

Organização da produção no fabrico e corte de tubo

Sara Sousa Torres

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Luís Cardoso Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2018-02-01

Aos meus pais, pelos valores que me transmitiram

Resumo

O presente projeto surgiu da necessidade da “BorgWarner Viana do Castelo” se preparar para o aumento da procura prevista para os próximos anos. No ramo automóvel, a competitividade e o ritmo de produção tem vindo a crescer e, como tal, são necessárias linhas de produção organizadas e eficientes no seu processo produtivo.

A empresa tem vindo a aumentar o fluxo de novas encomendas, o que significa que o processo produtivo tem que estar preparado, de forma a garantir que estas são entregues atempadamente e com os requisitos requeridos, para se garantir um bom nível de serviço ao cliente. É fundamental uma boa organização e fiabilidade no processo produtivo visto que trazem efeitos positivos não só na perspetiva do cliente, como na perspetiva da empresa em relação aos custos relacionados com o processo.

A empresa em estudo forneceu dados dos projetos já aceites para os próximos cinco anos e a capacidade de resposta definida contratualmente pela empresa

Paralelamente à análise da informação fornecida foi feita uma observação geral de toda a unidade fabril, com especial foco no setor de produção de tubos de faces paralelas, onde se dedicou grande parte do tempo. A visão global da unidade foi essencial para se relacionar os dados fornecidos com o que acontece diariamente no ambiente fabril. As observações diárias na linha de produção em estudo foram também essenciais para se traçar objetivos e solucionar os principais problemas encontrados. Nesta secção em particular, destacavam-se: problemas de planeamento; as paragens de uma das máquinas devido a uma peça que não era adequada; o tempo despendido a retirar as grades de proteção de uma das máquinas sempre que era necessário ajustar alguma ferramenta; falta de organização das amostras depois de terem sido testadas; excesso de stock e pouca organização na linha.

Os estudos realizados e a implementação de ferramentas *lean* possibilitaram resolver os problemas acima mencionados. Visto que uma das grandes necessidades era organizar a linha de forma a esta estar adaptada ao aumento da procura, também se promoveu uma redefinição do *layout*, conseguindo-se com este uma redução da área e a criação de novos fluxos de material. Esta melhoria vai permitir um *layout* mais flexível e uma melhor eficiência em gerir o aumento do volume de referências.

O resultado obtido foi positivo e os objetivos foram alcançados. As mudanças implementadas permitiram reduzir pequenos tempos de inatividade e, para além disso, o novo *layout* facilitará os fluxos de materiais, garantindo maior flexibilidade e segurança.

O envolvimento de todos os colaboradores, desde os níveis hierárquicos mais baixos até aos mais elevados, foi um aspeto crucial para o sucesso do projeto.

Organization of production in the manufacturing industry

This project arose from the necessity of the company "BorgWarner Viana do Castelo" to prepare for the increase in customer demand planned for the coming years. In the automotive sector, competitiveness and production pace has been growing, and as such, production lines have consequently been organized to obtain efficiency in the production process.

Since in the very short term the studied company will start having new demanding stakeholders due to new products that will be released on the market, the production process must be prepared to ensure that those requests will be delivered in a timely manner and with all the requirements met. It is essential to have a good organization and a reliable process to comply high standards of production and therefore succeed in the new project.

When approaching the dissertation project, the relevant data has been gathered from the studied company and the relationship with its stakeholders in order to make a research on the forecasted customer's requests for the upcoming five years. Parallel to the analysis of the provided information, it has been made a general observation of the entire manufacturing unit, with special focus on the laser production line. The overall view of the unit was prominent to relate the data provided with what happens on a daily basis in the manufacturing environment. The observations on the field were also essential to outline the objectives and to solve the main issues encountered. Relatively to the issues encountered, it is worth mentioning the most relevant: planning problems; the outage of one of the machines due to a part that was not fitting well; the time spent removing the protection grids from one of the machines whenever the reference was changed; lack of organization of the samples after they have been tested; excess stock and scarce organization on the line.

The studies carried out and the implementation of lean tools have made it possible to solve all the above-mentioned issues allowing the dissertation to smoothly continue on its paths. Since one of the greatest needs was to organize the production line so that it was adapted to the increase in demand, a redefinition of the layout was also promoted. Such redefinition allowed to obtain a reduction of the production area and the creation of new material flows. Such improvement will improve the overall efficiency once the capacity of the machines will increase.

The result was positive, and the objectives were achieved. The implemented changes allowed to reduce small unnecessary downtime and in addition the new layout will facilitate material flows granting greater flexibility and enhanced security.

The involvement of all employees, from the lowest to the highest hierarchical levels, was a crucial aspect for the success of this project.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à “BorgWarner Viana do Castelo” pela oportunidade de realizar a dissertação nas suas instalações.

Ao professor Paulo Osswald, por toda a sua ajuda e pela disponibilidade demonstrada ao longo da dissertação, assim como pelos conselhos e acompanhamento prestado para que o projeto tomasse o rumo certo.

Ao Engº David Monteiro, ao Engº Eduardo Fernandes, ao Engº Rui Silva e ao Engº Vitor Oliveira, pelo apoio dado ao longo do desenvolvimento do projeto.

A todos os colaboradores da “BorgWarner Viana do Castelo”, envolvidos no projeto, pela disponibilidade e colaboração demonstrada e pelo conhecimento transmitido.

Ao meu avô e à minha avó, pelos valores que me transmitem e que sempre acreditaram em mim.

Por fim, um agradecimento especial aos meus pais e irmão, pelo apoio incondicional, incentivo e ajuda durante o meu percurso.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Projeto na “BorgWarner Viana do Castelo”	1
1.3	Objetivos do projeto	2
1.4	Método seguido no projeto	3
1.5	Estrutura da dissertação	3
2	Enquadramento teórico	5
2.1	Toyota Production System	5
2.2	Lean thinking	6
2.3	Eliminação dos desperdícios	7
2.4	Estratégia <i>push/ pull</i>	8
2.5	Ferramentas <i>lean</i>	8
2.5.1	5s	8
2.5.2	<i>Kanban</i>	9
2.5.3	Supermercado	10
2.5.4	TPM	10
2.5.5	OEE	10
3	Levantamento e análise da situação atual	12
3.1	O produto e o processo produtivo	12
3.2	A capacidade da linha e a procura	12
3.3	O layout e o fluxo de materiais	14
3.4	O controlo de qualidade	16
3.5	Os registos de controlo do processo e o OEE	16
3.6	Os registos do OEE	17
4	Desenvolvimento e implementação de soluções de melhoria	21
4.1	Escolha das referências a serem produzidas nos próximos anos na máquina de soldadura laser 21	
4.2	Planeamento das referências a serem cortadas na máquina de corte	25
4.3	Melhorias de disponibilidade	27
4.4	Redefinição do <i>layout</i> da linha de produção laser	31
5	Conclusão e perspetivas futuras	35
	Referências Bibliográficas	37
	ANEXO A: Desbobinador da máquina de laser	39
	ANEXO B: Contentores de armazenamento das barras de seis metros produzidas na máquina de soldadura laser	40
	ANEXO C: Folha de registos inicial	41
	ANEXO D: Nova folha de registos	42
	ANEXO E: Zona de abastecimento da máquina de corte	43

Siglas

EGR-Exhaust Gas Recirculation

JIT- Just-in-Time

OEE - Overall Equipment Effectiveness

TPS-Toyota Production System

WIP- Work- in- Progress

Índice de Figuras

Figura 1- “Instalações da “BorgWarner Viana do Castelo”	1
Figura 2- Exemplo de tubo híbrido, <i>cooler</i> EGR e tubo corrugado produzidos na BorgWarner	2
Figura 3- Diagrama representativo das principais atividades executadas	3
Figura 4- Perdas e paragens contabilizadas no cálculo do OEE.....	10
Figura 5- Fluxo de material na linha de produção laser	15
Figura 6- Os parâmetros da disponibilidade, do desempenho e da qualidade da máquina de soldadura laser para os meses de setembro e outubro	18
Figura 7- Fatores que influenciam o parâmetro da disponibilidade da máquina de soldadura laser relativos ao mês de setembro	19
Figura 8- Fatores que influenciam o parâmetro da disponibilidade da máquina de soldadura laser relativos ao mês de outubro	19
Figura 9- Fatores que influenciam o parâmetro do desempenho da máquina de soldadura laser, relativos ao mês de setembro e outubro	20
Figura 10- Capacidade da máquina de laser e taxa de ocupação de cada referência	21
Figura 11- Projeção da capacidade da máquina de soldadura laser para as referências com maior taxa de ocupação	23
Figura 12- Capacidade da máquina de laser para as referências que implicam um menor tempo de <i>setup</i>	24
Figura 13- Capacidade da máquina de corte e taxa de ocupação de cada referência	26
Figura 14- Capacidade da máquina de corte interna para as referências que não estão validadas no fornecedor externo.....	27
Figura 15- Grades de proteção das ferramentas da máquina de laser, antes (esquerda) e depois (direita)	28
Figura 16- Peça utilizada para orientar o material produzido a entrar no tubo, peça antiga (esquerda) e nova peça (direita).....	29
Figura 17- Fatores que influenciam o OEE, na folha antiga (esquerda) e na nova (direita)	30
Figura 18- Estante de armazenamento das amostras depois de testadas	31
Figura 19- Layout atual da linha de produção laser e da linha de tubo corrugado.....	32
Figura 20- Novo layout da linha de produção laser e tubo corrugado	33

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tempos de ciclo de produção de duas referências de tubo oval	13
Tabela 2- Tempos de ciclo de corte de duas referências de tubo oval	14
Tabela 3- Quantidade de peças boas e defeituosas e percentagem de sucata por turno nos meses de setembro e outubro.....	17
Tabela 4- Resumo da decisão tomada em relação às referências produzidas na máquina de laser interna e no fornecedor externo.	25

1 Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O tema desenvolvido durante a dissertação surgiu da necessidade de atuação na linha de produção de tubos por soldadura laser, que é denominada na empresa por “linha de produção laser”. Esta linha contém duas máquinas: a máquina de corte e a máquina de soldadura laser, que integra uma tecnologia bastante recente. Uma vez que as previsões para os próximos anos são favoráveis, sendo espectável um crescimento acentuado do número de referências a ser produzido e cortado na linha em estudo, a empresa definiu como uma grande necessidade a identificação das prioridades de atuação na linha de produção, de forma a esta estar preparada para as mudanças.

O presente trabalho incidiu na análise da capacidade das duas máquinas da linha de produção laser, que, correm várias medidas paralelas para melhorar essa capacidade visto que o volume previsto de referências a serem produzidas e cortadas para os próximos cinco anos é bastante superior ao atual. A empresa recorre a subcontratos para o excedente, e o objetivo é ter uma proposta de referências a fazer internamente e externamente. De forma a adaptar a linha de produção aos aumentos de volumes de produção, foi feita uma redefinição do *layout* de forma a permitir uma movimentação e fluxo mais eficaz de materiais. Este projeto fazia parte de uma das grandes necessidades de atuação da empresa, visto que a previsão de projetos a serem produzidos nesta linha está em crescimento.

1.2 O Projeto na “BorgWarner Viana do Castelo”

A *BorgWarner* é uma empresa multinacional norte-americana criada em 1928 com sede em *Auburn Hills, Michigan* (EUA). Possui sessenta e duas localizações distribuídas por dezassete países na Europa, América, África e Ásia¹. O grupo *BorgWarner* produz componentes para motores, transmissões e sistemas de condução de fluidos.

Em 2014, a *BorgWarner Emissions Systems* constrói a sua própria unidade fabril em Viana do Castelo, no Parque Empresarial de Lanheses (figura 1). Nesse mesmo ano, a 7 de novembro é inaugurada a nova unidade fabril da *BorgWarner* em Viana do Castelo, sendo a localização atual. A empresa conta com oitocentos e quatro colaboradores, atualmente.



¹ in www.borgwarner.com, acedido em 03/01/2018

Os principais componentes produzidos na BorgWarner Emissions Systems EM Viana do Castelo são: os *coolers* EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), os módulos EGR, os módulos de controlo para velas incandescentes, as válvulas EGR, os tubos EGR, o *E-Booster* e os tubos de água e de óleo (figura 2).



Figura 2- Exemplo de tubo híbrido, *cooler* EGR e tubo corrugado produzidos na BorgWarner

A BorgWarner Portugal está credenciada com as seguintes normas:

- ISSO/TS 16949: norma referente ao sistema de controlo de qualidade que é atribuída a empresas que apostam em prevenção de defeitos, melhoria contínua e redução de variação e desperdício na linha de produção;
- ISSO 14001: norma que define uma série de exigências específicas à implementação de um sistema ambiental dentro de uma organização.

Uma das preocupações da empresa consiste em proporcionar condições de trabalho que garantam a máxima segurança e saúde dos colaboradores, contribuindo para uma melhor qualidade de vida. Uma das prioridades da empresa é aumentar a segurança pela prevenção e eliminação de fatores de risco, evitando assim os custos sociais e económicos.

Ao longo do período da dissertação, o trabalho foi desenvolvido no departamento de operações e na linha de produção. As prioridades de atuação e observações diárias do processo foram feitas no “*shop floor*”. No departamento de operações procedeu-se à análise e tratamento dos dados necessários para desenvolver o projeto.

1.3 Objetivos do projeto

O presente projeto “Organização da produção no fabrico e corte de tubo”, visa a implementação de melhorias e soluções para os problemas apresentados. Tendo em consideração a duração para o desenvolvimento do mesmo, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

- Analisar a capacidade das duas máquinas da linha de produção laser;
- Planear e decidir quais as referências a serem produzidas na máquina de soldadura laser e cortadas na máquina de corte interna com base na eficaz utilização dos equipamentos instalados e nas limitações dos fornecedores;
- Identificar prioridades de atuação no parâmetro da disponibilidade, do OEE;
- Implementar soluções de melhoria para as prioridades identificadas;
- Redefinir o *layout* atual e definir fluxos de material que se adaptem ao aumento do número de referências.

1.4 Método seguido no projeto

O planeamento do projeto foi feito de forma a ser possível ter uma visão geral da empresa e do processo produtivo, para depois se poder realizar o trabalho proposto. O tempo dedicado a cada tarefa foi estabelecido com o orientador da empresa. As principais atividades executadas no período planeado para a dissertação estão representadas na figura 3:

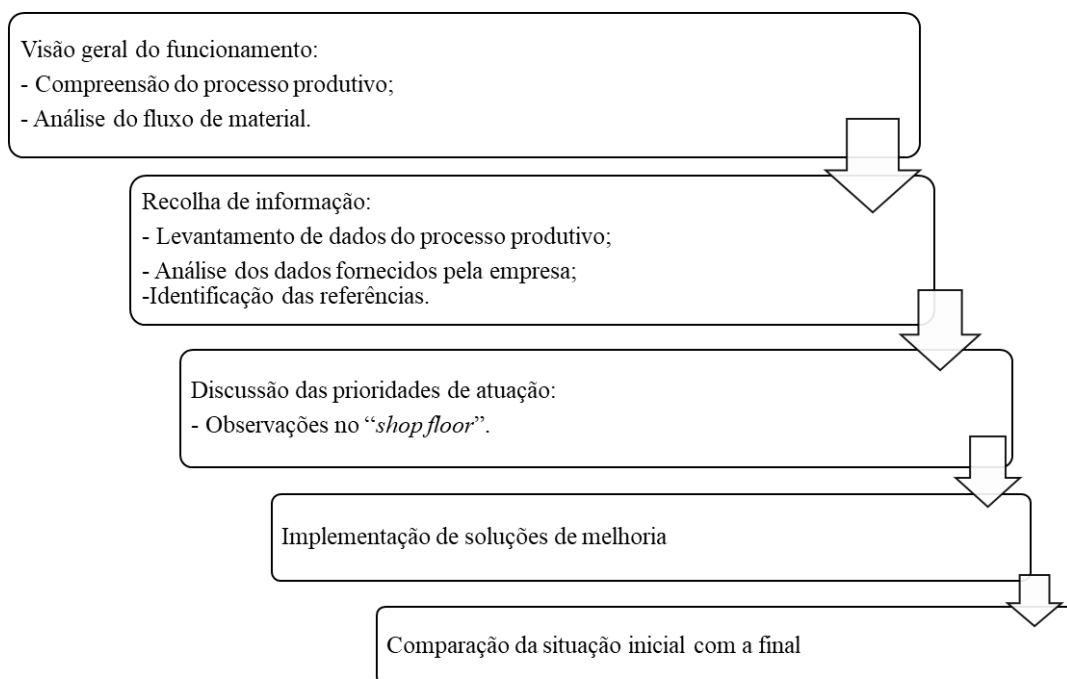


Figura 3- Diagrama representativo das principais atividades executadas

Para a concretização deste projeto, é importante o envolvimento de todos os colaboradores para juntamente com observações no terreno e dados fornecidos pela empresa, entender quais as necessidades e prioridades de atuação.

1.5 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em cinco capítulos distintos.

No seguimento deste capítulo introdutório, onde foi feita uma pequena elucidação sobre o enquadramento e motivação do projeto, o segundo capítulo dá ênfase aos fundamentos teóricos e conceitos abordados na presente dissertação. Desta forma, foi possível explorar e estruturar o problema, e relacionar os conhecimentos adquiridos durante o percurso académico com o projeto a realizar.

No terceiro capítulo, é efetuado um levantamento da situação inicial que a empresa se encontrava. De forma a dar a entender o funcionamento da secção da fábrica na qual o projeto se desenrola, é feita uma análise do processo produtivo, da capacidade da linha de produção e dos fluxos de materiais. Por fim é descrito como é feito o controlo e registos do processo.

No quarto capítulo, apresentou-se o projeto com mais detalhe onde foram desenvolvidas e implementadas soluções de melhoria.

Por fim, no último capítulo, são expostas as conclusões finais do trabalho realizado, onde também são feitas algumas considerações relativamente a trabalhos futuros.

2 Enquadramento teórico

2.1 Toyota Production System

O conceito *lean* nasceu na Toyota, na década de 1940 e foi desenvolvido com os seus fornecedores nas décadas de 1950 e 1960, no Japão, como *Toyota Production System (TPS)* (Schonberger 2007; Liker 2004). A economia japonesa estava destruída pela guerra, e o acesso à tecnologia estava limitado pela falta de capital e de mercados para a aplicar. A produtividade das fábricas japonesas era nove vezes inferior à das fábricas americanas (Hopp e Spearman 2000). A indústria nipónica, devido a ausência de recursos, teve que se adaptar, tomando como objetivo a expressão “*doing more with less*” (Liker e Meier 2006). A Toyota com esta nova filosofia de fazer muito com pouco, utilizou a identificação e a eliminação dos desperdícios como vantagem competitiva. Os processos nipónicos passaram assim a ser bastante distintos dos processos europeus e americanos, uma vez que, com as dificuldades e escassez que passou o Japão foi possível criação de empresas *lean* a produzir bons resultados a nível de qualidade, custos, produção e eficiência (Liker 2004).

O modelo de produção da Toyota assenta em dois pilares: o JIT (*just in time*) e *Jidoka*.

O **Just-In-Time** é um termo inglês adotado pelos japoneses, que significa ter algo preparado no tempo certo. A ideia do JIT assenta em produzir o que é necessário, nas quantidades certas e no tempo exato, Com este sistema pretende-se excluir os stocks finais e intermédios (Denes 2008).

Para tornar o JIT realidade os japoneses tiveram de dar passos substanciais na flexibilidade, *lead time* e qualidade. A ideia do TPS é não depender de longas séries de produção para ser eficiente e por isso, mas para isso é necessário ser capaz de conseguir produzir em pequenas séries (Melton 2005).

Uma boa gestão de tempos e de recursos possibilita o JIT. Tudo que exceder a quantidade mínima necessária é considerado desperdício, porque o esforço e o material gastos para algo que não é necessário para agora, não devem ser utilizados neste momento. De acordo com o JIT o tamanho ideal do lote é um. Sendo as estações de trabalho um problema devido a estarem geograficamente dispersas, os japoneses atuaram precisamente na organização do trabalho tentando desta forma aproximá-las para com isto tentar minimizar o tempo de circulação e manter as quantidades de transferência baixas. Os fornecedores tentam fazer entregas aos clientes várias vezes ao dia, com o objetivo de manter os lotes com tamanhos pequenos e o nível de stock baixo. A meta é reduzir os *stocks* para zero, reduzindo assim o investimento e encurtando o *lead times*. A manufatura JIT expõe os problemas que, de outra forma, estariam escondidos por excesso de stock e de funcionários (Chase, Jacobs, e Aquilano 2006).

O **jidoka** diz respeito à autonomação, ou seja, significa automação com toque humano. Este conceito salvaguarda que, sempre que for detetado alguma anomalia, a máquina pára e

aguarda que alguém resolva o problema. O *jidoka*, o JIT e todo o TPS têm como princípios base a estabilidade, a gestão visual, o trabalho uniformizado (Liker 2004).

2.2 Lean thinking

A filosofia *lean thinking* auxilia a gestão de uma organização, 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 outros setores, com resultados também satisfatórios. Esta filosofia rege-se por cinco princípios (Womack e Jones 2003):

- 1) **Valor:** nesta filosofia o "valor" é determinado pelo cliente final. É o valor que determina quanto um cliente está disposta a pagar um produto, funcionalidade ou serviço. Todo o processo de produção e entrega do produto deve ser examinado e otimizado de forma a agregar valor ao cliente e evitar desperdícios;
- 2) **Fluxos de valor:** são todas as etapas do processo que cada produto ou serviço tem que passar, para acrescentar o valor esperado pelo cliente. Em grande parte dos fluxos, poucas atividades criam valor para o cliente. Etapas que não geram valor ao produto ou serviço são consideradas como desperdícios, e devem ser melhoradas ou eliminadas do processo;
- 3) **Fluxo contínuo:** após a definição do fluxo de valor, as empresas devem operar em fluxo contínuo sem que existam interrupções, e pontos de estrangulamento que impliquem a paragem ou redução da atividade em determinados pontos da cadeia. As etapas do processo devem estar sincronizadas. O fluxo contínuo entrega valor de forma mais rápida para seu cliente, no menor prazo possível, e com o menor custo possível;
- 4) **Produção pull (puxada):** é um sistema de produção que assegura que nada será feito antes do seu tempo. As instruções de fabrico são dadas pelo cliente final e percorrem, no sentido inverso, todo o fluxo de valor. Relaciona-se com a produção *Just-in-Time* na medida 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 objetivo final da filosofia *lean thinking*. A perfeição é atingida quando as pessoas dentro da organização continuam a melhorar os processos eliminando os desperdícios, reduzindo erros, para que desta forma todas as atividades ao longo do percurso acrescentem efetivamente valor e ofereçam ao cliente o que ele realmente quer.

O termo *lean* ou *lean thinking* não é mais do que uma filosofia de gestão que visa aumentar o valor para o cliente através da eliminação de desperdícios (Womack, Jones, e Ross 1992). O *lean* é definido por muitos autores como o foco na criação de valor para os clientes e para a organização e a redução máxima dos desperdícios (Johnston e Clark 2005). Outros autores descrevem esta filosofia como uma estratégia operacional que dá prioridade à eficiência do fluxo. A redução da variabilidade, o aumento da flexibilidade e a eliminação dos desperdícios contribuem para esta prioridade (Modig e Ahlstrom 2013). Devido às diferentes interpretações desta filosofia, esta manifesta dificuldades ao ser implementada. É muitas vezes interpretada como um conjunto de ferramentas ou métodos. Os resultados práticos da aplicação dos princípios *lean* nem entre as fábricas da Toyota são iguais (Liker e Rother

2011). As rotinas e procedimentos de uma fábrica são distintos de outra, pois estão também em ciclos de melhoria diversos. A natureza frágil deste sistema é assumida pelos próprios estudiosos e divulgadores do TPS, John Krafcik e Jim Womack. Estes assumem que para alcançar melhorias, é necessário o envolvimento contínuo de todos os colaboradores (Womack 2013).

2.3 Eliminação dos desperdícios

O desperdício é definido por Fujio Cho, presidente da Toyota, como “tudo que não for quantidade mínima de equipamentos, matérias, peças e funcionários (tempo de trabalho) que são absolutamente essenciais para a produção”. Numa definição mais extensa, Ohno, identifica os sete tipos de desperdício a serem eliminados do fluxo de valor (Chase, Jacobs, e Aquilano 2006):

- 1- **Desperdício de excesso de produção:** dos sete desperdícios, a perda por excesso de produção é a mais maléfica, uma vez que encobre os outros tipos de perdas, e é por isso a mais difícil de ser eliminada (Ohno 1997). Existe superprodução, quando se produzem itens em quantidades maiores do que o exigido pelos clientes e quando se produz antes das necessidades dos clientes.
- 2- **Desperdício de tempo de espera:** é o tempo que não acrescenta valor e pode ser criado por ruturas de stock, *bottlenecks*, atrasos de processamento de lote, etc. São exemplos de tempo desperdiçado o tempo que um trabalhador perde à espera de algo, como esperar que uma máquina para finalizar o processo, uma ferramenta ou um fornecimento que não esteja pronto.
- 3- **Desperdício em transporte:** O transporte de uma estação de trabalho, mesmo que seja por uma curta distância, não soma valor e resulta numa perda, que deve ser reduzida ao mínimo, e eliminada se possível. A diminuição da distância entre as diferentes etapas do processo, obtidas através da alteração de layout que dispensem a movimentação de material são as mais significativas em termos de redução dos desperdícios de transporte (Ghinato 2000).
- 4- **Desperdício de stock:** o excesso de inventário, seja sob forma de matéria-prima, material em processamento (WIP) ou produtos acabados pode causar obsolescência, bens danificados, custos de armazenamento. Quando existem quantidades exageradas de stock, tudo o que forem defeitos, desequilíbrios de produção, tempos perdidos em ajustes e afinações poderão ficar escondidos. A implementação do JIT propõe-se sempre começar com stocks sobredimensionados e reduzir à medida em que se vai obtendo controlo sobre o processo. Conseguir obter uma redução de inventário é benéfico uma vez que para além de reduzir os custos associados ao stock, permite detetar com maior facilidade os problemas de todo o processo e tomar medidas para resolvê-los.
- 5- **Desperdício de processamento:** consiste no processamento de peças desnecessariamente ou perdas ao longo do processo produtivo. Este desperdício inclui

etapas adicionais que não aumentam a qualidade do produto ou etapas que simplesmente adicionam excesso de características que os clientes não necessitam.

6- Desperdício de movimento: qualquer que seja o movimento, se este não agrega valor ao produto, é considerado um desperdício. Este muda refere-se ao movimento dos trabalhadores. O estudo dos movimentos e respetivos tempos pode ajudar a eliminar este tipo de desperdício.

7- Desperdício de produzir produtos com defeito: é causado pela produção de produtos não conformes. A redução e deteção dos desperdícios são uma obrigação direta de todos os agentes envolvidos no processo produtivo e do responsável pelo sector de qualidade. A sua erradicação é conseguida após a eliminação da causa e raiz da mesma.

2.4 Estratégia *push/ pull*

Os sistemas *push* e *pull* são dois tipos de sistemas de produção, que operam em sentido oposto e têm os seus próprios méritos e deméritos (Villeda, Dudeck, e Smith, 2017). A estratégia *push*, baseia-se numa previsão da procura final, ou seja, a produção não corresponderá à procura, mas a uma previsão. O planeamento, neste sistema de produção define as quantidades de todo o WIP, matéria-prima e componentes necessários para todo o processo de produção. Uma questão relevante nos sistemas *push* é o tamanho do lote: se só houver sinalização de o processo cliente começar a produzir, quando toda a produção do primeiro processo estiver acabada, temos uma perda no lead time. Uma desvantagem desta estratégia passa pela incapacidade de resposta a mudanças rápidas e imprevisíveis da procura. A outra desvantagem, são os níveis de stock intermédio. Ao contrário deste sistema, a estratégia de produção *pull* é feita com base nos consumos reais dos clientes, ou seja, é acionado pelo que sai do processo produtivo.

2.5 Ferramentas *lean*

A implementação dos princípios *lean* é conseguida através de diversas ferramentas e metodologias (Pinto 2006). Serão apresentadas, de seguida, ferramentas *lean*, e que serão relevantes para o estudo:

2.5.1 5s

As cinco palavras japonesas que compõem este método são Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. O nome da ferramenta em estudo advém de todas as palavras começarem pela letra 's'. Contudo, na tradução para inglês tentou-se também manter as mesmas iniciais: *Sort, Stabilize (Straighten ou Set in order), Shine, Standardize e Sustain* (Liker 2004). Esta prática é distinguida como um conjunto de comportamentos que moldam a moral e a ética na escola, em casa e no local de trabalho (De Mente 1994).

Na cultura japonesa, cada palavra que compõe os 5S significa o seguinte:

Seiri – (Arrumação): separar claramente o necessário do desnecessário. Remover todos os itens que não são necessários.

Seiton – (Organização): aquilo que é necessário deve ser deixado de forma arrumada e ordenada. Cada coisa deve ter o seu lugar e ser mantida nesse lugar. Qualquer um deve conseguir encontrar o que precisa.

Seiso – (Limpeza): limpar e cuidar do ambiente de trabalho.

Seiketsu – (Normalização): desenvolver sistemas e procedimentos de forma a manter o estado de arrumação, limpeza e ordem.

Shitsuke – (Autodisciplina): disciplinar e habituar a executar o que foi definido e proposto. Consiste numa necessidade de formação, educação e auditorias para incentivar os trabalhadores a manter e melhorar continuamente os procedimentos operacionais e consequentemente o ambiente de trabalho (Hirano 1995); (Liker 2004).

2.5.2 Kanban

“Os dois pilares do sistema de produção da Toyota são a automação e o *just-in-time*. A ferramenta para operar o sistema é o *kanban*” (Ohno 1998). O *kanban*, é uma ferramenta básica do JIT, que auxilia a gestão de produção e fluxo de materiais utilizada num sistema de produção puxada (*pull*). Esta ferramenta é de origem japonesa e significa cartão, bilhete ou sinal (Liker 2004). Um sistema *kanban* permite que as informações fluam de um consumidor para um fornecedor, com o objetivo de manter um fluxo contínuo dos materiais de produção (WIP) e reduzir os stocks. É o que mantém o sistema de produção *pull* a funcionar. Através de um sinal visual, este sistema informa ao operário qual a quantidade a produzir, quando produzir e o que produzir, sempre da frente para trás ou seja puxando a produção. Se o funcionamento desta ferramenta for cumprido, evita que sejam feitos produtos desnecessários, realçando problemas a montante no processo e eliminando perdas por *stock* e por superprodução (Courtois, Pillet, e Martin 1997). O *kanban* é assim responsável pela comunicação e funcionamento de todo o sistema. A movimentação do *kanban* é feita em função da característica e do local de operação. Existem várias formas de concretizar o *kanban*:

Cartão: é na realidade o modelo mais usado. O formato triangular é utilizado para a produção de peças. Para todas as restantes operações, são utilizados cartões retangulares (Takeda 2006). Cada cartão pode conter informações como a referência, quantidade de *kanbans*, posição de armazenamento (localização do supermercado), nome e localização das secções onde as peças são produzidas e consumidas, quantidade produzida, tamanho do lote. A designação do fornecedor ou cliente interno são informações que também podem constar no cartão (PPDT 2002).

Quadros *kanban*: utilizam-se os quadros *kanban* quando o fornecedor tem de atender a vários clientes e tem de reter e gerir informação relacionada com os “pendentes”. Os quadros ajudam no planeamento da produção e controlo de stocks. Conforme a quantidade de cartões disponíveis nos quadros são tomadas decisões, priorizando o que é mais importante.

Sinalização luminosa: cada vez que um contentor de um posto *kanban* é consumido, o operador ativa um botão que acionará um sinal luminoso. Esse sinal desencadeia o abastecimento do item ou a produção daquele produto. Depois de repostado o *kanban*, o sinal será desativado.

***Kanban* eletrónico:** o sinal é transmitido através do sistema de informação da empresa. É o sistema ideal para transmitir informação entre fábricas diferentes.

É de realçar que em todos os tipos de sistemas *kanban*, deve haver uma sinalização clara de que está na altura de o fornecedor começar a produzir, porque o WIP está a acabar. O sistema *kanban* é assim, um meio de introduzir o JIT que requer a flexibilidade, a redução da variabilidade e funciona com menos WIP.

2.5.3 Supermercado

O fluxo de trabalho pode ser favorecido com a utilização de um supermercado, independentemente do tipo de produção. É uma técnica de gestão de stocks utilizada para o controlo de fluxo de matérias no local de armazenamento. É um modo de disciplinar a oferta e também de garantir uma satisfação da mesma. Existem aspetos importantes a ter em conta, para o bom funcionamento de um supermercado: devem ter uma localização fixa para cada produto e para uma boa gestão de stocks é importante uma gestão visual. É importante que os stocks mínimos do supermercado sejam bem definidos para ser possível, com recurso a um *kanban*, um abastecimento correto e no momento exato. O conceito de supermercado surge então como uma das primeiras ferramentas do *TPS* no que diz respeito à logística interna.

2.5.4 TPM

O TPM (*Total Productive Maintenance*) é um sistema cujo objetivo é envolver os operadores na manutenção do seu próprio equipamento. Se cada um for responsável pelos equipamentos e ferramentas que utiliza e preservar a sua condição normal de funcionamento, será uma ajuda para a qualidade dos produtos e serviços, evitando-se assim um aumento de custos com os processos produtivos. O sistema JIT não pode funcionar se o equipamento falhar ou se a qualidade dos produtos não for garantida, assim sendo o TPM é uma metodologia importante porque ajuda a eliminar perdas, a garantir qualidade num processo de fluxo contínuo e ajudando a reduzir paragens e custos (Pinto 2006). " O TPM é uma metodologia de melhoria orientada para a produção que é projetada para otimizar a fiabilidade do equipamento e assegurar uma gestão eficiente dos ativos através do envolvimento dos funcionários, vinculando a produção, manutenção e engenharia" (Ahuja e Khamba 2007).

2.5.5 OEE

Um dos indicadores fundamentais utilizados na manutenção produtiva total é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). O OEE é tradicionalmente usado como uma medida operacional, mas também pode ser usado como indicador de atividades de melhoria de processo num ambiente de produção (Dal, Tugwell, e Greatbanks 2000). O OEE permite medir a eficácia de uma máquina ou processo em comparação com a sua capacidade ideal. As perdas que são consideradas no cálculo do OEE estão representadas na figura 4.

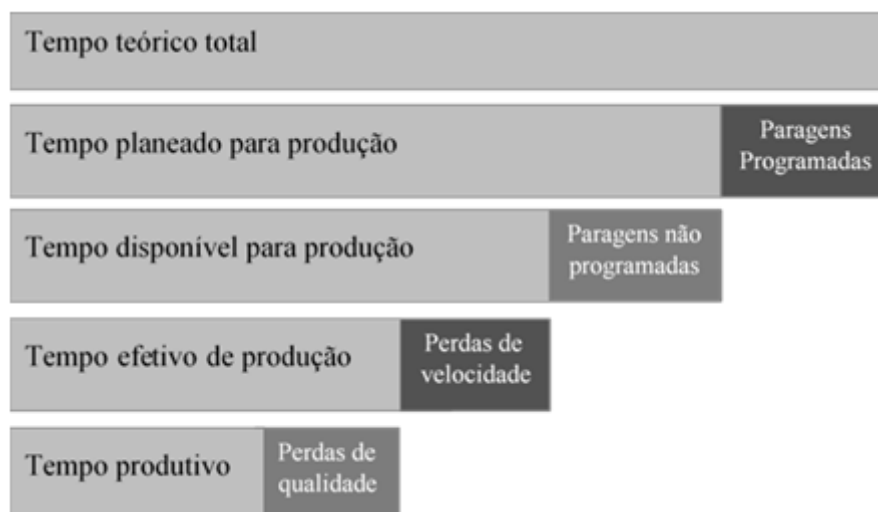


Figura 4- Perdas e paragens contabilizadas no cálculo do OEE

Muitos projetos de melhoria que visam aumentar a eficácia de um equipamento, focam-se num dos três componentes (Slack, Chambers, e Johnston 2010):

Disponibilidade: mede a fração do tempo em que o equipamento está disponível para operar. As avarias, o tempo de *setup* e as afinações (quando o equipamento tem que ser preparado e afinado para produzir outro produto/referência) afetam a disponibilidade do equipamento. Este índice pode ser calculado através da equação:

(2.1)

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Tempo planeado para produção}}$$

O tempo planeado para a produção corresponde à subtração entre tempo total (vinte quatro horas) e o tempo de paragens programadas que podem corresponder às paragens por manutenção programada, pausa para almoço, falta de matéria prima programada, formação/treino dos operadores, falta de matéria-prima programada, reuniões de início de turno. Já o tempo disponível para a produção corresponde ao tempo planeado, sem as paragens não programadas. As falhas no equipamento, manutenção não planeada, falhas na ferramenta, configuração e ajustes, falta de material, tempo de aquecimento, escassez de operadores, podem ser considerados exemplos de paragens não-programadas.

Desempenho: mede as perdas por redução de velocidade e micro-paragens. São paragens (devido a problemas) em que o equipamento está ocupado embora não a produzir peças conformes. O cálculo deste componente do OEE, pode ser feito através da fórmula:

(2.2)

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo efetivo de produção}}{\text{Tempo disponível para produção}}$$

O tempo efetivo de produção corresponde à subtração entre o tempo disponível e as perdas de velocidade. Para o cálculo das perdas de velocidade recorre-se ao cálculo de um tempo de ciclo teórico vezes o número de peças produzidas.

Qualidade: este índice mede as peças perdidas por não estarem conformes (durante a produção e durante o arranque). As peças não conformes significam que não cumprem as especificações, refletindo-se em perda de capacidade.

(2.3)

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Tempo produtivo}}{\text{Tempo efetivo de produção}}$$

O OEE é calculado multiplicando os três fatores:

(2.4)

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

3 Levantamento e análise da situação atual

3.1 O produto e o processo produtivo

A secção de produção de tubos por soldadura a laser, denominada “linha de produção laser” na empresa, é a secção mais recente. Como se verá adiante, as máquinas que constituem esta secção, a máquina de soldadura laser e a máquina de corte, funcionam de modo independente e por isso não constituem uma linha, no entanto é assim que é denominada na empresa.

As máquinas de laser disponíveis no mercado diferem principalmente pela fonte de laser que utilizam. Um dos grupos de fonte de laser é o laser de estado sólido, que se divide em vários tipos de fonte de laser, sendo os três principais o laser de fibra ótica, o laser de disco e o laser de díodo. A tecnologia laser utilizada na máquina de soldadura laser da BorgWarner é recente: consiste numa combinação de laser de estado sólido com um sistema de seguimento de junta incorporado no cabeçal e com um sistema de leitura ótica que permite fazer correções à posição de soldadura em tempo real e a uma distância quase insignificante do ponto de soldadura. Esta máquina faz parte de uma das poucas existente com esta tecnologia e por isso ainda está numa fase de ensaios, sendo a máquina mais recente da empresa.

Na máquina de laser, produzem-se dois produtos distintos: o tubo redondo e o tubo de faces paralelas, que é na empresa designado por “tubo oval”. Nas linhas de produção da BorgWarner existe outra máquina que produz tubo oval, mas com uma tecnologia diferente: a matéria-prima é tubo redondo que depois é conformado em tubo oval. O tubo redondo produzido na máquina de soldadura laser, é a matéria prima do tubo corrugado e por isso depois de ser produzido segue para a linha dos tubos corrugados. O tubo oval é um dos componentes da tecnologia de tubos híbridos. Depois de produzido é cortado e, de seguida, é transportado para a linha de produção dos tubos híbridos ou é vendido à unidade BorgWarner de Vigo. O tubo híbrido é integrado nos *coolers* EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), de forma a reduzir rapidamente a temperatura dos gases de escape quentes. Desta forma, o tubo híbrido mantém os gases de escape em movimentação a altas velocidades de modo a aumentar as taxas de recirculação e evitar também a acumulação de fuligem e hidrocarbonetos. Os *coolers* EGR produzidos pela empresa podem integrar tubos híbridos ou tubos corrugados, ambos de aço inoxidável altamente resistentes à corrosão.

No entanto, e uma vez que futuramente a área de produção laser deixará de produzir tubo redondo, por estratégia da empresa, o estudo focar-se-á no tubo oval.

3.2 A capacidade da linha e a procura

A máquina de soldadura laser e a máquina de corte trabalham cinco dias por semana. Existem três turnos (manhã, tarde e noite), cada um com oito horas. Está alocado um operador por máquina em cada turno e não há um turno destinado para trabalhar ao fim-de-semana, ao contrário do que acontece em outras linhas de produção da BorgWarner. No entanto a linha

poderá ter que produzir ao fim-de-semana se, por algum motivo, houver algum trabalho extraordinário. Em cada turno há uma paragem programada de trinta minutos para a hora de almoço do operador. O planeamento semanal geralmente é realizado à quinta-feira da semana anterior.

A máquina de soldadura laser está preparada para produzir várias referências, no entanto só duas delas é que estão em produção em série, uma vez que os projetos destas referências já estão aprovados e já foram validados pelos clientes. As restantes referências ainda estão em fase de validação dos projetos. A máquina de corte trabalha atualmente com quatro referências, sendo previsto que no futuro este número aumente.

O tempo de ciclo teórico da máquina de soldadura laser é de dez metros por minuto, ou seja, teoricamente são necessários seis segundos por cada metro produzido. Apesar de existir um valor para o tempo de ciclo teórico, foi feita a cronometragem do tempo de ciclo real das duas referências de tubo oval produzidas em série na máquina laser. Os valores destes tempos estão representados na tabela 1:

Tabela 1- Tempos de ciclo de produção de duas referências de tubo oval

Produto	Tempo de ciclo de uma barra de seis metros (s)	Tempo de ciclo por metro (s)
R1	36,84	6,14
	36,75	6,13
	36,86	6,14
R2	36,99	6,16
	37,07	6,18
	36,95	6,16

Para cada referência, fizeram-se quinze medições, no entanto estas não foram seguidas. Fizeram-se cinco medições em cada hora e a média de cada conjunto de cinco medições está representada na tabela 1. As médias estão apresentadas na segunda coluna (tempo de ciclo de uma barra de seis metros). Para comparar com o tempo de ciclo teórico da máquina de laser, calculou-se o tempo de ciclo por metro (terceira coluna). Comparando os resultados, observa-se que na realidade cada metro demora ligeiramente mais do que seis segundos a ser produzido.

A máquina de corte também trabalha com apenas um operador por turno. Esta máquina tem um tempo de ciclo teórico de corte de 1.85 segundos. Foram cronometrados os tempos de ciclo das duas referências mais produzidas na máquina de corte (tabela 2).

Tabela 2- Tempos de ciclo de corte de duas referências de tubo oval

Produto	Tempo de ciclo de uma barra de 6 metros (s)	Tempo de ciclo por tubo cortado (s)
R1	76,67	1.76
	75,33	1.73
	77,33	1.76
R2	84,67	1.56
	84,67	1.56
	84,67	1.56

Após observação das duas tabelas, verifica-se que a capacidade da máquina de laser é mais de duas vezes superior à da máquina de corte.

Futuramente, está previsto produzirem-se mais referências, sendo necessário verificar se a máquina de laser terá capacidade para as mesmas e consequentemente se a máquina de corte também o terá. Em função da diferença de capacidades entre as duas máquinas, a empresa poderia decidir comprar outra máquina de corte e balancear a secção internamente, ou então subcontratar o corte. No entanto, não faz parte da estratégia da empresa investir noutra máquina de corte e por isso a opção é recorrer a uma empresa subcontratada.

A empresa já confirmou vários projetos com clientes, o que significa que terá que dar uma resposta aos mesmos, sendo assim será necessária uma análise à capacidade da máquina de laser, porque no caso de esta não ter capacidade para tal, será necessário tomar-se uma decisão. Uma das soluções que se poderá analisar e estudar é comprar o tubo já feito, como alternativa.

3.3 O layout e o fluxo de materiais

A matéria-prima do tubo produzido na máquina de soldadura laser, vem do armazém em formato de bobine. De seguida, o operador da máquina com a ajuda de uma grua, transfere a bobine para a máquina de laser, onde é encaixada no desbobinador. Depois de desbobinada, a chapa é conformada de modo a adquirir o perfil do tubo “oval” e, seguidamente passa pela cabine de soldadura laser onde é soldada. Logo depois, o tubo é cortado em barras de seis metros, que caem para o contentor fixo da máquina de soldadura laser. As barras que estão neste contentor podem ir diretamente para a máquina de corte, e, uma vez que a máquina de corte tem um tempo de ciclo superior ao da máquina de soldadura laser, o restante é colocado manualmente em contentores de madeira com rodas (Anexo B) e ficam em stock ao lado da máquina de corte ou, em casos de urgência na entrega que são exceções, são enviadas para o armazém para posteriormente serem cortadas numa empresa subcontratada. No caso de o material ir diretamente para a máquina de corte, são necessários dois operadores para retirar manualmente as barras do contentor da máquina de soldadura laser e carrega-las para a máquina de corte (ANEXO E). No caso de uma encomenda urgente, em que os contentores têm que ir para o armazém, são necessárias duas pessoas (da equipa de logística) para o levarem e a partir daí é feito o transporte (em camião) para a empresa subcontratada.

Na máquina de corte interna, as barras são agrupadas em conjuntos de três, seguidamente são alinhadas e cortadas com as dimensões específicas para cada referência.

Para uma melhor compreensão do fluxo do material na linha de produção laser, elaborou-se um fluxograma (figura 5):

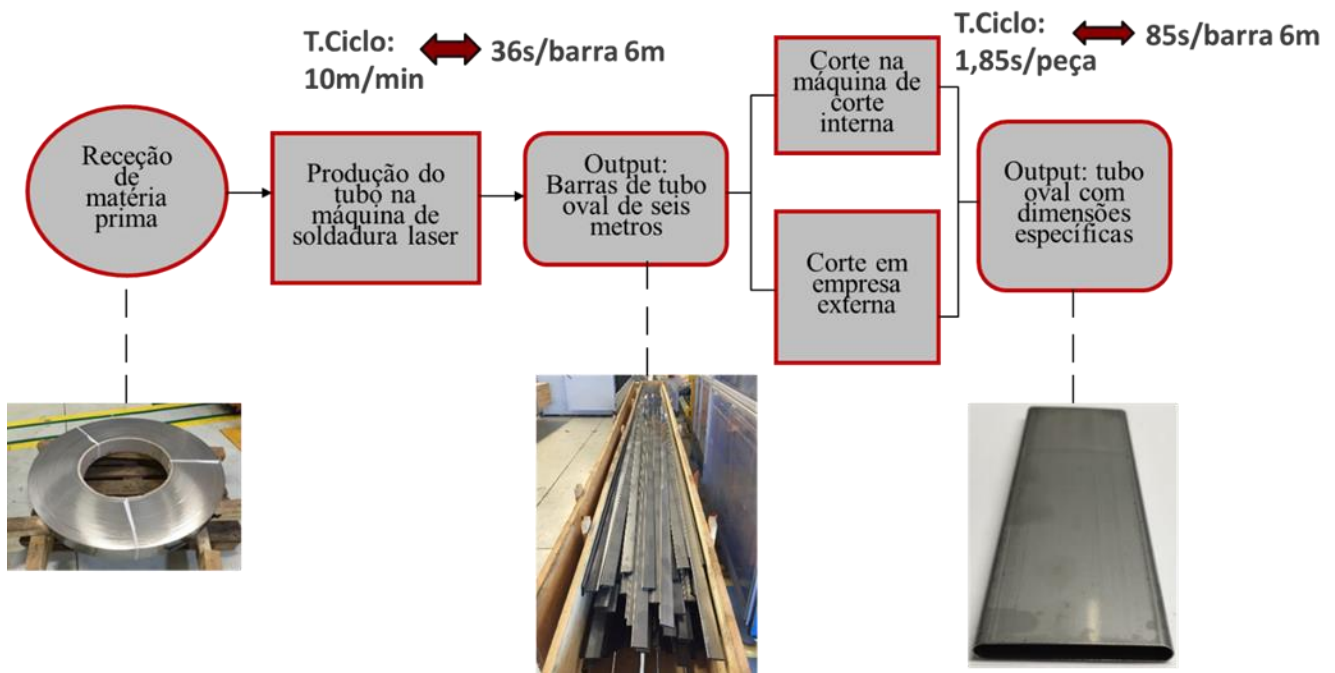


Figura 5- Fluxo de material na linha de produção laser

As fotos integradas no fluxograma demonstram como é que a matéria-prima chega à linha de produção (em cima de paletes de madeira). Depois de produzidas, as barras de seis metros, que caem num contentor fixo, são colocadas manualmente, por dois operadores em contentores de madeira. Depois de cortados, os tubos são colocados em caixas.

Quanto ao fluxo de entrada, há apenas uma bobine em stock que corresponde à próxima bobine a ser produzida. Sempre que esta bobine entra no processo produtivo, o operador informa o *team leader* que é necessário reabastecer o stock. O armazém é responsável por trazer a bobine correspondente ao pedido que foi feito. As bobines são materiais muito frágeis e por isso no armazém é analisado apenas parte da bobine, uma vez que para se fazer um controlo completo seriam necessários meios de manuseamento específicos devido à sua fragilidade e peso. Só depois do controlo é que esta é transportada para a linha. Por vezes este controlo não é suficiente uma vez que já se visualizaram bobines a chegarem à linha de produção com alguns defeitos (bobine amaçada, com rebarbas). O operador da linha de laser deve verificar o estado da bobine antes de a colocar no desbobinador (anexo A), e caso verifique alguma anomalia, deve comunicar a ocorrência à pessoa responsável (*team leader*) e pedir nova bobine. Quando isto acontece, a bobine fica na linha até ser dada autorização para a levantarem. Este processo pode ser demorado e fazer com que a produção pare por falta de bobine para produzir (no caso de o processo produtivo necessitar de uma nova bobine). No fluxo de saída, se as barras de seis metros não forem diretamente para a máquina de corte, estas ficam armazenadas em contentores de madeira (anexo B), que se encontram, atualmente, atrás da máquina de corte.

Com o aumento do número de referências será necessário reorganizar os fluxos de entrada e de saída da linha assim como verificar se o *layout* atual será funcional para estas mudanças. Para além disso será fundamental fazer um planeamento das quantidades adequadas para cada referência de forma a garantir um fluxo tenso no processo produtivo.

3.4 O controlo de qualidade

Durante o processo produtivo é feito o controlo do material que está a ser produzido (tubo oval). Estes controlos são feitos de hora em hora e quando se troca a bobine (por exemplo quando se troca de referência ou quando a bobine, ainda da mesma referência terminou e é necessário substituí-la). O controlo é composto por três testes: conformação, esmagamento e, caso a peça passe e cumpra os requisitos destes dois testes, é feito o último teste, metalografia. A metalografia, permite aferir a morfologia do cordão e identificar e medir uma série de defeitos planares e volúmicos que estão devidamente catalogados e com critérios de aceitação bem estabelecidos em função dos requisitos estruturais do produto. Permite também aferir a geometria do cordão, o seu fator de forma e acima de tudo garantir que vemos de forma clara se temos penetração completa do material, correto alinhamento do cordão com a junta de soldadura e efetuar correções nos parâmetros de soldadura em função do observado. Serve também para os casos em que os ensaios mecânicos estão a falhar, para despistar se estamos com entregas térmicas (entenda-se, relação potência/velocidade de soldadura) desadequadas ou se temos algum problema de pequenos desalinhamentos que os sensores que o equipamento de soldadura tem para este efeito, não são capazes de detetar (a análise metalográfica identifica desalinhamentos de muito menor dimensão).

Os 3 testes que se efetuam para validação têm três funções muito distintas:

1. Ensaio de abocardado: visa simular um ensaio de tração à soldadura por forma a assegurar que o material não sofreu alterações significativas nas suas propriedades mecânicas;
2. Ensaio de esmagamento: simula uma dobragem à soldadura e visa aferir as propriedades de tenacidade do cordão de soldadura.
3. Ensaio metalográfico: visa aferir a sanidade da soldadura e os seus níveis de morfologia, penetração, etc.

Para a realização do controlo, o operador ativa o modo manual e corta uma serie de 2 ou 3 barras com o intuito de permitir ao sistema mecânico que suporta o tubo durante a soldadura e o sistema ótico do laser estabilizarem a temperatura, desse modo garantindo uma soldadura uniforme, o que se consegue somente a partir de no mínimo 12m de tubo produzido (logo, 2 barras), depois o que se faz é dar uma ordem manual de corte para que seja cortada uma ponta com 1,5m ou menos (sendo esta media a dimensão mínima de tubo que o equipamento permite cortar, isso devido à elevada velocidade de produção (10m/min) e à capacidade ou velocidade que o sistema de corte flutuante permite efetuar a operação de corte. De seguida pára-se a maquina para se efetuarem os testes e depois de validado arranca-se novamente.

Os testes mecânicos são realizados em duas máquinas que estão no bordo de linha, já para a metalografia é necessário comunicar ao *team leader* para levar a amostra a ser testada ao laboratório metalográfico. Os testes mecânicos são feitos pelo operador, já a metalografia tem que ser realizada por alguém com formação específica, que geralmente é o *team leader* ou uma pessoa específica do laboratório metalográfico.

3.5 Os registos de controlo do processo e o OEE

Na máquina de soldadura laser, durante o processo produtivo, são registados os metros de tubo oval não conforme. As não conformidades podem ser devido à má soldadura, às cotas dos tubos não estarem dentro das especificações, às barras estarem desalinhadas ou então quando o controlo que é feito através dos testes mecânicos dá um mau resultado.

Os dados de produção analisados, são relativos ao mês de setembro. Uma vez que, durante este mês a máquina laser não trabalhou todos os dias, os dados correspondem apenas a vinte e um dias. Em cada um dos turnos, recolheu-se dados relativamente à qualidade das peças, e com estes dados calculou-se a percentagem de sucata em cada turno (tabela 3).

Tabela 3- Quantidade de peças boas e defeituosas e percentagem de sucata por turno nos meses de setembro e outubro

	Manhã		Tarde		Noite	
	Setembro	Outubro	Setembro	Outubro	Setembro	Outubro
Quantidade de peças OK (m)	16653	27705	19057	28906	22753	30746
Quantidade de peças NOK (m)	2790,5	3995	2024,5	1435,5	5575,5	5629
Sucata (%)	14%	13%	10%	5%	20%	15%

Estes resultados influenciam o OEE, mais concretamente o parâmetro da qualidade. Em média, a percentagem de sucata no mês de setembro foi de quinze por cento, já no mês de outubro foi em média ligeiramente inferior, onze por cento. Entre turnos há uma ligeira diferença na percentagem de sucata. Em ambos os meses verificou-se que o turno da tarde foi o que obteve uma menor percentagem. Esta diferença poderá ser por exemplo devido à qualidade das bobines, ou à falta de *standard work* entre operadores dos diferentes turnos. A operadora do turno da noite é a que têm menos experiência no processo, por estar na linha de soldadura laser à menos tempo relativamente aos operadores dos outros turnos, verificando-se que o turno da noite apresenta uma percentagem superior aos outros dois turnos.

Para além disso a tecnologia da máquina de soldadura laser é bastante recente, estando ainda numa fase de arranque o que poderá justificar estas percentagens elevadas. Estes resultados poderão ser melhorados, por exemplo através de formação dos operadores de forma a todos terem o mesmo conhecimento e desta forma estarem igualmente preparados para as anomalias ao longo do processo produtivo. Apesar de possíveis melhorias poderem ser feitas, o parâmetro da qualidade não foi aprofundado neste projeto, uma vez que eventualmente essas medidas, nomeadamente técnicas, estão a ser desenvolvidas por outras equipas da empresa. O parâmetro do OEE que o estudo irá incidir é maioritariamente na disponibilidade.

3.6 Os registos do OEE

O OEE é um dos medidores utilizados na BorgWarner com o objetivo de medir a eficácia dos processos produtivos em comparação com a sua capacidade ideal. As perdas que são consideradas para o cálculo deste indicador são, nomeadamente, paragens não programadas, perdas de velocidade e de qualidade. As paragens não programadas afetam o parâmetro da disponibilidade. Estas paragens consistem no tempo em que a produção foi interrompida devido à falta de matéria-prima, tempo despendido na troca de referência e de bobine, tempo de arranque, tempo gasto nos ajustes e afinações da máquina, tempo utilizado para a realização dos testes ao material produzido, entre outros. As perdas de velocidade influenciam o parâmetro do desempenho. As micro-paragens e as perdas de tempo de ciclo, são exemplos de perdas de velocidade. Por fim, as perdas de qualidade que consistem na quantidade de sucata e de material que foi retrabalhado, influenciam o fator do OEE designado qualidade. Em cada turno, o operador é responsável por registar os tempos de paragem da máquina, e para isso existe uma folha de registo diária específica para o efeito (anexo C).

Os resultados do OEE apresentados são relativos aos meses de setembro e outubro. Escolheram-se estes dois meses, porque em relação aos meses anteriores não existem registos completos e até à data de análise dos dados recolhidos estes eram os dois meses que apresentavam registos completos.

O resultado do OEE nos meses de setembro e outubro foi de 42.6% e 46.7%, respetivamente. Para uma melhor compreensão deste resultado elaborou-se um gráfico que ilustra com mais detalhe a influência de cada parâmetro nestes resultados e a variação entre turnos.

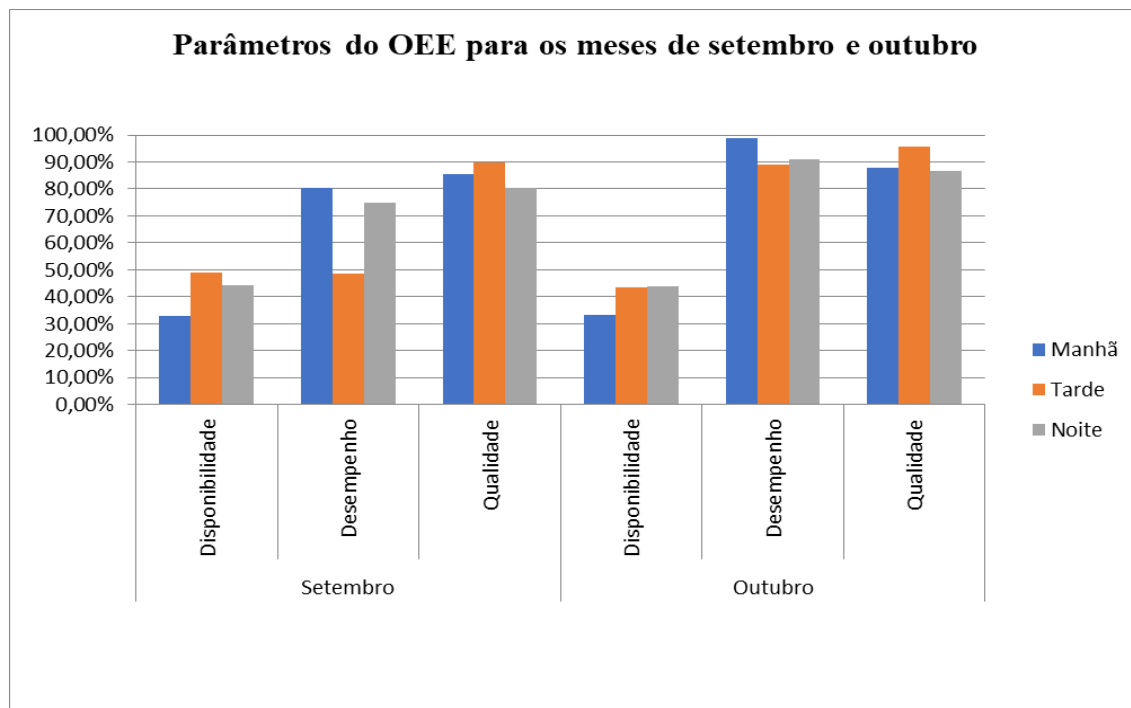


Figura 6- Os parâmetros da disponibilidade, do desempenho e da qualidade da máquina de soldadura laser para os meses de setembro e outubro

Os parâmetros do OEE representados na figura 6, variam ao longo dos dois meses. O parâmetro da qualidade, sofre um pequeno aumento em outubro, sendo este parâmetro o que apresenta a percentagem mais elevada, quando comparado com os outros dois parâmetros. O desempenho foi melhor no mês de outubro do que no mês de setembro. Em ambos os meses, o parâmetro que apresentou as percentagens mais baixas, foi a disponibilidade, sendo o parâmetro proposto para ser analisado. A disponibilidade do equipamento é afetada por vários fatores. Com o objetivo de entender quais os registos das paragens que afetam a disponibilidade, as figuras 7 e 8 ilustram com maior detalhe essa informação.

A influência de cada fator na disponibilidade varia entre os diferentes turnos. A análise do gráfico 7 permite-nos observar que há parâmetros que num turno têm uma percentagem elevada, e outros turnos uma percentagem baixa ou inexistente. Um exemplo é quando a máquina de laser deixa de produzir devido às barras produzidos terem defeito na soldadura. Este tipo de problema pode ocorrer num determinado material e num determinado turno, e não significa que no turno a seguir volte a acontecer.

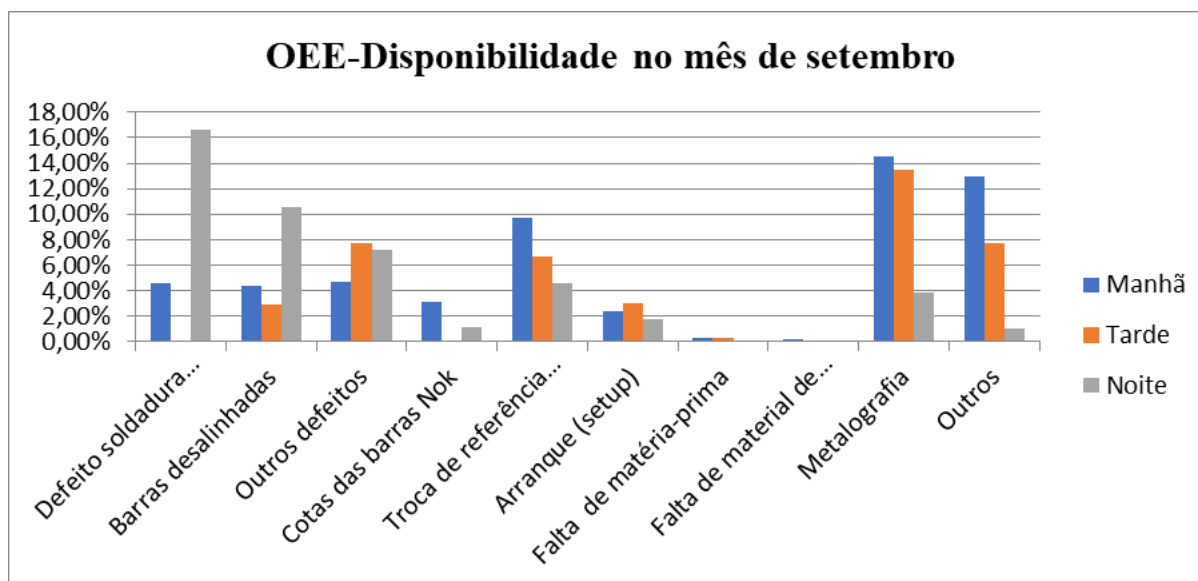


Figura 7- Fatores que influenciam o parâmetro da disponibilidade da máquina de soldadura laser relativos ao mês de setembro

O mesmo acontece com os outros fatores, como por exemplo a troca de referência que, durante um dia de trabalho nem sempre se faz em todos os turnos, o que poderá justificar a diferença de valores entre os mesmos. Um fator que apresenta valores elevados em dois dos turnos é a metalografia. Sempre que é necessário realizar uma metalografia, a produção da máquina de soldadura laser para cerca de trinta minutos até receber o resultado do teste. No entanto a metalografia só é realizada se a peça tiver passado nos testes mecânicos. Através da recolha de dados, verificou-se que estas paragens (testes mecânicos) não estavam a ser registados, e poderiam estar a ser incluídos na secção outros, por exemplo. De forma a obter um resultado mais preciso e avaliar-se o tempo que a máquina está parada devido à realização dos mesmos, acrescentou-se este parâmetro à folha de registos. A figura 8 ilustra os resultados no mês de outubro, já com o parâmetro que foi acrescentado.

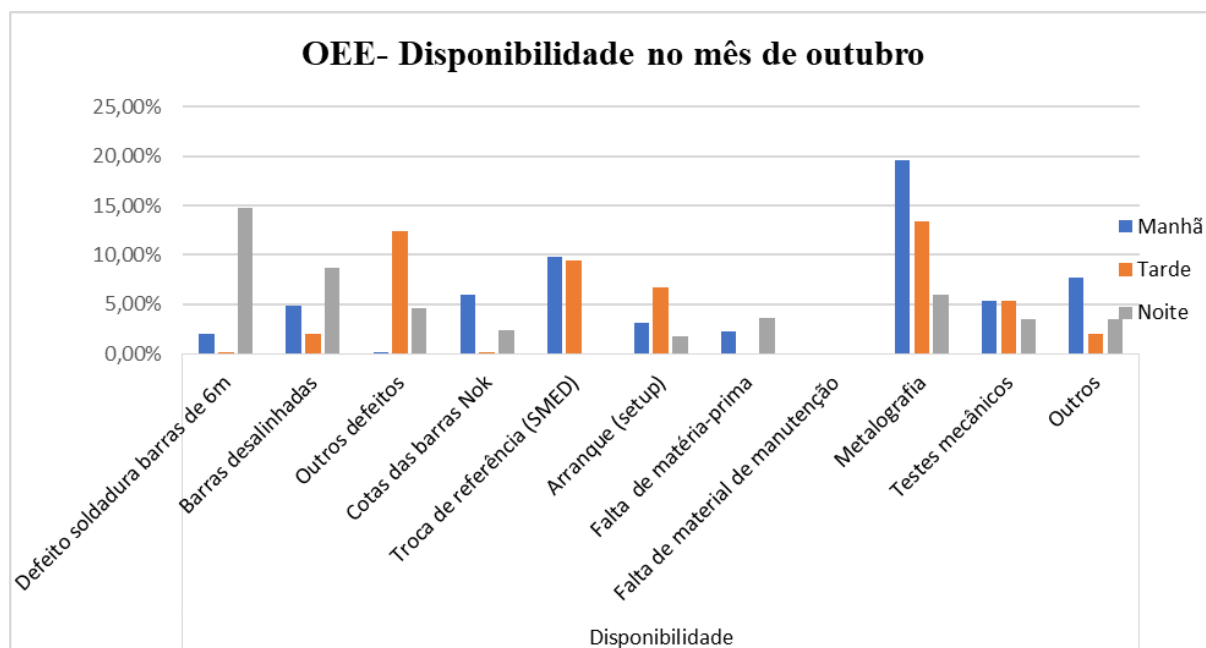


Figura 8- Fatores que influenciam o parâmetro da disponibilidade da máquina de soldadura laser relativos ao mês de outubro

No mês de outubro continua-se com valores significativos na metalografia. Como se pode observar, neste mês a percentagem do parâmetro “outros” é mais baixa em relação ao mês de setembro. O que se pode concluir é que os testes mecânicos, que agora são registados num parâmetro específico, possivelmente no mês passado eram registados na secção outros.

Os fatores que afetam a disponibilidade podem ser agrupados em três grandes grupos: os materiais, o *setup* e ajustes e o SMED. Nos materiais estão incluídos a falta de matéria prima, a metalografia, a falta de material de manutenção e ou “outros”. No grupo *setup* e ajustes estão incluídos os defeitos de soldadura, as barras desalinhadas, os outros defeitos, as cotas de barras não ok e o arranque. Por fim no SMED está incluída a troca de referência. O parâmetro do OEE proposto para análise, neste estudo é a disponibilidade e mais concretamente o grupo do *setup* e ajustes.

O parâmetro do desempenho depende das perdas de tempo de ciclo e das micro-paragens. Para uma melhor compreensão, o gráfico 9 ilustra o peso das mesmas nos meses de setembro e outubro.

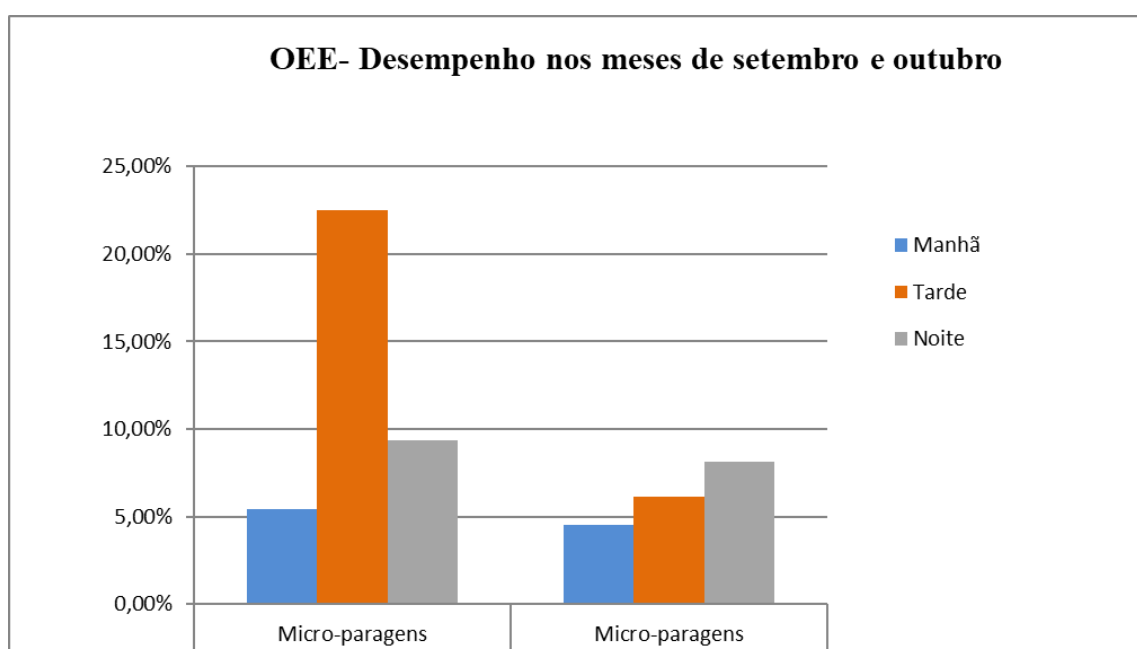


Figura 9- Fatores que influenciam o parâmetro do desempenho da máquina de soldadura laser, relativos ao mês de setembro e outubro

De acordo com os dados, conclui-se que as micro-paragens são o fator que influencia o parâmetro do desempenho nos meses de setembro e outubro. No mês de setembro e de outubro não houveram perdas de tempo de ciclo. Os resultados deste índice refletem os fatores que não se medem tão facilmente nos outros índices como horas da máquina parada ou peças não conformes, por exemplo.

4 Desenvolvimento e implementação de soluções de melhoria

4.1 Escolha das referências a serem produzidas nos próximos anos na máquina de soldadura laser

A máquina de laser atualmente não trabalha à sua capacidade máxima, sendo que esta apenas produz duas referências. Uma vez que os projetos com os clientes já foram aceites, e já há previsões dos pedidos para os próximos anos é necessário fazer uma análise e tomar-se decisões de acordo com a capacidade da máquina. A capacidade da máquina de soldadura laser e a taxa de ocupação de cada referência, nos últimos cinco meses do ano de 2017 e para os próximos cinco anos, estão representadas na figura 10:

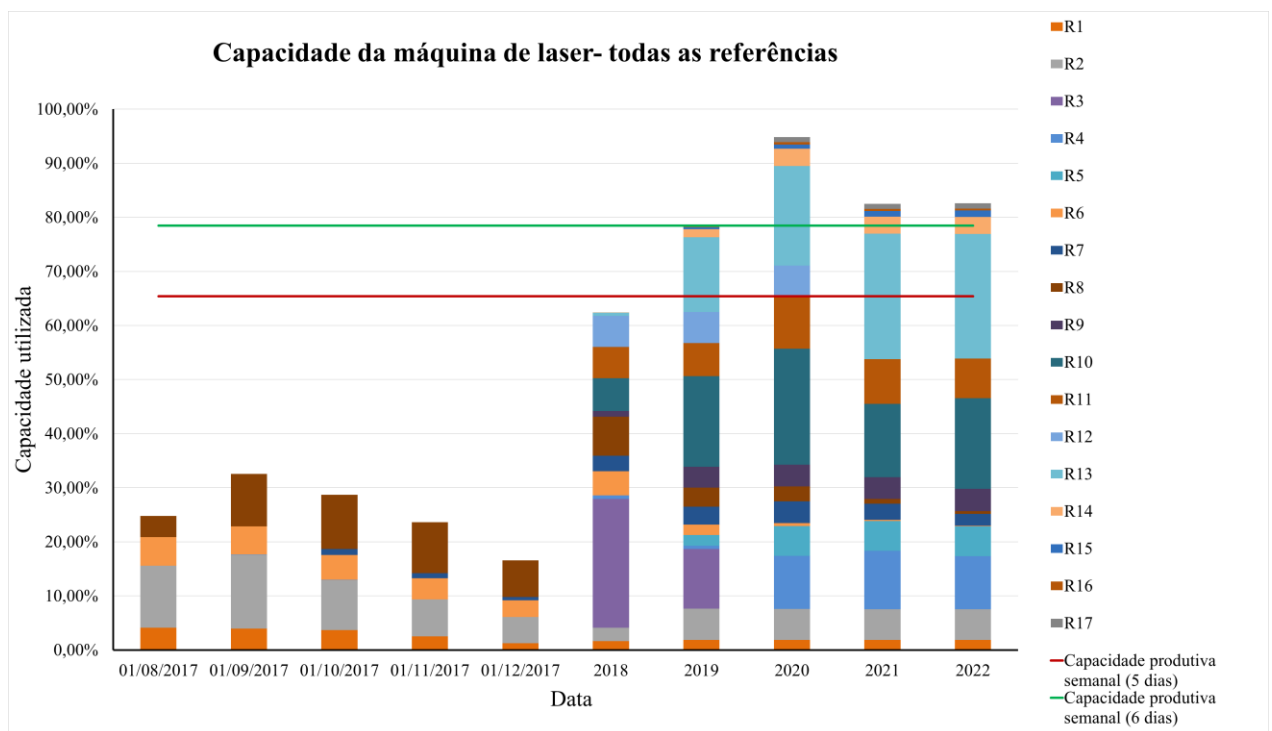


Figura 10- Capacidade da máquina de laser e taxa de ocupação de cada referência

O número total de projetos aceites pela BorgWarner para o presente ano de 2018 e para os próximos quatro anos foi 17, sendo que foi feita uma previsão da taxa de ocupação para cada um deles. Para o cálculo da taxa de ocupação de cada referência em cada ano, calculou-se o número de metros que a máquina de soldadura laser tem disponibilidade para fazer num ano, que resulta do produto entre a velocidade teórica de soldadura (10m/min) e o os minutos disponíveis para a máquina trabalhar num ano (tendo em conta o número de semanas de trabalho num ano e os cinco dias de trabalho semanais). Assim, a taxa de ocupação resulta da

divisão do número total de metros que foram pedidos de uma determinada referência pelo número de metros que a máquina de soldadura laser tem disponibilidade para fazer num ano.

A capacidade disponível da máquina de soldadura laser para cinco dias de produção (linha vermelha) é calculada considerando diversos fatores tais como as perdas de troca de referência, o *setup*. A máquina de soldadura laser tem um tempo de produção disponível de 24 horas, correspondendo a três turnos diários de 8 horas. No entanto existem perdas, que não permitem a utilização a 100% deste tempo. Para o cálculo da capacidade disponível isolaram-se algumas perdas do OEE, tais como o tempo despendido sempre que se troca de bobine, o tempo de validação de arranque (metalografia e testes mecânicos) bem como o tempo gasto para a troca de referência e troca de turno. Estas paragens quando juntas correspondem a 7,5 horas. Para todo o resto assumiu-se uma taxa de OEE de 95%, o que engloba avarias, qualidade e rendimento. Este valor de OEE não está ligado aos dados históricos do OEE, que foram tratados no capítulo 3, mas sim a uma estimativa de progressão no OEE baseada no historial da empresa. Assim, o tempo efetivo de produção são 15,7 horas, que resulta da multiplicação dos 95% pelo tempo disponível para produção (16,5h). Por fim a divisão do tempo efetivo de produção pelas 24 horas, resulta o valor de 65,4% que corresponde à capacidade disponível da máquina para os cinco dias (linha vermelha). O resultado da capacidade disponível para seis dias (linha verde), resultou do mesmo raciocínio, mas considerando mais um dia. O número de dias de produção semanais estipulados pela empresa para a máquina de soldadura laser são 5. Nos casos em que é ultrapassada a capacidade calculada para os 5 dias, terá de ser avaliado o que é mais rentável, contratar pessoas para trabalhar ao fim-de-semana com custos mais elevados ou investir em novo equipamento. Segundo a estratégia da empresa, no caso da máquina de laser, e devido ao elevado valor de investimento, caso se ultrapasse os 5 dias de capacidade calculada, o trabalho nos fins-de-semana é uma forte possibilidade. Portanto se em algum dos anos em estudo, a capacidade para 5 dias de produção for ultrapassada, poderá recorrer-se a mais um dia de produção.

Como se pode observar na figura 10, de acordo com as previsões de pedidos de clientes, a máquina de laser não terá capacidade suficiente para produzir e dar resposta a todos estes projetos, para um tempo planeado de 6 dias por semana. Em 2020, por exemplo, de acordo com as previsões, à partida seria necessária uma capacidade superior a 90% para que fosse possível produzir todas as referências requeridas para esse mesmo ano. Uma das hipóteses para responder a estes resultados poderia ser investir noutra máquina de laser, no entanto esta hipótese não faz parte da estratégia da empresa para os próximos anos. A empresa tem como estratégia selecionar algumas referências e comprá-las a um fornecedor externo. Assim sendo, teve que ser feita uma análise de forma a escolher-se quais as referências a serem produzidas internamente na máquina de soldadura laser, e quais a que vão ser compradas a um fornecedor externo. Optou-se por se fazer simulações, para auxiliar a escolha, sendo que o que ficar decidido será para o período de 5 anos que está a ser estudado. Em relação às referências que podem ser compradas ao fornecedor externo não existe qualquer restrição uma vez que este está preparado para produzir qualquer uma das referências. No entanto, há uma limitação logística que tem que ser considerada ao fazer-se as simulações: as referências que são vendidas à unidade BorgWarner de Vigo (que são 3), têm que, necessariamente fazer parte das referências que vão ser subcontratadas. Outro aspeto a ter em conta, na escolha das referências, é a capacidade disponível da máquina de soldadura laser. Tal como já foi definida, a capacidade para 5 dias de produção é 65.4%, sendo este o valor que se tem que ter em conta, no entanto esta poderá trabalhar 6 dias durante um período de tempo, se for necessário.

Como primeira simulação, para escolher as referências que serão produzidas internamente na máquina de soldadura laser (figura 11) optou-se por escolher de entre as 17 referências, as que têm maior taxa de ocupação, em média nos 5 anos. Esta escolha teve por base diminuir o número de troca de referências, ao escolherem-se as referências com maior taxa de ocupação.

Devido à limitação logística, três referências são imediatamente eliminadas desta simulação (R14, R15 e R16), isto porque estas são as referências que são vendidas à unidade de Vigo e por isso serão produzidas no fornecedor externo. As barras positivas do gráfico correspondem às referências e respetivos volumes que, com esta simulação, seriam produzidos internamente. Já a parte negativa do gráfico, corresponde às referências e volumes que seriam subcontratados. Assim sendo, com esta simulação, seria possível produzir-se 6 referências internamente: a referência R13, que é a referência com maior taxa de ocupação nos 5 anos (aproximadamente 16%), e as referências R10, R11, R4, R5 e R12. Se colocássemos mais referências, a capacidade da máquina de laser para os 5 dias normais de trabalho (linha vermelha) seria, em todos os anos, ultrapassada. No entanto com esta opção verifica-se que em 2020 a linha vermelha é ultrapassada, sendo que não é uma percentagem muito relevante (aproximadamente 5%) uma vez que em situações deste tipo, a empresa poderá trabalhar mais um dia semanal e tal como comprova o gráfico, com a capacidade de 6 dias semanais esta necessidade passa a ser satisfeita. Durante o tempo em que não se atinge a linha vermelha, significa que a máquina não vai estar ocupada, no entanto os valores previstos para 2020 não precisam de ser já atingidos, existindo assim uma margem para o ritmo de progressão.

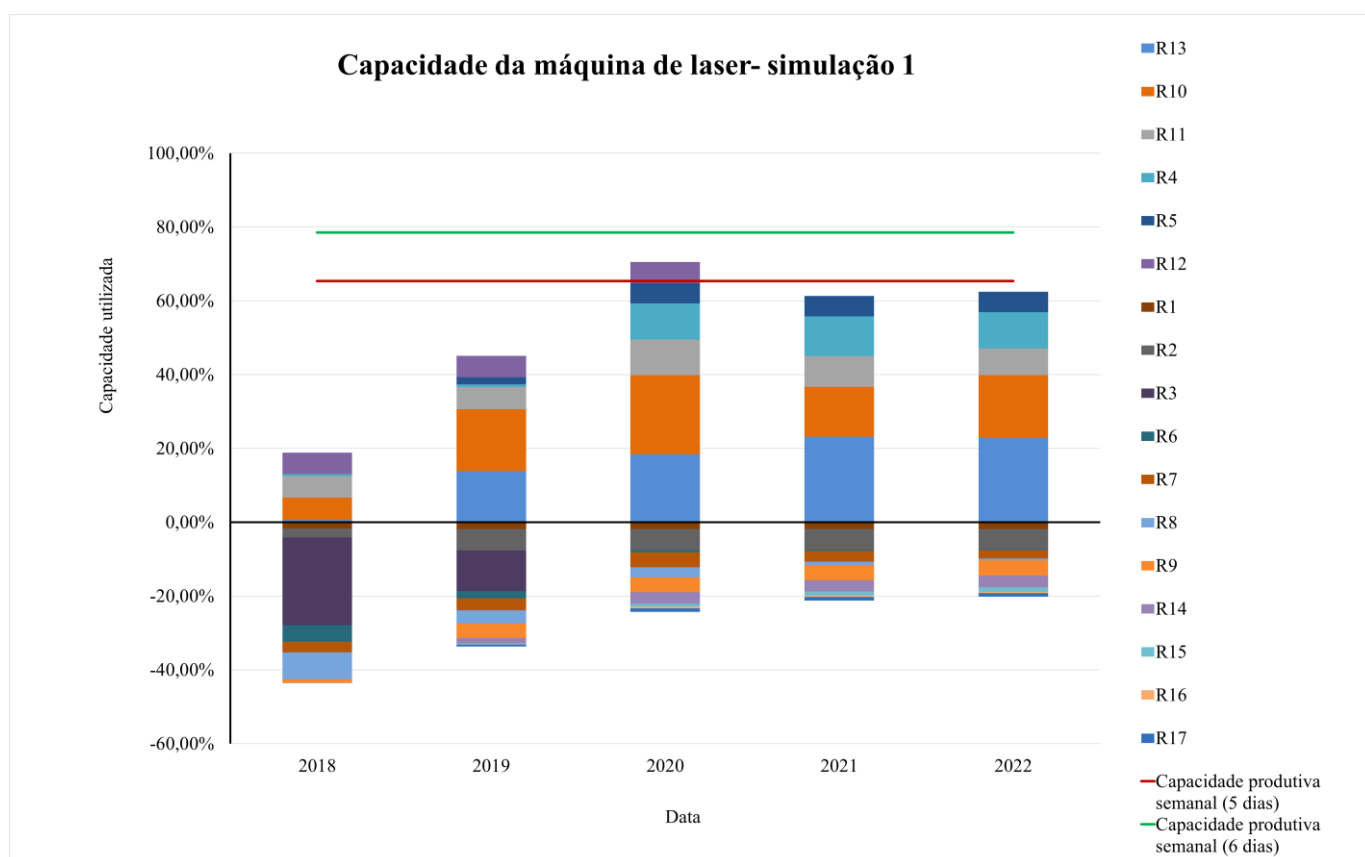


Figura 11- Projeção da capacidade da máquina de soldadura laser para as referências com maior taxa de ocupação

Em relação ao número de referências que teriam que ser subcontratadas com esta simulação seriam 11. No ano de 2018 o volume de referências subcontratadas seria aproximadamente 43.6%, já nos anos seguintes este valor reduziria, sendo que no ano de 2022 o volume subcontratado seria 20.2%.

Como segunda simulação escolheram-se referências com dimensões semelhantes (figura 12). A escolha deste critério deve-se ao fato de se tornar a troca de referências mais simples. Se as referências forem de dimensões semelhantes, reduz o número de ferramentas a serem

trocadas, porque na sua maioria são as mesmas. Isto torna a troca de referência mais rápida, reduzindo o tempo de *setup*. Como se pode observar no gráfico, as referências que são vendidas à unidade BorgWarner de Vigo (R14, R15 e R16), estão representadas na parte negativa do gráfico, uma vez que estas têm que ser subcontratadas.

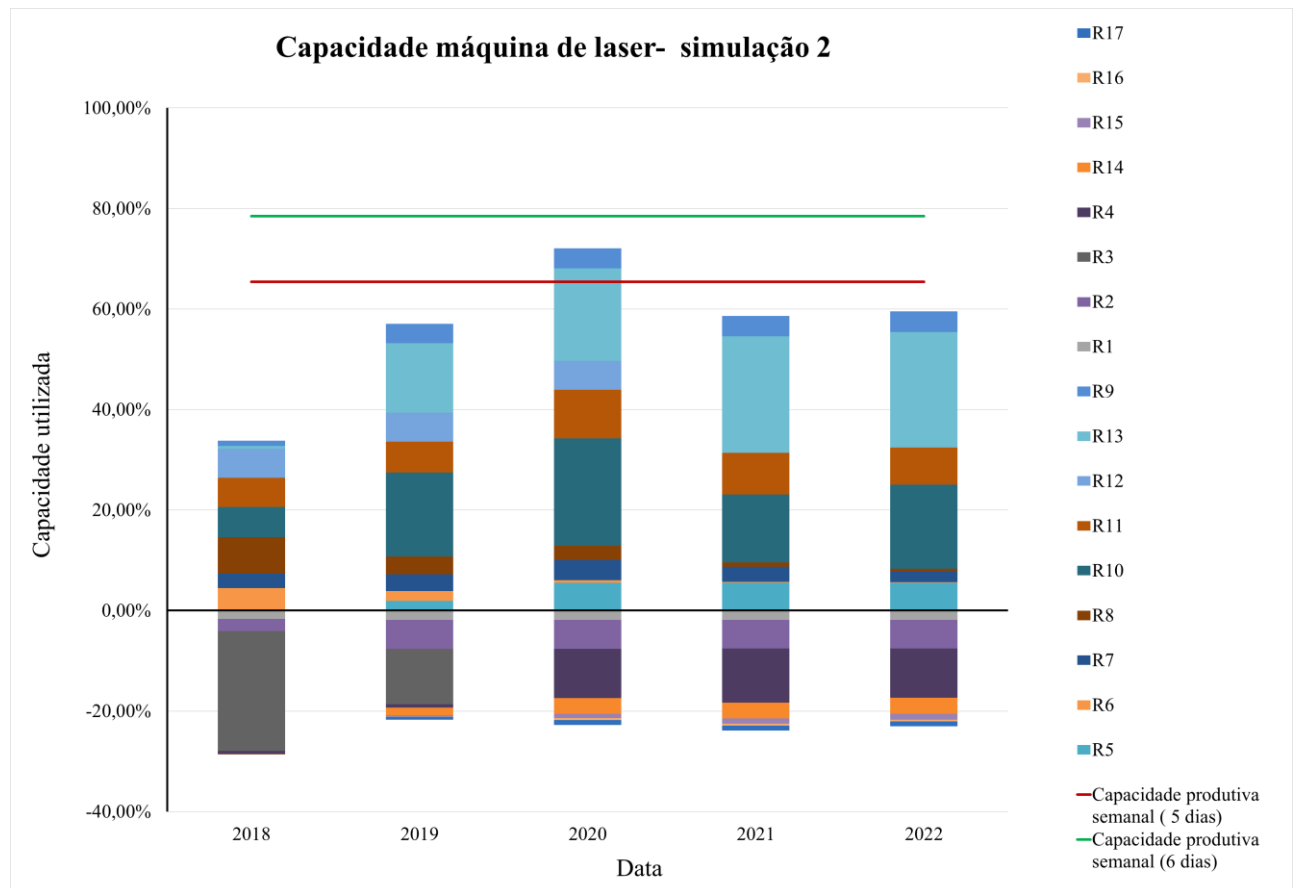


Figura 12- Capacidade da máquina de laser para as referências que implicam um menor tempo de *setup*

Com a segunda simulação, o número de referências que obedecem ao limite capacidade da máquina de soldadura laser seria 9 (R9, R13, R12, R11, R10, R8, R7, R6 e R5). Embora tal como acontece na outra simulação, em 2020, a capacidade limite da máquina para 5 dias de produção é ultrapassada, não é um problema. Poderá nesta situação recorrer-se a 6 dias de produção semanais. Nesta situação o volume de referências subcontratadas para 2018 seria 28.6% e em 2022, reduziria para aproximadamente 23%.

Comparando as duas simulações, observa-se que na segunda consegue-se produzir um maior número de referências. Em termos de volume de referências produzidas internamente, este valor é superior na simulação 2, em relação à simulação 1 nos três primeiros anos, sendo nos dois últimos anos apenas é inferior em 3% tanto em 2021 como em 2022. Conclui-se assim, que o volume de referências produzidas internamente nos 5 anos é maior na simulação 2. Desta forma, o volume de referências subcontratadas na simulação 2 é também inferior. Assim sendo, e de acordo com os padrões da empresa para os próximos anos conclui-se que a segunda simulação é mais adequada. A tabela 4, apresenta os dados relativos à decisão tomada, ou seja, quais as referências produzidas na máquina de soldadura laser e quais as que serão compradas ao fornecedor externo bem como as quantidades de cada referência em cada ano.

Tabela 4- Resumo da decisão tomada em relação às referências produzidas na máquina de laser interna e no fornecedor externo.

Referência	Dimensões	Local de produção	Quantidade em metros					Destino	Cliente Final
			2018	2019	2020	2021	2022		
R9	44,73*6,4	Máquina de soldadura laser	34440	126280	132020	133168	135464	Máquina de corte interna: verificar se esta têm capacidade	Linha de produção de tubos híbridos
R13	44,73*6,4		19972,8	454176	604656	760608	756504		
R8	44,73*6,4		237636	115920	91080	28980	16560		
R12	52,12*5		188884	188884	188884	0	0		
R11	52,12*5		189485	200072	315890	272058	240405		
R10	52,12*5		198713	550108	703016	444288	549952		
R7	36,93*5,2		93862,7	108480	132201	97125	71317,5		
R6	36,93*5,2		146857	64047	18260,6	7707,84	4563,21		
R5	36,93*5,2		0	64172,1	180866	180866	180866		
R1	10,51*14	Fornecedor externo	54316,5	61813,5	61237,8	60784,5	60784,5	Vêm cortadas do fornecedor	Unidade BorgWarner de Vigo
R2	13,25*16		80222,5	189114	187695	186498	186498		
R3	33,3*6,4		782496	361297	0	0	0		
R4	42,3*6,5		21480	21480	322200	354420	322200		
R17	35,3*6,4		0	17311	31159,8	31159,8	31159,8		
R15	52,12*5		0	9576	26334	34314	39900		
R16	37,3*6,4		0	2412	14110,2	13225,8	10894,2		
R14	50,2*6,6		769,5	49167	104288	103235	104045		

Esta solução permite ter um maior volume de referências as serem produzidas internamente e juntamente a isso conseguiu-se com que algumas destas tivessem dimensões semelhantes de forma a facilitar a troca de referência. As referências que são produzidas internamente necessitam de ser cortadas, e por isso será necessário verificar se a capacidade da máquina de corte será suficiente para todas elas ou se será necessário recorrer a um fornecedor externo para o fazer.

4.2 Planeamento das referências a serem cortadas na máquina de corte

O número de referências previsto para os próximos cinco anos é superior ao que é produzido e cortado na linha de produção em estudo. Se, atualmente a máquina de corte não consegue cortar tudo que é produzido na máquina de laser, sendo necessário quando há pedidos urgentes recorrer a uma empresa subcontratada, com o aumento de referências na máquina de soldadura laser esta necessidade será ainda maior. Assim sendo, foi necessário definir como vai ser feito o planeamento das referências que vão ser cortadas internamente e externamente. Depois do tubo oval ser cortado, este pode seguir para dois clientes distintos: cliente interno (linha de produção de tubo híbrido) e cliente externo (unidade BorgWarner de Vigo). Atualmente recorre-se ao fornecedor externo apenas quando a máquina de corte interna não consegue dar resposta atempadamente a algum pedido urgente de cliente. Isto pode acontecer quando por exemplo a máquina tem que parar por alguma avaria que demorou mais do que o tempo previsto a ser reparada. Com o aumento do número de referências previstos para os próximos 5 anos, nasce a necessidade de se fazer uma análise à capacidade da máquina de corte para verificar se esta estará preparada para cortar as referências que vão ser produzidas na máquina de soldadura laser. A capacidade da máquina de corte e a taxa de ocupação de cada referência previstas para os próximos cinco anos estão representadas na figura 13.

Para o cálculo da taxa de ocupação de cada referência em cada ano, calculou-se o número total de cortes que a máquina tem disponibilidade para fazer num ano, que resulta da divisão dos segundos disponíveis da máquina num ano (tendo em conta o número de semanas de trabalho num ano e os cinco dias de trabalho semanais) pelo tempo de ciclo teórico de corte

da máquina de corte (1.85s/peça). Assim, a taxa de ocupação resulta da divisão do número total cortes necessários para uma determinada referência, pelo número de cortes que a máquina de corte tem disponibilidade para fazer num ano.

A máquina de corte, tal como a de soldadura laser tem um tempo de produção disponível de 24 horas, correspondendo a três turnos de 8 horas. No entanto, devido à existência de perdas, não é possível utilizar a 100% este tempo. Para calcular a capacidade disponível da máquina de corte isolaram-se algumas perdas do OEE, tais como tempo de troca de turno, o tempo de paragem para refeição bem como o tempo para a ginástica laboral. Estas paragens correspondem a 50 minutos diários. Para o restante, assumiu-se uma taxa de OEE de 85%, que engloba qualidade, rendimento e avarias. Assim o tempo efetivo de produção é de 18.27 horas que resulta do produto do OEE (85%) pelo tempo disponível para produção (21.5h). Por fim dividiu-se o tempo efetivo de produção pelas 24 horas, onde resulta o valor de 76.1%, que corresponde à capacidade disponível da máquina para os cinco dias (linha vermelha) da figura 13. A capacidade disponível da máquina para 6 dias (linha verde) resultou do mesmo raciocínio, mas considerando mais um dia.

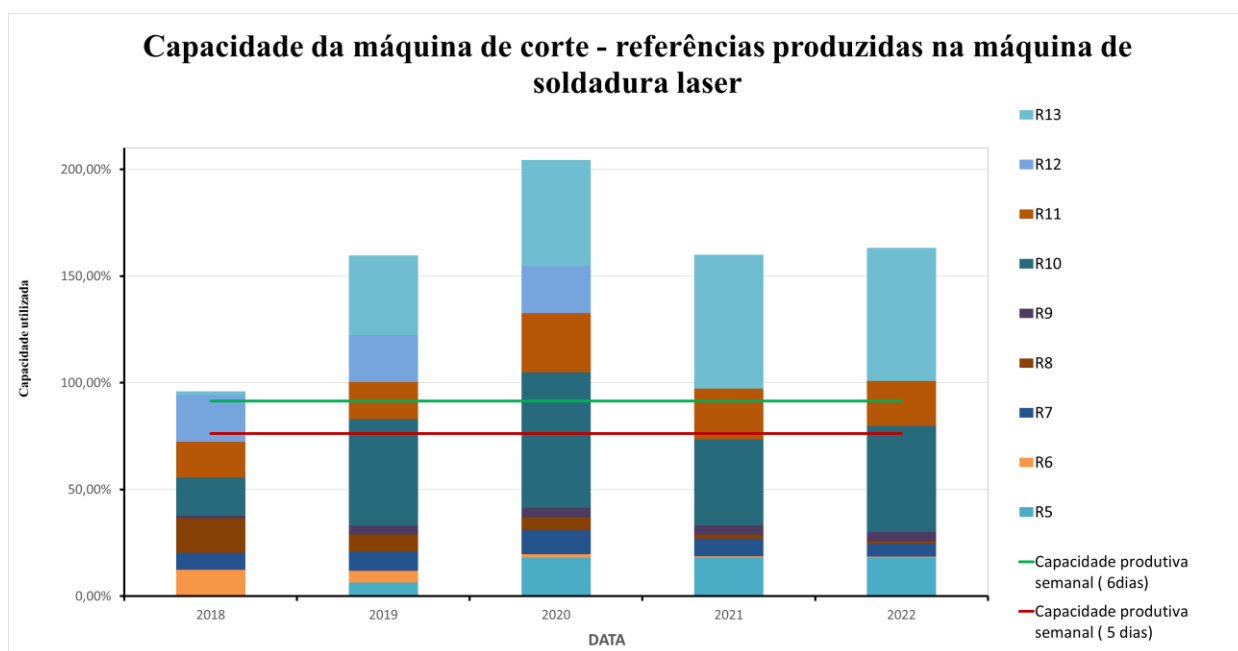


Figura 13- Capacidade da máquina de corte e taxa de ocupação de cada referência

Como se pode observar na figura 13, de acordo com a capacidade disponível da máquina de corte, não é possível cortar todas as referências que são produzidas na máquina de soldadura laser. Nasce assim a necessidade de se selecionar as referências que serão cortadas internamente e quais as que serão necessárias cortar num fornecedor externo. A restrição imposta pela empresa é em relação às referências que estão validadas no fornecedor externo. Atualmente as duas únicas referências que estão validadas, para poderem ser cortadas no fornecedor externo são as referências R10 e R13. O processo de validação é demorado, uma vez que o fornecedor tem que cumprir todos os rigorosos requisitos impostos pela BorgWarner. Assim sendo fez-se uma simulação (figura 14), para verificar se a máquina de corte interna tem capacidade para cortar as referências restantes (que não estão validadas no fornecedor externo).

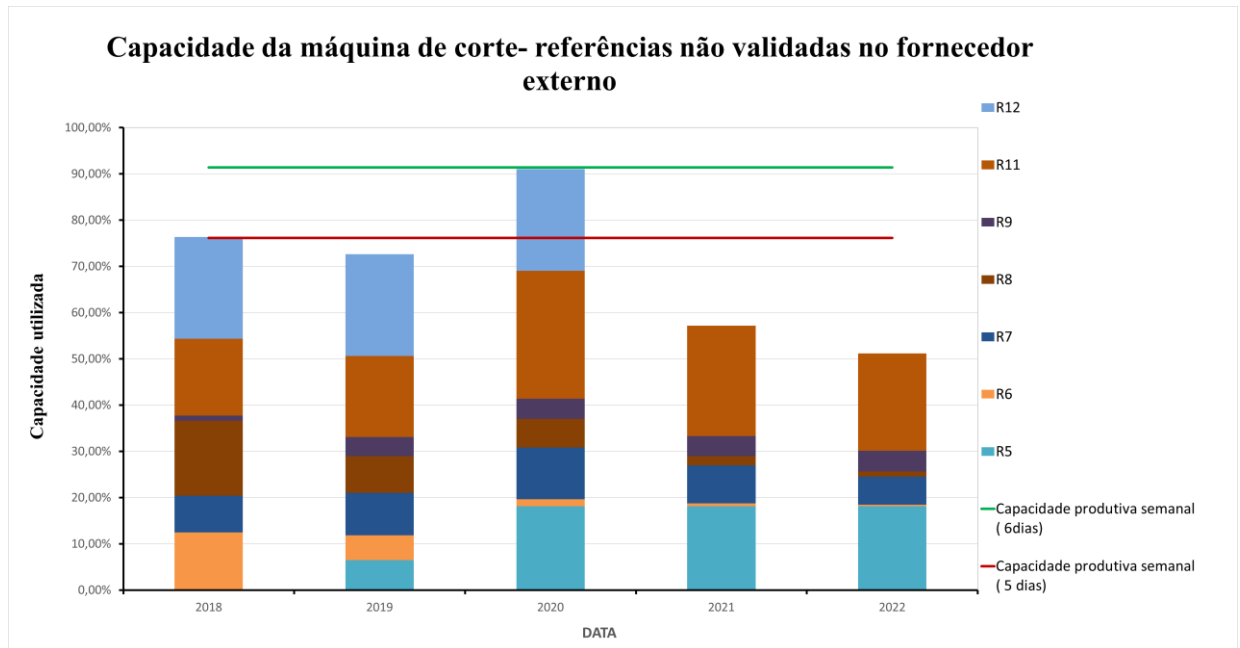


Figura 14- Capacidade da máquina de corte interna para as referências que não estão validadas no fornecedor externo

Através dos resultados da figura 14, verifica-se que, excluindo as referências que já estão validadas para serem cortadas no fornecedor externo a máquina de corte fica com capacidade disponível para restantes 7 referências. Portanto, das 9 referências produzidas na máquina de laser interna, 7 serão cortadas na máquina de corte interna e as 2 restantes (R10 e R13) serão cortadas no fornecedor externo. Todas estas 9 referências têm o mesmo cliente final, linha de tubo híbrido. Apesar de, atualmente, apenas estarem validadas 2 referências no fornecedor externo, já está definido o plano de validação para as outras, sendo que, tal como já foi referido é um processo demorado. O fato da empresa subcontratada ter todas as referências validadas é uma segurança para a BorgWarner, para o caso de surgir alguma encomenda urgente, ou algum imprevisto na máquina de corte.

4.3 Melhorias de disponibilidade

Depois de selecionadas as referências a serem produzidas internamente, verificou-se que a máquina de laser terá que ter capacidade para responder a este aumento. Desta forma, será importante identificar quais as prioridades de atuação nos parâmetros do OEE da máquina de laser que foram analisados no capítulo 3. O parâmetro da qualidade apresentou nos dois meses percentagens superiores a oitenta por cento, sendo que está de acordo com os valores esperados para este parâmetro. O parâmetro da disponibilidade apresenta valores em média inferiores a cinquenta por cento. Tal como já foi visto este parâmetro depende de vários fatores que interferem na disponibilidade, (paragem da máquina devido às barras estarem a sair desalinhas, mal soldadas ou com as medidas fora dos parâmetros) sendo necessários ajustes das ferramentas. Por fim, o parâmetro do desempenho é influenciado pelas micro-paragens. Uma vez que se prevê uma necessidade de aumento da capacidade da máquina de laser, foi proposto que se atuasse no parâmetro da disponibilidade. No capítulo 3 foram identificadas várias causas que afetam o índice da disponibilidade, e verificou-se que o grupo *setup* e ajustes, apresentavam uma percentagem relevante.

Com o objetivo de melhorar este resultado, começou-se por fazer observações diárias na linha de produção laser. Depois de várias observações verificou-se que, sempre que era necessário fazer um ajuste nas ferramentas da máquina de soldadura laser, o operador tinha que retirar as grades de proteção manualmente e encaixá-las num suporte adequado com rodas (figura 15 esquerda). Para além disso o suporte para as grades está armazenado atrás da máquina de laser (junto com as restantes ferramentas desta máquina), obrigando o operador a deslocar-se para ir busca-lo. Assim sendo, cronometrou-se durante 5 dias o tempo que o operador demorava a fazer todo este processo, sempre era necessário fazer um ajuste às ferramentas. O tempo médio dos 5 dias de registos foi de 6 minutos, com uma frequência média de 2 vezes por turno. Assim sendo, ao final de um dia isto representa em média 36 minutos. Para além do tempo despendido com esta tarefa, havia sempre o risco de a grade cair tornando-se perigoso. Desta forma, pensou-se numa solução que permitisse tornar essa tarefa mais veloz, fácil e segura. Esta solução consistiu em articular as quatro grades e para além disso, estas passaram a ser movimentadas sobre um apoio com uma roda (figura 15 direita), desta forma o operador apenas precisa de empurrar e puxar as grades em vez de ter que as retirar e voltar a colocar. Para além disso deixou de ser necessário utilizar o suporte com rodas.

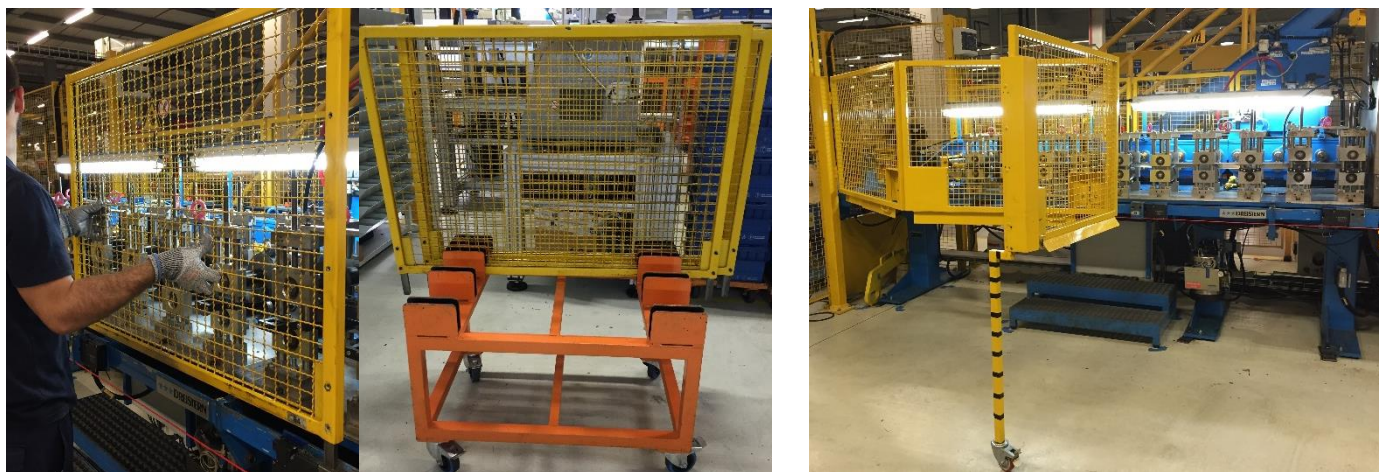


Figura 15- Grades de proteção das ferramentas da máquina de laser, antes (esquerda) e depois (direita)

Depois de implementado, cronometrou-se o tempo que o operador demorava a empurrar e a puxar as grades. Igualmente ao que já tinha sido feito, cronometrou-se o tempo e as frequências durante 5 dias. O tempo médio dos 5 dias de registos diminui para 50 segundos, e a frequência foi igualmente 2 vezes por turno. Ao final de um dia, se os ajustes forem feitos duas vezes por turno, isto representa 5 minutos. Comparando a situação inicial com a final, conseguiu-se uma redução de 31 minutos por dia, contribuindo assim para a redução do grupo *setup* e ajustes do parâmetro da disponibilidade do OEE.

Para além das grades de proteção, as observações diárias permitiram observar outra necessidade. Sempre que se produzia uma dada referência na máquina de soldadura laser a produção era interrompida várias vezes. Isto porque uma das referências produzidas na máquina de laser, é elevada através de um mecanismo da máquina e de seguida tem que entrar dentro de um tubo horizontal (figura 16 direita). O problema é que o material não entrava no tubo, apesar de este conter uma peça metálica (figura 16 esquerda) na extremidade do tubo, para orientar a entrada do material. O material ficava atravessado tanto para os lados, como para o alto. Sempre que isto acontecia o operador tinha que parar a máquina, ajustar algumas ferramentas e redirecionar manualmente o material para a entrada do tubo. Assim sendo, observou-se durante 5 dias, com que frequência é que isso acontecia, e o tempo

que a máquina parava para o operador fazer os ajustes necessários. O tempo médio dos registos feitos nos cinco dias de observação foi de 5 minutos, sendo que acontecia em média 4 vezes por cada bobine. Assim pensou-se numa solução que permitisse reduzir este tempo. Pensou-se em arranjar uma peça que abarcasse a direção vertical (uma vez que o material ficava muitas das vezes atravessado ao alto) e para além disso uma peça com maior diâmetro de entrada de forma a abranger uma maior área de entrada. A nova peça implementada na entrada do tubo em forma de “funil”, está representada na figura 16 à direita.



Figura 16- Peça utilizada para orientar o material produzido a entrar no tubo, peça antiga (esquerda) e nova peça (direita)

Depois de implementada, durante cinco dias foram feitas observações na produção dessa referência de forma se estabelecer uma comparação entre a situação inicial e final. O que se observou é que em todas as observações, durante a produção dessa referência a máquina nunca parou devido a esta causa. Isto permite concluir que se reduziram em média 20 minutos de paragens para ajustes, por cada bobine produzida desta referência. Este resultado contribui para a diminuição do grupo *setup* e ajustes do parâmetro da disponibilidade do OEE. Dado que esta implementação foi realizada na primeira semana do mês de janeiro, não houve tempo para se fazerem mais observações, que seriam importantes para complementar o que foi concluído em relação a 5 dias de observação.

Para além destas duas melhorias implementadas, achou-se importante entender outras necessidades que ainda não estão identificadas. Assim sendo, através de várias observações e com as sugestões dos operadores identificaram-se alguns motivos de paragem que aconteciam com frequência e que não estava a ser registados. A máquina parava várias vezes devido à falha no rastreio de costura (acontece quando a máquina de soldadura laser perde orientação de onde tem que soldar, e é mostrado um aviso no ecrã da mesma). Para além disso, outra falha que originava a interrupção da máquina era a falha de extração, que acontece sempre que o filtro da máquina fica saturado. Por fim, outra paragem frequente dava-se quando o sensor de banda (o que deteta a receção de matéria-prima) deteta alguma anomalia, ou quando os sensores do laser (situados a meio da máquina) também detetam algo de errado, e a produção é interrompida. Depois de se ter identificado as principais causas com ajuda dos operadores, fizeram-se observações durante 10 dias para verificar com que frequência é que estas aconteciam e quanto tempo é que estas paragens interferiam na interrupção do processo produtivo. Verificou-se que as três causas de interrupção da máquina mencionadas, faziam

com que esta estivesse parada mais de 5 minutos e pelo menos duas vezes por turno. Assim sendo, conclui-se que estas deveriam ser registadas no grupo *setup* e ajustes, do parâmetro da disponibilidade do OEE. Uma vez que existe uma folha de registos específica para o operador fazer o registo diariamente, procedeu-se à alteração da mesma. Como se pode observar na figura 17, fez-se alterações grupo *setup* e ajustes. A figura 17 à direita, mostra a parte da folha que foi alterada que foram os fatores que têm influência no OEE, no entanto a folha antiga e a nova completas encontram-se nos anexos C e D respetivamente.

OEE	Paragem programada	Manutenção programada
		Intervalo para almoço e pausa ativa
	Setup e Ajustes	Defeito de soldadura
		Alinhamento/torção
		Cotas NOK
		Corte NOK
		Outras Avarias
	SMED	Troca de Referência
		Arranque
	Materiais	Falta de Matéria Prima não Programada
		Falta de spare-parts de substituição
		Falta de gás de proteção
		Metalografia
		Testes Mecânicos
		Outros
		Produção por hora
		Peças OK

OEE	Paragem programada	Manutenção programada
		Intervalo para almoço e pausa ativa
	Setup e Ajustes	Defeito de soldadura
		Falha no alinhamento das barras
		Cotas NOK
		Corte NOK
		Falha no Rastreo de Costura (GAP)
		Falha de extração
		Sensor Banda/ Sensores Laser
		Outras Avarias
	SMED	Troca de Referência
		Arranque
	Materiais	Falta de Matéria Prima não Programada
		Falta de spare-parts de substituição
		Falta de gás de proteção
		Metalografia
		Testes Mecânicos
		Outros
		Produção por hora
		Peças OK

Figura 17- Fatores que influenciam o OEE, na folha antiga (esquerda) e na nova (direita)

Por fim, outra necessidade que se identificou através de varias observações na linha foi a forma como as amostras estavam organizadas. Como já foi explicado, os operários têm que fazer testes mecânicos e metalografias regularmente em cada turno. Para o fazerem necessitam de uma amostra de material. Depois do teste mecânico ou da metalografia serem feitos as amostras são colocadas num saco de plástico transparente onde se coloca um cartão com a informação da data e hora da realização do teste e o respetivo resultado. O que acontecia é que as amostras não tinham um sítio específico e adequado para as mesmas. Pensou-se então em encontrar uma solução que permitisse armazenar de forma organizada as amostras. Assim sendo organizou-se as amostras por dia de semana e por hora (Figura 18). Isto porque durante uma hora podem ser feitos vários testes mecânicos ou metalografias, dependendo dos resultados obtidos.



Figura 18- Estante de armazenamento das amostras depois de testadas

Esta solução permitiu uma maior facilidade em identificar as amostras, e de forma mais rápida. O acesso às amostras é frequente, e no caso de alguma reclamação de cliente estas são utilizadas para se verificar o lote que foi produzido referente a essa amostra. Caso seja necessário, esta poderá ter que ser reanalisada. Desta forma, esta nova solução permitiu um melhor armazenamento e organização das amostras e, para além disso evita-se o risco de se perder alguma.

4.4 Redefinição do *layout* da linha de produção laser

O aumento do número de referências previstas a serem produzidas na máquina de soldadura laser fez com que fosse necessário rever o *layout* de forma a entender se este se adaptava às novas necessidades. A máquina de soldadura laser e a máquina de corte têm tempos de ciclos diferentes e por isso precisam de trabalhar de forma independente. A diferença do tempo de ciclo das duas máquinas faz com que haja sempre *work in process*, sendo necessário redefinir o fluxo de material.

A figura 19 ilustra o *layout* atual da linha de soldadura laser e da linha vizinha, linha de tubo corrugado. Existem dois contentores ao lado da máquina de corte, cada um apoiado sobre dois suportes com quatro rodas cada. Um deles é destinado a sucata e o outro a barras de seis metros produzidas na máquina de soldadura laser. As setas representadas na planta indicam o sentido do fluxo do material. As barras de seis metros, depois de produzidas na máquina de soldadura laser são cortadas na máquina de corte. No entanto o tempo de ciclo das duas é distinto e por isso as barras depois de produzidas, são transferidas manualmente para o contentor de madeira que está ao lado da máquina de corte (este é deslocado para perto do contentor fixo da máquina de laser, e aí faz-se a transferência das barras de 6m do contentor fixo para o contentor de madeira). A transferência é feita manualmente e por dois operadores. No entanto isto nem sempre acontece desta forma porque nem sempre o contentor de madeira que está ao lado da máquina de corte tem espaço suficiente para armazenar as barras

produzidas na máquina de laser. E nestas situações utiliza-se um contentor extra (que é pedido ao armazém) para colocar o material produzido. Por uma questão de aproveitamento de movimentos, se a máquina de corte não estiver carregada as barras são transferidas diretamente e manualmente para a zona de abastecimento da máquina de corte.

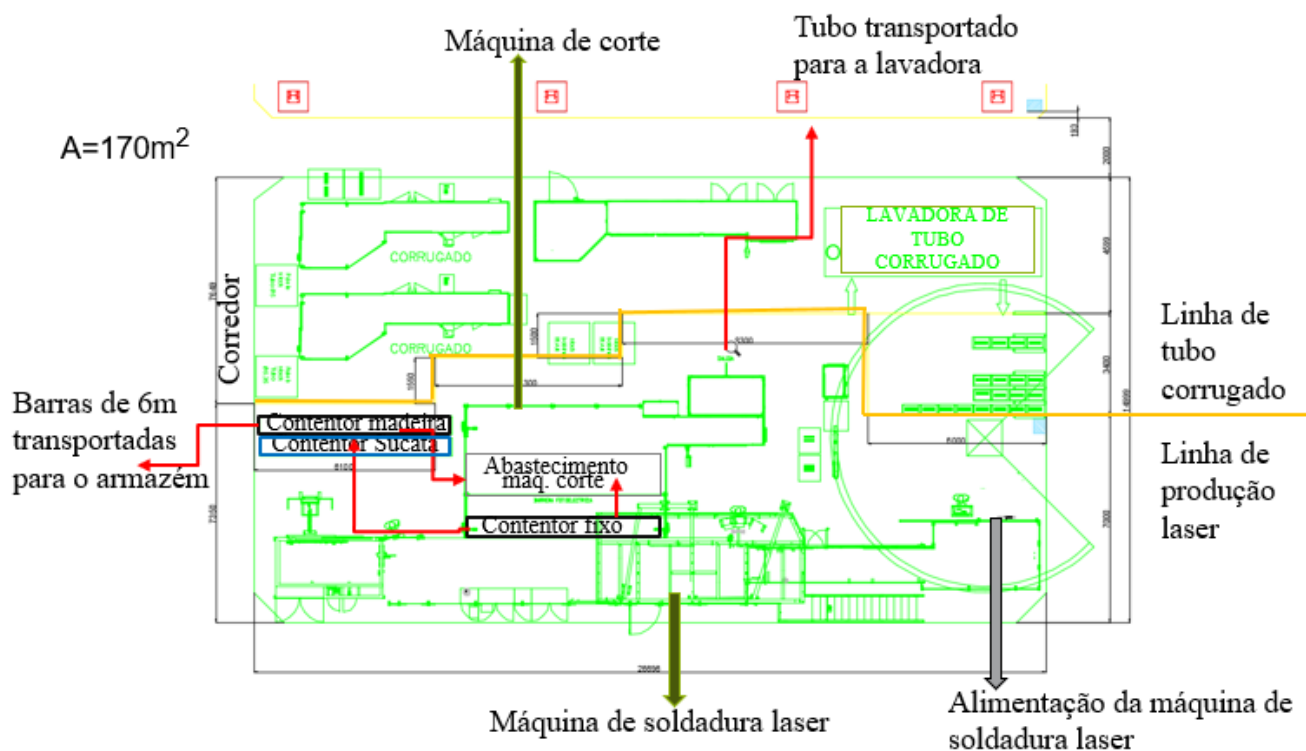


Figura 19- Layout atual da linha de produção laser e da linha de tubo corrugado

A máquina de laser não faz a separação das barras conformes das não conformes, no entanto sempre que há uma barra não conforme a máquina dá um alerta sonoro e a barra sai com uma mancha vermelha. Isto para explicar que as barras conformes e não conformes caem todas no contentor fixo, sendo o operador responsável por fazer a distinção das mesmas dentro do contentor fixo. Quando existe quantidade significativa de sucata no contentor fixo, aproximam o contentor da sucata e é feita a transferência manual de um contentor para o outro. As barras conformes são cortadas na máquina de corte, no entanto, no caso de ser necessário o contentor é transportado para o armazém para ser cortado externamente. Este transporte tem que ser feito com cuidado porque estes contentores quando estão cheios (400 barras de 6m) são pesados (430 kg de peso bruto). Com o aumento do número de referências esta necessidade será maior, uma vez que o número de referências a serem cortadas no fornecedor externo será maior. Isto significa que, com a dificuldade que havia em fazer este transporte para o armazém, tornou-se importante redefinir este fluxo. O transporte dos contentores para o armazém não implica paragem do equipamento, uma vez que é feito pela equipa de logística.

Para o desenho do novo *layout*, foram pedidos requisitos e foram impostas limitações. O primeiro requisito pretendido é criar um novo fluxo de material, uma vez que o número de referências vai aumentar nos próximos anos e a máquina de laser de corte têm tempos de ciclos diferentes. Torna-se assim necessário que o novo *layout* tenha capacidade para o volume esperado de *work in process*. O segundo é diminuir o tempo de transferência das

barras do contentor fixo da máquina de corte para o contentor de madeira. O terceiro é reduzir os metros percorridos operador. O quarto é dividir a linha de produção laser da linha de tubo corrugado. Por fim o quinto é que a área do novo *layout* não exceda a área atual, sendo que, se possível esta seja menor. Como limitações foi dito que a máquina de laser não pode ser movimentada, devida a ligações que não podem ser mexidas.

A planta do novo *layout* está representada na figura 20. No desenho, foram representadas as duas linhas de produção uma vez que a movimentação das máquinas na linha de produção laser influencia a disposição das máquinas, o que significa que na elaboração do mesmo teve-se também em conta as restrições impostas pela linha de tubo corrugado.

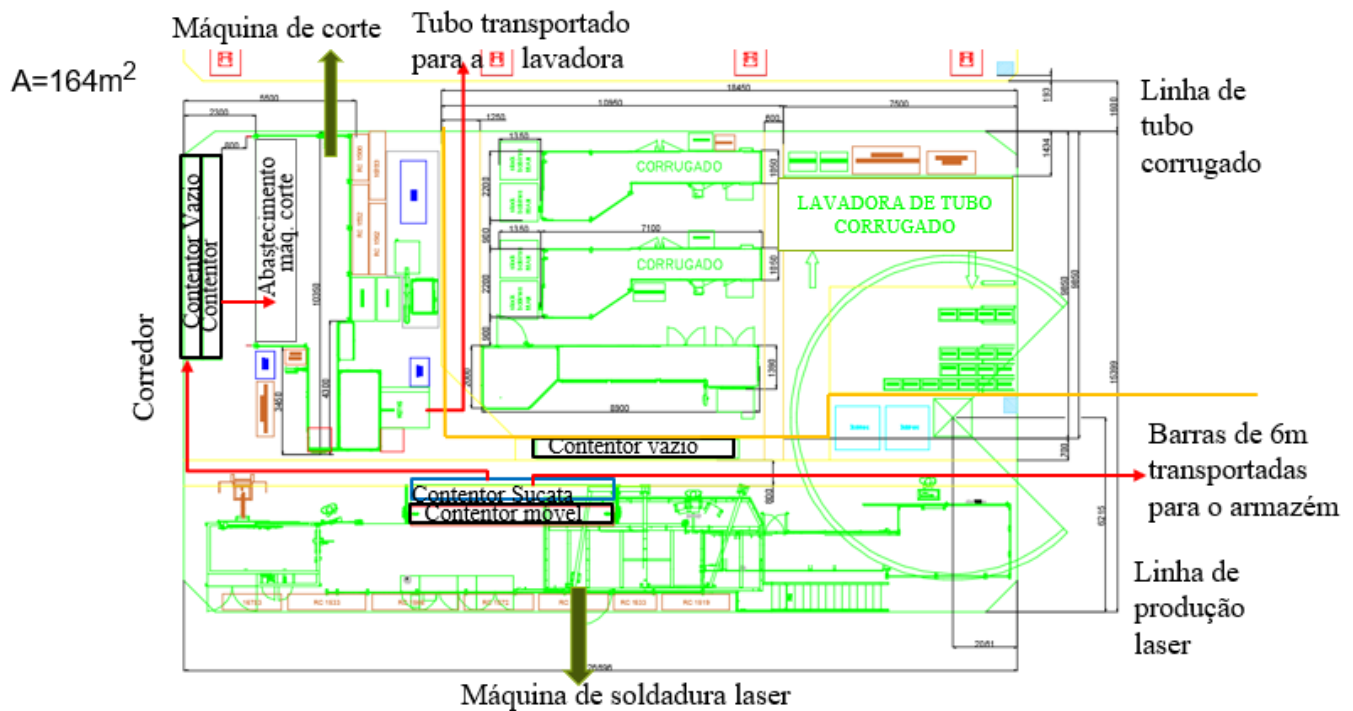


Figura 20- Novo layout da linha de produção laser e tubo corrugado

Tal como se pode observar na figura 20, a máquina de corte mudou de sítio. Esta mudança deveu-se fato de ser necessário espaço para os novos fluxos de material. Isto porque com o aumento previsto do número de referências e volume de produção, o material que é produzido na máquina de soldadura laser pode seguir fluxos diferentes. No caso de se tratar de uma referência que é cortada no fornecedor externo, o contentor móvel segue para o armazém para depois ser transportado para o fornecedor. O contentor móvel como foi levado para o armazém, é imediatamente substituído pelo contentor vazio que se encontra paralelo à máquina de soldadura laser. No caso de se tratar de uma referência que é cortada internamente, o contentor móvel desloca-se para o lado da máquina de corte, para o sítio do contentor vazio que se encontrava lá. Esse contentor vazio é transferido para a máquina de soldadura laser para começar a ser abastecido novamente. Este fluxo contínuo irá permitir que o novo *layout* tenha capacidade para dar resposta ao volume esperado de *work in process*.

Como já deu para subentender da explicação anterior, foi feita uma alteração do contentor da zona de saída das barras da máquina de soldadura laser. Este deixou de ser fixo e de metal e passa a ser igual aos outros de madeira e com dois suportes com rodas para poder ser movimentado, daí ser designado de contentor móvel. Desta forma deixou de ser necessário

que o operador tivesse que transferir manualmente as barras que estavam nesse contentor para outro contentor e só depois é que o contentor era transportado para o seu destino. Com esta mudança, o processo passa a ser mais rápido uma vez que para transferir as barras do contentor fixo do *layout* inicial para o contentor de madeira eram necessários 2 segundos por barra transferida. Cada contentor tem capacidade para 400 barras de 6m, portanto são eram necessários cerca de 13 minutos. Para além disso era necessária a movimentação do contentor de madeira para este ficar perto do contentor fixo, percorrendo, o operador 10m sempre que fazia esta movimentação. Para além disto, ao evitar-se esta transferência manual das barras torna o processo mais simples e seguro.

No novo *layout*, junto à máquina de soldadura laser o número de contentores deixa de ser um e passa a ser dois. Um deles é para armazenar as barras produzidas de seis metros e conformes, já o outro é para a sucata. A vantagem é que o contentor da sucata já está próximo da máquina e assim já não é necessário movimentá-lo, isto porque no *layout* anterior o contentor da sucata não estava tão próximo da linha de soldadura laser sendo necessária a movimentação do mesmo, sempre que necessário. Conseguiu-se desta forma reduzir os metros percorridos pelo operador a fazer esta operação uma vez que a distância percorrida no antigo *layout* era 9 metros sempre que se tinha que movimentar o contentor de sucata para perto do contentor fixo da máquina de laser.

Como a nova disposição de algumas máquinas existe agora um corredor amplo entre a máquina de laser e a máquina de corte. O corredor permitiu uma maior facilidade na manobra de saída do contentor para o corredor com destino.

Por fim, um dos objetivos era tentar se possível reduzir a área. A área do antigo *layout* era de 170 m², sendo que no novo passam a ser 164 m², o que significa que com a mudança reduziram-se 6 metros quadrados.

As barras de seis metros, depois de serem cortadas na máquina de corte, vão para a lavadora de uma linha vizinha, a diferença entre o fluxo dos dois *layouts* é que no novo, o percurso é feito em linha reta.

A implementação do layout será feita por uma empresa externa. Esta ficou encarregue de avaliar todos os recursos necessários para o concretizar, e também o tempo necessário para o fazer. Esta mudança terá custos associados à movimentação das máquinas, e às ferramentas e utensílios de segurança para isolar a zona que será alterada. É de realçar que, os custos associados a toda a mudança de *layout* já foram apresentados à BorgWarner assim como a proposta de novo *layout* e ambos foram aprovados. A mudança de *layout* ainda não foi feita porque, apesar de estar tudo aprovado pela empresa para avançar, é necessária a aprovação de cliente. Os clientes afetados pela mudança, que são os clientes correspondentes às referências que serão produzidas e cortadas internamente, tem que ter conhecimento das alterações do *layout*. Todos os clientes afetados já foram informados, no entanto só se poderá avançar e agendar uma data com a empresa quando for obtida a aprovação de todos.

5 Conclusão e perspectivas futuras

O presente trabalho incidiu, especialmente, no estudo das condições para execução dos projetos aceites pela empresa e das previsões de projetos para os próximos anos. Nasceu assim a necessidade de ser feito um planeamento da capacidade de produção e do eventual recurso a subcontratação de algumas operações. Em função do estado inicial encontrado no arranque do projeto, foi possível destacar alguns pontos que seriam alvo de intervenção, como a identificação das referências a serem produzidas e cortadas nos próximos cinco anos, tendo em vista o objetivo de reduzir o *setup* e reorganizar a linha de produção de forma a estar preparada para o aumento de procura.

O estudo do problema abordado permitiu que o desenvolvimento do projeto tivesse duas vertentes distintas. A primeira relacionada com a análise dos dados. A segunda relacionada com o trabalho desenvolvido na linha de produção, numa vertente mais *gembu*. Nesta vertente foi possível ter uma perceção de como a produção trabalha diariamente, isto é, dos fluxos dos materiais, dos procedimentos seguidos, e do trabalho realizado pelos operadores. As duas vertentes interligaram-se uma vez que a perceção do processo e observações feitas no *shop floor* foram fulcrais para a análise dos dados fornecidos pela empresa e tomadas de decisão.

Numa fase inicial, procedeu-se à recolha e tratamento dos dados relativos à capacidade produtiva dos equipamentos da linha de produção laser e fizeram-se cronometragens dos tempos de ciclo de algumas referências a serem produzidas e a serem cortadas. Com os resultados foi possível analisá-los e associá-los aos dados fornecidos pela empresa.

Os projetos aceites pela *BorgWarner* juntamente com as previsões para os próximos anos, excediam a capacidade da máquina de soldadura laser. No entanto os projetos têm que ser cumpridos no devido tempo e daí a necessidade de se fazer um planeamento das referências que devem ser produzir internamente. O mesmo foi feito para a máquina de corte que, não consegue cortar tudo o que vai ser produzido na máquina de soldadura laser, uma vez que tem uma capacidade duas vezes inferior.

Segue-se a próxima fase do projeto que teve como área de intervenção a organização da produção na linha de produção laser. Foi necessário adaptar a linha de produção de forma a estar preparada para o aumento da procura. Depois de várias observações diárias na linha de produção em estudo, identificaram-se as principais necessidades de atuação. Neste local destacavam-se: problemas de planeamento, problemas de *setup*, falta de organização das amostras de material depois de testadas, fluxo de material desorganizado, excesso de stock e linha pouco organizada.

Para a resolução dos problemas acima mencionados, começou-se por redesenhar uma das ferramentas de proteção da máquina de soldadura laser e uma peça que necessitou de se aumentar o diâmetro. Estas necessidades foram identificadas através de várias observações no *shop floor* e com a ajuda dos operadores. Ambas as ferramentas foram aprovadas e implementadas, conseguindo-se com isso reduzir o tempo e a frequência de paragem da máquina. Também se recorreu à gestão visual para padronizar o local, colocando uma estante identificada com as horas e dias da semana para colocar de forma organizada as amostras

depois de estas terem sido testadas. Esta mudança tornou a tarefa dos operadores mais facilitada, o que se traduziu num aumento de produtividade e redução dos *muda*.

Visto que uma das grandes necessidades da linha de produção era ao aumento de capacidade das duas máquinas, promoveu-se uma definição do *layout*, maximizando o espaço disponível com os recursos existentes. Com o novo *layout* foi possível criar dois fluxos diferentes de material, o que era necessário uma vez que as duas máquinas têm tempos de ciclo distintos.

A nova disposição das máquinas e organização da linha permitiu que houvesse espaço para um contentor vazio, que está paralelo e perto da máquina de soldadura laser. Com o novo fluxo de material, este contentor é utilizado para colocar as barras produzidas na máquina de soldadura laser, quando o contentor que está à saída da máquina de laser fica sem capacidade. Desta forma, o contentor cheio segue pelo fluxo apropriado e, o contentor vazio substitui-o de uma forma mais rápida do que o que acontecia no antigo *layout*, que se tinha que esperar pelo contentor vazio que vinha do armazém. Para além disso conseguiu-se definir um espaço para o contentor de sucata perto da zona de saída da máquina de soldadura laser, deixando de ser necessário movimentá-lo como acontecia no antigo *layout*. É de realçar que para movimentar um contentor independentemente de este estar vazio ou cheio são necessários dois operadores, o que significa que reduzir a movimentação dos mesmos é importante.

No que diz respeito a trabalhos futuros, era importante desenvolver um mecanismo na máquina de soldadura laser que permitisse separar as barras conformes das não conformes. Atualmente, a máquina de laser tem na zona de saída uma rampa inclinada para o lado direito onde caem as barras para o contentor. Poder-se-ia acrescentar uma rampa para o lado esquerdo onde caíam as barras não conformes. Desta forma a própria máquina fazia a separação das barras conformes e não conformes, evitando que o operador as tivesse que separar manualmente. Esta medida, iria certamente ter um enorme potencial ao eliminar o tempo perdido pelo operador a fazer esta tarefa.

Outro trabalho que poderia ser desenvolvido era, a criação de um sistema de controlo da matéria-prima à entrada da linha que iria minimizar a paragem do equipamento, neste caso da máquina de soldadura laser. A matéria-prima (bobine) chega à linha de produção em cima de uma paleta e na horizontal. O que por vezes acontece é que só um dos lados da bobine é que é controlado porque ou lado, só fica visível quando a bobine é colocada na vertical, sendo que isto só acontece no momento em que a bobine é transferida para o desbobinador da máquina de soldadura laser. No caso da bobine não estar conforme o problema só é detetado nesse momento, sendo necessário pedir uma nova bobine e enquanto isso a máquina está parada. Uma solução seria criar meios de acondicionamento eficazes para todo o processo logístico.

Por último, é importante destacar que um dos principais desafios para a empresa, no que diz respeito à linha de produção laser, é solucionar problemas relativos à manutenção dos equipamentos.

Referências Bibliográficas

- Ahuja, I. e J. Khamba. 2007. "Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing". *Journal of Quality in Maintenance Engineering* no. 14 No. 4:356-374.
- Chase, R., F. Jacobs e N. Aquilano. 2006. *Operations Management for Competitive Advantage*. 11th ed. ed.: McGraw-Hill.
- Courtois, A., M. Pillet e C. Martin. 1997. *Gestão da Produção*. Lidel.
- Dal, B., P. Tugwell e R. Greatbanks. 2000. "Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement- A practical analysis". *Int. J. of Operations & Production Management* no. 20, No. 12:1488-1502.
- De Mente, B. 1994. *Japanese Etiquette & Ethics in Business*.
- Denes, M. 2008. "Just-in-Time".
- Ghinato, P. 2000. "*Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*".
- Hirano, H. 1995. "*5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press".
- Hopp, W. e M. Spearman. 2000. "Factory Physics. McGraw-Hill, New York".
- Johnston, R. e G. Clark. 2005. *Service Operations Management*. 2nd ed.
- Liker, J. 2004. *The Toyota Way – 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. The McGraw-Hill.
- Liker, J. e M. Rother. 2011. "Why Lean Programs Fail".
- Melton, T. 2005. "The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries".
- Modig, N. e P. Ahlstrom. 2013. 1st ed. ed.: Rheologica Publishing.
- Monden, Y. 1983. "A Practical Approach to Production Management".
- Ohno, T. 1997. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Pinto, J. 2006. *Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços*.
- Schonberger, R. 2007. "Japanese production management: An evolution--With mixed success".

Journal of Operations Management, 25(2), 403-419, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.003>.

Slack, N., S. Chambers e R. Johnston. 2010. *Operations Management*. Essex, UK: Prentice Hall.

Takeda, H. 2006. *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-In-Time Through Kaizen*, Kogan Page.

Villeda, R., R. Dudeck e M. Smith. 2017. "Increasing the production rate of just in time production system with variable operation times".1747-1478.

Womack, J., D. Jones e D. Ross. 1992. *A Máquina que Mudou o Mundo* 2nd ed. ed.

Womack, J. 2013. "Gemba Walks: Lean Enterprise Institute".

ANEXO A: Desbobinador da máquina de laser



ANEXO B: Contentores de armazenamento das barras de seis metros produzidas na máquina de soldadura laser



ANEXO C: Folha de registos inicial

[illegible]

ANEXO D: Nova folha de registos

Máquina de soldadura laser																												
		Referência										Sucata																
		Pegaz OK										Quantidade																
		Pegaz NOK										1ª 2ª 3ª																
		Pegaz reutilizadas																										
		Tempo de ciclo real (seg/peça)																										
CEE	Paragem programada	[6: 7]	[7: 8]	[8: 9]	[9: 10]	[10: 11]	[11: 12]	[12: 13]	[13: 14]	Total	[14: 15]	[15: 16]	[16: 17]	[17: 18]	[18: 19]	[19: 20]	[20: 21]	[21: 22]	Total	[22: 23]	[23: 00]	[00: 01]	[01: 02]	[02: 03]	[03: 04]	[04: 05]	[05: 06]	Total
	Intervalo para almoço e pausa ativa																											
	Defeito de soldadura																											
	Falha no alinhamento das barras																											
	Cotas NOK																											
	Corte NOK																											
	Setup e Ajustes																											
	Falha no Rasteio de Cortura (GAP)																											
	Falha de eixo 3º e 4º																											
	Sensor Banda/ Sensor Laser																											
	Ouras Avulsas																											
	Toca de Referência																											
	SWED																											
	Ataque																											
	Falha de Matéria Prima não Programada																											
	Falha de peça-Parte de substituição																											
	Falha de eixo de posicionamento																											
	Metallurgia																											
	Testes Mecânicos																											
Custos																												
Produção por hora																												
Pegaz OK																												
Comentários																												

ANEXO E: Zona de abastecimento da máquina de corte

