado. Contribui para a identificação de irregularidades, preservação dos equipamentos e para um ambiente agradável.
- Seiketsu (Normalização): Criação de normas para manter a organização e limpeza. Inclui a criação de procedimentos e rotinas que permitam manter as tarefas estáveis ao longo do tempo e entre diferentes turnos de produção. A normalização pode ser conseguida através da utilização de *Standard Works*.
- Shitsuke (Autodisciplina): Promoção de uma cultura de autodisciplina e compromisso essencial ao funcionamento dos outros 4 S's.

Esta metodologia encontra-se presente em várias áreas da análise de processo e contribui para a implementação do *Lean* em toda a organização.

Standard Work

Este sistema tem por base a criação de padrões na execução de tarefas pelos operadores, de modo a garantir consistência no desempenho das suas atividades, tornando-as previsíveis e eficientes. Na base do *standard work* encontra-se a descrição das tarefas que devem ser realizadas, bem como a sua frequência e os materiais ou equipamentos necessários ao desempenho dessas atividades. O desenvolvimento e implementação de um *standard work* pode seguir um ciclo **PDCA**.

PDCA

O ciclo Plan, Do, Check, Act (PDCA) é uma ferramenta de melhoria contínua que tem relevância não apenas no âmbito da sua aplicação industrial, mas também no desenvolvimento geral de projetos.

- **Plan**: Fase na qual é definido o objetivo. Identificam-se as oportunidades de melhoria e desenvolve-se um plano, no qual se estabelecem as metas, as ações para as atingir e os indicadores que devem ser acompanhados.
- **Do**: Implementação do plano de ação.
- **Check**: Acompanhamento da implementação do plano de ação e análise dos indicadores previamente definidos.
- **Act**: Definição e execução de medidas corretivas para melhoria do plano delineado inicialmente. Padronização dos métodos identificados.

A ideia do ciclo PDCA é simples, nunca se faz uma alteração sem medir o seu impacto e perceber se é benéfica (Borris, 2006).

A padronização de tarefas pode ser utilizada como meio para manter as alterações realizadas, de forma a impedir a reversão aquando do término do projeto.

Diagrama Ishikawa

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como diagrama espinha de peixe é uma ferramenta desenvolvida para gestão de qualidade que, ao longo dos anos, foi implementada em várias áreas de resolução de problemas (Ishikawa, 1982).

A sua utilização permite identificar e separar as causas, resultando na quantificação do impacto de cada uma no efeito final. Apesar de ter sido criado para um contexto específico, o diagrama é utilizado em várias áreas, com os seus “ramos” adaptados ao contexto que lhe for mais adequado, como pode ser observado na figura 7. (Dale et al, 2016).

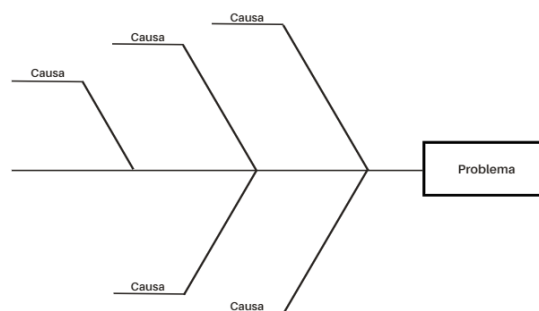


Figura 7 - Diagrama Espinha de Peixe

SMED

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma metodologia desenvolvida no cerne do TPS, por Shigeo Shingo, cuja ideia base se centrava na troca de ferramenta em menos de 10 minutos.

Esta ferramenta resulta da necessidade de minimizar o tempo de mudança de produção, de forma a maximizar o tempo disponível para produção, fruto da redução da quantidade de lote e minimização de inventário. Esta metodologia envolve a definição de dois tipos de atividades de *setup*: **externas** e **internas**.

As atividades externas são atividades que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento, já as internas implicam a paragem da produção. Assim, o foco do SMED é categorizar as tarefas, analisar os procedimentos e, por fim, minimizar o tempo despendido em tarefas internas. Podem ser definidas quatro etapas na aplicação desta metodologia. (Shingo, 1985).

- Etapa Preliminar: Análise da situação atual, onde todas as tarefas são analisadas mediante a necessidade da sua existência. Assim, o foco nesta etapa não incide sobre as tarefas internas ou externas, mas sim sobre as tarefas que podem ser eliminadas sem comprometer o processo de *setup*.
- Separação de Tarefas: Esta etapa consiste na classificação de tarefas em internas e externas.
- Transformação de Tarefas: Conversão do máximo número de tarefas internas em tarefas externas, de modo a maximizar o tempo de *setup* em operação.
- Melhoria e Normalização: Análise final de todas as atividades, de modo a encontrar formas de minimizar o tempo despendido em cada uma delas. O foco está, naturalmente, nas atividades internas. A normalização das atividades é crucial para garantir que estas são realizadas como previsto e em todos os espaços temporais da produção.

A sequência destas etapas permite a criação de um padrão de processo que limita a ocorrência de desperdício nas trocas produtivas.

Diagrama Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta utilizada como forma de dar prioridade a algumas falhas relativamente ao seu impacto na disponibilidade do equipamento. Tem base no princípio de Pareto, que neste contexto, pode ser definido como 80% dos efeitos resultam de 20% das causas; ou seja, 80% das avarias ou paragens, são causadas por 20% dos componentes ou modos de falha (Karuppusami e Gandhinathan, 2006).

Assim, o diagrama de Pareto é uma representação dos dados, onde as barras são ordenadas por ordem decrescente; o eixo vertical da esquerda representa a frequência relativa a cada ocorrência e o eixo vertical da direita o impacto cumulativo das falhas. Na figura 8 pode ser observado um exemplo desse diagrama.

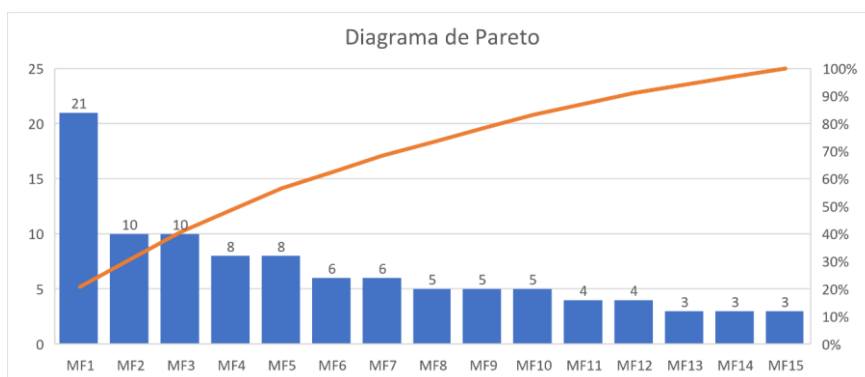


Figura 8 - Diagrama de Pareto

2.2 Manutenção

Uma avaria é definida pela norma NP EN 13306 como o estado de um bem que se encontra impossibilitado de cumprir as suas funções. A manutenção, por seu lado, representa o conjunto de ações destinadas a manter ou repor um bem nas condições adequadas ao desempenho das funções requeridas. Assim, conclui-se que a manutenção surge como forma de prevenir a ocorrência de avarias ou mitigar as suas consequências.

Na figura 9 encontram-se os diferentes tipos de manutenção. (Cabral, 2009)

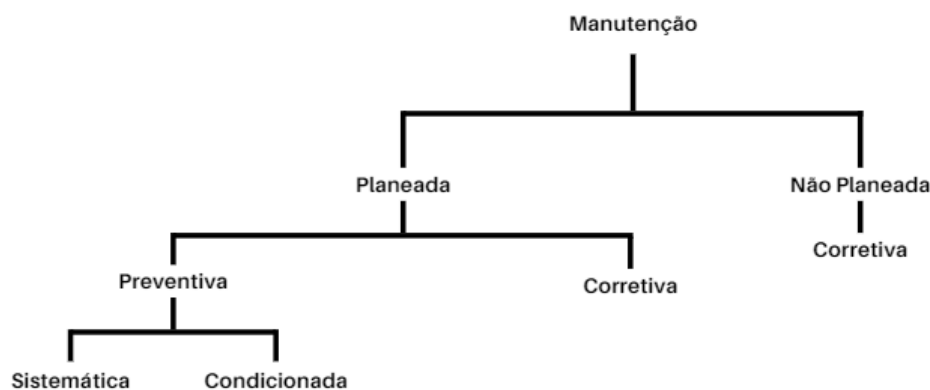


Figura 9 - Tipos de Manutenção

A manutenção pode ser dividida em planeada e não planeada.

A manutenção não planeada é o caso mais simples e requer apenas a resolução da avaria mediante o seu surgimento, pelo que é apenas corretiva.

A manutenção planeada implica uma análise prévia, mesmo quando é corretiva. No caso de ser preventiva, pode ser dividida em sistemática e condicionada. A manutenção preventiva sistemática representa uma situação na qual as ações de manutenção seguem um intervalo de tempo ou utilização, mas sem uma análise concreta ao estado do equipamento. A manutenção preventiva condicionada, por outro lado, envolve o acompanhamento do funcionamento e parâmetros do equipamento, através do qual se delineia o plano de ação.

Para que seja possível definir corretamente o tipo de manutenção indicado a cada situação e equipamento, é necessário compreender o comportamento do equipamento. Assim, as

métricas de manutenção e a definição correta dos modos de falha desempenham um papel muito relevante na definição de políticas de manutenção.

Métricas de Manutenção

As métricas de manutenção permitem obter uma expectativa do comportamento de um determinado componente ou subsistema de equipamento e facilitam a interpretação de conceitos que seriam, de outra forma, complexos de analisar. Na figura 10 pode observar-se uma representação visual das métricas.

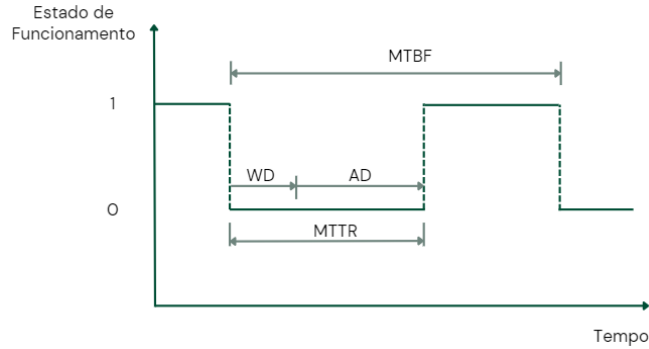


Figura 10 - Métricas de Manutenção

Mean Time Between Failures (MTBF)

O MTBF é um indicador utilizado para perceber o número de horas médio que um equipamento ou sistema opera sem ocorrência de falha, pelo que permite acompanhar a durabilidade e fiabilidade do mesmo. É utilizado em várias indústrias e torna-se essencial na tomada de decisões relativas à gestão de ativos, tais como a aquisição e substituição de equipamentos ou a definição de procedimentos de manutenção. O MTBF é calculado através do inverso da taxa de avaria. (Leitão, 2013)

A taxa de avaria é um parâmetro definido de acordo com a equação 1, onde T representa o tempo de falha e $E\{N(T)\}$ representa o valor esperado do número de avarias.

Equação 1 - Parâmetro taxa de avaria

$$\lambda(T) = \frac{d}{dT} [E\{N(T)\}]$$

O estimador do parâmetro da taxa de avarias pode ser definido de três formas diferentes, relacionadas com a forma da tendência que assume.

Para compreender a tendência das avarias pode ser utilizado o teste de Laplace, representado na equação 2.

Equação 2 - Teste Laplace

$$TS = \sqrt{12 \times N} \times \left[\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N \times t_0} - 0.5 \right]$$

$TS \Rightarrow \text{Normal}(0;1)$ with $N \geq 4$

Caso não se rejeite a hipótese nula (H_0), ou seja, caso se possa admitir que a tendência é linear, a taxa de avaria pode ser calculada através da equação 3. Rejeitando H_0 , o valor da estatística de teste permite identificar se a tendência é logarítmica ou exponencial.

Equação 3 - Taxa de Avaria com Tendência Linear

$$\lambda(T) \Rightarrow \hat{\lambda} = \frac{N(T)}{T}$$

Caso seja logarítmica, ou seja, decrescente, a taxa de avaria pode ser definida pelo modelo de Crow, e é calculada através da equação 4.

Equação 4 - Taxa de Avaria pelo Método de Crow

$$\lambda(T) \Rightarrow \hat{\lambda} = \gamma \beta T^{\beta-1}$$

Caso seja exponencial, ou seja, crescente, pode ser definida pela equação 5, onde os parâmetros podem ser definidos pelo método da máxima verosimelhança de Weibull, já que esta distribuição tem elevada capacidade de ajuste a diferentes curvas, através da manipulação dos seus parâmetros.

Equação 5 - Taxa de Avaria Exponencial

$$\lambda(T) \Rightarrow \hat{\lambda} = \frac{\alpha}{\eta} T^{\alpha-1}$$

As três tendências de avaria podem ser relacionadas com a **curva da banheira**, cuja representação se pode observar na figura 11.

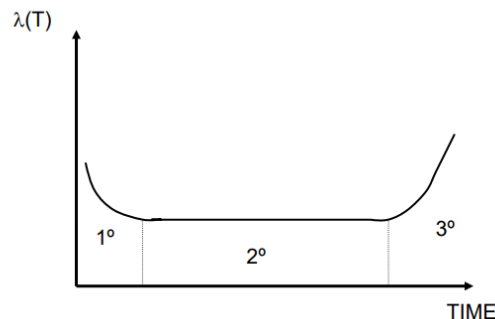


Figura 11 - Curva da banheira

Esta curva está definida em três zonas. A primeira corresponde a uma tendência logarítmica, decrescente, e representa o período inicial de falhas, relacionadas com defeitos de fabrico e instalação. A segunda corresponde a uma tendência constante, e representa o período de vida útil, no qual se espera que o equipamento opere de forma estável, pelo que é a fase desejada

de operação. A terceira corresponde a uma tendência exponencial, crescente, e representa a falha tardia, relacionada com o envelhecimento do equipamento. (Dhillon, 2002)

Mean Time to Failure (MTTF)

O MTTF é semelhante ao MTBF, no entanto, é utilizado para medir o tempo de vida útil de sistemas e componentes que não são reparáveis, ou seja, componentes que mediante a falha são substituídos, e não reparados.

Mean Time to Repair (MTTR)

O MTTR é uma métrica utilizada para representar o tempo decorrido entre a ocorrência de falha e o reinício da produção. Engloba o tempo decorrido desde o diagnóstico da falha à sua resolução, incluindo possíveis testes realizados para comprovar que o equipamento se encontra operacional. É possível dividir o MTTR em dois tempos: *Waiting Downtime* e *Active Downtime*.

Waiting Downtime (WD)

O WD representa o tempo decorrido entre a ocorrência de falha e o início do processo de reparação. Assim, permite compreender a capacidade de resposta relacionada com a política de peças suplentes, dimensão de equipa de manutenção, entre outros.

Active Downtime (AD)

O AD representa o tempo no qual o equipamento está a ser ativamente reparado, pelo que se relaciona com, por exemplo, a acessibilidade de reparação dos componentes.

FMEA

A utilização de dados históricos de manutenção permite definir a existência de modos de falha de equipamentos, facilitando a análise global de manutenção do equipamento, bem como a definição de procedimentos. De facto, a definição dos modos de falha é uma fase crítica do processo de garantia de fiabilidade dos equipamentos.

A análise de modos de falha e dos seus potenciais efeitos (FMEA) é um procedimento que tem como objetivo identificar e analisar os modos de falha de um equipamento. O processo, além da documentação das falhas, passa também pela identificação de procedimentos para diminuir a sua ocorrência e mitigar as consequências. Os modos de falha têm associado um RPN (Risk Priority Number), definido através da análise da gravidade, frequência e probabilidade de deteção, o que também permite a definição de alvos prioritários. (Catelani et al., 2015).

A definição inicial dos modos de falha é complexa, pois é essencial encontrar o nível de detalhe entre os diferentes subsistemas do equipamento. Uma análise pouco detalhada pode ser arriscada, e não cumprir com os requisitos para um diagnóstico correto. Uma análise demasiado detalhada pode tornar o processo demasiado longo, capaz de gerar paralisia por análise. (Moubray, 1997)

2.3 OEE

Como forma de medir a proximidade do desempenho real de um equipamento ao desempenho teórico pretendido pela aplicação de TPM, surge o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Este indicador reconhece a existência de três principais fontes de rendimento de um equipamento: **Disponibilidade**, **Performance** e **Qualidade**. Normalmente, o cálculo do OEE é definido como disposto na equação 6.

Equação 6 - Cálculo OEE

$$OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade$$

Desta forma, representa a comparação entre o funcionamento da máquina real relativamente à máquina ideal, que produz ininterruptamente, à sua máxima velocidade, produtos dentro dos parâmetros de conformidade. Assim, permite perceber a percentagem de capacidade instalada que é utilizada na sua capacidade máxima.

Nakajima reuniu as perdas que afetam o rendimento de um equipamento em seis grupos (Nakajima, 1990). Cada uma será apresentada na sequência da categoria de perda que afeta.

O tempo de operação total, correspondente ao tempo em que a unidade industrial se encontra a operar, não representa a base de cálculo do OEE. Geralmente, os equipamentos têm períodos de paragem definidos, nos quais não está prevista a ocorrência de produção. Assim, tempos gastos em limpeza, manutenção preventiva, entre outras paragens programadas, não afetam qualquer índice deste indicador, como se observa na figura 12. No contexto deste projeto, no entanto, as perdas por limpeza serão consideradas.

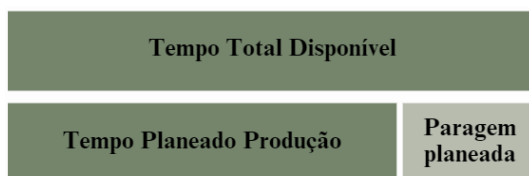


Figura 12 - Tempo Planeado de Produção

A **Disponibilidade** representa a percentagem de tempo no qual a máquina operou, relacionando-o com o tempo em que era esperado ter operado, ou seja, o tempo total previsto de operação, como disposto na figura 13.

- Perda por avaria de equipamento: Paragens não programadas resultantes das avarias. São as paragens com maior impacto na perda de rendimento dos equipamentos.
- Perda por *setup*: Paragens relacionadas com mudança de produto. A perda de rendimento pode estar também relacionada com ajustes que são necessários após a mudança.

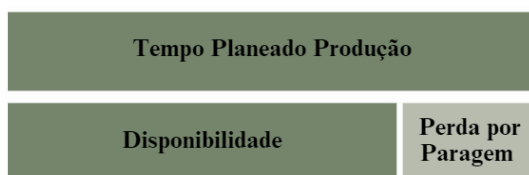


Figura 13 - Disponibilidade

A disponibilidade pode ser calculada através da equação 7.

Equação 7 - Cálculo Disponibilidade

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ Operacional}{Tempo\ Planeado\ de\ Produção}$$

A **Performance** representa a relação entre a velocidade real de operação do equipamento e a velocidade máxima teórica a que este podia operar, como representado na figura 14.

- Perda por paragem temporária: Denominadas **microparagens**, representam interrupções momentâneas, como, por exemplo, falhas na alimentação, ou erros nos movimentos da máquina. Embora de pouca relevância individual, a acumulação pode ter impacto significativo.
- Perda de velocidade: Produção a tempo de ciclo superior às possibilidades do equipamento. Geralmente relacionado com ajustes ou manutenção deficiente.

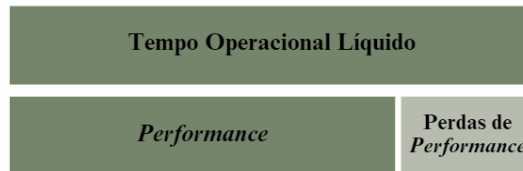


Figura 14 - Performance

Há várias formas de calcular a *performance*, pois pode ser calculada através da subtração do tempo despendido em microparagens ao tempo disponível de produção, ajustando de seguida com o tempo de ciclo real, de forma a obter a verdadeira produção. Pode ser também calculada através do rácio entre a produção real e a produção teórica, ou seja, a produção que seria esperada no tempo disponível de produção, com o equipamento a operar com o seu tempo de ciclo teórico, tal como representado na equação 8.

Equação 8 - Cálculo Performance

$$Performance = \frac{N^{\circ} \text{ Real de Peças Produzidas}}{N^{\circ} \text{ Ideal de Peças Produzidas}}$$

A **Qualidade** representa o rácio entre o número de peças conformes produzidas relativamente à produção total, como representado na figura 15, pelo que se deduzem as:

- Perda por defeito e retrabalho: A produção de produtos defeituosos não tem apenas impacto no possível desperdício de matéria-prima, mas também no tempo que eventualmente será despendido na transformação da peça defeituosa em produto conforme e no custo de oportunidade relativo à não produção de peças conforme.
- Perda de Arranque: Tempo gasto para entrar em regime de produção (velocidade cruzeiro). Pode estar relacionado com instabilidade associada à própria operação, falta de manutenção, entre outros.

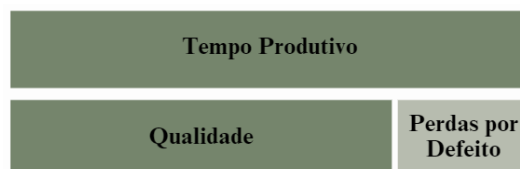


Figura 15 - Qualidade

Assim, pode calcular-se a qualidade através da equação 9.

Equação 9 - Cálculo Qualidade

$$Qualidade = \frac{N^{\circ} \text{ de Peças Conformes}}{N^{\circ} \text{ de Peças Produzidas}}$$

O OEE é um indicador individual a cada equipamento, pelo que não deve ser utilizado para estabelecer comparações diretas entre diferentes máquinas. Ainda assim, existem valores de referência para equipamentos, que podem ser consultados na tabela 1.

Tabela 1 - Valores Referência OEE

Categoria	Valor Referência
Disponibilidade	90%
<i>Performance</i>	95%
Qualidade	99.9%
OEE	85%

O OEE apresenta algumas limitações, tais como as diferenças que se encontram no que se considera como perda, ou outras que se podem comprovar através da decomposição do indicador e dos seus componentes.

Como disposto na equação 6, o cálculo do OEE resulta tipicamente da multiplicação dos seus três componentes.

A disponibilidade pode ser definida como a razão entre o tempo operacional (A) e o tempo planeado de produção (B). A *performance*, por seu lado, representa a multiplicação de dois índices: o índice de ritmo operacional e o índice de tempo de operação real. O índice de ritmo operacional calcula-se através da razão entre o tempo de ciclo teórico (C) e o tempo de ciclo real (D). O índice de tempo de operação real pode resultar da razão entre a multiplicação do tempo de ciclo real (D) com o número de peças produzidas (E) e o tempo operacional (A). A qualidade (F) pode ser calculada de acordo com a equação 9.

Assim, o OEE pode ser simplificado da forma representada na figura 16.

$$\frac{A}{B} * \frac{C}{D} * \frac{D * E}{A} * F \longrightarrow \frac{C * E * F}{B}$$

Figura 16 - Simplificação OEE

Finalmente, pode considerar-se então que o OEE se define, de forma simplificada como disposto na equação 10.

Equação 10 - Fórmula Simplificada OEE

$$OEE = \frac{\text{Tempo de Ciclo Teórico} * \text{Nº Real de Peças Produzidas} * \text{Qualidade}}{\text{Tempo Planeado de Produção}}$$

Desta forma, pode ser concluído que o aumento do valor do indicador pode resultar de uma alteração tecnológica, que afete o tempo de ciclo teórico, do aumento do número real de peças produzidas, da melhoria do indicador de qualidade ou, por outro lado, da redução do tempo planeado de produção. Neste último encontra-se uma das limitações do OEE, pois a análise acrítica do indicador e da sua evolução pode resultar em avaliações incorretas do benefício decorrente de uma possível melhoria do seu valor.

3 Situação Atual e Oportunidades de Melhoria Identificadas

3.1 Descrição do Processo Produtivo

A produção de rolhas aglomeradas surge como uma das soluções encontradas para encontrar valor nos desperdícios decorrentes da produção de rolhas naturais. Assim, a matéria-prima encontra-se sob a forma de aparas e rolhas de muito baixa qualidade, pelo que contribui para a abordagem de economia circular e para o aumento do leque de produtos oferecidos ao cliente final. O processo de produção de rolhas aglomeradas envolve uma série de etapas, desde a trituração da cortiça proveniente de outras secções até à expedição.

Trituração

A matéria-prima é encaminhada para a trituração, onde passa por diversos moinhos, que produzem granulado progressivamente mais fino. Entre eles, ocorre uma separação do granulado de cortiça e dos resíduos que nele estejam presentes. Os diferentes tipos de granulado são separados através de mesas densimétricas, que os agrupam por dimensão. A taxa de aproveitamento de trituração ronda os 45%.

O granulado é esterilizado num processo de vaporização, para eliminar o TCA (2,4,6-tricloroanisol, também conhecido como “gosto a rolha”). Após estes processos, o granulado é armazenado em silos ou *big-bags*. Assim que é testado e aprovado em laboratório, está pronto para seguir no processo. Caso os níveis de TCA estejam fora de controlo, o granulado passa por novo processo de desinfeção.

Moldação

A produção de corpos que originam rolhas ocorre nesta fase. O granulado é misturado com cola, água e óleo. As quantidades de cada componente variam consoante o tipo de granulado que é utilizado, produto final pretendido, entre outras características. Na moldação, um equipamento injeta a mistura de granulado em moldes que passam por um processo de aquecimento, em estufa, de modo a solidificar e expandir. Os corpos são extraídos dos moldes após o processo de cozedura, e são depositados em carros.

Retificação

Após estarem estabilizados e cumprirem os requisitos necessários para serem trabalhados, sem que ocorra variação dimensional e sem comprometer a sua integridade estrutural, os corpos são retificados. Este processo visa garantir as dimensões finais e acabamento de superfície. Entre a produção de corpos e a retificação, os corpos são movimentados num comboio logístico. O operador deve garantir o FIFO (First In, First Out) quando transporta os carros da moldação, com corpos já estabilizados para o piso superior, no qual serão

descarregados para os reservatórios das máquinas de retificação. É um processo que exige coordenação entre o laboratório e o operador logístico, pois diferentes tipos de rolha têm diferentes tempos de estabilização, que podem variar entre 24 e 32 horas. Além disso, corpos estabilizados podem não ter cumprido os requisitos dos testes laboratoriais, havendo a necessidade de conduzir reamostragem e validação de alguns lotes de produção.

Os corpos são retificados em comprimento e diâmetro, em topejadeiras e ponçadeiras, respetivamente; adicionalmente, alguns passam por um processo de chanfragem.

Lavação

As rolhas já retificadas podem passar por um processo de lavação, que assegura a desinfeção e remoção de rebarba e pó. Adicionalmente, podem ser tratadas com produtos químicos que as alteram cromaticamente, mediante especificação do cliente.

Escolha

As rolhas passam por um processo de seleção visual final. Esta seleção consiste numa avaliação das características de superfície das rolhas, tais como fendas ou rasgos.

As rolhas rejeitadas neste processo ou noutros controlos anteriores podem ser retificadas para tamanhos inferiores, de forma a garantir o mínimo desperdício de produção.

Marcação e Expedição

Após o processo de escolha, as rolhas podem ser expedidas para os principais armazéns da empresa, em França e no Chile, onde serão marcadas com os símbolos correspondentes ao cliente final. Alternativamente, caso o envio seja direto para o cliente, são marcadas *in-house*.

Os aglomerados são também fornecedores internos da fábrica de rolhas técnicas, na qual discos de cortiça natural são colados nas extremidades de corpos de rolha aglomerada. Assim, é importante garantir uma consistência de produção que permita atingir os objetivos de fornecimento, não só externos, mas também internos.

3.2 Análise de Processos

Nas primeiras semanas definiu-se o foco da análise, através de uma análise aos pontos de restrição do sistema de produção. Como se pode observar pela análise do VSM da figura 17, a moldação é o gargalo da produção, pelo que corresponde à secção na qual se podem encontrar as oportunidades de melhoria com impacto imediato na capacidade geral de produção.

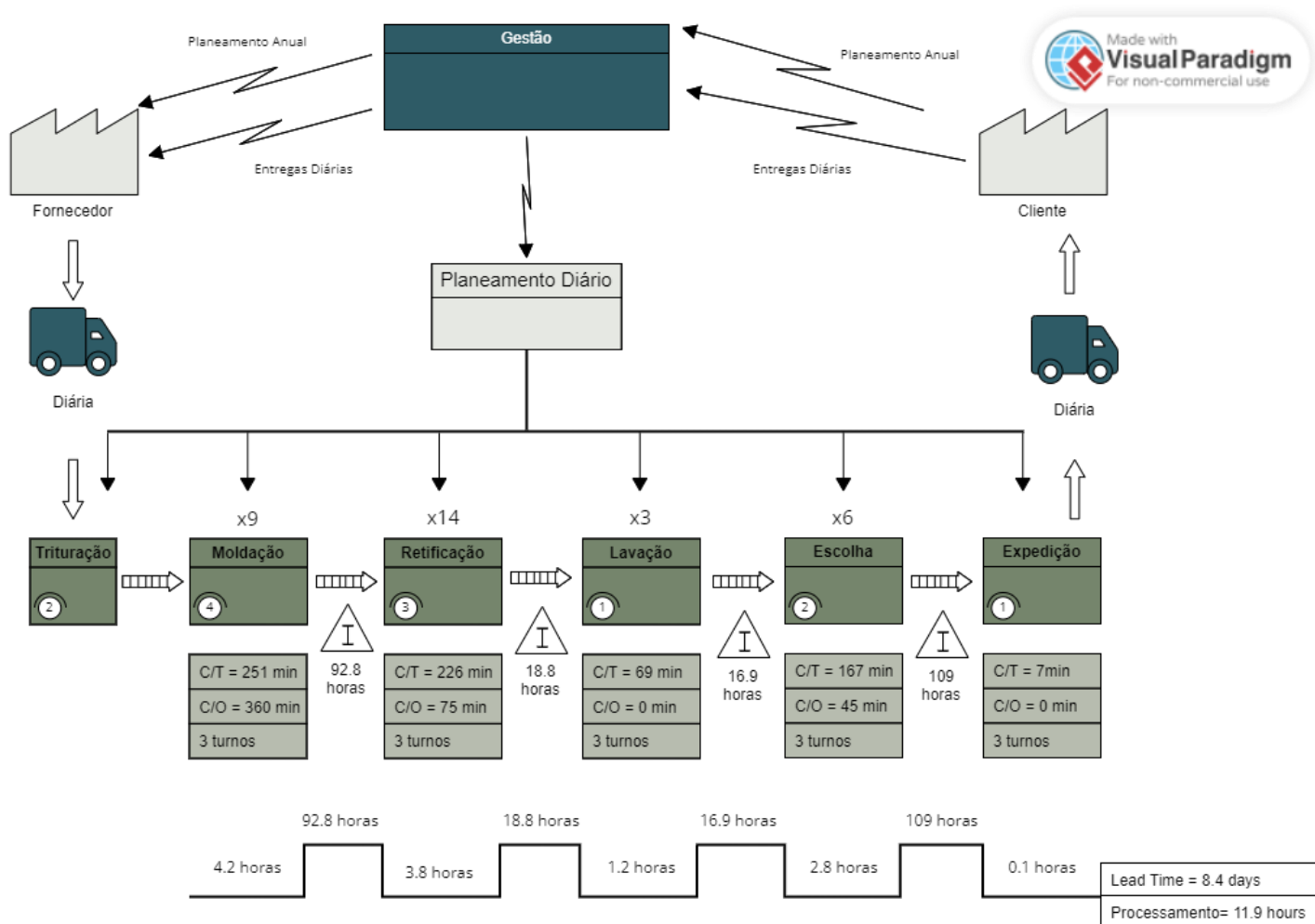


Figura 17 - VSM Fábrica de Rolhas Aglomeradas

3.2.1 Descrição do Processo - Moldação

O granulado existente nos silos ou *big-bags*, produzido na trituração, é transferido através de condutas para um **pré-silo**. Do pré-silo é movido, através de um sem-fim, para a **balança**, que mede a quantidade de granulado para depositar na mistura. Este granulado é descarregado num **misturador**, onde é combinado com cola, água e óleo, em quantidades que variam mediante o tipo de granulado e produto final que se pretende obter. O misturador transfere a mistura para o **armazém**, que é em tudo semelhante ao misturador, apenas não tem ligação aos sistemas de conduta da cola e água. A função do armazém é garantir uma produção contínua, pois permite a criação de um “stock” de mistura que pode ser descarregado na etapa seguinte sem impedir a criação de uma nova mistura no misturador. O armazém deposita a mistura na **moega** que, através do seu movimento oscilatório, enche os **moldes**. Os **injetores** prensam o granulado dentro dos moldes, que são fechados e seguem o seu curso no carrossel,

até entrarem na **estufa quente**. Na estufa quente, dá-se o processo de cozedura, isto é, a cola reticula e as rolhas expandem; de seguida, passam na **estufa fria**, cuja função é diminuir a temperatura dos moldes, de forma a mitigar o choque térmico quando as rolhas forem desmoldadas e a facilitar o próprio processo de desmoldagem. As rolhas extraídas seguem através de um tapete para uma conduta que as deposita num carro.

A moldação, assim como grande parte das outras áreas da Unidade Industrial trabalha 24 horas por dia, 5 dias por semana, e está dividida em duas naves, a Moldação A e a Moldação B. A Moldação A é constituída por 4 moldadoras (1; 2; 3 e 7), e a B alberga as restantes (4, 5 e 6). Cada uma tem 2 operadores por turno, cujas funções englobam abastecer *big-bags* de granulado, trocar os carros das saídas quando enchem; fazer controlo de produção; efetuar uma limpeza à máquina (uma vez por turno) e garantir o funcionamento contínuo dos equipamentos.

As moldadoras foram adquiridas em diferentes espaços temporais e a fabricantes distintos, pelo que a normalização de processos é complexa e exige-se margem para variações nos procedimentos. Ainda assim, é possível estabelecer um processo produtivo genérico para descrever as diferentes etapas da moldação.

A tabela 2 apresenta as diferentes características das moldadoras.

Tabela 2 - Características Moldadoras

Moldadora	Dimensão Produto (mm x mm)	Número de Moldes	Tempo de Ciclo (s)	Capacidade (rolhas/hora)
Moldadora 1	52x26	427	6,4	19 200
Moldadora 2	42x26	427	6,4	19 200
Moldadora 3.1	35x22	284	7,5	18 240
Moldadora 3.2	35x22	284	7,5	18 240
Moldadora 4	52x26	367	8,5	22 870
Moldadora 5	52x32	304	8,0	12 150
Moldadora 6	52x26	356*	8,0	45 000
Moldadora 7.1	50x32	259	8,5	16 094
Moldadora 7.2	46x35	259	8,5	16 094

*- Moldadora dupla; i.e, produz um par de moldes por cada ciclo

Metodologia de cálculo do OEE e análise

Os equipamentos não registam as suas paragens de forma automática, pelo que a análise dos dados tem de passar por uma via indireta. Os operadores, geralmente, reportam as avarias, para que a equipa de manutenção atue e reponha as características do equipamento; no entanto, não há o rigor necessário que possibilite uma análise precisa. Isto advém de esquecimentos, que levam a que seja a própria equipa de manutenção a registar a avaria, afetando assim o início da paragem do equipamento; registo duplicado da mesma avaria; registo incorreto do fim da avaria, o que resulta num tempo de paragem registado não correspondente ao real e, principalmente, à ocorrência de paragens que não são registadas. Assim, para obter os valores necessários ao cálculo do OEE e dos seus componentes, utilizaram-se os registos da produção, a partir dos quais se concluiu o tempo em que o equipamento esteve a produzir.

O equipamento regista a desmoldagem dos moldes, e envia informação para o sistema de produção interno (MES). Estes registos foram agrupados e ordenados. Após o tratamento de dados, e definindo um limite de tempo de ciclo máximo, a partir do qual se deduz que o equipamento teve uma interrupção de produção, foi possível inferir o tempo de atividade. O tempo de paragem do equipamento pode figurar perda de disponibilidade ou perda de performance, mediante seja considerado paragem prolongada ou microparagem, respetivamente. Definiu-se 10 minutos como o ponto de separação entre categorias.

A bibliografia, regra geral, indica que o tempo de limpeza, assim como outras paragens programadas, deve ser excluído do Tempo Total, já que este representa o tempo planeado de produção, do qual não consta o tempo despendido em paragens planeadas. Neste caso, no entanto, é importante considerar o processo de limpeza como uma perda, pois será alvo de estudo e alteração, para que seja mais célere. Assim, não remover o tempo de limpeza da base temporal do OEE permite uma mensuração mais facilitada do impacto real das medidas implementadas.

O OEE é um indicador cujo objetivo é ser particular a cada equipamento, pelo que as moldadoras foram analisadas individualmente.

Disponibilidade

O cálculo da disponibilidade realizou-se diretamente através dos tempos de paragem identificados como sendo superiores a 10 minutos.

Performance

Este índice combina as perdas de produção por microparagem com as perdas de velocidade, ou seja, diminuição da capacidade produtiva porque o equipamento opera a um tempo de ciclo superior ao teórico. O cálculo deste índice realizou-se comparando a produção real com a que seria prevista caso o equipamento produzisse à sua velocidade máxima, no tempo disponível para produção, e após se descontar o tempo por paragem prolongada.

Qualidade

O cálculo do índice de qualidade não pode ser realizado de forma direta através da análise das rejeições na escolha. É verdade que muitas das rejeições na escolha se relacionam com defeitos criados na produção de corpos na moldação. No entanto, as rolhas que são selecionadas na escolha passaram por um processo de retificação, que pode também gerar rejeições. Adicionalmente, durante o processo de moldação, os operadores recolhem pequenas amostras frequentemente, às quais realizam um controlo dimensional, e o laboratório recolhe amostras de maior escala, que analisa de forma mais detalhada. Assim, alguns lotes de produção não avançam no processo, por serem não conformes, pelo que não são analisadas pela escolha final. Desta forma, o índice de qualidade é calculado através do acompanhamento e análise das amostras recolhidas durante o processo de moldação.

Na tabela 3 observam-se os valores do OEE de todas as moldadoras, discriminado nos seus componentes.

Tabela 3 - OEE Moldadoras

Moldadora	Disponibilidade	Performance	Qualidade	OEE
Moldadora 1	57%	93%	93%	49%
Moldadora 2	58%	88%	98%	50%
Moldadora 3.1	46%	98%	81%	36%
Moldadora 3.2	41%	97%	82%	33%
Moldadora 4	60%	90%	98%	53%
Moldadora 5	60%	95%	88%	50%
Moldadora 6	58%	95%	87%	48%
Moldadora 7.1	64%	88%	81%	45%
Moldadora 7.2	61%	88%	94%	51%

3.3 Definição de Oportunidades de Melhoria

Inicialmente, observaram-se ambas as secções da moldação, de forma a identificar as principais perdas do processo. O processo de limpeza, por se realizar uma vez por turno e implicar uma paragem completa e prolongada dos equipamentos foi identificado como o ponto de partida para uma análise detalhada às principais perdas produtivas.

Descrição do processo geral de limpeza

As características da matéria-prima e dos equipamentos resultam em elevado desperdício de granulado. Esta perda é significativa por si mesma, e também pela diminuição da qualidade do produto. Para mitigar o seu impacto é realizada, em cada turno, uma limpeza das moldadoras, que visa a reposição das condições de produção ideais.

O processo que será descrito em seguida está definido através de um *standard work*, individual para cada moldadora, que é seguido pelos operadores. Pode ser consultado um exemplo no Anexo A.

Para iniciar o processo de limpeza, o operador tem de esvaziar o misturador, o armazém e a moega, ou seja, executa o ciclo de produção normal, sem que seja introduzido novo granulado no misturador. Assim, à medida que os moldes são abastecidos e seguem o seu curso para as estufas, o equipamento fica pronto para a paragem, pelo que se evita que a mistura seque. Alguns dos moldes que são abastecidos no final deste processo, especificamente os que são injetados na fase de vazamento da moega, não produzem rolhas adequadas, porque não enchem até ao fim. A máquina identifica os moldes em questão e, aquando da desmoldagem, inverte o sentido do tapete de saída de rolhas, pelo que estas rolhas, teoricamente não-conformes, não são misturadas com as produções normais, o que poderia levar a diminuição do índice de qualidade.

Assim que não exista mistura no equipamento, o operador pode iniciar o processo de limpeza. Quando invadir o perímetro de segurança, todas as partes móveis da moldadora param. Esta mudança recente visa garantir a segurança dos operadores, mas impede que estes realizem algumas operações com o equipamento em funcionamento, aumentando assim o tempo de paragem total.

Como foi anteriormente referido, os equipamentos apresentam diferenças entre si, que se refletem no processo de limpeza. Além disso, o tipo de granulado em utilização e a receita também influenciam o processo e o tempo nele despendido. Granulados mais finos e receitas nas quais a quantidade de cola por mistura é superior exigem mais esforço e demoram mais. Outro dos fatores que influencia o tempo de limpeza é o número de operadores. Quando todas as moldadoras estão em funcionamento há dois operadores por turno, em cada secção; no entanto, mediante paragens, um dos operadores pode ser realocado a outros processos. Naturalmente, quando há apenas um operador na secção o processo demora mais. Além disso, aumenta o risco de paragem mais prolongada de equipamentos, pois quando se encontra no processo de limpeza, troca de *big-bags*, troca de carros, entre outros, os equipamentos ficam sem supervisão.

As moldadoras 1 e 2, mais antigas, têm um perímetro de segurança mais pequeno, pelo que os operadores conseguem realizar grande parte da limpeza sem a parar. A moldadora 7 não é limpa durante a semana produtiva, mas apenas no fim de semana, fruto das suas características. Todas as outras necessitam de paragem total para iniciar o processo de limpeza. A limpeza das estufas, do misturador e do armazém é realizada no turno de fim de semana, fora do horário de produção, visto que se trata de um processo moroso e implicaria paragens prolongadas.

Na tabela 4 encontram-se os tempos medidos para os processos de limpeza dos equipamentos. Os tempos apresentados são referentes a limpezas com 2 operadores.

Tabela 4 - Tempos de Limpeza Moldadoras

Moldadora	Limpeza em Funcionamento (min)	Limpeza em Paragem (min)	Recuperação de Temperatura (min)	Primeira Mistura (min)	Paragem Total (min)
Moldadora 1	16	7	5	13	25
Moldadora 2	16	7	5	13	25
Moldadora 3	0	18	13	6	37
Moldadora 4	0	16	11	16	43
Moldadora 5	0	18	13	11	42
Moldadora 6 (Geral)	0	23	26	12	61
Moldadora 6 (Cristal)	0	27	26	12	65

O tempo de recuperação de temperatura corresponde ao intervalo entre o momento que o operador termina a limpeza e ativa novamente o equipamento e o momento em que o equipamento atinge uma temperatura estabilizada dentro de *setpoint*, ou seja, uma temperatura compreendida num intervalo de 10 °C acima ou abaixo da temperatura ideal de receita.

Fruto da análise conduzida e de observações realizadas em paralelo com esta, a **Moldadora 6** foi identificada como o equipamento de maior relevância para análise. Há três principais motivos que levam a que o projeto tenha tido um foco quase exclusivo neste equipamento:

- O impacto produtivo, pois é capaz de produzir cerca do dobro das rolhas no mesmo espaço temporal que as outras moldadoras (as que produzem o mesmo tipo de corpos);

- A produção de rolhas com maior potencial de crescimento no segmento. “Para as rolhas micro [aglomeradas], manter-se-á a estratégia de crescimento da rolha Xpür [Cristal], que tem mostrado uma elevada recetividade no mercado. Esta deverá ser a família de rolhas com maior crescimento em 2024.” (Corticeira Amorim, 2024)
- A identificação de melhorias com pouco impacto orçamental, mas com potencial de impactar significativamente a capacidade produtiva da fábrica.

Assim, avançou-se para uma análise mais detalhada das ineficiências relativas a este equipamento.

Foi possível atribuir três principais causas às ineficiências que afetam o tempo disponível de produção: **Limpeza** (34%), **Avarias** (21%) e **Setups** (6%). Os restantes 39%, aos quais não foi possível atribuir uma causa específica, estão relacionados com uma série de ineficiências e erros inerentes à forma como a disponibilidade foi calculada, tais como: avarias não registadas, manutenções preventivas, aquecimento inicial dos equipamentos, falhas no abastecimento e a tempos que erradamente não foram contabilizados nos outros tipos de perda.

A observação no terreno também permitiu identificar a ocorrência de determinadas microparagens e outras situações que colocam pressão adicional na equipa de moldação.

Assim, a análise relativa a possíveis ganhos produtivos centrou-se em três grupos: **Limpeza**, **Microparagens** e **Setups**.

3.3.1 Limpeza da Moldadora 6

Como anteriormente referido, na análise da tabela 4, o processo de limpeza apresenta dois principais momentos de perda: a **limpeza** e a **recuperação de temperatura**.

Processo de Limpeza

O processo de limpeza da Moldadora 6 foi analisado em maior detalhe e dividido em tarefas que podem ser agrupadas da seguinte forma:

- Limpeza de Tabuleiros: 5 minutos;
- Limpeza Moega e Rede: 11 minutos (Cristal) / 7 minutos (Geral);
- Limpeza Cabeça: 4 minutos;
- Limpeza Geral do Chão: 7 minutos.

De facto, o processo mais moroso é a limpeza da moega e rede. A rede encontra-se entre o armazém e a moega e tem o propósito de filtrar pequenas bolas de mistura que são geradas pela injeção de cola na mistura. Entre limpezas, um período que geralmente compreende a segunda metade de um turno e a primeira metade do próximo, há uma acumulação destas bolas nos orifícios da rede, o que impede a passagem de granulado para a moega e cria uma placa em cima da rede. O granulado que é depositado pelo armazém passa por cima dessa placa e pelo exterior, pelo que além de não ser filtrado, algum dele é desperdiçado.

Esta placa fica agarrada ao equipamento e é difícil de remover, aumentando o tempo despendido no processo de limpeza. Este aglomerado de granulado de grandes dimensões é depositado em cima das bolas de cola e impede quase a totalidade da passagem da mistura para os moldes. A dimensão desta placa pode ser observada na figura 18.



Figura 18 - Placa de Mistura

Recuperação de Temperatura

Da análise da tabela de tempo de paragem após limpeza também se identifica como muito relevante o tempo de recuperação de temperatura. Como referido anteriormente, este tempo é relativo à estabilização dos moldes, que é lenta e tem elevada variabilidade. Apesar de apresentar diferentes temperaturas de *setpoint* para cada receita, a temperatura ideal dos moldes encontra-se, geralmente, entre 70°C e 80°C e da estufa quente entre 150°C e 170°C.

Para entender o processo, é importante conhecer o equipamento. Na figura 19 pode observar-se uma representação simplificada das zonas da moldadora 6, vista de perfil, e do circuito que os moldes completam no processo produtivo.

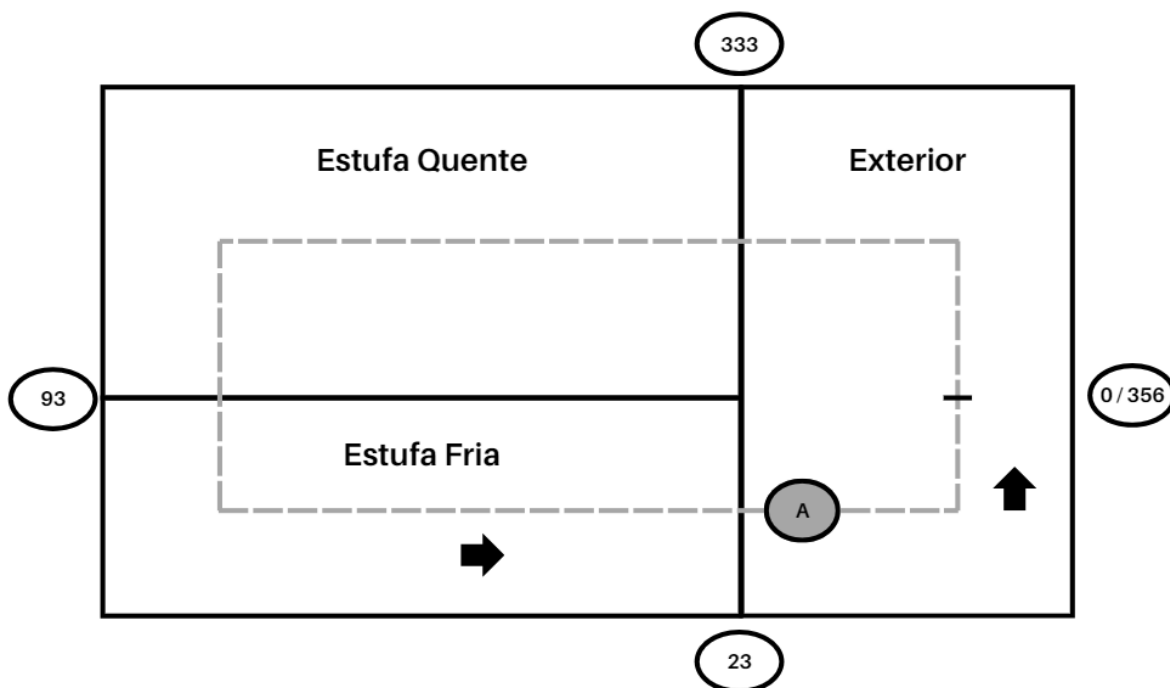


Figura 19 - Representação Zonas da Moldadora 6

As zonas podem ser divididas em 3: **Estufa Quente**, **Estufa Fria** e **Exterior**. Assim, é possível estimar o tempo que os moldes ficam sujeitos às temperaturas de cada zona. Admitindo que o equipamento opera com um tempo de ciclo de 9 segundos:

- **Estufa Quente:** Tem capacidade para albergar 240 moldes. Num ciclo de 9 segundos, um molde passa cerca de 18 minutos nesta zona.
- **Estufa Fria:** Tem capacidade para albergar 70 moldes. Num ciclo de 9 segundos, um molde passa cerca de 5 minutos nesta zona.
- **Exterior:** Tem capacidade para albergar 46 moldes. Num ciclo de 9 segundos, um molde passa cerca de 3 minutos nesta zona.

A monitorização de temperaturas do equipamento é realizada através de sensores presentes em cada um dos 3 locais. A temperatura no exterior, denominada temperatura de desmoldagem, representa a temperatura de um molde à saída da estufa fria, lida por um sensor identificado pela letra A na figura 19. As temperaturas lidas pelos sensores presentes no interior das estufas quente e fria foram confirmadas por leitura através de um termómetro infravermelho, de forma a garantir que as temperaturas verificadas na consola eram as reais.

O controlo é exercido através de apenas dois meios.

O controlo da estufa quente é exercido pelo circuito de óleo, que tem uma válvula que controla o caudal de óleo quente que passa pelas condutas da estufa quente e mantém a temperatura desejada no seu interior.

O controlo da estufa fria é exercido através de um ventilador, que arrefece a estufa fria. Em trabalho contínuo, o equipamento monitoriza a temperatura dos moldes, e atua no ventilador tanto quanto necessário para os manter dentro de *setpoint*. Quando ocorre uma paragem, o molde lido à saída da estufa fria é sempre o mesmo, e encontra-se sujeito às condições de temperatura exterior, pelo que é continuamente arrefecido. Assim, durante o tempo de paragem, e nos 20 minutos seguintes ao arranque, o equipamento monitoriza a temperatura da estufa fria. Ao contrário da Estufa Quente e dos Moldes, a Estufa Fria não tem um *setpoint* definido. Desta forma, quando ocorre a paragem, a máquina memoriza a temperatura da estufa fria e utiliza-a como *setpoint*.

Assim, a temperatura dos moldes torna-se consequência da conjugação entre as temperaturas de cada uma das estufas e do tempo que demora a atravessá-las, pelo que não é controlada diretamente.

A análise das temperaturas recolhidas assim que se inicia o processo de recuperação de temperatura pode ser vista no gráfico representado na figura 20.

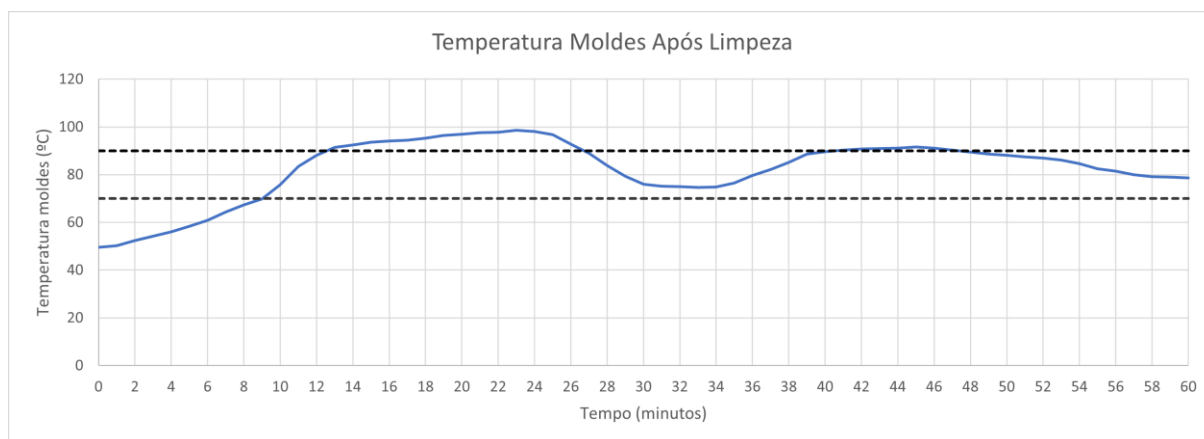


Figura 20 - Gráfico Temperatura moldes após limpeza

No tempo de paragem para limpeza, a temperatura do molde que se encontra parado a ser lido pelo sensor diminui, até aproximadamente 50°C (em $T = 0$ minutos). Quando o carrossel inicia o seu curso, a temperatura aumenta progressivamente, até que comecem a ser lidos moldes que estiveram parados na estufa quente, momento a partir do qual o diferencial de temperaturas aumenta.

Durante vários minutos há um ciclo de subidas e descidas de temperatura, onde os máximos e mínimos atingidos se encontram fora do intervalo aceitável para que se desmoldem os corpos. Caso os operadores coloquem a moldadora a desmoldar, esta não regista a produção, pois considera que está a produzir rolhas fora de especificação, por estarem fora dos limites de temperatura pré-definidos.

Além da notória quebra de produção, esta oscilação de temperatura pode implicar também alterações nas propriedades dos corpos produzidas. De facto, durante o processo de estabilização de temperatura, os corpos dentro dos moldes atingem temperaturas pouco naturais ao seu processo de cozedura. Além de estarem parados dentro da estufa a temperaturas elevadas, ou fora, a temperaturas demasiado baixas, ainda realizam vários ciclos, ao invés de apenas um.

O tempo de estabilização de temperatura é muito variável e dependente da opinião dos operadores. Isto porque apenas iniciam o processo de produção quando têm confiança de que as temperaturas verificadas não irão evoluir para temperaturas fora de *setpoint*. Assim, muitas vezes o processo resulta num tempo de espera muito elevado, aumentando o tempo de indisponibilidade do equipamento e também o número de ciclos realizados pelos moldes.

Observou-se um processo no qual a estabilização de temperatura dos moldes demorou 52 minutos. Durante este processo, moldes que foram abastecidos antes da paragem para limpeza deram 3 ou 4 voltas. Como se pode observar no cronograma da figura 21, moldes que foram produzidos entre $T = 0$ e $T = 4$ minutos realizaram 4 processos de cozedura e os restantes, produzidos entre $T = 4$ minutos e $T = 24$ minutos, realizaram 3.

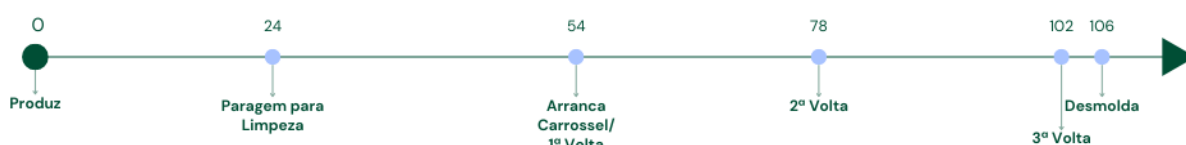


Figura 21 - Cronograma de Ciclos de Rolhas

3.3.2 Microparagem

As microparagens não são registadas como avarias, pelo que a análise do seu tipo, frequência e impacto individual tem de ser realizada por via empírica.

A análise das ocorrências envolveu observação no local, bem como sondagem aos operadores dos equipamentos, de forma a perceber as paragens mais recorrentes e que causam maior disrupção no processo produtivo.

Entupimento Saída de Rolhas

A capacidade produtiva da moldadora 6 resulta numa passagem quase contínua de rolhas pelo tapete de saída. Devido às características da conduta, às dimensões das rolhas e à respetiva

quantidade, por vezes ocorre um entupimento. O volume de produção implica que um congestionamento na saída de rolhas rapidamente adquire dimensão significativa.

O equipamento não tem capacidade de detetar que há um entupimento na saída ou na conduta e trabalha, idealmente, com um tempo de ciclo de 8 segundos; assim, nos 30 segundos que sucedem um entupimento podem estar 400 rolhas no tapete. A deteção e interrupção rápida permitem evitar o agravamento da situação que, geralmente, apenas resulta numa microparagem, na qual o operador apenas necessita de desmontar a conduta e remover o bloqueio. Caso a deteção demore, a pressão resultante da desmoldagem de rolhas cria um bloco de rolhas comprimidas entre os moldes e o tapete, que implica a desmontagem do tapete e resolução da avaria. Assim, é necessário aguardar pela chegada da equipa de manutenção, e um processo de desmontagem que ronda as 4 horas.

Na figura 22 pode observar-se uma ocorrência de entupimento gerado na saída de rolhas da moldadora.



Figura 22 - Entupimento na Saída de Rolhas

Erro nos Movimentos da Mesa

A mesa da moldadora nem sempre consegue executar a extensão completa do seu movimento. Quando não deteta a conclusão do seu curso, a máquina interrompe todos os seus movimentos, de forma a não forçar movimentos como a moldagem fora dos armazéns do molde, o que poderia gerar uma avaria grave.

Este erro ocorre principalmente após paragens, como por exemplo, na limpeza, e atualmente é resolvida através de pulverização de óleo nos carris e com o *reset* geral do aparelho, que recentra a mesa. Durante o período de observação esta paragem ocorreu, em média, 1 vez por turno. A pulverização de óleo através de um adaptador do sistema de ar comprimido demora 2 minutos.

A causa desta microparagem também afeta o tempo de ciclo do equipamento, pois não consegue executar os movimentos na velocidade máxima prevista.

No decurso da análise foi identificada outra possível melhoria que, não figurando microparagem, visto que não implica paragem de equipamento, é ainda assim relevante de analisar, pela pressão adicional que coloca na equipa de moldação.

Entupimento Tubo de Amostra

Durante o processo produtivo, é essencial que os operadores recolham amostras de mistura, de forma a controlar a sua humidade e atuar mediante os valores registados. De 15 em 15 minutos, o equipamento indica que a amostra deve ser retirada. Esta recolha nem sempre ocorre quando o operador dá ordem de descarga, já que a mistura por vezes entope o tubo, o que implica que o operador agite o tubo ou o desentupa através da porta de descarga. A observação do processo permitiu identificar a ocorrência de um entupimento 1 em cada 5 recolhas. O processo de desentupimento demora 3 minutos.

3.3.3 Setup

Os equipamentos são capazes de produzir diferentes corpos, através de diferentes granulados. Cada tipo de granulado utilizado está associado a uma receita específica.

Quando ocorre a transição da produção de um determinado tipo de corpos para outro é necessário proceder a uma limpeza. De forma a não incorrer numa dupla perda produtiva, a troca é sincronizada com o horário da limpeza normal de cada turno. Os procedimentos de limpeza são semelhantes, no entanto, quando ocorre uma mudança de granulado é necessário realizar alguns procedimentos adicionais.

Além da limpeza normal, antes de trocar a Ordem de Fabrico, que indica ao programa de registo de produções o início da produção de um tipo de produto diferente, é necessário esvaziar todos os moldes, para que não ocorra a mistura de rolhas da produção anterior no carro das novas rolhas. Ademais, é importante garantir a correta descarga e, se necessário, limpeza do misturador e armazém, para que as misturas não se contaminem.

Durante o fim de semana, a empresa interrompe a sua produção. Como todos os componentes da moldadora têm de estar vazios, as segundas-feiras funcionam como uma página em branco da produção; isto é, relativamente à existência de *setup*, é indiferente produzir na segunda-feira o mesmo produto que na sexta-feira, ou produzir um produto diferente.

A gestão da produção tenta alinhar as mudanças de produção com o fim-de-semana, no entanto, nem sempre é possível, devido às características da produção de matéria-prima, na trituração. Consequentemente, por falta de granulado do produto que está em atual produção, a decisão tem de passar pela realização de um *setup*.

Foram filtradas todas as operações de mudança de ordem de produção que compreendiam tempos demasiado elevados. Estes registos não seriam referentes a *setup*, mas a paragens do equipamento no seguimento das quais se optou por efetuar uma mudança na ordem de fabrico.

Assim, os registos foram analisados individualmente e de forma crítica, para entender a sua relevância no contexto em que se enquadram.

Na tabela 5 podem ser encontrados os tempos de paragem totais e médios para cada uma das trocas.

Tabela 5 - Trocas de Ordem de Fabrico

Troca	Tempo total de paragem	Nº trocas	Tempo Médio de Paragem
	941,8	12	78,5
	492,7	5	98,5
	84,2	1	84,2
	170,2	2	85,1
	159,9	3	53,3
	1070,3	11	97,3
	1186,9	11	107,9
	508,0	10	50,8
	493,5	5	98,7
	1526,4	18	84,8
	251,7	3	83,9
	91,3	1	91,3
	449,5	5	89,9
Total	7426,4	87	85,4

3.3.4 Manutenção

A análise da manutenção foi dificultada pela qualidade da informação existente. A implementação do registo das avarias em SAP é mais recente na Socori, quando comparado com outras unidades industriais Amorim. Anteriormente, os operadores registavam as paragens dos equipamentos em Excel, no qual também indicavam o tempo de paragem. Na figura 23 é possível observar os anteriores registos de paragens, referentes à moldação B.

Data	Semana	Turno	Máquina	Duração (h)	Causa	Detalhe
18/01/2023	4	3	M6		1,0 Arranque	
18/01/2023	4	3	M6		0,5 AVARIA MECANICA	Abastecimento de Granulado
16/03/2023	12	3	M6		0,5 Abastecimento de Granulado	TROCA DE SILO.ENCHER PRE SILO.
21/03/2023	13	1	M5		1,0 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM O SENSOR DO PRÉ SILO
27/03/2023	14	3	M5		1,0 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM ABASTECIMENTO DE GRANULADO
28/03/2023	14	1	M5		2,0 AVARIA MECANICA	
28/03/2023	14	2	M5		1,0 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM ABASTECIMENTO DE GRANULADO
28/03/2023	14	3	M5		1,5 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM ABASTECIMENTO DE GRANULADO
31/03/2023	14	2	M5		1,0 AVARIA MECANICA	SILO 20 NÃO DÁ VAZÃO
12/04/2023	16	1	M4		2,5 AVARIA MECANICA	
20/04/2023	17	3	M6		1,0 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM ABASTECIMENTO DE GRANULADO
21/04/2023	17	2	M4		4,0 AVARIA MECANICA	PROBLEMAS COM ABASTECIMENTO DE GRANULADO
02/05/2023	19	3	M5		1,0 AVARIA MECANICA	
16/06/2023	25	1	M5		2,0 AVARIA MECANICA	
28/06/2023	27	2	M6		1,0 AVARIA MECANICA	
24/07/2023	31	1	m4		4,0 arranque	avaria eletrica aquecimento e preparacao da maquina

Figura 23 - Registos de Paragem Antigos

A alteração é recente e, como tal, é expectável existência de um período de adaptação, durante o qual os registos de avarias e manutenção não permitem confiança na análise e definição de procedimentos com base no histórico de manutenção.

É também importante conhecer o processo de registo e resolução de avaria, de modo a entender as dificuldades sentidas pelos operadores e compreender as causas de registos de baixa qualidade.

Quando um equipamento avaria, o operador responsável pela secção regista no quiosque, isto é, no computador atribuído à secção, o nome do equipamento, o tipo de avaria (se obrigou a paragem ou não) e a descrição da avaria. A equipa de manutenção tem acesso a uma lista atualizada de avarias, a partir da qual indica o início da resolução da ocorrência, numa

aplicação que possuem no telemóvel. No final, deve sinalizar o término, com a descrição das tarefas realizadas.

Assim, o programa calcula automaticamente o tempo de avaria e regista a sua descrição. Em teoria, este método permitiria identificar de forma automática a evolução da taxa de avarias e o MTBF do equipamento; no entanto, há alguns fatores que o tornam impreciso.

Ausência de Detalhe

A descrição da avaria realizada pela equipa de moldação é muitas vezes especulatória e subjetiva, pois os operadores não conseguem ter a certeza do tipo de avaria em questão.

A equipa de manutenção, quando resolve a ocorrência, consegue identificar o subsistema no qual ocorreu a falha, bem como o componente que avariou. No entanto, esta descrição não é criada, pelo que os registos históricos de manutenção não têm o detalhe necessário e correspondem ao “sintoma” da avaria e não necessariamente à sua causa. Além da falta de descrição de avaria, a equipa de manutenção também regista de forma incorreta os tempos de fim de avaria, o que pode ser comprovado pela existência de produção quando o registo de manutenção indicava paragem total do equipamento.

Adicionalmente, a ausência de detalhe nos registos cria ambiguidade na identificação do componente/subsistema em causa. Exemplos disso são os registos referentes a avarias de corrente, onde não se especifica se a corrente em causa é de transporte dos moldes ou de transmissão; avarias na moega, onde por vezes é impossível distinguir se é a moega interna de depósito de mistura ou a moega externa de introdução de granulado, entre outros.

Ainda assim, a análise individual de cada registo de manutenção permitiu identificar alguns elementos que se repetem.

Na figura 24 encontram-se alguns registos que demonstram a falta de informação que impossibilita a análise detalhada da avaria.

Nota	Secção	Máquina	Tipo de nota	Descrição	Data da nota	Hora da nota	Início avaria	Iníc.avar. (h)	Fim da avaria	Hora fim avaria	Duração parada (h)
200246588	Moldação A	Moldadora 1	Z2	Outros: ASPIRADOR DA FRENTE PARA	01/03/2024	08:16:29	01/03/2024	08:16:29		00:00:00	0,00
200246409	Moldação B	Moldadora 4	Z2	Outros: MAQUINA 4 ,CARROSSEL NAO ANDA	29/02/2024	14:34:44	29/02/2024	14:34:44		00:00:00	0,00
200245445	Moldação A	Moldadora 2	Z2	Outros: Corrente não anda	23/02/2024	07:54:23	23/02/2024	07:54:23	26/02/2024	09:08:10	73,23

Figura 24 - Registos pouco detalhados

Registos Inexistentes

Como mencionado anteriormente na metodologia de cálculo do OEE, o registo de avarias não é sempre realizado.

Este tipo de falha nos registos não pode ser diagnosticado diretamente por comparação com os registos de produção, pois uma paragem não implica necessariamente a ocorrência de uma avaria. Ainda assim, é possível verificar a sua existência através de observação e cruzamento de dados entre os métodos anteriores de registo e o atual.

Registos Duplicados e Seguidos

A análise dos registos permitiu também identificar registos de avarias duplicados, ou seja, registos de avarias no mesmo equipamento com descrições semelhantes nos quais o registo mais recente tem início antes do término do registo mais antigo. A existência destes registos implica o aumento fictício no número de avarias, bem como a existência de avarias que não têm término, pois os operadores da manutenção apenas executam uma das ordens.

Na figura 25 observa-se uma sequência de registos duplicados.

Nota	Secção	Máquina	Tipo de nota	Descrição	Data da nota	Hora da nota	Início avaria	Inic.avaria (h)	Fim da avaria	Hora fim avaria	Duração parada (h)
200228093	Moldação A	Moldadora 2 Z2		Hidráulico calcador trás c/ fuga	26/10/2023	03:10:44	26/10/2023	03:10:44	04/11/2023	01:28:44	0,00
200227949	Moldação A	Moldadora 2 Z2		Outros: hidraulico a verter oleo	25/10/2023	11:26:21	25/10/2023	11:26:21	25/10/2023	11:26:21	0,00
200227946	Moldação A	Moldadora 2 Z2		Calcadur de traz a verter óleo	25/10/2023	10:12:16	25/10/2023	10:12:16	26/10/2023	04:07:36	17,92

Figura 25 - Registos Duplicados

No decurso desta análise foram também identificados registos seguidos, ou seja, registos de avarias no mesmo equipamento com descrições semelhantes nos quais o registo mais recente tem o seu início pouco tempo após a resolução do registo mais antigo. Estes registos indicam a possibilidade de uma reparação deficiente, por falha no diagnóstico da causa da avaria, substituição por peças inadequadas, entre outros.

Registo de Avarias Externas ao Equipamento

O registo de paragens do equipamento deve focar-se exclusivamente nas paragens provocadas por avarias relacionadas com os subsistemas da máquina em análise. É importante perceber o motivo da paragem do equipamento, mesmo que não provocada por componentes internos, no entanto, a introdução de paragens provocadas por falhas em equipamentos a montante no processo produtivo, ou de equipamentos de suporte ao equipamento em análise, tais como falha generalizada de energia, incapacidade da caldeira ou dificuldades no abastecimento de matéria-prima, distorcem a análise individual. Na figura 26 podem observar-se alguns exemplos de causas de paragem externas ao equipamento, que foram registadas como internas.

Nota	Secção	Máquina	Tipo de nota	Descrição	Data da nota	Hora da nota	Início avaria	Inic.avaria (h)	Fim da avaria	Hora fim avaria	Duração parada (h)
200246301	Moldação B	Moldadora 6 Z2		Outros: PROBLEMAS RASEIRA SILO 18	28/02/2024	23:06:49	28/02/2024	23:06:49	29/02/2024	01:05:14	1,97
200246079	Moldação B	Moldadora 5 Z2		Outros: SEM FIM SILO 15 NAO ARRANCA	27/02/2024	22:45:12	27/02/2024	22:45:12	28/02/2024	04:23:51	5,64
200244142	Moldação A	Moldadora 1 Z2		Outros: NAO PUXA MATERIAL DO SILO 15	15/02/2024	02:07:45	15/02/2024	02:07:45	15/02/2024	04:30:47	2,38
200243461	Moldação B	Moldadora 4 Z2		Outros: BLOQUEIO QUADRO DOS SILOS	08/02/2024	08:46:06	08/02/2024	08:46:06	08/02/2024	11:28:03	2,70
200239319	Moldação A	Moldadora 7 Z2		Outros: AVARIA SILO 5	15/01/2024	11:59:12	15/01/2024	11:59:12	15/01/2024	12:23:24	0,40
200220016	Moldação A	Moldadora 7 Z2		Outros: Abastecimento de granulado	07/09/2023	19:33:37	07/09/2023	19:33:37	07/09/2023	22:02:57	2,49

Figura 26 - Avarias Externas ao Equipamento

MTBF

Através dos registos de produção, o tempo de paragem do equipamento foi ajustado, de forma a ser mais aproximado à realidade. Desta forma, os registos de avaria foram analisados e comparados com as produções em MES, o que permite inferir o início real da avaria, bem como a sua resolução. Após esta alteração, foi analisada a evolução da taxa de avarias de cada equipamento, bem como o cálculo do MTBF.

A título de exemplo, encontra-se representado no Anexo B o cálculo do MTBF referente a um dos equipamentos. À exceção de uma, a análise de todos os outros equipamentos rejeita a hipótese nula, a um nível de significância de 5%. A estatística de testes é positiva em todos os casos, pelo que se infere que a taxa de avarias é crescente.

Como se observa pelo gráfico da figura 27, a tendência das avarias corresponde ao que seria esperado de uma taxa de avarias crescente.

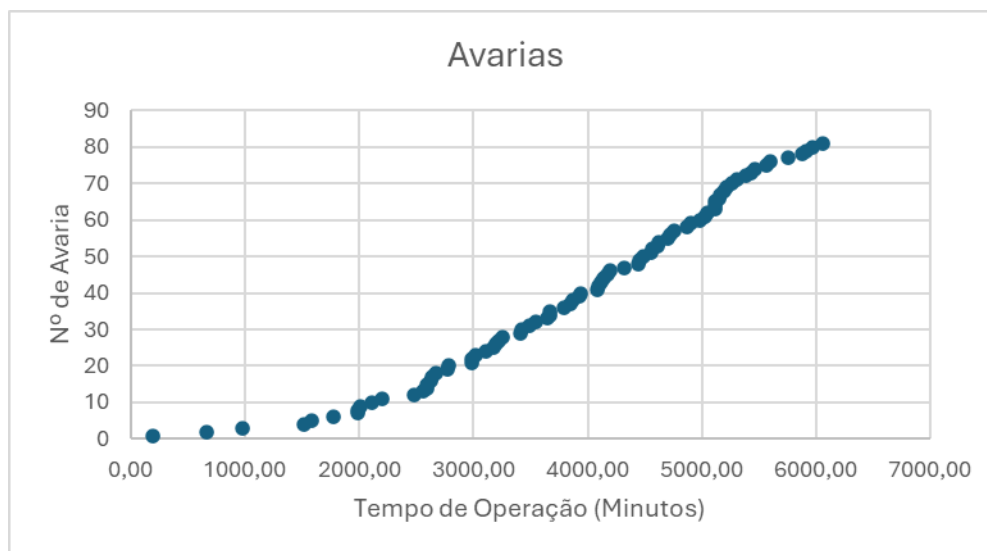


Figura 27 - Gráfico Avarias

Reuniões com a equipa de manutenção permitiram concluir que este aumento observado na taxa de avaria não representava a situação real, mas resultava do processo de adaptação ao novo método de registo de avarias. Desta forma, é importante perceber que, mesmo com os ajustes realizados, a taxa de avaria e o MTBF não são totalmente precisos; ainda assim, são úteis para perceber o comportamento aproximado dos equipamentos.

Além disso, os ficheiros criados para a condução destes estudos permitem a introdução de novos dados de avaria, para os quais calculam automaticamente as estatísticas necessárias.

Tempo de Espera

O tempo de espera para início da resolução de avaria foi indicado, em reunião com a equipa de produção, como um fator relevante no tempo total de avaria. Após ajuste dos tempos, verificou-se que, numa avaria “média”, apenas um terço do tempo total de reparação (MTTR) se relacionava com o tempo de trabalho, os restantes dois terços resultariam do tempo de espera.

Na tabela 6 observa-se a diferença entre os tempos de espera e trabalho quando uma paragem é registada pela equipa de manutenção (RFC_MANUTENC) ou pela equipa de moldação (RFC_AVARIAS). A comparação cumpre com o esperado, com tempos de trabalho semelhantes, mas com tempo de espera superior quando o registo ocorre por parte da equipa de moldação.

Tabela 6 - Tabela Tempos de Avaria

Avaria "Média"			
	Tempo de Espera (horas)	Tempo de Trabalho (horas)	Tempo Total (horas)
RFC_MANUTENC	3,18	1,64	4,82
%	66%	34%	100%
RFC_AVARIAS	4,01	1,75	5,76
%	70%	30%	100%
Total	3,46	1,68	5,13
%	67%	33%	100%

4 Soluções Propostas e Resultados

Após a identificação das quatro principais áreas de intervenção do projeto, avançou-se para uma análise detalhada das causas e para a implementação de soluções que resolvam ou mitiguem os desafios identificados.

4.1 Limpeza

4.1.1 Criação placa de mistura

A placa de mistura, como já foi referido, é gerada pela reticulação de mistura que foi depositada em cima das bolas filtradas pela rede. A rede tem uma malha muito fina, pelo que, logo que começam a ser depositadas, as bolas cobrem quase a totalidade do espaço disponível para a passagem de granulado. A rede atual pode ser observada na figura 28.

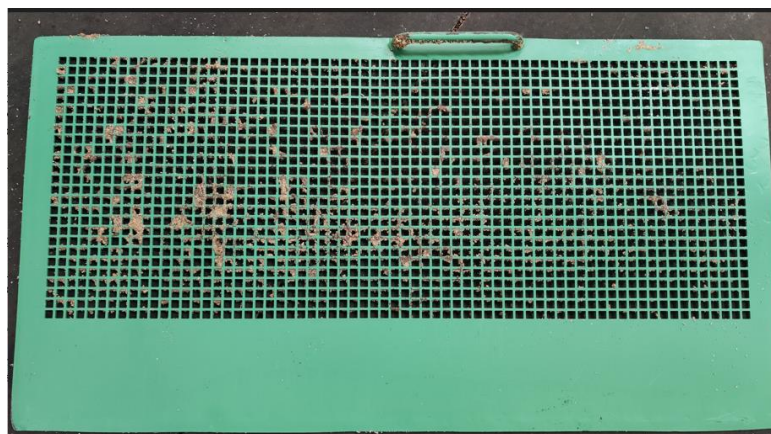


Figura 28 - Rede de Granulado

Inicialmente, considerou-se a possibilidade de adaptar uma solução implementada noutros equipamentos, que consiste em inclinar a rede, de forma que as bolas filtradas sejam conduzidas por gravidade para uma das laterais, na qual um sem-fim as remove para uma alcofa no exterior do equipamento. Os equipamentos que possuem esta solução não desenvolvem esta placa em cima da sua rede. No entanto, esta solução implica um esforço orçamental elevado, visto que alguns componentes do equipamento teriam de ser redesenhados, por falta de espaço na parte frontal do equipamento para incorporar esta alternativa.

Desta forma, a solução encontrada foi a aquisição de uma nova rede, com uma malha mais larga, mas fina o suficiente para não se tornar ineficaz, isto é, não filtrar as bolas. Uma rede mais larga permite a passagem de granulado mesmo com a obstrução gerada.

O desenho técnico da nova rede pode ser consultado no anexo C.

A rede encomendada apresentava defeitos de fabrico, pelo que não foi implementada em tempo útil.

4.1.2 Tempo de Reaquecimento

Inicialmente, analisou-se a possibilidade de desmoldar os corpos fora de *setpoint*, admitindo que, ainda que não fossem produzidas com os padrões de produção ideais, estivessem dentro das especificações de controlo.

Para verificar, recolheram-se amostras de corpos que se encontravam em moldes que durante o processo de limpeza ficaram estáticos dentro da estufa quente e, como tal, estavam demasiado quentes para que o processo de desmoldagem ocorresse. Como se pode observar na figura 29, os corpos desmoldados encontravam-se fissurados e impossíveis de utilizar, mesmo que num calibre mais baixo (procedimento comum para aproveitar corpos e rolhas que apresentam danos superficiais).



Figura 29 - Corpos Fissurados

Assim, concluiu-se que não é possível assegurar que os corpos fora de *setpoint* são aceitáveis, pelo que o foco se centrou na procura de soluções que permitam minimizar o número de moldes que se encontram fora de especificação, bem como o número de ciclos que alguns deles realizam na moldadora, através da diminuição do tempo necessário até atingir os requisitos de temperatura.

Como referido anteriormente, durante o processo de estabilização os corpos executam mais que um ciclo de produção, pelo que é importante perceber se esses corpos se encontram dentro de especificação. Dessa forma, garante-se que os ganhos de disponibilidade não ocorrem à custa de perda de qualidade.

No seguimento da recolha de corpos fora de *setpoint*, foram também recolhidos corpos que se encontravam na mesma zona da estufa quente, mas após terem dado mais uma volta no circuito de moldes, pelo que já se encontravam com a temperatura indicada à desmoldagem. As características destes corpos foram analisadas, em bruto (ou seja, imediatamente após serem desmoldadas) e após passarem pelo processo de retificação, onde adquirem a sua forma final. Todas as amostras recolhidas ficaram dentro de controlo.

Os resultados dos testes laboratoriais podem ser consultados no Anexo D.

Identificação de Causas Raiz

Como se identifica no diagrama espinha de peixe da figura 30, o elevado tempo de reaquecimento da moldadora deve-se a quatro principais fatores.

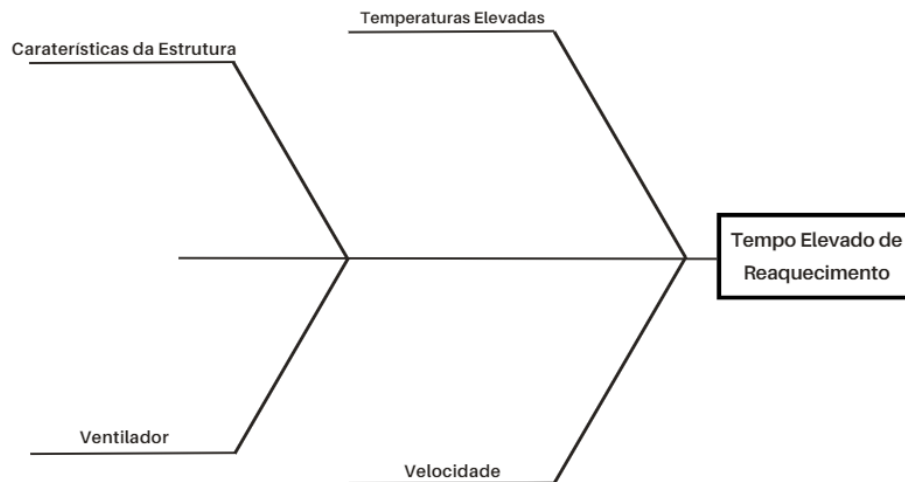


Figura 30 - Causas Raiz Tempo de Recuperação de Temperatura

- **Temperaturas Elevadas:** A moldadora 6 utiliza temperaturas de produção muito superiores às que são verificadas nas outras moldadoras, acentuando assim a diferença entre a temperatura das estufas e dos moldes e também entre estas e a temperatura ambiente.
- **Velocidade:** A moldadora 6 possui 356 moldes. É uma moldadora dupla, pelo que produz um par de moldes a cada ciclo. Na maior parte dos seus ciclos produtivos trabalha com um tempo de ciclo ideal de 8 segundos. Assim, conclui-se que, desde o momento em que um molde é injetado com mistura até ao momento em que os corpos são extraídos desse molde, decorrem apenas cerca de 24 minutos. No caso da moldadora 4, por exemplo, este tempo é de 52 minutos. Quando a produção se realiza em contínuo e as temperaturas das estufas estão parametrizadas corretamente para garantir a temperatura pretendida, a passagem rápida dos moldes pelas zonas de estabilização não revela ser problemática. No entanto, quando ocorre uma paragem, a estabilização é significativamente mais demorada.
- **Caraterísticas da Estrutura:** Devido aos seus parâmetros de produção—temperatura e velocidade—, as estufas da moldadora 6 teriam de ser mais compridas; no entanto, por restrições de espaço não foi possível garantir essa estrutura. O volume necessário ao albergue dos moldes foi conseguido através de um aumento de altura, que implica maior proximidade entre a estufa quente e a estufa fria. A consequência desta aproximação é o aumento de trocas térmicas entre as duas estufas, e torna-se particularmente relevante quando consideramos que para além da contiguidade entre elas, a moldadora apresenta ainda elevado contraste entre as temperaturas de ambas.
- **Ventilador:** O ventilador de extração permite que os moldes estejam a temperaturas fora de especificação pois, quando atravessam a estufa fria, ou

seja, o local no qual o ventilador atua e consegue criar condições para o seu arrefecimento, a indicação que o ventilador tem é referente a moldes que já passaram por essa zona. Assim, quando lê moldes que estão excessivamente quentes, arrefece em demasia os moldes nos quais está a atuar e vice-versa.

Implementação de Soluções

- **Controlo do Ventilador**

O controlo do ventilador de extração foi alterado, para que operasse de uma forma mais aproximada à realidade.

Durante a paragem, a potência do ventilador é fixada, de modo a impedir que a estufa fria se encontre a uma temperatura inferior à que estaria em produção contínua. Isto previne que a estufa fria seja aquecida pelos moldes quentes que estão parados e também cria condições para que quando os moldes que se encontravam na estufa quente iniciam a passagem pela estufa fria, estes sejam arrefecidos de forma mais drástica.

Outra alteração implementada foi a mudança no tempo de controlo do ventilador pela temperatura de extração. Anteriormente a leitura pela temperatura da estufa fria mantinha-se nos primeiros 20 minutos após arranque do carrossel e foi alterado para 10 minutos. Assim, o controlo altera-se quando ocorre a passagem dos moldes que estiveram estáticos na estufa quente na zona de leitura do sensor de temperatura dos moldes.

- **Diminuição Temperatura Estufa Quente**

A temperatura da estufa quente durante o processo de limpeza foi também alterada. Foram conduzidos testes que permitiram concluir que a recuperação de temperatura da estufa quente ocorre de forma rápida e, assim, é possível diminuir a temperatura da estufa quente durante a paragem sem acrescer ao tempo de paragem que seria já necessário para a passagem dos moldes da estufa fria. Estes moldes estão fora de *setpoint* e não é possível atuar de forma que entrem na especificação.

Assim, o caudal de óleo é reduzido para baixar a temperatura da estufa quente e quando ocorre o arranque, este é ativado novamente, para que a temperatura da estufa quente atinja o valor definido. A título de exemplo, quando se produz com a estufa quente a 150°C, a temperatura é reduzida para 120°C e depois aumenta progressivamente.

Após testes bem-sucedidos, estas propostas foram automatizadas através do programador externo do equipamento, criando uma rotina.

O gráfico da figura 31 permite observar a evolução das temperaturas de molde no processo pós limpeza.

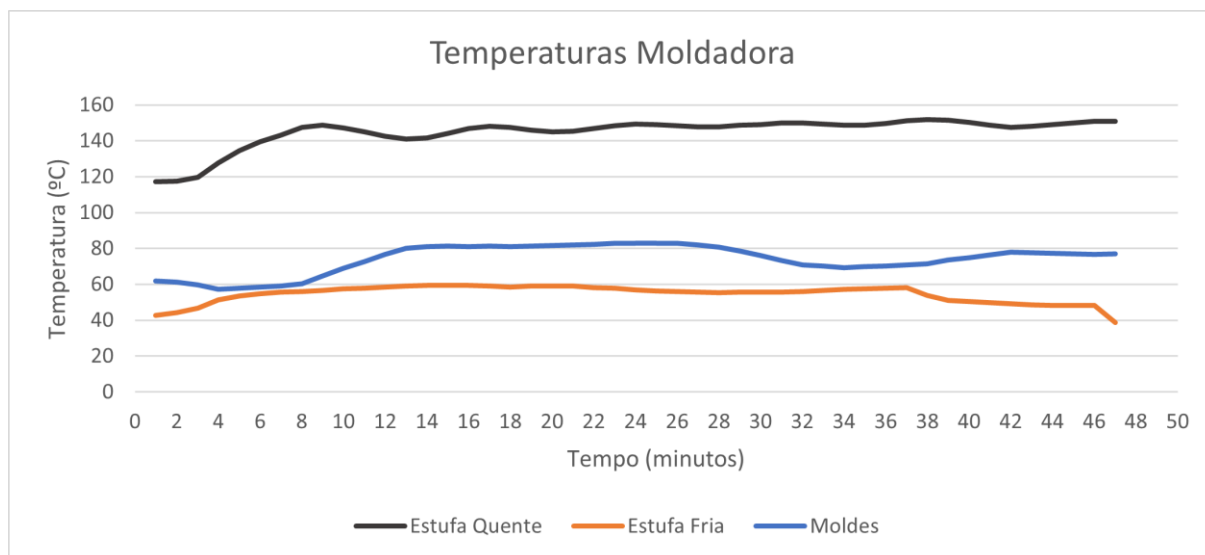


Figura 31 - Gráfico Evolução Temperaturas Após Limpeza Controlada

A fixação da potência do ventilador permite combater o que seria o aquecimento natural da estufa fria e mantém os moldes em temperatura de setpoint a partir de $T = 10$ minutos.

Através da análise do gráfico da figura 32, que compara a situação inicial, sem controlo do ventilador e com a manutenção da temperatura operacional da estufa quente durante o processo limpeza, com a situação atual, pode observar-se que a temperatura dos moldes é controlada muito mais rapidamente. De facto, fruto das medidas implementadas, o equipamento poderia ser colocado a desmoldar e a iniciar o processo da primeira mistura pós-paragem cerca de 10 minutos após arranque do carrossel (término da limpeza), face aos 26 minutos que se verificam na situação inicial. A amplitude de temperaturas também foi muito menor, já que as temperaturas máximas atingidas se encontravam ainda distantes do limite superior do intervalo de *setpoint*.

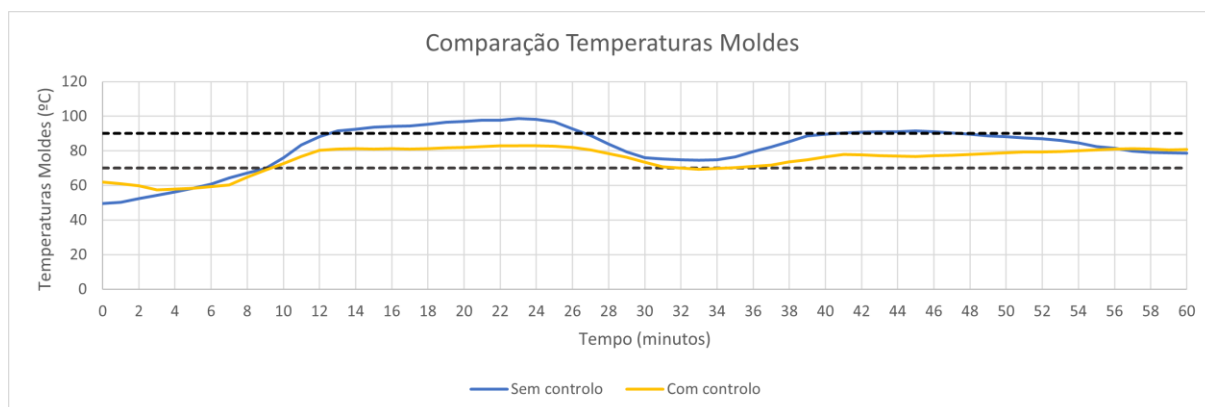


Figura 32 - Comparação Temperatura dos Moldes

4.2 Microparagens

4.2.1 Entupimento Saída de Corpos

Para impedir que o entupimento da saída de corpos evolua para uma paragem prolongada, instalou-se um sensor que mede a pressão na entrada de ar do ventilador da conduta que transporta os corpos desde o tapete até ao carro onde são depositadas.

Foi analisada a pressão operacional, ou seja, a pressão que deve ser medida em situação normal de produção. Quando há um entupimento, a pressão diminui drasticamente, o que

permite identificar a necessidade de paragem. Os movimentos do equipamento são interrompidos, de modo que não sejam desmoldados corpos que não conseguem sair do tapete e entrar na conduta.

Na figura 33 pode observar-se o sensor implementado no ventilador.

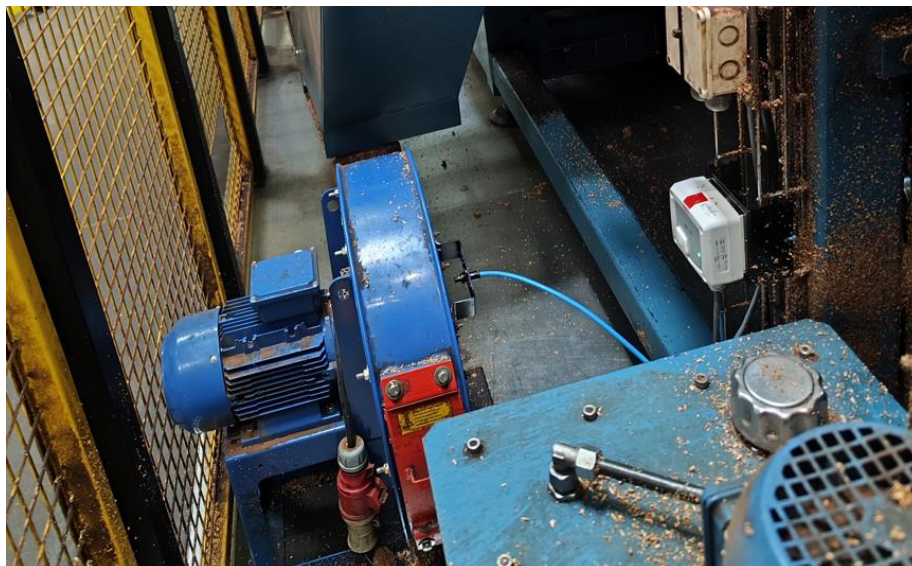


Figura 33 - Sensor no ventilador da conduta das rolhas

A implementação deste sensor permite uma monitorização contínua da passagem de corpos pela conduta. Desta forma, além de parar o equipamento assim que há um entupimento, também contribui para a abertura de uma nova oportunidade a um sistema que tinha sido abandonado pela empresa.

Anteriormente, tinha sido implementado um sistema de desvio na conduta de saída. Este desvio tinha como objetivo separar corpos identificados como provavelmente fora de especificação, quer por estarem fora do *setpoint* de temperaturas, fora do controlo de humidade, entre outros.

Esta solução foi descontinuada porque o sistema alternava a saída quando tinha a informação que estava a desmoldar corpos de moldes que tinham sido identificados como fora de especificação e, fruto da passagem em contínuo das rolhas, o seu curso podia ser obstruído. Assim, não conseguia alterar a saída e gerava um entupimento em toda a conduta. O sensor permite identificar um momento certo para atuar o desviador e evitar esta ocorrência.

4.2.2 Erro Movimentos da Mesa

Os movimentos da mesa por vezes não completam o seu curso completo, gerando erros da posição fruto do desgaste dos carris, que necessitam de ser substituídos. Ademais, durante o tempo do projeto, o tempo de ciclo do equipamento degradou-se, de uma média de 8,21 segundos para 8,73 segundos (referente a um tempo de ciclo teórico de 8 segundos).

Esta ação de manutenção deve ser realizada pelo fabricante e é de elevada complexidade, visto que implica a desmontagem de toda a parte frontal do equipamento. Estima-se que o processo de reparação demore 2 semanas. Assim, optou-se por agendar esta manutenção para o verão, período no qual a unidade industrial se encontra encerrada.

Entupimento Tubo de Amostra

O tubo que transporta a mistura do misturador até ao local onde o operador se encontra é ondulado, como se observa na figura 34. Isto aumenta a sua manuseabilidade e é necessário, pois tem de se acomodar à passagem entre componentes do equipamento, no entanto também acumula mistura nos recortes. Quando é dada a ordem de descarga da mistura por vezes esta fica entupida no tubo, o que implica um desentupimento manual.

Outros equipamentos, com características semelhantes têm um tubo ondulado por fora, mas liso por dentro, de forma a evitar a acumulação de granulado na parede interior.



Figura 34 - Tubo de Granulado

Assim, foi proposta a implementação de uma solução semelhante na Moldadora 6.

4.3 Setup

Inicialmente observou-se o processo de *setup*, de forma a identificar todas as etapas e o tempo despendido em cada uma delas. A operação apresenta as seguintes etapas:

- Esvaziamento do Misturador e Armazém
- Vazamento da Moega
- Desmoldagem de todos os moldes
- Limpeza da Moldadora

As duas primeiras etapas em nada diferem do processo de limpeza normal. O processo de esvaziamento do misturador e armazém não entra na contagem de tempo, visto que produz rolhas dentro de especificação.

- Introdução do novo granulado
- Troca de Receita e alteração MES
- Primeira Mistura
- Início processo produtivo

Seguidamente, conduziu-se uma análise através do agrupamento das operações de *setup* mediante a forma de introdução de granulado para o pré-silo. Como já referido anteriormente, há granulados que são abastecidos por via de silos no exterior e outros que são abastecidos através de *big-bags* (BB).

A tabela 7 permite comparar as quatro diferentes ocorrências. A troca de granulado que ocorre quando estão ambos presentes em silos (Silo -> Silo) é uma troca bastante específica, visto que os granulados têm a mesma granulometria. A diferença entre ambos reside nos resultados laboratoriais relativos à presença de TCA, nos quais o granulado anterior apresenta melhores resultados. Assim, quando ocorre a troca o cuidado necessário é menor, pois a consequência da mistura de granulados é que o granulado anterior “contamina” positivamente o seguinte. Desta forma, esta troca será excluída da análise.

Tabela 7 - Tempos Agrupados de Setup

Silo -> Silo		Silo -> BB		BB -> Silo		BB -> BB	
Freq.	Tempo de Troca (min)	Freq.	Tempo de Troca (min)	Freq.	Tempo de Troca (min)	Freq.	Tempo de Troca (min)
10	50,8	11	97,3	12	78,5	5	98,5
		11	107,9	2	85,1	1	84,2
		5	89,9	3	53,3	5	98,7
		1	91,3	18	84,8		
				3	83,9		
10	50,8	28	99,9	38	80,3	11	97,3

Da análise realizada conclui-se que a troca de silo para *big-bag* demora +24,5% que a troca inversa. O mesmo é válido, aproximadamente, para trocas entre granulados que são ambos abastecidos através de *big-bag*. Isto deve-se ao facto de os *big-bags* não estarem sempre prontos para abastecer o pré-silo no momento em que o equipamento fica pronto para iniciar a nova ordem de produção.

O estudo do processo em detalhe das diversas etapas do processo permitiu efetuar a separação em tarefas internas e externas e, posteriormente, proceder à sua normalização através da criação de um *standard work*, que pode ser consultado no Anexo E.

Adicionalmente, definiu-se a ordem de produção ótima numa semana. Na maioria das semanas, resultante do planeamento da produção, o número de operações de *setup* está limitado a 1. Assim, é possível definir, através da análise de registos históricos, a ordem ideal de produção para que a mudança seja realizada com máxima celeridade.

Os tempos resultantes da observação diferem dos tempos calculados automaticamente através dos registos de produção. Os motivos para esta diferença residem na existência de elevada variabilidade no processo e também de erros inerentes à análise dos registos de produção, como por exemplo, a utilização de um tempo de ciclo aproximado. Ainda assim, é expectável que influencie todos os registos da mesma forma, pelo que não tem consequência na análise comparativa estabelecida entre os dois grupos.

4.4 Manutenção

O foco da implementação de soluções relacionadas com a manutenção foi o aumento de qualidade dos registos, para que futuramente seja possível conduzir análises estatísticas relevantes.

Assim, delinearam-se propostas de melhoria que resultaram em planos de ação, tal como se observa na figura 35.

 Propostas de Melhoria Melhorar a resposta da manutenção aos pedidos de avaria					
Nº	Descrição da propostas de Melhoria	Prioridade (autonomia total - 1; apoio externo - 2)	Necessita de Teste? (S/N)	Data realização	Responsável
1	Identificar standards de possíveis avarias	1	Não	31/05/2024	Francisco Seabra
2	Criar folheto de utilização da aplicação	1	Não		Ana Tavares
3	Atualizar a aplicação android para entrar diretamente na avaria	2	Sim		Ricardo Andrade
4	Apresentar o estado da nota e permitir re-abertura nos kiosk's	2	Sim		Ricardo Andrade
5	Criar excel de acompanhamento do estado de avarias	1	Não		Ricardo Andrade
6	Notificação quando entra uma avaria na aplicação	2	Sim		Ricardo Andrade

Figura 35 - Propostas de Melhoria da Manutenção

Os planos delineados que têm maior relevância para a análise conduzida são apresentados de seguida.

4.4.1 Criação de Categorias de Avaria

Através da análise individual de cada registo, e em coordenação com a equipa de manutenção, foram extraídos subsistemas e áreas de equipamento com avarias mais frequentes.

Nos quiosques da moldação, nos quais são registadas as paragens, é possível definir diferentes categorias de avaria. Inicialmente apenas existia um campo com “Outros”, para o qual eram registadas todas as avarias, o que implicava a impossibilidade de filtrar e analisar globalmente por categoria. As categorias definidas podem ser diferentes para cada secção (moldação A e moldação B), mas não para cada equipamento. De forma a não dificultar visualmente a interface dos operadores, garantindo que estes conseguem detetar rapidamente as categorias de avaria e são motivados a utilizá-las, quando aplicável, o número de grupos de avarias definido foi reduzido.

Assim, definiram-se gráficos de Pareto para cada secção, de forma a identificar as categorias com maior recorrência. Para esta análise, foram previamente removidas as avarias provocadas por causas externas ao equipamento. Os gráficos construídos podem ser consultados no Anexo F.

Após análise, foram criados os seguintes Tipos de Avaria para cada secção.

- **Moldação A:** Avaria Moega/Espalhador; Avaria Misturador/Mexedor; Avaria Sistema de Cola; Avaria Sistema de Pesagem; Avaria Corrente de Transmissão; Avaria Corrente Transporte de Moldes; Problema Hidráulico; Avaria no Tapete
- **Moldação B:** Avaria Consola Moldadora; Avaria Moega/Espalhador; Avaria Misturador/Mexedor; Avaria Sistema de Cola; Avaria Corrente Transporte de Moldes; Erro de Posição Moldagem/Armazéns

Na figura 36 pode observar-se a interface alterada, na qual os operadores registam as avarias, referente à moldação B.

Setor

Moldação B

Equipamento

Seleccione um equipamento

Operador

Seleccione um operador

Equipamento parado?

Sim Não

Avaria Manutenção

Tipo de Avaria

Avaria Consola Moldadora	Avaria no Misturador/Mexedor	Avaria Sistema de Cola	Avaria Moega/Espalhador	Corrente transporte moldes	Erro Posição Moldagem/Armazéns
--------------------------	------------------------------	------------------------	-------------------------	----------------------------	--------------------------------

Outros

Comentários

Guardar

Figura 36 - Nova interface de registo das avarias

O principal objetivo da implementação desta solução é criar maior facilidade no agrupamento e interpretação dos registos. Da mesma forma, incentiva os operadores a detalharem o mais possível a avaria ocorrida, pois a identificação do subsistema ocorre fora do comentário. Também se espera que mitigue a ambiguidade de registos, em particular na identificação da corrente, onde há maior incidência.

4.4.2 Folheto de Utilização da Aplicação

A implementação do sistema de registo de intervenções através da aplicação de telemóvel gerou resistência à mudança nos colaboradores, e muitos não se sentem ainda confortáveis na sua utilização. Assim, delineou-se a criação de um folheto de apoio à utilização da aplicação do registo das intervenções de manutenção, que visa apoiar a integração deste novo método no trabalho dos operadores.

Paralelamente procedeu-se a uma análise com maior detalhe aos registos duplicados, através da qual foi possível concluir onde ocorria maior incidência de registos duplicados, ou seja, em que áreas e quais operadores são mais responsáveis pela geração de registos duplicados.

Na tabela 8 é possível observar as conclusões dessa análise. A coluna mais à direita indica a proporção de registos nos quais cada executor gerou um registo duplicado.

Tabela 8 - Análise Registos Duplicados

id	Executor	Nº ocorrências	1º	2º	3º	4º	%~1º
		26	12	12	1	1	54%
		14	4	10	0	0	71%
		14	7	7	0	0	50%
		10	6	4	0	0	40%
		9	7	2	0	0	22%
		4	2	2	0	0	50%
		4	1	3	0	0	75%
		1	0	0	1	0	100%
		1	0	1	0	0	100%
		1	1	0	0	0	0%
		1	1	0	0	0	0%

Esta análise permitiu conduzir ações de sensibilização junto dos operadores de modo a minimizar a ocorrência deste tipo de registos.

4.4.3 Visibilidade do Estado da Avaria

Os operadores da moldação não possuem visibilidade relativa ao estado de avaria. Assim, não lhes é possível saber se a paragem que registaram está em espera, em curso ou, no limite, resolvida.

Por não conseguirem acompanhar o estado da avaria, e fruto de falhas de comunicação com a equipa de manutenção, não iniciam produção com equipamentos que estão já aptos e, não menos comum, geram avarias duplicadas.

Os quiosques da moldação não têm capacidade para aceder à base de dados a partir da qual seria possível criar a ligação ao estado de avaria. Assim, esta implementação necessita de apoio externo.

4.4.4 Notificação de Nova Avaria

A análise do tempo de resposta da equipa de manutenção exigiu um estudo mais detalhado às suas causas.

Inicialmente foram excluídas as avarias com um tempo de resposta demasiado elevado. Ainda que não tenha sido possível comprovar que esta demora era alheia à equipa de manutenção, nem identificar componentes com maior incidência neste tipo de demora, admitiu-se que esperas acima de 10 horas estariam relacionadas com a falta de equipamento ou peças necessárias à resolução da avaria.

De seguida, analisaram-se os registos de resolução de avaria, onde foi possível observar o trabalho desempenhado por cada executor num determinado dia. Esses registos podem ser cruzados com os das avarias, de modo a perceber quantas avarias estiveram abertas num determinado dia.

No gráfico da figura 37 pode observar-se a relação entre o tempo de espera para início de resolução da avaria e o número de avarias que ocuparam a equipa de manutenção no dia em que ocorreu essa avaria em questão.

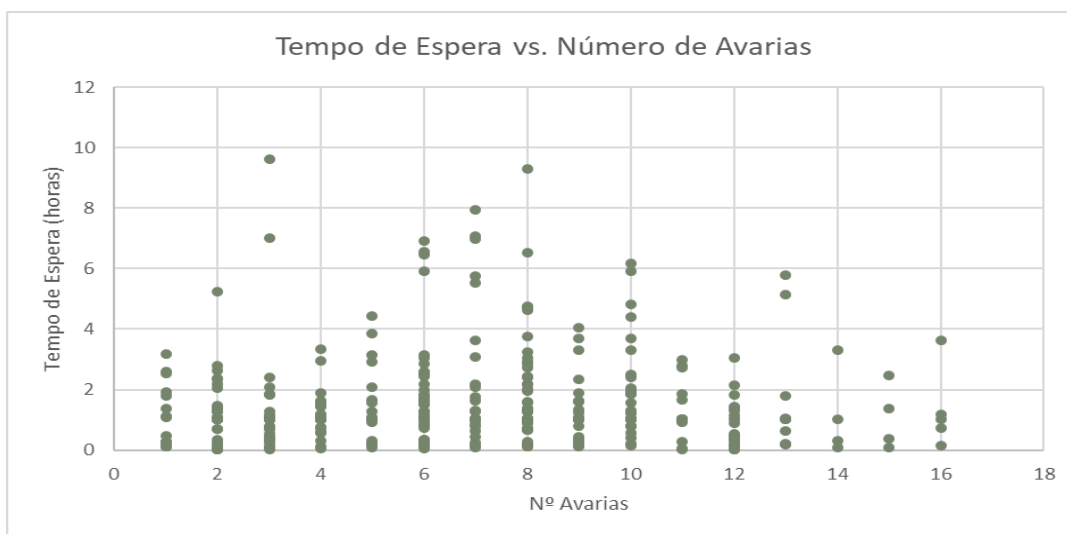


Figura 37 - Gráfico Relação Tempo de Espera e Número de Avarias

A correlação entre o número de avarias e o tempo de espera apresenta um valor de $r = 0,007$. Daqui se conclui que não há relação evidente entre carga de trabalho sobre a equipa de manutenção e a demora para atuar.

A equipa de manutenção não possui um supervisor no terreno, assim, os executores necessitam de abrir a aplicação, ou de ser alertados por um elemento da equipa de moldação para que tomem conhecimento da ocorrência de uma avaria.

Desta forma, definiu-se a implementação de uma notificação da aplicação sempre que é aberta uma avaria, de modo que os elementos da equipa de manutenção obtenham a informação em tempo real.

Esta solução implica a coordenação com o fornecedor de serviços externo que gere a aplicação, pelo que ainda não foi implementada.

4.5 Análise Resultados

A implementação de medidas relativas aos registos de manutenção não terá resultados no que diz respeito a aumento de produtividade ou disponibilidade, dado que o foco incide apenas na melhoria dos registos existentes. A maioria das outras iniciativas referentes aos três grupos restantes (limpeza, microparagens e *setup*) têm resultados que podem ser medidos, ou previstos, quando o tempo de implementação não permite a análise do impacto.

4.5.1 Análise Individual do Impacto das Medidas

O impacto das medidas tomadas pode ser reunido em dois principais tipos de ganho: Tempo Produtivo e Tempo de Operador.

O primeiro é referente ao ganho mais significativo, diretamente representativo da possibilidade de aumento de produção, já que resulta num aumento do tempo no qual o equipamento se encontra disponível para produzir. O segundo, ainda que sem impacto direto na capacidade produtiva, tem relevância no aumento da disponibilidade de operador, que pode resultar em menor tempo de espera para atuação, mediante a ocorrência de uma paragem.

A análise de ganhos de tempo produtivo pode ser traduzida em aumento de produção esperado. Para isso, é essencial definir um tempo de ciclo base para o equipamento, de forma a garantir alinhamento no estudo de todas as iniciativas. Definiu-se 9 segundos como o tempo de ciclo, exceto na análise medidas com impacto no próprio tempo de ciclo, que serão analisadas mediante o ganho esperado neste parâmetro específico.

De seguida apresentam-se as medidas tomadas e o seu impacto, medido ou esperado.

Limpeza

- **Nova Rede**

Esta solução não foi implementada em tempo útil, pelo que não foi possível conduzir um estudo comparativo entre os processos de limpeza, com a rede anterior e com a nova.

Ainda assim, após análise detalhada do processo, estima-se que resulte num ganho de 3 minutos por limpeza, na disponibilidade de equipamento e tempo de operador.

- **Controlo do Ventilador**

O controlo do ventilador resulta numa diminuição do tempo de recuperação de temperatura de cerca de 16 minutos por cada limpeza. Realizam-se 3 limpezas por dia, pelo que se estima um ganho de 48 minutos de tempo disponível para produção, por dia.

Com tempo de ciclo de equipamento de 9 segundos, e já ajustado com o valor do OEE calculado inicialmente (48%), esta implementação resulta num aumento de produção potencial de 3,5 milhões de corpos dentro de especificação, por ano.

Microparagens

- **Instalação Sensor**

Como já referido, a ocorrência de microparagens não é registada, pelo que não é possível estimar um ganho preciso desta implementação. Ainda assim, é possível estimar o tempo ganho em cada paragem. De facto, cada entupimento demora cerca de 20 minutos a ser resolvido. O sensor não impede a ocorrência de entupimento, mas mitiga a sua consequência, ao detetar e interromper a produção de forma rápida. É expectável que cada entupimento detetado pelo sensor demore apenas 10 minutos, pelo que se espera diminuir o tempo de paragem em 10 minutos, por ocorrência. O impacto mais relevante, no entanto, é o impedimento de uma paragem de maior gravidade.

- **Manutenção nos carris**

É esperado que a manutenção dos carris resulte na resolução dos impedimentos de curso da mesa e também que a permita executar os movimentos à sua velocidade máxima. Assim, o resultado esperado é um ganho de 6 minutos diários em disponibilidade de equipamento e tempo de operador.

É também esperado que esta manutenção permita que o equipamento opere novamente na sua velocidade máxima, o que permite prever uma diminuição do tempo de ciclo médio de 5,9%.

- **Tubo de Granulado**

A implementação do novo tubo de granulado apenas tem relevância no ganho de tempo de operador, visto que os procedimentos de recolha de amostra e desentupimento podem ser realizados com o equipamento em funcionamento. O tubo de granulado proposto nunca gerou qualquer entupimento na moldadora 4. Admitindo que o novo tubo da moldadora 6 segue o mesmo padrão, espera-se um ganho de 3 minutos de tempo de operador por cada ocorrência evitada, resultando em cerca de 15 minutos por turno.

Setup

A definição de uma ordem produtiva ótima e a implementação de um *standard work* permitiram alcançar diminuições no tempo de *setup* relativos à forma de introdução de granulado. Assim, em cada operação de *setup* que envolva a introdução de granulado por *big-bag* estima-se um ganho de 10 minutos de tempo disponível para produção.

Admitindo que o padrão de *setup* manter-se-ia semelhante ao ano de 2023 (38 ocorrências), para estabelecer um comparativo, a aplicação deste método resultaria num aumento de tempo de produção de 380 minutos.

4.5.2 Síntese do Impacto e Análise OEE

A análise do OEE do equipamento é essencial, visto que permite garantir que o aumento da capacidade produtiva não ocorre à custa de uma diminuição do índice de qualidade. Ainda assim, há um conjunto de fatores que dificulta a comparação de forma direta entre os valores do OEE antes e após a implementação das medidas. O tempo de implementação das medidas não permite o acompanhamento em tempo real do indicador e a execução de projetos pela empresa em paralelo com este podem mascarar o impacto real das medidas no indicador.

Assim, a análise do OEE centrou-se na análise das suas componentes de forma individual e no impacto das medidas em cada uma delas, por extrapolação relativa ao ano de 2023.

Caso as medidas delineadas neste projeto tivessem sido implementadas no início de 2023, a disponibilidade do equipamento seria 63% (face aos 58% verificados na realidade). Isto ocorre fruto de uma diminuição de 3,6% no tempo despendido em *setups* e uma diminuição de 28,8% no tempo despendido em limpeza. O impacto das medidas na *performance* não foi medido através deste método, porque no ano de 2023 o equipamento trabalhava com tempo de ciclo próximo do ideal. É também possível garantir a manutenção dos índices de qualidade, pois comprovou-se com testes laboratoriais que o tempo disponível de produção ganho corresponde a produção de corpos dentro de especificação. A análise do OEE através da equação 10 ganha relevância neste contexto, pois o tempo de ciclo teórico e o tempo planeado de produção mantêm-se constantes. Assim, o aumento do número de corpos produzidos, com a manutenção do índice de qualidade, resulta num aumento do OEE.

Desta forma, conclui-se que o OEE do equipamento aumentaria de 48,4% para 51,9%.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

5.1 Conclusões do Projeto Desenvolvido

O projeto desenvolvido teve como principal objetivo a identificação de oportunidades de melhoria e a implementação de soluções com vista ao aumento da capacidade produtiva da fábrica de rolhas aglomeradas. Esta unidade produtiva tem particular relevância no contexto atual, resultante das tendências de mercado e do potencial de expansão que é atribuído às rolhas aglomeradas.

O projeto dividiu-se em quatro principais fases:

- Análise Inicial;
- Análise de Secção e Equipamento;
- Identificação de Ineficiências e Oportunidades de Melhoria;
- Definição de um plano de ação e propostas de melhoria;

Através de uma análise inicial definiu-se a moldação como a área em foco. O estudo em detalhe da secção permitiu identificar a Moldadora 6 como o equipamento com maior potencial de melhoria, fruto das ineficiências encontradas nos seus processos e no potencial impacto de pequenos ganhos na disponibilidade produtiva, decorrente da capacidade produtiva.

As oportunidades de melhoria identificadas com o propósito de gerar ganhos de produtividade podem ser agrupadas em três categorias: **limpeza**, **microparagens** e **setup**.

Na limpeza delineou-se a implementação de ações de melhoria para diminuir o esforço dos operadores e diminuir o tempo despendido no processo e, sobretudo, diminuir o tempo de recuperação de temperatura após paragem para limpeza.

A análise das microparagens permitiu delinear planos de ação e implementar melhorias que resultaram na diminuição do impacto das paragens identificadas em tempo de equipamento e disponibilidade de operador.

O tempo de *setup* foi analisado agrupando a forma de introdução de granulado, o que permitiu identificar ineficiências no processo, resultando na criação de um *standard work* para o processo.

Paralelamente, foram implementadas melhorias e delineados planos de ação para melhorar os registos da manutenção, que pela falta de detalhe e precisão não permitiram a condução de um estudo estatístico relevante com vista à implementação de medidas preventivas condicionadas, como forma de aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

As melhorias propostas foram analisadas através do seu impacto individual, através do qual se extrapolou uma estimativa do OEE. Na implementação de medidas que resultaram em aumento de disponibilidade foram analisadas as produções ganhas, de modo a garantir que o

aumento de tempo produtivo não aconteceu à custa da diminuição do índice de qualidade. Assim, foi possível garantir que as soluções propostas resultavam num impacto positivo no OEE.

O projeto cumpriu os objetivos a que se propôs, através da implementação de medidas para melhorar os registos de manutenção e na execução de planos de ação que resultaram em aumentos de tempo disponível para produção.

5.2 Propostas de Trabalho Futuro

O presente projeto apresenta-se também como possível base para a definição de projetos futuros. De facto, espera-se que os planos de ação delineados para melhorar a qualidade e detalhe dos registos de manutenção permitam a condução de estudos estatísticos relevantes relativos às avarias. Este tipo de paragem tem um impacto significativo no tempo de disponibilidade dos equipamentos e não foi possível, no contexto deste projeto, delinear planos de ação com vista à diminuição do seu impacto.

- Análise à Substituição de Equipamentos em fim de vida;
- Definição de planos de manutenção preventiva condicionada, com base na análise individual de componentes;
- Definição de um plano de peças de reposição.

Também na vertente operacional foram identificadas algumas oportunidades de melhoria. A moldadora 6 tem um programa diferente das outras moldadoras do mesmo fabricante. Esta diferença causa algumas restrições no equipamento. Foi sondada a possibilidade de realizar a uniformização dos programas em todas as moldadoras e foi confirmada a exequibilidade. Assim, é recomendado que o projeto avance.

Referências

- Borris, S. (2006). Total productive maintenance: Proven strategies and techniques to keep equipment running at maximum efficiency. McGraw Hill LLC.
- Cabral, José Paulo Saraiva (2009). Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios. Lisboa : Lidel-Edições Técnicas,
- Catelani, M., Ciani, L., Cristaldi, L., Faifer, M., Lazzaroni, M., & Khalil, M. (2015). Toward a new definition of FMECA approach. 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 981-986.
- Corticeira Amorim (2024). Relatório Anual Consolidado 2023.
- Dale, B., Bamford, D., & van der Wiele, T. (Eds.) (2016). Managing Quality: An Essential Guide and Resource Gateway. (6 ed.) Wiley.
- Deming, W.E. (1982) Quality, Productivity and Competitive Position. MIT Press, Cambridge
- Dhillon, B.S. (2002). Engineering Maintenance: A Modern Approach (1st ed.). CRC Press.
- Fritze, Christopher (2016). The Toyota Production System - The Key Elements and the Role of Kaizen within the System.
- Hirano, H. (1995). 5 Pillars of the Visual Workplace (1st ed.). Productivity Press.
- Instituto Português da Qualidade. (2021). Manutenção: terminologia de manutenção (NP EN 13306:2021). Terminologie de la maintenance: Maintenance terminology (2ª ed.). Caparica: IPQ.
- Ishikawa, K. (1982). Guide to quality control (2nd rev. English). Asian Productivity Organization.
- Karuppusami, G. & Gandhinathan, R. (2006). Pareto analysis of critical success factors of total quality management: A literature review and analysis. The TQM Magazine.
- Kelly, A. (2006). Plant Maintenance Management Set. Plant Maintenance Management Set.
- Leitão, Armando (2013). Slides da disciplina de Gestão de Ativos e Manutenção.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press.
- Nakajima, S. (1990, fevereiro 19). Total Productive Maintenance. Seminário Internacional de TPM, Lisboa, Portugal.
- Ohno, T. (1988) Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Productivity Press, New York.
- Shingo, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System (1st ed.). Routledge.
- Womack, James & Jones, Daniel (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

As características da matéria-prima e a procura contínua de minimização dos desperdícios torna a sustentabilidade um dos pilares da Corticeira Amorim. O presente projeto centrou-se na procura de oportunidades de melhoria e soluções para aumentar a capacidade produtiva e eficiência da unidade de produção. Assim, alinha-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável delineados pela Nações Unidas.

ODS	Meta	Contribuição	Indicadores de Desempenho e Métricas
8	8.1	Aumento Produção	Quantidade Produzida
	8.2	Otimização Capacidade Instalada	OEE
9	9.1	Aumento Qualidade de Registos	-
12	12.1	Diminuição Desperdício	Consumo

Os ODS apresentados são os que sofreram maior impacto, direto ou indireto, fruto da realização do projeto.

- **ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Económico**

- **8.1-** Atingir níveis de produção mais elevados

O aumento da disponibilidade de equipamento resulta no aumento da capacidade produtiva (crescimento económico).

- **8.2-** Melhorar a eficiência dos recursos utilizados

O aumento do OEE permite comprovar que o projeto contribuiu para o aumento da eficiência dos recursos utilizados, através de uma melhor utilização da capacidade instalada.

- **ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura**

- **9.1-** Reabilitar e Modernizar a Infraestrutura

As medidas implementadas no sentido de melhorar a qualidade dos registos de manutenção têm um impacto indireto na reabilitação do capital existente, através da futura introdução de programas de manutenção modernos.

- **ODS 12: Consumo e Produção Responsável**

- **12.1-** Alcançar Gestão Responsável e Uso eficiente dos recursos

A eliminação de fontes de desperdício contribui para o uso eficiente dos recursos instalados e para o aumento da eficiência energética.

ANEXO A: Standard Work Limpeza Moldadoras

Standard Work Limpeza Diária			
Nº operações	Descrição Operação	Ferramenta	Tempo (min)
1	Abrir portas de segurança		0,5
2	Limpeza conjunta de prateleiras na frente e lado da moldadora		6,0
3	Limpeza conjunta de rede e dos moldes		8,0
4	Limpeza conjunta da moega e do chão		4,0
5	Soprar o granulado para a parte lateral da máquina		1,0
6	Apanhar granulado e meter em sacos		7,0





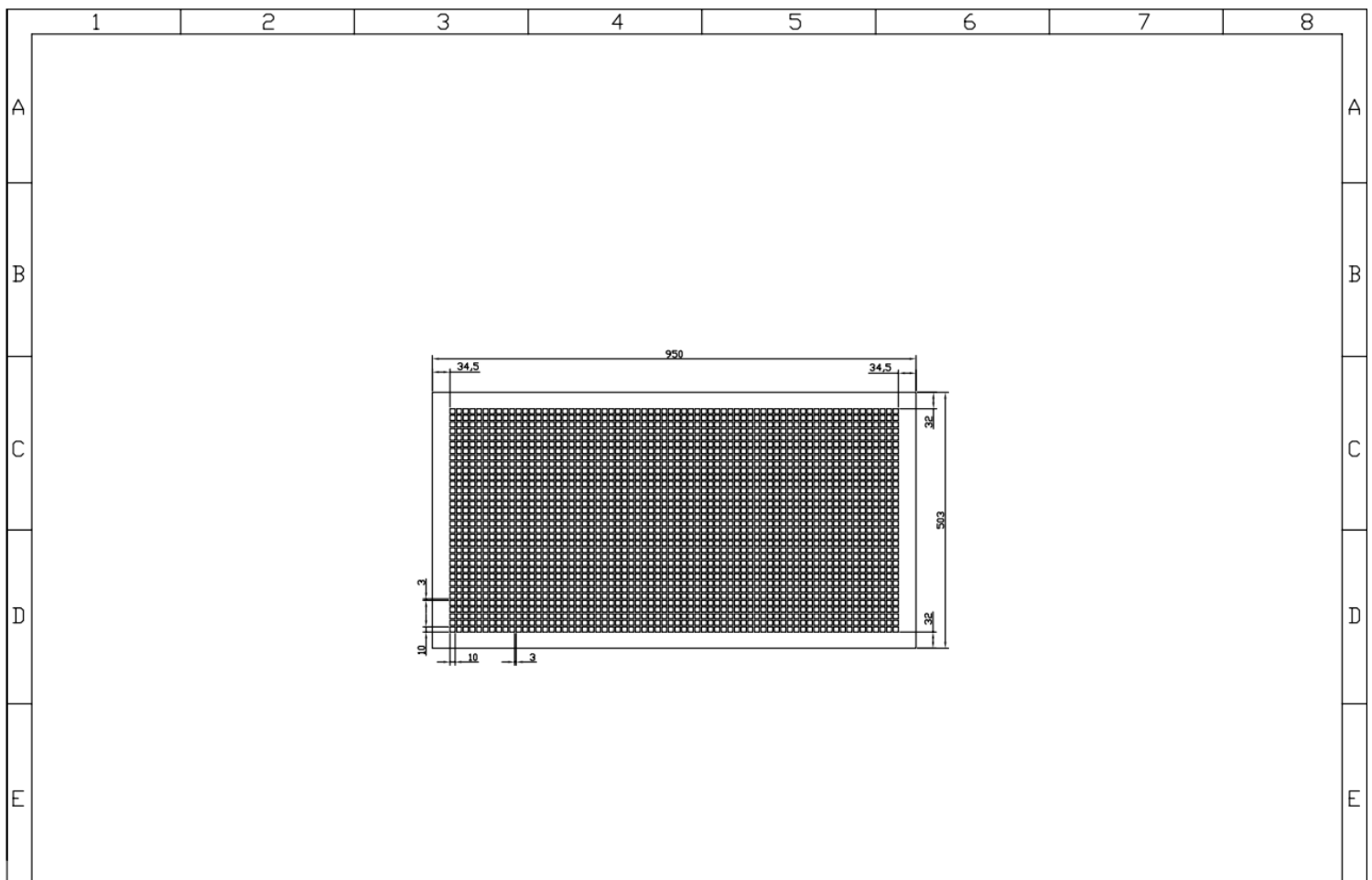



Tempo Total 26,5 min

ANEXO B: MTBF

ΣT_i	321771		H0:	Taxa de avarias constante	
N	81		H1:	Taxa de avarias não constante	
α	5%				
p-value	0,36%	-->	Rejeita H0		
ET	2,907641				
Weibull					
Ti	Tj	Cj		Fator de Forma (Beta)	0,88197
184,82	113	1		Vida Característica (Eta)	77,3593
479,78					
312,83					
538,33				Mean	82,3239
67,30					
184,33					

ANEXO C: Desenho Técnico da Nova Rede



ANEXO D: Análise Laboratorial Rolhas

Rolhas Bruto								Rolhas Retificadas							
Rolha	Comp	Comp	Comp Médio	Diam.	H%	Mass	MV	Rolha	Comp	Diam.	H%	Mass1	MV	Mass2	Absorção
1	53,8	54,7	54,3	26,45	6,10	7,70	258,48	1	44,73	23,6	6,1	4,98	254,52	5,64	13,25
2	54,7	55,9	55,3	26,45	6,10	8,00	263,52	2	44,54	23,6	6,4	5,06	259,27	5,74	13,44
3	54,4	55,5	55,0	26,41	6,00	7,80	259,19	3	44,56	23,6	6,3	5,07	260,11	5,70	12,43
4	54,1	55,8	55,0	26,63	6,20	7,80	255,03	4	44,51	23,6	5,9	4,87	249,91	5,57	14,37
5	54,3	55,6	54,9	26,49	6,10	8,00	264,46	5	44,55	23,6	6,4	5,17	265,29	5,78	11,80
6	54,0	55,2	54,6	26,33	6,20	8,00	269,22	6	44,47	23,6	6,5	5,19	267,48	5,80	11,75
7	52,9	54,0	53,5	26,37	5,80	7,50	257,04	7	44,57	23,6	6,0	4,97	255,13	5,62	13,08
8	54,1	55,3	54,7	26,36	6,30	7,80	261,57	8	44,56	23,6	6,7	5,06	259,59	5,75	13,64
9	60,0	62,6	61,3	27,13	4,00	8,00	225,86	9	44,52	23,4	4,0	4,28	222,97	5,56	29,91
10	55,6	56,6	56,1	26,53	6,00	8,00	258,18	10	44,56	23,6	6,1	5,00	256,08	5,69	13,80
11	54,0	55,7	54,8	26,44	5,90	7,90	262,67	11	44,53	23,6	6,2	5,05	258,81	5,69	12,67
12	56,0	56,1	56,1	26,48	6,10	7,90	256,03	12	44,53	23,6	6,3	5,08	260,57	5,29	4,13
13	53,7	55,2	54,4	26,40	6,20	7,80	261,93	13	44,51	23,6	6,3	5,06	260,55	5,74	13,44
14	54,0	55,7	54,9	26,60	6,10	7,70	252,72	14	44,50	23,6	6,0	4,89	251,00	5,71	16,77
15	53,9	55,4	54,7	26,43	6,20	8,00	266,87	15	44,55	23,6	6,3	5,15	263,60	5,56	7,96
16	53,9	55,8	54,9	26,65	6,10	7,90	258,22	16	44,57	23,6	6,1	5,01	256,97	5,85	16,77
17	55,5	56,6	56,0	26,75	6,20	8,10	257,31	17	44,46	23,6	6,3	5,04	259,37	5,70	13,10
18	54,0	54,8	54,4	26,60	6,30	7,90	261,59	18	44,57	23,6	6,2	5,18	266,14	5,73	10,62
19	53,5	54,5	54,0	26,39	6,20	7,70	260,79	19	44,62	23,6	6,2	5,03	257,92	5,79	15,11
20	54,5	55,8	55,2	26,63	6,20	7,90	257,35	20	44,57	23,6	6,3	5,02	257,26	5,96	18,73
21	54,4	54,7	54,6	26,44	6,00	7,70	257,27	21	44,52	23,6	6,2	5,01	257,04	5,67	13,17
Média	54,53	55,79	55,16	26,52	6,01	7,86	258,35	Média	44,55	23,59	6,13	5,01	257,12	5,69	13,81
Máximo	60,00	62,58	61,29	27,13	6,30	8,10	269,22	Máximo	44,73	23,63	6,70	5,19	267,48	5,96	29,91
Mínimo	52,86	54,04	53,45	26,33	4,00	7,50	225,86	Mínimo	44,46	23,43	4,00	4,28	222,97	5,29	4,13

ANEXO E: *Standard Work* Mudança Ordem de Fabrico

		Troca de Granulado			
Unidade Industrial	SOCORI	Sector / Máquina	Moldação	Código	
Elaborado por	Francisco Seabra	Aprovado por		Data de aprovação	
Objetivo: Diminuição do tempo de setup					
Sequência	Descrição tarefa	Tempo (min)	Fotografia		
1	Parar a Máquina	-			
2	Esvaziamento misturador, armazém	16			
3	Desmoldagem de todos os moldes	30			
4	Limpeza Moldadora	25			
5	Após dar a ordem de desmoldagem, abastecer o big-bag na moega	10			
6	Carregar nova receita na moldadora	1			
7	Alterar ordem de produção	2			
8	Arrancar Moldadora	-			
Tempo Total de Paragem		68			

ANEXO F: Gráficos de Pareto

