



M 2014

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN EM PROCESSOS PRODUTIVOS

ANA SOFIA DA COSTA TEIXEIRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

Aplicação de Metodologias Lean em Processos Produtivos

Ana Sofia da Costa Teixeira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa

Orientador na empresa: Manuel Baptista da Silva



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2014-07-15

Resumo

Com a crescente crise mundial, a necessidade de se ser cada vez mais competitivo obriga a indústria a repensar o seu modo operacional. Cresce assim, a necessidade de aumentar a eficiência e a produtividade através de uma melhoria contínua.

O “Pensamento Magro” ou *Lean Thinking* consiste na procura pela maximização de valor na ótica do cliente, através da eliminação contínua de desperdícios. Trata-se de uma filosofia inspirada no Sistema de Produção da Toyota (TPS), muitas vezes designada de Produção *Lean* (*Lean Production*).

Neste documento são apresentadas aplicações de metodologias e técnicas *Lean* utilizadas na indústria de injeção de componentes plásticos para automóveis. A análise de vários processos de produção foi efetuada através do mapeamento do fluxo de valor (VSM - *Value Stream Mapping*), focando apenas o processo produtivo e não toda a cadeia de valor. Esta permite identificar e eliminar o desperdício desses mesmos processos. Esta e outras ferramentas *lean* referidas, como os 5S e SMED, permitem aumentar a produtividade e a eficácia dos processos produtivos.

Para também aumentar a eficiência de produção, é ainda demonstrada a importância do envolvimento de todos os colaboradores de uma empresa no processo de melhoria contínua.

Através da aplicação de metodologias *Lean* conseguiu-se melhorar processos produtivos, reduzindo desperdícios e aumentando a produtividade.

Application of Lean Methodologies in Productive Processes

Abstract

With a growing global crisis, the need of being more competitive requires industry to rethink their operating mode. So grows the need to increase the efficiency and productivity through continuous improvement.

Lean Thinking consists in looking for value maximization from the viewpoint of the customer through the continuous elimination of waste. It's a philosophy inspired by the Toyota Production System, often called "Lean Production".

This document presents applications of Lean methodologies and techniques used in plastic injection components for motor industry. The analysis of various production processes was done by the Value Stream Mapping, focusing only on the productive process and not the entire value chain. This allows us to identify and eliminate waste of these same processes. This and other Lean tools, such as 5S and SMED, help to increase productivity and efficiency of productive processes.

To also increase the efficiency of production, is also demonstrated the importance of the involvement of all employees of a company in the continuous improvement process.

By applying lean methodologies we were able to improve production processes, reducing waste and increasing productivity.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Eduardo Gil da Costa, orientador da presente dissertação, agradeço pela sua disponibilidade e incentivo que demonstrou durante o tempo de realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Manuel Silva, pela minha seleção para integrar o Departamento de Engenharia de Processo da Simoldes Plásticos, bem como pelo apoio prestado e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do Projeto.

Ao Departamento de Engenharia de Processo e a todos os elementos da empresa com quem tive a oportunidade de trabalhar, pela experiência partilhada e pelo bom ambiente de trabalho que proporcionaram.

A todos os elementos da empresa com quem tive a oportunidade de trabalhar, mas um agradecimento especial à equipa de Engenharia de Processo, Pedro, Hélder, Daniel e Telmo, pela disponibilidade e colaboração.

Finalmente, aos meus pais e irmã, e aos amigos que sempre me apoiaram e a quem dedico este trabalho.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da empresa Simoldes Plásticos	1
1.2	Enquadramento.....	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Metodologia.....	3
1.5	Estrutura do Relatório	3
2	Enquadramento Teórico.....	4
2.1	TPS.....	4
2.2	Lean Thinking.....	5
2.2.1	Conceito.....	5
2.2.2	Muda.....	6
2.3	Métodos e Ferramentas Lean	7
2.3.1	VSM.....	7
2.3.2	5S	8
2.3.3	Sistema Pull.....	9
2.3.4	Diagramas de Fluxo.....	9
2.3.5	SMED	10
2.4	Melhoria Contínua.....	11
2.4.1	Conceito.....	11
2.4.2	Ciclo PDCA.....	11
2.5	Métricas Lean.....	12
3	Caso de estudo	15
3.1	Apresentação do caso de estudo	15
3.2	Estado atual do posto da linha de montagem	16
3.3	Análise dos Processos.....	18
3.3.1	Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7223.....	20
3.3.1.1	Estado Atual	20
3.3.1.2	Proposta Futura	25
3.3.2	Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7650.....	29
3.3.2.1	Estado Atual	29
3.3.2.2	Proposta Futura	31
3.3.3	Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7651.....	34
3.3.3.1	Estado Atual	34
3.3.3.2	Proposta Futura	37
3.3.4	Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7373.....	39
3.3.4.1	Estado Atual	39
3.3.4.2	Proposta Futura	42
3.4	Estado futuro do caso de estudo.....	45
4	Implementações e melhorias	47
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	50
	Referências	52
	Anexo A: Valores observados na linha de montagem da peça injetada no molde 7223.....	53

Anexo B: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7650.....	54
Anexo C: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7650	55
Anexo D: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7651.....	56
Anexo E: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7651	57
Anexo F: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7373	58
Anexo G: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7373	59
Anexo H: Plano de melhoria efetuado no posto da linha de montagem.....	60
Anexo I: Plano de melhoria efetuado no posto da linha de montagem	61

Siglas

5S – Seiri (Eliminar), Seiton (Arrumar), Seiso (Limpar), Seiketsu (Normalizar), Shitsuke (Rigor)

Bottleneck – Gargalo ou estrangulamento de produção

Gemba – Palavra japonesa para chão de fábrica (ou *shopfloor*)

Jidoka – Automação com toque humano ou “autonomação”

JIT – *Just-in-Time*

Kaizen – Palavra japonesa para melhoria contínua

MOD – Mão-de-obra direta

Muda – Palavra japonesa para desperdício

OEE – Eficácia Total do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness*)

PDCA – Planear, Fazer, Verificar, Agir (*Plan, Do, Check, Act*)

SMED – Troca rápida de ferramentas (*Single-Minute Exchange of Die*)

TPS – Sistema de Produção da Toyota (*Toyota Production System*)

VSM – Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)

Índice de Figuras

Figura 1: Empresa Simoldes Plásticos	1
Figura 3: A casa do TPS	5
Figura 2: Princípios do <i>Lean Thinking</i>	6
Figura 4: As cinco etapas do SMED	10
Figura 5: Ciclo PDCA	12
Figura 6: Impacto de perdas no tempo	13
Figura 7: <i>Layout</i> da fábrica Simoldes Plásticos	15
Figura 8: Módulo 1 e 2 da linha de injeção e linha de montagem, respectivamente	16
Figura 9: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7223	21
Figura 10: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Rueckwand	23
Figura 11: Mapeamento do estado atual efetuado na empresa	23
Figura 12: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Rueckwand	24
Figura 13: <i>Layout</i> atual da linha de montagem para a peça Rueckwand	25
Figura 14: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7223	25
Figura 15: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Rueckwand	27
Figura 16: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Rueckwand	27
Figura 17: Proposta futura de <i>layout</i> para a peça Rueckwand	28
Figura 18: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Pilar A	30
Figura 19: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Pilar A	31
Figura 20: <i>Layout</i> atual da linha de montagem para a peça Pilar A	31
Figura 21: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Pilar A	33
Figura 22: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Pilar A	33
Figura 23: Proposta futura de <i>layout</i> para a peça Pilar A	34
Figura 24: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Windschutz	35
Figura 25: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Windschutz	36
Figura 26: <i>Layout</i> atual da linha de montagem para a peça Windschutz	37
Figura 27: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Windschutz	38
Figura 28: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Windschutz	38
Figura 29: Proposta futura de <i>layout</i> para a peça Windschutz	39
Figura 30: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Pilar A	41
Figura 31: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Pilar A	42
Figura 32: <i>Layout</i> atual da linha de montagem para a peça Pilar A	42
Figura 33: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Pilar A	43

Figura 34: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Pilar A.....	44
Figura 35: Proposta futura de <i>layout</i> para a peça Pilar A	44
Figura 36: Melhoria numa bancada de trabalho	49

Índice de Tabelas

Tabela 1: Ocupação atual do posto da linha de montagem com dois turnos ativos	17
Tabela 2: Ocupação atual do posto da linha de montagem com três turnos ativos	17
Tabela 3: Equipamentos necessários para a produção das peças	18
Tabela 4: Análise do <i>Takt Time</i> e Tempo de Ciclo para cada uma das peças na linha de montagem	19
Tabela 5: Valores observados na linha de injeção da peça Rueckwand	20
Tabela 6: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Rueckwand	22
Tabela 7: PDCA para a peça Rueckwand	24
Tabela 8: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Rueckwand	26
Tabela 9: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Pilar A	29
Tabela 10: PDCA para a peça Pilar A	30
Tabela 11: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Pilar A	31
Tabela 12: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Windschutz	35
Tabela 13: PDCA para a peça Windschutz	36
Tabela 14: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Windschutz	37
Tabela 15: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Pilar A	40
Tabela 16: PDCA para a peça Pilar A	41
Tabela 17: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Pilar A	42
Tabela 18: Indicadores obtidos na análise dos processos	45
Tabela 19: Ocupação futura do posto da linha de montagem com três turnos ativos	45

1 Introdução

A presente dissertação de mestrado foi desenvolvida na empresa Simoldes Plásticos, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, ramo de Gestão da Produção, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e consistiu na aplicação de metodologias *Lean* em processos de produção de peças do interior de um automóvel.

1.1 Apresentação da empresa Simoldes Plásticos

A origem do Grupo Simoldes remonta ao ano de 1959, aquando da criação da empresa Simoldes Aços em Oliveira de Azeméis, por António da Silva Rodrigues, atual presidente da administração do grupo. Em 1968 iniciou-se a ligação à indústria automóvel, permitindo ao grupo um rápido e sólido crescimento. Em 1980, o grupo expandiu e começou a produzir peças plásticas por injeção, o que levou à divisão da Simoldes em dois grandes grupos: a divisão de aços e a divisão de plásticos.

O Grupo é atualmente constituído por empresas espalhadas pela Europa e América Latina. A maior concentração de empresas do Grupo encontra-se em Oliveira de Azeméis, Portugal, onde a empresa nasceu. Atualmente, a divisão de plásticos do grupo possui sete fábricas em Portugal, Brasil, França e Polónia, mantendo a sua sede em Oliveira de Azeméis, na Simoldes Plásticos (ver Figura 1).



Figura 1: Empresa Simoldes Plásticos

(fonte: www.simoldes.com)

A Simoldes Plásticos pretende ser uma empresa bem-sucedida, apostando na qualidade dos seus produtos e na satisfação das necessidades e expectativas dos seus clientes e colaboradores. Para este efeito a empresa segue uma estratégia de melhoria contínua que inclui o envolvimento de todos os seus elementos.

A lista de clientes da Simoldes Plásticos inclui marcas como Volkswagen, Audi, Renault, Volvo, Nissan, Toyota, Porsche, Honda, Mercedes, PSA e Seat.

Presentemente, o Grupo Simoldes é um dos mais prestigiados grupos internacionais de fabrico de moldes e tem contribuído para o atual posicionamento do setor, fortalecendo e dignificando a imagem da indústria portuguesa a nível mundial.

1.2 Enquadramento

Como consequência da crise económica, as empresas têm-se voltado para o mercado externo. Cada vez mais, a competitividade, a necessidade de uma rápida resposta a solicitações dos clientes, a flexibilidade dos processos produtivos e os elevados níveis de qualidade exigidos obrigam as empresas a inovar e a procurar alternativas de gestão.

Estes fatores obrigam a aumentos de eficiência e de produtividade, e estão envolvidos diretamente a melhoria contínua dos processos e com o *lean thinking* (“pensamento magro”).

O objetivo do *lean thinking* é o desenvolvimento de processos através da eliminação de desperdícios em toda a organização e a criação de valor para todas as partes interessadas, através do envolvimento de todos na organização.

A filosofia *lean* nasceu no Japão e foi inicialmente aplicada na indústria automóvel. Após compreensão dos conceitos e ferramentas *lean* é possível generalizá-los para todas as áreas, seja produtos ou serviços.

Quando se tentam implementar técnicas de *lean*, umas das prioridades que se deve ter em conta é a estabilidade operacional, a qual assenta no método, material, máquina e mão-de-obra de um processo. Ainda há bastante dificuldade na implementação de ações, pela forma como as pessoas abordam os problemas e soluções. É preciso estar-se apto à mudança e pensar no que é melhor para a empresa.

O projeto insere-se no departamento de Engenharia de Processo da Simoldes Plásticos, que tem como objetivo principal garantir a melhoria contínua dos processos produtivos através da implementação de práticas baseadas no pensamento *lean*. A responsabilidade do departamento de engenharia de processo passa por questões diretamente ligadas com o processo produtivo, tais como o *layout* de postos de trabalho, o *layout* dos módulos de produção, gamas de fabrico, melhoria de processos de fabrico e automação do fabrico dos produtos.

1.3 Objetivos

O projeto consiste no mapeamento do estado atual de processos desde a linha de injeção até ao posto de trabalho na linha de montagem, na identificação de pontos críticos e no posterior mapeamento do estado futuro, com recurso a ferramentas *lean*. O mapeamento efetuado na empresa não trata toda a cadeia de valor para cada processo, apenas se concentra no processo de injeção e de montagem, representando um mapeamento parcial da cadeia de valor.

O intuito da produção *lean* é reduzir a mão-de-obra direta (MOD) para ser possível acrescentar valor noutros processos. Os objetivos abrangem o mapeamento da cadeia de valor (VSM), o balanceamento de operações, o nivelamento de MOD, a disponibilização de MOD, a realização de um plano de ações, o aumento da produtividade, a realização de um projeto *kaizen* para posterior implementação das alterações efetuadas nos processos e utilização de ferramentas como os 5S ou o SMED.

A utilização da ferramenta de melhoria contínua VSM permite mapear os processos, tendo em conta os conteúdos, sequências e tempos e permite nivelar e balancear os processos produtivos, uniformizando práticas de trabalho através da realização de um projeto *kaizen*.

1.4 Metodologia

Para atingir estes objetivos foi necessário estudar a filosofia de gestão *lean thinking*, recolher os dados pertinentes para a análise do processo produtivo e, posteriormente, definir e implementar as ações de melhoria, bem como monitorizar os resultados alcançados.

O pensamento *lean* tem uma vasta rede de conceitos e informação, pelo que apenas será apresentada a base teórica dos temas abordados no projeto.

Primeiro procedeu-se à integração na empresa, que se revelou importante para o conhecimento dos vários departamentos e obtenção de uma visão geral da empresa.

A primeira ação foi conhecer os processos pelo método de observação, seguindo-se a identificação e descrição de todas as operações e, posteriormente, a cronometragem de todas as operações de cada processo (por observação direta e filmagem).

Os dados recolhidos foram mapeados, tendo sido realizado um VSM, e procedido à elaboração do estado atual de cada processo na linha de injeção e do posto de trabalho na linha de montagem. Posteriormente foi elaborada uma proposta de alterações, a situação futura, com a identificação dos ganhos e possíveis implementações de ações de melhoria para cada processo. Para esta implementação foi requerida a presença da equipa do posto em estudo para a realização de projeto *kaizen*, de forma a terem conhecimento das alterações propostas antes de estas serem implementadas e poderem ajudar a encontrar soluções diferentes.

A monitorização dos processos produtivos referentes às diferentes peças fabricadas baseou-se na métrica OEE, o que permitiu observar diariamente a evolução deste e levou à verificação das suas potenciais causas de disfuncionamento.

1.5 Estrutura do Relatório

Esta dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1 foi feita uma breve introdução ao tema do projeto (*lean*) e foram apresentados a empresa, os objetivos e a metodologia utilizada no projeto.

No capítulo 2 é feito o enquadramento teórico, sendo abordados os conceitos de *Lean Thinking* e *Kaizen*.

O capítulo 3 contém a descrição pormenorizada do projeto desenvolvido. Em primeiro lugar caracteriza-se o projeto e apresenta-se o estado atual do posto do módulo de montagem e a análise do processo de produção de quatro peças, desde a linha de injeção até à linha de montagem, com ênfase na última. Neste capítulo são ainda apresentadas propostas de melhoria para cada processo produtivo e para o posto da linha de montagem e os ganhos previstos para cada situação.

No capítulo 4 são descritas implementações e melhorias efetuadas ao longo do projeto.

Por último, no capítulo 5 são sintetizadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido e são feitas sugestões de trabalho futuro.

2 Enquadramento Teórico

2.1 TPS

A produção artesanal baseava-se na utilização de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas flexíveis, para fazer exatamente o que o cliente encomendava. Como os produtos produzidos artesanalmente eram caros, no início do século XX, Henry Ford concebeu o sistema de produção em massa. O sistema de Ford advoga os grandes lotes, lida com vastas quantidades e produz muito inventário (Womack, Jones, e Roos 1990).

Após se ter verificado que o sistema Ford não era o mais correto, o Sistema de Produção Toyota (TPS) surgiu no Japão como alternativa à produção em massa e teve Eiji Toyoda, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo como seus principais impulsionadores. Nos anos 90, o TPS passou a ser designado de *lean manufacturing* ou *lean production*. Este sistema esteve na origem do “pensamento magro” (Womack, Jones, e Roos 1990).

O TPS tenta identificar e remover obstáculos no caminho para a perfeição em todas as atividades, sendo um sistema de produção sofisticado em que todas as partes contribuem para um todo (Liker 2004) e onde é pretendida a eliminação total do desperdício. Os dois pilares necessários à sustentação do sistema são: o JIT e a Autonomia (*Jidoka*), conforme pode ser observado na Figura 2, onde são apresentados os elementos fundamentais do TPS.

Segundo os princípios do *just-in-time*, o inventário não utilizado é um desperdício de recursos. O JIT permite a uma empresa produzir e entregar produtos em quantidades pequenas, com *lead times* reduzidos, de modo a corresponder às especificações dos clientes. Resumindo, o JIT permite a entrega dos produtos certos, no momento certo e na quantidade certa (Ohno 1988).

Autonomia ou *Jidoka*, que também pode ser descrito como “automação inteligente”, permite conferir às máquinas a capacidade de julgamento autónomo. A máquina deve parar e lançar um aviso quando surgem situações anormais ou irregularidades, tais como defeitos, danos das ferramentas ou falta de matéria-prima. Como resultado, um operador pode trabalhar em diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar a eficiência da produção. A autonomia previne que apareçam produtos defeituosos, elimina a produção em excesso e foca-se na compreensão do problema e assegurar que esse não se repita (Suzaki 2010).

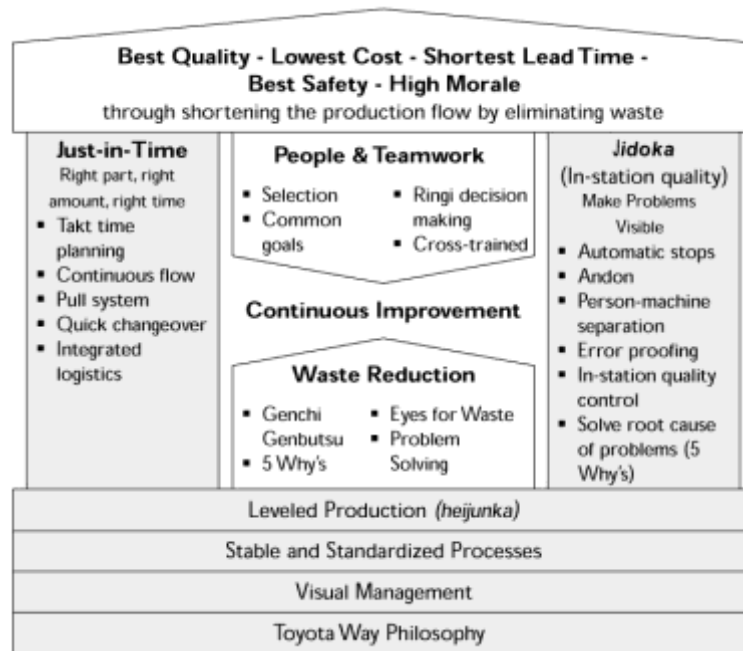


Figura 2: A casa do TPS

(fonte: *The Toyota Way*)

2.2 Lean Thinking

2.2.1 Conceito

Depois da primeira guerra mundial, Henry Ford e Alfred Sloan inovaram o mundo da produção, quando criaram o conceito de produção em massa e levaram ao decaimento da produção artesanal. Depois da segunda guerra mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno criaram o conceito de *lean production* (Womack, Jones, e Roos 1990).

O Sistema de Produção da Toyota (TPS – *Toyota Production System*) levou à criação da filosofia de *lean thinking* ou “pensamento magro”. Esta foi criada por Taiichi Ohno (1998) e foi inicialmente aplicada no setor da indústria automóvel. A designação *lean thinking* tem como objetivo a constante eliminação do desperdício e a criação de valor. James Womack e Daniel Jones (1996) definem o desperdício como qualquer atividade que não acrescente valor, e que contribui para o aumento de custos e da não satisfação do cliente (Jones e Womack 2002).

O *lean thinking* revoluciona a forma como a organização pensa e se comporta, acreditando na mudança e na melhoria contínua, através da correta aplicação das práticas de *lean*. O grande sucesso da filosofia de gestão *lean* fez com que os princípios e as ferramentas aplicadas à produção na indústria automóvel comesçassem a ser adaptados a diferentes setores, com resultados igualmente satisfatórios.

Os cinco princípios do *lean thinking* são (Womack e Jones 2003):

- 1) **Definir e criar valor** - Trata-se de um ponto de partida para o pensamento *lean* que apenas pode ser definido pelo cliente. Womack e Jones (2003) descrevem o valor como a capacidade de providenciar no tempo certo e com o preço apropriado os produtos/serviços acordados com o cliente;

- 2) **Definir os fluxos de valor** - Retrata todas as ações necessárias à passagem de um produto por dois fluxos essenciais: o fluxo da produção, que ocorre desde a entrada da matéria-prima até à entrega do produto ao cliente, e o fluxo do projeto, cujas fases vão desde a concepção ao lançamento;
- 3) **Otimizar os fluxos de valor** - Incide no fluxo seguido pelos produtos ao longo da cadeia de valor até ao cliente final, incluindo apenas as atividades que acrescentam valor;
- 4) **Implementar o sistema Pull** - Sistema de produção onde as instruções de fabrico são dadas pelo cliente final e percorrem, no sentido inverso, todo o fluxo de valor. Está relacionado com a produção *Just-in-Time* no sentido em que só são produzidas as quantidades de produtos desejadas pelo cliente e no momento em que este pretende, evitando assim desperdícios que possam ocorrer devido ao excesso de produção;
- 5) **Perfeição** - A procura da perfeição é o princípio final da filosofia *lean*. Womack e Jones (2003) defendem a completa eliminação dos desperdícios para que todas as atividades ao longo do fluxo acrescentem, efetivamente, valor (ver Figura 3).



Figura 3: Princípios do *Lean Thinking*

(fonte: www.lean.org)

2.2.2 Muda

O conceito de desperdício, muda em Japonês, diz respeito a todas as atividades que são realizadas e que não acrescentam valor, ou seja, consomem recursos e tempo e fazem com que os produtos ou serviços disponibilizados no mercado sejam mais dispendiosos do que deveriam. De acordo com Pinto (2009), as atividades que não criam valor consomem cerca de 95% do tempo nas organizações.

O desperdício pode ser visto como desperdício puro ou desperdício necessário. O primeiro tem a ver com atividades totalmente dispensáveis, tais como deslocações, paragens ou avarias. O desperdício necessário está associado a atividades que apesar de não acrescentarem valor na ótica do cliente, têm de ser realizadas, devendo ser minimizadas. Estas atividades podem ser, por exemplo, a realização de *setups* e inspeção de matéria-prima comprada. (Pinto 2009).

Os três Mus surgiram do TPS e utilizam-se para identificar o tipo de desperdício. Os vocábulos utilizados pela gestão empresarial japonesa são os seguintes (Pinto 2009):

- **MUDA** (refere-se ao desperdício), em que tudo o que não acrescenta valor é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Refere-se a todas as atividades ou componentes do produto ou serviço que o cliente não estará disposto a pagar;

- **MURA** (o que é variável), deve ser eliminado através da adoção de princípios JIT (*Just In Time*), procurando fazer apenas o que é necessário, quando é necessário;
- **MURI** (o que é irracional), manifestando-se através do excesso, devendo ser eliminado pela uniformização do trabalho.

No decorrer do desenvolvimento do TPS, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo identificaram sete formas de desperdício (7W, *seven wastes*) (Suzaki 2010):

- **Excesso de produção** – é o oposto da produção JIT, em que se produz mais do que o necessário, quando não é necessário e em quantidades desnecessárias;
- **Esperas** – referem-se ao tempo que as pessoas ou os equipamentos perdem sempre que estão à espera de algo;
- **Transporte e movimentações** – referem-se a qualquer movimentação ou transferência de materiais ou peças de um lado para outro por alguma razão;
- **Desperdício do próprio processo** – refere-se a operações e a processos que não são necessários, como por exemplo, o aumento de defeitos;
- **Stocks** – denunciam a presença de materiais retidos por um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica e tem como consequência um aumento do custo do produto;
- **Erros e defeitos** – custos relacionados com “não fazer bem à primeira”, incluindo também os custos de inspeção, as respostas às reclamações dos clientes e as reparações;
- **Movimento desnecessário** – refere-se a movimentos que não são necessários para executar as operações e que não acrescentam valor.

2.3 Métodos e Ferramentas Lean

2.3.1 VSM

Mike Rother e John Shook (1999) desenvolveram um método que permite visualizar e compreender o percurso de material e informação de um produto ou serviço ao longo da cadeia de valor. Este método designa-se por Mapeamento da Cadeia de Valor (VSM – *Value Stream Mapping*) e permite uma visão global de todas as atividades, seja de valor acrescentado ou não, envolvidas no processo produtivo desde o pedido do cliente à entrega do produto. Com isto, não se pretende focar apenas na melhoria de um processo individual, mas na melhoria de todo o processo.

Apesar de ter sido desenvolvida por Rother e Shook em 1999, esta ferramenta teve como base os Mapas de Fluxo de Material e Informação utilizados no Sistema de Produção da Toyota. Através dela é possível identificar fontes de desperdícios ao longo do fluxo de valor, reduzir custos inerentes à produção, diminuir o tempo de resposta ao cliente e aumentar a qualidade dos produtos.

O objetivo do VSM é realçar as fontes de desperdício e permitir o desenho de soluções que, se implementadas, conduzam à sua eliminação, construindo uma cadeia de produção onde os processos individuais são conectados aos clientes, tanto por fluxo contínuo, como por *pull*, e apenas produzindo o que o cliente necessita e quando necessita. O VSM segue o fluxo da produção de um produto desde o fornecedor até ao cliente e representa visualmente o fluxo de informação e de material de cada processo. A análise de uma cadeia de valor necessita da

participação de elementos dos departamentos-chave de uma empresa para se recolher e esclarecer as informações principais sobre os processos envolvidos na produção de um qualquer produto (Rother e Shook 1999).

Consideram-se dois tipos de *kaizen* (melhoria contínua) para mapear os processos: *kaizen* de fluxo e *kaizen* de processo. O primeiro consiste no melhoramento da cadeia de valor e está focado no fluxo de informação e material, enquanto o *kaizen* de processo consiste na eliminação de desperdício no chão de fábrica e está focado no fluxo de pessoas e processos (Pinto 2009).

O primeiro passo para a conceção de um mapa da cadeia de valor é desenhar o estado atual de um processo, através da recolha de informação no chão de fábrica, a qual é necessária para desenvolver o estado futuro, focando os pontos críticos, as atividades ou tarefas que não acrescentam valor, sempre no sentido de reduzir custos e aumentar a capacidade de resposta ao cliente. A seguir é desenhado o mapa da cadeia de valor da proposta futura.

Depois de desenhado o VSM do estado futuro é necessário definir as medidas necessárias para o atingir e o plano de implementação correspondente. Ao longo da execução do plano de implementação devem ser desenhados novos mapas do estado futuro da cadeia de valor, incluindo as alterações decorrentes das medidas implementadas, o que permite identificar novos pontos críticos, aplicando princípios de melhoria contínua à cadeia de valor (Rother e Shook 1999).

As vantagens do mapeamento da cadeia de valor são as seguintes (Pinto 2009):

- Ajuda a visualizar mais do que um processo, permitindo a visão de toda a cadeia de valor, não se concentrando em partes específicas;
- Permite identificar algo mais do que o desperdício, ajudando a identificar as suas origens ao longo de toda a cadeia de valor;
- Fornece uma linguagem comum, simples e intuitiva;
- Favorece uma abordagem global aos conceitos e ferramentas *lean*;
- Fornece uma base para um plano de implementação;
- Demonstra a ligação entre fluxo de materiais, capital e informação.

2.3.2 5S

A ferramenta 5S teve origem no Japão e representa uma das bases para a implementação da filosofia *lean* em empresas.

Os 5S envolvem um conjunto de práticas que visam eliminar o desperdício, melhorar a eficiência do trabalho através do melhoramento do desempenho das pessoas e processos, evitar/prevenir problemas de qualidade, evitar acidentes através da manutenção das condições dos locais de trabalho e obter um ambiente de trabalho limpo, apresentável para os clientes (Liker 2004). Graças à mudança de atitude das pessoas é possível melhorar a organização dos ambientes de trabalho.

Esta metodologia pretende, ao nível do ambiente de trabalho, melhorar o ambiente da empresa, a qualidade do trabalho, a atitude dos colaboradores e garantir a segurança dos mesmos, envolvendo todos no processo de melhoria contínua. Ao nível de produção, esta ferramenta pretende aumentar a produtividade, diminuir os problemas de qualidade, reduzir custos e *stocks* (Simoldes 2013).

Os cinco princípios sobre os quais assenta a ferramenta 5S resumem-se da seguinte forma (Liker 2004):

1. **Seiri (Separar/Eliminar)** – Separar o útil do inútil através da seleção apenas do que é útil e necessário à realização de tarefas e eliminar tudo o que for desnecessário no posto de trabalho;
2. **Seiton (Ordenar/Arrumar)** – Definir e identificar locais específicos para cada utensílio e a sua colocação no respetivo lugar;
3. **Seiso (Limpar)** – Limpar cada zona do posto de trabalho e da área envolvente, de modo a observar anomalias que possam pôr em causa o seu bom funcionamento;
4. **Seiketsu (Normalizar)** – Definir normas de funcionamento do posto de trabalho e criar ajudas visuais e procedimentos;
5. **Shitsuke (Rigor/Disciplina)** – Através da disciplina e do rigor, deve-se assegurar a correta aplicação dos princípios anteriores e considerar o fazer bem à primeira.

2.3.3 Sistema Pull

Os sistemas tradicionais funcionam em *push* por empurrarem os produtos e materiais para o cliente, trabalhando a partir de previsões da procura. Este sistema conduz a *stocks* elevados de matérias-primas, em cursos de produção e produtos acabados, com os custos correspondentes associados. De forma oposta, a filosofia *lean* prevê a utilização de um sistema *pull*, ou produção puxada, onde cada sequência de trabalho apenas é desencadeada quando a que está imediatamente a seguir o permitir, ou seja, apenas quando houver um pedido da estação seguinte. O sistema *pull* é uma componente do JIT (*just-in-time*) (Pinto 2009).

“Flow where you can, pull where you must”, referiram Rother and Shook (1999) no livro *Learning to See*. O que antes era caracterizado por um sistema *push* deve alterar-se para um sistema *pull* e ter um fluxo contínuo.

2.3.4 Diagramas de Fluxo

Os diagramas de fluxo mostram o movimento percorrido por um operador ou por um produto em qualquer parte da fábrica e estão relacionados com o estudo dos movimentos. Segundo Meyers e Stewart (2002), estes diagramas podem ser desenhados sobre as plantas do local em estudo e geralmente ajudam a identificar problemas como:

- Cruzamentos de tráfego – Originam congestionamentos e problemas de segurança;
- Retrocessos – O material deve fluir em linha desde o ponto de entrada em direção ao ponto de saída. Um retrocesso custa três vezes mais que o movimento do fluxo na direção correta;
- Distância percorrida – Quanto menor for a distância percorrida, menor é o custo associado ao movimento efetuado;
- Processo – A sequência de operações deve ter em conta o fluxo do material.

O objetivo dos diagramas de fluxo é encontrar soluções que, ao reduzir as distâncias percorridas, permitem conceber um espaço de trabalho o mais eficiente possível (Meyers e Stewart 2002).

2.3.5 SMED

O aparecimento da produção *lean* como alternativa à produção em massa permitiu atingir um maior equilíbrio entre a oferta e a procura. A competitividade que existe hoje em dia leva a que as empresas tenham bastante flexibilidade e, para isso, é necessário reduzir o número de operações de *setup*, ou seja, reduzir a preparação e afinação dos equipamentos, porque são atividades que não acrescentam valor.

O SMED é uma ferramenta criada por Taiichi Ohno e aperfeiçoada, nos anos 50, por Shigeo Shingo que, no Japão, desenvolveu e consolidou a metodologia de troca rápida de ferramentas conhecida por SMED (*Single Minute Exchange of Die*), com o propósito de melhorar a eficiência de uma fábrica de produção de veículos. A utilização desta ferramenta visa a redução dos tempos de *setup*, aumentando a eficiência dos equipamentos e a flexibilidade dos processos (Shingo 1989).

Através do envolvimento dos operadores na análise das operações de *setup* e a da aplicação de ações de melhoria, criam-se as condições para reduzir as tarefas que lhes correspondem e os tempos de troca e afinação dos equipamentos. O tempo de mudança é contado desde a última peça boa do lote anterior até à primeira peça boa do lote seguinte.

A implementação da metodologia SMED envolve etapas, incorporando cada uma delas, diferentes conceitos de suporte à redução do tempo de *setup* e que se podem observar na Figura 4. Pretende-se, então, classificar e separar as atividades de *setup* internas e externas, converter as atividades de *setup* internas em externas e reduzir o tempo delas, tanto das externas, como das internas. Depois tenta-se uniformizar estas atividades por toda a fábrica, de modo a que todos trabalhem da mesma forma e o tempo seja igual ou semelhante.

De acordo com Shingo (1985), as atividades de *setup* interno são todas as operações que, para ser executadas, exigem que o equipamento esteja parado. As atividades de *setup* externo são operações que podem ser realizadas com o equipamento em funcionamento.

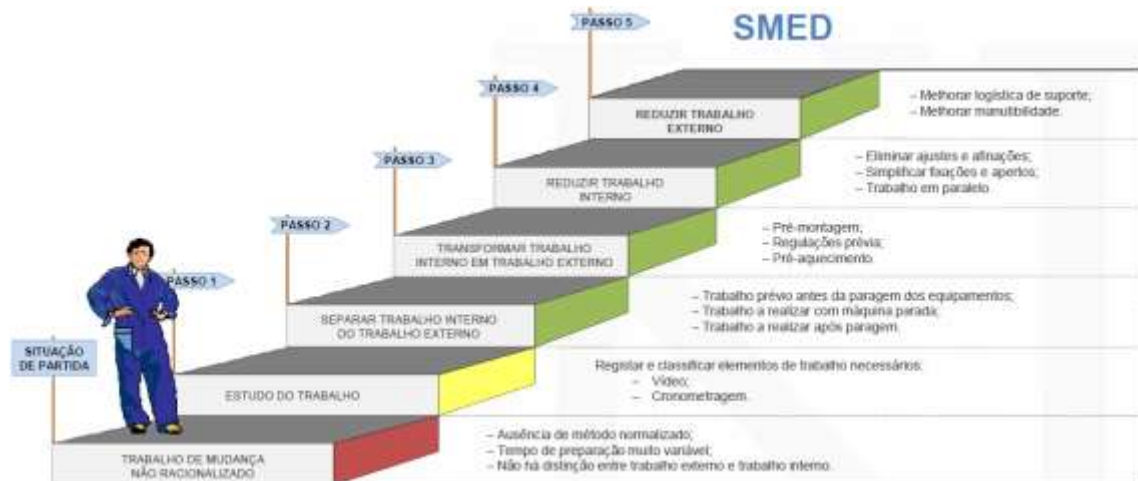


Figura 4: As cinco etapas do SMED

(fonte: Kaizen Institute)

O *setup* interno pode ser melhorado se eliminarmos a necessidade de efetuar ajustes e optarmos por realizar operações em paralelo, reduzindo a necessidade de percorrer grandes distâncias, através da ajuda adicional de outro operador. O pré-aquecimento dos moldes para máquinas de injeção plástica é uma forma eficaz de converter uma operação de *setup* interno numa operação externa. A organização do posto de trabalho é fundamental para reduzir o trabalho de *setup* externo, através da preparação dos moldes e ferramentas necessárias para a realização de um *setup*. O uso de componentes, peças e matérias-primas *standard* também permite reduzir o tempo de *setup* (Suzaki 2010).

2.4 Melhoria Contínua

2.4.1 Conceito

O conceito de melhoria contínua (em Japonês, *Kaizen*, que significa “boa mudança”) é uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho e a qualidade nas organizações, através do trabalho em equipa. Esta filosofia é um dos pilares do *lean thinking*, que procura a perfeição e sustenta o TPS diariamente. Os objetivos são a redução de custos, o aumento da qualidade de produtos, um melhor desempenho e a satisfação tanto dos clientes, como dos *stakeholders* (partes interessadas) (Liker 2004).

O *kaizen* é uma metodologia segundo a qual as pessoas trabalham em conjunto para melhorar o desempenho dos seus processos. O *kaizen* depende do trabalho em equipa e de cada elemento constituinte da equipa estar aberto à mudança, algo que por vezes é complicado. Quer-se que as pessoas cometam erros para as incentivar a identificarem os problemas e a solucioná-los. Tenta-se com que as pessoas façam sempre melhor e aumentem os seus níveis de desempenho (Pinto 2009).

Um processo de melhoria contínua é apoiado num ciclo de melhoria contínua (ciclo PDCA), que é repetido ciclicamente até que se alcancem metas e objetivos anteriormente traçados, até que se alcance a perfeição (Pinto 2009).

A uniformização é também importante para a melhoria contínua, pois permite que todos trabalhem do mesmo modo, mesmo que as operações sejam executadas por pessoas diferentes (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008).

De modo a envolver todos os colaboradores no processo de melhoria contínua foi criado o sistema de sugestões, valorizando a sua participação. As sugestões podem ser quanto à alteração de um processo ou implementação de algo que traga melhorias e ganhos para a empresa, levando a uma maior motivação no trabalho.

2.4.2 Ciclo PDCA

Segundo Pinto (2009), nos anos 30, Walter Shewart esteve na origem do ciclo PDCA, mas foi a partir do ano de 1950, no Japão, que W. E. Deming promoveu o ciclo de melhoria contínua ou ciclo de Deming, atualmente mais conhecido por ciclo PDCA

O ciclo PDCA caracteriza-se pela orientação na implementação de ações que visem a mudança. Deming encorajou os Japoneses a adotar uma abordagem sistemática para a resolução de problemas e tornou-se numa das chaves da melhoria contínua (Liker 2004).

Este ciclo trata-se de uma ferramenta que apoia a resolução de problemas e obriga a um ciclo infinito de melhorias, sendo portanto um processo iterativo, no sentido em que se pode sempre melhorar através da identificação das suas falhas (Pinto 2009).

O ciclo PDCA é constituído por quatro fases, cujas iniciais, em inglês, correspondem a cada uma das letras:

- *Plan* (Planear);
- *Do* (Fazer);
- *Check* (Verificar);
- *Act* (Agir).

A relação entre as várias fases está representada na Figura 5.

O ciclo é iniciado com o planeamento de ações. De seguida, as ações planeadas são executadas e, posteriormente, são verificadas, para saber se o que foi feito está de acordo com o planeado. Caso isso aconteça, toma-se uma ação para eliminar ou amenizar os problemas anteriormente encontrados ou ajustar o que se planeou.



Figura 5: Ciclo PDCA

(fonte: Pensamento *Lean* - A filosofia das organizações vencedoras)

Apesar da sua simplicidade, a aplicação deste método não se torna fácil, porque exige uma grande disciplina e não se devem saltar etapas.

2.5 Métricas Lean

A utilização de indicadores de desempenho é importante nos processos de análise do fluxo de valor e na tomada de decisões na produção *lean*. No mapeamento da cadeia de valor, o recurso a métricas de desempenho é essencial na identificação e eliminação de desperdícios.

O **Lead Time** (LT) é o tempo que uma peça demora a percorrer o fluxo de valor, ou seja, desde a entrada da matéria-prima em fábrica até à entrega ao cliente (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008; Jones e Womack 2002).

O **Tempo de Valor Acrescentado** (TVA) é o tempo das operações que acrescentam valor ao produto e pelas quais o cliente está disposto a pagar (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008).

O **Tempo de Ciclo** (TC) é definido pelo período de tempo ou a frequência com que uma peça ou produto é finalizado num processo. Refere o tempo que um operador leva a percorrer todas as suas operações antes de as repetir novamente (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008).

O **Takt-Time** é a frequência com que deve ser produzida uma peça, tendo em conta as necessidades dos clientes. Esta métrica é uma referência que ajuda a sincronizar o ritmo de produção com o ritmo das vendas (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008). O *takt-time* pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \text{Tempo operacional por turno} / N^{\circ} \text{ de Peças pedidas pelo cliente por turno}$$

O **Tempo de Ciclo Planeado** (TCP) corresponde ao *takt-time* tendo em conta determinado rendimento. Este valor sugere um ritmo de produção mais elevado para fazer face a problemas inesperados e paragens não planeadas que possam vir a comprometer o serviço ao cliente (Rother e Shook 1999). O TCP pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$TCP = Takt\ time * Rendimento\ (\%)$$

O **Overall Equipment Effectiveness** (OEE), inicialmente associado à metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total), é um indicador que serve para avaliar o desempenho global de sistemas ou processos e identificar aspetos que limitem o nível de eficiência da produção. Este indicador obtém-se pela multiplicação de três elementos chave para a criação de valor (Marchwinski, Shook, e Schroeder 2008):

- **Disponibilidade**, referente ao tempo real de funcionamento do sistema/equipamento:

$$Disponibilidade = (\text{Tempo de Abertura} - \text{Perdas de Disponibilidade}) / \text{Tempo de Abertura}$$

- **Performance**, relativo ao desempenho do processo face ao esperado:

$$Performance = (\text{Tempo Disponível} - \text{Perdas de Performance}) / \text{Tempo Disponível}$$

- **Qualidade**, relativa à produção dentro dos parâmetros de qualidade exigidos:

$$Qualidade = (\text{Tempo de Funcionamento} - \text{Perdas de Qualidade}) / \text{Tempo de Funcionamento}$$

$$\text{OEE} = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade$$

A eficiência de uma unidade produtiva é normalmente afetada por acontecimentos e incidentes, denominados de perdas. Na Figura 6 pode identificar-se o impacto dessas no tempo.



Figura 6: Impacto de perdas no tempo

(fonte: Simoldes Plásticos)

O tempo de abertura corresponde ao tempo planeado que uma linha se encontra em funcionamento, em função do número de turnos. Por exemplo, se uma linha trabalha com 1 turno, o tempo de abertura é de 8 horas. O tempo disponível é o tempo de abertura menos o somatório dos tempos de paragens programadas e não programadas. O tempo de funcionamento é o tempo resultante da multiplicação do número de peças produzidas pelo tempo de ciclo. O tempo efetivo considera o tempo de funcionamento, retirando o número de peças defeituosas multiplicado pelo tempo de ciclo.

As paragens programadas dizem respeito a pausas na produção definidas à partida. Os exemplos mais comuns são as paragens para refeições, descanso ou limpeza dos postos de trabalho.

As perdas de disponibilidade correspondem a períodos não produtivos motivados por eventos inesperados como falta de componentes, indisponibilidade de operadores, avarias de equipamentos ou mudança de produto (*setups*).

As perdas de performance dizem respeito a diferenças de ritmo de produção real face ao esperado ou teórico.

As perdas de qualidade correspondem a aspetos como o tempo despendido em erros dos operadores ou existência de defeitos nos componentes, fatores esses que levam à produção de peças defeituosas.

Todos estes indicadores são tidos em consideração na análise de um processo produtivo e na identificação das melhorias necessárias à sua otimização.

3 Caso de estudo

3.1 Apresentação do caso de estudo

A presente dissertação consiste no estudo de um posto da linha de montagem, onde atualmente são produzidas quatro peças diferentes que passam por processos semelhantes e têm equipamentos em comum, sendo também efetuada uma análise do processo na linha de injeção. Apesar de se mostrar toda a cadeia de valor através de um VSM, pretende-se focar a análise apenas ao processo produtivo, desde a linha de injeção até à linha de montagem, e não ao restante fluxo de material e de informação ao longo da cadeia de valor. O VSM foi a ferramenta escolhida pois é a que se adequa melhor ao estudo que se pretende efetuar e é a ferramenta principal utilizada pela empresa no estudo de processos produtivos.

O posto de trabalho em estudo é um dos postos críticos da linha de montagem. Apesar de possuir periféricos e equipamentos automáticos, requer um trabalho bastante manual e, por isso, necessita de um número elevado de operadores qualificados para produzir as peças.

As áreas da fábrica onde os processos estudados são desenvolvidos encontram-se representadas na Figura 7, *layout* da Simoldes Plásticos.

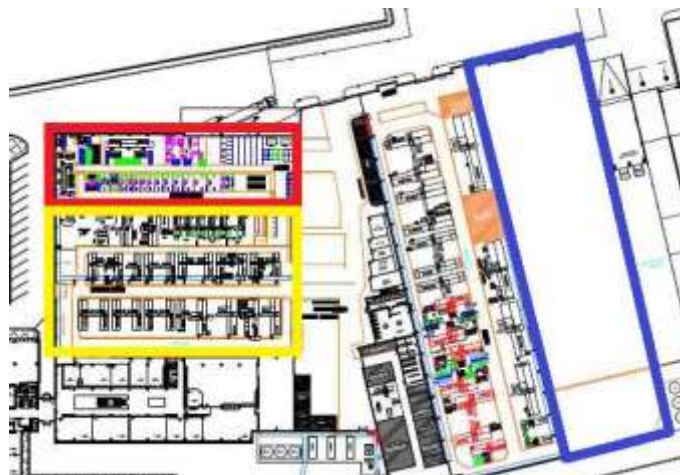


Figura 7: Layout da fábrica Simoldes Plásticos

(fonte: Simoldes Plásticos)

A área sinalizada a amarelo na Figura 7 corresponde ao módulo de injeção, onde é realizada a injeção de plásticos (ver Figura 8). Nesta área encontram-se as máquinas de injeção de pequena/média dimensão, com força de fecho entre 150 e 900 toneladas-força. Estes módulos trabalham de segunda a sexta-feira em três turnos de 8 horas por dia. Salvo casos excecionais, as máquinas destes módulos ficam inativas ao sábado e domingo.

O módulo de montagem está representado na Figura 7 pela área sinalizada a vermelho (ver Figura 8), sendo as operações de montagem de componentes executadas nesta zona. Por esta razão, este módulo é normalmente designado por linha de montagem, embora existam postos de trabalho individuais em que não há uma sequência de montagem de acessórios e componentes. Este módulo opera de segunda a sexta-feira e, quando necessário, ao sábado, para terminar alguma produção que tenha ficado em atraso. Na linha de montagem há postos de trabalho que estão funcionais em um, dois ou três turnos. Cada turno trabalha 8 horas,

incluindo 60 minutos, que se designam por paragens programadas, repartidas por refeições e limpeza dos postos de trabalho.



Figura 8: Módulo 1 e 2 da linha de injeção e linha de montagem, respetivamente

A fábrica dispõe ainda de áreas destinadas ao armazenamento de produtos acabados e de produtos em curso de fabrico. No armazém representado a azul na figura 13 são armazenados os produtos acabados dos postos estudados neste projeto.

3.2 Estado atual do posto da linha de montagem

Na linha de montagem considera-se que o posto funciona 5 dias por semana e 22 dias por mês. O tempo de abertura de produção de um turno é de 7 horas, sendo de 14 horas com dois turnos e 21 horas com três turnos. No tempo de abertura retiram-se as paragens programadas. Quando foi iniciado o estudo, o posto operava com dois turnos.

Após recolher as necessidades dos clientes e os tempos de ciclo definidos pela empresa para cada uma das peças, foi calculada a ocupação do posto por dia e verificou-se que o tempo do posto ocupado por dia seria superior ao número de horas em que os dois turnos estavam funcionais.

Os indicadores utilizados foram calculados com base nas fórmulas:

- $\text{Peças/dia} = \text{Carros/dia} \times \text{n}^{\circ} \text{ de Cavidades}$
- $\text{Ocupação Posto/dia (h)} = (\text{Peças/dia} \times \text{Tempo de Ciclo}) / 3600$
- $\text{Tempo de Abertura (s)} = \text{Tempo (h)} \times 3600$
- $\text{Ocupação Posto/mês (dias)} = (\text{Peças/dia} \times \text{Tempo de Ciclo (s)} \times 22) / \text{Tempo de Abertura (s)}$
- $\text{Necessidade MOD/mês} = \text{n}^{\circ} \text{ Operadores} \times \text{n}^{\circ} \text{ de Turnos} \times ((\text{Ocupação Posto/mês})/22)$
- $\text{Necessidade MOD Posto} = \text{Tempo de Operação A...Z (s)} / \text{Tempo de Ciclo (s)}$

Após efetuados os cálculos, pode analisar-se na Tabela 1 e Tabela 2, a ocupação do posto com dois turnos e três turnos, respetivamente. A tabela 1 mostra informação e dados necessários para os cálculos para cada peça. Pode ver-se a marca, o nome da peça, o número de molde da peça, a necessidade de peças, o tempo de abertura e a ocupação do posto. Para a tabela 2 consideram-se os mesmos valores, à exceção do tempo de abertura.

Tabela 1: Ocupação atual do posto da linha de montagem com dois turnos ativos

Marca	Nome	Molde	Cavidades	Tempo Ciclo (s)	Carros/sem	Peças/mês	Peças/dia	Ocup. Posto/dia	T. Abertura (s)	Ocup. Posto/mês
Volkswagen	Rueckwand	7223	1	120	180	792	36	1,20	50400	1,89
Audi	Pilar A	7650	2	110	805	7084	322	9,84	50400	15,46
	Windschutz	7651	1	120	805	3542	161	5,37	50400	8,43
Porsche	Pilar A	7373	2	86	250	2200	100	2,39	50400	3,75
Σ								18,79		29,53
								h/dia		dias/mês

Tabela 2: Ocupação atual do posto da linha de montagem com três turnos ativos

Marca	Nome	Molde	Cavidades	Tempo Ciclo (s)	Carros/sem	Peças/mês	Peças/dia	Ocup. Posto/dia	T. Abertura (s)	Ocup. Posto/mês
Volkswagen	Rueckwand	7223	1	120	180	792	36	1,20	75600	1,26
Audi	Pilar A	7650	2	110	805	7084	322	9,84	75600	10,31
	Windschutz	7651	1	120	805	3542	161	5,37	75600	5,62
Porsche	Pilar A	7373	2	86	250	2200	100	2,39	75600	2,50
Σ								18,79		19,69
								h/dia		dias/mês

Através da Tabela 1, observa-se que com dois turnos em funcionamento, a capacidade necessária do posto da linha de montagem era de 18,79 horas por dia, mas como os dois turnos só trabalhariam efetivamente 14 horas por dia, será necessário abrir um novo turno. Também se pode verificar pela ocupação do posto por mês. A capacidade necessária era de 29,53 dias por mês para produzir as peças necessárias, mas apenas se consideram 22 dias disponíveis para trabalho, pelo que os dois turnos não serão suficientes. Pode concluir-se que a capacidade necessária é superior à capacidade disponível para a produção de todas as peças.

Com a abertura de um novo turno (ver Tabela 2), passa a existir uma disponibilidade de 21 horas por dia, sendo possível, em condições normais, produzir as quantidades necessárias. Ainda na Tabela 2 pode ser observado que a ocupação do posto por mês é de 19,69 dias, abaixo dos 22 dias disponíveis. A ocupação do posto por dia continua a ser igual ao que é mostrado na Tabela 1, pois o seu cálculo depende apenas do número de peças necessárias e do tempo de ciclo. O tempo que sobra com o funcionamento dos três turnos não é muito significativo, pois há um grande número de disfuncionalidades neste posto, resultando que, pontualmente, três turnos não sejam suficientes, provocando atrasos na produção. Como as necessidades dos clientes variam todos os meses para cada uma das peças, considerou-se uma média das necessidades para o ano inteiro.

Na Tabela 3 são indicados os equipamentos necessários para a produção de cada uma das peças no posto da linha de montagem, podendo ser constatado que nem todas as peças utilizam os mesmos equipamentos ou periféricos, embora existam equipamentos comuns, razão porque foram agrupadas no mesmo posto.

Tabela 3: Equipamentos necessários para a produção das peças

Marca	Peça	Equipamento necessário							
		Cabine lixa	Cabine cola	Túnel secagem	Máq. Termoformagem	Prensa	Robot soldadura	Perif. detecção	Perif. Aquecimento
Porsche	Pilar A		X	X					X
Audi	Pilar A	X	X	X	X			X	
	Windschutz	X	X	X	X			X	
Volkswagen	Rueckwand	X	X	X	X	X	X	X	

Os principais fatores que levam à disfuncionalidade ou ineficiência do posto, afetando o OEE, são:

- A mudança do posto de trabalho para começar a produzir outra peça ou uma mudança de versão de peça;
- A avaria de periféricos e equipamentos;
- O tempo de arranque do processo;
- A realização de ensaios para novas peças.

Nota: Dependendo de se tratar de linha de injeção ou linha de montagem e do número de turnos em funcionamento, a Simoldes Plásticos considera diferentes tipos de abertura, com impactos diferentes no OEE. A SP considera que o tempo de abertura corresponde ao tempo planeado para cada uma das linhas, retirando as paragens programadas.

3.3 Análise dos Processos

A análise dos processos produtivos foi desenvolvida com base na metodologia de mapeamento da cadeia de valor (VSM). Embora se mostre a globalidade do mapeamento da cadeia de valor na análise dos processos de produção, na empresa efetuaram-se mapeamentos parciais, porque apenas se pretendeu analisar os processos produtivos, desde a linha de injeção à linha de montagem.

Para a produção das quatro peças, os mapeamentos do fluxo de valor diferem quanto ao processo de injeção e montagem, clientes e fornecedores de matéria-prima e componentes. Por norma, a empresa considera o tempo de armazenagem de matéria-prima, o tempo de armazenagem das peças injetadas e o tempo de armazenagem do produto final (antes de ser enviado para o cliente) equivalentes para todas as peças.

O cliente envia uma previsão de 6 meses das encomendas para a empresa e confirma as quantidades necessárias todas as semanas por EDI. Depois de obtida esta informação, procede-se à encomenda de matéria-prima e componentes e à emissão da ordem de produção. Após serem rececionados, a matéria-prima e os componentes ficam armazenados durante 5 dias, sendo depois, através de um sistema *pull*, transportados para a linha de injeção. Quando a ordem de produção é terminada, o produto é transportado para um armazém e permanece lá durante 3 dias. Antes da linha de montagem ser abastecida, os produtos e os componentes permanecem num supermercado perto do módulo de montagem durante 8 horas. Quando a ordem de produção na linha é concluída, as peças produzidas são transportadas para um armazém de produto final, onde permanecem 3 dias até serem enviadas para o cliente.

Depois de analisar o estado atual do posto de trabalho quanto à ocupação do posto, passou-se à análise das operações e os respetivos tempos. Este estudo foi baseado em observações de operadores a desempenhar determinada tarefa, e foram calculados valores médios. É de realçar que devem estar sujeitos ao mesmo estudo os operadores que realizem a mesma tarefa, desde que devidamente qualificados e a trabalhar a um ritmo constante.

A medição de tempos foi efetuada por observação direta e recorrendo a filmagens. O processo de observação e medição de tempos de fabrico foi moroso devido a algumas peças serem produzidas durante curtos intervalos de tempo, a existirem paragens não programadas no posto e aos operadores não trabalharem a um ritmo constante. É comum realizar-se um pequeno número de observações, habitualmente entre 10 e 20.

O processo de recolha de tempos apresentou as seguintes dificuldades:

- Depende da produção semanal. Por esta razão, as peças produzidas em maior quantidade foram melhor acompanhadas;
- No início do estudo, havia operadores em formação. Os operadores mais experientes trabalhavam mais lentamente para ensinar os que estavam em formação;
- Não foi sempre o mesmo operador a fazer as mesmas tarefas e nem todos trabalhavam a um ritmo constante;
- A análise incidiu maioritariamente sobre observações realizadas no turno da manhã.

Como este posto de trabalho já não é analisado e acompanhado há algum tempo, o *dossier* de cada uma das peças, que contém o layout, gama de fabrico, instruções de trabalho e gama de controlo estava desatualizado e, por isso, foi necessário proceder à sua atualização.

O objetivo da linha de montagem consiste em disponibilizar MOD e balancear o posto de trabalho para cada uma das peças.

Na Tabela 4 é feita uma análise do *takt time* e tempo de ciclo das peças na linha de montagem.

Tabela 4: Análise do *Takt Time* e Tempo de Ciclo para cada uma das peças na linha de montagem

	7223-Rueckwand	7650-Pilar A	7651-Windschutz	7373-Pilar A
Nec. Peças cliente	36 Peças/dia	322 Peças/dia	161 Peças/dia	100 Peças/dia
<i>Takt Time</i> (s)	700''	78,3''	156,5''	252''
T. Ciclo Planeado (s)	630''	70,5''	140,9''	226,8''
T. Ciclo (s)	120''	110''	120''	86''

Se apenas produzisse a peça Rueckwand num turno, necessitaríamos de finalizar uma peça a cada 700 segundos. Assumindo que a empresa tem um rendimento objetivo de 90% para fazer face a disfuncionalidades na produção, o tempo de ciclo teria que ser de 630 segundos, ocupando o posto de trabalho durante 19,8 dias por mês $[(36\text{peças} \times 630'' \times 22 \text{ dias}) / (7\text{horas} \times 3600)]$.

Como se pretende produzir todas as peças no mesmo posto de trabalho, para assegurar as necessidades dos clientes é necessário aumentar a cadência de produção e trabalhar a um ritmo contínuo. Para isso, tem de se considerar o *bottleneck* do processo que, para esta peça, é o periférico de soldadura. A empresa tem em conta uma disfuncionalidade de 10% para este equipamento, pelo que este valor tem de ser acrescentado ao tempo de ciclo do equipamento.

O tempo de ciclo do equipamento é de 110 segundos, por isso definiu-se um tempo de ciclo do processo de 120 segundos ($110''/0.9$).

Pelas mesmas razões, e analisando as restantes peças da mesma forma, a empresa definiu os tempos de ciclo para cada uma delas. Deve ser referido que a máquina de termoformagem não estava otimizada, possuindo um tempo de ciclo superior ao atual. O tempo de ciclo da máquina de termoformagem varia de peça para peça, em função da espessura do pvc, do tempo de aquecimento e do tempo de arrefecimento necessário para se poder trabalhar a peça.

3.3.1 Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7223

3.3.1.1 Estado Atual

No molde 7223 é injetada a peça Rueckwand Outer da marca Volkswagen. Para a completa montagem do Rueckwand, é também necessária a peça injetada no molde 7224, Rueckwand Inner. A peça Rueckwand é aplicada na parte traseira do automóvel.

Na análise do processo de produção do Rueckwand foi estudado apenas o processo de injeção do molde 7223 e, posteriormente, o processo de montagem das duas peças. Não foi possível analisar o processo de injeção plástica do molde 7224, mas para o estudo do projeto não é relevante.

Para mostrar a fase inicial da análise de uma peça, na Tabela 5 pode observar-se a descrição das operações, as cronometragens e o tempo médio referentes à linha de injeção do Rueckwand Outer. A análise é baseada na mesma tabela para a linha de montagem e os valores estão indicados no Anexo A. Este procedimento é realizado da mesma forma para as restantes peças.

Tabela 5: Valores observados na linha de injeção da peça Rueckwand

Nº	Nº OP	DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE	Nº PEÇAS / CRONO	CRONOMETRAGENS (segundos)										Tempo / peça
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	Pega peça e verifica furos	1,00	12,00	15,00	12,00	15,00	13,00	13,00	12,00	15,00	13,00	14,00	14,0
2	1	Retira rebarba	1,00	10,00	10,00	10,00	12,00	9,00	9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	10,0
3	1	Verificar incompletos	1,00	5,00	4,00	5,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4,0
4	1	Coloca peça na embalagem	1,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,0
5	1	Prepara e coloca separador de embalagem	9,00	18,00	19,00	19,00	18,00	18,00	18,00	19,00	19,00	18,00	18,00	2,0
7	1	Cola rótulo na embalagem	27,00	14,00	15,00	12,00	12,00	15,00	14,00	14,00	12,00	13,00	12,00	0,5
8	1	Posiciona embalagem seguinte	27,00	13,00	15,00	15,00	12,00	13,00	13,00	12,00	14,00	14,00	13,00	0,5
SOMA DAS ACTIVIDADES (TEMPO / PEÇA)														35,00
OCUPAÇÃO / PAX / CICLO (seg.)														35,00
% OCUPAÇÃO / PAX														74%

Neste ponto é importante identificar as operações e observar o tempo gasto na sua realização. O nº de peças indica a frequência da observação.

Após recolhidos os dados de entrada, procedeu-se à análise do processo produtivo da peça, desenhando o mapeamento da cadeia de valor do estado atual. A Figura 9 apresenta o VSM com uma análise global da linha de injeção e da linha de montagem, sem descrição das operações.

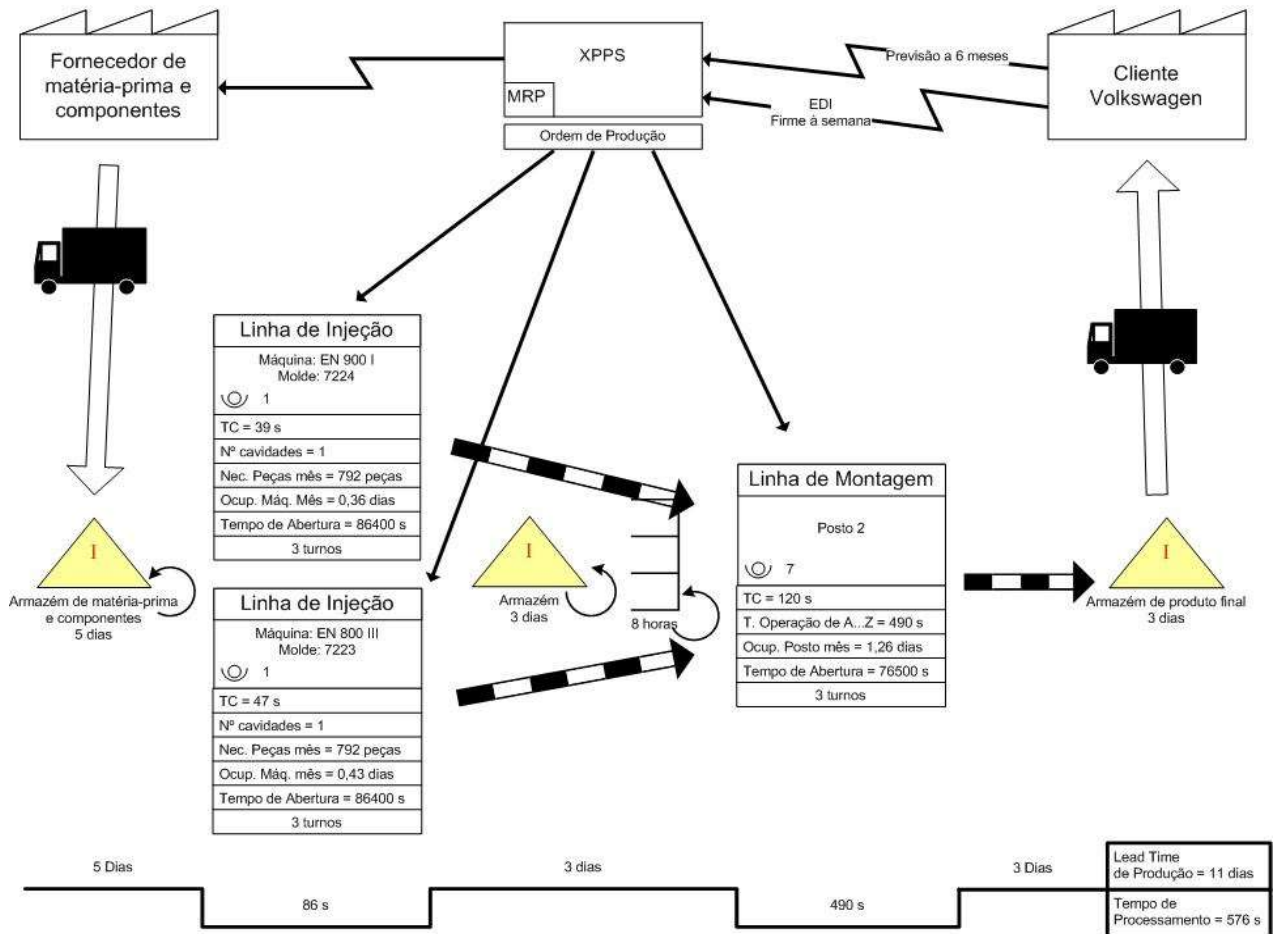


Figura 9: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7223

Através deste VSM, observa-se que é necessário injetar duas peças plásticas diferentes para a montagem da peça Rueckwand. É importante analisar os dados e indicadores referidos na figura, tanto para a linha de injeção, como para a linha de montagem. Na Tabela 6 encontra-se um resumo desses indicadores.

As fórmulas utilizadas para obter as métricas *lean* da linha de montagem já foram referidas no capítulo 3.2. Na linha de injeção, as máquinas trabalham 24 horas durante 22 dias por mês. Cada turno tem a duração de 8 horas. Dentro deste horário há operadores específicos para substituir os operadores fixos nos tempos de intervalo, evitando a paragem das máquinas. Para produzir determinada peça, a máquina de injeção tem uma ocupação, tendo sido calculada a necessidade de MOD mensal, indicando o valor de MOD que o cliente terá de pagar para essa ocupação. O tempo de abertura para a linha de injeção é de 24 horas e as fórmulas utilizadas para calcular estes indicadores são:

- Ocupação Máquina/mês (dias) = $(\text{Tempo de Ciclo} \times \text{injeções/dia} \times 22) / \text{Tempo de Abertura}$
- Necessidade MOD/mês = $\text{nº Operadores} \times \text{nº Turnos} \times (\text{Ocupação Máquina/mês}) / 22$

Tabela 6: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Rueckwand

Dados		
Carros/sem	180	
Nec. Peças Cliente	36 Peças/dia = 792 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	7
Tempo de Abertura	24*3600 = 86400 s	21*3600 = 75600 s
Tempo de Ciclo	47 Segundos	120 Segundos
Tempo Operação de A...Z	35 Segundos	490 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	110 Segundos
Ocupação Mensal	0,43 Dias/mês	1,26 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,06 MOD/mês	1,2 MOD/mês
Necessidade MOD posto	1 MOD	5 MOD

Os tempos de ciclo considerados são os que estão definidos atualmente pela empresa. Os tempos de operação de A a Z foram obtidos através da análise das filmagens e cronometragens realizadas. Como os postos de trabalho não produzem apenas esta peça, é fundamental saber a ocupação mensal de cada um deles, e a necessidade mensal de MOD para a peça em questão. O número de MOD necessário nos postos de trabalho das duas linhas para a produção desta peça obtém-se em função do tempo de operação e do tempo de ciclo.

Na linha de injeção, o tempo de ciclo é de 47 segundos, pelo que serão necessárias 792 injeções para satisfazer as necessidades dos clientes. O tempo de ciclo poderá ser influenciado pela temperatura do molde, temperatura de moldagem, pressão de injeção, velocidade de injeção e tempo de arrefecimento. Na linha de montagem é preciso produzir as mesmas 792 peças para satisfazer as necessidades dos clientes.

Para o tempo de ciclo de 120 segundos na linha de montagem, o objetivo de produção é de 30 peças por hora ($3600''/120''$). No tempo, das três paragens programadas por turno, o objetivo é de 25 peças ($50'' \times 60''/120''$), 15 peças ($30'' \times 60''/120''$) e 20 peças ($40'' \times 60''/120''$), nessas horas respetivamente. Logo, o objetivo de peças a produzir por turno é de 210 peças. Através dos quadros de produção, que são de preenchimento obrigatório em todos os postos, verifica-se se o objetivo foi alcançado e sabe-se as disfuncionalidades ocorridas, sendo calculado o rendimento operacional.

Os indicadores calculados são essenciais para estar a par da situação do posto na produção da peça. Após recolhidos valores dos quadros de controlo de produção ou quadros TRS (taxa de rendimento sintética), calculou-se o OEE e obteve-se uma média de 88%. Este valor reflete-se nas disfuncionalidades do posto, nomeadamente em avaria de equipamentos, pelo que a sua manutenção deve ser mais frequente.

Como se pretende focar o processo, realizou-se uma análise aprofundada dos processos da linha de injeção e montagem. Um VSM parcial do processo produtivo é apresentado na Figura 10 e na Figura 11, mostrando as operações respeitantes a cada operador, o tempo das operações e os pontos críticos do processo.

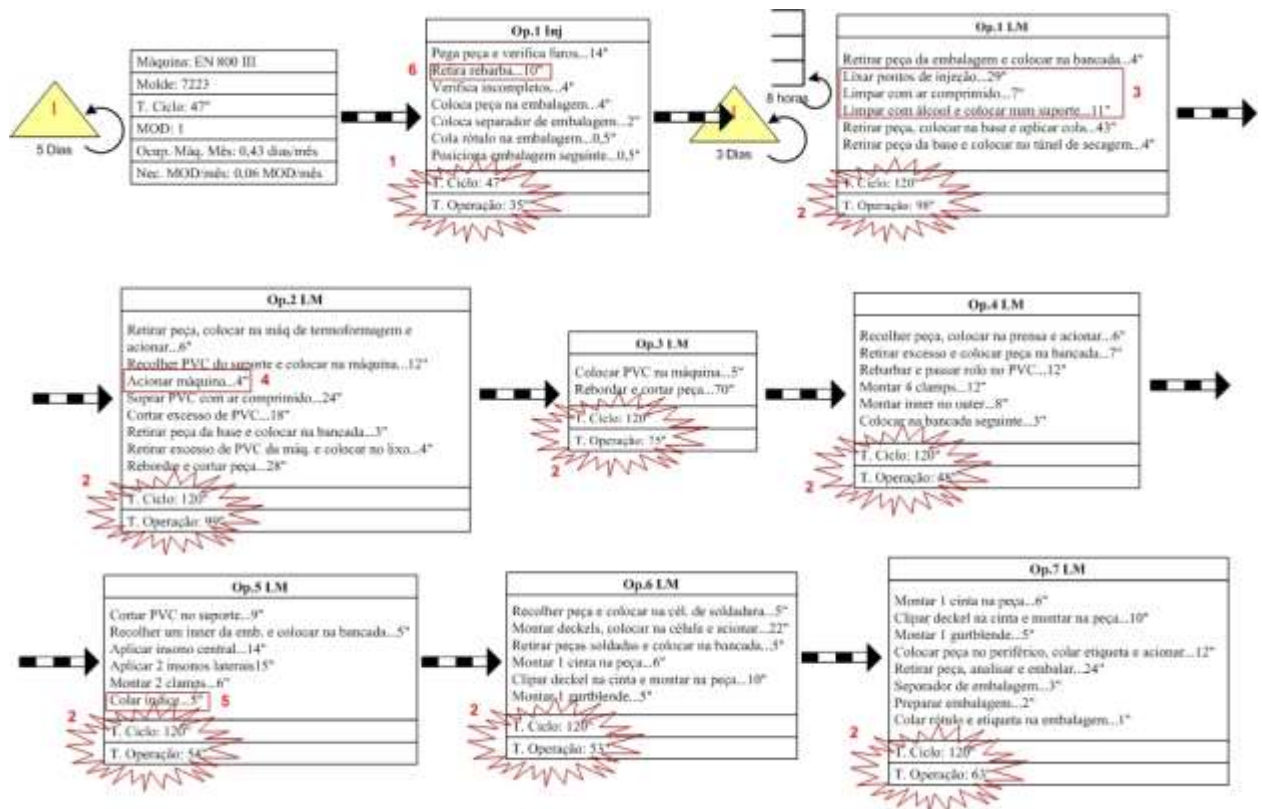


Figura 10: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Rueckwand

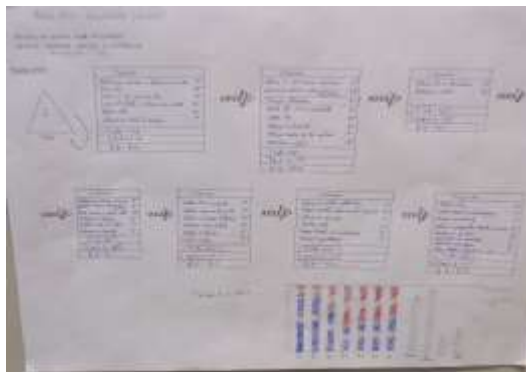


Figura 11: Mapeamento do estado atual efetuado na empresa

O processo na linha de montagem pode ser resumido da seguinte forma:

- Inicialmente é necessário lixar as zonas dos pontos de injeção da peça plástica, aplicando cola na peça, passando depois por uma cabine de secagem em que a cola é reativada. A peça depois passa por um processo de termofixagem.
- De seguida, faz-se a rebordagem e corte do pvc em excesso e coloca-se a peça numa prensa para retirar mais pvc em excesso.
- A seguir são montados os componentes e, para finalizar, é feita a análise da peça, função que se designa por muro de qualidade.

Na linha de montagem os componentes passam por elevadas temperaturas e alguns, depois de montados, podem afetar algumas operações (por exemplo, o corte manual do pvc em excesso por parte dos operadores). Por estas razões, não se transferiu a montagem de alguns componentes para a linha de injeção. Trata-se de um processo bastante manual porque o

cliente assim o exigiu. Para esta peça é preciso uma base de apoio para aplicação da cola, uma base para a máquina de termoformagem e uma base para o periférico de detecção de componentes.

Os pontos críticos que fazem parte do processo produtivo representam desperdícios ou tarefas que não acrescentam valor ao cliente e estão identificados a vermelho na Figura 10. É preciso definir ações, de modo a eliminar ou reduzir esses desperdícios. Por exemplo, a colagem da etiqueta de índice é uma tarefa desnecessária, pois o molde já contém o índice gravado. A operação de lixar os pontos de injeção das peças é uma tarefa sem valor acrescentado mas necessária, porque se não for feita, as peças não estão conformes após o processo de termoformagem. O desperdício fundamental pode ser visualizado na Figura 12, estando associado ao facto de o tempo de operação dos operadores ser bastante inferior ao tempo de ciclo.

Na Tabela 7 é apresentado um plano de ações para os pontos críticos e possíveis melhorias.

Tabela 7: PDCA para a peça Rueckwand

Pontos	Descrição	Ação	Resp.	PDCA	Data
1	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de injeção	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D, C, A	abr/14
2	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de montagem	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D, C, A	jun/14
3	Operação de lixar peças	Programar robot para efetuar operação de lixar	Y	P, D	
4	Tempo de acionamento da máq. desnecessário	Otimização da máquina de termoformagem	Y	P, D, C, A	mar/14
5	Tarefa sem valor acrescentado	Eliminar tarefa	W	P, D, C, A	abr/14
6	Tirar rebarba na linha de injeção	Alteração de molde	V	P	
	Tempo de arrefecimento da peça	Colocar um temporizador com alarme após bomba de vácuo entrar em funcionamento	Y, Z	P	
	Redução do tempo de soldadura	Soldar deckels no dia anterior à produção	W	P	

Como se pode analisar na Figura 12, há operadores que executam poucas operações e têm bastante tempo livre, pelo que será necessário balancear o processo, reduzir MOD e nivelar os operadores. É importante referir o gargalo do processo que, para esta peça, corresponde ao tempo de ciclo de um equipamento.

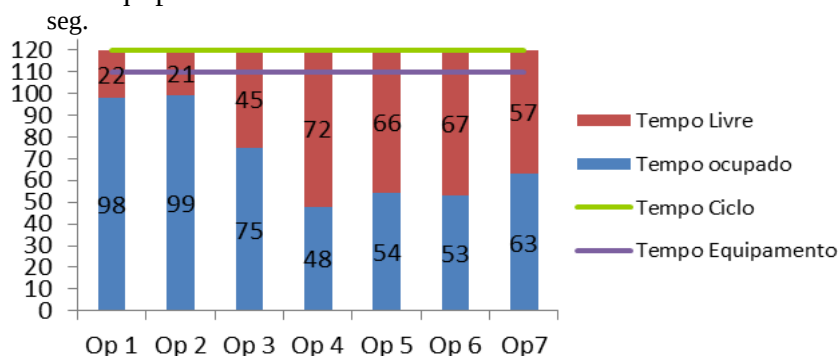


Figura 12: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Rueckwand

Outro desperdício considerado está relacionado com a movimentação dos operadores. O *layout* e os fluxos dos operadores do posto de trabalho na linha de montagem para esta peça estão representados na Figura 13.

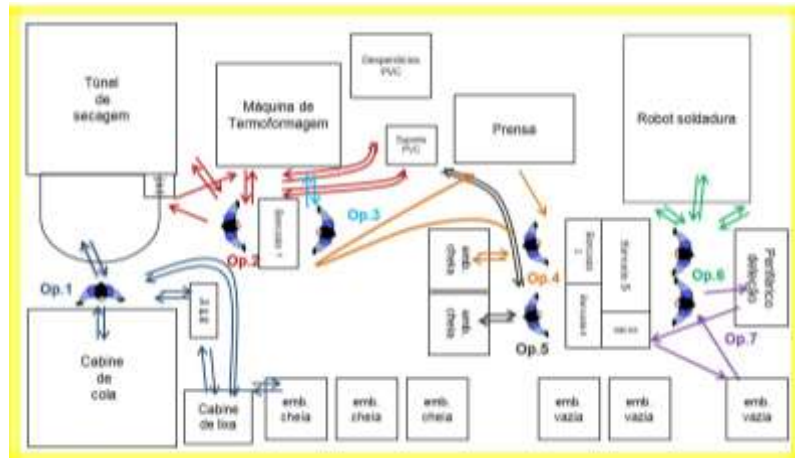


Figura 13: Layout atual da linha de montagem para a peça Rueckwand

Como se pode observar, há operadores que percorrem distâncias desnecessárias e, por isso, devem ser reduzidos, através do balanceamento das operações de cada operador.

3.3.1.2 Proposta Futura

Uma proposta de VSM para o estado futuro da peça rueckwand pode ser visualizada na Figura 14. O objetivo é reduzir MOD, balancear o processo e aumentar a sua robustez.

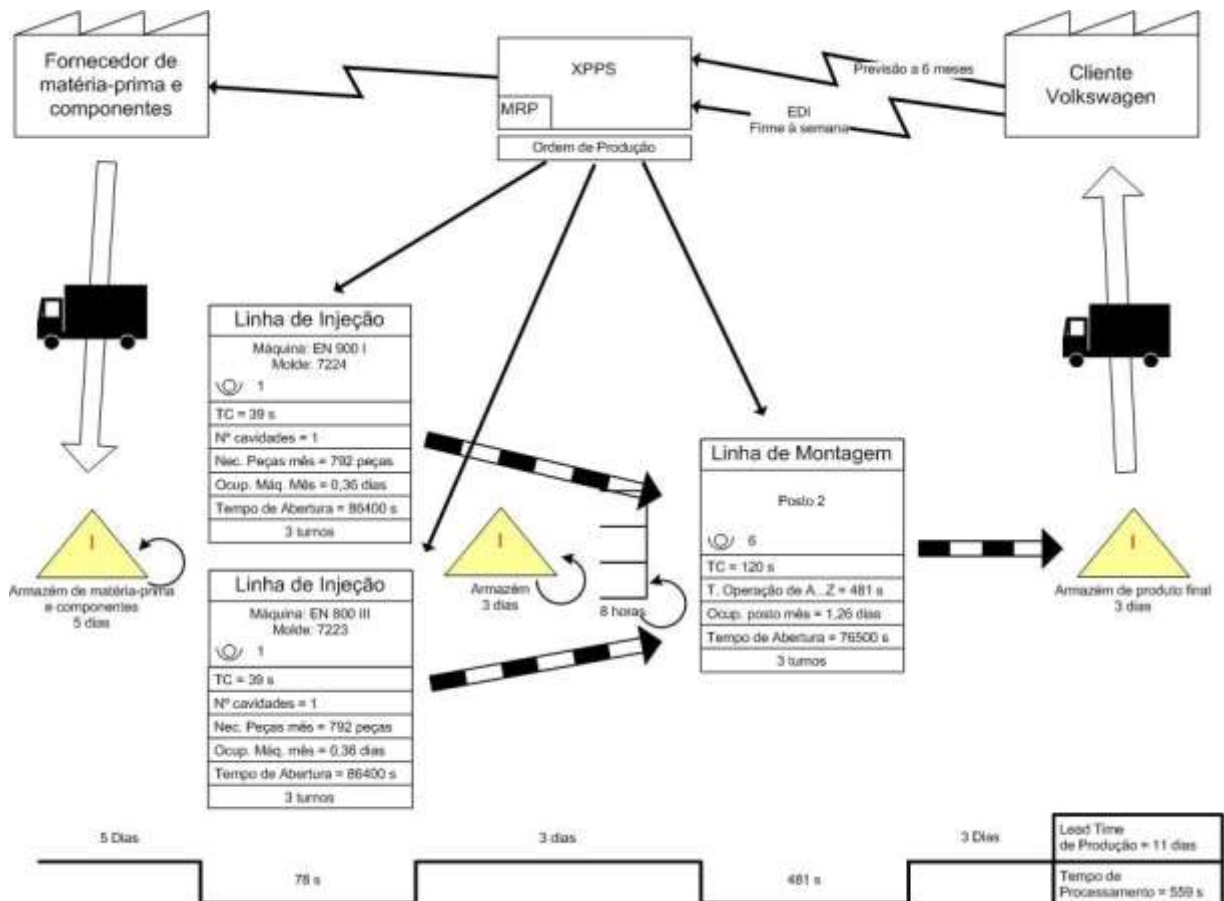


Figura 14: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7223

Os indicadores referidos no VSM encontram-se resumidos na Tabela 8. A proposta de estado futuro engloba alterações na linha de injeção e na linha de montagem, em relação ao estado atual e estão apresentadas a negrito.

Tabela 8: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Rueckwand

Dados		
Nec. Peças Cliente	792 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	6
Tempo de Abertura	86400 Segundos	75600 Segundos
Tempo de Ciclo	39 Segundos	120 Segundos
Tempo Operação de A...Z	35 Segundos	481 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	110 Segundos
Ocupação Mensal	0,36 Dias/mês	1,26 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,05 MOD/mês	1,03 MOD/mês

Relativamente ao estado atual da linha de injeção, propõe-se reduzir o tempo de ciclo de 47 para 39 segundos, tempo que o operador necessita para efetuar todas as operações, tendo em conta uma ineficiência de 10% ($35''/0.9$). É necessário realizar um ensaio e verificar se essa redução de tempo é possível, visto que pode influenciar a qualidade da peça, desde o aparecimento de defeitos até alterações dimensionais. Um afinador e técnico de máquina referiu que os parâmetros que influenciam o tempo de ciclo desta peça encontram-se no limite, à exceção da temperatura do molde e do tempo de arrefecimento, em que ainda é possível uma ligeira alteração, permitindo uma redução no tempo de ciclo. Caso este objetivo seja alcançado, há uma redução na ocupação mensal da máquina e na necessidade mensal de MOD, que se traduz em ganhos para a empresa.

Na linha de montagem propõe-se a redução de MOD e a eliminação de tarefas desnecessárias, o que conduzirá a uma alteração no tempo de operação de A a Z de uma peça. Pelos indicadores mostrados na Tabela 6, a necessidade de MOD no posto de trabalho para produzir uma peça é de 5 operadores, mas como há operações que requerem bastante trabalho manual, é importante não sobrecarregar os mesmos operadores com as operações mais árduas.

Por essa razão, é de extrema importância que todos os operadores tenham formação para realizarem todas as operações e, assim, poderem mudar de função e de posição entre eles. Além disso, considerou-se o balanceamento para 6 pessoas, porque se pretende ter uma pessoa para fazer apenas o muro da qualidade. Pretende-se manter o tempo de ciclo, porque o *bottleneck*, o periférico de soldadura, necessita de 110 segundos para soldar.

A empresa considera uma disfuncionalidade de 10% para o equipamento, o que implica um tempo de ciclo de, aproximadamente, 120 segundos ($110''/0.9$), tempo que irá definir o ritmo de produção.

Os valores dos indicadores obtidos nesta tabela podem ser comparados com os da Tabela 6. Como não há alteração no tempo de ciclo, o número de peças objetivo por turno continua a ser o mesmo, pelo que o aumento de produtividade está ligado apenas à redução de MOD.

Balanceou-se os operadores de acordo com o tempo das operações, por forma a estarem com uma taxa de ocupação similar entre eles, não havendo utilização de um método de balanceamento. A descrição das operações por operador pode ser observada na Figura 15.

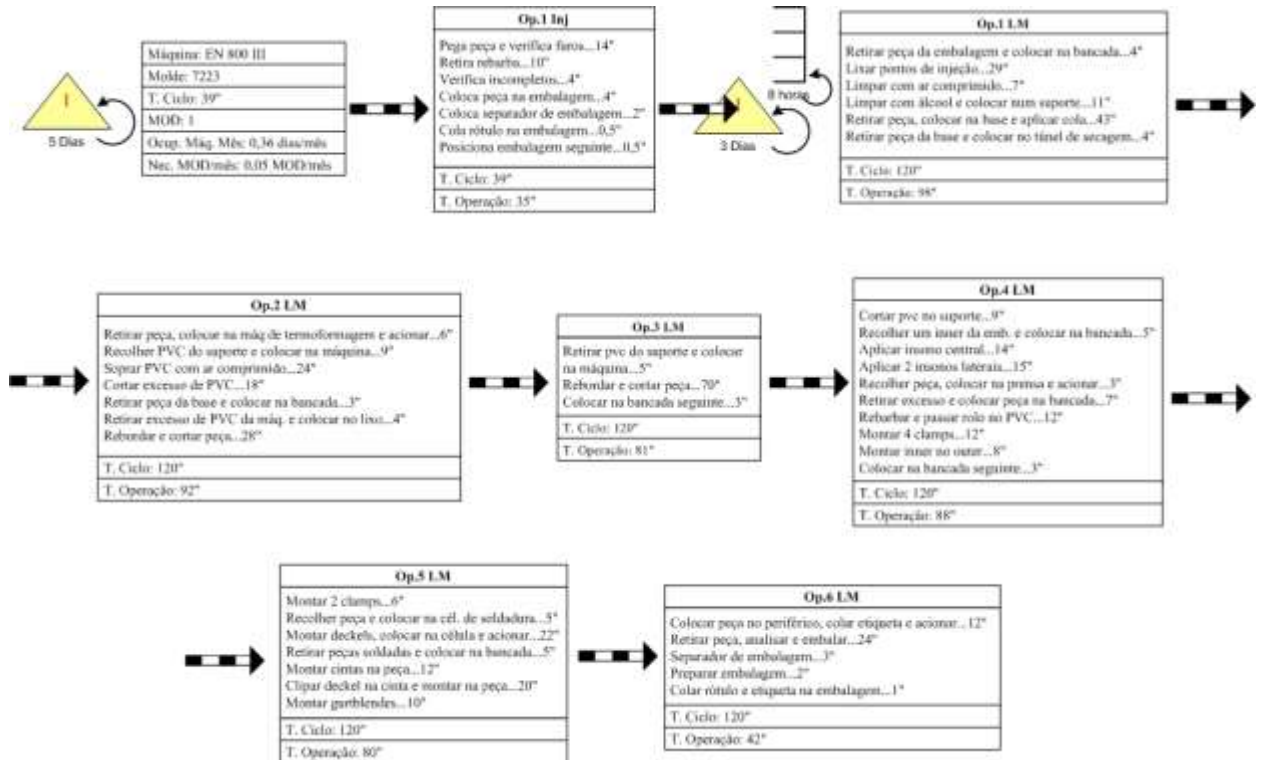


Figura 15: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Rueckwand

Como se reduziu MOD em um operador na linha de montagem, as operações foram distribuídas por 6 operadores. Esta figura mostra as operações atribuídas a cada operador e as diferenças podem ser comparadas com as da Figura 10.

Antes de se implementar as alterações pretendidas é necessário juntar a equipa de trabalho e realizar um projeto kaizen, por forma a mostrar as alterações propostas e possíveis melhorias. Depois procede-se a um ensaio de implementação da solução proposta e verifica-se se é preciso fazer ajustes ao balanceamento e se o objetivo da solução futura está apto a ser implementado.

A Figura 16 mostra a nova taxa de ocupação dos operadores na linha de montagem, depois de efetuar o balanceamento dos operadores. Verifica-se que o último operador tem bastante tempo livre, mas pretende-se que este se dedique apenas a operações de análise e embalagem das peças, evitando reclamações do cliente. Este operador poderá apoiar outras operações, caso se comecem a acumular peças na estação de outro operador.

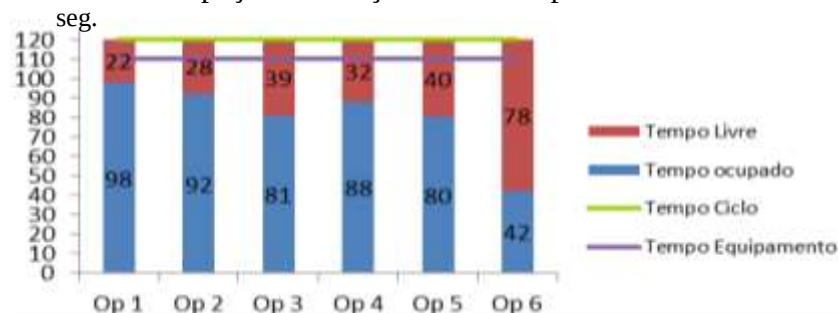


Figura 16: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Rueckwand

Uma solução de *layout* futuro está apresentada na Figura 17, bem como o fluxo dos operadores. Nem sempre é reduzido o desperdício de movimentação, pois depende do balanceamento das operações. A bancada 2 foi acrescentada para reduzir o tempo de movimentação do operador 3 até à prensa. Assim, consegue-se que o operador 3 não se movimente na mesma área que o operador 4. As diferenças podem ser comparadas com a Figura 13.

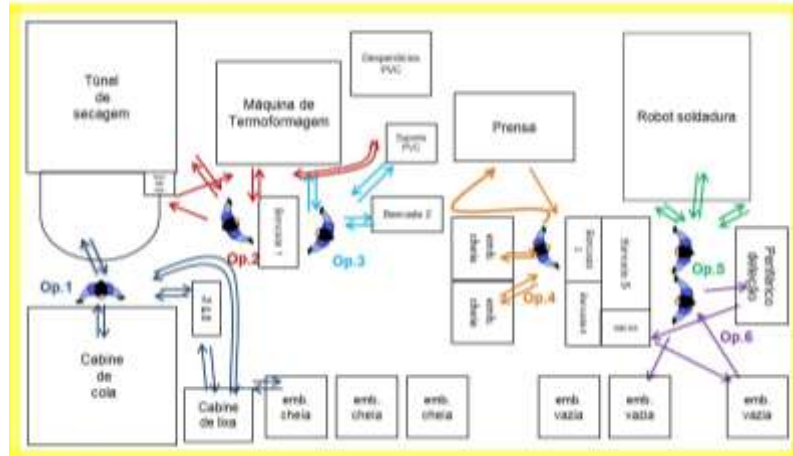


Figura 17: Proposta futura de layout para a peça Rueckwand

No estado futuro propõe-se baixar o tempo de ciclo na linha de injeção, com ganhos em MOD e ocupação da máquina. Na linha de montagem pretende-se reduzir MOD, pelo que o ganho obtido estará apenas associado com MOD. Os cálculos efetuados para calcular o ganho estão abaixo apresentados. O aumento de produtividade é relativo a um turno.

Ganhos financeiros esperados:

➤ Linha de injeção:

- $\text{€ MOD} = (\text{Nec. MOD atual} - \text{Nec. MOD futuro}) \times 8\text{h} \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times \text{X}$
 $= (0,06 - 0,05) \times 8 \times 22 \times 10 \times \text{X} = 17,6\text{X €}/\text{ano}$

- $\text{€ Disponibilidade Máquina} = (\text{Ocup. Máq/mês atual} - \text{Ocup. Máq/mês futuro}) \times 24\text{h} \times 10\text{meses} \times Y$
 $= (0,43 - 0,36) \times 24 \times 10 \times Y = 16,8Y \text{ €/ano}$

➤ Linha de montagem:

- $\text{€ MOD} = (\text{Nec. MOD atual} - \text{Nec. MOD futuro}) \times 7\text{h} \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times \text{X}$
 $= (1,2 - 1,03) \times 7 \times 22 \times 10 \times \text{X} = 261,8\text{X €}/\text{ano}$

- Aumento de Produtividade = $(\text{Peças/Op. atual} - \text{Peças/Op. futuro}) / (\text{Peças/Op. atual})$
 $= [(210/7) - (210/6)] / (210/7) = 16,7\%$

Nota: X e Y são, respectivamente, o custo de operador e de máquina de injeção, respectivamente.

3.3.2 Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7650

3.3.2.1 Estado Atual

No molde 7650 é injetada a peça Pilar A do Audi A3. Esta peça é aplicada na parte da frente do automóvel e existem duas cavidades, uma esquerda e uma direita.

A análise desta peça é semelhante à anteriormente referida, tendo sido feita uma análise semelhante, a menos das diferenças de dados, indicadores e operações.

No Anexo B é apresentado o estado atual do mapeamento da cadeia de valor para esta peça. Os valores dos indicadores referidos no VSM encontram-se resumidos na Tabela 9.

Tabela 9: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Pilar A

Dados		
Carros/sem	805	
Nec. Peças Cliente	322 Peças/dia = 7084 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	7
Tempo de Ciclo	60 Segundos	110 Segundos
Tempo Operação de A...Z	48 Segundos	374 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	85 Segundos
Ocupação Mensal	2,46 Dias/mês	10,3 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,34 MOD/mês	9,83 MOD/mês
Necessidade MOD posto	1 MOD	4 MOD

Para esta peça, há uma procura semanal de 805 carros, pelo que, por dia, é necessário produzir 161 carros. Cada carro contém uma peça esquerda e uma direita, sendo necessário produzir 322 peças por dia (161 peças esquerdas e 161 peças direitas). Na linha de injeção, para o tempo de ciclo de 60 segundos, são injetadas duas cavidades ao mesmo tempo, uma esquerda e uma direita. Assim serão precisas 161 injeções por dia, correspondendo a 3542 (161x22) injeções por mês.

Na linha de montagem as duas peças não são produzidas ao mesmo tempo, ou seja, primeiro produz-se uma peça, esquerda ou direita, e só quando mudar a ordem de fabrico é que se produz a outra peça. A produção mensal necessária é de 7084 (3542x2) peças. Para o tempo de ciclo de 110 segundos, o objetivo de produção é de 32 peças por hora (3600"/110"). O número de peças objetivo por turno é de 224 peças.

Após recolhidos alguns valores dos quadros de controlo de produção, calculou-se o OEE, que apresenta valores superiores a 100%, em virtude da performance apresentar valores acima de 100%. Por esta razão foi concluído que o tempo de ciclo para 7 operadores está mal definido, visto que se produz mais que o objetivo ou então, pode reduzir-se MOD.

Na Figura 18 é apresentado apenas o VSM do processo, mostrando a descrição das operações respeitantes a cada operador e os pontos críticos do processo.

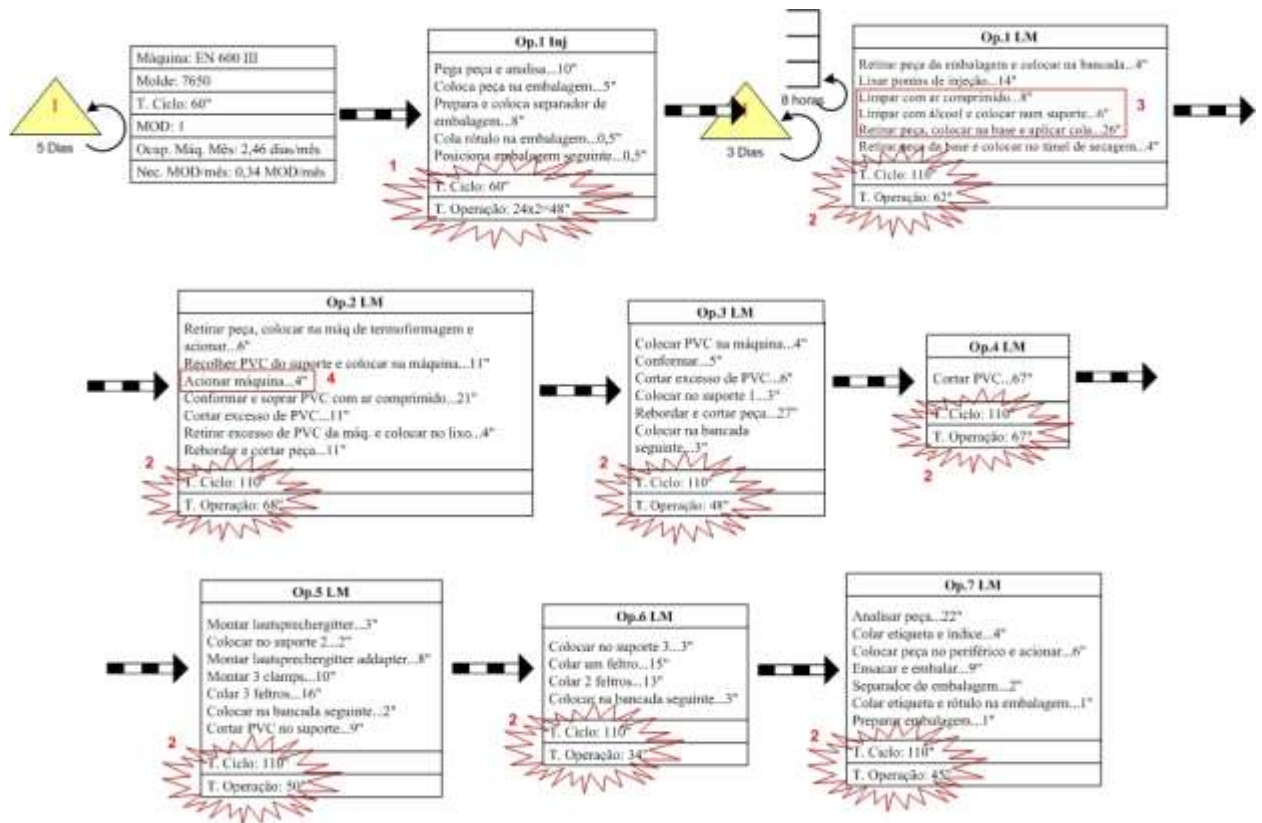


Figura 18: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Pilar A

O processo produtivo na linha de montagem é similar ao da peça Rueckwand. Como a peça tem duas cavidades, são necessárias duas bases para aplicação da cola, duas bases para a máquina de termoformagem e uma base para o periférico de detecção de componentes. Também são necessários suportes que ajudam a segurar e apoiam a peça para efetuar cortes de excesso de pvc e montagem de componentes, para cada uma das cavidades.

Os pontos críticos 1, 2, 3 e 4 já foram anteriormente referidos na análise da peça Rueckwand. A diferença está no ciclo PDCA quanto aos pontos 1 e 2, havendo uma alteração da fase em que o ciclo se encontra.

O plano de ações para os pontos críticos e possíveis melhorias está referido na Tabela 10.

Tabela 10: PDCA para a peça Pilar A

Pontos	Descrição	Ação	Resp.	PDCA
1	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de injeção	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D, C
2	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de montagem	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D, C
3	Operação de lixar peças	Programar robot para efetuar operação de lixar	Y	P, D, C
4	Tempo de acionamento da máq. desnecessário	Otimização da máquina de termoformagem	Y	P, D, C, A

Através da Figura 19 é possível verificar que os operadores têm tempo livre e que o tempo de ciclo está muito elevado em comparação com tempo de ciclo do equipamento, que é o que restringe o processo. Pode-se concluir, então, que o tempo de ciclo está desatualizado para o

balanceamento com os 7 operadores, sendo possível reduzir a MOD, balancear o processo e aumentar a sua robustez.

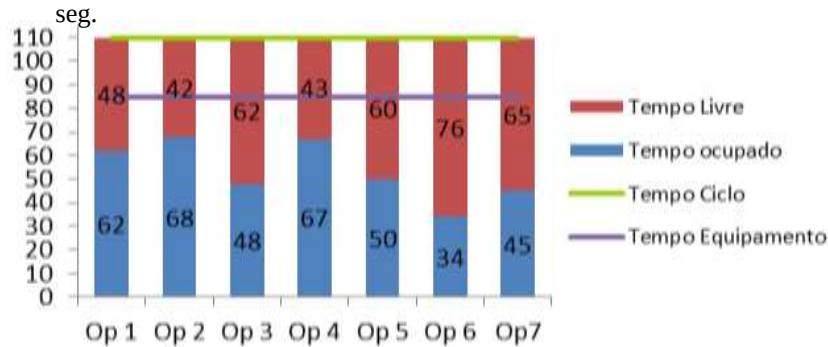


Figura 19: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Pilar A

Na Figura 20 estão representados o *layout* e o fluxo dos operadores do posto de trabalho na linha de montagem para esta peça.

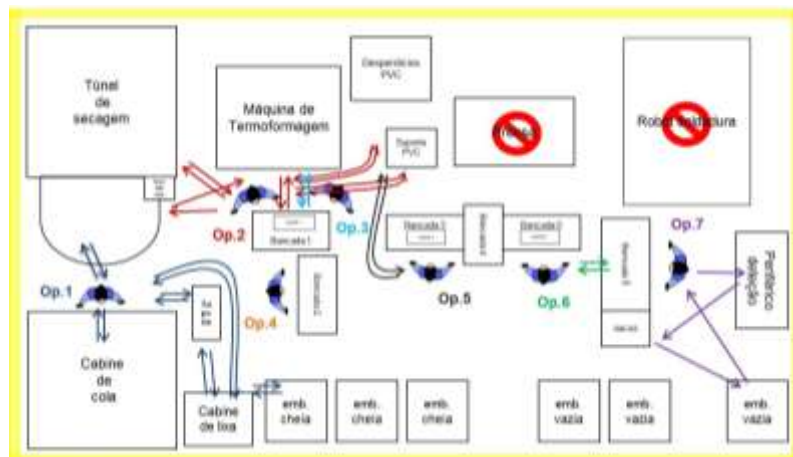


Figura 20: Layout atual da linha de montagem para a peça Pilar A

3.3.2.2 Proposta Futura

No Anexo C é apresentada a proposta futura do mapeamento da cadeia de valor desta peça.

A Tabela 11 resume os valores dos indicadores apontados no VSM para a solução futura.

Tabela 11: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Pilar A

Dados		
Nec. Peças Cliente	7084 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	6
Tempo de Ciclo	55 Segundos	105 Segundos
Tempo Operação de A...Z	48 Segundos	368 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	85 Segundos
Ocupação Mensal	2,26 Dias/mês	9,84 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,31 MOD/mês	8,05 MOD/mês

Na linha de injeção pretende-se reduzir o tempo de ciclo de 60 para 55 segundos, correspondendo ao tempo de operação do operador e considerando uma ineficiência de 10% por parte do operador. Esta alteração só será possível caso a qualidade da peça se mantenha, por isso, só após um ensaio é que é possível saber se essa modificação pode ser implementada.

O estudo dos parâmetros da injeção está atribuído a um técnico de máquina, de forma a saber o que é possível alterar para se conseguir essa redução de ciclo. Caso se altere o tempo de ciclo, obtém-se uma redução na ocupação mensal da máquina e na necessidade mensal de MOD, traduzindo-se em ganhos para a empresa.

Quanto à linha de montagem, pretende-se reduzir um operador e também o tempo de ciclo.

Pelos valores obtidos na Tabela 9, apenas seriam necessários 4 operadores para realizar esta peça de A a Z, caso o trabalho não fosse tão manual e não houvesse uma sequência de operações. Como se pretende apenas um operador para fazer muro de qualidade, consideraram-se 5 operadores.

Uma vez que um dos objetivos é nivelar o posto, se são precisas 6 pessoas para produzir uma peça, será necessário manter esse número de pessoas para a produção de todas as peças, pelo que se fez o balanceamento para esse número de operadores. O tempo de ciclo está relacionado com o *bottleneck* do processo, que neste caso, é a máquina de termoformagem.

Considerando uma disfuncionalidade de 10% para o equipamento, o novo tempo de ciclo poderia aproximar-se dos 95 segundos ($85''/0,9$). Para já, o objetivo será reduzir o tempo de ciclo para 105 segundos, para os operadores se adaptarem, visto que também se quer reduzir MOD. Como há alteração do tempo de ciclo, o objetivo de peças passa a ser de 34 peças por hora ($3600''/105''$) e o número de peças objetivo por turno é de 237 peças.

Numa fase inicial será reduzido o número de operadores e designadas as operações a cada um deles. Após se habituarem às operações e voltarem a trabalhar a um ritmo constante, baixar-se-á o tempo de ciclo. Antes de se fazer um ensaio da implementação da solução proposta, é necessário juntar a equipa de trabalho e realizar um projeto kaizen.

Numa fase posterior, e através do acompanhamento do processo, tentar-se-á baixar o tempo de ciclo novamente. Sempre que as alterações propostas de um VSM sejam implementadas e se pretendam atingir novos objetivos, um novo VSM deve ser desenhado. Deve ser tido em conta que os processos deste posto de trabalho são bastante manuais, pelo que os operadores necessitam de tempo para se adaptarem. Nem todos os operadores têm a formação necessária para fazerem operações diferentes das que fazem neste momento, pelo que será necessário tempo para ficarem qualificados em determinadas operações.

A descrição das operações na linha de injeção e montagem e o balanceamento dos operadores na linha de montagem encontram-se na Figura 21 e Figura 22, respetivamente.

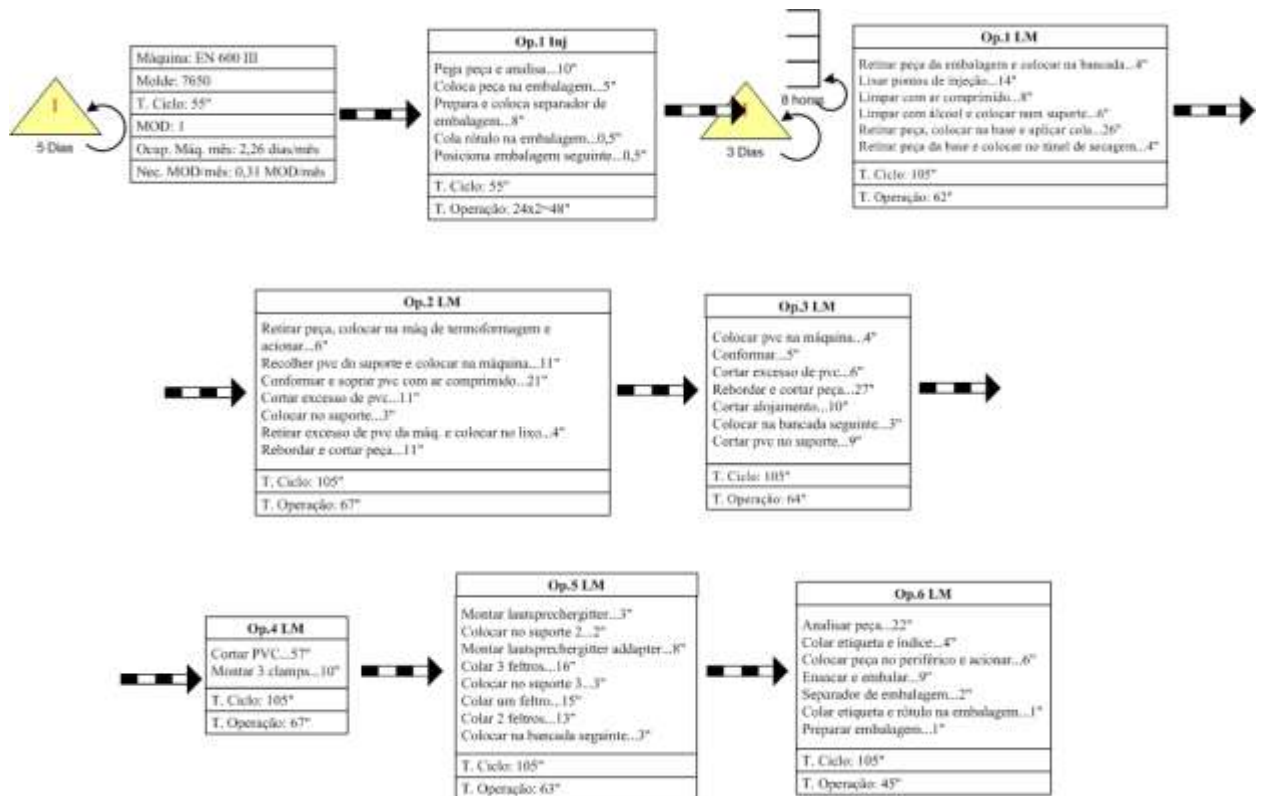


Figura 21: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Pilar A

Na Figura 21 são referidas as operações designadas a cada operador. Continua a haver uma sequência de operações, pelo que alguns operadores continuam a dedicar-se a operações que anteriormente já executavam. Tentou-se, acima de tudo, nivelar o tempo de operação dos operadores, para poderem trabalhar ao mesmo ritmo.

O último operador realiza apenas operações relacionadas com a análise da qualidade das peças e coloca-as em embalagem, sendo pretendido que todos os operadores tenham formação para executar todas as operações, de modo a poderem rodar de função entre si.

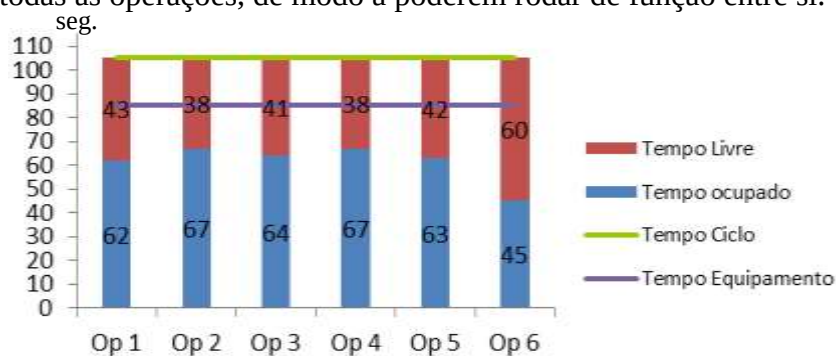


Figura 22: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Pilar A

Na Figura 22 pode ser observada a nova taxa de ocupação para cada um dos operadores em função do novo tempo de ciclo (105 segundos) e pode comparar-se com a Figura 19. Os operadores encontram-se balanceados quanto ao seu tempo ocupado e livre, à exceção do operador 6, que apenas faz muro da qualidade, sendo pretendido que dedique mais tempo na análise das peças.

Para este novo tempo de ciclo, verifica-se que os operadores, mesmo assim, continuam com bastante tempo livre, mas como já foi anteriormente referido, também se pretende nivelar o

posto de trabalho para todas as peças. Como se pode ver, o equipamento continua a ser o *bottleneck* do processo, pelo que o tempo de ciclo será sempre em função deste, como já foi referido na análise da Tabela 11.

A Figura 23 é apresentada uma solução futura de *layout* e mostrados os movimentos percorridos pelos operadores. As bancadas estão dispostas de forma diferente, permitindo que o operador 6, caso tenha tempo livre, ajude o operador 5 e se movimente menos. O objetivo deste *layout* é servir como base para as restantes peças. Este *layout* pode ser comparado com o *layout* atual (ver Figura 20).

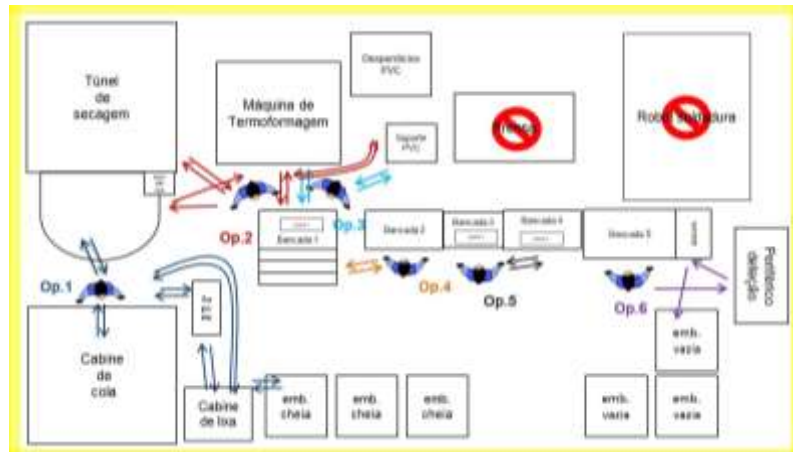


Figura 23: Proposta futura de *layout* para a peça Pilar A

Ganhos financeiros esperados:

➤ Linha de injeção:

- $\text{€ MOD} = (0,34 - 0,31) \times 8h \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times X = 52,8X \text{ €/ano}$
- $\text{€ Disponibilidade Máquina} = (2,46 - 2,26)\text{dias} \times 24h \times 10\text{meses} \times Y = 48Y \text{ €/ano}$

➤ Linha de montagem:

- $\text{€ MOD} = (9,83 - 8,05) \times 7h \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times X = 2741,2X \text{ €/ano}$
- $\text{€ Disponibilidade Posto} = (10,3 - 9,84)\text{dias} \times 92,6\text{m}^2 \times Z \times 21h \times 10\text{meses} = 8945,16Z \text{ €/ano}$
- $\text{Aumento de produtividade} = [(224\text{peças}/7\text{Op}) - (237\text{peças}/6\text{Op})] / (224\text{peças}/7\text{Op}) = 21,9\%$

Nota: X, Y e Z são, respetivamente, o custo de operador, de máquina de injeção e de área, respetivamente.

3.3.3 Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7651

3.3.3.1 Estado Atual

No molde 7651 é injetada a peça Windschutz do Audi A3. Esta peça é aplicada na parte da frente do automóvel e o molde apenas possui uma cavidade.

No Anexo D é apresentado o estado atual do mapeamento da cadeia de valor desta peça. Os indicadores estão resumidos na Tabela 12.

Tabela 12: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Windschutz

Dados		
Carros/sem	805	
Nec. Peças Cliente	161 Peças/dia = 3542 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	7
Tempo de Ciclo	60 Segundos	120 Segundos
Tempo Operação de A...Z	36 Segundos	603 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	90 Segundos
Ocupação Mensal	2,46 Dias/mês	5,62 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,34 MOD/mês	5,37 MOD/mês
Necessidade MOD posto	1 MOD	6 MOD

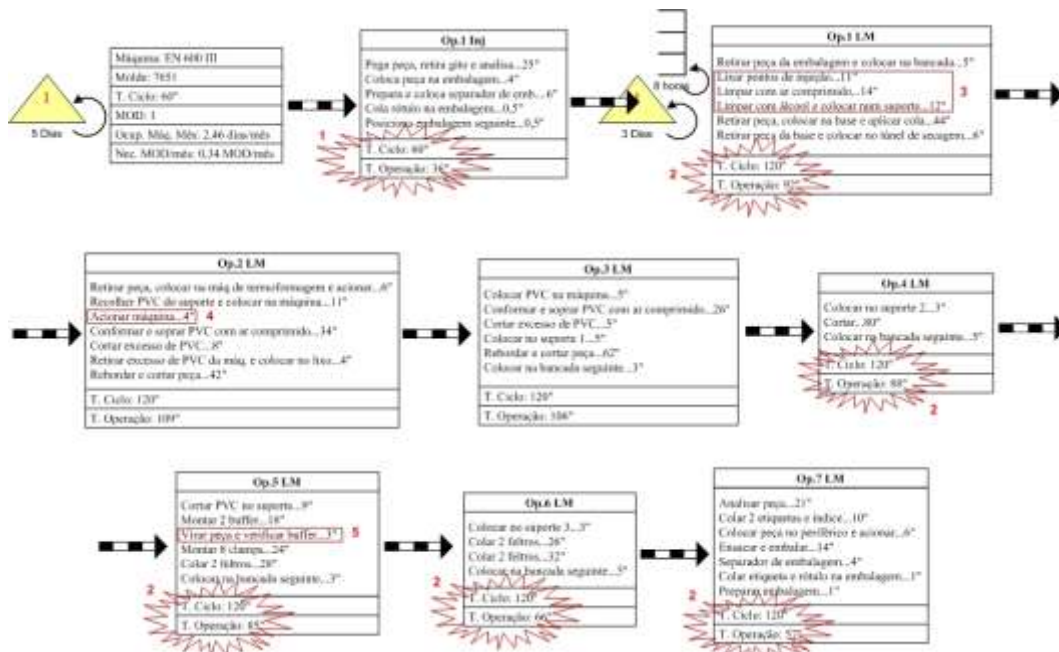
Na linha de injeção, para o tempo de ciclo de 60 segundos, é injetada uma peça, pelo que são necessárias 3542 injeções para corresponder às necessidades do cliente. Na linha de montagem são produzidas 3542 peças.

Dado o tempo de operação de uma peça completa e o tempo de ciclo, seriam necessários 6 operadores no posto da linha de montagem para a produção desta peça.

Para o tempo de ciclo de 120 segundos, o objetivo de produção é de 30 peças por hora (3600"/120"). O número de peças objetivo por turno é de 210 peças.

Após recolher os valores dos quadros de controlo de produção foi calculada uma média de OEE de 94%. Observou-se alguns valores de performance acima de 100%, o que permite concluir que o tempo de ciclo para 7 operadores está mal definido, pois consegue-se produzir mais que o objetivo, ou então, reduzir a MOD. O rendimento também é afetado pelas disfuncionalidades ocorridas no posto de trabalho.

Na Figura 24 é apresentado um VSM parcial do processo produtivo, mostrando as operações respeitantes a cada operador e os pontos críticos do processo.

**Figura 24:** Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Windschutz

O processo na linha de montagem é similar ao das peças anteriormente analisadas, sendo necessário uma base para aplicação da cola, uma base para a máquina de termoformagem e uma base para o periférico de detecção de componentes. Apesar de haver diferentes versões desta peça, a base da máquina de termoformagem é única, pois contém um postigo de adaptação à versão pretendida. Também há suportes que ajudam a segurar a peça para montar componentes e efetuar corte de pvc em excesso.

Os pontos críticos são praticamente iguais aos das peças já analisadas, apenas existindo alteração na fase do ciclo PDCA. O ponto crítico 5 é uma operação desnecessária, porque é uma tarefa de análise de peça, devendo ser feita pelo operador 7 e não pelo operador 5.

O plano de ações para os pontos críticos e possíveis melhorias para esta peça é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: PDCA para a peça Windschutz

Pontos	Descrição	Ação	Resp.	PDCA
1	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de injeção	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D
2	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de montagem	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D
3	Operação de lixar peças	Programar robot para efetuar operação de lixar	Y	P, D, C, A
4	Tempo de acionamento da máq. desnecessário	Otimização da máquina de termoformagem	Y	P, D, C, A
5	Operação desnecessária	Eliminar operação do operador	W	P, D, C, A

Observa-se na Figura 25 o tempo de ocupação dos operadores em relação ao tempo de ciclo e equipamento. Os 3 primeiros operadores não se encontram bem balanceados com os restantes. Pretende-se reduzir MOD e balancear o processo.

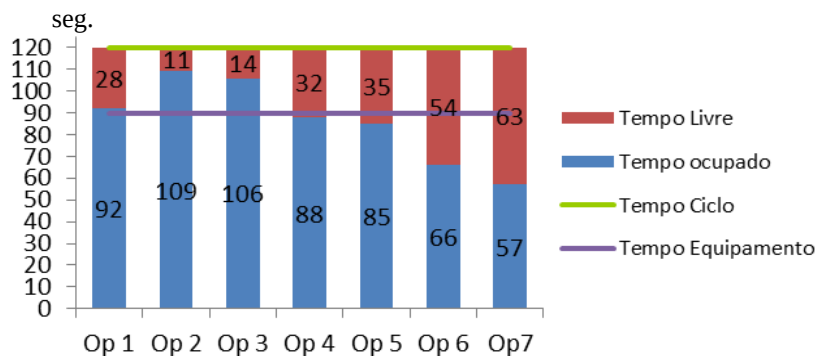


Figura 25: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Windschutz

O *layout* e o fluxo dos operadores do posto para o estado atual estão apresentados na Figura 26.

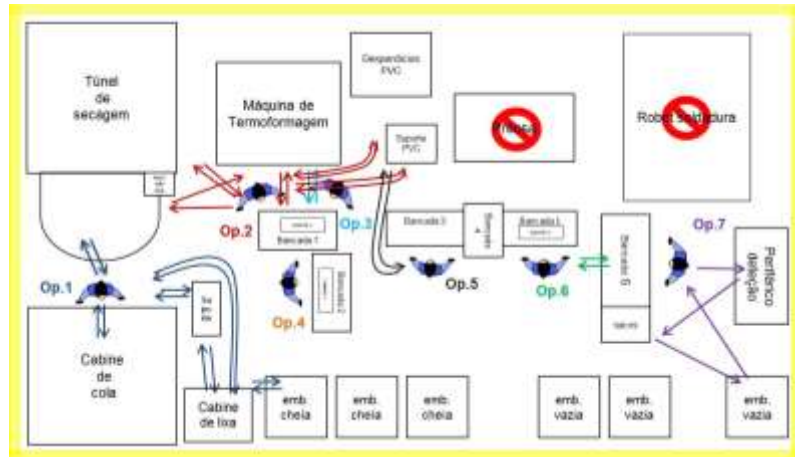


Figura 26: Layout atual da linha de montagem para a peça Windschutz

3.3.3.2 Proposta Futura

No Anexo E é apresentada a proposta futura do mapeamento da cadeia de valor desta peça.

A Tabela 14 resume os valores dos indicadores mostrados no VSM para a solução futura.

Tabela 14: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Windschutz

Dados		
Nec. Peças Cliente	3542 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	1	6
Tempo de Ciclo	52 Segundos	120 Segundos
Tempo Operação de A...Z	36 Segundos	589 Segundos
T. Ciclo Equipamento	-	90 Segundos
Ocupação Mensal	2,13 Dias/mês	5,62 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,29 MOD/mês	4,6 MOD/mês

Quanto à linha de injeção, pretende-se alterar o tempo de ciclo de 60 para 52 segundos. Após reunir com um afinador e técnico de máquina, verificou-se que não será possível reduzir mais porque a qualidade da peça será afetada. Antes da sua implementação, é preciso fazer um ensaio e verificar se o novo tempo é possível. Obtêm-se ganhos com esta redução do tempo de ciclo na máquina, se o objetivo for alcançado.

Pretende-se reduzir um operador na linha de montagem. Neste caso, o *bottleneck* não será o equipamento, mas sim o posto de um operador. Para o gargalo ser o equipamento, os 7 MOD teriam de ser mantidos, para o tempo de ocupação de cada um não ultrapassar o tempo de ciclo do equipamento. Como se pretende nivelar o posto e utilizar 6 operadores para produzir as outras peças, este processo foi balanceado para 6 operadores. Considerando uma ineficiência de 10% do *bottleneck*, o tempo de ciclo mantém-se, levando a que o número de peças objetivo por turno continue a ser o mesmo.

Antes de implementar a solução proposta será necessário juntar a equipa de trabalho e realizar um projeto kaizen. Em seguida é necessário fazer um ensaio e analisá-lo.

A descrição das operações e o balanceamento entre os operadores na linha de montagem encontram-se na Figura 27 e Figura 28, respectivamente.

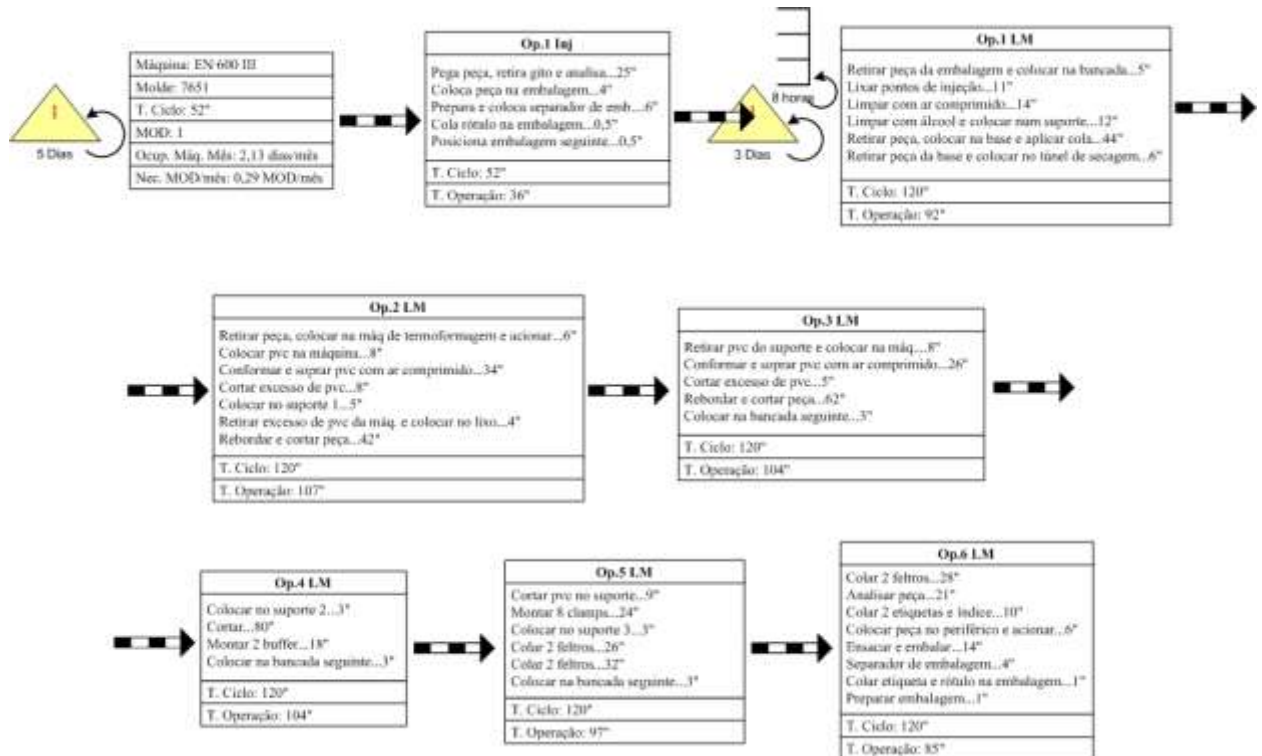


Figura 27: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Windschutz

Alguns operadores continuam a dedicar-se a operações que anteriormente já executavam devido à sequência de operações que se pretende manter. Por forma a balancear o tempo de operação de cada operador, as operações foram distribuídas de forma diferente, embora tentando manter a sequência de corte e, depois, de montagem. O último operador, além de fazer muro da qualidade está encarregue de outra operação, porque caso a operação fosse feita pelo operador 4 ou pelo operador 5, o *bottleneck* seria um deles e ter-se-ia de aumentar o tempo de ciclo, o que não é pretendido.

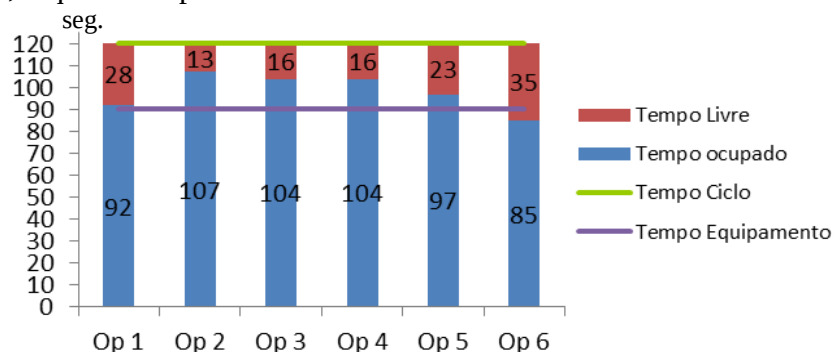


Figura 28: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Windschutz

Na Figura 28 é possível analisar a nova taxa de ocupação para cada um dos operadores em função do tempo de ciclo e pode comparar-se com a Figura 25. Os operadores estão balanceados, à exceção do operador 6 pelas razões já mencionadas. Como se pode verificar, o posto ou função de um operador é o *bottleneck* do processo, pelo que o tempo de ciclo estará em função deste.

Na Figura 29 está representada uma solução de *layout* para o estado futuro, que neste caso é igual à do molde 7650, apenas havendo alteração dos suportes nas bancadas e nos movimentos realizados pelos operadores. Deste modo, quando se pretende mudar de ordem de fabrico do molde 7650 para o 7651, só é preciso alterar as bases e suportes, diminuindo o tempo de mudança de peça. Esse tempo corresponde a uma paragem não programada e influencia o rendimento operacional, pelo que a sua diminuição será significativa.

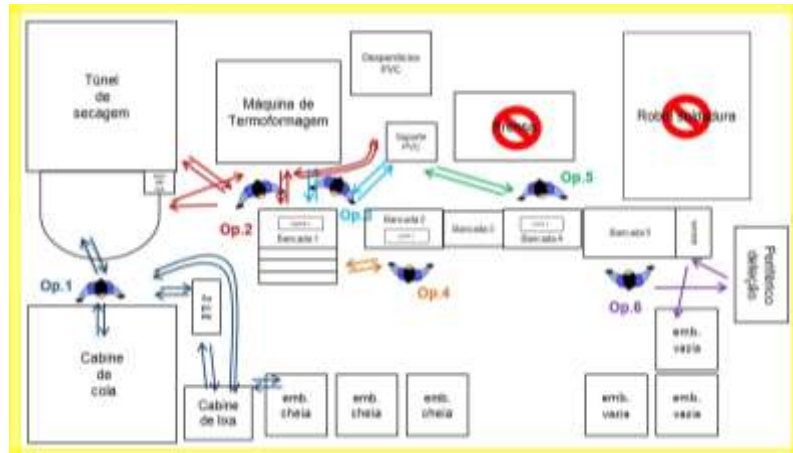


Figura 29: Proposta futura de *layout* para a peça Windschutz

Ganhos financeiros esperados:

➤ Linha de injeção:

- $\text{€ MOD} = (0,34 - 0,29) \times 8h \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times X = 88X \text{ €}$
- $\text{€ Disponibilidade Máquina} = (2,46 - 2,13)\text{dias} \times 24h \times 10\text{meses} \times Y = 79,2Y \text{ €/ano}$

➤ Linha de montagem:

- $\text{€ MOD} = (5,37 - 4,6) \times 7h \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times X = 1185,8X \text{ €}$
- $\text{Aumento de produtividade} = [(210/7) - (210/6)] / (210/7) = 16,7\%$

Nota: X e Y são, respetivamente, o custo de operador e de máquina de injeção, respetivamente.

3.3.4 Análise do processo de produção da peça injetada no molde 7373

3.3.4.1 Estado Atual

No molde 7373 é injetada a peça Pilar A da Porsche. Esta peça é aplicada na parte da frente do automóvel e o molde possui duas cavidades.

No Anexo F é apresentado o estado atual do mapeamento da cadeia de valor desta peça. Os valores dos indicadores estão resumidos na Tabela 15.

Tabela 15: Dados e indicadores do processo produtivo atual da peça Pilar A

Dados		
Carros/sem	250	
Nec. Peças Cliente	100 Peças/dia = 2200 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	2	7
Tempo de Ciclo	47 Segundos	86 Segundos
Tempo Operação de A...Z	68 Segundos	293 Segundos
Ocupação Mensal	0,6 Dias/mês	2,5 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,16 MOD/mês	2,05 MOD/mês
Necessidade MOD posto	2 MOD	4 MOD

Na linha de injeção, para o tempo de ciclo de 47 segundos, são injetadas as duas peças, uma esquerda e uma direita. Pretendem-se produzir 2200 peças/mês, pelo que, na linha de injeção serão necessárias apenas 1100 injeções. Um automóvel possui uma peça esquerda e uma peça direita.

Na linha de montagem as peças, esquerda e direita não são produzidas ao mesmo tempo, ou seja, primeiro é produzida uma e só quando mudar a ordem de fabrico é que se produz a outra peça, sendo produzidas 2200 peças/mês. Esta peça é similar à peça do molde 7650. Para o tempo de ciclo de 86 segundos, o objetivo de produção é de 41 peças por hora ($3600''/86''$). O número de peças objetivo por turno é de 287 peças.

Após recolher os valores dos quadros de controlo de produção, calculou-se o OEE e obteve-se uma média de 92%. Uma vez mais, observou-se que a performance possuía valores acima de 100%, concluindo que o tempo de ciclo para 7 operadores está mal definido, visto que produzem mais que o objetivo, ou então, pode reduzir-se o número de MOD. O valor obtido para o rendimento também é influenciado pelas disfuncionalidades ocorridas, principalmente pelo tempo de mudança do posto de trabalho, aquando mudança de peça.

Um VSM parcial do processo produtivo é apresentado na Figura 30, focando as operações respeitantes a cada operador e os pontos críticos do processo.

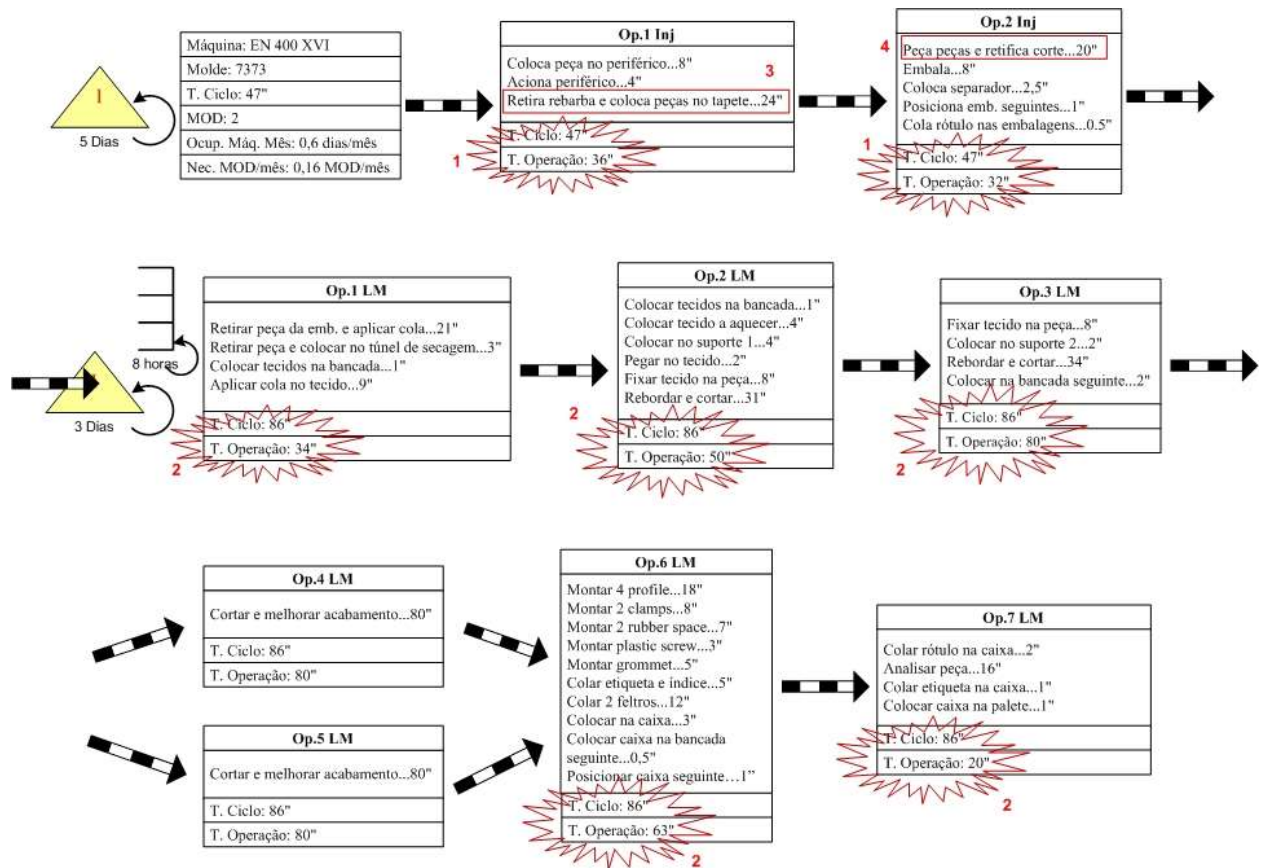


Figura 30: Mapeamento do estado atual do processo produtivo da peça Pilar A

Ao contrário das outras peças, esta peça não precisa da operação de lixar, pois os pontos de injeção não têm rebarba e as peças são revestidas com tecido, em vez de pvc. Para esta peça são necessárias duas bases para aplicação da cola e suportes diferentes para cada uma das cavidades, que seguram a peça e ajudam a fixar o tecido e a fazer operações de rebordagem e corte.

Na Figura 30, a vermelho, estão assinalados os pontos críticos do processo produtivo e que representam desperdícios. Estes mostram que o tempo disponível é bastante superior ao tempo de operação de cada operador e, por isso, não se encontram bem balanceados.

Na Tabela 16, é apresentado um plano de ações para os pontos críticos e possíveis melhorias.

Tabela 16: PDCA para a peça Pilar A

Pontos	Descrição	Ação	Resp.	PDCA
1	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de injeção	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D, C, A
2	Tempo disponível superior ao tempo de operação na linha de montagem	Realizar VSM do processo; Nivelar processo	Sofia	P, D
3	Corte de rebarba	Otimizar corta-jitos	Z	P
4	Operação repetida	Um operador tira rebarba da peça esq. e o outro operador da peça dir.	Z	P
5	Aplicação de cola no grommet	Alteração do molde para deixar de aplicar cola	V	P

Pela observação da Figura 31, verifica-se que há dois operadores que restringem o processo e os restantes têm bastante tempo livre em relação ao tempo de ciclo. Pretende-se reduzir MOD, balancear o processo e aumentar a sua robustez.

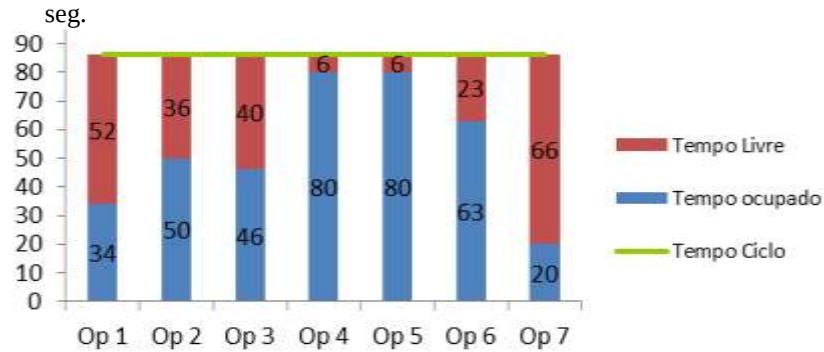


Figura 31: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo atual da peça Pilar A

A Figura 32 mostra uma proposta futura de *layout* e o fluxo dos operadores do posto de trabalho na linha de montagem para esta peça.

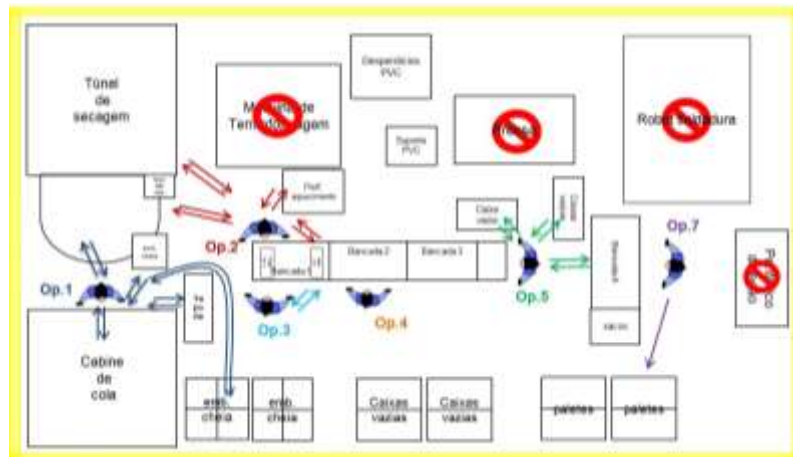


Figura 32: Layout atual da linha de montagem para a peça Pilar A

3.3.4.2 Proposta Futura

No Anexo G é apresentada a proposta futura do mapeamento da cadeia de valor desta peça.

A Tabela 17 resume os valores dos indicadores mostrados no VSM para a solução futura.

Tabela 17: Dados e indicadores do processo produtivo futuro da peça Pilar A

Dados		
Nec. Peças Cliente	2200 Peças/mês	
Indicadores	Linha de Injeção	Linha de Montagem
Nº operadores	2	6
Tempo de Ciclo	47 Segundos	80 Segundos
Tempo Operação de A...Z	68 Segundos	296 Segundos
Ocupação Mensal	0,16 Dias/mês	2,33 Dias/mês
Necessidade mensal MOD	0,08 MOD/mês	1,91 MOD/mês

Ponderou-se reduzir o número de operadores na linha de injeção, porque há repetição de tarefas, mas com um operador seria necessário aumentar o tempo de ciclo. Quando o cortajitos for otimizado, deve analisar-se novamente o tempo de operação da linha de injeção e verificar se o número de MOD pode ser reduzido, com a realização também de uma alteração de *layout*. Por enquanto, a linha de injeção mantém-se com 2 operadores.

Na linha de montagem pretende-se reduzir o número de MOD, de 7 para 6 operadores e também reduzir o tempo de ciclo. Pelos valores obtidos na Tabela 15, apenas seriam precisos 4 operadores para realizar esta peça de A a Z. Como se pretende apenas um operador para fazer muro da qualidade, consideraram-se 5 operadores. Além disso, pretende-se nivelar o posto de trabalho, pelo que o processo foi balanceado para 6 MOD.

Quanto ao tempo de ciclo, este está relacionado com o *bottleneck* do processo, que neste caso é o posto de um operador, ou seja, o tempo de todas operações designadas a um dos operadores. Considerando uma ineficiência de 10%, poderia ser conseguido um tempo de ciclo de 75 segundos. Por enquanto, o objetivo será alterar o tempo de ciclo de 86 para 80 segundos. Uma alteração no tempo de ciclo, leva a que o objetivo de peças passe a ser de 45 peças por hora (3600"/80") e o número de peças objetivo por turno passe de 286 para 314 peças.

A proposta futura para esta peça é a que sofre mais alterações na distribuição de operações pelos operadores e, por isso, estes precisam de tempo para se adaptarem às novas operações. Primeiramente será reduzido o número de operadores e serão designadas as operações a cada um. Após se habituarem a essas alterações e começarem a trabalhar a um ritmo constante, poderá ser reduzido o tempo de ciclo. Antes de se implementar a solução proposta, é necessário juntar a equipa de trabalho e realizar um projeto kaizen, mostrando as alterações que se pretendem fazer. Depois, deve-se realizar um ensaio, para verificar se o que se propõe é exequível.

A descrição das operações e o balanceamento entre os operadores encontram-se na Figura 33 e na Figura 34, respetivamente.

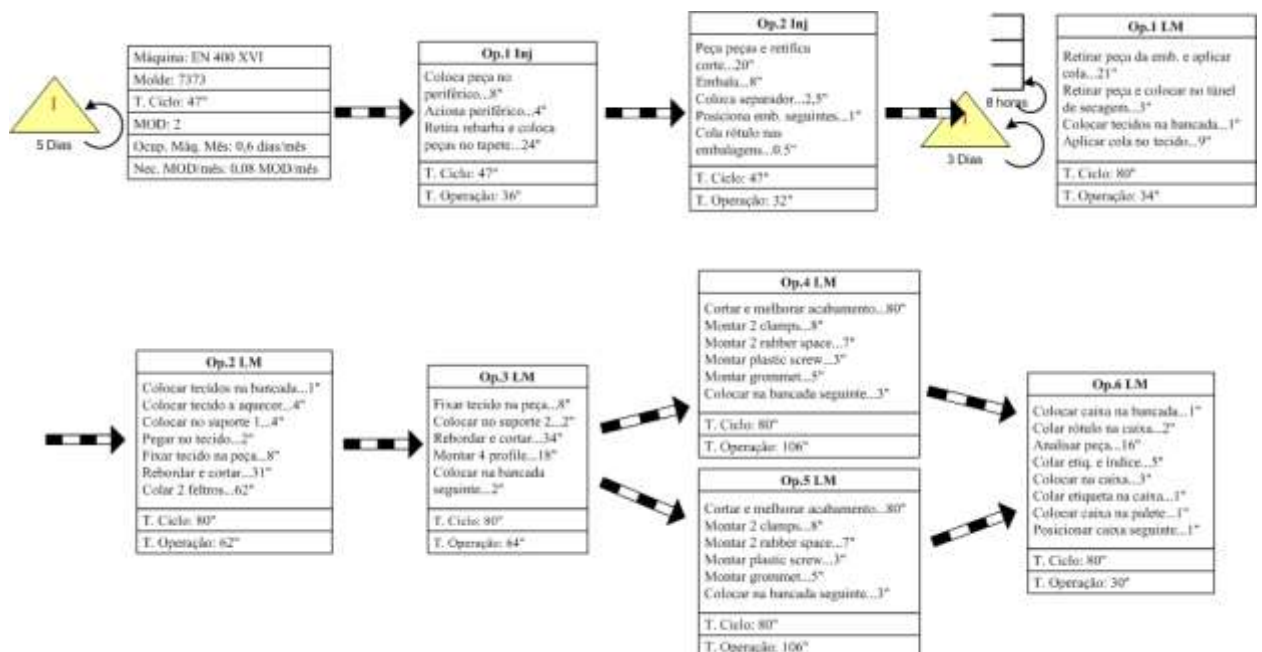


Figura 33: Mapeamento da proposta futura do processo produtivo da peça Pilar A

A Figura 33 mostra as operações designadas a cada operador, na linha de injeção e montagem, continuando a ser tida em conta a sequência de operações.

Nesta peça, alguns componentes já poderão ser montados antes do último corte de excesso de tecido, porque não interferem nessa operação. Para trabalharem a um ritmo semelhante, balanceou-se o processo pelo tempo total de operação dos operadores, sendo pretendido que todos os operadores tenham formação para executar todas as operações, de modo a poderem rodar de funções entre si.

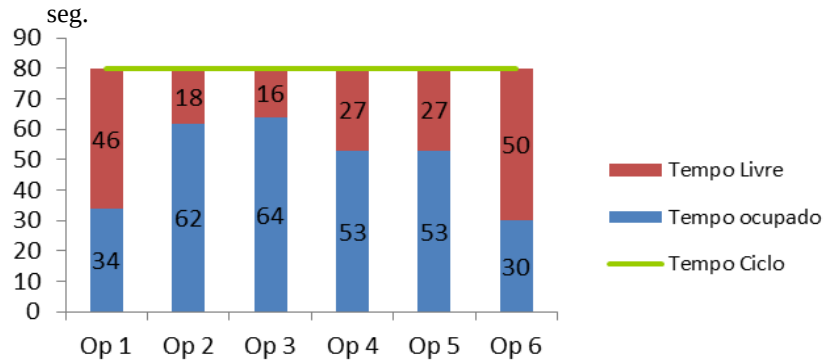


Figura 34: Taxa de ocupação dos operadores vs tempo de ciclo futuro da peça Pilar A

Na Figura 34 é possível analisar a nova ocupação para cada um dos operadores em função do novo tempo de ciclo (80 segundos) e pode comparar-se com a Figura 31. O operador 1 ficou com bastante tempo livre em relação aos restantes para preparar cola, limpar a pistola e o reservatório da cola. O operador 6 apenas faz muro da qualidade, pelo que poderá concentrar mais tempo numa análise cuidada das peças e, quando tiver tempo livre, poderá ajudar noutras operações.

Na Figura 35 está representada uma solução de *layout* para o estado futuro e mostra a movimentação dos operadores. Tentou uniformizar-se com as duas peças anteriormente referidas. Apesar de não ter tantas bancadas, estas estão dispostas da mesma forma.

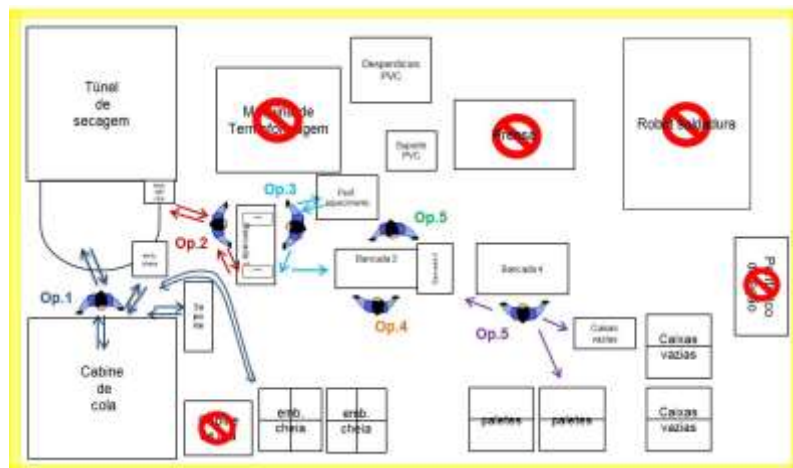


Figura 35: Proposta futura de *layout* para a peça Pilar A

Ganhos financeiros esperados:➤ Linha de montagem:

- $\text{€ MOD} = (2,39 - 1,91) \times 7\text{h} \times 22\text{dias} \times 10\text{meses} \times X = 693X \text{ €/ano}$
- $\text{€ Disponibilidade Posto} = (2,5 - 2,33)\text{dias} \times 92,6\text{m}^2 \times Z \times 21\text{h} \times 10\text{meses} = 3305,8Z \text{ €/ano}$
- $\text{Aumento de produtividade} = [(287/7) - (314/6)] / (287/7) = 26,8\%$

Nota: X e Z são, respetivamente, o custo de operador e de metro, respetivamente.

3.4 Estado futuro do caso de estudo

A Tabela 18 resume os principais indicadores do estado atual e proposta futura da linha de injeção e linha de montagem, para cada uma das peças, para facilitar a análise dos ganhos que se obtêm com as alterações propostas.

Tabela 18: Indicadores obtidos na análise dos processos

7223 - Rueckwand							
	Tempo Ciclo (s)		Ocup. Mensal (dias)		Nec. Mensal MOD		Produtividade
	LI	LM	LI	LM	LI	LM	LM
Atual	47	120	0,43	1,26	0,06	1,2	-
Futuro	39	120	0,36	1,26	0,05	1,03	16,7%

7650 - Pilar A							
Atual	60	110	2,46	10,3	0,34	9,83	-
Futuro	55	105	2,26	9,84	0,31	8,05	21,9%

7651 - Windschutz							
Atual	60	120	2,46	5,62	0,34	5,37	-
Futuro	52	120	2,13	5,62	0,29	4,6	16,7%

7373 - Pilar A							
Atual	47	86	0,6	2,5	0,16	2,05	-
Futuro	47	80	0,16	2,33	0,08	1,91	26,8%

Caso se consigam implementar todas as propostas, foi calculada uma nova ocupação do posto, que se encontra indicada na Tabela 19.

Tabela 19: Ocupação futura do posto da linha de montagem com três turnos ativos

Nome	Molde	Cavidades	Tempo Ciclo (s)	Carros/sem	Peças/mês	Ocup. Posto/dia	T. Abertura (s)	Ocup. Posto/mês
Rueckwand	7223	1	120	180	792	1,20	75600	1,26
Pilar A	7650	2	105	805	7084	9,39	75600	9,84
Windschutz	7651	1	120	805	3542	5,37	75600	5,62
Pilar A	7373	2	80	250	2200	2,22	75600	2,33
Σ						18,18		19,05
						h/dia		dias/mês

Como se pode verificar pela Tabela 19, a ocupação do posto de trabalho da linha de montagem é de 19,05 dias por mês, comparativamente a 19,69 dias por mês no estado atual. Ainda assim, será necessário continuar com os três turnos ativos.

O ganho financeiro global da disponibilidade do posto da linha de montagem é igual a

$$(\text{Ocup. Posto atual} - \text{Ocup. Posto futuro}) \times \text{área} \times z \times 21\text{h} \times 10\text{meses}$$

ou seja,

$$(19,69 - 19,05) \times 92,6 \times Z \times 21 \times 10 = 12445,44Z \text{ €/ano}$$

em que Z é o custo de área.

Além de se aumentar a produtividade do posto, também se reduziram as perdas de arranque, através da designação de uma pessoa do turno da noite para deixar um reservatório de cola preparado e peças com cola aplicada dentro do túnel de secagem. Desta forma, no início do turno da manhã, a produção é prontamente iniciada. Esta situação aplica-se aos restantes turnos. Também se pretende uniformizar a mudança do posto de trabalho aquando da mudança de versão ou peça. Isto permitirá melhorar o OEE.

Como há um elevado número de avarias nos equipamentos, deve fazer-se uma revisão ou uma manutenção mais frequente destes, visto que este é um dos problemas principais que afeta o rendimento do posto. Uma hora de paragens não programadas, que pode ser uma avaria, leva a uma diminuição da disponibilidade do posto, que influenciará diretamente o OEE.

Neste posto de trabalho foram iniciados ensaios de duas novas peças para um novo projeto da Audi, estando planeado o início da produção durante 2014.

Os ensaios passam pela aplicação de cola, processo de termoformagem e rebordagem e corte, para posteriormente se fazerem testes e análise das peças, com o objetivo de garantir que as peças estão conformes com as exigências do cliente. A espessura do pvc é maior, em relação às outras peças da Audi que se produzem neste posto, pelo que os tempos de rebordagem e corte são mais longos, e isso vai refletir-se na definição de um tempo de ciclo maior.

Quando se iniciar a produção das peças de A a Z, os dois processos terão de ser analisados para definir um tempo de ciclo, a necessidade de MOD e balancear o processo. Inicialmente, seguir-se-ão os indicadores de outros processos similares. Considerando um tempo de ciclo similar ao das outras peças da Audi e 1/3 da necessidade das peças, o número de dias por mês, com três turnos ativos, ultrapassa os 22 dias que efetivamente se trabalha, o que implicará criar um segundo posto de trabalho com os mesmos equipamentos, à exceção do periférico de soldadura que, devido ao número de peças pedido pelo cliente, não será necessário um novo.

A abertura de um novo posto trará disponibilidade para dar formação aos operadores, fazer mais ensaios e conseguir gerir a produção devido a disfuncionalidades e ineficiências que possam ocorrer num dos postos. Após analisar estes dois novos processos e abrir o novo posto, será verificada a necessidade de manter os três turnos em funcionamento em cada posto.

4 Implementações e melhorias

A linha de montagem tem bastantes paragens não programadas, como avaria de equipamentos e realização de ensaios, o que provoca atrasos da produção, pelo que foi difícil implementar as alterações propostas. As implementações na linha de injeção serão mais fáceis de aplicar, mas só serão implementadas caso se consiga fazer um ensaio e corra como previsto.

Para a peça injetada no molde 7650, na linha de montagem, foi realizado um ensaio com as alterações propostas de acordo com o balanceamento de operações, sem redução do tempo de ciclo. Pela análise do quadro de produção pôde verificar-se que, com 6 operadores, foi atingido o número de peças objetivo por hora para o novo tempo de ciclo, pelo que poderá ser implementado.

➤ Implementação das alterações propostas para a peça Rueckwand

Para a peça Rueckwand Outer, pretende-se alterar o tempo de ciclo na linha de injeção de 47 para 39 segundos. Essa alteração foi conseguida, diminuindo o tempo de arrefecimento da peça e a temperatura do molde, através da sua refrigeração. Após um ensaio de produção, verificou-se que a qualidade da peça se mantinha com esses novos parâmetros, pelo que este novo tempo de ciclo foi implementado.

Após juntar a equipa do posto de trabalho da linha de montagem, foi realizado um ensaio para esta peça, com redução de 7 para 6 operadores. Através da análise do processo durante o tempo de produção, verificou-se que o objetivo de peças por hora se mantinha, ou seja, conseguem produzir o mesmo número de peças com menos um operador. Esta alteração foi implementada no turno da manhã e está a começar-se a implementar nos outros turnos, de forma a uniformizá-los.

➤ Aplicação da metodologia 5S

Na Simoldes Plásticos existe um responsável pelo cumprimento e organização da metodologia 5S, existindo equipas 5S correspondentes a cada um dos departamentos e módulos de produção, com um responsável por cada uma dessas equipas, designado por piloto.

As equipas 5S de cada um dos departamentos ou módulos de produção realizam semanalmente um “safari 5S”, que consiste numa pequena auditoria intra-departamental, com o intuito de identificar potenciais melhorias e definir o responsável pela ação necessária para efetuar a melhoria identificada.

As auditorias 5S permitem não só uma homogeneização das melhorias nos diversos departamentos e avaliação das equipas, mas também uma visão geral do estado da aplicação da metodologia em toda a fábrica. Durante a auditoria é preenchido um formulário onde estão definidas questões sobre o estado de aplicação de cada uma das 5 etapas: Eliminar, Ordenar, Limpar, Normalizar e Rigor.

Para cada uma das etapas existem cinco questões para avaliação e por cada uma dessas questões é dada uma nota que pode ter o valor de zero, cinco ou dez. É feito, então, o somatório das notas para cada uma das etapas e esse valor é registado num diagrama teia de

aranha ou gráfico radar, que dá informação sobre a avaliação de cada uma das etapas em cada um dos departamentos.

Existem várias formas de avaliar o estado de aplicação da metodologia 5S e o impacto que esta cria no chão de fábrica ou nos gabinetes. Com o registo fotográfico pode ver-se efetivamente o antes e o depois da aplicação de uma melhoria, tratando-se de um indicador visual da metodologia. A avaliação do desempenho das equipas é mostrada através de um gráfico radar, como já foi referido.

Esta ferramenta já se encontra aplicada na linha de montagem, mas nem todos os operadores estão familiarizados com o tema e ainda há bastantes aspetos a melhorar. A primeira coisa a fazer é definir um plano de ações com tudo aquilo que se pretende melhorar e o que fazer para se atingir isso. A equipa do posto de trabalho teve formação sobre o tema, para ficarem sensibilizados com o mesmo e poderem ajudar os responsáveis pelos 5S.

A maior parte dos equipamentos está identificado e o local é limpo, porém ainda não se manteve o rigor, visto que há objetos que não são necessários no posto e deverão ser eliminados daquela área, e nem todos os materiais necessários têm um local apropriado. Este posto utiliza bastantes bases e suportes e não há um espaço organizado para a sua alocação. A criação de uma estante que permita arrumar todas as bases e suportes encontra-se agendada.

De acordo com as regras da empresa, tudo deve ser identificado com as etiquetas 5S, normalizadas e com o símbolo 5S da empresa Simoldes Plásticos. No posto de trabalho em análise foram identificados os suportes e as bases que faltavam. Como há peças similares, isto ajuda os operadores a identificarem visualmente e facilmente o que pretendem.

No anexo H e no anexo I é apresentada a situação antes e depois das melhorias efetuadas no posto de trabalho.

➤ Aplicação da metodologia SMED

Contrariamente à linha de injeção, em que esta ferramenta está relacionada com o tempo de mudança de molde, no posto da linha de montagem, o SMED está ligado à mudança do posto de trabalho, quando se muda de peça.

A mudança consiste em trocar as bases de aplicação da cola, da máquina de termoformagem e do periférico de deteção de componentes, trocar os suportes de apoio para rebordar e montar componentes, trocar matéria-prima e componentes necessários e embalagens.

Através dos quadros TRS foi possível verificar que os tempos de troca de peça variam de turno para turno. Como há bastantes operadores neste posto de trabalho, existe alguma desorganização nas tarefas da mudança de peça, sendo pretendido que cada operador proceda às mudanças necessárias respetivas à sua bancada ou à sua função no posto.

Para todas as possíveis mudanças de peças terá de se fazer uma filmagem, contabilizando os tempos, ver o que se pode e onde se pode melhorar e uniformizar para todos os turnos, de modo a trabalharem todos de igual forma. Pretende-se que o tempo de mudança para uma nova ordem de fabrico seja o menor possível, porque este tempo corresponde a uma paragem não programada e vai influenciar a disponibilidade do posto, que trará consequências no rendimento e produtividade.

Para relembrem o conceito da ferramenta e estarem sensibilizados com o impacto e a responsabilidade que cada um tem, caso haja um atraso na mudança de molde ou falta de material, realizou-se uma formação de SMED com afinadores e técnicos de máquina, chefes

de produção e planeadores de produção. Uma filmagem de uma mudança de molde ajudará a solucionar problemas e encontrar pontos de melhoria, com a finalidade de tornar o processo mais fácil e na redução do tempo de mudança. Uma preparação antecipada das ferramentas necessárias e um *dossier* de afinação ajudará à redução desse tempo e a mantê-lo constante.

➤ Melhorias no posto de trabalho da linha de montagem

No posto de trabalho pretende-se que o retrabalho de lixar as peças plásticas seja feito num posto diferente e com menos duração. Planeou-se programar um robot para lixar as peças e, quando estiver preparado para todas as peças, passa-se à sua implementação e retira-se essa operação do posto, fazendo com que o tempo de operação de A a Z diminua e a ocupação do posto também.

De maneira a arrefecer as peças antes de se executarem os cortes necessários na sua superfície, criou-se uma extensão de uma bancada, com divisões para colocar peças após operações de rebordagem e corte de excesso de pvc no interior das peças (ver Figura 36). Isto contribui para que o pvc não contraia e não deixe a parte plástica visível quando se efetua o corte com as peças quentes. Se a peça plástica fica visível, as peças terão de ser rejeitadas, pelo que isso poderá ser evitado com o arrefecimento da peça.

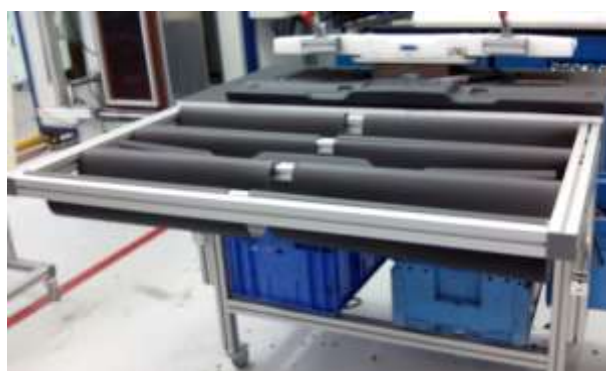


Figura 36: Melhoria numa bancada de trabalho

➤ Programa de sugestões como forma de envolvimento de todos no *kaizen*

Já foram referidas algumas metodologias e técnicas usadas na melhoria contínua (*kaizen*) e foi abordada a importância do envolvimento de todos nesse processo de melhoria. O conhecimento adquirido pelos trabalhadores ao longo do tempo não pode ser desperdiçado, devendo ser feitas reuniões para envolver os trabalhadores nas melhorias das respetivas áreas.

A equipa de trabalho do posto da linha de montagem já propôs bastantes sugestões de melhoria ao longo dos últimos anos e contribuíram bastante para a eficiência da linha, pelo que há que valorizá-los, não só pelo árduo trabalho, mas também pela contribuição do valor que dão à empresa.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Perante a crise mundial, é absolutamente necessário reduzir custos e aumentar a produtividade. As empresas portuguesas necessitam de se adaptar às novas tendências e métodos de gestão da produção para melhorarem o seu desempenho, com vista a adquirirem vantagens competitivas e a garantirem a sustentabilidade do seu negócio. A filosofia de gestão *Lean Thinking* e a cultura de Melhoria Contínua surgem, neste sentido, como pontos fundamentais a ter presente na sequência destes objetivos.

O projeto desenvolvido ao longo da dissertação visa a otimização de processos produtivos, redução de desperdícios, aumentos de produtividade e a uniformização dos processos, através da aplicação de metodologias *Lean*, num regime de melhoria contínua.

O mapeamento da cadeia de valor é uma ferramenta que permite tanto uma visão global de todo o fluxo de valor, como uma visão detalhada de cada um dos processos de produção. Esta metodologia foi aplicada parcialmente na análise dos processos produtivos e revelou-se essencial na identificação de desperdícios e problemas associados ao projeto, na elaboração de um plano de ações que contemplasse a eliminação dos pontos críticos e na projeção de um estado futuro objetivo. Esta metodologia de análise foi importante para aumentar a produtividade dos processos, bem como na avaliação dos benefícios financeiros esperados, que ajuda no processo de decisão sobre o estado futuro do processo produtivo a atingir. Através desta ferramenta também foi possível estudar métricas *lean* e indicadores importantes de análise de processos.

As alterações propostas para a peça Rueckwand foram implementadas, tendo sido reduzido o tempo de ciclo da linha de injeção de 47 segundos para 39 segundos e com uma redução, na linha de montagem, de 7 para 6 operadores. As operações foram balanceadas, tendo os operadores da linha de montagem ficado com tempos de ocupação semelhante. Conseguiu-se uma melhoria do processo, que era o pretendido.

Os resultados visíveis da aplicação da metodologia 5S demonstram o poder desta metodologia. A aplicação de ações relacionadas com a ferramenta 5S garantiu uma adequada organização, identificação e ainda uma melhoria da gestão visual. Conclui-se que é essencial para toda e qualquer empresa, garantindo a sua organização e eliminação do desperdício. Porém, a implementação da ferramenta deve ser progressiva e deve manter-se o rigor, através do envolvimento de todos os colaboradores.

É importante salientar que parte deste trabalho não seria possível sem a colaboração e participação dos operadores, garantindo uma maior motivação e aceitação das alterações propostas.

Apesar das propostas de melhoria não terem sido ainda todas implementadas, o objetivo de utilizar técnicas e ferramentas *lean* para estudar e aumentar a produtividade dos processos foi cumprido. A monitorização da eficiência global do processo produtivo permite que se conheça permanentemente a sua evolução e pressiona toda a equipa para a procura contínua de um melhor desempenho.

Em termos de possíveis desenvolvimentos do trabalho sugere-se implementar na íntegra todas as alterações propostas nos VSM realizados e as ações constantes respetivos dos planos de

ações, após o que deverão ser continuados os estudos do OEE, permitindo ver os problemas que afetam o posto de trabalho e tentar melhorá-los.

Na posto de trabalho da linha de montagem estudado é necessário continuar a aplicar a ferramenta 5S e supervisioná-la, porque existem aspetos a melhorar. Neste posto de trabalho deve também ser aplicada a metodologia SMED, de modo a reduzir o tempo de mudança entre peças.

Os resultados deste tipo de trabalho necessitam de acompanhamento diário e de um envolvimento direto no chão de fábrica. Para promover aumentos de produtividade, o recurso ao programa de sugestões é essencial e deve apostar-se numa maior criação de grupos de trabalho de melhoria contínua, onde os operadores têm oportunidade de transmitir o conhecimento adquirido sobre os processos de produção e ajudar a melhorá-los, criando valor para a empresa e eliminando desperdícios.

Referências

- Jones, Dan e Womack, Jim. 2002. *Seeing the Whole*. Lean Enterprise Institute.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Marchwinski, Chet, Shook, John e Schroeder, Alexis. 2008. *Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers*. Lean Enterprise Institute.
- Meyers, Fred E. e Stewart, James R. 2002. *Motion and Time study for Lean Manufacturing*. Prentice Hall.
- Ohno, Taiichi. 1988. *The Toyota Production System: beyond large scale-production*. Productivity Press.
- Pinto, João Paulo. 2009. *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Edições Lidel.
- Rother, Mike e Shook, John. 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute.
- Shingo, Shigeo. 1989. *Study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint*. Productivity Press.
- Suzaki, Kiyoshi. 2010. *Gestão de Operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*. LeanOp, Unipessoal Lda.
- Womack, James P. e Jones, Daniel T. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- Womack, James P., Jones, Daniel T. e Roos, Daniel. 1990. *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates.
- Simoldes Plásticos. 2013. Documento Interno. Simoldes Plásticos.
- Kaizen Institute. 2014. Documentos referentes a um workshop. *Kaizen Institute*

Sites Consultados

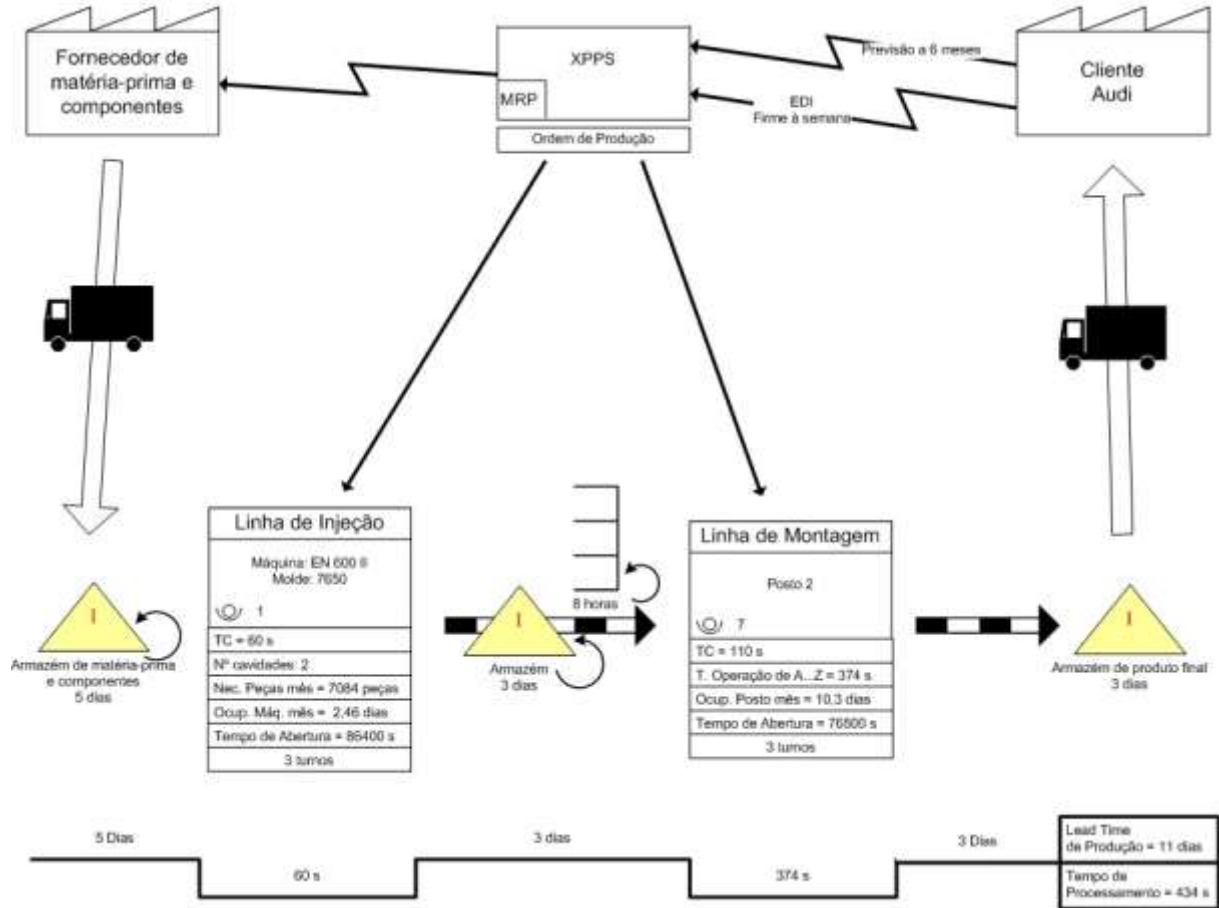
www.simoldes.com

www.lean.org

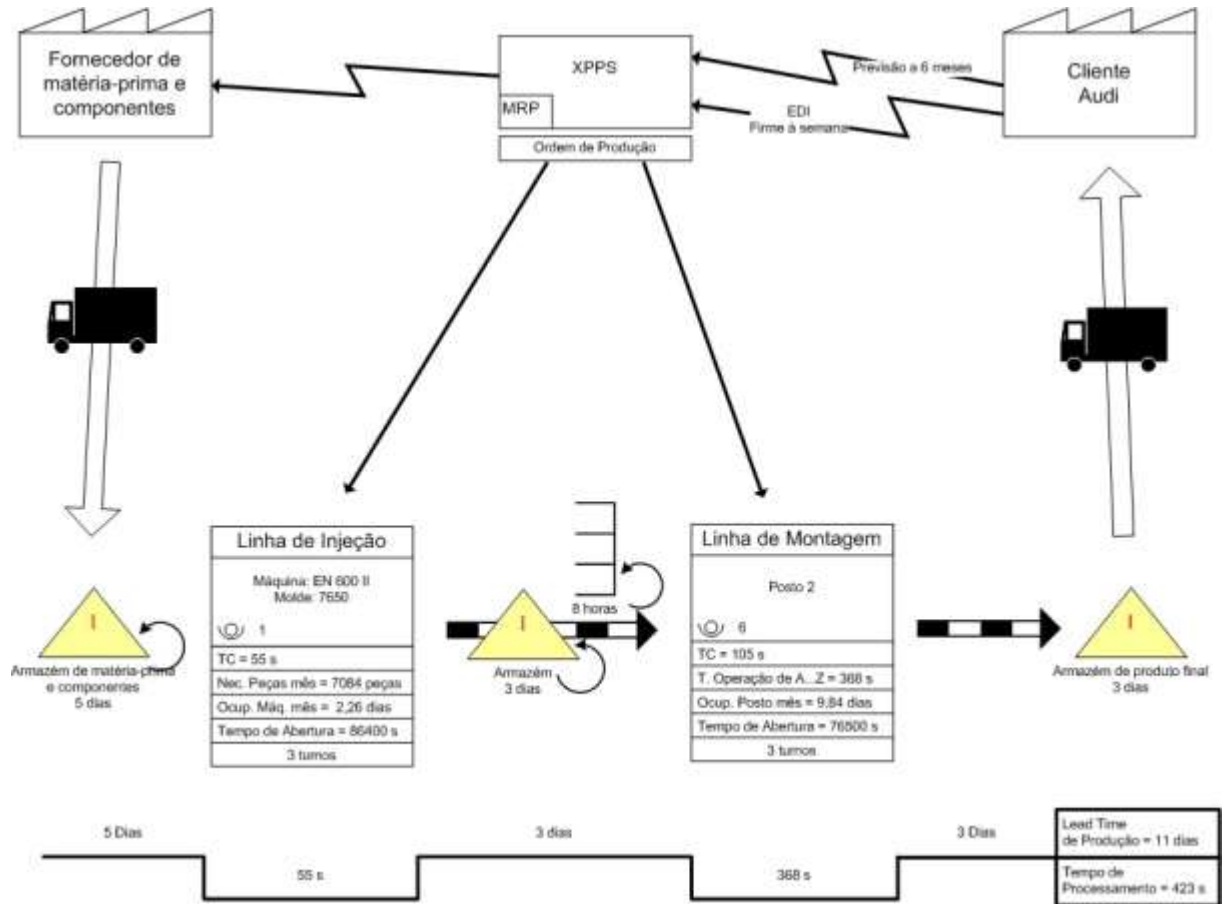
Anexo A: Valores observados na linha de montagem da peça injetada no molde 7223

N°	N° OP	DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE	N° PEÇAS / CRONO	CRONOMETRAGENS (segundos)										Tempo / Peça
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	5	Cortar PVC	1	8,00	8,00	9,00	9,00	8,00	9,00	8,00	8,00	9,00	8,00	9
2	1	Retirar peça da embalagem e colocar na bancada	1	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4
3	1	Lixar pontos de injeção	1	29,00	31,00	30,00	24,00	26,00	36,00	24,00	30,00	29,00	30,00	29
4	1	Limpar com ar comprimido	1	8,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7
5	1	Limpar com álcool e colocar num suporte	1	13,00	13,00	11,00	9,00	9,00	9,00	13,00	11,00	10,00	13,00	11
6	1	Retirar peça, colocar na base e aplicar cola	1	41,00	39,00	45,00	43,00	42,00	42,00	44,00	44,00	43,00	41,00	43
7	1	Retirar peça da base e colocar no túnel de secagem	1	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4
8	2	Retirar peça, colocar na máq de termoformagem e acionar	1	6,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6
9	2 e 3	Recolher PVC do suporte e colocar na máquina	1	13,00	13,00	14,00	14,00	14,00	13,00	16,00	15,00	16,00	16,00	17
10	2	Acionar máquina	1	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	4
11	2 e 3	Soprar PVC com ar comprimido	1	26,00	24,00	22,00	22,00	22,00	23,00	24,00	28,00	21,00	22,00	24
12	2 e 3	Cortar excesso de PVC	1	22,00	16,00	16,00	18,00	17,00	16,00	16,00	22,00	22,00	17,00	18
13	3	Retirar peça da base e colocar na bancada	1	2,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3
14	2	Retirar excesso de PVC da máq. e colocar no lixo	1	4,00	5,00	4,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	4,00	4
15	2 e 3	Rebordar peça	1	100,00	96,00	96,00	98,00	98,00	98,00	103,00	92,00	100,00	96,00	98
16	3	Recolher peça, colocar na prensa e acionar	1	5,00	8,00	7,00	5,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	6,00	6
17	4	Retirar excesso e colocar peça na bancada	1	6,00	7,00	6,00	7,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	7,00	7
18	4	Rebarbar e passar rolo no PVC	1	11,00	12,00	10,00	14,00	13,00	11,00	12,00	12,00	9,00	12,00	12
19	4	Montar 4 clamps	1	13,00	10,00	12,00	11,00	13,00	10,00	12,00	10,00	12,00	13,00	12
20	5	Recolher um inner da embalagem e colocar na bancada	1	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5
21	5	Aplicar insono central	1	14,00	14,00	14,00	12,00	17,00	13,00	14,00	12,00	13,00	14,00	14
22	5	Aplicar 2 insonos laterais	1	13,00	14,00	18,00	16,00	14,00	13,00	14,00	14,00	14,00	14,00	15
23	5	Montar 2 clamps	1	4,00	7,00	5,00	5,00	6,00	4,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6
24	5	Colar índice	1	6,00	5,00	5,00	6,00	5,00	4,00	4,00	5,00	6,00	5,00	5
25	4	Pegar no inner e montar no outer	1	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8
26	4	Colocar na bancada seguinte	1	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3
27	6	Recolher peça e colocar na célula de soldadura	1	4,00	7,00	5,00	4,00	5,00	6,00	6,00	5,00	4,00	5,00	5
28	6 e 7	Montar deckels, colocar na célula e acionar	1	18,00	18,00	22,00	18,00	23,00	26,00	18,00	22,00	22,00	22,00	22
29	6	Retirar peças soldadas e colocar na bancada	1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	5,00	5,00	5
30	6 e 7	Aplicar 2 cintas na peça	1	13,00	14,00	13,00	14,00	13,00	13,00	11,00	11,00	10,00	10,00	12
31	6 e 7	Clipar os deckels nas cintas e montar no Rueckwand	1	16,00	18,00	18,00	16,00	17,00	20,00	18,00	20,00	16,00	18,00	20
32	6 e 7	Montar 2 gurtblende	1	8,00	9,00	10,00	9,00	9,00	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00	10
33	7	Colocar peça no periférico, colar etiqueta e acionar	1	14,00	13,00	14,00	11,00	13,00	10,00	12,00	10,00	11,00	11,00	12
34	7	Retirar peça, analisar e embalar	1	22,00	26,00	23,00	24,00	23,00	22,00	23,00	24,00	21,00	24,00	24
35	7	Separador de embalagem	9	30,00	26,00	28,00	27,00	28,00	27,00	28,00	28,00	28,00	26,00	3
36	7	Preparar embalagem	21	30,00	26,00	32,00	30,00	30,00	28,00	27,00	30,00	29,00	30,00	2
37	7	Colar rótulo e etiqueta na embalagem	21	12,00	15,00	13,00	12,00	12,00	13,00	12,00	13,00	11,00	12,00	1
SOMA DAS ACTIVIDADES (TEMPO / PEÇA)														490,0
OCUPAÇÃO / PAX / CICLO (seg.)														70,0
% OCUPAÇÃO / PAX														58%

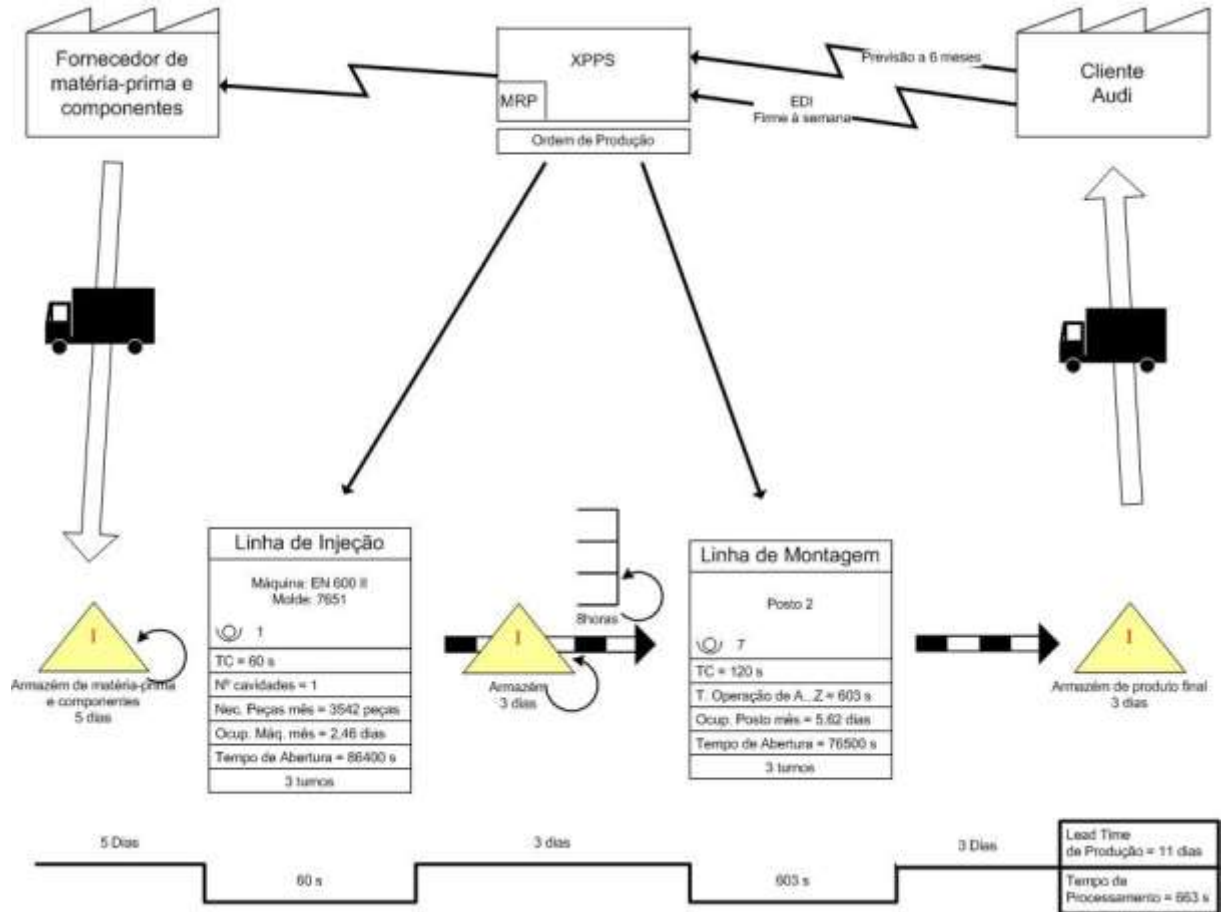
Anexo B: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7650



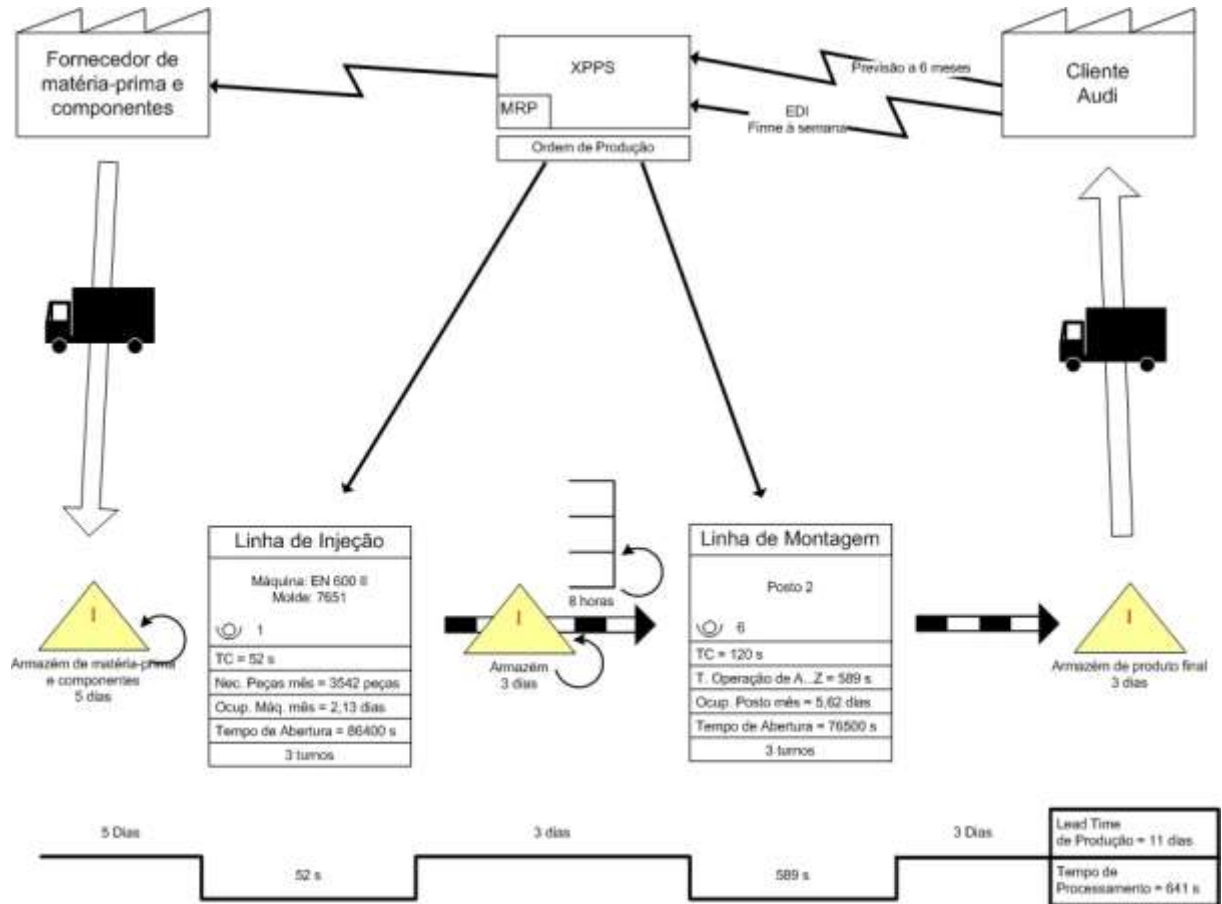
Anexo C: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7650



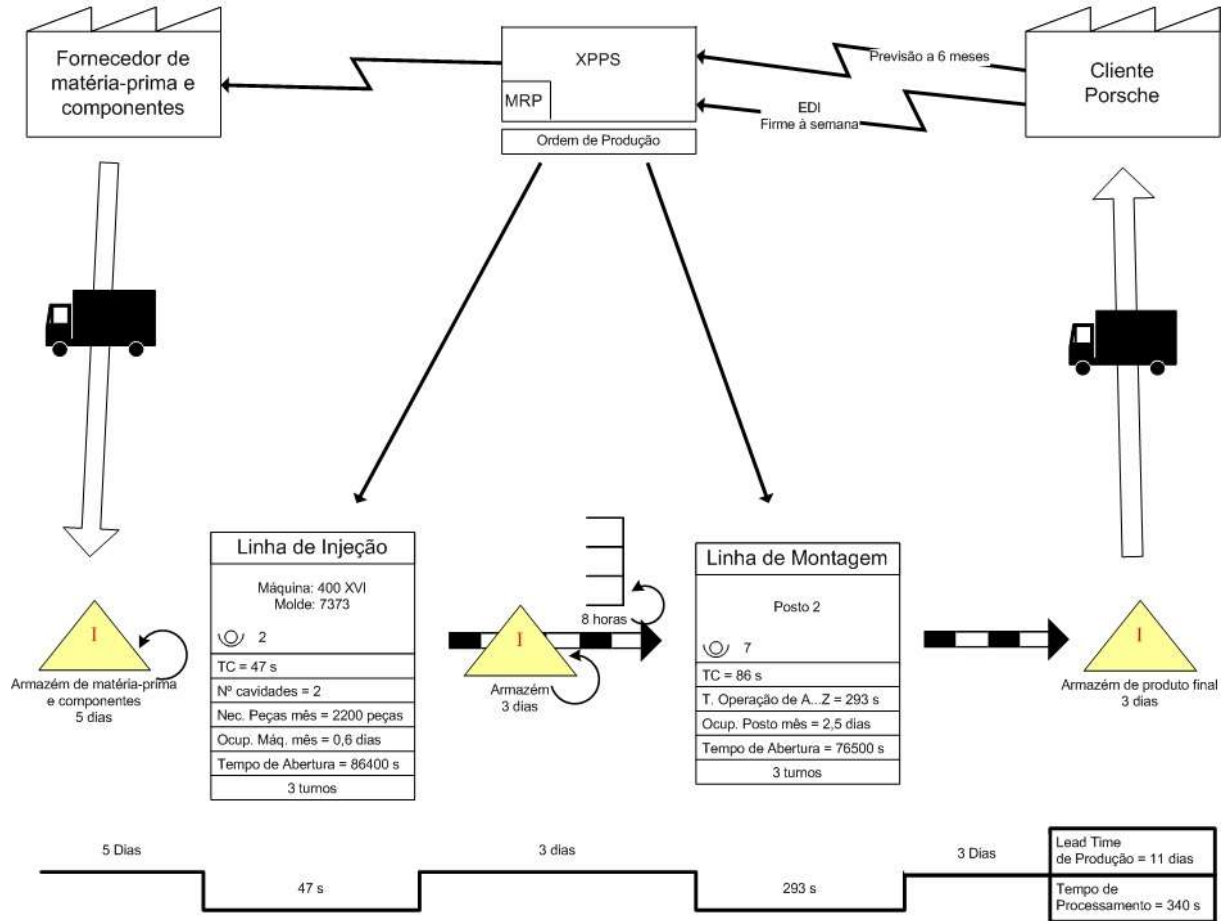
Anexo D: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7651



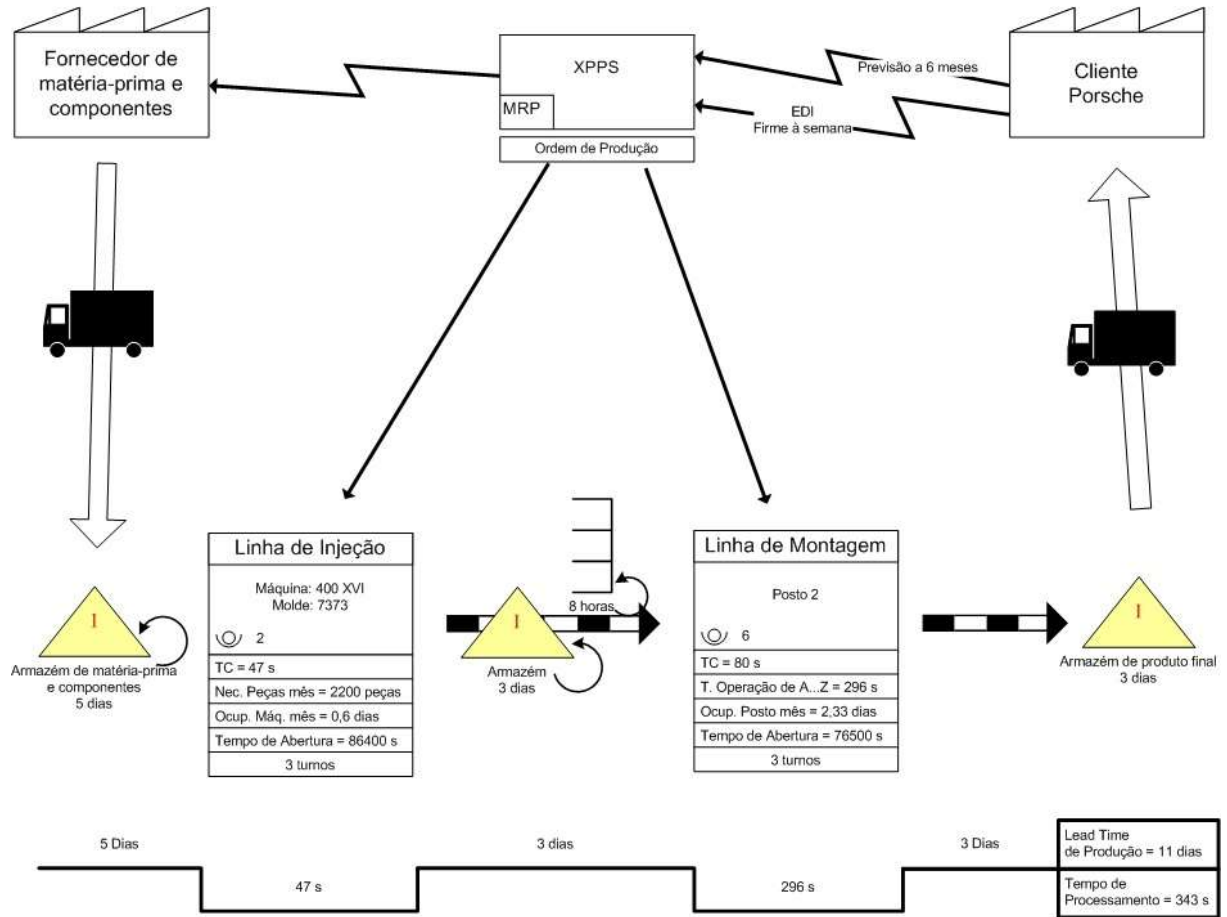
Anexo E: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7651



Anexo F: Mapeamento da cadeia de valor do estado atual da peça injetada no molde 7373



Anexo G: Mapeamento da cadeia de valor da proposta futura da peça injetada no molde 7373



Anexo H: Plano de melhoria efetuado no posto da linha de montagem

		PLANO DE MELHORIA			
ANTES E DEPOIS				DEP: Engenharia de Processo	
Tema : Identificação de material				Emissor: Sofia Teixeira	
Visual: ☒		Operacional: ☐		Data: 06/jun/14	
ANTES			DEPOIS		
FOTOS: 			FOTOS: 		
Descritivo: Bases da máquina de termoformagem sem local definido na estante			Descritivo: Identificação e alocação das bases na estante		
Equipa de Análise: Daniel Gonçalves, Rui Campelo, Sofia Teixeira					

Anexo I: Plano de melhoria efetuado no posto da linha de montagem

		PLANO DE MELHORIA			
ANTES E DEPOIS				DEP: Engenharia de Processo	
Tema : Arrumação de material				Emissor: Sofia Teixeira	
Visual: ☒		Operacional: ☐		Data: 05/jun/14	
ANTES			DEPOIS		
FOTOS: 			FOTOS: 		
Descritivo: Bases do periférico de deteção de componentes sem local específico para arrumar			Descritivo: Criação de um suporte para alocação das bases		
Equipa de Análise: Daniel Gonçalves, Rui Campelo, Sofia Teixeira					