

**IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN NA PREPARAÇÃO
DE PLANOS PARA QUADROS MAGNÉTICOS**

Francisco Aroso Duarte da Silva Paiva

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2017-06-26

Resumo

A presente dissertação foi realizada em ambiente empresarial, numa empresa cuja principal linha de produto é o quadro de comunicação visual, especificamente na secção fabril onde é cortada e colada a chapa, que reveste o substrato, e constitui a superfície de escrita ou afixação dos quadros magnéticos.

O rápido crescimento da procura dos produtos da empresa e a alargada personalização oferecida ao cliente não foram, em alguns casos, acompanhados pela implementação de processos e metodologias adequadas e levaram ao aparecimento de desperdícios como o excesso de stock e de deslocações de pessoas e materiais. Desperdícios que são notórios no pavilhão onde se realizou o projeto.

Ao longo do projeto recorreu-se a metodologias Lean para reduzir estes desperdícios.

A medição e análise do OEE dos equipamentos permitiu monitorizar as atividades, encontrar problemas e possíveis causas.

No que diz respeito ao índice de disponibilidade verificou-se que o tempo que as máquinas estavam paradas era significativo, nomeadamente devido ao elevado tempo despendido em setups.

No que concerne aos indicadores de qualidade, ainda que os produtos defeituosos, não tivessem (maioritariamente) origem nos equipamentos, existia uma quantidade significativa de não conformes criados durante transporte e armazenamento dos materiais.

O projeto teve como objetivo melhorar o desempenho e disponibilidade dos equipamentos, bem como reduzir a quantidade de defeitos produzidos no pavilhão.

Através da implementação de 5S foi possível reduzir os níveis de stock, eliminando o desnecessário, e possibilitou desocupar uma área significativa do pavilhão, incluindo zonas de passagem, anteriormente obstruídas. Consequentemente, foi possível melhorar as condições de movimentação e armazenamento e, desta forma, diminuir as esperas e os defeitos produzidos.

Efetuaram-se alterações ao posicionamento de materiais necessários à produção, aproximando-os dos locais onde são utilizados, o que permitiu reduzir as distâncias percorridas pelos operários. Complementando com a implementação de SMED foi possível diminuir os tempos médios de setup até cerca de 80%, correspondente a um aumento de capacidade produtiva superior a 15%.

Lean methodologies implementation in the preparation of surfaces for magnetic boards

Abstract

The present dissertation was held in a business environment, at Bi-Silque SGPS, a company whose main commercial product is the visual communication board. The project focused on the pavilion where the magnetic sheet that covers the substrate and constitutes the writing surface is cut and glued.

The fast growth in demand for the company's products and the wide customization offered to the customer were not accompanied, in some cases, by the implementation of appropriate processes and methodologies and led to the arising of different type of wastes such as excess stock, unnecessary transportation of people and materials and waiting, which are notorious in the pavilion in which the project is focused and result in reduced productivity and overall equipment performance.

Throughout the project, Lean methodologies were used to reduce these wastes.

The measurement and analysis of OEE equipment made it possible to monitor activities, find problems and possible causes.

Regarding the availability index, it was concluded that the time that machines were interrupted was significant particularly due to the long time spent in setups.

Concerning the quality indicators, even if the defective products did not (mostly) have origin in the equipment, there was a significant amount of nonconformities created during the transportation and storage of the materials.

The project aimed to improve the performance and availability of equipment, as well as reduce the number of defects produced in the pavilion.

Through the implementation of 5S it was possible to reduce stock levels, eliminating the unnecessary and made it possible to vacate a significant area of the pavilion, including areas of passage, previously obstructed. Consequently, it was possible to improve the movement and storage conditions and, thus, to reduce waits and defects produced.

Changes were made to the positioning of materials needed for production, bringing them closer to the places where they are used, which reduced the distances traveled by the workers. Complementing with the SMED implementation, it was possible to reduce the average set-up times to about 80%, corresponding to an increase of more than two hours of operating time per day.

Agradecimentos

Gostaria de deixar os meus agradecimentos às pessoas que me acompanharam e ajudaram ao longo deste projeto e percurso.

Ao Eng.º Abel Maia, orientador na empresa, e ao Eng.º Carlos Leão, coorientador, pela oportunidade e disponibilidade.

A todos os colaboradores da empresa com quem lidei, pela colaboração e receptividade.

Ao Prof. Paulo Osswald, orientador da FEUP, pelo acompanhamento e orientação na realização deste documento.

Aos meus colegas de trabalho, Anna Dyrochkina, Daniela Pinto, Daniela Santos, Diogo Cardoso, Diogo Cunha, Fernando Coimbra, Joana Dantas, Manuel Cardoso e Miguel Lopes pela ajuda e pelos bons momentos partilhados.

Aos meus familiares e amigos, em especial aos meus pais, aos meus irmãos e à Filipa pela ajuda e apoio incondicional ao longo de todo este percurso.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da empresa	1
1.2	Objetivos do projeto	2
1.3	Método seguido no projeto	4
1.4	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão Bibliográfica	5
2.1	O Lean Manufacturing	5
2.1.1	Introdução	5
2.1.2	Desperdícios	7
2.2	Metodologias Lean	7
2.2.1	5s	7
2.2.2	Standard Work	8
2.2.3	SMED	8
2.2.4	Diagrama de Spaghetti	9
2.2.5	Plan-Do-Check-Act	9
2.2.6	OEE	10
3	Caracterização e análise da situação inicial	13
3.1	Preparação de planos - Corte e colagem de chapa	13
3.2	Máquina de corte de chapa	16
3.3	Prensas	16
3.3.1	Processo de colagem	16
3.3.2	Planos produzidos	17
3.4	Layout	19
3.4.1	Fluxo de materiais	21
3.4.2	Movimentações de pessoas	22
3.5	5s – Situação Inicial	24
3.6	OEE 27	
3.6.1	Disponibilidade	28
3.6.2	Desempenho	29
3.6.3	Qualidade	29
4	Propostas e implementação de melhorias	31
4.1	Implementação do OEE na máquina de corte de chapa	31
4.1.1	Qualidade	32
4.1.2	Disponibilidade	32
4.1.3	Desempenho	33
4.2	Relação entre tamanho da ordem de produção e o desempenho	33
4.3	Implementação de 5s	34
4.4	Alterações ao layout	37
4.5	Implementação de SMED	40
4.5.1	Etapas 0 e 1 – Listagem e classificação de tarefas	40
4.5.2	Etapa 2 – Transformar tarefas externas em internas	42
4.5.3	Etapa 3 - Redução do tempo de tarefas	42
5	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro	45
	Referências	47
ANEXO A:	Fluxograma plano magnético 240x120	49
ANEXO B:	Fluxograma Easel 104x72,5	50
ANEXO C:	Registo de paragens da máquina de corte de chapa	51

ANEXO D:	Esquema estantes centrais – planos colados	52
ANEXO E:	Matriz estante sul – chapa planos colados.....	53
ANEXO F:	Matriz estante P1	54

Siglas

OEE – Overall equipment efficiency

PDCA – Plan – do- check -act

SMED - Single minute exchange of die

TPS - Toyota production system

WIP – Work in process

JIT – Just in time

Índice de Figuras

Figura 1 - Instalações da Bi-Silque	1
Figura 2 - Produto Organise 4 Home (Fonte: http://www.bisilque.com/)	2
Figura 3 - Produto Bi-Office (Fonte: http://www.bisilque.com/)	2
Figura 4 - Quadro Mastervision (Fonte: http://www.bisilque.com/)	3
Figura 5 - Casa do TPS [Fonte: Rother, M e Liker, J. 2014. “How Kata fits in”, https://www.lean.org/coachingkata/Archive.cfm?KataltemId=31#contentTop , consultado em 2017-06-24, 22:45h].....	6
Figura 6 - Etapas do Lean segundo Womack e Jones – (Fonte: https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm)	6
Figura 7 - Etapas SMED (Adaptado de: http://www.leanproduction.com/smed.html)	9
Figura 8 - Indicador OEE (Adaptado de: http://edinn.com/en/oe.html)	11
Figura 9 – Planta global da fábrica.....	14
Figura 10 - Fluxograma Plano Magnético 120x90	15
Figura 11 - Processo de colagem nas prensas.....	16
Figura 12 - Gráfico com os principais planos colados nas duas prensas.....	19
Figura 13 - Layout do pavilhão de corte e colagem de chapa	20
Figura 14 - Fluxo de planos colados	21
Figura 15 - Palete de planos colados com placas inferior e superior	22
Figura 16 - Spaghetti prensa 4.....	23
Figura 17 - Localizações das paletes grandes.....	23
Figura 18 - Placas sobrepostas.....	24
Figura 19 - Quadro de planeamento na prensa 4.....	25
Figura 20 - Material estragado e obsoleto	25
Figura 21 - Estantes e corredores impedidos	26
Figura 22 - Material danificado.....	26
Figura 23 - OEE da prensa 4	27
Figura 24 - OEE prensa 5	28
Figura 25 - OEE da máquina de corte de chapa.....	32
Figura 26 - Estantes desimpedidas.....	35
Figura 27 - Área reaproveitada	36
Figura 28 - Quadro de registo de planos colados	36
Figura 29 - Matriz de posições das estantes	37
Figura 30 - Layout reformulado	38
Figura 31 - Paletes (tamanhos grandes).....	40
Figura 32 - Protótipo de depósito de placas	43
Figura 33 - Tempos de tarefas internas (máquina de corte de chapa).....	44
Figura 34 - Tempos de tarefas internas (prensa 4).....	44

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Seis grandes perdas, segundo o JIPM	10
Tabela 2 - Equipamento do pavilhão de corte e colagem de chapa.....	15
Tabela 3 - Proporção de planos produzidos em cada uma das prensas	17
Tabela 4 - Principais planos produzidos na prensa 4	17
Tabela 5 - Principais planos produzidos na prensa 5	18
Tabela 6 - Principais planos colados nas duas prensas	18
Tabela 7 - Principais paragens na prensa 4	28
Tabela 8 - Principais paragens na prensa 5	28
Tabela 9 - OEE da máquina de corte de chapa.....	31
Tabela 10 - Principais paragens na máq. de corte de chapa	32
Tabela 11 - Tamanho de ordens na prensa 4	33
Tabela 12 - Tamanho de ordens na prensa 5.....	33
Tabela 13 - Tamanho de ordens na máq. corte de chapa	33
Tabela 14 - Peso real dos setups na prensa 4	34
Tabela 15 - Peso real dos setups na prensa 5	34
Tabela 16 - Tempos de tarefas de setup na máquina de corte de chapa	41
Tabela 17 - Tempos de tarefas de setup na prensa 4	42
Tabela 18 - Redução dos tempos de tarefas de setup na prensa 4 e na máquina do corte de chapa	43
Tabela 19 - Redução do tempo perdido em setups na máquina de a de corte de chapa	44
Tabela 20 - Redução do tempo perdido em setups na prensa 4.....	44

1 Introdução

1.1 Apresentação da empresa

A Bi-Silque - Manufaturas de Cortiça foi fundada em 1979 pela família Vasconcelos, em Esmoriz. Começou por comercializar produtos de casa e escritório, tendo a cortiça como matéria prima primordial.

Ao longo dos anos a empresa foi crescendo e diversificando as matérias primas utilizadas. Seguindo, desde a fundação, a ideia de ir ao encontro das necessidades e exigências dos diferentes mercados e clientes, a Bi-Silque foi aumentando a sua gama de produtos, assumindo-se como uma empresa que opera no sector da comunicação visual.

A figura 1 mostra a dimensão atual das instalações da empresa e o alinhamento dos pavilhões indicia o seu crescimento em várias fases.



Figura 1 - Instalações da Bi-Silque

No ano de 2007 foi criada a Bi-Silque - Produtos de Comunicação Visual S.A., como estrutura mãe do grupo que inclui outras empresas como a Bi-Bloco (produtos de comunicação em papel), a Bi-Joy (empresa de distribuição de produtos representados) e a Bi-Bright (comunicação interativa).

Atualmente o grupo Bi-Silque SGPS, S.A. exporta quase a totalidade do que produz (cerca de 99%) para mais de oitenta países, em cinco continentes, tendo como principais mercados a Inglaterra, a França e os Estados Unidos da América.

A empresa conta com cerca de seiscentos colaboradores, possui três filiais e dois centros de distribuição (situados em Inglaterra, Alemanha, EUA, França e Canadá).

O grupo detém marcas como a Bi-Office (produtos para escritórios, escolas, hospitais e empresas, focada no mercado europeu), a Organise 4 Home (produtos para casas e decorativos) e a Mastervision (série de produtos para escritórios empresariais e domésticos, sector da educação e saúde, focada no mercado norte americano).

As figuras 2 e 3 mostram, respetivamente, um produto da marca Organize 4 Home e Bi-Office.



Figura 2 - Produto Organise 4 Home (Fonte: <http://www.bisilque.com/>)



Figura 3 - Produto Bi-Office (Fonte: <http://www.bisilque.com/>)

1.2 Objetivos do projeto

O principal produto comercializado pela Bi-Silque é o quadro de comunicação visual, constituído por um plano e perfis. É possível observar, na figura 4, ao que corresponde cada um deles.

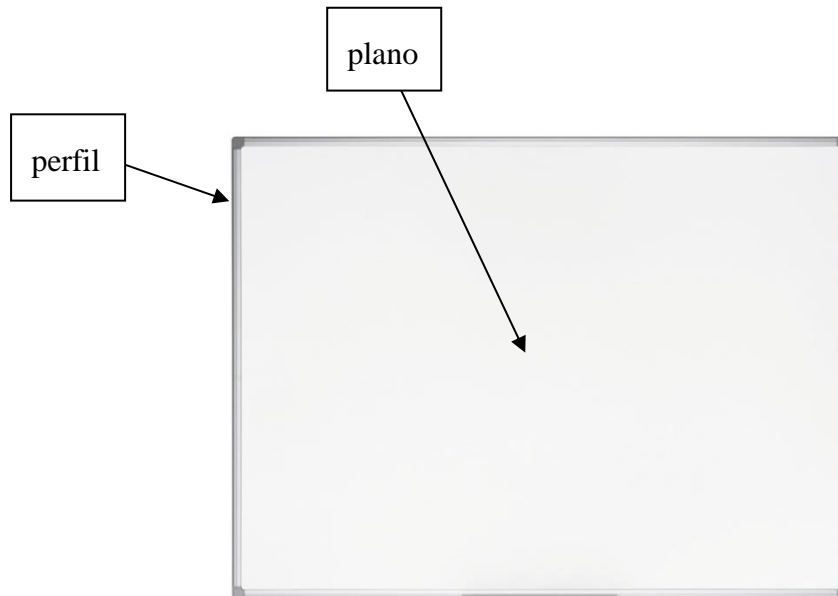


Figura 4 - Quadro Mastervision (Fonte: <http://www.bisilque.com/>)

Todos os produtos necessitam de um plano e a vasta oferta de artigos da empresa implicam uma grande variedade de planos, tornando, nalguns casos, o processo de preparação do plano complexo e normalmente mais demorado do que outros, como a preparação de perfis e a montagem.

Este facto dificulta o planeamento da produção make-to-order. As grandes oscilações de procura que existem, devido à sazonalidade da procura dos produtos comercializados pela Bi-Silque, criam dificuldades de resposta nos períodos de procura mais elevada, designadamente na secção da preparação de planos.

Este projeto incidirá num dos pavilhões onde é feito o processo de preparação de planos, nomeadamente o corte e colagem de chapa para os denominados quadros magnéticos.

Neste pavilhão, os planos, depois de colada a chapa, são armazenados durante o período definido como tempo de cura (necessário para que a colagem fique concluída), que é cerca de quatro horas. Paralelamente, a chapa que é cortada e será utilizada para colar ao substrato é também armazenada aqui.

Assim, existe a necessidade de gerir este stock que é produzido, no sentido de solucionar problemas que existem ao nível do armazenamento, que afetam uma grande parte das movimentações e transportes realizados e que resultam em grandes desperdícios.

Além disso os níveis de desempenho de algumas das máquinas são suscetíveis de serem melhorados.

Os objetivos do projeto passam por minimizar os problemas acima referidos e, desta forma, reduzir os desperdícios, aumentar a produtividade e a eficiência operacional.

1.3 Método seguido no projeto

As etapas mais relevantes do presente projeto são as seguintes:

- Caracterização da situação inicial: descrição dos processos existentes e identificação de problemas;
- Análise das causas dos problemas;
- Desenvolvimento de propostas de melhoria, tendo por base metodologias Lean;
- Teste e análise do impacto das propostas;
- Acompanhamento e controlo das soluções implementadas.

1.4 Estrutura da dissertação

O presente documento está dividido em cinco capítulos, organizados por sua vez em subcapítulos.

No capítulo um é apresentada sucintamente a empresa, a sua história e os produtos que comercializa, qual o âmbito do projeto e os principais objetivos a atingir com o mesmo, bem como a metodologia utilizada para a sua realização.

Do segundo capítulo consta uma revisão bibliográfica sobre os conceitos teóricos utilizados para a execução deste projeto, designadamente ferramentas e metodologias Lean.

No capítulo três é descrita e caracterizada a situação inicial do contexto em que o projeto se insere, apresentando detalhadamente os processos relevantes existentes e o diagnóstico dos problemas detetados através das análises efetuadas.

O capítulo quatro é constituído pelas propostas de melhoria, de que forma estas foram implementadas e quais os resultados obtidos.

Do último capítulo constam as conclusões que foram possíveis retirar deste projeto em ambiente empresarial, terminando com as perspetivas para trabalhos futuros.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 O Lean Manufacturing

2.1.1 Introdução

O Lean Manufacturing teve como origem o sistema de produção da Toyota, a partir da década de 1940, no Japão, e resultou da percepção de que apenas uma pequena parte do tempo e esforço despendido na produção era utilizado para acrescentar valor para o consumidor.

O objetivo passava por melhorar os processos no sentido de eliminar ao máximo os desperdícios e, dessa forma, diminuir os custos e aumentar a qualidade dos produtos.

Ohno (1988), tido como o principal criador do TPS (Toyota Production System), define os conceitos de just in time e autonomia como os pilares do Lean Manufacturing. O primeiro consiste em produzir apenas aquilo que é pedido, na quantidade e momento requeridos e o segundo em controlar a interação homem-máquina, no sentido de criar condições para que defeitos e paragens sejam evitados.

Para além destes, Liker (2004) destaca três princípios fundamentais do Lean Manufacturing: produção nivelada, que consiste em manter um fluxo contínuo e estável, sem grandes oscilações, que impeçam a criação de stocks desnecessários, conferindo, ao mesmo tempo, flexibilidade; standard work, ou seja, procurar tornar os processos previsíveis, uniformes, estáveis e consistentes, facilitando a sua gestão; melhoria contínua, que reflete o compromisso no sentido de melhorar continuamente os processos e, conseqüentemente, diminuir desperdícios e aumentar a criação de valor. A figura 5 evidencia a interação entre estes cinco princípios e os objetivos que se pretendem atingir através deles.

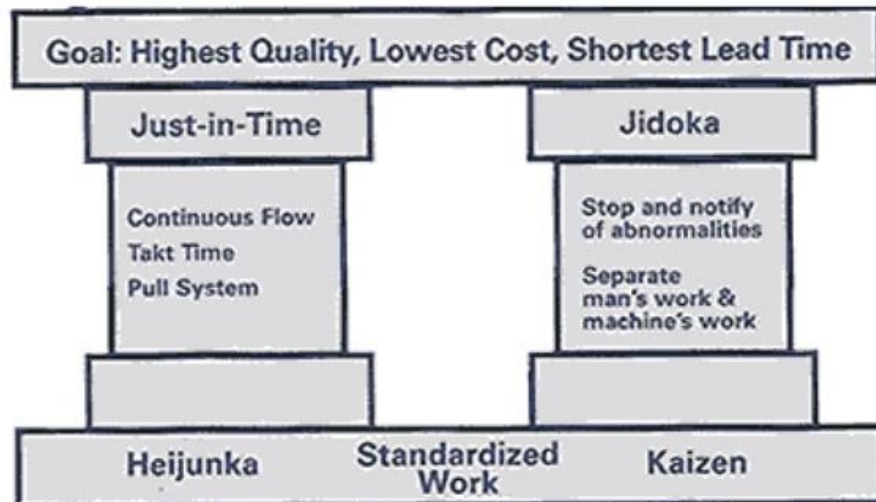


Figura 5 - Casa do TPS [Fonte: Rother, M e Liker, J. 2014. “How Kata fits in”, <https://www.lean.org/coachingkata/Archive.cfm?KataItemId=31#contentTop>, consultado em 2017-06-24, 22:45h]

Womack e Jones (1996), os principais responsáveis pela divulgação do Lean Manufacturing no Ocidente, dividem os conceitos Lean em cinco categorias principais: valor, corrente de valor, fluxo, pull e perfeição (os quais estão ilustrados na figura 6).

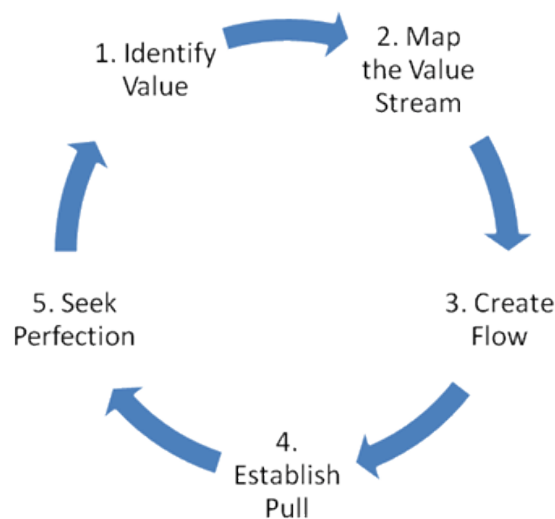


Figura 6 - Etapas do Lean segundo Womack e Jones – (Fonte:<https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>)

O **Valor** consiste na utilidade que o produto/serviço oferece ao cliente e serve como base para construir o processo de produção. As empresas devem criar uma **corrente de valor**, onde é garantida a eliminação de todos os processos que não criam valor para o consumidor e não são indispensáveis.

O **fluxo** reorganiza os processos para possibilitar que estes se movam suavemente, de forma equilibrada e contínua, sem esperas, através das etapas de criação de valor.

Pull, ou produção puxada, baseia-se no envolvimento do nível da procura do cliente no processo produtivo. São os pedidos deste que desencadeiam as ordens de produção, ou seja, só é produzido a quantidade necessária, quando necessário, evitando acumulação de stock.

Por último, a **perfeição** exige constante esforço da parte de todos os envolvidos, para encontrar as melhores alternativas para satisfazer as necessidades do cliente, através da melhoria contínua dos processos e, conseqüentemente, da qualidade dos seus produtos.

2.1.2 Desperdícios

Segundo Ohno (1988) existem sete tipos principais de desperdícios que afetam negativamente o desempenho de uma empresa e que, por isso, devem ser reduzidos ou, se possível, eliminados. São eles:

- **Sobreprodução** – Consiste em produzir mais do que o necessário, ou seja, mais do que os clientes procuram num determinado momento. Quando a produção não é desencadeada pela procura é frequente que isto ocorra.
- **Espera** – Períodos de espera resultantes de equipamentos, materiais, pessoas ou informação não estarem disponíveis no momento apropriado. Durante estes períodos não é acrescentado qualquer valor;
- **Transporte** – Movimentação desnecessária de material, ferramentas e equipamentos. Durante o período em que está a ser transportado, o produto não está a ser processado no sentido de acrescentar valor para o consumidor. Além disso, incorre-se em custos de transporte;
- **Inventário** – Armazenamento de matérias primas, produtos intermédios ou produtos acabados em quantidade superior à necessária. Para além dos custos que acarreta, causa perturbações no fluxo de produção;
- **Sobreprocessamento** – Refere-se à parte dos processos existentes que implicam um esforço ao nível de tempo e dinheiro, mas que não produz qualquer valor adicional para o cliente;
- **Deslocações desnecessárias** – Movimento excessivo de pessoas, que as impede de estar no local onde realmente são úteis e criam valor;
- **Defeitos** – Consiste em processar produtos que não cumprem as especificações. Resultam de erros que ocorrem no processamento do produto e que implicam habitualmente trabalho adicional para corrigir os mesmos.

2.2 Metodologias Lean

2.2.1 5s

O conceito 5S foi implementado inicialmente na Toyota e teve por base regras utilizadas no sistema de ensino japonês. Osada (1991) abordou este conceito definindo-o como um conjunto de práticas em que o objetivo é manter o ambiente de trabalho organizado segundo padrões perfeitamente definidos.

O termo deriva de cinco palavras Japonesas iniciadas pela letra S, as quais descrevem o conjunto das principais etapas de implementação desta metodologia numa organização. São elas:

- **Seiri** – Separação – Esta primeira etapa consiste em separar aquilo que é realmente útil daquilo que é dispensável para as tarefas a realizar no local de trabalho.
- **Seiton** – Organização – Após a triagem inicial, as ferramentas e materiais definidos como indispensáveis devem ser organizados, estando devidamente identificados e sendo arrumados tendo em conta o tipo e frequência da sua utilização.
- **Seiso** – Limpeza – Todos os postos de trabalho devem ter planos de limpeza definidos, que devem ser cumpridos. Um posto limpo confere vantagens ao nível da segurança e fluidez do trabalho, com garantias que o espaço e os materiais se encontram em perfeitas condições para serem utilizados.

- Seiketsu – Padronização – Para garantir que todas as práticas são cumpridas da forma correta, estas devem ser orientadas por normas, constituídas por informação clara e consistente e devem estar acessíveis a todos quantos se regem por elas.
- Shisuke – Autodisciplina – Para que estas práticas sejam implementadas com sucesso e seja garantida a sua continuidade, é requerido que haja comprometimento e autodisciplina da parte de toda a organização, desde as hierarquias mais altas às mais baixas (Liker, 2004).

2.2.2 Standard Work

Standard work consiste em definir métodos eficientes para garantir que os processos são executados de forma consistente, uniforme e com variabilidade reduzida, atingindo os níveis de produção desejados (Monden, 1993).

Uma das componentes essenciais do standard work consiste em documentar os processos, dos quais fazem parte três componentes fundamentais: os operários, o material e as máquinas. A estas componentes associam-se os conceitos de takt time, sequência de operações (com tempos de ciclo) e work in process (WIP).

O *takt* time consiste no intervalo de tempo em que deve ser produzida uma peça para que o ritmo produtivo satisfaça exatamente as necessidades da procura dos clientes.

A sequência de operações é a ordem e as especificações de trabalho que os operadores deverão seguir, para realizar as tarefas.

O WIP é o *stock* padrão necessário para garantir um fluxo contínuo e equilibrado.

Deste modo, a sequência de trabalho, o movimento dos operários e materiais e o funcionamento da máquina devem ser normalizados e balanceados (Miltenburg 2007), com o intuito de atingir a taxa de produção correspondente ao takt time.

Toda a informação deve estar acessível aos operadores, supervisores e gestores, através de folhas de standard work, onde consta a definição do papel de cada membro da equipa, o WIP mínimo e standard e os procedimentos de qualidade e segurança.

2.2.3 SMED

O SMED (Single Minute Exchange of Die), é uma metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo, no Japão, a partir da década de 1950, e tem como objetivo tornar mais eficiente o processo de setup de máquinas ou linhas de produção.

Shingo (1983) define quatro etapas fundamentais para implementar esta metodologia:

- Etapa 0 – recolha de informação detalhada sobre quais as operações associadas ao setup, quais os procedimentos e tempos.
- Etapa 1 – classificação e separação das operações em externas e internas. As internas são aquelas que são realizadas quando a máquina está parada e, por sua vez, as externas são realizadas quando a mesma está em funcionamento.
- Etapa 2 – reclassificação de tarefas, tornando externas o máximo de operações internas que sejam possíveis.
- Etapa 3 - definição de princípios e procedimentos no sentido de tornar as operações (internas e externas) mais simples e menos demoradas.

A figura 7 mostra as quatro etapas descritas anteriormente.

Antes do SMED	Operações internas			
Separar	Operações internas			Operações externas
Converter	Operações internas		Operações externas	
Melhorar	Operações internas	Melhoria	Melhoria	Operações externas

Figura 7 - Etapas SMED (Adaptado de: <http://www.leanproduction.com/smed.html>)

Para além dos benefícios ao nível da eficiência e produtividade, esta metodologia confere um incremento significativo ao nível da flexibilidade produtiva, o que vai ao encontro dos princípios em que assenta a filosofia Lean e à necessidade crescente de diversificação dos produtos oferecidos ao cliente.

2.2.4 Diagrama de Spaghetti

O diagrama de spaghetti é uma ferramenta muito usada em processos Lean para identificar os movimentos padrão numa zona de trabalho (Arthur, 2011).

Consiste numa representação visual do fluxo, evidenciando distâncias e movimentações de pessoas e materiais alocados a um processo. Permite identificar movimentações desnecessárias no fluxo de trabalho e oportunidades de tornar os processos mais rápidos e com menos congestionamentos.

2.2.5 Plan-Do-Check-Act

O PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua utilizada quando se pretende analisar e melhorar um determinado processo. Teve como base o ciclo de Shewhart e foi disseminado por Deming no Japão a partir da década de 1950.

As quatro fases que constituem e dão o nome à ferramenta consistem em:

1. **Plan (planear):** identificar uma oportunidade e planear uma mudança, definindo os objetivos a atingir com essa mudança e quais as atividades necessárias para a implementar;
2. **Do (fazer):** implementar/experimentar o plano definido. Realizar uma experiência piloto (escala menor)
3. **Check (verificar):** verificar os resultados obtidos com essa experiência, analisá-los e retirar conclusões sobre eles: identificar o que resultou e que deve ser implementado e o que necessita de ser reformulado.
4. **Act (agir):** tomar a decisão de acordo com as conclusões retiradas da fase anterior. Caso a mudança não surta o efeito desejado, preparam-se alternativas levando em conta a aprendizagem resultante deste ciclo. Caso tenha surtido o efeito desejado, aplica-se a mudança em todo o âmbito para que foi pensada e tomam-se medidas para a sua consolidação.

2.2.6 OEE

O OEE (Overall Equipment Effectiveness) é um indicador de desempenho dos equipamentos, sendo identificadas quais as principais perdas e em que proporção estas reduzem a eficácia das máquinas utilizadas.

Este indicador é negativamente afetado pelas ocorrências que não geram valor (mais perdas implicam valores mais afastados dos 100%).

Na década de 1970, o Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) dividiu em seis os tipos de perdas existentes, as quais se refletem nos três índices que constituem o OEE e estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Seis grandes perdas, segundo o JIPM

Perdas	Descrição
Avárias	Corresponde ao tempo que o equipamento está indisponível devido a avarias sendo relevante identificar o motivo para que isso ocorra, distinguindo-as consoante a sua relevância e ocorrência.
Ajustes e Setups	Corresponde ao tempo que decorre entre o final da ordem de produção anterior e o início da ordem seguinte. Ajustes e mudanças de ferramenta são exemplos de motivos para estas paragens.
Microparagens	Correspondem a paragens intermitentes, de pequena dimensão e normalmente fácil resolução, mas que impedem que a máquina tenha o desempenho desejado. São habitualmente mais difíceis de identificar que as avarias.
Perdas de velocidade	Correspondem às perdas resultantes da cadência de um determinado equipamento ser inferior aquela que é definida pelo fabricante.
Defeitos e retrabalhos	Corresponde ao desperdício resultante de rejeitar produtos que não correspondem às especificações de qualidade sendo, em alguns casos, necessário retrabalhar o produto para que este cumpra com as especificações de qualidade.
Perdas de arranque	Correspondem às perdas (defeitos) resultantes das condições de arranque da máquina.

A figura 8 mostra as seis perdas descritas anteriormente e de que forma estas afetam os três índices que compõe o OEE.

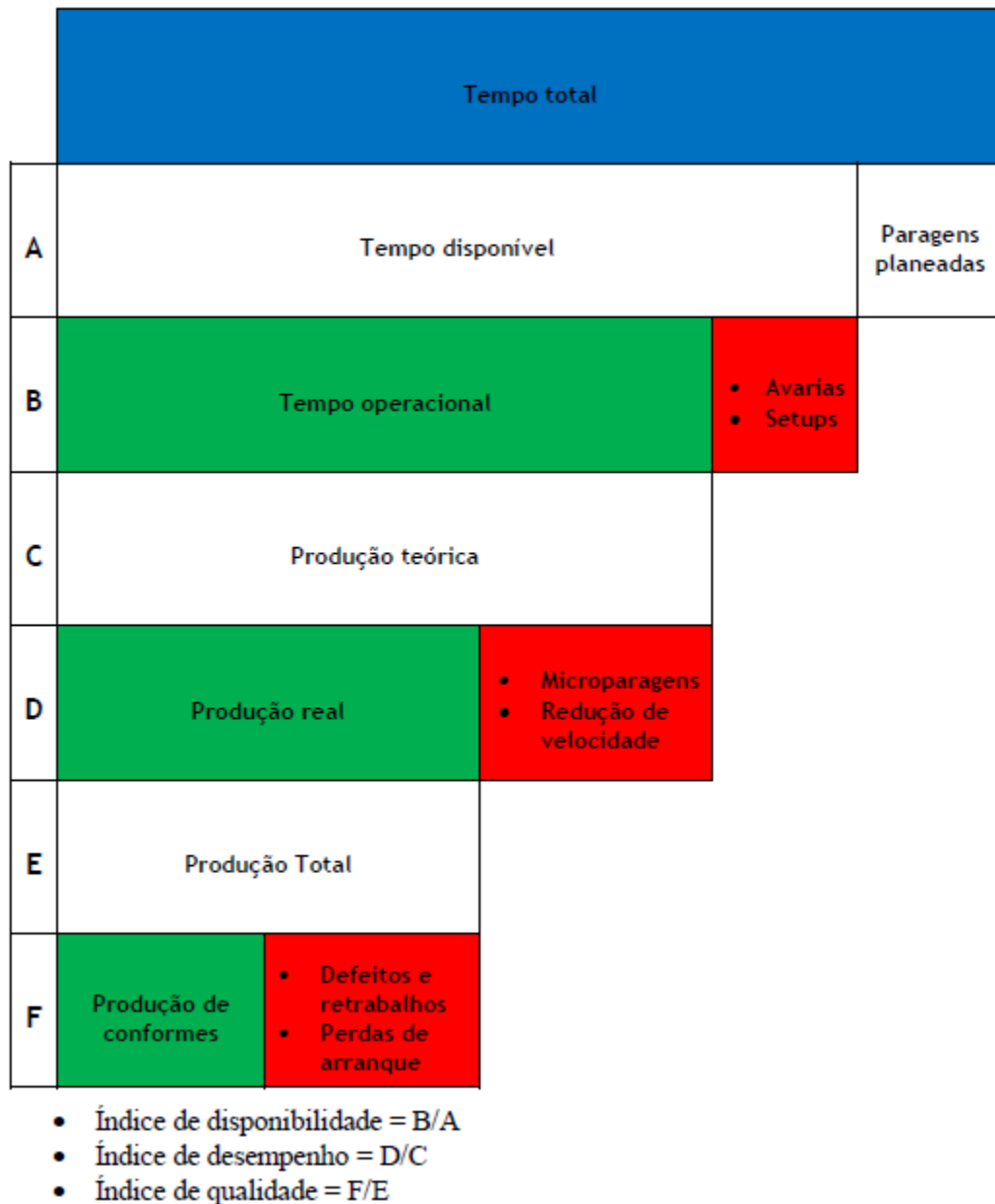


Figura 8 - Indicador OEE (Adaptado de: <http://edinn.com/en/oe.html>)

O cálculo do OEE resulta do produto dos três índices:

$$\text{OEE} = \text{Índice de disponibilidade} \times \text{Índice de desempenho} \times \text{Índice de qualidade} \quad (2.1)$$

3 Caracterização e análise da situação inicial

3.1 Preparação de planos - Corte e colagem de chapa

A produção na Bi-Silque está dividida por duas linhas de produtos: os que são destinados a aplicações domésticas e os que estão orientados para aplicações profissionais (Bi – office e Mastervision).

No caso dos produtos Bi-Office e Mastervision, os quadros de comunicação visual possuem maioritariamente perfis de alumínio e, no que ao plano diz respeito, existe uma alargada diversidade.

O plano que constitui o quadro é composto pelo substrato e pelo revestimento (pode ser revestido de ambos os lados ou apenas de um). O substrato pode ser constituído por materiais como MDF, softboard, cartão, favo, cortiça, aglomerado, entre outros. No caso dos revestimentos, são utilizados materiais como papel, cortiça, alcatifa ou tecido e, numa parte significativa dos planos, é colada chapa, que constitui a superfície de escrita ou afixação de quadros magnéticos.

A superfície frontal dos quadros magnéticos pode ser feita de aço lacado branco ou aço com acabamento cerâmico, sendo que, maioritariamente para quadros de largura superior a dois metros, é colada à superfície traseira uma chapa de aço galvanizado.

As dimensões vão desde os quarenta e cinco centímetros de largura por trinta de altura, até aos três metros de largura por um metro e vinte de altura. Neste intervalo há uma grande quantidade de combinações possíveis, de acordo com os requisitos do cliente, ainda que existam alguns tamanhos standard cuja procura é maior.

Existem quatro fases principais na produção do quadro: a preparação de planos, a preparação de perfis, a montagem e o embalamento.

Na preparação dos planos é feito o corte e calibragem do substrato, com o intuito de obter as dimensões pretendidas e é habitualmente colado ao substrato um ou mais revestimentos.

A secção dos planos está dividida em duas zonas. Na primeira, a totalidade dos planos usados na fábrica são cortados e calibrados. É o processo inicial, onde são conferidas ao substrato as dimensões desejadas. Nessa mesma área são colados os revestimentos, com exceção dos revestimentos feitos de chapa. Na segunda zona, a área em foco neste projeto, é cortada e colada chapa. Essa chapa pode ser adquirida ao fornecedor na forma de rolos, tendo que ser cortada numa máquina destinada a esse efeito, ou pode vir já cortada com as dimensões pretendidas.

A chapa é depois colada ao substrato, sendo utilizados duas prensas diferentes para a realização desta operação. De seguida, após serem sujeitos a um tempo de cura que permita consolidar o processo de colagem, os materiais seguem para os dois pavilhões onde se processa a montagem e o embalamento (no pavilhão 3 são montados e embalados exclusivamente quadros, enquanto no pavilhão 5 são montados quadros com estruturas

associadas, como suportes ou tripés), como é possível observar na figura 9, onde é apresentada a planta global da fábrica.



Figura 9 – Planta global da fábrica

Na figura 10 é possível observar a sequência de produção, com os diferentes processos (e tempos de ciclo associados aos equipamentos de corte e colagem de chapa) pelos quais passa o quadro, que representa a fatia maior da produção desta empresa. Nos anexos A e B é mostrada a mesma sequência para dois outros quadros com procura significativa e cujos processos variam um pouco em relação ao da figura 10.

Como referido anteriormente, existem planos cuja chapa a colar vem já cortada dos fornecedores, com as dimensões pretendidas. Entre esses, existem planos (como os de dimensões 104x72,5) em que se utiliza exclusivamente essa chapa que vem cortada do fornecedor e outros (como o plano de dimensões 90x60) em que, além da que chega pronta a colar, é também cortada chapa, na máquina destinada a esse efeito.

No que diz respeito à decisão sobre qual a prensa a utilizar, a principal restrição que existe é que na prensa 5 apenas podem ser prensados planos cujo substrato é constituído por softboard. Por outro lado, nesta prensa o número mínimo de planos a prensar é de vinte, pelo que, para ordens de fabrico inferiores a vinte planos, este equipamento não pode ser utilizado.

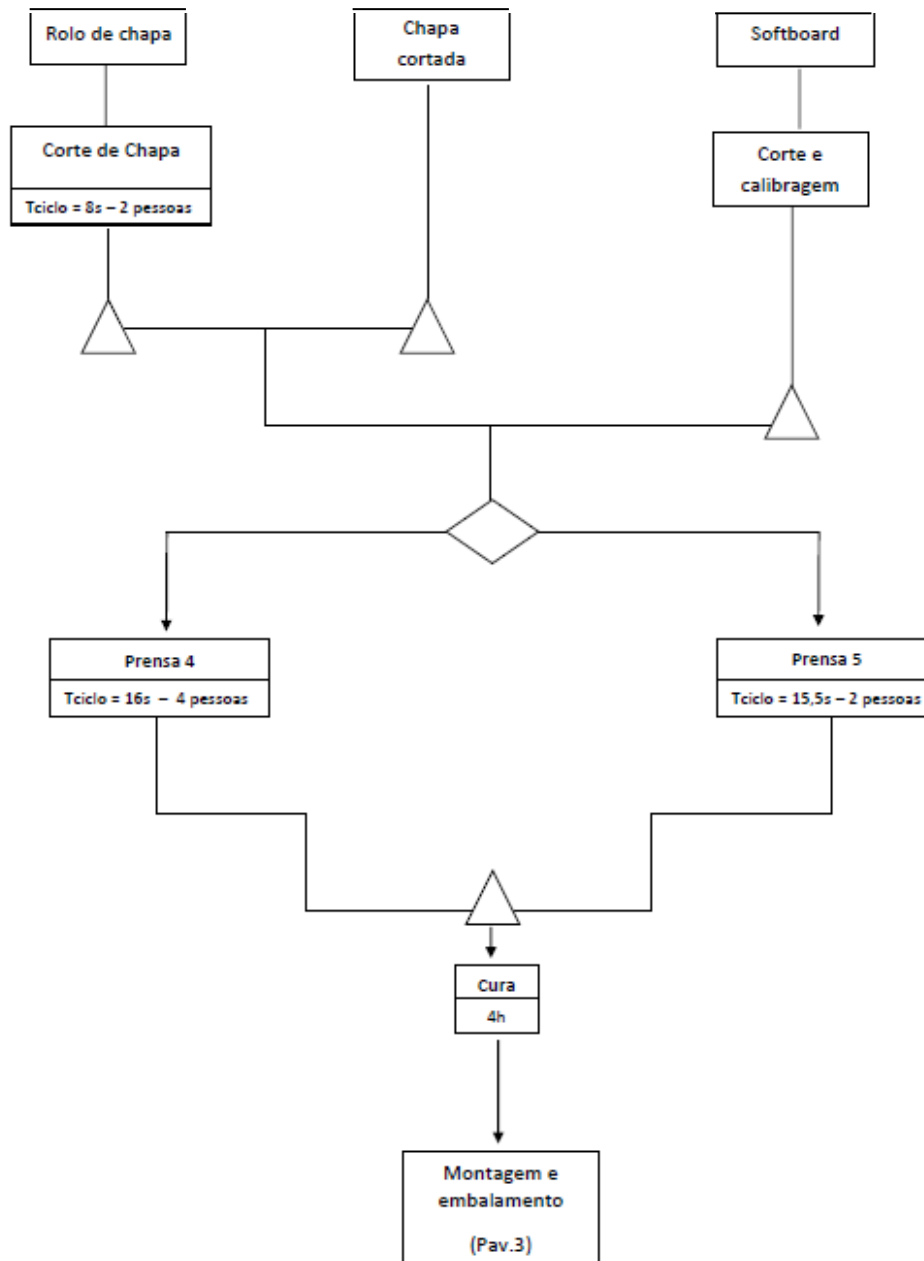


Figura 10 - Fluxograma Plano Magnético 120x90

A tabela 2 enumera o número de colaboradores e turnos em cada um dos três equipamentos referidos anteriormente.

Tabela 2 - Equipamento do pavilhão de corte e colagem de chapa

Equipamento	Operação	Colaboradores por turno	Nº de turnos
Prensa 4	Colagem	Entre 3 e 7	2 ou 3
Prensa 5	Colagem	2	2 ou 3
Máquina de Corte de chapa	Corte	2	2

3.2 Máquina de corte de chapa

A máquina de corte de chapa consiste num equipamento utilizado para cortar chapa, que é adquirida ao fornecedor sob a forma de rolos. Estão dois colaboradores alocados a esta máquina, responsáveis por a programar, definindo o tamanho e quantidade de chapas a cortar, consoante a ordem de fabrico, e por recolher a chapa no fim do processo, formando a palete.

O mecanismo consiste no desenrolar da chapa, passando esta por uma guilhotina que a corta, conferindo as dimensões desejadas.

Neste equipamento, inicialmente, apenas era feito o registo do tipo e quantidade de chapa cortada, aprovada e rejeitada, não sendo medido o desempenho e disponibilidade da máquina, necessários para calcular o OEE.

3.3 Prensas

3.3.1 Processo de colagem

Nas duas prensas é efetuado o processo de colagem da chapa. As fases do processo (ver figura 11) são semelhantes para os dois casos, existindo algumas variações no método em algumas dessas fases.

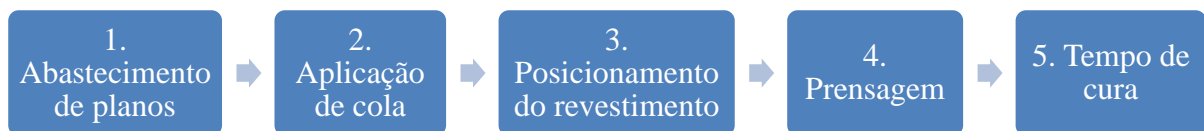


Figura 11 - Processo de colagem nas prensas

Os equipamentos consistem em máquinas de aplicação da cola acopladas a prensas. No caso da prensa 4, o abastecimento é feito de forma manual e duas pessoas são responsáveis por colocar o plano na máquina de aplicação de cola. Na prensa 5 esse abastecimento é feito de forma automática pela máquina, a partir do momento em que a paleta com os planos está corretamente posicionada.

Na segunda fase as máquinas aplicam cola sobre o plano (através de rolos). No caso da prensa 5, a cola é sempre fria, mas na prensa 4 pode ser usada cola quente. A colagem a quente permite um tempo de cura mais reduzido, no entanto este processo não tem sido utilizado devido a problemas de qualidade (defeitos) que surgiram aquando da sua aplicação.

De seguida, para as duas prensas, o processo de posicionamento do revestimento é efetuado de forma manual, com dois operários responsáveis por posicionar e colocar a chapa sobre o plano com cola.

No caso da prensa 5, formam-se paletes com entre vinte e setenta planos para serem prensados, conforme a largura e espessura do plano em questão, sendo este transportado de forma automática por um tapete rolante até ao local onde é feita a prensagem (podem ser prensadas duas paletes simultaneamente), que dura cerca de vinte minutos.

Para a prensa 4 a variedade de planos colados é maior, oscilando também em maior escala quantos planos são prensados de cada vez (desde um até cerca de cem), consoante as especificidades dos diferentes substratos que são aqui colados. Neste caso a prensagem dura apenas cerca de três minutos.

Após serem prensados, os planos são sujeitos a um tempo de cura para que o processo fique concluído. O tempo de cura é de cerca de quatro horas.

3.3.2 Planos produzidos

Os planos preparados neste pavilhão abastecem a linha de produtos Bi-office e Mastervision, sendo que cerca de 65% destes, têm planos com revestimento feito de chapa.

Tendo em conta a diversidade de substratos, revestimentos e dimensões possíveis, existe uma grande quantidade de combinações. Da tabela 3 consta a proporção de planos que são colados em cada uma das prensas e nas tabelas 4 e 5 são enumerados os principais tipos de planos preparados nestas duas prensas, com a respetiva proporção do total de planos preparados em cada uma delas.

Tabela 3 - Proporção de planos produzidos em cada uma das prensas

Equipamento	Proporção de planos produzidos
Prensa 4	47,8%
Prensa 5	52,2%

Tabela 4 - Principais planos produzidos na prensa 4

Plano	Substrato	Revestimento	Proporção
MAG 90x60	Softboard	Aço lacado	14,8%
Easel 104,0x72,5	Mdf	Aço lacado + papel	14,6%
MAG 120x90	Softboard	Aço lacado	11,3%
MAG 60x45	Softboard	Aço lacado	8,7%
MAG 240x120	Softboard	Aço lacado + aço galvanizado	4,4%
CER 90x60	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	4,3%
CER 120x90	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	4,1%
MAG 180x120	Softboard	Aço lacado	3,3%
MAG 200x100	Softboard	Aço lacado + aço galvanizado	2,0%
CER 60x45	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	1,7%
CER 150x100	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	1,4%
CER 180x120	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	0,7%

Tabela 5 - Principais planos produzidos na prensa 5

Plano	Substrato	Revestimento	Proporção
Mag 120x90	Softboard	Aço lacado	27,5%
Cer 120x90	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	15,8%
Mag 90x60	Softboard	Aço lacado	12,8%
Mag 180x120	Softboard	Aço lacado	10,7%
Cer 90x60	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	6,2%
Mag 150x100	Softboard	Aço lacado	5,9%
Cer 150x100	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	5,0%
Cer 180x120	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	4,4%

Na tabela 6 e na figura 12 estão indicados os totais dos principais planos (correspondentes a cerca de 80% da produção) colados nas duas prensas.

Tabela 6 - Principais planos colados nas duas prensas

Plano	Substrato	Revestimento	Proporção
Mag 120x90	Softboard	Aço lacado	19,7%
Mag 90x60	Softboard	Aço lacado	13,8%
Cer 120x90	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	10,2%
Mag 180x120	Softboard	Aço lacado	7,2%
Easel 104 x72,5	Mdf	Aço lacado + papel	7,0%
Cer 90x60	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	5,3%
Mag 60x45	Softboard	Aço lacado	4,2%
Cer 150x100	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	3,3%
Mag 150x100	Softboard	Aço lacado	3,1%
Cer 180x120	Softboard	Aço c/ acabamento cerâmico	2,6%
Mag 240x120	Softboard	Aço lacado + aço galvanizado	2,5%

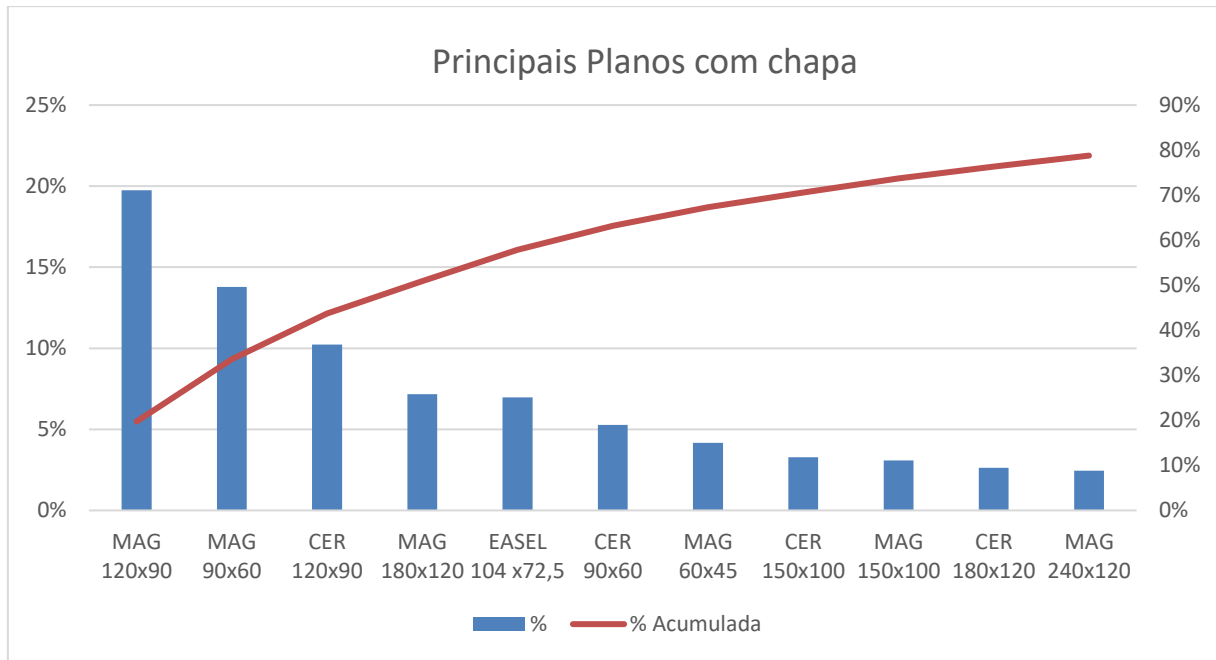


Figura 12 - Gráfico com os principais planos colados nas duas prensas

3.4 Layout

Da figura 13 consta o layout do pavilhão de corte e colagem de chapa, estando identificados os três equipamentos que são alvo de análise neste projeto (as duas prensas e a máquina de corte de chapa).

Estão igualmente marcadas as posições onde ficam alocados grande parte dos planos colados durante o seu tempo de cura e até seguirem o seu percurso até ao local de montagem e embalagem, bem como a chapa que é cortada e depois vai ser consumida nas prensas. Além disso estão assinalados alguns pontos onde se encontra material de apoio à produção, como paletes, placas e os rolos de chapa.

Estão ainda identificados os locais onde são colocados os substratos e a chapa aquando da sua utilização nas prensas, e a seta (a verde) indica a direção do fluxo desde o abastecimento do substrato nas máquinas de aplicação de cola, até ao descarregamento, no caso das prensas, e desde o rolo até à paleta com a chapa dele cortada, no caso da máquina de corte de chapa.

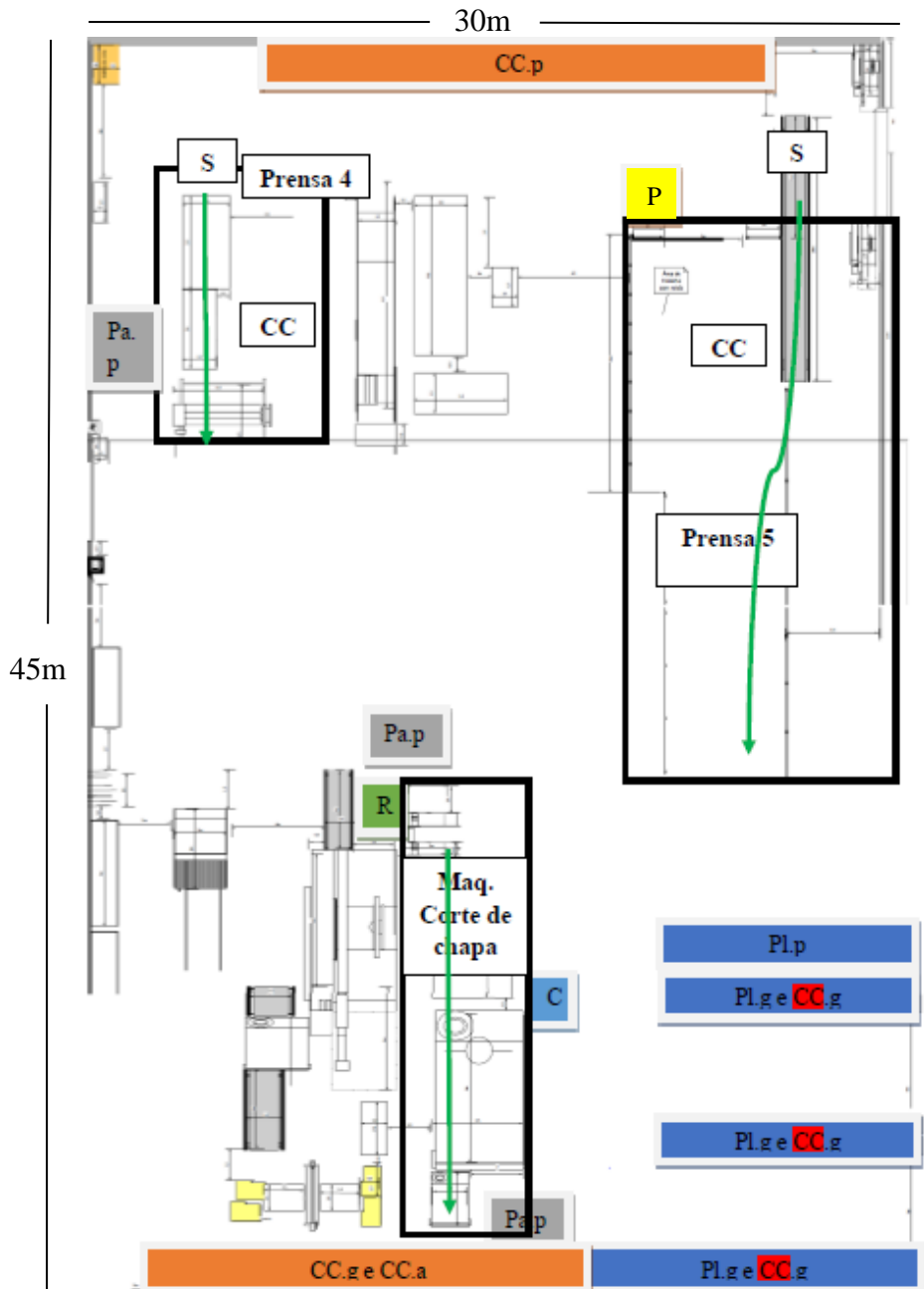


Figura 13 - Layout do pavilhão de corte e colagem de chapa

Legenda:

- Pl.p – Planos colados (largura inferior a 120cm)
- Pl.g – Planos colados (largura superior a 120cm)
- CC.p – Chapa cortada (largura inferior a 120cm)
- CC.g – Chapa cortada (largura superior a 120cm)
- CC.a – Chapa cortada proveniente de aproveitamentos
- Pa.p – Paletes pequenas (120 cm de largura)
- P- Placas
- R – Rolos
- C – Contentores

3.4.1 Fluxo de materiais

Como foi referido anteriormente, a maioria dos planos, após serem colados nas duas prensas, são depositados neste pavilhão. É possível ver na figura 14 que existe uma zona a que se destinam os planos mais pequenos (essencialmente os de dimensões 120x90, 90x60 e 60x45) e as restantes estantes são destinadas aos planos maiores. A exceção são os planos Easel 104x72,5, colados na prensa 4 que seguem para o pavilhão 5, onde são consumidos, após serem sujeitos ao tempo de cura.

A zona do pavilhão destinada aos planos colados fica do lado oposto ao dos pavilhões para onde seguirão para serem montados e embalados. Isto implica maior movimentação destes materiais, maiores distâncias percorridas e mais cruzamentos de fluxos.

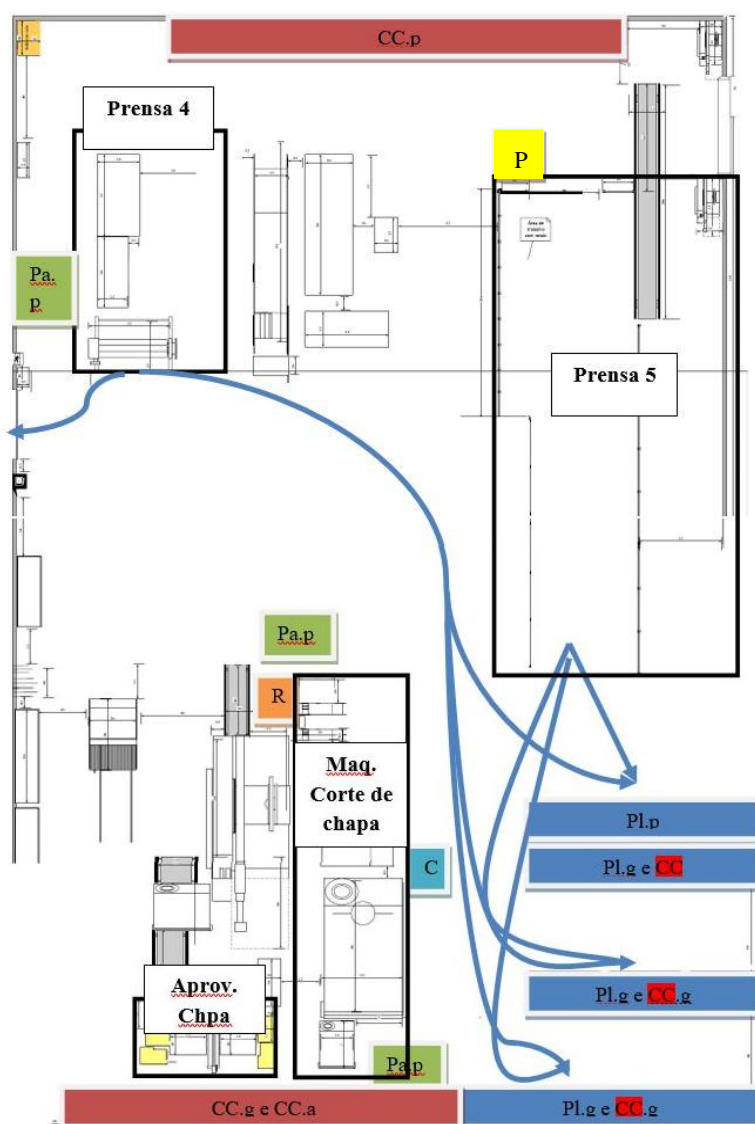


Figura 14 - Fluxo de planos colados

No que diz respeito à chapa, aquela que já vem cortada está armazenada fora do pavilhão, pelo que a que existe neste pavilhão foi a que foi cortada na máquina com essa função. Da máquina pode seguir diretamente para uma das prensas, ou pode ser alocada de acordo com as zonas marcadas na figura 14. No caso de ser detetado algum defeito na chapa esta é enviada para uma máquina destinada a aproveitamentos (sendo cortada para dimensões menores).

As estantes destinadas à chapa cortada encontram-se junto às paredes e não entre os dois processos (corte e colagem), como seria desejável.

3.4.2 Movimentações de pessoas

Os colaboradores alocados aos três equipamentos percorrem distâncias significativas ao longo do dia, nomeadamente aquando dos setups.

Por cada lote (de planos colados ou de chapa cortada) é necessária uma palete e duas placas de MDF, uma em baixo, entre a palete e o plano inferior, e outra aplicada em cima do plano superior. A palete com planos colados é depois presa por duas fitas (cintagem da palete), conferindo maior estabilidade, como é possível observar na figura 15.

As placas são utilizadas com o intuito de proteger os materiais, procurando impedir que se causem defeitos durante o transporte e armazenamento e, no caso dos planos colados, para ajudar na conclusão do processo de cura, exercendo peso sobre os mesmos.



Figura 15 - Palete de planos colados com placas inferior e superior

No que diz respeito às paletes, não existe nenhum local neste pavilhão onde estejam depositadas paletes de tamanho superior a 120cm. Considerando o exemplo da prensa 4, estas são utilizadas em cerca de 30% dos planos aqui colados (a percentagem é semelhante na prensa 5 e na máquina de corte de chapa). Tendo em conta que este tipo de paletes é usado para transportar, em média, cinquenta planos colados, são utilizadas cerca de dez destas paletes por dia, só para a prensa 4.

Quando estas paletes são precisas, dois colaboradores da prensa 4 têm que deslocar para fora do pavilhão (percurso 1 na figura 16) para obter uma palete no local assinalado a azul na figura 17, percorrendo cerca de sessenta metros. Esse local não possui as condições para ser um depósito de paletes na medida em que dificulta a passagem naquele ponto, pelo que o número de paletes que o empilhador deposita ali (vindas do armazém, assinalado a vermelho na figura 17), é, quase sempre, insuficiente para a necessidade diária (mais paletes ali depositadas implicava impedir a passagem naquele ponto). Isto origina várias viagens do empilhador até ao armazém de paletes, por dia.

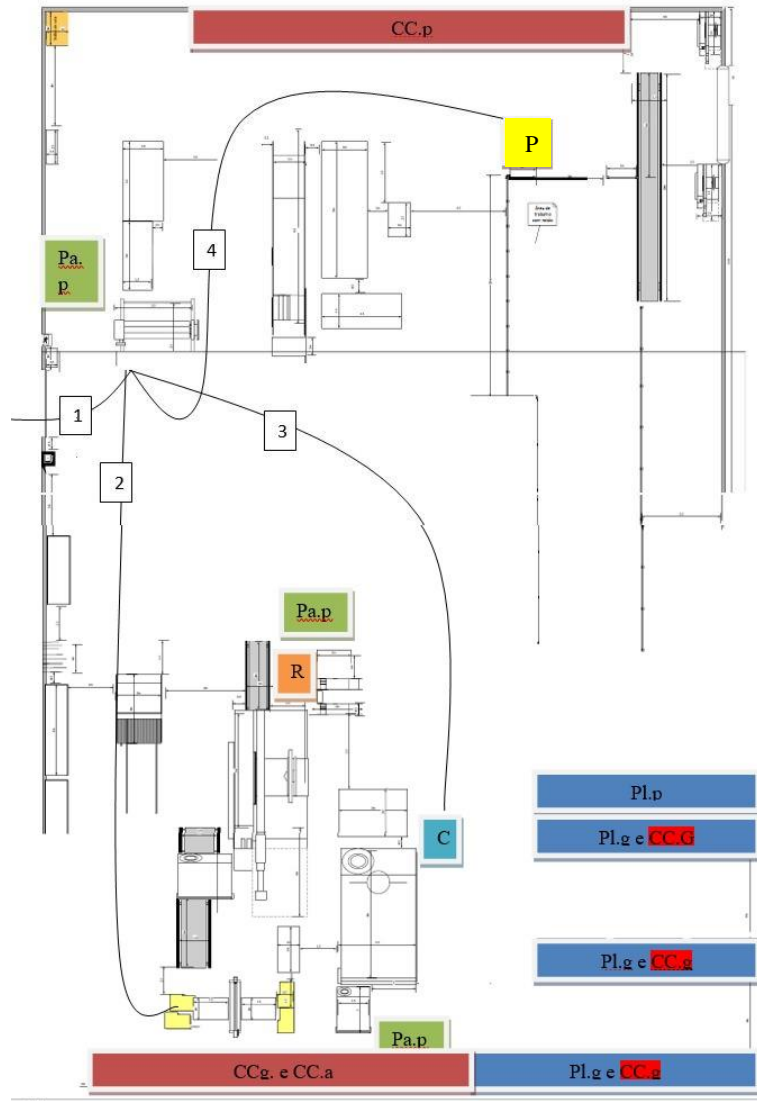


Figura 16 - Spaghetti prensa 4



Figura 17 - Localizações das paletes grandes

Quanto às paletes de 120cm (utilizada para todos os planos com largura igual ou inferior a 120cm) existe um local a si destinado, junto à prensa 4.

Os percursos 2,3 e 4 da figura 16 correspondem, respetivamente, ao transporte de chapa com defeito até à máquina de aproveitamentos, ao transporte de pequenos resíduos até aos contentores e ao transporte de placas, desde o local onde estas estão depositadas, até à prensa. Os percursos 2 e 3 são efetuados cerca de quatro vezes, por dia e por turno, enquanto o percurso 4 é feito tantas vezes quanto o número de setups (cerca de vinte por dia neste equipamento). Todos estes percursos são efetuados por dois colaboradores (nalguns casos, para o transporte até aos contentores, é apenas necessária uma pessoa).

No que se refere às placas o problema não se limita exclusivamente ao transporte das mesmas. Por cada palete que segue do pavilhão de corte e colagem de chapa para as secções de montagem, vão duas placas e estas vão-se acumulando até que, quando necessário, são transportadas, no percurso inverso, pelo empilhador, sendo depositadas de forma sobreposta. O que cria situações como a que se pode observar na figura 18. Pode ocorrer que placa a ser utilizada esteja pouco acessível, levando a uma perda de tempo ainda maior.



Figura 18 - Placas sobrepostas

No que diz respeito à máquina de corte de chapa e da prensa 5, as deslocações necessárias são semelhantes, só variando as distâncias devido às posições que cada uma ocupa.

3.5 5s - Situação Inicial

Neste pavilhão de corte e colagem de chapa são inúmeros os problemas de arrumação e organização.

O planeamento ao nível da fábrica é feito numa base semanal, com dias da semana associados a clientes de diferentes origens geográficas. A informação sobre quais as ordens de produção para cada dia e respetivas prioridades é passada pelo responsável do pavilhão aos operários, ficando essa informação disponível em quadros próximos de cada equipamento. Como se pode ver na figura 19, a organização dessa informação não facilita a sua compreensão.

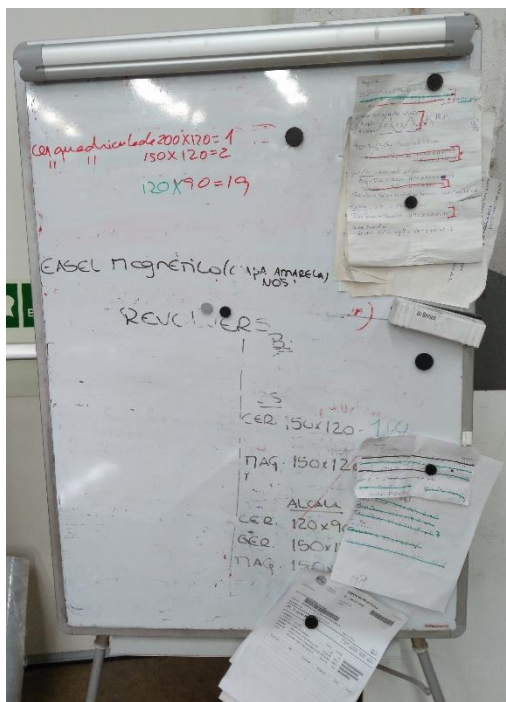


Figura 19 - Quadro de planeamento na prensa 4

Ocorre, com frequência, produzirem-se ordens de fabrico com quantidades superiores às pedidas. Isto cria stock desnecessário de planos colados. Além disso, não existe registo do que está armazenado, e quando existem novas ordens, cujo material pedido já existe, na maioria dos casos volta-se a produzir, pelo que a tendência é sempre que este stock aumente. Por outro lado, existem casos em que, os colaboradores têm memória de que determinado material existe, mas não sabem exatamente onde e estando este material pouco acessível, perde-se tempo significativo à procura.

Existe uma quantidade significativa de material estragado ou obsoleto a ocupar espaço (ver figura 20), que leva a sobrelotação e que por sua vez implica que o armazenamento seja feito em locais que não estão preparados para o efeito, obstruindo corredores e o acesso a outros materiais (ver figura 21).



Figura 20 - Material estragado e obsoleto



Figura 21 - Estantes e corredores impedidos

Esse material que não está devidamente armazenado tem tendência a danificar-se, como se pode observar na figura 22, porque, por exemplo, os planos estão sobrepostos indevidamente, ou sofrem toques de empilhadores.



Figura 22 - Material danificado

Para além das perdas relativas ao material, as perdas de tempo são também elevadas. Os empilhadores são obrigados a fazer mais movimentos e manobras para conseguir chegar ao material, que não está devidamente acessível. Desta forma, não conseguem abastecer as máquinas nos momentos adequados.

3.6 OEE

Considerando um período de análise de dez meses (desde Julho de 2016, que foi quando se implementou a medição do OEE destes equipamentos na empresa, a Abril de 2017), os dados relativos à eficiência das duas prensas demonstram que estes estão abaixo do que seria desejado, nomeadamente os índices de desempenho e disponibilidade.

Os dados que são utilizados para o cálculo deste indicador são obtidos a partir de registos, os quais são preenchidos pelos colaboradores em cada máquina e que necessariamente têm uma margem de erro associada.

Os índices de desempenho e disponibilidade são os principais afetados pela margem de erro que advém do preenchimento dos registos, na medida que dependem da anotação de paragens efetuada, algo que nem sempre é feito com a adequada precisão.

Por outro lado, o facto de parte do processo ser manual dificulta a análise de um indicador que é orientado para máquinas. Assim, nesta empresa este indicador visa não só avaliar o desempenho dos equipamentos, como é habitual no cálculo do OEE, mas também identificar perdas e problemas que, ainda que não estejam diretamente relacionados com o equipamento, refletem-se no output dos mesmos. Por exemplo, momentos em que o equipamento não está a ser utilizado por atraso no abastecimento do material são contabilizados no índice de disponibilidade, porque a máquina está parada (sem que isso esteja planeado).

As figuras 23 e 24 apresentam, respetivamente, os dados relativos ao OEE da prensa 4 e 5, no intervalo de tempo mencionado, detalhando os três índices que compõe este indicador.

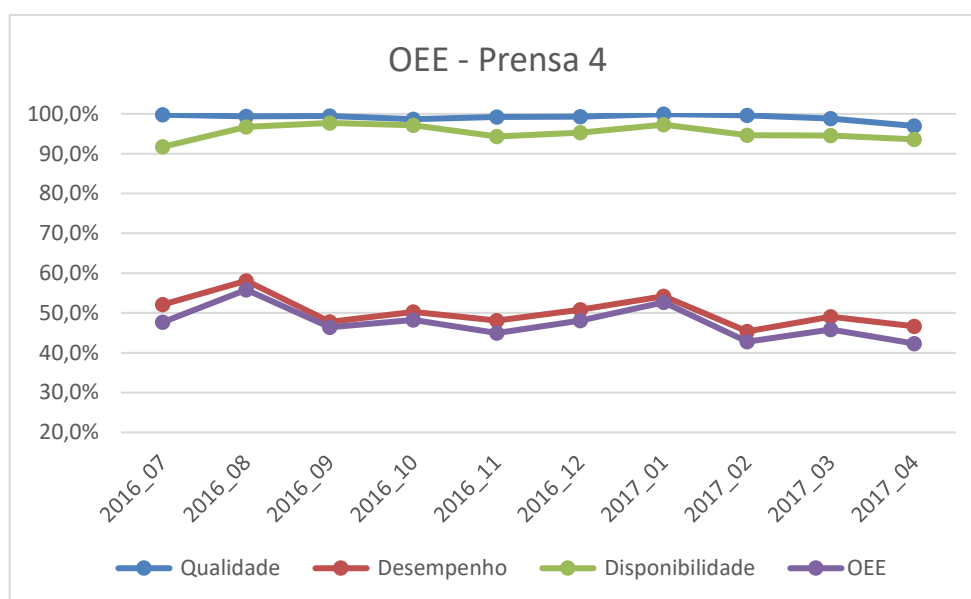


Figura 23 - OEE da prensa 4

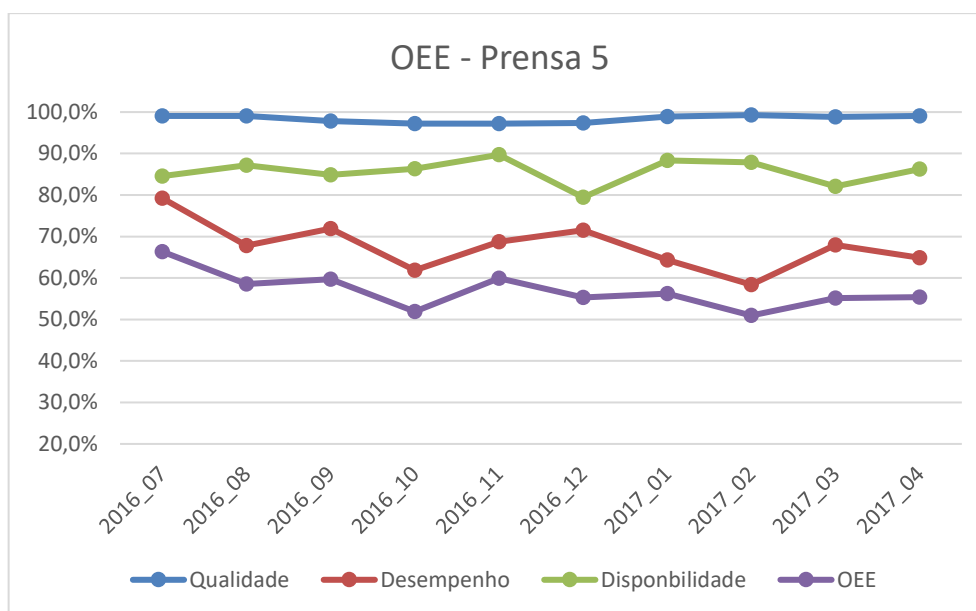


Figura 24 - OEE prensa 5

3.6.1 Disponibilidade

As paragens são registadas quando são maiores que cinco minutos, nas duas prensas. Paragens menores são consideradas micro-paragens e afetam o índice de desempenho.

Ao nível da disponibilidade, avarias (em menor escala), setups e falta de material necessário (esperas pelo empilhador habitualmente) são as causas da grande maioria do tempo indisponível para produção, nas duas prensas, como é possível observar nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Principais paragens na prensa 4

Tipo de paragem	Proporção	Tempo médio perdido por dia (min)
Setup	48%	23
Esperas - Falta de material	32%	15
Avaria	6%	3

Tabela 8 - Principais paragens na prensa 5

Tipo de paragem	Proporção	Tempo médio perdido por dia (min)
Setup	37%	47
Esperas - Falta de material	32%	40
Avaria	11%	14

A proporção de cada um dos tipos de paragem não é significativamente diferente, no entanto o peso dos setups é maior no caso da prensa 4 (o que seria de esperar tendo em conta que, em média, existem vinte setups por dia nesta prensa e cerca de quinze na prensa 5, sendo os da prensa 4 tendencialmente mais demorados), e o das avarias ligeiramente inferior.

No entanto a quantidade de tempo que cada máquina é dada como indisponível é substancialmente menor no caso da prensa 4 (índice de disponibilidade de cerca de 95%), comparado com a prensa 5 (cerca de 85%). Isto pode ser explicado, por um lado, por uma menor taxa de avarias, mas principalmente por um maior erro no preenchimento dos registos, tendo em conta que, por exemplo, a quantidade total de tempo despendido em setup registado na prensa 5 é superior ao da prensa 4, algo que se sabe não ser de acordo com a realidade. Este erro, associado aos registos, vai ser alvo de análise mais detalhada mais à frente neste documento.

3.6.2 Desempenho

O facto de, como descrito anteriormente, muitas paragens (superiores a cinco minutos) não serem registadas, nomeadamente na prensa 4, afeta os valores quer do índice de disponibilidade quer o de desempenho, de forma inversa, sendo assim o de disponibilidade superior ao real e o de desempenho, inferior.

Na comparação entre as duas prensas, o desempenho médio é claramente superior na prensa 5 (cerca de 68% contra 50% na prensa 4). A margem de erro mencionada anteriormente acentua esta diferença. No entanto, o facto das ordens serem tendencialmente mais pequenas, da variedade e complexidade dos planos a colar ser maior e da existência de alguma instabilidade (como a variação de número de colaboradores alocados a este equipamento), explicam que a prensa 4 tenha um desempenho mais baixo.

3.6.3 Qualidade

Os índices de qualidade apenas contabilizam defeitos provocados pela própria máquina (causas internas) e por isso, ainda que exista também neste caso uma pequena margem de erro que afeta positivamente o índice, estes estão, em ambos os casos, próximos dos 100%.

Mesmo considerando a margem de erro existente, este indicador demonstra que a principal origem dos produtos que são rejeitados na fábrica não são os equipamentos em si. A maioria dos defeitos são produzidos ao longo do transporte e armazenamento quer de chapa, quer de planos.

A maioria dos planos e chapa com defeito são reaproveitados (habitualmente para tamanhos mais pequenos) noutros equipamentos destinados a esse efeito.

4 Propostas e implementação de melhorias

4.1 Implementação do OEE na máquina de corte de chapa

Ao contrário das prensas, na máquina de corte de chapa ainda não estava implementado o cálculo do OEE, sendo unicamente feito controlo do desperdício de chapa.

O registo utilizado para esse efeito foi aproveitado para obter o índice de qualidade, contabilizando novamente apenas os defeitos internos (apesar de nesta máquina também serem registados defeitos externos). Nessa mesma folha havia registo do que era produzido, acrescentando-se apenas o registo da hora de início e de fim de cada ordem de produção.

Para além disso criou-se um documento (ver anexo C) onde são registadas as paragens superiores a cinco minutos. As restantes são consideradas micro paragens e tem implicação no valor do índice de desempenho.

Através do registo de paragens calcula-se o tempo útil e através dele obtém-se o índice de disponibilidade. Para calcular o índice de desempenho recorre-se à seguinte fórmula:

$$Desempenho = \frac{Tempo\ total \times Total\ produzido}{Tempo\ útil\ total \times Objetivo\ teórico} \quad (4.1)$$

O objetivo teórico resulta do somatório dos produtos entre os tempos de cada ordem de fabrico e a capacidade teórica associada ao plano dessa ordem. A capacidade teórica foi definida tendo em conta as medições efetuadas (já eram dados que a empresa tinha recolhido), utilizando um cronómetro, com o intuito de obter o tempo de ciclo teórico para cada tipo de plano.

Os resultados obtidos para o OEE deste equipamento, nos meses de Março, Abril e parte do mês de Maio podem ser observados na tabela 9 e na figura 25.

Tabela 9 - OEE da máquina de corte de chapa

Mês	Qualidade	Disponibilidade	Desempenho	OEE
2017_03	99,65%	72,13%	67,38%	48,54%
2017_04	99,63%	69,69%	61,03%	42,44%
2017_05	99,94%	77,03%	61,92%	47,68%
Global	99,71%	69,45%	63,26%	43,87%

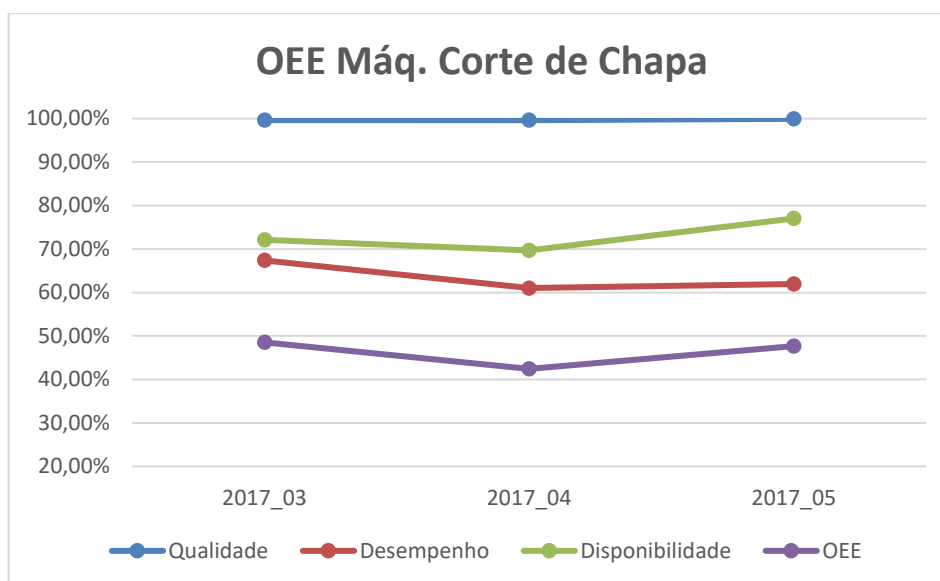


Figura 25 - OEE da máquina de corte de chapa

4.1.1 Qualidade

As conclusões a retirar acerca do índice de qualidade são semelhantes aos obtidos para as prensas. A grande fatia dos defeitos provocados na chapa tem origem externa ao equipamento (já vêm com defeito do fornecedor ou são provocados aquando do transporte), sendo que os internos são na sua maioria obtidos no início e fim do rolo, não conformes provocados pelo setup, as denominadas perdas de arranque.

4.1.2 Disponibilidade

Quanto ao índice de disponibilidade, como esperado, é inferior ao das prensas, tendo em conta que a mudança de rolo é um processo mais complexo e demorado do que qualquer tarefa que constitui o setup das prensas (ver tabela 10). Daí que o peso de setup seja tão significativo.

Ainda assim o peso das paragens relativas a esperas para abastecimento de material por parte do empilhador está subvalorizado, o que se deve ao facto das esperas estarem parcialmente diluídas nas paragens que são registadas como setup. Considerando que a dependência do empilhador é até superior ao que acontece nas prensas e que o empilhador é na maioria dos casos o mesmo (no caso dos rolos novos pode ser o empilhador do armazém de matérias primas que o transporta até à máquina) e sujeito às mesmas condicionantes, seriam de esperar valores mais elevados para este tipo de paragem.

O valor relativo às avarias deve-se essencialmente a duas ocorrências prolongadas, uma no mês de Março e outra no mês de Abril.

Tabela 10 - Principais paragens na máq. de corte de chapa

Tipo de paragem	Proporção	Tempo médio perdido por dia (min)
Setup	81%	182
Esperas - Falta de material	8%	18
Avarias	7%	16

4.1.3 Desempenho

No que toca ao desempenho, os valores (acima de 60%) são superiores aos da prensa 4 e aproximam-se dos obtidos para a prensa 5, algo que se explica pelo facto de não existirem diferenças consideráveis no processo, consoante as dimensões e o material da chapa cortada, sendo o mesmo quase totalmente automatizado. Além disso o maior cuidado no registo de paragens não planeadas leva a que se reduza o erro cometido nos registos das prensas e que afeta negativamente os desempenhos medidos.

4.2 Relação entre tamanho da ordem de produção e o desempenho

Uma das conclusões que resultou da análise do OEE dos equipamentos foi que, um dos fatores relevantes para o desempenho é o tamanho da ordem de produção. Ordens maiores significam produções mais aproximadas do objetivo teórico, como é possível verificar nas tabelas 11, 12 e 13.

Tabela 11 - Tamanho de ordens na prensa 4

Quantidade por ordem de fabrico	Média ponderada de desempenho	Frequência percentual
0-20	21%	25%
21-50	37,66%	21%
51-100	51,81%	20%
101-200	62,63%	17%
>200	77,13%	18%

Tabela 12 - Tamanho de ordens na prensa 5

Quantidade por ordem de fabrico	Média ponderada de desempenho	Frequência percentual
20-40	58%	4%
41-100	64,61%	27%
101-200	68,64%	26%
>200	91,68%	43%

Tabela 13 - Tamanho de ordens na máq. corte de chapa

Quantidade por ordem de fabrico	Média ponderada de desempenho	Frequência percentual
0-50	30%	21%
51-100	61,87%	26%
101-200	67,96%	35%
>200	78,21%	18%

Os valores do desempenho são especialmente baixos, para as ordens mais pequenas, na prensa 4 e na máquina de corte de chapa, sendo a frequência destas ordens significativas (nos dois casos acima de 20%).

Por um lado, é natural que a cadência de produção aumente à medida que a repetição é maior, pelo que estes dados comprovam que, reduzir o número de setups e diminuir, particularmente, a quantidade de ordens de fabrico de menos de vinte unidades, sem que isso implique

produzir o que não é necessário, permitiria aumentar significativamente os níveis de desempenho dos equipamentos.

Para trabalhos futuros poderá ser útil aprofundar esta análise, identificando as referências e circunstâncias que originam estas ordens de fabrico de baixas quantidades, verificando qual o tempo médio entre a repetição de ordens e, a partir daí, estudar a possibilidade de criar um supermercado com chapa cortada.

Para além deste estudo procedeu-se a uma análise que visa verificar a discrepância entre o tempo em que a máquina está realmente parada e aquele que é registado como tal, e que, como referido anteriormente, também interfere no desempenho medido.

Das tabelas 14 e 15 constam a percentagem de tempo registado como paragem para setup, na prensa 4 e 5 para os turnos 1 e 2.

No caso da prensa 4, a diferença é muito significativa, com o setup real a implicar que este equipamento esteja parado mais de 20% (cerca de 27,9% para o turno 1 onde o número de setups é maior, o que corresponde a cerca de uma hora e meia por dia), quando o tempo registado é de apenas 3,6% para o turno 1 e 1,5% para o turno 2.

Tabela 14 - Peso real dos setups na prensa 4

Turno	Nº médio de setups por dia	Tempo médio de setup (min)	Disponibilidade	Peso setup registado	Peso setup real	Tempo médio perdido por dia (min)
1	11,52	8	93,7%	3,6%	24,3%	92
2	9,98	8	95,9%	1,5%	20,5%	80

Para a prensa 5 a diferença entre o tempo registado e o tempo estimado como real é significativamente menor (cerca de 2% para o turno 1 e 5% para o turno 2), quando comparado com o que acontece na prensa 4.

Tabela 15 - Peso real dos setups na prensa 5

Turno	Nº médio de setups por dia	Tempo médio de setup (min)	Disponibilidade	Peso setup registado	Peso setup real	Tempo médio perdido por dia (min)
1	5,98	6	85,5%	6,0%	8%	36
2	9,25	6	82,2%	8,2%	13%	56

Esta estimativa dos valores reais relativos a tempo despendido em setups, à qual se junta o tempo que é desperdiçado em esperas por material, onde foi mais difícil estimar valores reais, mas que, por observação, foi possível perceber que são também significativamente superiores aos medidos, reforçam a necessidade de reduzir este problema.

4.3 Implementação de 5s

Tendo em conta os desperdícios identificados no capítulo 3, como o excesso de stock, as excessivas movimentações e as esperas, tornou-se evidente que seria indispensável implementar mudanças, tendo por base a metodologia 5S.

Começou por se **separar** o necessário do desnecessário. Procurou retirar-se (na maioria dos casos enviando para aproveitamentos) uma grande quantidade de material obsoleto e

danificado que existia armazenado, ocupava espaço e causava transtornos ao normal funcionamento dos processos, sem acrescentar qualquer valor.

As áreas que estavam ocupadas por esse material desnecessário, em muitos casos, já estavam há um tempo considerável sem ser limpas. Procedeu-se assim à **limpeza** das mesmas para garantir que a sua futura utilização não era afetada.

Definiram-se localizações específicas para zonas de material necessário à produção, bem como para arrumação e **organização** quer de planos colados quer de chapa.

No caso dos planos colados as localizações não estão associadas a referências exclusivas porque isso não seria viável, tendo em conta a forma como o planeamento é feito e o espaço disponível. Por exemplo, se, como acontece regularmente, num determinado turno, se produzir a maioria, ou mesmo a totalidade, de planos magnéticos de dimensões 180x120 a produzir naquela semana, isso implica ter quase todos os espaços das estantes ocupadas por estes planos, sendo que no turno seguinte já vão ser necessários alguns desses espaços (que entretanto foram desocupados) para uma outra referência.

No caso dos revestimentos (chapa), tendo em conta o seu considerável menor volume (comparado com o dos planos), definir localizações associadas a referências exclusivas já seria viável e foi uma medida que foi proposta, mas que não foi concretizada por limitação de tempo.

O primeiro benefício que adveio da implementação da metodologia 5S foi a redução de área ocupada em cerca de cinquenta metros quadrados. Isso permitiu, como se pode observar na figura 26, reduzir o problema da inacessibilidade das estantes (anteriormente estavam obstruídas grande parte do tempo), reduzindo assim as perdas de tempo associadas.



Figura 26 - Estantes desimpedidas

A figura 27 mostra uma zona que anteriormente estava ocupada, maioritariamente por planos estragados e obsoletos, impedindo inclusive o acesso ao equipamento associado à prensa 5 que é visível na figura. Depois de retirado o material e de se ter procedido à limpeza da área, delimitou-se parte deste espaço para paletes, como definido na proposta de alterações ao layout, que será detalhado no subcapítulo seguinte.



Figura 27 - Área reaproveitada

Implementou-se também o registo dos planos colados existentes em stock. Começou por se identificar e localizar as sobras que existiam e acabavam por não ser utilizadas por não se saber da sua existência ou da sua localização. Recorrendo a um quadro (ver figura 28), o empilhador do pavilhão de corte e colagem de chapa fica responsável por registar as entradas de material (após descarregar as prensas) e os empilhadores do pavilhão 3 (montagem e embalagem) ficam responsáveis por registar as saídas (apagando no quadro).

REGISTO DE PLANOS COLADOS														
PLANO— DESCRIÇÃO	DIMENSÕES	QUANTIDADE					LOCALIZAÇÃO							
		A	B	C	D	E	1	2	3	4	5	6		
MAGNETICO + GALV	240 X 120	49					P ₁ B ₂							
MAGNETICO + "	200 X 120													
MAG + MAG (FAVO)	182,5 X 117,5													
MAGNETICO + Prata	180 X 120	10					P ₁ B ₂							
MAGNETICO + Prata	180 X 90	50	51	48										
MAGNETICO + Prata	150 X 100	50	45	52	61	50	P ₁ B ₁	P ₂ A ₁	P ₃ A ₁	P ₃ B ₂	P ₃ B ₁			
CERÂMICA SAV	240 X 120	80					Chão							
CERÂMICA TRIOS	200 X 120	2					P ₁ B ₁							
CERÂMICA SAV	150 X 100	50	50	66			P ₁ B ₁	P ₂ C ₁	PJ1					
CERÂMICA	120 X 120	77					P ₁ H ₁							

Figura 28 - Quadro de registo de planos colados

Para além da quantidade existente de planos associado a uma determinada referência, fica registada a localização dos mesmos (tendo em conta a impossibilidade de ter espaços específicos associados uma só referência, tornou-se fundamental fazer registo para reduzir perdas tempo à procura dos materiais). Para isso foram colocadas nas estantes, matrizes identificadoras das posições correspondentes a espaços nas estantes (ver figura 29 e anexos D, E e F).

Para efetuar este registo definiram-se nomenclaturas associadas às posições. No caso específico da figura 29 temos a estante P3 (a estante 3 destinada a planos colados) que tem doze espaços, três em largura (posições A, B e C) por quatro em altura (posições 1, 2, 3 e 4). A informação relativa à nomenclatura associada às posições foi passada aos colaboradores responsáveis por este registo e procurou-se que a mesma fosse intuitiva, estando a mesma acessível nas diferentes estantes e junto ao quadro de registo (ver anexos D, E e F).

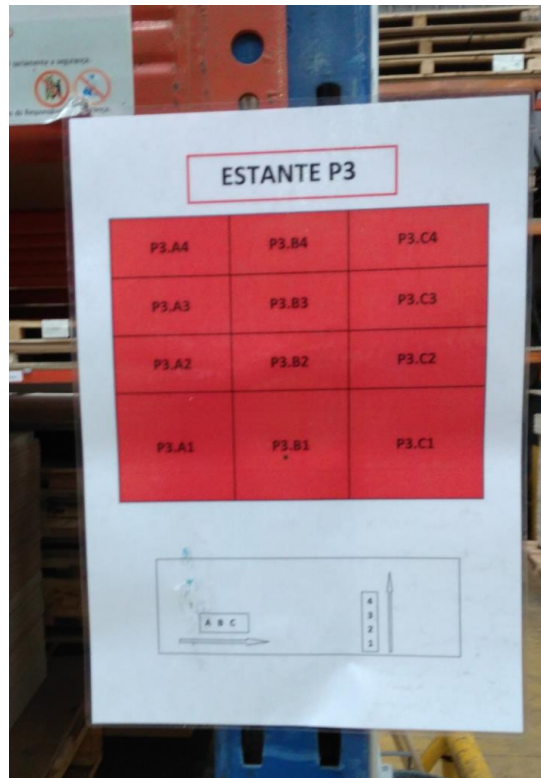


Figura 29 - Matriz de posições das estantes

4.4 Alterações ao layout

Com o objetivo de reduzir o desperdício que advém das movimentações de material e pessoas, foram propostas algumas alterações ao layout, sendo possível observar as mesmas na figura seguinte (figura 30).

As principais alterações (assinaladas pelo contorno vermelho na figura 30) prendem-se com as novas localizações das paletes e das placas e visam reduzir o número de deslocações e as distâncias percorridas, quer pelos operários das máquinas, quer pelo empilhador, procurando também reduzir a dependência deste.

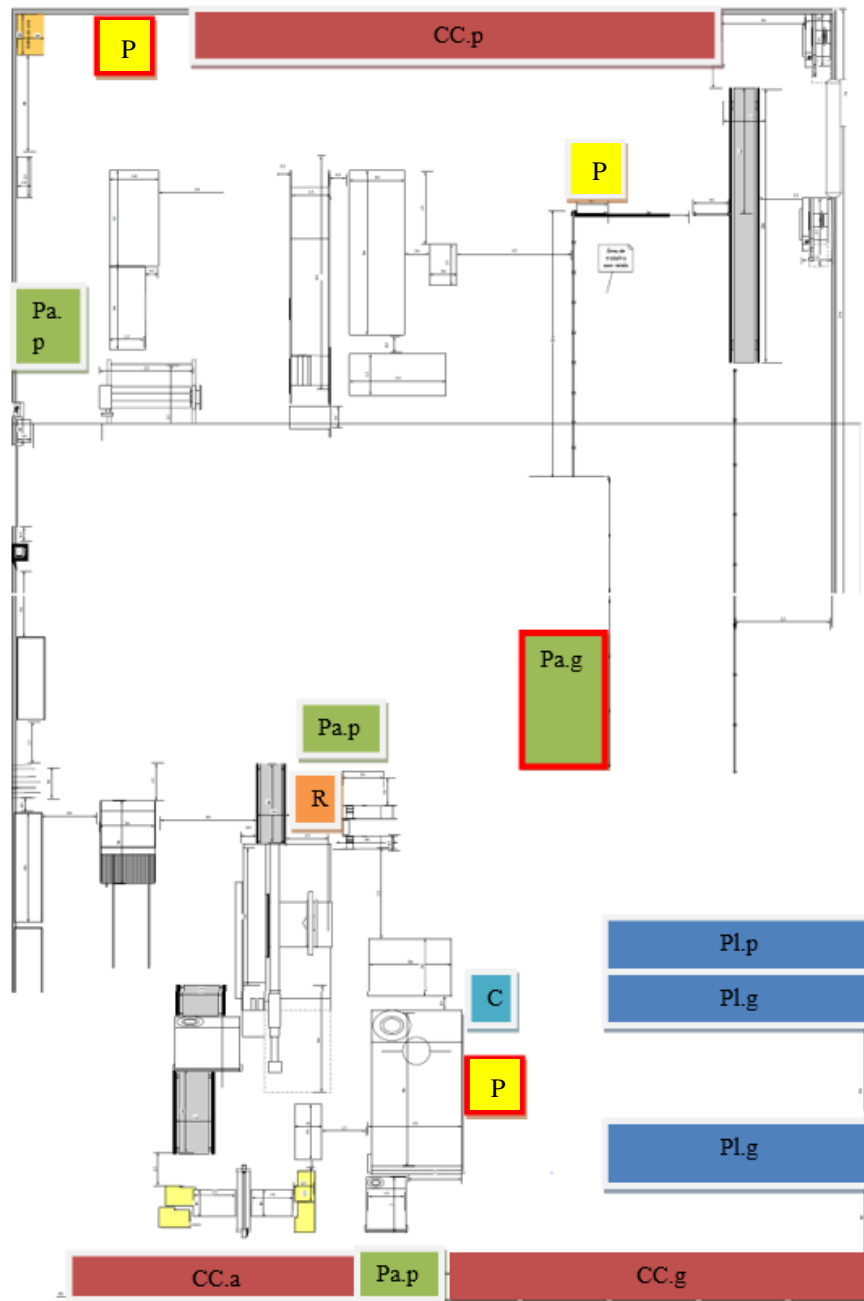


Figura 30 - Layout reformulado

Legenda:

Pl.p – Planos colados (largura inferior a 120cm)

Pl.g – Planos colados (largura superior a 120cm)

CC.p – Chapa cortada (largura inferior a 120cm)

CC.g – Chapa cortada (largura superior a 120cm)

CC.a – Chapa cortada proveniente de aproveitamentos

Pa.p – Paletes pequenas (120 cm de largura)

P- Placas

R – Rolos

C – Contentores

Criou-se uma área no pavilhão 3, junto à montagem, para que parte dos planos pequenos (os planos de dimensões 120x90, que representam a maior fatia da produção) sigam diretamente das prensas para esse local. Por um lado, por limitações de espaço no pavilhão alvo deste projeto, por outro para evitar que estes planos, nomeadamente quando são prensados na prensa 4, tenham de ser transportados inicialmente no sentido contrário ao do pavilhão 3 (onde serão montados), percorrendo uma distância maior. Os restantes planos mantêm-se armazenados nos locais indicados na figura 30 e segundo as regras definidas nas matrizes das estantes (ver anexo E) que foram criadas.

A chapa é armazenada da mesma forma, a única alteração prende-se com a regra de não armazenar chapa nas estantes centrais (exclusivamente destinadas a planos colados). Tendo em conta que a chapa segue da máquina de corte de chapa para as prensas, a distância percorrida quer seja armazenado na estante norte ou sul é semelhante, a única diferença é que no primeiro caso é percorrida maior distância no momento em que a chapa é retirada da máquina para ser armazenada, e no segundo caso é no momento em que o empilhador transporta a chapa da estante até à prensa.

Para trabalho futuros, havendo a possibilidade de efetuar mudanças mais significativas, envolvendo reposicionamento de equipamentos e estantes, deveria ter-se como objetivo que a arrumação de planos colados fosse feita num local intermédio entre as duas prensas e a porta por onde vão seguir para a montagem e embalamento. E no que diz respeito à chapa cortada esta deve estar armazenada num ponto intermédio entre a máquina de corte de chapa e as duas prensas.

No que diz respeito às paletes, anteriormente não existia nenhum local onde se armazenassem as de tamanhos grandes (superior a 120cm de largura).

Para reduzir o desperdício associado ao transporte destas paletes criou-se uma zona destinada às três principais dimensões utilizadas (entre os tamanhos grandes), como é possível observar na figura 31. Isto permitiu que o empilhador se desloque com menor frequência até ao armazém de paletes, por este motivo (anteriormente era habitual realizar este percurso seis vezes por dia, atualmente entre uma e duas). Ao mesmo tempo reduz-se em cerca de 50% e 80%, respetivamente, a distância percorrida pelos colaboradores da prensa 4 e da máquina do corte de chapa, aquando dos momentos em que necessitam deste tipo de paletes.

No caso da prensa 5 as paletes são utilizadas apenas pelo empilhador no momento em que descarrega o material, após este ser prensado, estando as paletes precisamente junto ao local onde são necessárias.



Figura 31 - Paletes (tamanhos grandes)

Outro transporte desnecessário é o que envolve as placas, pelo que se definiram duas novas localizações para este material, uma junto à prensa 4 e outra junto à máquina do corte de chapa, mantendo-se a localização junto à prensa 5.

Isto permite passar de cerca de sessenta metros (para a máquina de corte de chapa) e trinta metros (para a prensa 4) percorridos, para quase zero. Algo que assume particular relevância se se tiver em conta que se trata de um material pesado e de difícil transporte. Estas alterações, ao permitirem a redução das distâncias possibilitam, por consequência, reduzir os tempos associados a estas tarefas, algo que será aprofundado no subcapítulo seguinte.

4.5 Implementação de SMED

Com o intuito de reduzir o tempo despendido em setups recorreu-se à metodologia SMED. O foco foi nos equipamentos em que o setup tem maior peso na redução do índice de disponibilidade, a prensa 4 e a máquina de corte de chapa.

Nas tabelas 16 e 17 estão enumeradas as tarefas associadas ao setup e o tempo médio (cronometrado) dessas tarefas antes da implementação de SMED, bem como os responsáveis por cada tarefa. No caso das tarefas realizados pelos operários das máquinas está indicado entre parêntesis o número de pessoas necessárias para a sua realização.

Os tempos indicados são para setups nos quais a ordem de fabrico seguinte é de planos ou chapa, de dimensões superior a 120 cm de largura (a única diferença significativa entre estes e os de menor dimensão é a redução do tempo associado à movimentação das paletes, que no caso dos segundos já se encontravam junto aos equipamentos).

4.5.1 Etapas 0 e 1 - Listagem e classificação de tarefas

No caso do corte de chapa existem dois tipos de setup. Um que envolve a mudança de rolo e outro que apenas inclui a mudança de medida. Da tabela 16 constam as tarefas para o primeiro caso, sendo que, no segundo, apenas há que subtrair as tarefas “preparar rolo” e “colocar rolo”.

Tabela 16 - Tempos de tarefas de setup na máquina de corte de chapa

Tarefa	Tempo médio (s)	Responsável	Tipo de tarefa
Cintar palete	90s	Operários (1)	Interna
Retirar palete com chapa cortada	30s	Empilhador	Interna
Preencher registo	60s	Operários (1)	Interna
Colocar novo rolo	180s	Empilhador	Interna
Preparar novo rolo	90s	Operários (1)	Interna
Trazer nova palete	180s	Empilhador	Interna
Trazer nova placa	200s	Operários (2)	Interna
Reprogramar máquina	30s	Operários (1)	Interna

Para a prensa 4 também existem dois tipos de setup. O primeiro ocorre quando se muda de ordem de fabrico, e as tarefas a si associadas estão elencadas na tabela 17. O outro tipo de setup ocorre quando se muda de palete sem que se mude a ordem de fabrico. Por exemplo se se der o caso de haver uma ordem de fabrico de cem planos magnéticos, de dimensões 180x120, tendo em conta que o substrato vem em paletes com cerca de cinquenta unidades e se formam também paletes de cinquenta planos colados, existe um setup dentro desta ordem, sendo que a única tarefa que não se realiza, comparativamente com o primeiro caso, é o “trazer palete com chapa” pois a chapa cortada vem em paletes com, no mínimo, a quantidade correspondente à ordem de fabrico.

Tabela 17 - Tempos de tarefas de setup na prensa 4

Tarefa	Tempo médio (s)	Responsável	Tipo de tarefa
Cintar palete	90s	Operários (1)	Interna
Retirar palete com planos colados	60s	Empilhador	Interna
Preencher registo	60s	Operários (1)	Interna
Trazer palete com substrato	150s	Empilhador	Interna/Externa
Trazer palete com chapa	90s	Empilhador	Interna
Trazer nova palete	180s	Empilhador	Interna
Trazer nova placa	150s	Operários (2)	Interna

4.5.2 Etapa 2 - Transformar tarefas internas em externas

No caso do corte de chapa todas as tarefas referidas eram efetuadas como internas. Existem tarefas que poderiam ser externas, como é o caso do preenchimento do registo ou a preparação do rolo mas implicaria alocar mais um trabalhador a este equipamento (os dois colaboradores são necessários quando a máquina está em funcionamento), algo que implicava acrescido desnecessário.

Para as tarefas “colocar novo rolo” e “retirar palete com chapa cortada”, efetuadas pelo empilhador, seria necessário implementar alterações no modo de funcionamento do equipamento, para se tornar viável serem externas.

Na prensa 4, a única tarefa que por vezes é efetuada com o equipamento em funcionamento é o transporte da palete com o substrato a colar na ordem seguinte. No entanto isso deve ser implementado como norma em vez de ser feito esporadicamente. Com exceção do transporte da palete com chapa (por limitações de espaço na mesa onde a chapa é colocada não é possível colocar lá a chapa cortada para a ordem seguinte), as outras tarefas realizadas pelo empilhador devem ser externas.

Neste equipamento existe maior flexibilidade para que tarefas como cintar palete ou preencher o registo se tornem externas, no caso de estarem mais do que quatro pessoas alocadas a esta prensa (como mencionado anteriormente o número de colaboradores varia entre as 3 e as 6 e para planos de largura superior a 120cm são necessários no mínimo quatro colaboradores para quando a máquina está em funcionamento).

4.5.3 Etapa 3 - Redução do tempo de tarefas

Para reduzir o tempo das tarefas associadas à utilização das placas, uma solução (que ficou para implementação futura) passaria por criar um depósito de placas que permitisse que estas ficassem em posição vertical. Ao mesmo tempo deveria ser passível de transporte pelo empilhador, tendo uma porta que se fecharia aquando do transporte, por razões de segurança.

Essa porta estaria aberta para facilitar o colocar e retirar das placas, nos postos de trabalho (ver figura 32).

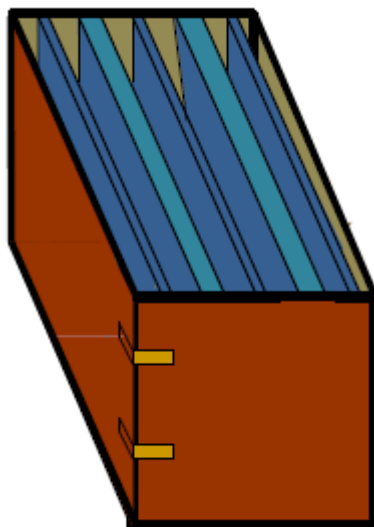


Figura 32 - Protótipo de depósito de placas

Estes depósitos estariam nos pontos previamente definidos no pavilhão de corte e colagem de chapa e junto a cada máquina de montagem para onde estas placas são transportadas. Quando necessário, o empilhador transportaria o depósito cheio até ao pavilhão de corte e colagem de chapa e levava-o, vazio, até aos pavilhões de montagem e embalagem.

Esta solução permitia reduzir a área ocupada por este material, reduzir a mistura entre placas de diferentes dimensões e garantir que todas as placas estavam igualmente acessíveis.

Considerando esta solução, juntamente com a implementação dos 5S e as alterações efetuadas ao layout, é possível reduzir o tempo médio das tarefas associadas ao transporte de paletes e placas, bem como todas as tarefas pelas quais o empilhador é responsável, sendo essas reduções estimadas na tabela 18.

Tabela 18 - Redução dos tempos de tarefas de setup na prensa 4 e na máquina do corte de chapa

Tarefa	Equipamento	Redução do tempo médio da tarefa(s)	Redução percentual
Trazer nova palete	Prensa 4	130	75%
Trazer nova placa	Prensa 4	130	85%
Trazer nova palete	Corte de chapa	130	75%
Trazer nova placa	Corte de chapa	180	90%

Para além da redução dos tempos das tarefas e do facto de se tornarem externas parte das tarefas existe a possibilidade de se efetuarem algumas das tarefas em simultâneo, pelos diferentes operadores.

Da figura 33 constam as tarefas internas e, considerando a simultaneidade, obteve-se o novo tempo de setup que é possível obter para a máquina de corte de chapa.

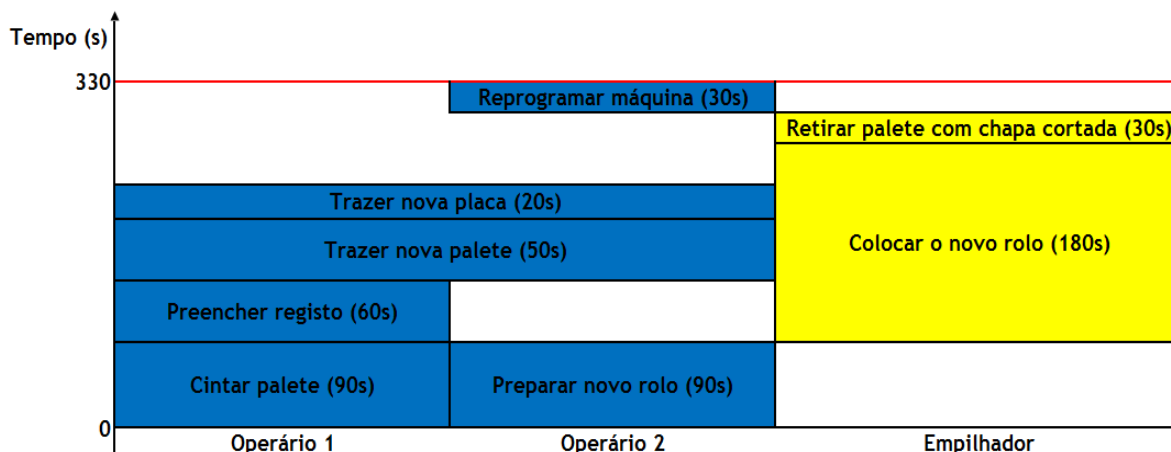


Figura 33 - Tempos de tarefas internas (máquina de corte de chapa)

Na tabela 19 encontra-se a informação quantitativa relativa à redução do tempo médio de setup após implementação da metodologia SMED e no que isso traduz em termos de redução de tempo perdido em setups por dia.

Tabela 19 - Redução do tempo perdido em setups na máquina de a de corte de chapa

Tempo médio de setup antes do SMED (s)	1140
Tempo médio de setup depois do SMED (s)	330
Redução percentual do tempo médio de setup	71%
Redução do tempo médio perdido em setups, por dia (min)	129

Do mesmo modo, na figura 34 e na tabela 20 consta a informação relativa às reduções das perdas de tempo devido a setups, na prensa 4.

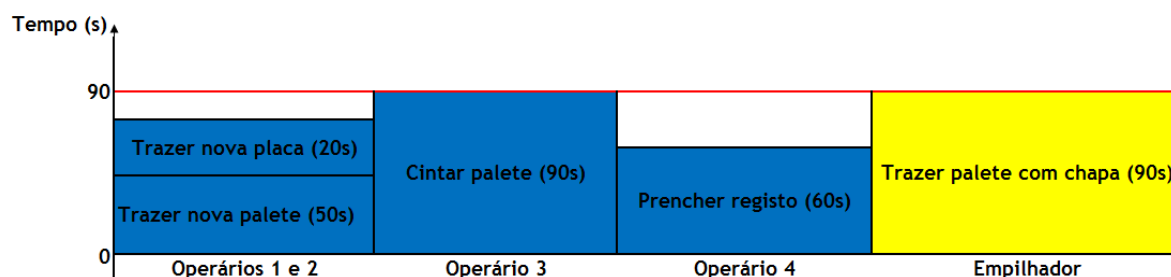


Figura 34 - Tempos de tarefas internas (prensa 4)

Tabela 20 - Redução do tempo perdido em setups na prensa 4

Tempo médio de setup antes do SMED (s)	480
Tempo médio de setup depois do SMED (s)	90
Redução percentual do tempo médio de setup	81%
Redução do tempo médio perdido em setups, por dia (min)	140

Estas reduções de tempo perdido resultam num aumento da capacidade produtiva na ordem dos 16% para a máquina de corte de chapa e 18% na prensa 4.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

O rápido e acentuado crescimento que a Bi-Silque conseguiu ao longo dos últimos anos, ao qual se junta a estratégia da empresa de oferecer uma gama quase ilimitada de produtos dentro do seu ramo, tornaram cada vez mais complexa a gestão das operações e levaram ao aparecimento de problemas como o excesso de WIP, excesso de deslocações de pessoas e materiais, redução da produtividade e desempenho dos equipamentos, algo que foi notório no pavilhão alvo deste projeto, de corte e colagem de chapa.

A implementação de metodologias Lean é uma das formas possíveis de tentar tornar os processos de uma empresa mais eficientes, com menos desperdícios e mais valor acrescentado.

Possuir indicadores adequados é vital para que se consiga monitorizar as atividades, com o intuito de encontrar problemas e, posteriormente, procurar soluções que solucionem e minimizem esses problemas, daí a relevância de se ter implementado o cálculo do indicador OEE na máquina do corte de chapa, de forma análoga ao que já era feito nas prensas 4 e 5.

Complementando a análise dos indicadores existentes para as prensas com observações no gamba e com outros problemas identificados chegou-se à conclusão que os índices de disponibilidade não refletiam a amplitude do problema que constituía o tempo que as máquinas estavam paradas. Isto deveu-se a um preenchimento incompleto do registo, onde boa parte das paragens não eram registadas pelos operários das prensas.

Este facto serviu, por um lado, para demonstrar a importância de obter registos fidedignos (algo mais fácil de se conseguir quando este não depende do fator erro humano) e por outro para reforçar a necessidade de melhorar os níveis de disponibilidade das máquinas, algo que estava diretamente relacionado com boa parte dos problemas mencionados ao longo do documento.

Foi possível reduzir os níveis de stock e WIP, separando, entre o material distribuído ao longo do pavilhão, aquele que era obsoleto ou estava com defeito (sendo que esse foi eliminado ou, quando possível, reaproveitado). Ao registar e listar o material que se encontrava em perfeitas condições para posteriormente ser utilizado, evitou-se a situação, verificada anteriormente, de produzir algo que já existia.

Estes procedimentos, que evidenciaram a utilidade da metodologia 5S, permitiram desocupar uma área significativa do pavilhão (cerca de cinquenta metros quadrados), que, por sua vez permitiu desimpedir zonas de passagem e de acesso a estantes, facilitando, principalmente, a atividade dos empilhadores. A redução do número de defeitos provocados aquando do transporte e armazenamento de chapa e planos colados teve como origem esta diminuição da área ocupada. Isto vem comprovar que o excesso de stock, para além dos custos desnecessários que acarreta, contribui para o aparecimento (ou agravamento) de outros tipos de desperdícios.

A juntar a isso, o aproveitamento de parte do espaço desocupado, para colocar material útil à produção (como paletes e placas), permitiu aproximá-lo dos postos de trabalho, reduzindo as

distâncias percorridas quer pelos operários das máquinas, quer pelo empilhador. Assim, indiretamente, reduziram-se os tempos associados a boa parte das tarefas de setup, e naturalmente o tempo médio de setup na sua globalidade, um tipo de paragem que representa uma fatia substancial das perdas de disponibilidade dos equipamentos.

Considerando as medidas implementadas e as propostas para implementação futura obteve-se uma redução de cerca de 71% e 81% no tempo médio de setup, respetivamente na máquina de corte de chapa e na prensa 4 (os equipamentos onde esta paragem implica maior perda de tempo). Isto significou um acréscimo superior a duas horas de tempo operacional (considerando os habituais dois turnos de oito horas), por dia, nas duas máquinas, o que permite reduzir o tempo de resposta aos clientes e aumentar a flexibilidade dos equipamentos. Por outro lado, pode também permitir a redução dos custos de mão de obra.

Estes procedimentos e metodologias permitiram a obtenção melhorias com custos praticamente nulos para a empresa.

No que diz respeito a perspetiva futuras existe a necessidade de garantir que estas mudanças, nomeadamente no que aos 5S diz respeito, têm seguimento, que o quarto e quinto “S” são realmente aplicados e que as pessoas se convençam das melhorias que advém de sistematizar estes procedimentos.

No que concerne ao layout deverá ficar para projetos futuros a execução de mudanças mais profundas no que diz respeito ao posicionamento dos equipamentos e das zonas de arrumação, no sentido de garantir que a chapa cortada é armazenada entre os processos de corte e colagem, e que os planos colados são armazenados em locais intermédios entre os processos de colagem e de montagem.

Em relação ao SMED ficou por implementar a proposta relativa às placas, nomeadamente adquirir e utilizar os depósitos para estas, que permitiriam reduzir quase na totalidade o desperdício associado a este material.

Uma área que está também diretamente relacionada com alguns dos desperdícios que foram encontrados é o planeamento da produção, o qual não foi alvo de análise detalhada neste projeto por não constar dos objetivos definidos inicialmente, mas que poderia ser interessante fazer parte de um futuro projeto. Nomeadamente o aprofundar do estudo relativo às ordens de fabrico de lotes de pequenas dimensões, que se provaram estar associadas a desempenhos muitos baixos, procurando analisar a hipótese de criar um supermercado para a chapa cortada.

Referências

Arthur, J. (2011), *Lean Six Sigma for Hospitals*, McGraw-Hill.

Miltenburg, J. 2007. “Level Schedules for Mixed-model JIT Production Lines: Characteristics of the Largest Instances That Can Be Solved Optimally.” *International Journal of Production* Vol. 45 No 16, p. 3555–3577.

Monden, Y. 1993. *Toyota Production System*. Norcross, GA: Industrial Engineering and Management Press.

Liker, J. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press.

Osada, T. 1991 *The 5S’s: five keys to a total quality environment*. Asian Productivity Organization

Shingo, S. 1983. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.

Womack, J e Jones, D. 1996. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, Inc.

Bibliografia

Braglia, M., et al. (2016). "SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 90(5-8): 1845-1855.

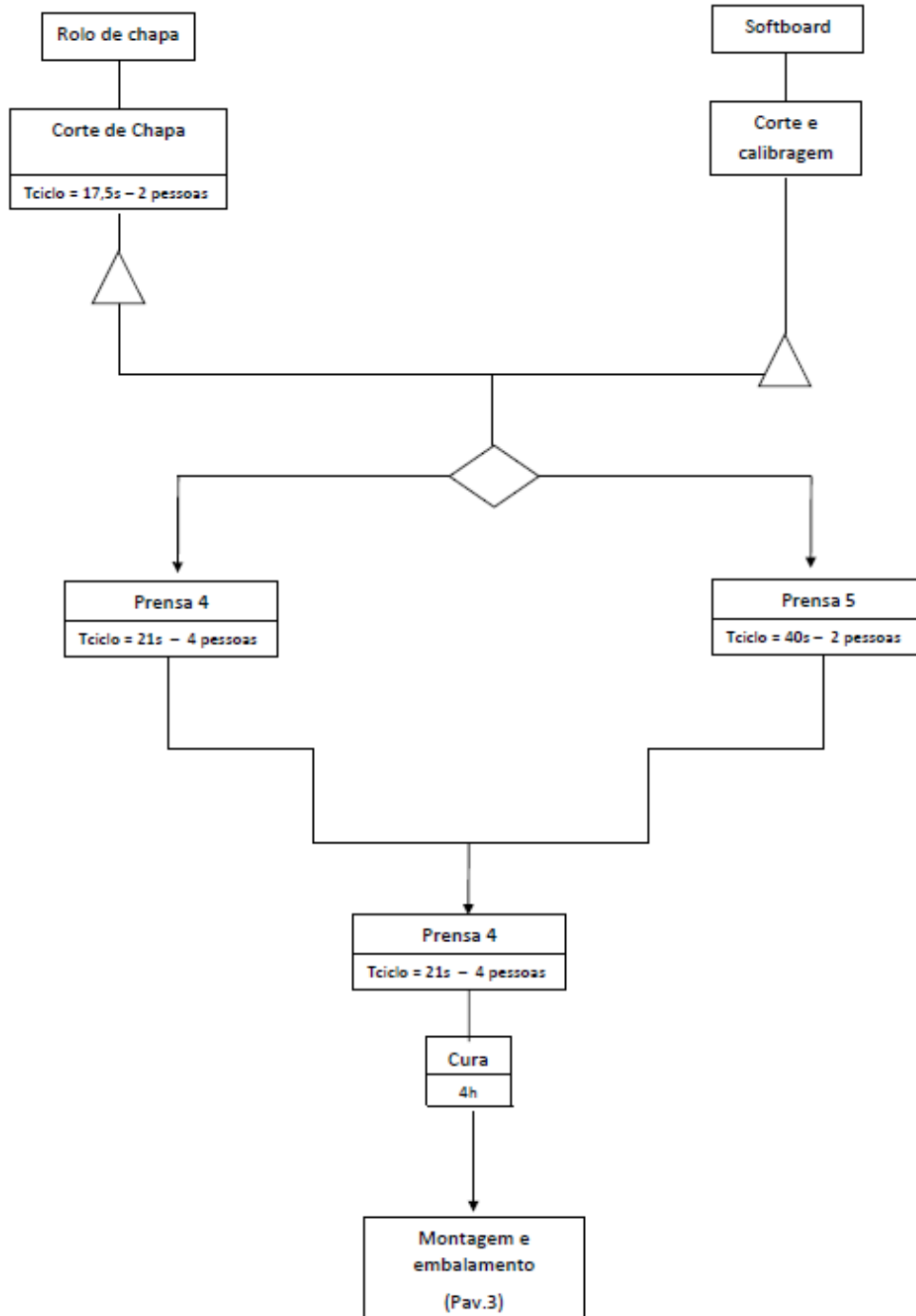
Kumar, M., et al. (2006). "Implementing the Lean Sigma framework in an Indian SME: a case study." *Production Planning & Control* 17(4): 407-423.

Nakajima, S. 1989. *Tpm Development Program: Implementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press.

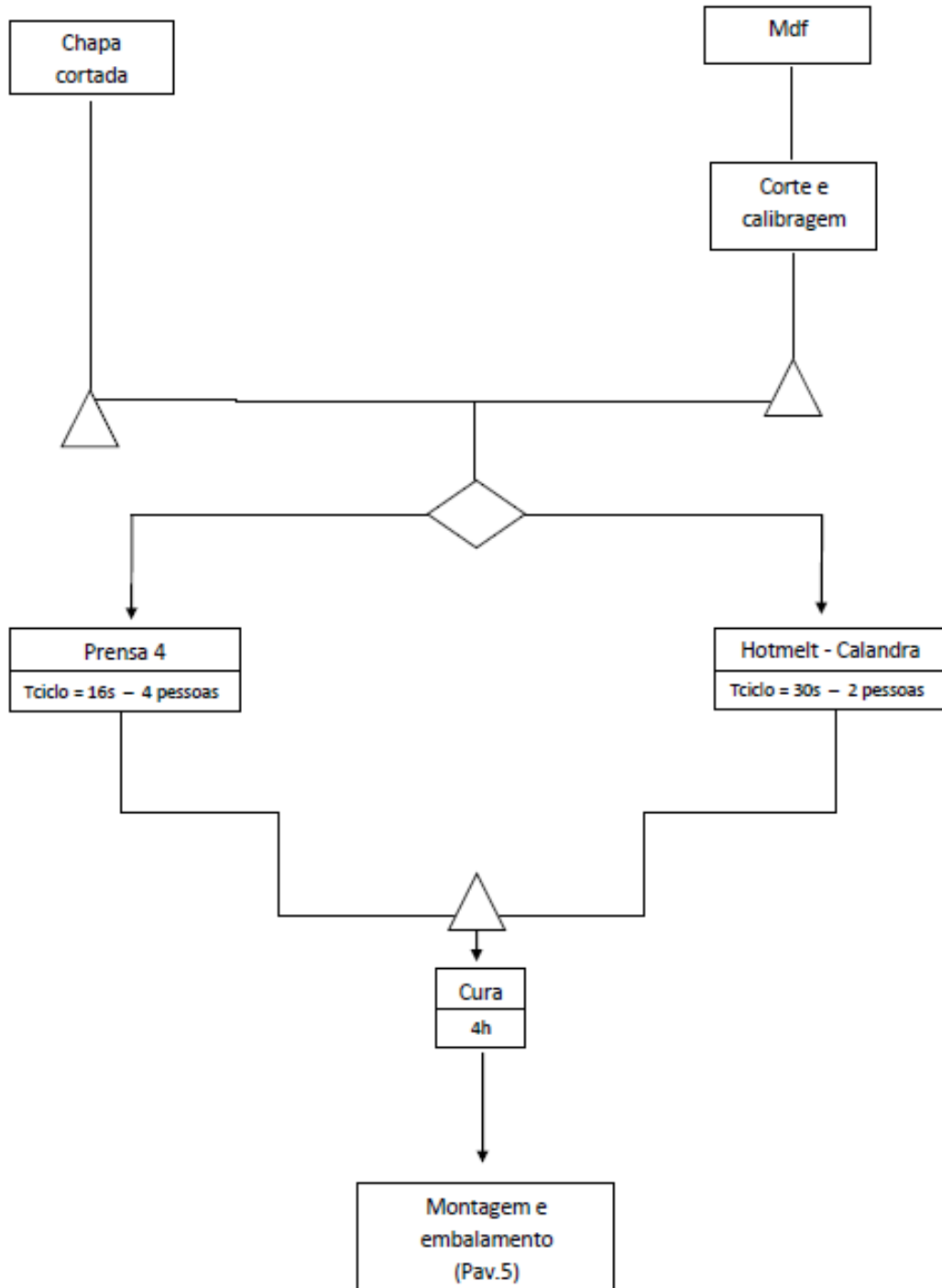
Pinto, J. P. 2014. *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel - Edições Técnicas, Lda.

Staats, B. R., et al. (2011). "Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider." *Journal of Operations Management* 29(5): 376-390.

ANEXO A: Fluxograma plano magnético 240x120



ANEXO B: Fluxograma Easel 104x72,5



ANEXO C: Registo de paragens da máquina de corte de chapa

Registo de tempos de Paragem

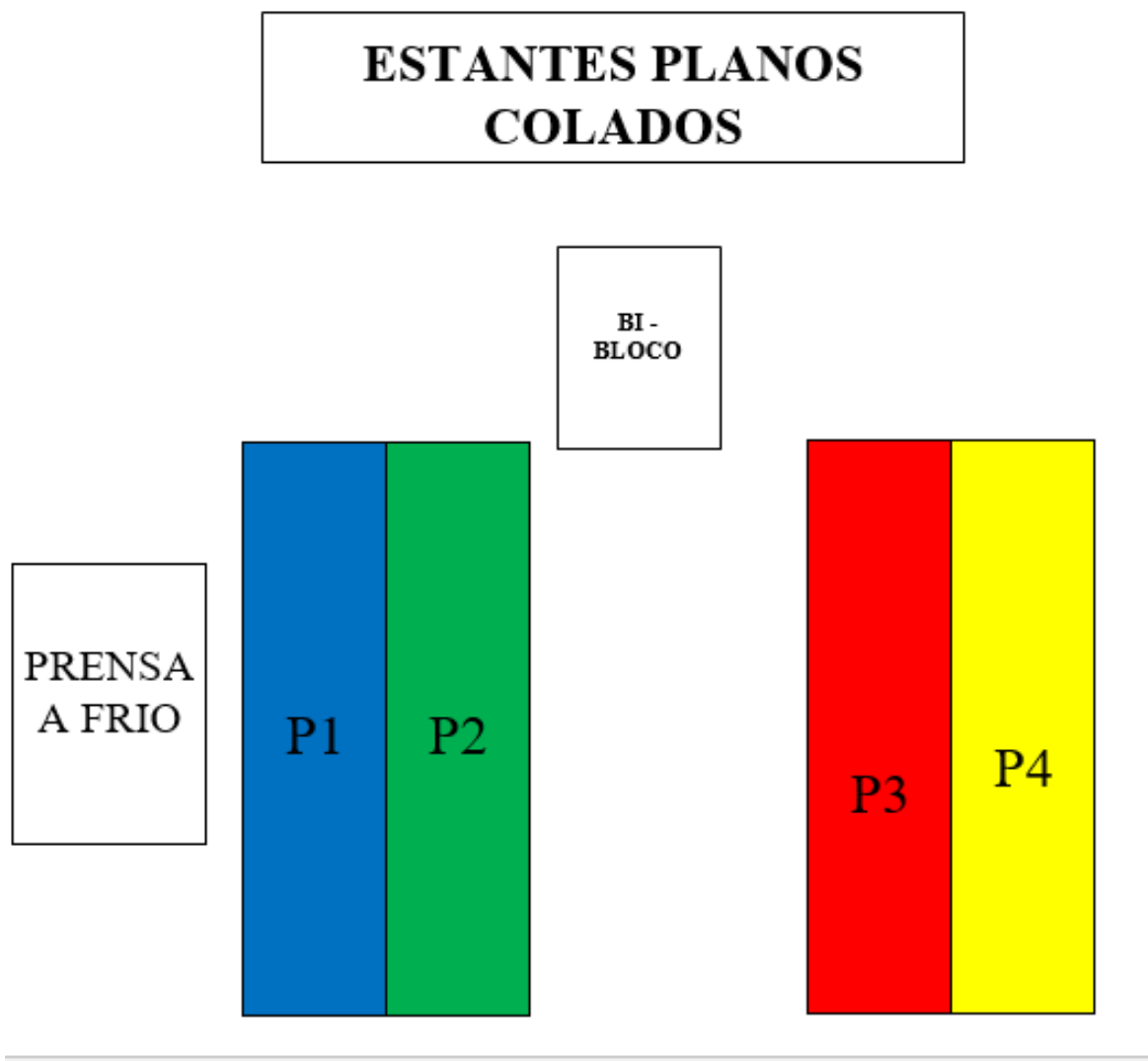
Máquina Corte Chapa _____

Turno: _____

Dia: ___/___/___

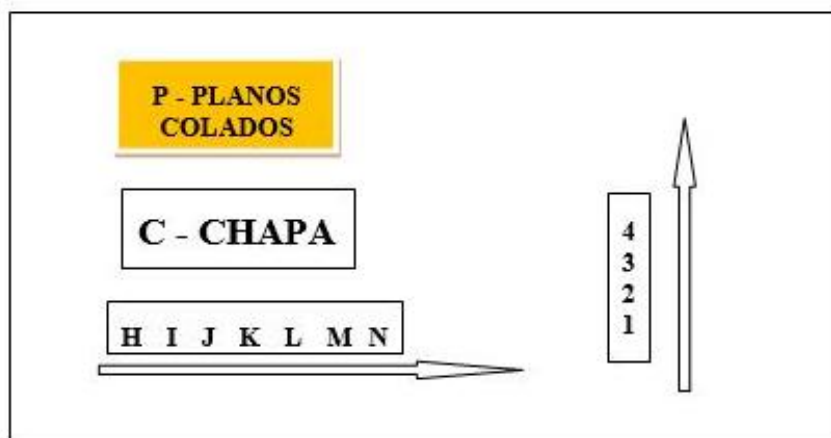
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Paragens Não Planeadas	Espera de Empilhador										
	Logística										
	Paletes										
	Avaria										
	Sensor										
	Volteador										
	Afinação										
	Manutenção										
	Mudança										
	Rolo										
Paleta											
Preparação de Trabalho											
Cortar Paletes											
Qualidade											
Arrumação/Limpeza não programada											
Outros											
Limpeza											
Formação/Reuniões											
Almoço											
Observações:											

ANEXO D: Esquema estantes centrais - planos colados



ANEXO E: Matriz estante sul - chapa planos colados

CH4	CI4	CJ4	CK4	CL4	CM4	CN4	CP4	CP4
CH3	CI3	CJ3	CK3	CL3	CM3	CN3	CO3	CP3
CH2	CI2	CJ2	CK2	CL2	CM2	CN2	CO2	CP2
PH1	PI1	PJ1	PK1	PL1	PM1	CN1	CO1	CP1



ANEXO F: Matriz estante P1

ESTANTE P1

P1.A4	P1.B4	P1.C4
P1.A3	P1.B3	P1.C3
P1.A2	P1.B2	P1.C2
P1.A1	P1.B1	P1.C1

