

Melhoria da Produtividade na Produção de Máquinas Agrícolas

Francisco Miguel Campos Cunha

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof.^a Ana Camanho

Orientador no Kaizen Institute: Eng. Luís Quelhas



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2018-07-02

Aos meus pais, pelo apoio constante em todas as etapas da minha vida.

Resumo

Este trabalho de dissertação foi realizado no âmbito de um projeto de consultoria do *Kaizen Institute* numa empresa de produção de ferramentas de apoio ao setor agrícola.

O aumento das vendas da empresa em conjunto com a falta de mão-de-obra qualificada levaram à necessidade de aumentar a eficiência operacional da empresa, de forma a poder responder à carteira de encomendas da melhor forma. Com este objetivo em mente identificou-se como prioritária a melhoria do fluxo operacional dos produtos mais relevantes no volume de negócios da empresa. Esta dissertação deu especial ênfase às cisternas, produto cada vez mais importante na realidade da empresa. De forma a mitigar a falta de mão-de-obra disponível, relevou-se também necessário melhorar a taxa de utilização dos robots de soldadura existentes, até então pouco utilizados.

Com base na situação descrita, no decurso desta dissertação foram desenhadas e implementadas ações de melhoria em duas frentes: no setor produtivo das cubas, o corpo da cisterna e na gestão do parque de cinco robots de soldadura existentes na empresa.

Na primeira frente, procedeu-se à definição do *layout* do setor das cubas assim como do respetivo bordo de linha, sistema logístico de abastecimento para o setor e balanceamento de operações. Foram também criadas reuniões de Kaizen Diário de forma a monitorizar o rendimento do setor e a identificar possíveis oportunidades de melhoria. Estas ações resultaram numa melhoria de produtividade do setor de um valor inicial de 20% para o valor de 49%, sendo estimado que, seguindo o plano de melhoria desenhado, se poderá atingir o valor de 62% no fim do projeto de intervenção, em Outubro de 2018.

No caso dos robots de soldadura, foi implementado um novo fluxo de planeamento de forma a dar-lhes a devida utilização, no qual se destaca uma ferramenta computacional desenvolvida para planear a carga de cada robot. Foi ainda criado um método para a escolha e validação de novas referências a serem alocadas aos robots com vista à melhoria da distribuição da carga alocada a cada um dos cinco robots existentes. Foi também desenhado um *layout* para um dos robots de forma a reduzir os tempos de troca das peças alocadas ao robot, balanceando as operações. A implementação destas ações resultou numa melhoria da percentagem de tempo de soldadura destes equipamentos de 27,5% para 42,4%.

Palavras-Chave: produtividade; gestão de fluxo total; desenho de linha; planeamento; melhoria contínua; *kaizen*

Productivity Improvement in the Production of Agricultural Machines

Abstract

This dissertation was developed within a consulting project carried out by the *Kaizen Institute* in an industrial company that produces machines to support the agricultural sector.

The company's increase in sales together with the lack of skilled labour led to the need to improve its operational efficiency in order to be able to respond to the increase of market demand. With this goal in mind, the improvement of the operational flow of the company's turnover most relevant products was identified as a priority.

This dissertation gave special emphasis on slurry tankers, an increasingly important product in the company's sales. In order to mitigate the lack of skilled labour availability, it was also identified the opportunity to increase the usage of welding robots readily available in the company.

Given the above mentioned situation, during the period of the dissertation the design and implementation of improvement actions was made in two different fronts: the sector of the slurry tanker's body and the welding robots.

In the first front, the layout of the sector of the body of the slurry tank was re-defined, as well as its border line, the logistics system to support the sector and the operations balancing. Daily Kaizen meetings were also set up to monitor the performance of the sector and identify possible opportunities for improvement. The implemented measures have already improved the sector productivity from an initial value of 20% to 49% and it is estimated that following the remaining plan of actions may result in a sector productivity of 62% at the end of the intervention project in October 2018.

In the case of welding robots, a new planning flow was implemented in order to improve largely its balanced usage. Among other improvement actions, a computerized tool was developed to plan the workload of each robot. Furthermore, a method for choosing and validating new references to be allocated to the existent five robots was created in order to make a correct distribution of the workload of each robot. A layout for one of the robots was also re-designed in order to reduce the setup times and better balancing the operations. The implementation of these actions have resulted in an increase of the percentage of robot welding time from 27,5% to 42,4%.

Keywords: productivity; total flow management; line design; planning; continuous improvement; *kaizen*

Agradecimentos

À Professora Ana Camanho da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e ao Engenheiro Luís Quelhas, por toda a disponibilidade demonstrada no decurso no período desta dissertação. Agradeço todo o apoio e a orientação prestada na execução desta dissertação.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio constante em todas as minhas decisões de vida, aconselhando-me e suportando-me nos momentos de necessidade.

Aos meus colegas e professores, por estes fantásticos cinco anos de trabalho de ensinamento e enriquecimento pessoal.

Aos colegas do *Kaizen Institute* com quem tive o prazer de trabalhar, principalmente à Isabel Rodrigues, ao Tiago Santos, ao Ricardo Rodrigues e à Mariana Branco pelo constante apoio e ensinamentos que me permitiram crescer como profissional e pessoa.

Aos responsáveis da empresa sobre o qual se insere o projeto desta dissertação e às pessoas com quem trabalhei mais diretamente, pela disponibilidade e força de vontade demonstradas para atingir o sucesso do projeto.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegria e felicidade que sempre me proporcionam.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1.	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2.	Apresentação do <i>Kaizen Institute</i>	2
1.3.	O Projeto de Melhoria Contínua	2
1.4.	Objetivos do projeto	4
1.5.	Metodologia seguida no projeto de dissertação	4
1.6.	Contribuições	5
1.7.	Estrutura da dissertação	6
2	Enquadramento Teórico	7
2.1.	Flexibilização da Produção	7
2.2.	Automatização da Produção	8
2.2.1	Produtividade Homem-Máquina	9
2.3.	Metodologia Kaizen	11
2.4.	Total Flow Management	12
2.4.1	Layout e Desenho de Linha	14
2.4.2	Bordo de Linha	14
2.4.3	Standard Work	14
2.4.4	Dimensionamento de Supermercados e Sincronização	15
2.4.5	Mizusumashi	17
2.5.	Conclusões	17
3	Melhoria da Produtividade no Setor das Cubas	19
3.1.	Situação Inicial das Cisternas	19
3.1.1	Fluxo Produtivo Global	20
3.1.2	Fluxo Produtivo das Cisternas	21
3.1.3	Organização do Setor das Cubas	23
3.1.4	Balanceamento de Operações	25
3.1.5	Monitorização da Produtividade das Cubas	26
3.2.	Desenho de Soluções no Setor das Cubas	27
3.2.1	Balanceamento de Operações	27
3.2.2	Layout do Setor das Cubas	30
3.2.3	Circuito Logístico de Abastecimento	31
3.2.4	Dimensionamento de Supermercado Zona dos Copados	34
3.2.5	Kaizen Diário no Setor das Cubas	36
3.2.6	Resultados Obtidos	36
4	Melhoria da Produtividade dos Robots de Soldadura	37
4.1.	Situação Inicial dos Robots de Soldadura	37
4.1.1	Distribuição de Carga dos Robots: Situação Inicial	38
4.1.2	Planeamento dos Robots: Situação Inicial	39
4.1.3	Monitorização do Desempenho dos Robots	40
4.2.	Melhoria de Desempenho dos Robots de Soldadura	40
4.2.1	Distribuição de Carga dos Robots de Soldadura	40
4.2.2	Planeamento dos Robots de Soldadura	41
4.2.3	Ferramenta de Planeamento dos Robots	44
4.2.4	Alteração Layout Robot 5	46
4.2.5	Resultados Obtidos	48
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	51
	Referências	53
	ANEXO A: Solução de Balanceamento de Operações no Setor das Cubas	55

ANEXO B: Ficha Normalizada de Trabalho das Cubas	56
ANEXO C: Cenário de <i>Layout</i> em Linha.....	57
ANEXO D: Resumo da Observação do Setor das Cubas	58
ANEXO E: Referências e Quantidades <i>Kanban</i>	59
ANEXO F: Dimensionamento do Supermercado da Zona dos Copados	60
ANEXO G: Exemplo de Melhorias Implementadas no Setor das Cubas	62
ANEXO H: Código VBA da Ferramenta de Planeamento dos Robots	63

Siglas

AIMMAP - Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal

FIFO – First In First Out

FTE – Full Time Equivalent

JJ – *Junjo*

KB – *Kanban*

MFG – Manufacturing (Produção)

OF – Ordem de Fabrico

Q.C.D. – Quality, Cost, Delivery (Qualidade, Custo e Entrega)

TFM – Total Flow Management

Índice de Figuras

Figura 1- Distribuição Geográfica das Vendas da Empresa	3
Figura 2 - Proporção de Vendas por Produto em 2017.....	3
Figura 3 – Cronograma das atividades realizadas no projeto	5
Figura 4 – Arquitetura de Família de Produtos in Tseng & Jiao (1996).....	7
Figura 5 – Evolução Cronológica da Variedade e Volume de Produção por Modelo in Hu, et al. (2011).....	8
Figura 6 – Evolução da Produtividade Laboral e da Expedição de Robot Industriais in Association for Advancing Automation (2015).....	10
Figura 7 – <i>Kaizen Business System</i> in Kaizen (2018).....	11
Figura 8 – Modelo <i>Total Flow Management</i> in Kaizen (2018).....	13
Figura 9 – Diagrama Spaghetti	15
Figura 10 – Ciclo <i>Kanban</i> in Kaizen (2018).....	16
Figura 11 – Modelo de uma Cisterna.....	19
Figura 12 – Fluxo Produtivo de um Produto	20
Figura 13 - Fluxo Produtivo de uma Cisterna.....	21
Figura 14 – Estado Inicial do Setor das Cubas	23
Figura 15 – <i>Layout</i> Inicial do Setor das Cubas.....	24
Figura 16 – Gráfico <i>Yamazumi</i> de Balanceamento de Operações Inicial do Setor das Cubas	25
Figura 17 - Solução de Balanceamento com 2 Operadores	28
Figura 18 - Solução de Balanceamento de Operações do Setor das Cubas	29
Figura 19 – <i>Layout</i> Final do Setor das Cubas.....	30
Figura 20 – Classificação das Referências segundo a Dimensão Máxima e o Consumo Previsto em 2018.....	32
Figura 21 – Circuito Logístico <i>Junjo</i> do Setor das Cubas	33
Figura 22 – Exemplo de um Sequenciador in Kaizen (2018).....	34
Figura 23 – Evolução Semanal do Indicador de Rendimento no Setor das Cubas.....	36
Figura 24 – Ocupação Inicial dos Robots de Soldadura	37
Figura 25 – Robot de Soldadura da Empresa.....	38
Figura 26 – Fluxo de Planeamento Inicial dos Robots de Soldadura	39
Figura 27 – Matriz de Impacto/Facilidade para Alocação de Novas Peças para Robot	41
Figura 28 – Caixa Logística de um armazém da empresa	42
Figura 29 – Quadro de Kaizen Diário dos Robot 3,4 e 5.....	43
Figura 30 – Novo Fluxo de Planeamento dos Robots de Soldadura.....	44
Figura 31 – Página Inicial da Ferramenta de Planeamento dos Robots de Soldadura.....	44
Figura 32 – Lista de “Pendentes”.....	45
Figura 33 – Lista de “Novas Ordens”	45

Figura 34 – Lista de “Sequenciamento”	45
Figura 35 – <i>Dashboard</i> da Ferramenta de Planeamento dos Robots.....	46
Figura 36 – Novo <i>layout</i> do Robot 5	47
Figura 37 – Estante de Gabaris e Mesa de Abastecimento do Robot 5	47
Figura 38 – Ficha de Balanceamento do Robot 5	48
Figura 39 – Evolução Semanal da Percentagem de Arco Aberto dos Robots de Soldadura....	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Distribuição do Volume Previsto das Cubas por Categoria.....	22
Tabela 2 – Divisão das Referências das Cubas por Categoria e Volume Previsto de Produção	26
Tabela 3 – Matriz Família-Processo das Cubas.....	26
Tabela 4 – Análise de Sensibilidade do Balanceamento de Operadores	28
Tabela 5 – Classificação ABC no Dimensionamento de Supermercados	35
Tabela 6 – Ganhos nos Robots de Soldadura.....	49
Tabela 7 – Ganhos no Setor das Cubas.....	51
Tabela 8 – Impacto dos Robots no Setor das Cubas.....	52

1 Introdução

1.1. Enquadramento do projeto e motivação

Esta dissertação realizada no 5º ano do curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial foi desenvolvida em ambiente empresarial, no âmbito de um protocolo entre a FEUP e o *Kaizen Institute*. O *Kaizen Institute* é uma empresa multinacional de consultoria que providencia serviços de melhoria contínua e formação ao tecido empresarial e instituições públicas.

O projeto que enquadrou o trabalho de dissertação foi realizado numa empresa cujo principal foco é a produção de máquinas agrícolas. Entre 2015 e 2017 a faturação da empresa aumentou 14%, prevendo-se que o crescimento em 2018 esteja em linha com os anos anteriores. Surgiu assim a necessidade de desenvolver um sistema de produção flexível e capaz de responder a uma crescente procura de mercado pelos produtos da empresa. Com este objetivo em mente, a empresa contactou o *Kaizen Institute* para a realização de um projeto de prestação de serviços focado na melhoria do fluxo operacional e conseqüente redução dos níveis de *stock*, aumento de produtividade e melhoria do nível de serviço.

O projeto de prestação de serviços do *Kaizen Institute* a esta empresa iniciou-se em Setembro de 2016 com uma fase de diagnóstico e planeamento. Durante esta fase, caracterizou-se a situação atual da empresa através do mapeamento exaustivo do fluxo de material e de informação. Foram identificados os principais desperdícios operacionais na organização e foram definidos os principais eixos estratégicos de melhoria. Dessa fase resultou um plano de melhoria e a definição de objetivos operacionais. Após esta etapa iniciou-se o ciclo de implementação, materializando a visão definida na fase de planeamento. O cronograma foi orientado priorizando as famílias de produto mais rentáveis. Seguindo esta linha de raciocínio, começou-se por otimizar o fluxo operacional de duas famílias de produtos distintas, que no ano passado totalizaram 33% do valor total de vendas da empresa. O trabalho realizado no âmbito desta dissertação corresponde à otimização do fluxo produtivo da família das cisternas, mais particularmente do setor das cubas, o corpo da cisterna. Esta família, que representou 14% da faturação da empresa em 2017 e que se estima que venha a representar 26% da faturação em 2018, é preponderante no volume de negócio da empresa. No entanto, é um produto de produção complexa e elevados prazos de entrega, resultando num baixo nível de serviço ao cliente. O principal motivo reside no carácter customizado de cada artigo que requer elevada flexibilização da produção, o que implica maior complexidade, quer na logística, quer no planeamento.

Em virtude da customização crescente e da carência de mão-de-obra especializada no mercado de trabalho, a empresa apresenta dificuldades em responder ao aumento de procura em tempo útil. Nesse sentido cresce a importância de a empresa otimizar e potenciar investimentos e ativos até agora pouco explorados, destacando-se os robots de soldadura. Estes são a solução mais eficiente para responder à maior procura, aumentar o volume de produção e libertar a mão-de-obra atual para tarefas de maior customização e especialização.

Esta dissertação foca-se, portanto, no desenho, posterior implementação e avaliação preliminar do impacto de ações de melhoria nestes dois tópicos, respetivamente a otimização de fluxo do setor das cubas e melhoria da utilização dos robots de soldadura presentes nas instalações da empresa.

1.2. Apresentação do *Kaizen Institute*

Após a Segunda Guerra Mundial a Toyota, conhecido produtor do setor automóvel, encontrou-se numa situação económica delicada. A retração do mercado japonês levou a empresa a um ponto em que teve de prescindir das economias de escala na produção que caracterizavam os concorrentes americanos, caso da General Motors e da Ford. A solução foi a flexibilização da produção, produzindo diversos veículos distintos na mesma linha de produção. Isto permitiu aos responsáveis da Toyota descobrir que a flexibilização das linhas de produção e a consequente redução do *lead time*, o tempo entre o início da produção de um produto e a entrega ao cliente final, permitia obter uma melhor qualidade, satisfação de cliente e utilização do equipamento e do espaço disponível (Liker 2004). Nasceram assim os alicerces do *Toyota Production System*, sistema que iria revolucionar o *status quo* da indústria mundial.

Após ter trabalhado no *Japan Productivity Center*, Masaaki Imai, fundador do *Kaizen Institute*, trabalhou diretamente com Shoichiro Toyoda e com Taiichi Ohno, os pais do *Toyota Production System*. Em 1985 fundou o instituto em Zug, na Suíça, cujo principal foco era auxiliar as organizações a melhorar o seu desempenho através da implementação de uma cultura de melhoria contínua (Kaizen 2018). Atualmente, o *Kaizen* tem clientes em mais de 35 países, tendo escritórios em mais de 30 países. Realiza projetos em 14 setores distintos da economia, desde a produção discreta até ao setor público.

1.3. O Projeto de Melhoria Contínua

A empresa analisada nesta tese foi fundada no século XX, quando uma pequena oficina começou a produzir ferramentas de apoio ao setor agrícola. A organização foi crescendo, tornando-se líder do mercado ibérico na produção de maquinaria para a agricultura. Mais recentemente, a maioria do capital da empresa foi adquirido por um grupo de renome no setor metalúrgico que, devido à sua vasta experiência, alavancou a empresa para novos horizontes através da implementação de uma cultura de estratégia e controlo financeiro responsável, sendo hoje detida na sua totalidade pelo grupo. No passado recente, a empresa efetuou uma ampliação das suas instalações fabris, alterando o *layout* de forma a poder responder à produção exigida pelo mercado.

Esta empresa é um dos maiores fabricantes ibéricos de material para o setor agrícola, estando atualmente presente em diversos continentes, nomeadamente na Europa, África e Oceânia. A empresa exporta atualmente 60% da sua produção, maioritariamente para Espanha, mas também para outros países europeus como França, Bélgica, Roménia e Bulgária. Tem uma forte presença no continente africano, nomeadamente no mercado dos PALOP (Angola e Moçambique), mas também em outros países como Argélia e Marrocos.

Mais recentemente, têm sido desenvolvidas ações comerciais para expandir o raio de atuação da empresa para outros mercados, caso dos países africanos de língua inglesa e francesa, tendo já presença assídua em mercados na Oceânia, como é o caso do mercado neozelandês. Devido ao esforço comercial que tem sido feito recentemente para o fortalecimento dos mercados já existentes e da presença em novos mercados até então pouco explorados pela empresa, as vendas da empresa têm vindo a aumentar consideravelmente.

A Figura 1 demonstra a distribuição geográfica das receitas provenientes das vendas da empresa relativas aos anos de 2016 e 2017. Portugal, Espanha e França mostram-se como os mercados historicamente mais importantes para a Empresa, representando mais de 75% do seu volume de vendas total.

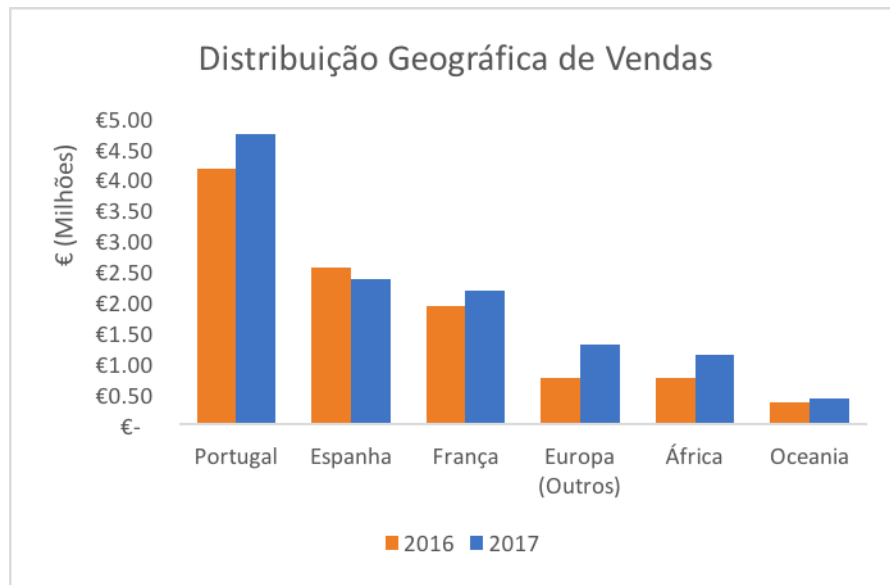


Figura 1- Distribuição Geográfica das Vendas da Empresa

A empresa produz máquinas agrícolas, também apelidadas de alfaias, que suportam atividades nesse setor, sendo maioritariamente produzidas nas instalações da empresa.

Os reboques agrícolas são historicamente o produto que mais receita geram para a empresa. Já as grades de disco, um produto com presença historicamente forte que tem vindo a reduzir as suas vendas, gerando menor receita do que os monocoques e as cisternas, produto que será alvo de análise no âmbito desta dissertação e que tem sofrido um grande aumento de vendas ano após ano. A Figura 2 demonstra a proporção de vendas por produto no ano de 2017, onde são apresentados os produtos mais representativos.

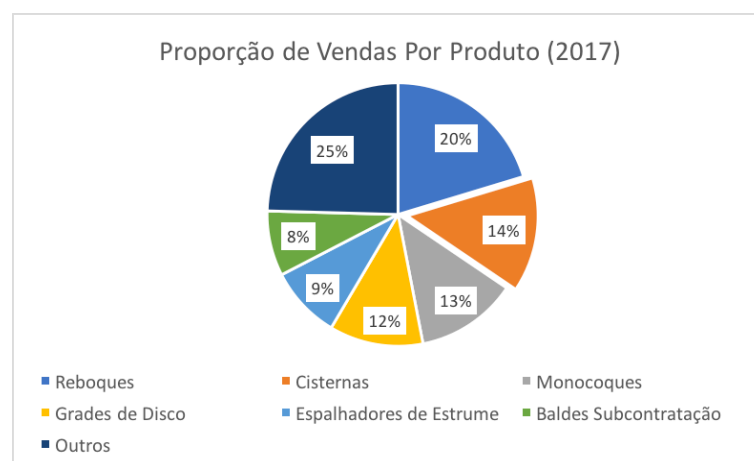


Figura 2 - Proporção de Vendas por Produto em 2017

O evidente crescimento de faturação representou um acréscimo de exigência para as áreas produtivas. O aumento da carga produtiva, em conjunto com o aumento da diversificação de referências potenciou um acréscimo de complexidade na cadeia de valor obrigando a

organização a encontrar soluções de curto prazo tais como a criação de capacidade adicional através do reforço dos recursos humanos ou do aumento dos níveis de *stock* para responder ao mercado. Contudo, destas soluções também resultaram efeitos nefastos tais como o aumento dos custos de inventário, de logística interna, de não qualidade e dos encargos com pessoal.

Surgiu assim a necessidade de contactar o *Kaizen Institute* de forma a reorganizar todo o processo produtivo, atuando sobre as ineficiências, otimizando os fluxos internos, aumentando a produtividade das equipas de produção e otimizando o planeamento fabril de modo a reduzir os níveis de *stock*.

1.4. Objetivos do projeto

Nos primeiros três meses do projeto de intervenção do *Kaizen Institute*, foi medido o rendimento médio do setor de produção das cubas de forma a calcular o ponto de partida do rendimento do setor, tendo-se obtido o valor de 20%. Este rendimento foi medido comparando o tempo teórico estimado para a produção concluída com o tempo de abertura, ou seja, o tempo total que os operadores estiveram a trabalhar.

Com a realização de ações de melhoria, balanceamento de operações e com o *line design* do setor das cubas, prevê-se uma melhoria deste valor. Neste *line design* inclui-se a conceção de soluções para o novo *layout* do setor, assim como o circuito logístico de abastecimento do setor e dimensionamento de supermercado de setor.

Em relação aos robots de soldadura, o objetivo será maximizar a percentagem de arco aberto destes, ou seja, a percentagem de tempo que os robots estão efetivamente a soldar comparativamente ao tempo total de abertura, que corresponde ao tempo que os operadores dos robots estão no ativo. O valor inicial medido nas primeiras 4 semanas de *workshop* foi de 27,5%.

De forma a medir as melhorias obtidas, foi definido um objetivo de 40% para o indicador operacional relativo à percentagem de arco aberto. O outro objetivo para os robots corresponde à flexibilização da produção, através da substituição da produção manual de referências pela produção no robot, o que aumentará a produtividade e a flexibilidade do processo produtivo.

1.5. Metodologia seguida no projeto de dissertação

O trabalho desenvolvido nesta dissertação vem na sequência do trabalho previamente desenvolvido pelo *Kaizen Institute* onde foi realizada uma recolha de dados da empresa, analisados os processos críticos da empresa e caracterizada a situação inicial. O estado futuro foi desenhado através da realização de diversos *workshops*, onde se definiram ações específicas de melhoria a realizar.

Nesta dissertação, o foco das atividades realizadas será na fase de conceção e implementação de soluções para as oportunidades de melhoria identificadas no setor das cubas e nos robots de soldadura, dois dos *workshops* referidos. No caso das cubas irá ser desenhada, numa fase inicial, a nova linha, através da definição do *layout* do setor, balanceamento e *standard* logístico de abastecimento. Paralelamente serão implementadas ações de melhoria da linha, tal como a implementação das reuniões de Kaizen Diário. No caso dos robots, irá ser realizado um planeamento prévio das referências a serem introduzidas no robot, seguido de uma alteração no fluxo de planeamento destes. Irão também ser criadas reuniões de forma a monitorizar o decorrer do projeto onde, para além da monitorização dos indicadores, se irá

proceder à validação das novas referências a serem produzidas em robot por parte de uma equipa multidisciplinar. Acresce a estas ações a introdução do Kaizen Diário como forma de auxiliar no planeamento dos robots, permitindo também a identificação de novas referências a serem produzidas em robot e de oportunidades de melhoria.

Nas duas iniciativas objeto de análise nesta dissertação, uma vez definidas e implementadas as ações, irá iniciar-se a última fase de seguimento e verificação do impacto e sustentabilidade das ações. Podem nesta fase ser identificadas novas oportunidades que se traduzirão em posteriores ações de melhoria complementares às realizadas na fase de implementação. O cronograma das iniciativas a ser realizadas poderá ser consultado na Figura 3.

Iniciativa	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Layout & Line Design 3 - CISTERNAS					
Dimensionamento Linha, Balanceamento e definição <i>Kanban/Junjo</i>					
Dimensionamento Acabamento, Balanceamento e definição <i>Kanban/Junjo</i>					
Kaizen Diário Cubas					
Mockup - prova e melhoria de conceito					
Preparação Nova Linha (Compra, Fabrico, Kanbans)					
Dimensionamento e Desenho Célula Kitting (picking + zona reabastecimento)					
Dimensionamento e Definição Standards Circuito Logístico Linha + Supermercado					
Definição Fluxo de Informação, Construção Standards de trabalho					
Mudanças Físicas (Linha + Supermercado + Célula de <i>Kitting</i>) + Treino Operadores					
Seguimento e Melhoria Linha					
Flexibilidade SOLDADURA ROBOT					
Alteração das referências em sistema					
Validação Multidisciplinar de Novas Referências para Robot					
Kaizen Diário Robots					
Alteração Fluxo de Planeamento					
Alteração <i>Layout</i> Robot 5					
Seguimento e Melhoria					

Figura 3 – Cronograma das atividades realizadas no projeto

O *output* final do projeto será, no caso do setor das cubas, um *layout* otimizado de forma a maximizar a produtividade das operações a realizar no setor, permitindo a resposta ágil às necessidades dos clientes da empresa com uma equipa de recursos humanos dimensionada e balanceada para a procura.

Quanto aos robots de soldadura, o resultado final será um conjunto de robots capazes de responder às necessidades de produção, contribuindo com um maior *output*, através do planeamento e distribuição das referências a serem soldadas em robot, respeitando as restrições inerentes ao processo.

1.6. Contribuições

Seguindo a metodologia descrita anteriormente, foi possível aumentar o rendimento do setor do valor inicial de 20% para o valor de 49% nas últimas 4 semanas de medição. A realização de ações de melhoria no setor e balanceamento de operações realizado no decurso desta dissertação foram as principais razões desta subida. Por este motivo, definiu-se como objetivo de rendimento do setor após a implementação do novo *line design* desenhado no decurso da dissertação o valor de 62% até Outubro de 2018, o que representa uma melhoria de 25% do rendimento face ao rendimento atual de 49%.

Quanto aos robots de soldadura, foi possível aumentar o valor inicial da percentagem de arco aberto de 27,5% obtido nas primeiras 4 semanas de medição para o valor de 42,4% nas últimas 4 semanas.

1.7. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No Capítulo 2 é feito o enquadramento teórico dos assuntos estreitamente relacionados com o projeto, estando dividido num subcapítulo sobre a flexibilização na produção, seguido de outro onde é exposto o papel da automatização na produção. Segue-se um breve enquadramento da metodologia Kaizen, e do modelo *Total Flow Management*. No Capítulo 3, apresenta-se o estado inicial do setor das cubas e as soluções desenvolvidas para o aumento da sua produtividade. Segue-se o Capítulo 4, onde se apresenta a situação inicial dos robots de soldadura e as soluções desenvolvidas para aumentar a sua utilização. Por último, no Capítulo 5 é realizada uma síntese do projeto, com as respetivas conclusões e perspetivas de trabalho futuro.

2 Enquadramento Teórico

2.1. Flexibilização da Produção

A indústria da produção tem vindo a sofrer várias alterações ao longo do tempo. No século XIX, o *status quo* da produção era a produção artesanal, onde a produção se adaptava às necessidades do cliente, mas com um custo elevado. Esta abordagem, ainda que altamente direcionada ao cliente, era geograficamente restrita e como tal, não escalável (Hu, Ko, et al. 2011).

A criação das linhas de montagem móveis permitiu o aparecimento da produção em massa, caracterizada por produtos de baixo custo e produção em grande escala. No entanto, a variedade de produtos oferecidos era reduzida. Henry Ford, magnata da indústria automóvel e grande precursor da produção em massa afirmava que “Cada cliente pode ter um carro pintado da cor que queira, desde que este seja preto”, citação que evidencia a falta de possibilidades de escolha de produto que existia na época (Ford 1926).

No entanto, no fim dos anos 80, o aumento da competitividade global e as exigências dos clientes por uma maior variedade de produtos levaram à emergência da customização em massa, caracterizada pelo desenho da arquitetura básica de um produto e possíveis variações do desenho base, onde os clientes têm a possibilidade de escolher a combinação desejada (Pine II 1993). Desde então, o número de produtos disponíveis tem vindo a aumentar substancialmente, caso do número de modelos de veículos automóveis nos Estados Unidos, que aumentou de 44 em 1969 para 165 em 2006 (Wards 2006).

Existem vários conceitos-chave inerentes à customização em massa, sendo um deles a arquitetura da família de produtos (*Product Family Architecture*). Consiste numa estratégia de produção onde são criados módulos funcionais que poderão ter variações que permitam a disponibilização de uma maior variedade de produtos para o cliente final (Tseng e Jiao 1996). Na Figura 4 pode observar-se uma esquematização da arquitetura de uma família de produtos característica da customização em massa.

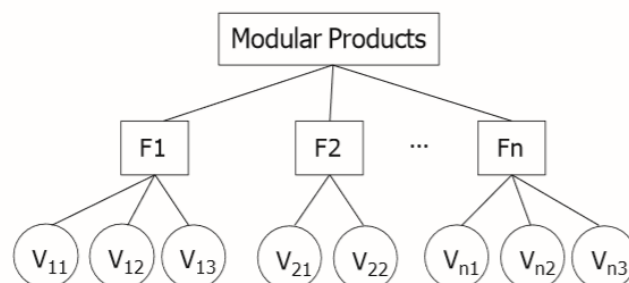


Figura 4 – Arquitetura de Família de Produtos in Tseng & Jiao (1996)

De forma a gerir a variedade de produtos inerente à customização em massa, é aplicado o conceito de *Delayed Product Differentiation*, onde se atrasa o ponto onde se dá aos produtos as suas características únicas. Significa isto que se mantém o produto modular até ao ponto

mais a jusante na cadeia de abastecimento possível, ou seja, as diferentes variações de um produto mantêm um processo comum até a este ponto. Assim que o ponto é atingido, são aplicadas as características que tornam o produto final único. Este atraso no ponto de diferenciação permite reduzir custos e melhorar a capacidade de resposta da produção (Lee e Tang 1997).

A customização em massa permite ao cliente uma maior variedade de produtos para escolher. No entanto, essa variedade aumenta a complexidade dos sistemas de produção, que têm maior dificuldade em responder ao mercado (Hu, Zhu, et al. 2008). Este é um tema muito presente na produção das cisternas, como poderá ser visto no Capítulo 3.

No entanto, o cliente não deixa de estar limitado à escolha das combinações disponibilizadas pelo produtor, podendo não obter o produto que vá de encontro aos seus desejos. Neste sentido, muitas empresas têm vindo a alterar a sua abordagem para uma mentalidade focada inteiramente no cliente. Esta nova abordagem é apelidada de personalização e prevê-se que venha a substituir a customização em massa (Martin 2010). Nesta abordagem, pretende-se envolver o cliente na co-criação e co-design dos produtos, permitindo clarificar, segmentar e ir de encontro às necessidades do cliente antes da prototipagem dos produtos (Lafley e Charan 2008).

A Figura 5 demonstra a evolução cronológica da variedade e volume de produção por modelo.

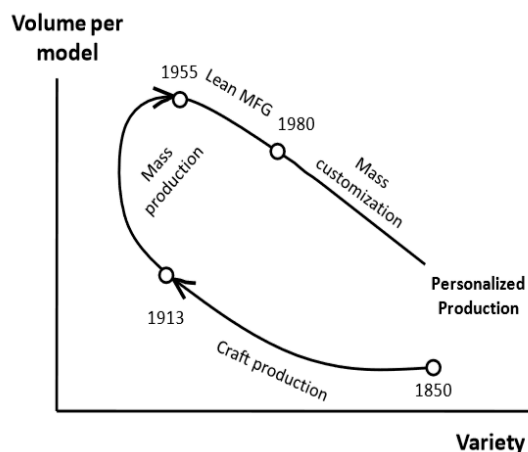


Figura 5 – Evolução Cronológica da Variedade e Volume de Produção por Modelo in Hu, et al. (2011)

Como se pode observar, a tendência atual privilegia o aumento da variedade de produtos em prol do volume de cada modelo, numa tendência de adequação da oferta ao cliente.

2.2. Automatização da Produção

Após a introdução dos robots no universo industrial, em 1961, houve uma natural resistência institucional a estes, somada de dificuldades técnicas que impediram a sua rápida introdução na realidade fabril. Após tentativas falhadas de introdução da tecnologia nos anos 60, a atenção mudou-se para estas máquinas nos anos 70 com a criação de comunidades académicas que se dedicavam ao seu estudo, como a JIRA (*Japanese Industrial Robot Association*) e a *Robot Institute of America*. Existiram várias tentativas de utilização dos robots na produção durante esta década, sendo que a grande maioria não foi bem-sucedida (Engelberger 1980).

Com a crescente liberalização dos mercados, os países desenvolvidos têm vindo a sofrer com o fenómeno de *outsourcing*, que tem centralizado a produção em países em vias de desenvolvimento com menores custos operacionais, caso da Índia e da China (Gonzales, et al. 2004). Para competir com estes países, os países desenvolvidos necessitam de se tornar mais competitivos, sobre o risco de perderem quota de mercado.

Neste sentido, a integração dos robots na produção poderá ser um fator preponderante para a competitividade. Com a evolução de indústrias como a microeletrónica, eletromecânica e tecnologia de informação, aliados à redução do preço dos robots e ao aumento salarial dos países desenvolvidos, a utilização dos autómatos tornou-se tecnicamente e economicamente viável. Isto permitiu a universalização destas máquinas, sendo utilizadas para a produção de uma grande variedade de peças, com variações no peso, tamanho, forma, sistema de coordenadas e de modo de acionamento (Engelberger 1980).

Seguindo esta lógica, o Reino Unido tem seguido uma lógica de constante investimento em soluções inovadoras para a indústria, que levou a um aumento da produtividade da indústria quatro vezes superior ao crescimento da economia do país. Para continuar este percurso positivo, o governo prevê investir na aplicação de tecnologias digitais como a robótica e a inteligência artificial onde os avanços realizados já permitiram aumentar consideravelmente a produtividade da indústria, mas onde ainda existem muitas oportunidades (HM Government 2017).

A estratégia industrial delineada pelo governo britânico prevê um aumento no investimento em Investigação e Desenvolvimento para 2,4% do PIB até 2027 e um investimento de 725 milhões de libras no *Industrial Strategy Challenge Fund*, um desafio que junta os melhores investigadores e investidores do país para desenvolverem tecnologias que pretendem transformar a indústria através de novas ideias inovadoras para áreas como robótica e a inteligência artificial. Neste desafio está previsto o investimento de 93 milhões de libras para a utilização da robótica em ambientes hostis (HM Government 2017). Este tipo de estratégia tem sido seguido por outros países, quer através de investimento público, quer privado, prevendo-se uma taxa de crescimento médio do investimento de 12% entre os anos de 2016 e 2019 (International Federation of Robotics 2017).

Segundo a consultora McKinsey, a automação terá as competências técnicas para desempenhar a esmagadora maioria das atividades de trabalho em 2060. No entanto, a adoção generalizada não deverá ocorrer antes de 2075, podendo mesmo não ocorrer no século XXI (McKinsey & Company 2017).

2.2.1 Produtividade Homem-Máquina

A utilização generalizada dos robots na indústria tem sido preponderante para a competitividade da mesma. Segundo o estudo do *Center for Economic Performance*, está cientificamente provado que a densificação da utilização de robots aumenta tanto a produtividade laboral como o valor acrescentado, tendo implicações diretas no PIB dos países. Neste estudo realizado com dados de 17 países entre 1993 e 2007, concluiu-se que a contribuição do aumento da utilização dos robots é responsável por mais de 10% do aumento do PIB (Graetz e Michaels 2015).

De facto, o aumento de eficiência que os robots trazem à produção está intimamente correlacionado com o aumento da produtividade laboral, como demonstra o estudo do *Bureau of Labor Statistics* (Association for Advancing Automation 2015). Este é um fator preponderante para o aumento dos lucros e do emprego no mercado norte-americano. A

Figura 6 demonstra a evolução do *output* produzido por hora de trabalho (linha a vermelho) e o número de expedições de robots industriais nos Estados Unidos, entre 1987 e 2014 (barras a azul).

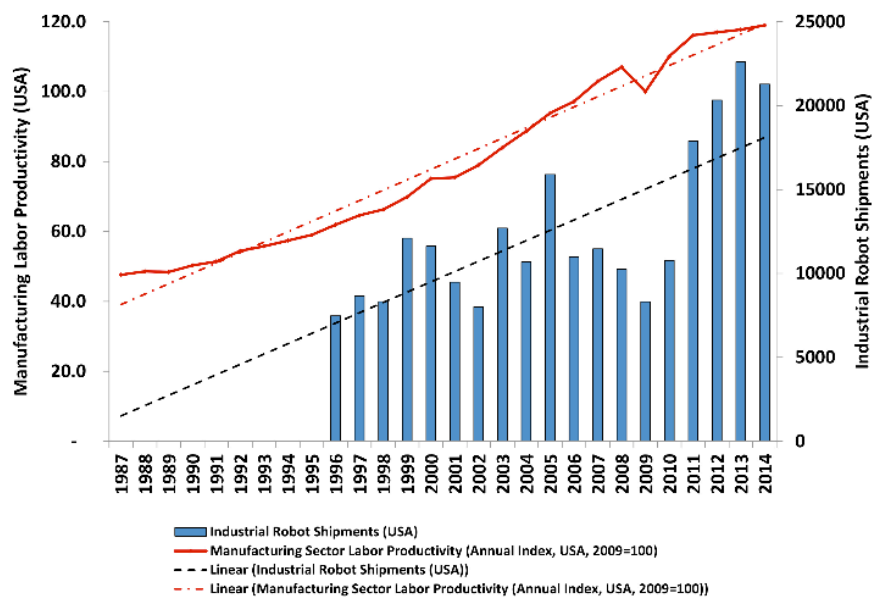


Figura 6 – Evolução da Produtividade Laboral e da Expedição de Robot Industriais in Association for Advancing Automation (2015)

A correlação é evidente, já que uma subida no número de expedições de robots industriais materializa-se num aumento da produtividade laboral.

No caso dos robots de soldadura, um dos principais fatores que justifica o aumento de produtividade é a diferença entre a proporção do tempo de soldadura manual e em robot. Estima-se que um operador manual passe entre 20% a 30% do tempo de trabalho a soldar, sendo 20% o valor mais aceite. Já um robot de soldadura poderá ter níveis de eficiência de 90% ou superiores (Raye 2015).

Embora não possuam algumas das capacidades sensoriais humanas, os robots poderão superar o ser humano em diversas situações com outras características, não antropomórficas. Por exemplo, quando na presença de ambientes industriais hostis, os robots têm um melhor desempenho do que os humanos. Sendo uma máquina dedicada e não tão suscetível à fadiga, o seu cumprimento de rotinas leva a menores desvios na produção de tarefas repetitivas, o que se materializa em produtos com melhor qualidade e menos defeitos.

O aumento de capacidade que os robots propiciam é particularmente bem-vindo no setor metalúrgico português, com um volume de negócios na ordem dos 28 mil milhões de euros em 2016, o equivalente a 14% do PIB nacional, segundo dados da Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins de Portugal (AIMMAP) e do Banco de Portugal (Felismino 2017). É um setor responsável por 31% das exportações da indústria transformadora nacional que está perante uma falta de mão-de-obra qualificada, fruto da falta de formação da indústria. Segundo Aníbal Campos, presidente da AIMMAP, a falta de incentivos à formação aliada à falta de formandos e à redução da taxa de desemprego apenas irá agudizar este problema (Felismino 2017). A melhor utilização dos robots de soldadura permitirá aumentar a capacidade produtiva, como poderá ser visto no decorrer desta dissertação.

2.3. Metodologia Kaizen

A metodologia *Kaizen* é inspirada no *Toyota Production System*, um sistema desenvolvido pela Toyota baseado na melhoria contínua, flexibilidade, redução de inventário e minimização de desperdícios e de defeitos. O sistema, originalmente apelidado de *Just In Time* (JIT), defende a realização contínua de atividades numa organização de forma a eliminar as atividades que não acrescentam valor ao cliente, reduzindo custos e permitindo a entrega de produtos a tempo, o que se traduz num aumento dos lucros da organização (Imai 2012).

O sistema de gestão do *Kaizen Institute* denomina-se *Kaizen Business System* e o seu objetivo principal é a criação de valor para o cliente, acionistas e colaboradores no longo prazo. É composto por três modelos, o *Kaizen Change Model*, o *Growth Model* e o Q.C.D. Model, que se focam no aumento das vendas e redução de custos através da implementação de uma cultura de melhoria contínua nas organizações onde o *Kaizen* atua. A Figura 7 é possível observar a estrutura do *Kaizen Business System*.

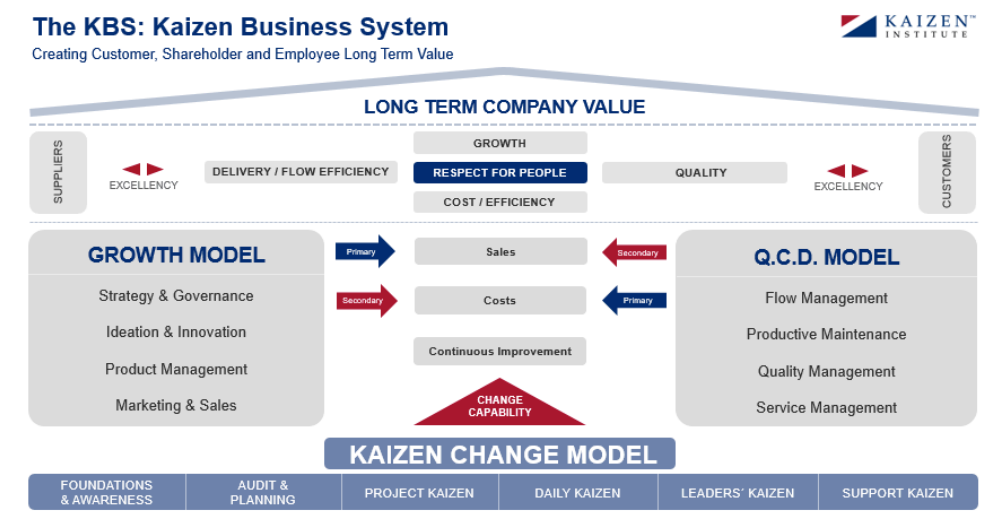


Figura 7 – *Kaizen Business System* in Kaizen (2018)

O *Kaizen Change Model* é um modelo que permite a criação de uma vantagem competitiva para as organizações através da criação de um sistema de gestão que tem como base a melhoria contínua, as pessoas e a excelência, levando a uma mudança cultural que permita ultrapassar a resistência à mudança que se verificam quando se ameaça a alteração dos paradigmas da organização em questão. O modelo baseia-se em cinco princípios fundamentais, descritos de seguida.

O primeiro princípio é a criação de valor para o cliente, onde se direcionam as atividades realizadas para operações que o cliente esteja disposto a pagar, as chamadas atividades de valor acrescentado.

Segue-se a eficiência de fluxo, definida pela eliminação dos sete tipos de *muda* (“desperdício” em japonês) definidos por Ohno. Estes desperdícios são a espera de pessoas, a espera de material e informação, o movimento de pessoas, o movimento de material e informação, a produção em excesso, o sobreprocessamento e os erros e defeitos.

O terceiro princípio é a eficácia no *gemba*, o local onde se acrescenta valor a um determinado produto. Pretende-se maximizar a transferência de valor entre os recursos disponíveis e as unidades de fluxo.

A envolvimento dos colaboradores é também fundamental na metodologia, pretendendo-se potenciar a motivação destes através da melhoria de processos e do ambiente de trabalho.

Por último, a metodologia prima a Gestão Visual, cujo objetivo é a rápida identificação das operações de valor acrescentado e a melhoria da colaboração e validação dos processos.

Quanto ao *Growth Model*, tem como principais pilares a realização do planeamento estratégico da empresa de forma a maximizar o valor acrescentado, juntamente com a inovação e a geração de ideias (*Ideation*), a gestão de produto e o *marketing* e vendas. Este modelo tem como objetivo principal o aumento das vendas da empresa e potenciar o seu crescimento sustentável.

Já o modelo Q.C.D. pretende a melhoria da qualidade, eficiência e entrega de uma organização e tem como pilares quatro diferentes modelos, o *Total Productive Maintenance*, o *Total Quality Management* e o *Total Service Management* e o o *Total Flow Management*.

O *Total Productive Maintenance* é um modelo que pretende a redução de acidentes e de falhas de equipamentos através de conceitos como a manutenção autónoma e planeada, a conservação da energia e a segurança. O *Total Quality Management* foca-se na redução de defeitos através da standardização, resolução de problemas e aplicação de ferramentas de qualidade e *six sigma*. O *Total Service Management* é um modelo de fluxo operacional aplicado aos serviços, onde se pretende a maximização do serviço ao cliente através do desenho e melhoria do fluxo do serviço que a organização em questão presta.

O *Total Flow Management* é baseado na otimização do fluxo de materiais e será âmbito desta dissertação. Como tal, irá ser analisado com maior detalhe.

2.4. Total Flow Management

O *Total Flow Management* (TFM) é parte integrante do *Kaizen Business System*, sendo um dos pilares do modelo Q.C.D. Baseia-se no pressuposto de que o desperdício (*muda*) deve ser expulso da produção, o cerne da cadeia de valor, para áreas de suporte mais periféricas, caso da logística interna e externa, até todo o desperdício ser expulso da cadeia, maximizando assim o valor acrescentado do processo em questão. Seguindo o princípio do fluxo de peças unitário (*One Piece Flow*) e do *Pull Planning*, o planeamento da produção com base nas encomendas dos clientes, a cadeia deverá funcionar de forma fluida e flexível, encurtando o *lead time* de produção.

A gestão da cadeia de valor tradicional é caracterizada por elevadas quantidades de *stock* e *lead times* elevados, fruto dos vários paradigmas praticados. A utilização de sistemas de informação do tipo *push*, que são muito sensíveis à variabilidade da procura, caso do MRP (*Material Requirements Planning*), leva à desadequação dos *timings* e quantidades de fabrico necessários para responder às encomendas firmes dos clientes, fruto de erros de previsão e de informação introduzida no próprio sistema. Isto tipicamente resulta numa acumulação excessiva de *stock* devido aos erros anteriormente referidos e à criação de *stock* de segurança para responder à variabilidade resultante da incerteza associada à procura dos clientes.

Outro paradigma associado ao sistema tradicional de gestão da cadeia de valor é o foco na gestão eficiente de recursos e não na gestão eficiente do fluxo. Uma gestão eficiente de recursos resulta numa elevada utilização dos recursos disponíveis, descuidando a entrega de valor para o cliente, o seu maior interesse. O cliente irá esperar pela disponibilidade dos recursos e não o contrário, o que aumenta o *lead time* de entrega ao cliente e consequentemente reduz a sua satisfação. O TFM surge numa ótica oposta, onde o foco está

no cliente e não nos recursos, privilegiando a eficiência do fluxo. Esta ótica foca-se na eliminação do *muda* e conseqüente maximização da criação de valor para o cliente, reduzindo o *lead time* do cliente. Segundo a abordagem TFM, uma organização deve focar-se em primeiro lugar na otimização de fluxos e só depois deverá pensar na otimização de recursos, assim que o fluxo já esteja suficientemente otimizado.

A metodologia foca-se em quatro pilares. O primeiro é o *Value Stream Design*, ferramenta de mapeamento da situação atual e desenho da situação futura aplicada no início dos projetos *Kaizen*. Os restantes três tópicos são a criação de fluxo em três diferentes frentes: produção, logística interna e logística externa, que deverão ser analisados sequencialmente, seguindo o modelo de expulsão de *muda* do sistema. Nesta dissertação haverá um foco nos dois primeiros tópicos (produção e logística interna).

A Figura 8 apresenta uma representação gráfica do modelo TFM, composta pelos quatro pilares anteriormente referidos e os objetivos finais do modelo, presentes no topo da representação.

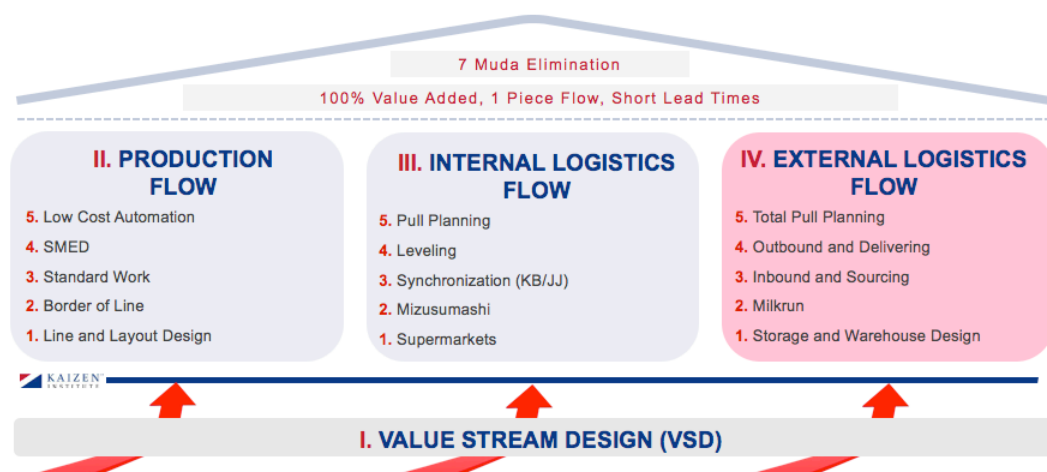


Figura 8 – Modelo *Total Flow Management* in Kaizen (2018)

No que toca ao fluxo de produção, o modelo prevê a reorganização do *layout* e da linha de forma a maximizar o tempo das atividades de valor acrescentado, seguido da criação de um bordo de linha de apoio à produção e da criação de um *standard* das operações a serem realizadas no local onde o estudo se está a realizar (*standard work*). Estes elementos serão foco de análise desta dissertação.

O fluxo na logística interna servirá de apoio ao fluxo na produção e tem como objetivo a criação de um fluxo logístico e de informação, capaz de transferir a informação das ordens dos clientes para etapas a montante na cadeia de valor com a melhor qualidade e eficiência possível. É também responsável pela potenciação da produtividade da operação, concentrando em si o desperdício de movimentação e transporte. Esta abordagem de fluxo, o *Pull Flow*, segue uma lógica inversa ao fluxo de materiais e à abordagem tradicional de fluxo, o *Push Flow*. Ao invés do planeamento centralizado, caracterizado por tamanhos de lote elevados, *lead time* elevado e falta de fluxo do *Push Flow*, o *Pull Flow* foca-se na adequação de todas as operações aos prazos definidos pelo cliente.

Para implementar um fluxo eficiente na logística interna, deverão ser utilizados supermercados, áreas de armazenamento de fácil acesso para os operadores que ditam a periodicidade de reposição de *stock*, assim como o *mizusumashi*, um comboio logístico que

percorre uma rota previamente definida, entregando as referências necessárias e recolhendo as ordens de reposição com o *timing* correto e de uma forma normalizada. O circuito realizado pelo *mizusumashi* está intimamente ligado ao sistema de sincronização *Kanban/Junjo*, onde a reposição das referências poderá ser feita de uma forma contínua (*Kanban*) ou de uma forma sequenciada (*Junjo*). Estes tópicos serão analisados com mais detalhe no âmbito desta dissertação.

2.4.1 Layout e Desenho de Linha

O primeiro tópico do fluxo na produção é o *layout* e desenho de linha. Este tem como objetivos finais a criação de um desenho que permita a eliminação das operações que não acrescentam valor ao produto e a criação de um fluxo unitário (*One Piece Flow*) através das operações de valor acrescentado.

A forma como os *layouts* da generalidade do tecido empresarial estão desenhados não permitem evitar problemas como o elevado tamanho de lote e de *Work in Progress* (WIP), o *stock* de material entre etapas sucessivas de um processo. A acumulação deste *stock* intermédio causa muitos constrangimentos de espaço e traduz-se em custos consideráveis para a organização em questão, nomeadamente o *holding cost*, o custo de armazenamento que engloba a renda do espaço necessário para o armazenamento do referido *stock*, os serviços externos necessários para a manutenção desse espaço e outros custos relacionados com o inventário como a deterioração do *stock*.

O desenho de um *layout* em fluxo elimina a necessidade deste *stock*, pois permite a integração de operações e a entreaajuda entre operadores, fruto da proximidade e da conseqüente redução do movimento desnecessário dos operadores. Esta forma de organizar os operadores e o fluxo de materiais é chamado *layout* em grupo e caracteriza-se pela flexibilização dos processos, das operações realizadas pelos operadores e da resposta às variações inesperadas da procura.

2.4.2 Bordo de Linha

Após definir a localização física dos operadores, as operações a serem realizadas por estes e os locais de realização das operações de valor acrescentado, deve definir-se como irá estar organizado o bordo de linha, ou seja, o local físico onde as referências necessárias à produção devem estar de forma a facilitar a produção. Esta organização também terá como foco o objetivo final do TFM já anteriormente referido, a maximização das operações de valor acrescentado.

Para cumprir o seu propósito, o bordo de linha deve estar frontal ao utilizador, ser pequeno de forma a minimizar o espaço ocupado, cumprir os princípios de gestão visual, de forma a facilitar a identificação das referências necessárias, sendo que estas referências deverão estar na *golden zone*, a zona ideal e mais ergonómica para o operador trabalhar, tipicamente definida pelo alcance dos braços. O reabastecimento realizado pelo operador logístico deverá ser traseiro, de forma a não interferir com o normal funcionamento da produção.

2.4.3 Standard Work

Não basta definir a organização estática do local de trabalho, também é necessário definir a dinâmica das operações, ou seja, a sequência de realização destas, a sua localização no *layout* previamente definido e como devem ser realizadas. Para isso, recorre-se ao *standard work*, uma metodologia de normalização do trabalho a ser realizado focada na simplificação e

observação de tarefas. Esta observação, realizada no *gemba*, permite a identificação de dificuldades sentidas pelos operadores e implementação de ações de melhoria que mitiguem tais dificuldades. Na sua aplicação, deve ser realizado um estudo do movimento dos operadores (diagrama *spaghetti*) que vá de encontro aos indicadores previamente definidos, conjuntamente com o registo temporal das operações de valor acrescentado e dos *mudas*, tipificando-os. Na Figura 9 é possível observar um exemplo de um diagrama *spaghetti*.

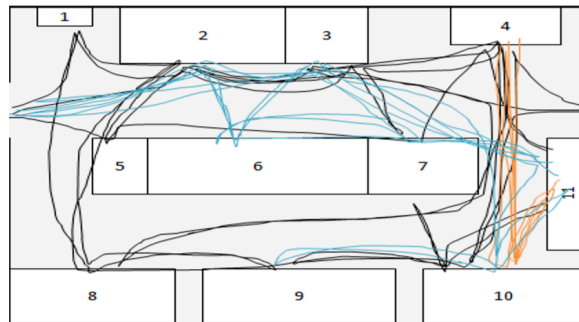


Figura 9 – Diagrama Spaghetti

A aplicação do *standard work* permite a redução do tempo das diferentes operações e da sua variabilidade entre operadores através da simplificação de processos e partilha e definição de boas práticas, permitindo o alinhamento da organização perante um objetivo comum.

2.4.4 Dimensionamento de Supermercados e Sincronização

Após a criação de fluxo na produção, torna-se necessário a criação de fluxo na logística interna. Neste âmbito surge a necessidade da criação de supermercados, o primeiro elemento para a criação de fluxo na logística interna de uma organização.

Como referido anteriormente, o supermercado é uma área de armazenamento onde prima a gestão visual. A definição de uma localização única para cada referência permite uma fácil identificação das referências necessárias e criação de bons hábitos de *picking*. O armazenamento deve também facilitar a implementação do sistema FIFO (*First In First Out*), que permite a utilização dos materiais que se encontram no setor em questão, evitando problemas de desgaste e perecibilidade das referências. Em termos de localização, o supermercado deve ser estrategicamente localizado de forma a permitir um fácil acesso por parte dos operadores às referências necessárias e a reposição, facilitando a produção em fluxo. Em termos estruturais, o supermercado deverá permitir uma boa proteção das referências, evitando o risco de quedas e potenciais danos.

Na criação de supermercados adequados para suporte à produção, torna-se necessário determinar as unidades de transporte internas, previamente definidas na implementação do bordo de linha. As formas mais comuns são o armazenamento em *trolleys*, contentores com rodas que permitem uma fácil deslocação e em *flow racks*, prateleiras verticais com uma inclinação que permitem a implementação do sistema *FIFO* através do reabastecimento traseiro da unidade de transporte e posterior recolha frontal por parte dos operadores.

Para dimensionar o supermercado é necessária a realização de uma análise prévia da procura dos clientes e do processo de reaprovisionamento. Para o processo de reaprovisionamento é determinado o inventário necessário para cobrir a procura durante o processo de reabastecimento, assumindo uma procura nivelada e estabilidade do processo. É também analisada a variabilidade da procura, que tem impacto direto na quantidade de

reabastecimento das referências do supermercado, devido à quantidade adicional de *stock* de segurança necessário para absorver variações inesperadas da procura. Quanto à variabilidade do processo, está relacionada com as variações no *lead time* das diferentes etapas do processo e também será necessário considerar *stock* de segurança para cobrir tais variações.

Os supermercados podem estar localizados em três áreas distintas: nas áreas de armazenamento de produto acabado, nas áreas entre células ou linhas de produção e nas áreas onde os materiais são fornecidos às células de produção, o bordo de linha. Este deve ser colocado o mais atrás possível no processo, de forma a minimizar o custo, já que, à medida que um processo avança na cadeia de valor, o número e o tamanho dos componentes vão aumentando.

Os supermercados localizados no bordo de linha podem ter dois tipos diferentes de fornecimento, o fornecimento contínuo e o sequencial. O ciclo fornecimento contínuo, denominado Ciclo Logístico *Kanban* é caracterizado pela constante disponibilidade do produto no ponto de utilização através de um ciclo de reabastecimento contínuo. Assim que a quantidade previamente definida de uma determinada referência armazenada numa unidade de transporte é consumida, atingindo o ponto de reabastecimento estabelecido, é enviado um sinal físico, o *kanban* (“cartão” em japonês), que dá a indicação de abastecimento do supermercado por parte do fornecedor, situado na etapa a montante da cadeia de valor. O *kanban* é um cartão que representa uma ordem de um cliente para um fornecedor que permite a contínua sincronização da procura e da oferta. Na Figura 10 pode ser consultada uma representação do Ciclo Logístico *kanban*.

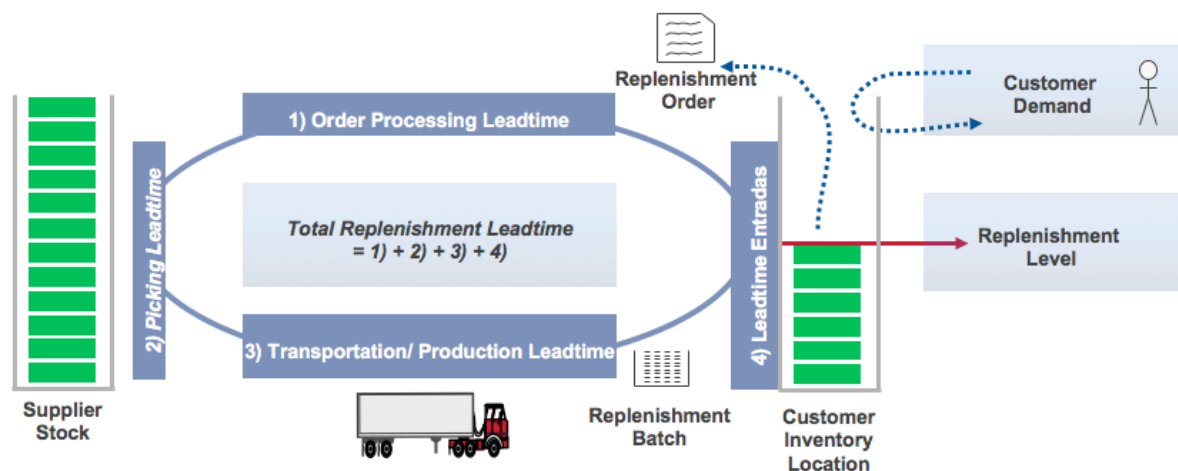


Figura 10 – Ciclo *Kanban* in Kaizen (2018)

No Ciclo Logístico *Junjo*, caracterizado por um fornecimento sequencial, o produto necessário é disponibilizado no ponto de utilização de forma sequenciada. O sinal físico de início do ciclo é denominado de *junjo* (“sequência” em japonês), que despoleta a disponibilização das referências necessárias à produção de acordo com a sequência efetiva de produção. Este sinal é enviado assim que se atinge um determinado ponto no processo produtivo onde irão ser necessárias as referências classificadas como *junjo*, considerando o *lead time* e a variabilidade inerentes ao processo em questão. Tal como o *kanban*, o *junjo* representa uma ordem de um cliente para um fornecedor.

2.4.5 Mizusumashi

O *mizusumashi* é um operador que executa todas as operações de logística interna, normalizando todo o processo de logística interna, eliminando o desperdício de movimentação e transporte de materiais das equipas fabris e aumentando a produtividade. Para além do reabastecimento físico de materiais no local de uso, transporta também a informação necessária para o normal funcionamento do fluxo de logística interna, onde se incluem as ordens de produção, materializadas nos cartões *kanban* e *junjo*. O operador é normalmente auxiliado por um comboio logístico, que segue uma determinada rota pré-estabelecida, percorrendo todas as estações seguindo um horário previamente definido. A utilização do *mizusumashi* permite uma redução de custos operacionais aliado a uma alta produtividade de um trabalho normalizado. Para além de economicamente vantajoso, o *mizusumashi* permite flexibilizar a produção e aumentar a qualidade desta.

2.5. Conclusões

No sentido de flexibilizar a produção, a utilização de robots de soldadura poderá ser altamente benéfica. Um robot permite a libertação dos operadores manuais da realização de certas operações menos seguras, repetitivas e menos interessantes, realizando-as de uma forma mais produtiva e com uma melhor precisão e qualidade. A aplicação destes conceitos neste caso de estudo irá permitir que os operadores tenham mais tempo para realizar outras atividades, aumentando a flexibilidade de produção. Esta flexibilidade poderá ser particularmente importante para uma organização se adaptar mais facilmente, quer às variações inesperadas na procura, quer às alterações de comportamento de mercado a longo prazo. Em produtos complexos, como as cisternas, esta flexibilização poderá ser muito importante para fazer face à customização do produto.

Na customização referida das cisternas poderão ser aplicados conceitos de flexibilidade produtiva apresentados. Na produção das cisternas, a estratégia de *Product Family Architecture* é utilizada para customizar as cisternas de acordo com as exigências do cliente, partindo de um módulo funcional comum.

Poderá igualmente ser aplicada a estratégia de *Delayed Product Differentiation* através da aplicação de extras e acabamentos na fase final da produção da cisterna. A realização de um *layout* e sistema de abastecimento logístico que permita a ágil resposta às solicitações de mercado de um produto com tanta complexidade inerente é, portanto, de elevada importância.

Desta forma, a estratégia de abordagem ao problema desta dissertação será uma melhor utilização aliada ao aumento da produtividade que os robots de soldadura trazem à produção irá permitir aumentar a capacidade produtiva da empresa, num setor de atividade afetado pela falta de mão-de-obra qualificada, permitindo que a empresa faça frente à revolução industrial que está a acontecer, fruto da integração tecnológica na produção. Por último, a aplicação da metodologia *Kaizen*, mais especificamente do modelo TFM no fluxo produtivo da empresa irá permitir aumentar a produtividade desta, de forma a responder à crescente procura do mercado.

3 Melhoria da Produtividade no Setor das Cubas

Este capítulo irá iniciar-se pela descrição da situação inicial das cisternas e das cubas em específico. Segue-se a descrição do processo produtivo típico de um produto da empresa, de forma a dar uma visão geral sobre o funcionamento, sendo detalhado seguidamente o fluxo de uma cisterna.

Numa segunda fase, será exposto o estado inicial relativo à otimização do fluxo do setor das cubas, seguido das soluções desenvolvidas com vista ao aumento da sua produtividade. Neste setor, foi realizado o balanceamento de operações, foram definidos o novo *layout* e o circuito logístico de abastecimento, assim como o dimensionamento de um supermercado de apoio ao setor. Foram também implementadas ações de melhoria no âmbito das reuniões de Kaizen Diário.

3.1. Situação Inicial das Cisternas

Uma cisterna é um semi-reboque que é utilizado na agricultura para rega e fertilização de campos. É normalmente acoplada a um trator e percorre terrenos agrícolas de média a grande dimensão, irrigando ou fertilizando os terrenos no processo. Na Figura 11 pode observar-se um modelo base de uma cisterna.



Figura 11 – Modelo de uma Cisterna

O corpo da cisterna é denominado de cuba e a sua produção será alvo de análise nesta dissertação. A cuba é um reservatório composto por três elementos principais: as virolas, os copados e as longarinas. As virolas são chapas cilíndricas que são soldadas entre si, formando a geratriz da cuba. Já os copados tratam-se de tampos que são soldados às virolas, formando em conjunto o reservatório base da cuba. As longarinas são perfis de chapa que são soldados à cuba e posteriormente acoplados ao chassis da cisterna.

A cisterna é um produto de extrema importância para a empresa, tendo sido o segundo produto que mais receita gerou para a empresa em 2017, representando 14% das receitas. Isto deve-se ao facto da empresa ter uma grande capacidade de customização deste produto,

oferecendo uma ampla variedade de opções e particularidades, mantendo, no entanto, uma série de características comuns a todos os modelos. É um produto onde é aplicada a *Product Family Architecture*, estratégia de customização em massa introduzida anteriormente.

Para além disso, as cisternas da empresa estão certificadas pelas entidades competentes em processos como a galvanização, por exemplo. A reunião destes requisitos e a flexibilidade de adaptação às necessidades do cliente final tornam as cisternas da empresa um produto altamente competitivo no mercado nacional e mercados internacionais em que está presente.

A referida customização e flexibilidade, ainda que altamente benéficas para a competitividade do mercado, terão de ser acompanhadas por um aumento da capacidade e flexibilidade produtiva. Dada a impossibilidade de aumentar a mão-de-obra para responder às solicitações do mercado, o caminho a seguir será o aumento da produtividade da cadeia de valor que produz este produto. Como tal, a revisão do estado atual e alteração do modo de funcionamento do fluxo de produção desta alfaia (máquina agrícola) revelou-se de extrema importância aquando da realização da fase de planeamento no início do projeto de colaboração entre o *Kaizen Institute* e a empresa. Neste sentido, revelou-se prioritária a alteração do *layout* do setor das cubas, setor onde realiza a soldadura da cuba, o corpo da cisterna.

3.1.1 Fluxo Produtivo Global

O fluxo produtivo de um produto da empresa segue uma sequência base de operações comuns. A Figura 12 demonstra o fluxo produtivo de um produto típico da empresa.

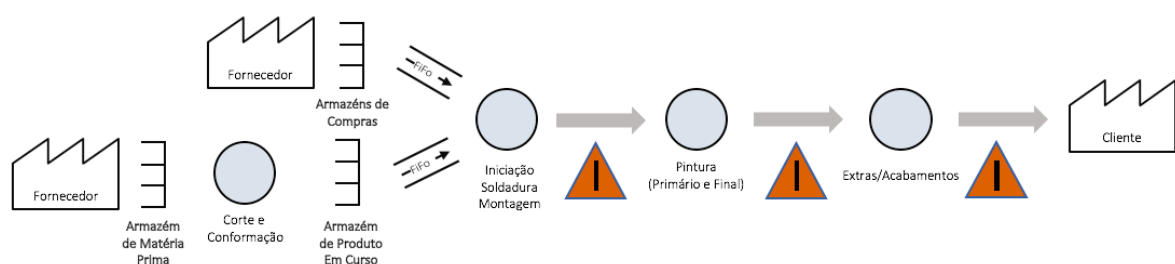


Figura 12 – Fluxo Produtivo de um Produto

Tipicamente, na execução de um produto da empresa, a matéria-prima, constituída por perfis de aço e chapa, entra no armazém de matéria-prima, sofrendo posteriormente diversas operações de corte e conformação, tais como o torneamento, quinagem ou a furação. O resultado destas operações é depois retido no armazém de produto em curso. Para a execução de um produto, pode ser requisitado material do armazém de produto em curso e dos armazéns de componentes comprados.

Assim que o produto chega ao setor responsável pela execução deste, as operações variam consoante o produto. Tipicamente, assim que o material necessário para a produção do produto chega ao setor, são realizadas diferentes operações de soldadura, sendo que a primeira delas é a iniciação (também chamada de “pingagem”). Neste tipo de operação manual, o operador realiza a união de duas peças através de uma soldadura por pontos, de forma a garantir a coesão temporária entre os componentes até ser realizada a soldadura final. O conjunto é depois levado para uma nova etapa de soldadura, que pode ser realizada manualmente ou por robots de soldadura presentes na fábrica. Nesta etapa é realizado o cordão de soldadura, que une de forma definitiva as peças, formando um subconjunto que irá

constituir o produto. Por último, é realizada a operação de montagem, onde os subconjuntos são agregados e soldados, obtendo um produto intermédio apenas pendente de pintura, aplicações de extras e acabamentos.

Assim que este produto intermédio é finalizado, é levado para a operação de pintura, onde é realizada uma operação de limpeza, seguida da aplicação de um primário de forma a garantir uma melhor qualidade e acabamento da pintura. Posteriormente é aplicada uma pintura final. Tanto na aplicação do primário como da pintura final, é necessário repousar o produto durante determinado período de tempo para a tinta secar, antes de avançar para a operação a jusante. As alfaia de menor dimensão são pintadas de forma automática, enquanto que as de maior dimensão são pintadas manualmente.

Se a alfaia for produzida para *stock*, é armazenada no armazém de produto intermédio (parque no exterior da fábrica) apenas com o primário, sendo depois realizada a pintura final mediante as especificações do cliente. Caso a produção seja resultante de uma encomenda firme, a pintura final é imediatamente realizada após a secagem do primário. Assim que a pintura for aplicada, o produto avança para a última operação, onde poderão ser aplicados acabamentos e colocados eventuais extras necessários, tais como rodas ou bombas hidráulicas, dependendo das especificidades do cliente.

Existe ainda um controlo visual de qualidade antes da expedição para o cliente. Em determinadas alfaia, como as cisternas, o produto volta ao setor para a montagem de componentes por conter componentes zincados.

3.1.2 Fluxo Produtivo das Cisternas

Em termos de processo, a cisterna tem um processo mais complexo do que a generalidade dos produtos, dada a sua elevada customização. Para melhor compreender o processo produtivo de uma cisterna, já considerando a implementação das medidas supracitadas, recorreu-se à ferramenta de *Value Stream Mapping*, que permite ter uma fotografia do estado do processo produtivo. A Figura 13 demonstra o processo produtivo de uma cisterna.

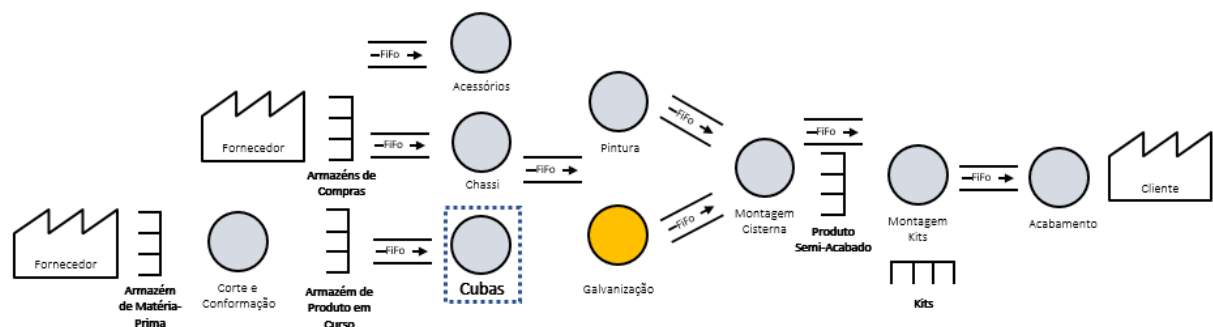


Figura 13 - Fluxo Produtivo de uma Cisterna

Os elementos constituintes de uma cisterna poderão vir dos armazéns de produtos comprados ou do armazém de produto em curso, à semelhança dos restantes produtos. Os diferentes componentes podem ter três destinos distintos: o setor das cubas (em evidência na Figura 13), onde é realizado todo o processo de iniciação e soldadura da cuba, o setor da produção dos acessórios, onde são soldados acessórios tais como a lança e o suporte da lança e o setor de produção do chassi, onde é produzido o chassi de suporte da cuba.

Assim que a cuba é produzida, sai do setor das cubas para o parque existente no exterior da fábrica, onde é depois enviado para galvanizar por uma empresa parceira da empresa. Os

acessórios e o chassis são enviados para o setor de pintura. Quando a cuba volta do processo de galvanização, é enviada para o setor de montagem das cisternas, juntamente com os acessórios e o chassis, de forma a realizar a montagem final da cisterna. Por último, são acrescentados *kits* à cisterna, que variam consoante o tipo de cisternas encomendada e possíveis pedidos do cliente, assim como possíveis acabamentos necessários. A aplicação dos acessórios e dos *kits* é um caso de *delayed differentiation*, estratégia de customização em massa exposta anteriormente.

Como referido, a produção da cuba inicia-se imediatamente após a entrega do material proveniente dos armazéns. No caso das cubas, o material necessário para a sua produção é entregue por empilhador proveniente do armazém de produto em curso, pois os elementos constituintes têm origem no setor do Corte e Conformação (ver Figura 13). Após a sua produção, a cuba irá ser enviada para um processo de galvanização externo.

As cisternas e cubas são classificadas consoante o número de litros de fluido que a cuba consegue armazenar. Este valor poderá ir dos 3000 aos 24000 litros. As cisternas até aos 8000 litros são consideradas cisternas pequenas e as cisternas entre os 10000 e os 24000 litros são classificadas como cisternas grandes. Esta divisão em duas categorias distintas é feita pelas implicações das características da cuba, tal como o diâmetro da cuba, o número de virolas a serem utilizadas ou mesmo os gabarits a serem utilizados na produção.

De referir também que no setor das cubas também são produzidos reboques tanque, um produto distinto da cisterna que também contém uma cuba sem grande diferenciação no processo produtivo em relação a uma cuba que compõe uma cisterna. As cisternas RG (cisternas cavadas), são categorizadas à parte devido às especificações inerentes à sua produção. Na Tabela 1 pode observar-se a distribuição do volume previsto de produção para 2018 para as categorias supramencionadas.

Tabela 1 – Distribuição do Volume Previsto das Cubas por Categoria

Categoria	Volume Total previsto 2018	Volume %
Cisternas Pequenas	139	58%
Cisternas Grandes	71	30%
Reboques Tanque	24	10%
Cisternas RG	6	3%

No que toca à execução de uma cuba, esta é realizada através de cinco operações sequenciais. A primeira operação é a Iniciação, onde é realizada a “pingagem” das virolas e dos copados, formando o corpo base da cuba.

De seguida, é realizada a Soldadura no Cristo, onde é aplicado um cordão de soldadura nas zonas previamente pingadas, utilizando uma máquina, o “Cristo”, que roda a cuba à medida que o cordão é aplicado.

O terceiro passo é a Iniciação de Acessórios, etapa onde são pingados acessórios a serem aplicados na cuba.

Estes acessórios são posteriormente soldados na operação de Soldadura de Acessórios, onde é aplicado um cordão de soldadura nos acessórios previamente pingados. Por último, é realizada uma limpeza à cuba antes desta ser enviada para galvanizar.

Após a identificação do processo produtivo das cubas, foi analisado o estado atual do setor, no que toca à organização, sequência lógica e balanceamento de operações, analisado de seguida.

3.1.3 Organização do Setor das Cubas

Em termos de organização do espaço físico do setor das cubas, o *layout* encontrado apresentava alguns problemas, fruto da falta de planeamento em *Pull* e da ausência de um sistema FIFO, levando à acumulação de *stock* no setor, muito dele obsoleto. Esta acumulação dificulta o normal funcionamento do setor, para além do custo inerente à acumulação de *stock*. A Figura 14 ilustra o estado inicial encontrado do setor e na Figura 15 pode ser observado o *layout* encontrado e a sequência de operações.



Figura 14 – Estado Inicial do Setor das Cubas

Para além da desorganização física do setor, a sequência lógica das operações não se refletia no *layout*. A Iniciação (Passo 1) é realizada à entrada do setor, seguindo-se a operação do Cristo (Passo 2), realizada no lado oposto da operação precedente. Depois de sair do Cristo, a cuba volta a ser deslocada na direção da entrada do setor, onde é colocada em um de dois possíveis gabarits para a operação da Iniciação de Acessórios (Passo 3). Por último, a cuba volta a ser transportada na direção contrária para a realização da operação de Soldadura de Acessórios (Passo 4), sendo posteriormente realizada a limpeza (Passo 5) no mesmo local.

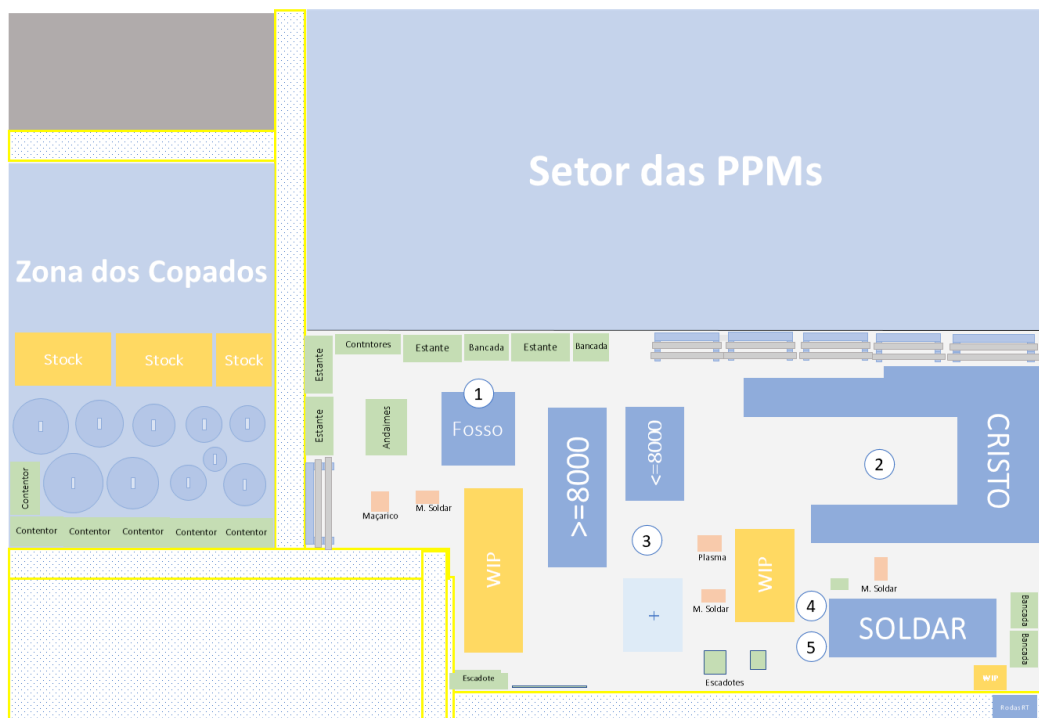


Figura 15 – *Layout* Inicial do Setor das Cubas

Trata-se um *layout* sem um fluxo intuitivo de operações, onde os operadores estão alocados às operações fixas a que foram designados. Esta cultura privilegia a falta de entreaajuda entre os operadores, causando uma falta de balanceamento entre as operações e acumulação de *Work in Progress*, *stock* intermédio entre operações. Não é, portanto, um *layout* em fluxo, onde a lógica de *One Piece Flow* (fluxo unitário de material) seja aplicada.

De referir algumas considerações que foram refletidas no desenho do novo *layout*. Em primeiro lugar, o setor partilha recursos com o setor das PPMs, um parceiro que subcontrata serviços à empresa (ver Figura 15). Destacam-se as pontes transportadoras, essenciais para o transporte da cuba entre operações. Existe também uma zona de armazenamento de *stock*, apelidada de “Zona dos Copados” devido ao elevado número de copados (tampos da cuba) presentes nesta zona. Esta zona é também partilhada com o setor das PPMs.

No que toca às operações em si, a operação de Iniciação (Passo 1) necessita de um fosso para a colocação vertical das cubas de maior dimensão. Só desta forma será possível os operadores pingarem os copados às virolas a uma altura minimamente razoável quando são soldadas cubas de grandes dimensões. Quanto à operação do Cristo, é necessária a própria máquina do Cristo, que ocupa um espaço considerável da área disponível do *layout*. Como referido anteriormente, a Iniciação de Acessórios necessita da utilização de um de dois possíveis gabaris, estruturas desenhadas de forma a auxiliar a produção de um componente com as dimensões corretas e no menor tempo possível. O gabari é escolhido consoante a dimensão da cuba a ser produzida (se é uma cuba grande ou pequena). As operações de soldadura e de limpeza não possuem características que restrinjam o desenho de uma nova solução para o *layout* do setor.

3.1.4 Balanceamento de Operações

Para visualizar a distribuição das tarefas entre operadores é usual recorrer-se ao gráfico *yamazumi*. Na execução deste tipo de gráfico compara-se o tempo estimado de execução das tarefas de cada operador com o tempo de *takt*. O tempo de *takt* é o ciclo de procura do cliente que é definido como o ritmo a que uma unidade de um determinado produto deve ser produzida de forma a ir de encontro às necessidades do mercado. Para o cálculo do tempo de *takt*, a seguinte fórmula é utilizada:

$$\text{Tempo de Takt} = \frac{\text{Tempo de Trabalho Disponível por ano}}{\text{Procura Anual}} \quad (1)$$

Para o cálculo do tempo de trabalho disponível consideraram-se 220 dias de abertura anuais da fábrica, sabendo à partida que a fábrica trabalha com um turno de 8 horas por dia (480 minutos). Cruzando esta informação com a procura anual, ou seja, o número previsto de cubas a produzir segundo o orçamento de 2018, obteve-se um valor de 440 minutos para o tempo de *takt*. Significa então que, em média, cada cuba deverá ser concluída em 440 minutos.

A Figura 16 mostra o gráfico *yamazumi*, onde cada valor apresentado representa o tempo médio ponderado de cada operação para a produção de uma cuba, considerando as cubas presentes no orçamento de 2018 e os tempos medidos. Como se pode observar, o Operador A encontrava-se altamente sobrecarregado, fruto da acumulação das tarefas de Iniciação e Soldadura no Cristo. Com este balanceamento e com a falta de entreaajuda entre os operadores, não seria possível a produção das cisternas acompanhar as necessidades do mercado, já que o Operador A necessitaria de um tempo de ciclo de 545 minutos para executar as duas tarefas a si alocadas contra os 440 minutos de *takt time* necessários para entregar o produto final ao cliente. Por este motivo, revelou-se necessário um rebalanceamento das operações a serem realizadas por cada operador.

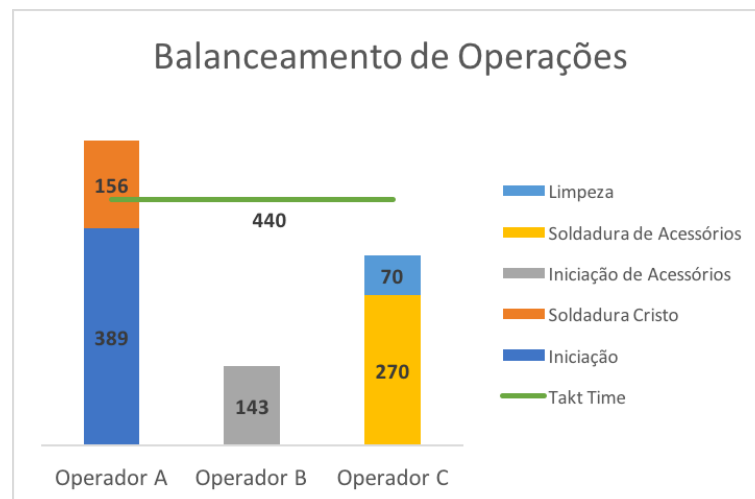


Figura 16 – Gráfico *Yamazumi* de Balanceamento de Operações Inicial do Setor das Cubas

Para realizar um novo balanceamento das operações dos operadores, as cubas foram categorizadas em famílias tendo em conta vários critérios, tais como o número de referências e volume acumulado, mas também as especificidades no processo produtivo de cada cuba. A Tabela 2 mostra as categorias consideradas para o balanceamento de operações.

Tabela 2 – Divisão das Referências das Cubas por Categoria e Volume Previsto de Produção

Categoria de Produto	# Referências	Volume Total previsto 2018	Volume %
Cisternas até 7000	16	114	48%
Cisternas até 8000	9	25	10%
Cisternas 10000 a 14000	13	46	19%
Cisternas 16000 a 24000	25	25	10%
Reboques Tanque	8	24	10%
Cisternas RG	5	6	3%
TOTAL	76	240	100%

Após a categorização das referências das cubas, foi também necessário temporizar quanto tempo cada operação demora para cada categoria previamente escolhida, já que o balanceamento efetuado deve contemplar os diferentes cenários de produção das categorias. Para este fim, foi utilizada a matriz família-processo que considera os tempos médios ponderados de cada operação para as diferentes famílias, tendo em conta as referências que a constituem e o volume previsto de produção no orçamento de 2018. A Tabela 3 representa a matriz família-processo das cubas.

Tabela 3 – Matriz Família-Processo das Cubas

Categoria	Iniciação (min)	Soldadura Cristo (min)	Iniciar Acessórios (min)	Soldar Acessórios (min)	Limpeza (min)	Total (min)
Cisternas até 7000	196	98	93	213	59	659
Cisternas até 8000	350	150	180	300	80	1060
Cisternas 10000 a 14000	527	212	180	307	80	1307
Cisternas 16000 a 24000	758	252	189	310	80	1589
Reboques Tanque	253	116	106	240	58	772
Cisternas RG	1368	350	388	550	88	2744

Estes tempos serão muito importantes pois serão a base para realizar o balanceamento das operações e para medir a produtividade do setor.

3.1.5 Monitorização da Produtividade das Cubas

Dada a falta de monitorização da produtividade do setor das cubas, foi definido um indicador que permitisse medir o desempenho dos operadores. O indicador escolhido foi o rendimento do setor e pode obtido pela seguinte fórmula, de periodicidade semanal.

$$Rendimento = \frac{\sum_{i=1}^n t_{teórico\ operação_i}}{Tempo\ de\ Trabalho \times N^o\ Operadores} \quad (2)$$

Semanalmente, foi efetuada uma recolha das operações finalizadas e do número de operadores a trabalhar no setor. Considerando o tempo teórico de cada uma das operações concluídas utilizando como referência os tempos teóricos que serviram de base para a Tabela 3 e o tempo de abertura de cada operador durante a semana, obteve-se o resultado final. O valor obtido

para este indicador no início do projeto foi de 20% nos primeiros três meses do projeto de intervenção do *Kaizen Institute* e revela a baixa produtividade do setor. Com a implementação do novo *layout* e respetivo bordo de linha, assim como circuito logístico Kanban/Junjo, considerando também outras melhorias implementadas na linha é esperado um aumento considerável no rendimento.

Em suma, a falta de organização e ineficiências encontradas no setor das cubas assim como a falta de balanceamento, espera de pessoas e deslocações desnecessárias de material contribuem para a percentagem reduzida de tempo de realização de operações de valor acrescentado. Neste sentido, revela-se prioritária a alteração de *layout* e circuito logístico de abastecimento, assim como o balanceamento de operações que permita reduzir o tempo perdido na realização de atividades de desperdício. Adicionalmente, o desenvolvimento de ações de melhoria no setor irá também contribuir para o aumento do rendimento do setor e, consequentemente, da capacidade produtiva de um produto com uma procura superior a esta.

3.2. Desenho de Soluções no Setor das Cubas

Na definição de um *layout* e no desenho de uma linha, pretende-se a criação de um fluxo unitário nas operações e a maximização do tempo gasto em operações de valor acrescentado. Para a criação de um fluxo unitário, pretende-se balancear as operações de forma a minimizar o tempo de espera entre operações e aumentar o *output* final.

A criação de um sistema logístico de suporte à produção do setor revela-se de extrema importância de forma a reduzir as operações de valor não acrescentado da produção, expulsando o desperdício para a logística. Só desta forma os operadores poderão estar realmente focados na realização de operações que terão impacto no produto final.

3.2.1 Balanceamento de Operações

No balanceamento das operações do setor, consideram-se os tempos teóricos recolhidos, também utilizados na Tabela 3. Como referido anteriormente, o tempo de *takt* para a execução das cubas previstas no orçamento de 2018 foi de 440 minutos. Dividindo o tempo total necessário para a realização das cubas previstas no orçamento de 2018 pelo tempo de abertura anual de um operador, obteve-se um número de FTEs (*Full Time Equivalent*) necessários, ou seja, o número de operadores que o setor necessita para cumprir o tempo de *takt*.

$$\# \text{ FTEs Necessários} = \frac{\text{Tempo Total Necessário para Execução das Cubas}}{\text{Tempo de Abertura por Operador}} \quad (3)$$

Para este cálculo, foram considerados para cada operador os dias de abertura da fábrica e um tempo de abertura diário de 8 horas, equivalente a um turno, situação atual do setor. O resultado obtido foi de 2,3 FTEs.

De forma a simular a resposta da linha a possíveis cenários de balanceamento, foram testados diversos cenários, fazendo variar o número de operadores. Nesta análise foi introduzido o conceito de eficiência de balanceamento, dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência de Balanceamento} = \frac{\text{Tempo Total de Produção de uma Cuba}}{\text{Nº de Operadores} \times \text{Tempo de Ciclo}} \quad (4)$$

Neste cálculo foi considerado o tempo médio ponderado de produção das cubas presentes no orçamento de 2018, que totaliza um valor de 985 minutos, considerando um tempo disponível

anual de 105 600 minutos (3 operadores, 220 dias de trabalho e 8 horas de trabalho diárias por operador) e uma procura prevista de 240 cubas (ver Tabela 2).

Os tempos de ciclo dependerão do recurso gargalo, o operador que demora mais tempo nas tarefas que lhe são alocadas. A Tabela 4 mostra os resultados da análise realizada.

Tabela 4 – Análise de Sensibilidade do Balanceamento de Operadores

Cenário	Tempo de Ciclo (min)	Eficiência de Balanceamento	Capacidade Produtiva Anual (cubas/ano)
2 Operadores	518	95%	204
3 Operadores	389	89%	286
4 Operadores	389	67%	286

No cenário com dois operadores, onde o Operador A realiza as operações de Iniciação e Soldadura no Cristo e o Operador B realiza as restantes é o cenário com melhor eficiência de balanceamento. No entanto, o seu tempo de ciclo de 518 minutos é superior ao tempo de *takt* de 440 minutos que está previsto no orçamento de 2018, não cumprindo a cadência de produção exigida.

Para balancear as operações do setor recorreu-se ao gráfico *yamazumi*, à semelhança da caracterização da situação inicial do balanceamento das operações. Na Figura 17 é possível observar o gráfico *yamazumi* para o cenário de balanceamento com dois operadores.

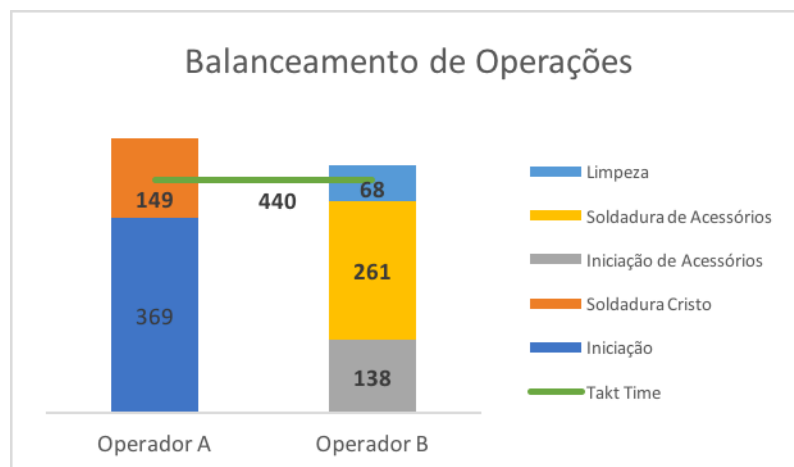


Figura 17 - Solução de Balanceamento com 2 Operadores

Já o cenário com 3 operadores permite atingir este objetivo, mantendo ao mesmo tempo uma eficiência de balanceamento bastante elevada. O cenário com 4 operadores não apresenta nenhuma vantagem, já que o tempo de ciclo é o mesmo e a eficiência de balanceamento é inferior à solução com 3 operadores. A Figura 18 mostra o gráfico *yamazumi* relativo à solução encontrada, com três operadores.

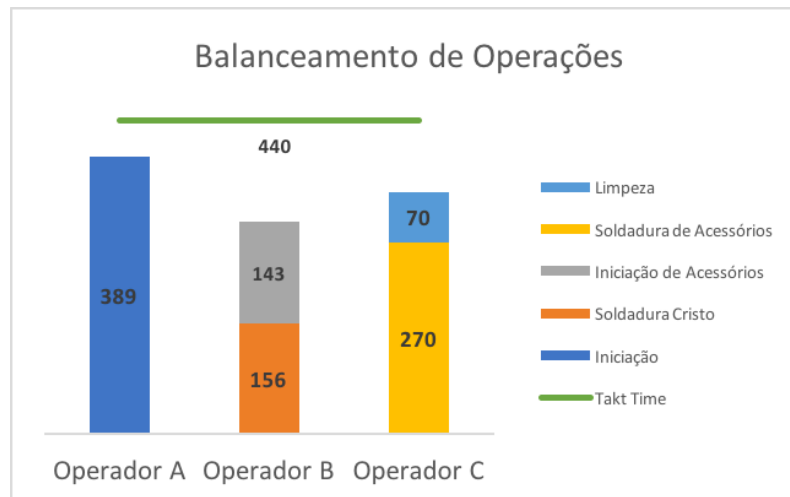


Figura 18 - Solução de Balanceamento de Operações do Setor das Cubas

Nesta solução de balanceamento, o Operador A será responsável pela operação de Iniciação, o Operador B terá a seu cargo as operações de Soldadura no Cristo e Iniciação de Acessórios e o Operador C deverá realizar as operações de Soldadura e Limpeza.

Como se pode ver, ao contrário da situação inicial apresentada na Figura 16, esta situação apresenta um balanceamento mais homogêneo, considerando o tempo médio ponderado da execução de cada operação de uma cuba. Os operadores deverão ser capazes de produzir as cubas a uma cadência rápida o suficiente para cumprir o tempo de *takt* de 440 minutos. No Anexo A é possível observar o balanceamento das operações para as diferentes famílias de cisternas.

As operações não estão, no entanto, completamente balanceadas. De forma a balancear o tempo das operações, fomentando a entreaajuda entre os operadores, foram desenvolvidas fichas normalizadas de trabalho para cada modelo de cuba. Com as fichas normalizadas pretende-se que o responsável de setor indique aos operadores quais as entreaajudas que devem ser efetuadas para a execução de uma cuba, ou seja, como deverá ser realizado o auxílio por parte de um operador, com menos carga, a um colega cujas operações alocadas à cuba em específico têm um tempo de execução superior ao seu. Com esta lógica, a variabilidade na execução das tarefas será absorvida. As fichas normalizadas poderão ser consultadas no Anexo B.

Na execução das fichas normalizadas de trabalho, foi observado que a entreaajuda dos operadores recaía nas operações de iniciação no caso das cisternas grandes (capacidade superior a 8000 litros) e nas cisternas RG, onde o tempo para realizar a operação de iniciação tem uma duração muito superior às restantes. O mesmo sucede com a operação de soldadura para execução de algumas cubas mais pequenas. O Operador C é responsável pela operação de Soldadura de Acessórios e pela operação de Limpeza. Esta última é uma operação com menor valor acrescentado pelo que, sempre que necessário, o operador deverá ser libertado desta operação, sendo realizada pelos colegas. O Operador B, responsável pela Soldadura no Cristo e pela Iniciação de Acessórios servirá tendencialmente como pivô, auxiliando os colegas e absorvendo a variabilidade do processo.

foram definidas localizações fixas no *layout* para os dois gabaris, onde irão permanecer montados.

Os componentes identificados como *kanban* pertencem maioritariamente à operação de Iniciação de Acessórios, sendo que os restantes pertencem à operação de Soldadura de Acessórios (Passos 3 e 4). Por este motivo, as estantes estarão localizadas junto ao posto de Iniciação de Acessórios, sendo que os componentes relativos à operação de Soldadura de Acessórios serão alocados a posições das estantes mais próximas do respetivo posto.

As restrições de espaço do setor das cubas devem-se ao facto de este estar balizado por outros setores, nomeadamente pelo setor das PPMs. Acrescendo a este facto a presença de muito *stock* obsoleto de componentes com dimensões consideráveis, revelou-se necessária a libertação do espaço ocupado por estes componentes para uma correta implementação de um *layout* com um sistema logístico de suporte ao setor.

Em conjunto com a equipa do projeto, conclui-se que a realocação de muitos dos componentes para o armazém de produto em curso não seria viável devido às dimensões destes e às restrições de espaço que o armazém apresentava. Neste sentido a solução encontrada foi a criação de um novo armazém na zona dos copados, zona próxima do setor até então pouco otimizada em termos de espaço. Este novo armazém irá armazenar as diferentes referências de copados (tampas das cubas) e de longarinas: perfis de aço onde a cuba se suporta e que permitem o posterior acoplamento ao chassis e de alguns componentes de dimensão reduzida.

3.2.3 Circuito Logístico de Abastecimento

Após realizado o balanceamento dos operadores e o desenho do *layout* do setor, partiu-se para a criação de um sistema logístico de suporte ao setor. Como referido anteriormente, com o suporte de um circuito logístico que se adegue às necessidades constantes do setor, pretende-se minimizar o tempo gasto pelos operadores em operações sem valor acrescentado, acumulando esse desperdício no operador logístico.

A primeira etapa passa pela definição da sincronização dos componentes de uma cuba. Estes poderão estar armazenados no bordo de linha (referências *kanban*) ou chegarem ao setor por requisição, mediante a necessidade de produção do setor (referências *junjo*). A sua classificação é baseada na ponderação de diversos critérios: por um lado consideram-se fatores como a dimensão, o peso e o valor monetário da peça, por outro considera-se o seu consumo ou o número de cubas que a referência integra. Um componente com elevado consumo e comum a várias cubas que seja leve e que tenha dimensões e valor reduzido será um forte candidato a referência *kanban*. Por outro lado, um componente utilizado muito raramente em cubas muito específicas, com grande dimensão, peso e valor será classificado como um componente *junjo*.

Para classificar os componentes pertencentes às cubas foi considerada a dimensão máxima da peça após consulta dos desenhos técnicos e o consumo previsto considerando o orçamento de 2018. A distribuição final dos componentes segundo a classificação *kanban/junjo* poderá ser consultada na Figura 20.

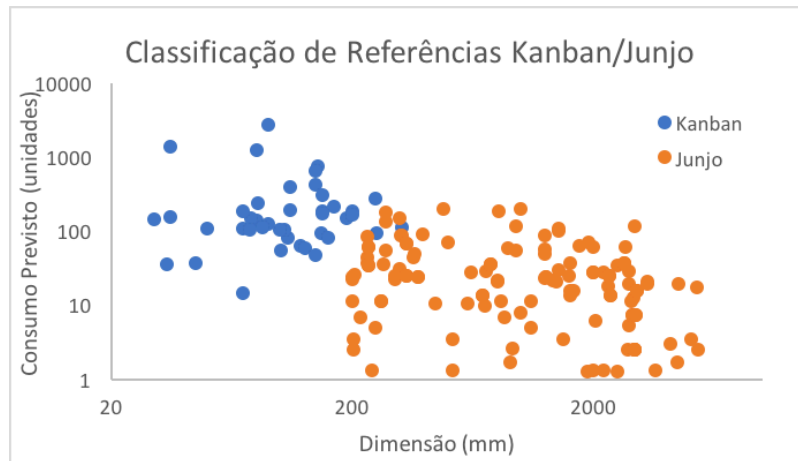


Figura 20 – Classificação das Referências segundo a Dimensão Máxima e o Consumo Previsto em 2018

Após classificar as referências, procedeu-se à quantificação da quantidade necessária a ser armazenada em cada caixa *kanban*, sendo que este valor depende da frequência com que o *mizusumashi* procede ao reabastecimento do material. Foi definido que a linha deveria ter autonomia de meia semana, ou seja, que reabastecimento do material deveria ocorrer duas vezes por semana. O *mizusumashi* da empresa trata-se de um operador logístico auxiliado por um empilhador.

Definida a frequência de reposição, dimensionou-se a quantidade de cada componente que cada caixa deveria ter. Considerou-se que cada caixa deveria ter quantidade necessária para suportar 2 ciclos do *mizusumashi*, equivalente ao consumo de uma semana. De forma a mitigar os efeitos da variabilidade no consumo dos componentes, optou-se pela utilização do sistema de dupla caixa, onde cada referência tem duas caixas no setor com a quantidade referida anteriormente. Os dados relativos às referências e quantidades *kanban* poderão ser consultados no Anexo E.

Não basta proceder ao cálculo teórico da quantidade por caixa, é também necessário o valor ter aplicabilidade prática. Para isso, é necessário, em primeiro lugar, verificar qual o fator de incorporação máximo de um determinado componente, o número máximo de um componente que pode integrar uma cuba. O valor da quantidade em cada caixa deverá ser múltiplo deste valor, de forma a antecipar falhas de componentes devido à combinação de cubas a ser produzida. Por outro lado, também é necessário verificar se o número de componentes por caixa pode ser fisicamente armazenado nas caixas e se tem um peso que permita a colocação das caixas cheias no bordo de linha de forma ergonómica por parte do operador logístico. Para averiguar a viabilidade da quantidade escolhida por caixa, foi colocada nas caixas *kanban* a quantidade máxima de cada componente que não inviabilizasse o correto armazenamento e transporte. Com base nos resultados observados, procedeu-se à escolha do tamanho da caixa adequado para colocar a quantidade dimensionada para cada componente. Caso um componente, devido ao seu elevado consumo, peso ou volume ocupado não puder ser fisicamente armazenado em 2 caixas *kanban*, poderá ter de ser necessário a utilização de 4 caixas *kanban*, sendo que o componente dispõe de duas posições nas estantes presentes no bordo de linha.

Definidas as quantidades de cada componente *kanban*, partiu-se para a definição do circuito logístico de apoio ao setor, considerando o novo *layout*. Na realidade, tratam-se de dois circuitos distintos: o circuito *kanban*, relativo aos componentes *kanban* e o circuito *junjo*,

relativo aos componentes *junjo* que poderão ser provenientes do armazém de produto em curso ou da zona dos copados.

O circuito *kanban* está integrado no circuito já existente, introduzido nas intervenções anteriores do *Kaizen Institute* em outros produtos da empresa. Neste circuito, realizado duas vezes por semana, o *mizusumashi* recolhe as caixas *kanban* vazias das linhas, levando-as para os respetivos armazéns. Quando chegar aos respetivos armazéns, recolhe as caixas do ciclo anterior (n-1), onde foi reposta a quantidade definida para a caixa *kanban*, entregando-as posteriormente na linha, realizando o reabastecimento traseiro das caixas nas estantes *kanban*, de forma a respeitar o critério FIFO.

O circuito *junjo* funcionará de forma independente, podendo ser consultado na Figura 21. Este circuito, realizado diariamente, inicia-se pela recolha dos contentores *junjo* provenientes do armazém de produto em curso com recurso a empilhador. Estes contentores serão entregues na zona do setor definida, situada junto do posto de Iniciação de Acessórios. À semelhança das estantes *kanban*, foi escolhida esta localização pois é a etapa do processo produtivo de uma cuba que contem a maioria dos componentes que a integram.

Fluxo Logístico Setor das Cubas - Diário

Operador Logístico

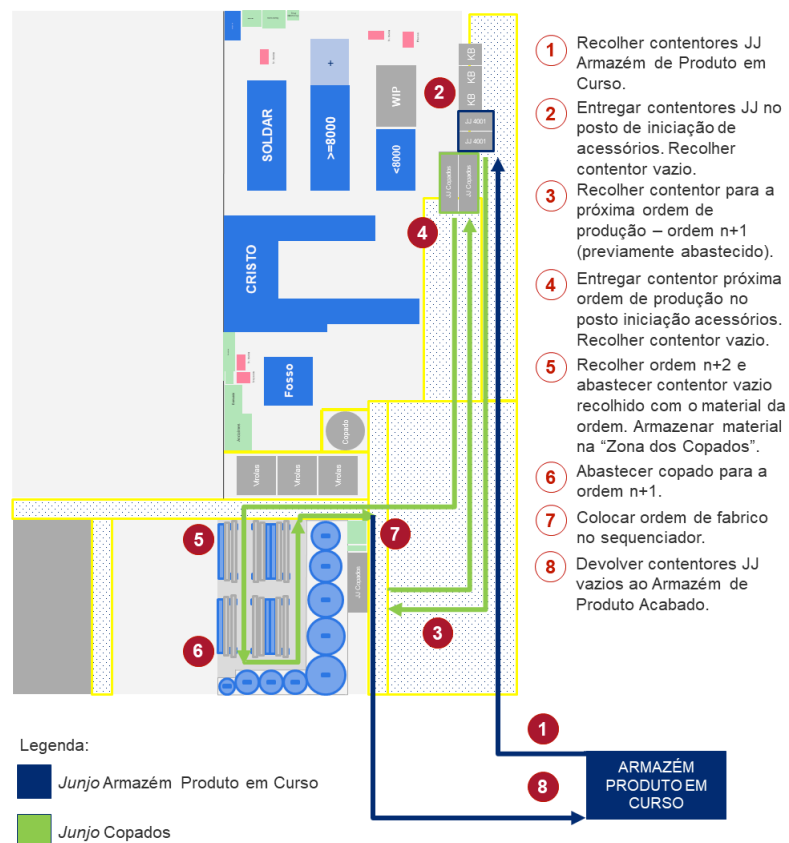


Figura 21 – Circuito Logístico *Junjo* do Setor das Cubas

Após a entrega dos contentores *junjo* do armazém de produto em curso no setor, o operador logístico recolhe os contentores vazios de ordem de fabrico já realizadas pelos operadores. Posteriormente, desloca-se para a zona dos copados, onde irá recolher o contentor *junjo* com os componentes da próxima ordem de produção (ordem n+1), previamente abastecido no ciclo anterior do circuito logístico.

Este contentor é entregue no posto de Iniciação de Acessórios, onde são aplicadas na cuba os componentes do contentor. O contentor relativo ao ciclo anterior, já vazio após a utilização dos componentes por parte dos operadores, é recolhido e abastecido com o material da ordem de produção n+2. Antes de ser abastecido, a ordem de fabrico n+2 será retirada de uma caixa de nivelamento que estará localizada à entrada da zona dos copados, onde estão sequenciadas pelo responsável de setor as ordens de produção das cubas a serem realizadas. Após concluir este ciclo, o operador logístico irá colocar a ordem de fabrico n+2 já preparada no sequenciador, de forma a que as operações sejam devidamente sequenciadas pelos operadores. A Figura 22 ilustra uma possível solução para um sequenciador.

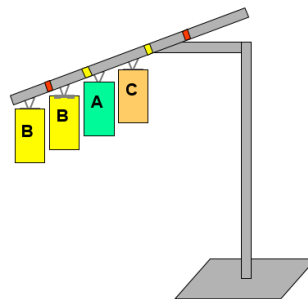


Figura 22 – Exemplo de um Sequenciador in Kaizen (2018)

De seguida, o operador logístico coloca os copados relativos à ordem de produção n+1 no local destinado para este à entrada do setor e devolve o contentor vazio ao armazém de produto em curso.

3.2.4 Dimensionamento de Supermercado Zona dos Copados

A zona dos copados foi criada com o intuito de reduzir o *stock* e o espaço ocupado pelos elementos que eram cortados no Corte e Conformação em lotes com quantidades muito superiores às necessidades dos clientes. Esta situação gerava um acréscimo no custo do material, produzido em excesso, obsolescência e deterioração do material do setor.

Por este motivo, foi decidido que esta zona iria funcionar como um supermercado, tendo sido realizado um dimensionamento do nível de reposição das referências presentes na zona dos copados. No dimensionamento dos supermercados foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Nível de Reposição} = \text{Consumo}_{lead\ time} + \text{Stock de Segurança} \quad (5)$$

Onde:

$$\text{Consumo}_{lead\ time} = \text{Consumo Médio} \times (\text{Lead Time Entrega Normal} + \text{Segurança})$$

$$\text{Stock Segurança} = Z \times \sigma_{consumo} \times \sqrt{(\text{Lead Time Entrega Normal} + \text{Segurança})}$$

Significa então que o nível de reposição, ou seja, a quantidade segundo a qual irá ser despoletada uma ordem de fabrico dos componentes da zona dos copados irá depender de dois componentes, o consumo no *lead time* e o *stock* de segurança.

Para o consumo no *lead time*, é considerado o consumo médio expectável durante o tempo de produção do Corte e Conformação e entrega na zona dos copados, sendo considerado também um *lead time* de segurança, dependente de algumas condições como o *lead time* dos fornecedores, que irão afetar a produção por parte do Corte e Conformação.

Ao consumo no *lead time* é acrescentado o valor do *stock* de segurança, que considera as variações no consumo dos componentes. Para o cálculo deste valor, os componentes da zona dos copados foram classificados em A, B e C, consoante componentes como a variabilidade na entrega por parte dos fornecedores, a rotação do inventário, o preço do componente e a sua criticidade. Consoante a classificação dada, irá ser aplicado um índice multiplicativo distinto ao componente (Z). Na Tabela 5 são apresentados os índices multiplicativos e a respetiva probabilidade de rotura.

Tabela 5 – Classificação ABC no Dimensionamento de Supermercados

Classificação	Probabilidade de Rotura	Índice Multiplicativo (Z)
A	5%	1,645
B	0,577%	2,526
C	0,001%	4,417

Os componentes classificados como C são os componentes com maior fator de segurança e deverão ser aplicados apenas em casos específicos como parafusos, visto serem componentes alta rotação, críticos para a produção, de pequena dimensão e de custo muito baixo. O aumento do nível de reposição deste componente não terá grande impacto no inventário. No entanto, se um determinado artigo for caro, de grande dimensão e pesado, ainda que crítico para a produção, não deverá ser classificado como C, pois isso irá aumentar os níveis de *stock* do artigo para valores inoportáveis em termos financeiros ou para armazenamento físico.

Este índice multiplicativo é aplicado ao desvio padrão, que é dado pela fórmula seguinte:

$$\sigma_{consumo} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (\text{Consumo}_{mês i} - \text{Consumo médio últimos 12 meses})^2}{(\text{Número Total de Meses}-1)}} \quad (6)$$

Para o cálculo do desvio padrão do consumo foi considerado um horizonte temporal de 12 meses.

Por último, considera-se também o *lead time* expectável e o *lead time* de segurança no cálculo do *stock* de segurança. De notar que, à semelhança do dimensionamento das caixas *kanban* no bordo de linha, o valor do nível de reposição e do *stock* de segurança é múltiplo do fator de incorporação máximo de cada componente. Os dados relativos ao dimensionamento do supermercado da zona dos copados poderá ser consultado no Anexo F.

3.2.5 Kaizen Diário no Setor das Cubas

No decorrer do projeto, foram introduzidas as reuniões de Kaizen Diário do setor das cubas. Nestas reuniões, de periodicidade diária, são definidas pelo responsável de setor as cubas a ser produzidas e atribuídas as tarefas a cada operador.

A implementação do Kaizen Diário permitiu monitorizar, dar visibilidade aos operadores sobre o seu desempenho e obter o envolvimento dos colaboradores na identificação de oportunidades de melhoria. Estas ações, em conjunto com o balanceamento de operações e entreajuda que a implementação das fichas normalizadas de trabalho permitiu obter, fizeram aumentar o valor do rendimento do setor. No Anexo G podem ser vistos exemplos de ações de melhoria implementada no setor.

3.2.6 Resultados Obtidos

Na Figura 23 pode ser observada a evolução semanal do indicador do rendimento no setor das cubas.

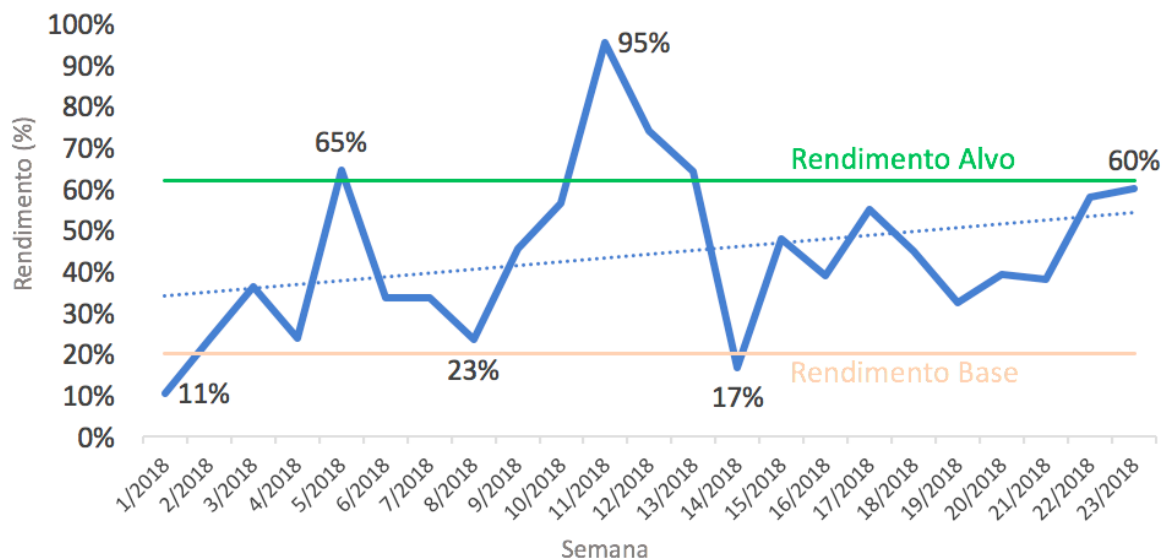


Figura 23 – Evolução Semanal do Indicador de Rendimento no Setor das Cubas

Com o início das reuniões de Kaizen Diário e a implementação de ações de melhoria no setor, foi notória a melhoria no rendimento do setor. Do valor médio de 20% nos três primeiros meses do início do projeto de intervenção do *Kaizen Institute*, o valor subiu para uma média de 49% nas últimas 4 semanas. Com a implementação do novo *layout*, prevê-se a melhoria em 25% do rendimento das últimas 4 semanas, permitindo chegar ao rendimento alvo de 62%.

4 Melhoria da Produtividade dos Robots de Soldadura

Neste capítulo será apresentada a situação inicial deparada nos robots de soldadura, seguido da definição e implementação de soluções de forma a aumentar a ocupação e, consequentemente, a percentagem de arco aberto destes robots.

Em termos de soluções implementadas, foi realizada uma distribuição da carga pelos robots através de um método de priorização multidisciplinar realizado em *workshop* e foi alterado o seu fluxo de planeamento. Foi também definido e alterado o *layout* de um dos robots de soldadura de forma a reduzir tempos de troca de peça (tempo de *setup*).

4.1. Situação Inicial dos Robots de Soldadura

No arranque do projeto de intervenção do *Kaizen Institute*, foi detetado um desaproveitamento na utilização dos cinco robots de soldadura presentes nas instalações fabris da empresa. Dada a falta de capacidade produtiva disponível, a ocupação destas máquinas revelou-se de extrema importância para mitigar este problema. A Figura 24 evidencia a falta de ocupação deparada antes da intervenção do *Kaizen Institute*, considerando os dados das primeiras 4 semanas de medição do indicador. Por ocupação considera-se a proporção do tempo em que o robot está em movimento.

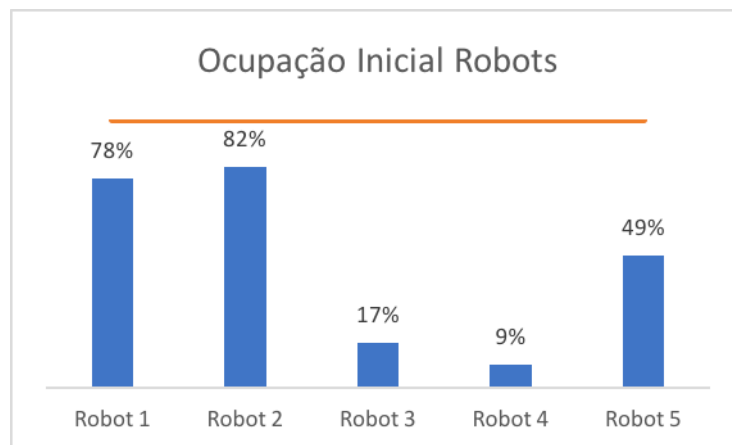


Figura 24 – Ocupação Inicial dos Robots de Soldadura

Como se pode observar, a utilização dada a estes equipamentos não correspondia ao capital investido na sua compra, estando os cinco robots apenas a ser utilizados em média 3,76 horas das 8 horas de abertura possíveis nas primeiras 4 semanas de medição, dado que a fábrica trabalha a um turno. Esta situação vai em completo contraciclo com a necessidade de resposta de muitos setores à carteira de encomendas atual, entre os quais o setor das cubas. No caso concreto das cubas, seriam necessárias 14,21 horas diárias de trabalho de cada um dos operadores atualmente presentes no setor para responder às solicitações do mercado, dada a carteira de encomendas atual. Dado esta falta de balanceamento entre a utilização dos robots e a capacidade produtiva dos setores, foi realizado um projeto com vista à maximização da

utilização destes ativos. A Figura 25 mostra um dos robots de soldadura que a empresa possui.



Figura 25 – Robot de Soldadura da Empresa

Dada a falta de ocupação dos robots de soldadura, definiu-se como primeira prioridade a ocupação destes. Com este objetivo em mente, foram identificadas as principais causas desta falta de ocupação, tendo a falta de planeamento dos robots e a falta de referências a lhes serem alocadas sido identificadas como as principais causas da falta de ocupação. Revelou-se, portanto, de extrema importância a distribuição da carga a ser alocadas aos robots e a intervenção no fluxo de planeamento dos robots.

Outros problemas identificados no início do projeto foram a falta de organização dos robots de soldadura e a falta de monitorização do seu desempenho. Por este motivo, definiu-se no plano de ações a definição de um indicador que permitisse monitorizar o desempenho dos robots e possíveis alterações de *layout* que pudessem aumentar o rendimento dos robots.

4.1.1 Distribuição de Carga dos Robots: Situação Inicial

No início do projeto desta dissertação a situação inicial revelou uma falta de distribuição da carga alocadas aos robots de soldadura. Por um lado, existiam muitas referências a serem produzidas em robot que não estavam identificadas em sistema como referências a serem soldadas por um robot e por outro lado havia referências indicadas em sistema para serem produzidas em robot que na prática eram soldadas manualmente. Para além da falta de distribuição de carga para cada robot, esta situação também tinha implicações na forma como o planeamento dos robots era efetuado, já que não existia uma correta indicação de quais as referências a serem alocadas aos robots.

Para além da alocação incorreta das referências aos respetivos robots em sistema, a escolha das novas referências a serem produzidas em robot não seguiam uma estrutura definida. Neste sentido, surge a necessidade de efetuar essa escolha por parte de uma equipa multidisciplinar através de uma abordagem estruturada. Esta definição é particularmente importante devido a todo o processo inerente à validação de novas referências a serem produzidas em robot, especialmente devido à necessidade de desenhar e produzir gabaritos que permitam a correta execução das peças por parte dos robots. Todo o processo até à validação de um determinado

conjunto de peças para produção em robot tem um *lead time* elevado podendo, por vezes, demorar meses.

4.1.2 Planeamento dos Robots: Situação Inicial

A alocação das referências para os robots era definida de forma pouco estruturada pelo responsável de setor onde o robot se localiza mediante a sua necessidade e do conhecimento das referências a serem produzidas em robot, sem qualquer indicação do que deveria ser alocado aos robots por parte do Planeamento de Produção ou da Preparação de Trabalho, entidades responsáveis pelo planeamento de produção de toda a fábrica.

Analisando o processo de planeamento dos robots em detalhe, este insere-se no processo de planeamento normal de um qualquer produto, já que os robots soldam referências de cadeias de valor diferentes. Na Figura 26 pode ser visto o fluxo de planeamento encontrado no início do projeto desta dissertação.

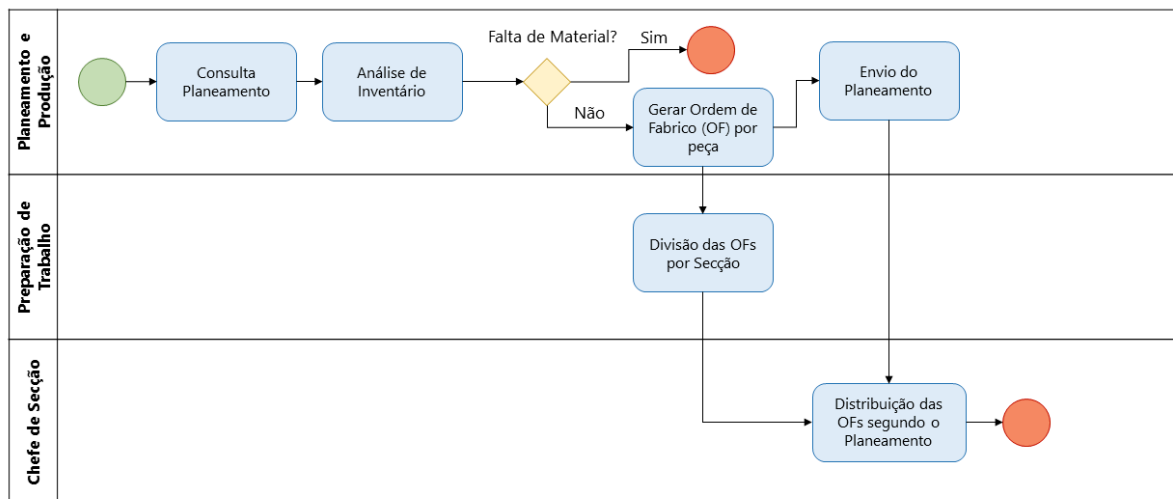


Figura 26 – Fluxo de Planeamento Inicial dos Robots de Soldadura

O processo inicia-se com a consulta do plano de produção por parte do Planeamento de Produção. Este plano poderá ser trimestral, caso se esteja a analisar o Corte e Conformação, semanal caso se refira ao abastecimento dos setores onde o planeamento em *pull* ainda não tenha sido implementado ou diário, caso se esteja a analisar os produtos onde o planeamento em *pull* já foi implementado. Mediante este planeamento, o sistema irá gerar as ordens de fabrico das referências relativas à produção dos respetivos produtos.

Antes de liberar uma ordem de fabrico, ou seja, antes de a entregar ao responsável de setor para se proceder à produção da referência da ordem, é necessário consultar se existe inventário suficiente para a sua liberação. Caso exista *stock* suficiente para produzir a referência relativa a uma determinada ordem de fabrico, esta poderá ser liberada e entregue ao responsável de setor. Caso contrário, permanecerá na Preparação de Trabalho até serem reunidas as condições para a sua liberação.

Assim que uma ordem de fabrico for gerada, será dividida consoante a secção de destino (Corte e Conformação, Montagem ou Acabamentos) e, no caso de se tratar de uma ordem para as secções de montagem ou acabamentos, será ordenada por produto. As ordens de fabrico liberadas são entregues ao responsável de setor, que irá proceder à sua distribuição consoante o plano de produção.

4.1.3 Monitorização do Desempenho dos Robots

Após a identificação da necessidade de monitorização do desempenho dos robots, procedeu-se à construção de um indicador que refletisse de forma fiel o seu desempenho. O indicador escolhido foi a percentagem de arco aberto, ou seja, a proporção do tempo que o robot está a soldar relativamente ao tempo total de abertura, determinado pelo tempo de trabalho do operador do robot. Não deve ser confundido com a percentagem de ocupação apresentada na Figura 24, que considera o movimento dos robots e não a soldadura sendo, naturalmente, um valor superior. Para calcular o indicador, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Arco Aberto \%} = \frac{\text{Tempo de soldadura em Arco Aberto}}{\text{Tempo total de trabalho do operador do robot}} \quad (7)$$

Definido o indicador, o valor de soldadura em arco aberto foi retirado das consolas dos robots, com uma periodicidade semanal. O valor obtido nas primeiras 4 semanas de medição do indicador foi de 27,5%, evidenciando mais uma vez a falta de utilização dada aos robots. Foi definido como objetivo de projeto atingir os 40% de percentagem de arco aberto.

Em suma, para aumentar a percentagem de arco aberto dos robots de soldadura, é essencial a realização do planeamento e correta alocação das referências a serem produzidas. Isto irá permitir aumentar a capacidade produtiva na fábrica, essencial para fazer face à carteira de encomendas que a empresa tem de momento.

4.2. Melhoria de Desempenho dos Robots de Soldadura

Como referido anteriormente, os robots de soldadura permaneciam altamente inutilizados à data de início do projeto desta dissertação. Como tal, foi decidida a criação de um *workshop* semanal onde a equipa de projeto ficaria responsável pela tomada de decisões que permitissem aumentar a utilização dos robots.

Foi decidido intervir nas duas principais causas identificadas para a falta de utilização dos robots: a falta de distribuição de carga alocada a cada robot e a falta de planeamento dos robots. Também foi desenhado e implementado um novo *layout* para um dos robots de soldadura, assim como o *standard* de abastecimento logístico e balanceamento de operações a realizar no robot.

4.2.1 Distribuição de Carga dos Robots de Soldadura

Numa primeira fase, após ser detetado que as referências não estavam corretamente alocadas aos robots, foi decidido proceder a uma alteração de toda a base de dados do sistema. Em primeiro lugar, foram criadas as máquinas para os robots 1, 2 e 5, pois ainda não existiam no sistema. Desta forma, não era possível saber quais as referências que deveriam ser soldadas em cada robot, sendo essa alocação referida pelo responsável de setor.

Após observar as referências já alocadas no sistema para os robots 3 e 4, concluiu-se que não correspondiam às referências que estavam a ser soldadas nos robots, não existindo gabaris para a grande maioria dos componentes, após ter sido feito o levantamento dos gabaris presentes nos robots. Os componentes que não poderiam ser produzidos em robot foram retirados da base de dados dos robots. Posteriormente, foram retirados das consolas dos robots a listagem dos códigos dos programas realizados nos robots, que correspondem ao código do componente a ser soldado. Esta reestruturação da base de dados dos robots permitiu facilitar a

alocação dos componentes a serem realizados nos robots por parte da Preparação de Trabalho, antes de entregar as ordens de fabrico ao responsável de setor.

No entanto, as referências alocadas aos respetivos robots não eram suficientes para ocupar os robots a tempo inteiro, nomeadamente os robots 3,4 e 5. Neste sentido, foi desenvolvido um método de alocação das novas referências a serem alocadas aos robots pela equipa de projeto. Esta escolha é particularmente importante devido ao *lead time* que decorre desde o início da modelação do novo gabari a produzir para as novas referências e a finalização da sua construção. O método de decisão escolhido foi a matriz de impacto/facilidade que avalia, por um lado, a facilidade de realização do gabari para a soldadura das referências em robot e por outro, o impacto que isso irá ter na ocupação dos robots de soldadura e na produção da fábrica, considerando critérios como o consumo do componente e o tempo de soldadura por peça. Na Figura 27 é possível observar a matriz de impacto/facilidade implementada.

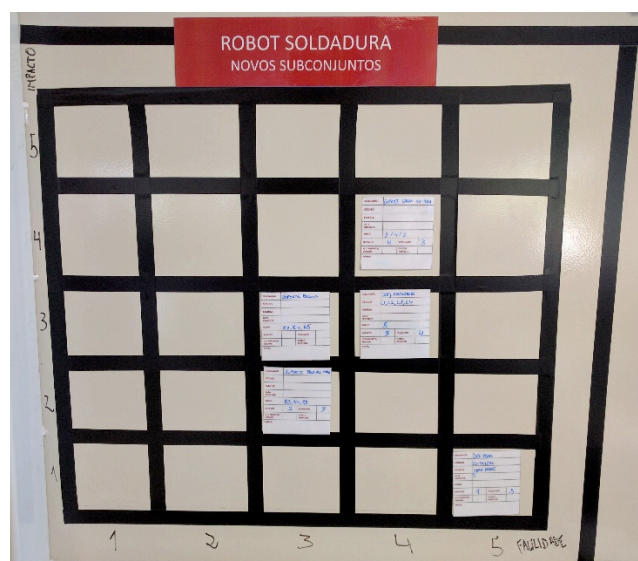


Figura 27 – Matriz de Impacto/Facilidade para Alocação de Novas Peças para Robot

No entanto, devido ao elevado *lead time* decorrente da produção de novos gabaris, procurou-se encontrar formas alternativas para acelerar o número de referências a serem alocadas aos robots. Através das reuniões de Kaizen Diário, foram detetadas mais referências passíveis de serem produzidas nos robots por já terem gabari ou por a produção de um gabari ser um processo mais simples do que um gabari convencional. Os casos onde teria de ser produzido um gabari tratam-se de peças *standard*, com pouca complexidade e que por isso rapidamente poderiam ser desenvolvidos e aprovados para produção interna. Estas referências foram posteriormente avaliadas em *workshop* e, mediante critérios como o tempo de soldadura e o consumo anual, poderiam ou não incorporar a gama operatória dos robots de soldadura. Isto permitiu criar um fluxo de atualização constante da gama operatória dos robots de soldadura. De forma a reduzir o *lead time* de produção de gabaris, está a ser avaliada a possibilidade de subcontratar serviços externos para a construção dos gabaris.

4.2.2 Planeamento dos Robots de Soldadura

O fluxo de planeamento dos robots apresentava deficiências que não permitiam planear corretamente as referências a serem produzidas nos robots. Como tal, este fluxo foi alterado de forma a aumentar a ocupação dos robots de soldadura. Visto que o planeamento realizado pelo Planeamento de Produção e pela Preparação de Trabalho engloba todos os produtos da

empresa e os robots inserem-se apenas na componente de soldadura do fluxo produtivo dos produtos, optou-se por não intervir nuclearmente no modo como o planeamento é realizado.

No entanto, foram identificados problemas na forma como o planeamento era realizado sobre os quais se podia atuar. Um dos grandes problemas da falta de planeamento dos robots residia nas faltas de material provenientes do armazém de produto em curso e dos armazéns de produtos comprados. Como tal, o planeamento das requisições de material a serem disponibilizados nos robots 3, 4 e 5 foi integrado nas caixas logísticas destes armazéns, de forma a planear e acelerar o processo de requisição de material dos armazéns. Isto permitiu a disponibilização dos materiais nos robots de soldadura quando estes eram necessários, permitindo reduzir as falhas dos armazéns em fornecer material para os robots. Na Figura 28 é possível observar uma das caixas logísticas referidas.



Figura 28 – Caixa Logística de um armazém da empresa

De forma a introduzir um planeamento mais estruturado dos robots de soldadura, foi alterada a forma como as ordens de fabrico eram entregues aos chefes de setor. Para além da divisão das ordens de fabrico por setor, já realizada anteriormente, as ordens de cada secção passaram a ser também ordenadas por ordens para produção em robot e produção manual, sendo indicado qual o robot onde cada ordem deveria ser produzida. Esta alteração apenas foi possível após renovação da base de dados dos robots de soldadura, apresentada anteriormente.

Foram também criadas reuniões de Kaizen Diário nos robots de soldadura. Na Figura 29 pode ser observado o quadro de Kaizen Diário implementado para os robots 3, 4 e 5.



Figura 29 – Quadro de Kaizen Diário dos Robot 3,4 e 5

Nestas reuniões, de periodicidade diária, o responsável de setor realiza o planeamento semanal das referências a serem produzidas em robot, colocando a sequenciação das ordens de fabrico a serem realizadas fisicamente no quadro. À medida que os operadores iniciam uma ordem de fabrico, estas vão sendo retiradas do quadro, sendo repostas novas ordens de fabrico nas reuniões subsequentes.

Com este planeamento pretende-se antecipar a falta de carga nos robots, o maior problema proveniente da falta de planeamento. Este formato é particularmente eficaz pois permite dar visibilidade ao responsável de setor sobre a carga que cada robot tem e ao operador, que passa a ter uma sequência definida de ordens de fabrico a produzir, ordens essas que vão de encontro às necessidades de produção da empresa. Nestas reuniões, são também monitorizados os indicadores dos respetivos robots e identificadas oportunidades de melhoria, com especial ênfase na identificação de novas referências a serem produzidas em robot. Na Figura 30 pode ser consultado o novo fluxo de planeamento dos robots de soldadura, sendo que os novos elementos do processo estão identificados a verde, nomeadamente a introdução da caixa logística, da separação das ordens de fabrico por robot e do planeamento da produção dos robots nos quadros de Kaizen Diário.

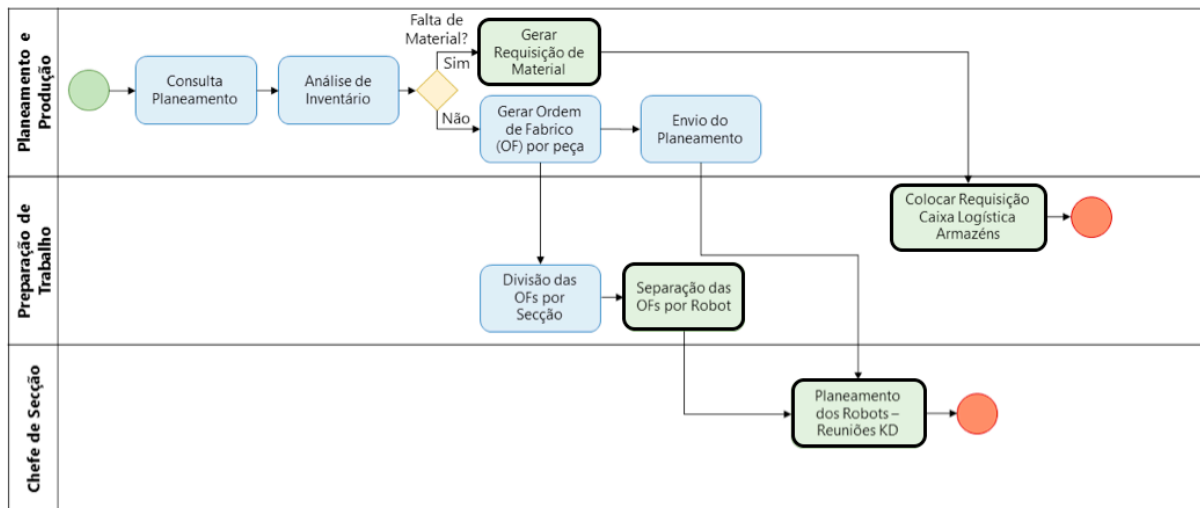


Figura 30 – Novo Fluxo de Planeamento dos Robots de Soldadura

4.2.3 Ferramenta de Planeamento dos Robots

Como referido anteriormente, a falta de carga nos robots pode dever-se tanto à falta de volume de trabalho relativo às referências passíveis de serem soldadas a robot como à forma como o planeamento é feito. O planeamento realizado até à data tem revelado bons resultados, no entanto, ainda existem algumas situações onde os robots têm falta de carga, ainda que menos frequentes. No sentido de reduzir a falta de carga devido à falta de planeamento num ponto mais a montante do que o intervencionado até à data, foi desenvolvida uma ferramenta de planeamento da carga alocada aos robots, de forma a dar visibilidade ao Planeamento de Produção sobre a carga que cada robot tem a si alocado, minimizando possíveis situações de falta de carga com a devida antecedência.

Ao abrir a ferramenta, o planeador deverá, em primeiro lugar, indicar quantas horas de abertura cada robot irá ter para as semanas a serem planeadas. Na Figura 31 pode ser consultada a página inicial da ferramenta de planeamento com as horas semanais de abertura de cada robot.

FERRAMENTA DE PLANEAMENTO ROBOTS DE SOLDADURA														
Horas de Abertura														
1. Inserir Horas de Abertura de cada robot														
Robot	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
2	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
3	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
4	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
5	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Figura 31 – Página Inicial da Ferramenta de Planeamento dos Robots de Soldadura

De seguida, deverá consultar a lista de “Pendentes”, que dá a informação sobre todas as ordens de fabrico abertas e que estão alocadas aos robots de soldadura. Esta lista pode ser obtida do sistema de informação da empresa por qualquer colaborador a quem seja dado acesso e importada para esta ferramenta. Na Figura 32 pode ser observada a lista de “Pendentes”.

LISTA DE ORDENS PENDENTES PARA ROBOT														
2 - Carregar Novas OFs														
Data Inicio	Centro Trabalho	Ordem	Grupo	Item	Descricao	Máquina	Tarefa	Operação	Status da	Quantidade	Horas	% ocupacao	Informação	Nova?
21/08/2017	P6R	P6S	900029467	51520099	RODA CHAPA REB. PEDRA	46RB01	4610	20	Ativo	5	16	4	10 RODAS 10 FUROS P/ CAS	
24/08/2017	P6R		900030045	51116996	CAVILHA diam.25mm L=125	46RB01	4610	10	Pronto par S	5	20	0.3333	0.83 GRADES HVRG / 3º TRIM.	
24/08/2017	P6R	SHS	900030058	51501879	CAVILHA CONJ. diam.25mm L=76	46RB01	4610	10	Pronto par S	5	23	0.3833	0.96 GRADES HVRG / 3º TRIM.	NOVA
24/08/2017	P6R		900030175	51117174	CONJ. APOIO CHUMACEIRA HVRG	46RB01	4610	10	Pronto par S	5	55	9.1844	22.96 GRADES HVRG / 3º TRIM.	
28/08/2017	P6R		900030175	51117174	CONJ. APOIO CHUMACEIRA HVRG	46RB01	4610	10	Pronto par S	5	37	6.1489	15.37 GRADES HVRG / 3º TRIM.	
19/09/2017	P6R		900035650	Reboques Taipais	51508199	CONJ. CAVILHA BASCULAMENTO	46RB01	4610	10	Pronto par S	15	0.375	0.94 REBOQUES GRANDES 3º TRIM.	
21/09/2017	P6R	M2I M2D	900034951	Reboques Taipais	51514593	CHASSIS SUP. D1ET 6250-MET.	46RB01	4610	20	Planejado	2	2.5	6.25 REBOQUES GRANDES 3º TRIM.	

Figura 32 – Lista de “Pendentes”

Comparando as ordens de fabrico da lista de “Pendentes” com as ordens de uma outra lista, a lista de “Sequenciamento”, onde estão sequenciadas as ordens de fabrico já existentes, é possível verificar quais as ordens de fabrico novas. Clicando no botão presente na Figura 32, as novas ordens de fabrico da lista de “Pendentes” irão ser copiadas para uma outra lista, a lista de “Novas Ordens”. A este botão está associada uma macro programada na linguagem VBA, que poderá ser consultada no Anexo H.

Esta lista irá permitir ao utilizador ter visibilidade sobre as novas necessidades de produção que surgiram desde a última atualização da lista de “Pendentes”. Na Figura 33 pode ser consultada a lista de “Novas Ordens”.

NOVAS ORDENS									
3 - Carregar Sequenciador									
Data inicio	Ordem	Item	Descricao	Máquina	Status da	Quantidade	Horas	Nova?	
2/9/2018	90004345	51116988	CORPO ESTR. CONJ.TR. 24/26-260	46RB02	Planejado	3		1 NOVA	
2/9/2018	90004346	51116989	CORPO ESTR. CONJ.FR. 28/30-260	46RB02	Planejado	5	1.6667	NOVA	
2/9/2018	90004347	51116990	CORPO ESTR. CONJ.TR. 28/30-260	46RB02	Planejado	5	1.6667	NOVA	
2/9/2018	90004348	51107474	CORPO ESTR. CONJ.FR -26 DISCOS	46RB02	Planejado	15		5 NOVA	
2/9/2018	90004349	51114165	CORPO ESTR. CONJ.TR -26 DISCOS	46RB02	Planejado	15		5 NOVA	
2/12/2018	90004350	51119169	SUPORTE CHUMACEIRA HVRP	46RB02	Pronto par S	156		26 NOVA	

Figura 33 – Lista de “Novas Ordens”

Após ser dada a visibilidade sobre as novas ordens de fabrico para os robots, pretende-se juntá-las às ordens já existentes que ainda não foram concluídas. Ao clicar no botão presente na Figura 33, as novas ordens serão carregadas para a lista de “Sequenciamento”. O código associado ao botão poderá também ser consultado no Anexo H. Na Figura 34 pode ser observada a lista de “Sequenciamento” das ordens de fabrico a serem produzidas em robot.

SEQUENCIAMENTO ROBOTS										4 - Apagar Ordens Terminadas		5 - Alocar Carga aos Robots		6 - Redistribuir Carga				
Data inicio	Ordem	Item	Descricao	Máquina	Status da	Qtz	Horas	Robot	Alocar?	PR?	Estado PR	Consola?	1	2	3	4	5	Carga Acum.
25/01/2018	900054381	50418266	CONJ.LAT. DTA GRIFA GB.V.2013	46RB01	Ativo	6	0.2000	3	S			NÃO						0.20
09/02/2018	900045170	51116989	CORPO ESTR. CONJ.FR. 28/30-260	46RB02	Planejado	5	1.6667	4	S			SIM	0	0	1	0	0	2.33
10/04/2018	900045276	51119171	SUPORTE CHUMACEIRA EM U HVRP	46RB02	Pronto par S	14	2.3333	4	S			SIM	0	0	0	1	0	2.33
12/04/2018	900065113	51115374	CONJ. REGULADOR	46RB01	Pronto par S	16	0.6667	1	S		PR Grades OK	SIM	1	0	1	1	0	1.17
13/04/2018	900032153	51511745	CAVILHA CIL SUP	46RB02	Terminado	3	0.0660	4	S			NÃO						2.33
13/04/2018	900049591	51106083	CAVILHA diam.25mm L=90	46RB03	Planejado S	16	0.2657	5	S			NÃO						0.00
13/04/2018	900052442	51508199	CONJ. CAVILHA BASCULAMENTO	73RB2	Planejado S	9	0.2250	2	S			NÃO						0.00
13/04/2018	900040265	50418626	APOIO DTO CIL HC 20	73RB1	Terminado	1	0.0500	1	S			SIM	1	0	0	0	0	1.37
14/04/2018	900045285	51500588	CONJ.LAT. ESQ GRIFA GB.V.2013	73RB1	Pronto par S	30	0.5000	1	S			SIM	0	0	0	1	0	1.37
14/04/2018	900059019	50418627	TAMPÃO CUBO 16" RS/RD	46RB01	Pronto par S	28	1.4214	3	S			NÃO						1.69
14/04/2018	900059021	50418629	APOIO ESQ. CIL HC 20	73RB2	Pronto par S	5	1.4214	2	S			NÃO						1.42
14/04/2018	900063350	50418260	BALDE P/GRIFA JD.L=2450-V.2013	46RB02	Planejado	5	8.3333	4	S			NÃO						0.00
14/04/2018	900054382	50418267	TAMPÃO CUBO 16" RS/RD	73RB1	Ativo	6	0.2000	1	S			NÃO						0.70

Figura 34 – Lista de “Sequenciamento”

Com esta lista pretende-se que seja feita uma ordenação das OFs a produzir através da data de início de produção e qual o robot que irá produzir a peça a que a ordem se refere.

O primeiro passo que o utilizador deve realizar ao abrir a lista será retirar as ordens que já foram terminadas (Passo 4 da Figura 34). As ordens de fabrico terminadas são identificadas pela ferramenta pois não estão presentes na lista de “Pendentes”. Após apagar as ordens

terminadas, o utilizador terá a lista de todas as ordens abertas para os robots. Estas ordens já têm a indicação do sistema sobre o qual o robot a que a referência a ser produzida está alocada.

Através da coluna “Alocar?” (Passo 5 da Figura 34), o planeador poderá alocar a carga, em horas, da ordem de fabrico ao respetivo robot. Mediante as ordens alocadas, a ferramenta dará visibilidade ao utilizador sobre a carga que cada robot tem a si alocada. A Figura 35 demonstra o *dashboard* da ferramenta que permite dar a referida visibilidade da carga de cada robot num horizonte temporal de duas semanas.

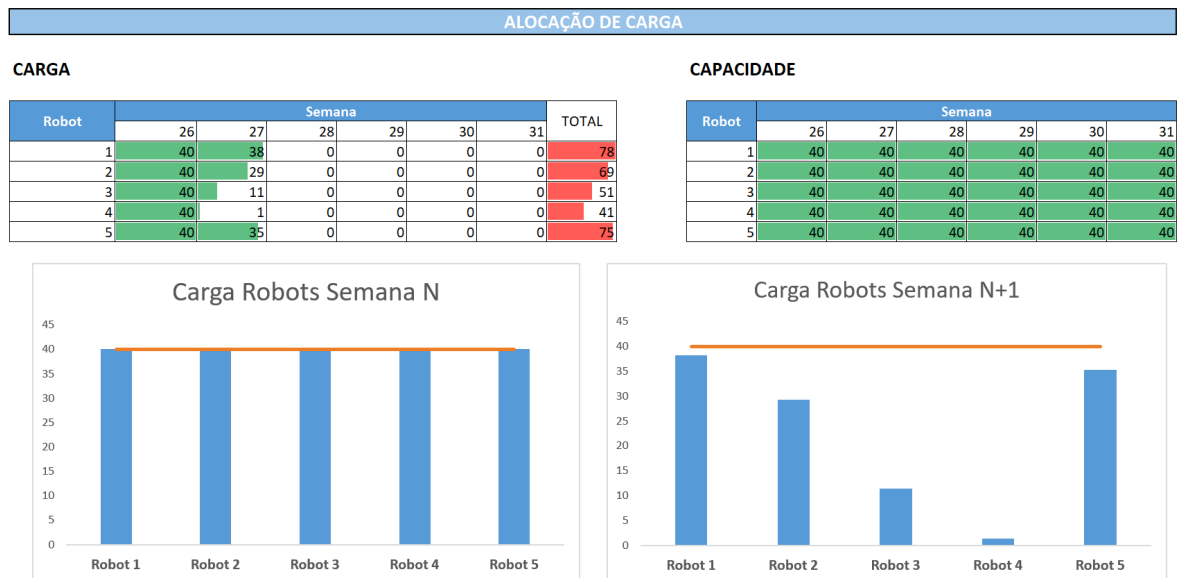


Figura 35 – *Dashboard* da Ferramenta de Planeamento dos Robots

Nos casos em que exista falta de carga em algum dos robots, o utilizador poderá redistribuir a carga pelos robots (Passo 6 da Figura 34). Na lista de “Sequenciamento” é dada a informação sobre quais as consolas dos robots em que a referência da ordem de fabrico está presente. Isto significa que o robot já produziu essa referência, indicando que está preparado para a produzi-la se necessário. Com esta informação, o planeador poderá alterar o robot que irá produzir a referência desejada, redistribuindo a carga entre os robots.

A ferramenta ainda não está a ser utilizada pelos colaboradores do Planeamento de Produção. Isto deve-se ao facto de ser necessário um trabalho de triagem de ordens de fabrico antigas que ainda aparecem como pendentes. Assim que seja realizado este trabalho, esta ferramenta permitirá melhorar a gestão da carga dos robots e contribuir para o aumento da utilização dos robots de soldadura.

4.2.4 Alteração *Layout* Robot 5

Após realizar o planeamento e distribuição de carga dos robots de soldadura, verificou-se que o robot 5, ainda que não tenha sido tão afetado pela de falta de carga como os robots 3 e 4, não tinha o rendimento dos robots 1 e 2.

O robot tem duas estações de trabalho, capazes de suportar até cinco gabaris por estação, o que significa que tem bastante flexibilidade produtiva. Tratava-se, portanto, de um robot subaproveitado. Acrescido a este subaproveitamento, não existia um *layout* definido para o bordo de linha do robot, sendo que as peças eram colocadas de forma arbitrária nas

imediações deste. Neste sentido, foi decidido reorganizar o *layout* do robot. O novo *layout* do robot pode ser observado na Figura 36.

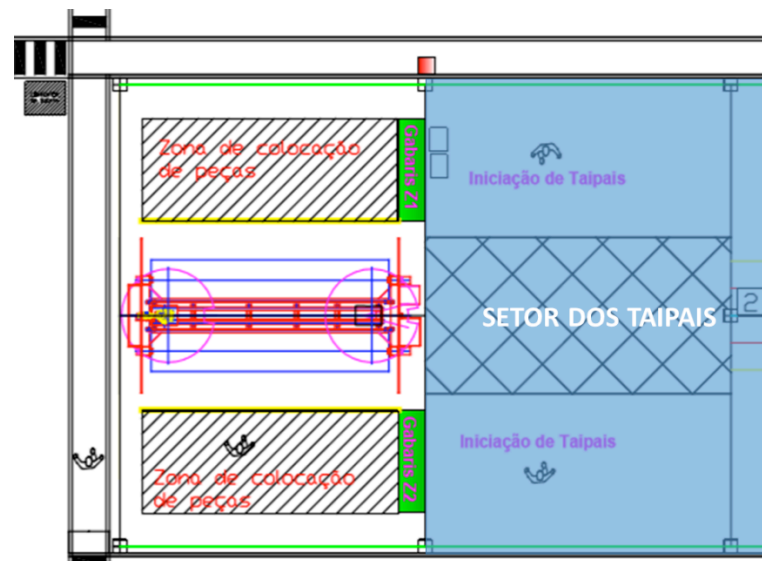


Figura 36 – Novo *layout* do Robot 5

De forma a minimizar as deslocações e procura pelos gabaris relativos às referências a serem soldadas no robot, foram colocados no bordo de linha das duas estações estantes com os gabaris utilizados em cada estação. Os gabaris foram organizados por produto da referência a ser soldada, de forma a minimizar o tempo perdido a encontrar o gabari correto.

No sentido de minimizar o tempo de preparação dos componentes, foi criado um *standard* de abastecimento do robot, onde o material a ser soldado deverá ser colocado por cima de mesas de abastecimento situadas junto às estações. A Figura 37 mostra uma das estantes de gabaris e uma das mesas de abastecimento implementadas.



Figura 37 – Estante de Gabaris e Mesa de Abastecimento do Robot 5

Não basta introduzir o suporte físico para realizar o balanceamento das operações. É também necessário planear as operações do robot de forma a que este não pare de soldar. Nesta ótica, foi desenvolvido um *standard* de balanceamento do robot, onde o operador efetua o registo do tempo de soldadura e o tempo de preparação do gabari de cada referência a ser soldada nas diferentes posições disponíveis. Na Figura 38 pode ser observada a ficha de balanceamento colocada no robot 5.

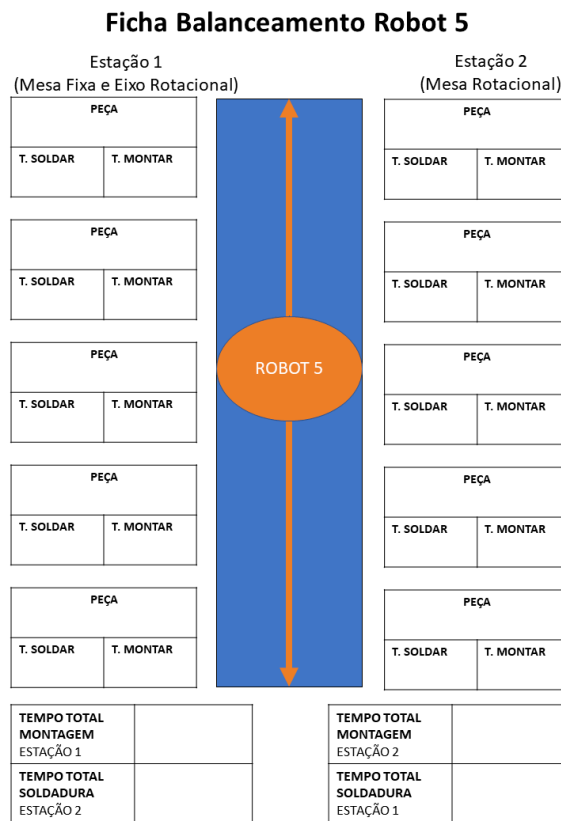


Figura 38 – Ficha de Balanceamento do Robot 5

A lógica deste registo será dar visibilidade tanto ao operador como ao responsável dos robots de soldadura sobre o tempo total de soldadura e de montagem de gabari de cada estação, permitindo planejar o posicionamento das referências a produzir. A lógica inerente ao balanceamento dita que o tempo de montagem dos gabaris deverá ser inferior ao tempo de soldadura, de forma a evitar a paragem do robot.

4.2.5 Resultados Obtidos

Desde a introdução do *workshop* dos robots de soldadura, a tendência tem sido de constante aumento do indicador da percentagem de arco aberto. O indicador subiu de um valor inicial de 27,5%, relativo às primeiras quatro semanas de medição para um valor de 42,4% nas últimas 4 semanas, valor superior ao objetivo do projeto de 40%, o que totaliza um aumento de 14,9% no tempo de soldadura. Na Figura 39 pode ser observada a evolução semanal do indicador.

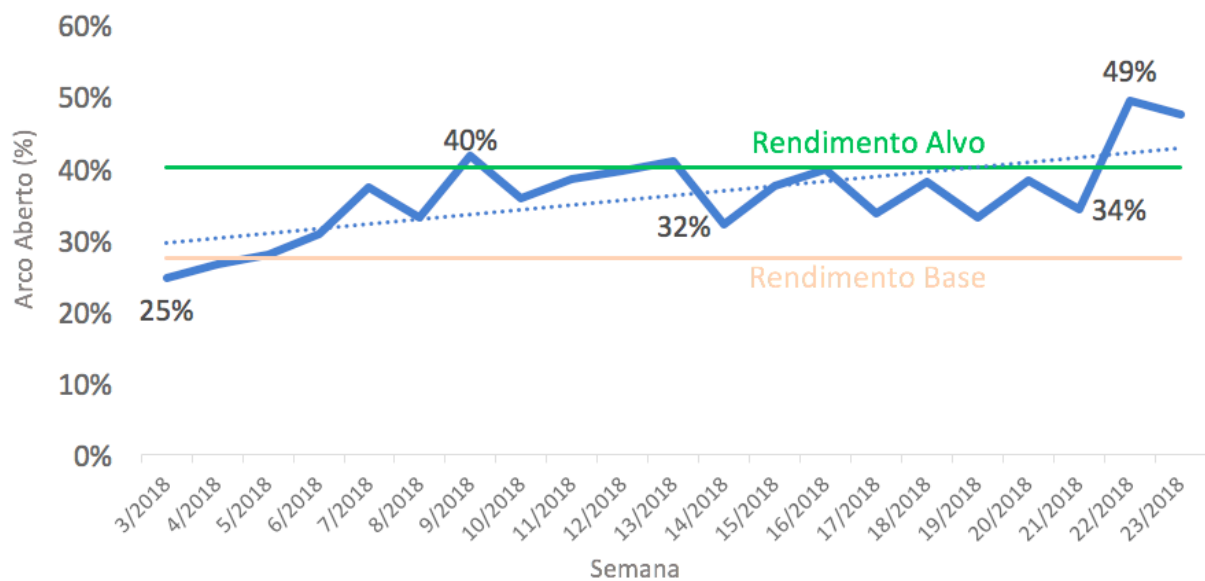


Figura 39 – Evolução Semanal da Percentagem de Arco Aberto dos Robots de Soldadura

Com a melhoria do indicador, foi possível aumentar a capacidade produtiva da fábrica sem investimento adicional de capital. Na Tabela 6 é possível observar a quantificação do ganho obtido com o aumento da utilização dos robots de soldadura.

Tabela 6 – Ganhos nos Robots de Soldadura

Situação	Percentagem de Arco Aberto	Tempo de Soldadura em Arco Aberto (horas/semana)	Tempo de Soldadura Manual (horas/semana)	Número de FTEs	Equivalente Anual (€/ano)
Base	27,5%	55,0	275	6,88	103,125.00 €
Atual	42,4%	84,8	424	10,6	159,000.00 €
Ganho	14,9%	29,8	149	3,73	55,875.00 €

O aumento de 14,9% na percentagem de arco aberto significa que cada robot está a soldar em média mais 5,96 horas por semana. Sabendo que a empresa dispõe de cinco robots de soldadura, o número de horas extras de soldadura sobe para 29,8 horas. Como referido anteriormente (ver 2.2.1 Produtividade Homem-Máquina) os operadores manuais estão, em média, 20% do seu tempo a soldar, ou seja, um quinto do tempo total. Significa então que as 29,8 horas de soldadura adicionais que os robots estão a soldar correspondem a 149 horas semanais de soldadura manual, ou a um aumento de 3,73 FTEs em relação ao valor do início do projeto (considerando um turno de 8 horas diárias). Significa então que o aumento da percentagem de arco aberto permitiu a libertação de 3,73 operadores para executarem outras tarefas de soldadura, aumentando a capacidade produtiva da fábrica. Considerando um valor de 15,000.00 € de encargos anuais de um operador, a libertação de 3,73 FTEs decorrente do aumento do tempo de soldadura dos robots permitirá à empresa uma poupança anual de 55,875.00 €.

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

No decurso desta dissertação foram desenvolvidas várias ações de melhoria nos dois *workshops* realizados, relacionados com o setor das cubas e com os robots de soldadura.

No setor das cubas, as ações de melhoria decorrentes das reuniões de Kaizen Diário e o balanceamento de operações permitiram a melhoria dos valores do rendimento dos operadores. Na Tabela 7 é possível ver os ganhos obtidos até à data e os potenciais ganhos com a implementação das medidas planeadas.

Tabela 7 – Ganhos no Setor das Cubas

Situação	Número de Operadores	Tempo de Abertura Diário	Tempo Produtivo Diário	Rendimento	Produção Anual (cubas/ano)	Ganho de Produção (cubas/ano)	Lucro Potencial (€/ano)
Base	3	1440	288	20%	64	-	-
Atual	3	1440	706	49%	158	93	232,500.00 €
Objetivo	3	1440	893	62%	199	135	337,500.00 €

Com os valores atuais de rendimento do setor, a melhoria do rendimento permite produzir 158 cubas por ano, o que equivale a um aumento de produção anual de 93 cubas. Segundo dados fornecidos pela empresa, a margem bruta média da execução de uma cisterna é de cerca de 2,500.00 €. Significa então que o aumento de produção de 93 cubas representa um lucro anual potencial de 232,500 € em relação ao rendimento base.

As alterações no setor já foram iniciadas, prevendo-se que sejam finalizadas em breve. Com o novo *layout*, prevê-se um aumento da produtividade em 25%, atingindo o rendimento objetivo de 62% até Outubro de 2018. Com este nível de rendimento, a produção anual estimada subirá para 199 cubas por ano, o que representa um aumento de 135 cubas face ao valor base. Este valor representa um lucro anual potencial de 337,500.00 € em relação ao rendimento base.

A implementação dos circuitos logísticos de abastecimento ao setor irá permitir a disponibilização dos componentes necessários à hora necessária, quer se tratem de componentes *kanban* ou *junjo*. Isto irá permitir maximizar o tempo de valor acrescentado dos operadores, que se irão focar nas tarefas produtivas. Neste circuito estão previstos também a implementação de um supermercado na zona de copados, que irá permitir reduzir o valor do *stock* sobredimensionado destes elementos até então presente no setor e responsável por muitos constrangimentos de espaço. Neste supermercado, serão também implementados uma caixa logística e um sequenciador, que permitirão o correto funcionamento do circuito logístico *junjo* dos copados.

Quanto aos robots de soldadura, as alterações no fluxo de planeamento e o critério de distribuição da carga alocadas aos robots permitiram aumentar a sua utilização, espelhada na percentagem de arco aberto isto é, a proporção de tempo de abertura que o robot está a soldar. Com a implementação destas medidas, a percentagem de arco aberto aumentou de 27,5% para 42,4%, o equivalente um aumento de 14,9%. Este aumento é equivalente à libertação de um

valor estimado de 3,73 FTEs para a realização de outras atividades produtivas, o que corresponde a uma poupança anual de 55,875.00 €.

Por indisponibilidade temporal, ainda não foram alocadas aos robots peças das cisternas que permitam avaliar o impacto real que estes podem ter nas cisternas em específico, tendo sido dada prioridade na alocação de referências de outros produtos aos robots. No entanto, é possível estimar o impacto que possam vir a ter. Na Tabela 8 pode ser observada a quantificação do potencial impacto dos robots no setor das cubas.

Tabela 8 – Impacto dos Robots no Setor das Cubas

Ganho de Tempo de Soldadura Manual (horas/semana)	Número de Operadores das Cubas	Número de Operadores nos Setores	% Operadores dos Setores nas Cubas
149	3	74	4,05%
Ganho no setor das cubas (h/semana)	Ganho Anual (Min)	Tempo Execução Cuba (min)	Ganho de Produção (cubas/ano)
6,04	15947	985	16

Considerando o aumento de 149 horas de soldadura manual semanais que o aumento da utilização dos robots permitiu obter e que as cubas representam 4,05% do tempo de soldadura global da fábrica (dado pela proporção dos operadores alocados às cubas em relação ao total dos operadores dos setores), o aumento da utilização dos robots permitiu um aumento da capacidade produtiva em 6,04 horas semanais no setor das cubas, o que, considerando 220 dias de trabalho por ano, permitiria libertar operadores de soldadura manual para a execução de mais 16 cubas, considerando o tempo médio ponderado de execução de uma cuba de 985 minutos.

O projeto de intervenção do *Kaizen Institute* na empresa chegará ao fim em Outubro de 2018, estando ainda prevista a alteração do setor de montagem das cisternas. Esta alteração será particularmente importante de forma a que todo o fluxo produtivo do produto siga uma lógica de produção em fluxo.

A customização das cisternas foi um grande avanço na estratégia de produção da empresa, o que permitiu o aumento de vendas deste produto. A empresa tem realizado grandes avanços, partindo para a personalização do produto, sendo que se iniciou a realização de um *workshop* modelo de *design thinking*, onde se envolveu uma equipa multidisciplinar num local e foi criado um protótipo de um novo produto, envolvendo o cliente num processo de co-criação e *co-design*. Esta abordagem poderá ser altamente benéfica para acompanhar as tendências do mercado e alargar horizontes.

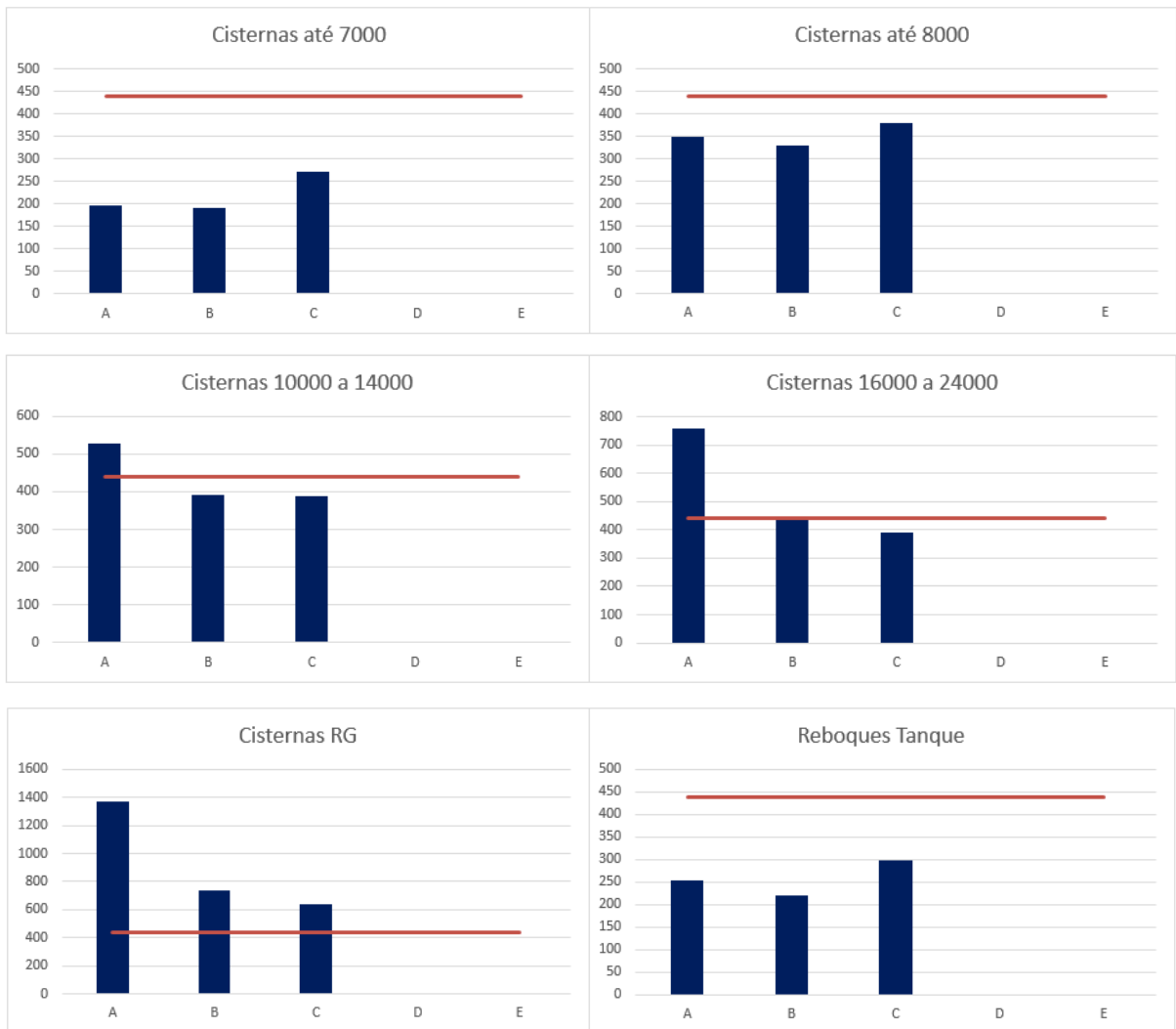
No entanto, a produção deverá ser capaz de acompanhar este novo paradigma da produção cada vez com mais foco no cliente. O trabalho desenvolvido pela empresa até à data tem revelado grandes progressos quando comparado com a situação inicial em que a empresa se encontrava no início da intervenção do *Kaizen Institute*. Este esforço contínuo de melhoria deverá ser mantido no futuro, alterando hábitos e paradigmas de forma a permitir que a empresa continue o percurso positivo realizado até à data, expandindo as alterações nos fluxos produtivos que foram alvo de intervenção para outros fluxos produtivos. Para esta melhoria acontecer, a empresa deverá continuar a envolver todos os elementos críticos, desde a gestão de topo até aos operadores, de forma a convergirem para a melhoria dos resultados da empresa e garantir a manutenção de processos de melhorias no futuro.

Referências

- Association for Advancing Automation. 2015. *Robots Fuel the Next Wave of U.S. Productivity and Growth*. Outubro.
- Dave, Yash, e Nagendra Sohani. 2012. “Single Minute Exchange of Dies: Literature Review.” *International Journal of Lean Thinking* 3 (2).
- Engelberger, Joseph F. 1980. “Robotics in Practice: Management and applications of industrial robots.” Editado por Avebury Publishing Company. Londres: Kogan Page Ltd.
- Felismino, Elisabete. 2017. *Falta mão de obra ao líder das exportações nacionais*. Acedido em 26 de Maio de 2018. <https://eco.pt/2017/03/04/falta-mao-de-obra-ao-lider-das-exportacoes-nacionais/>.
- Ford, Henry. 1926. *Today and Tomorrow*. Garden City, NY: Doubleday.
- Gonzales, Andrae, David Dorwin, Diwaker Gupta, Kiran Kalyan, e Stuart Schimler. 2004. *Outsourcing: Past, Present and Future*.
- Graetz, Georg, e Guy Michaels. 2015. “Robots at Work.” *CEP Discussion Paper*. Center for Economic Performance.
- HM Government. 2017. *Industrial Strategy - Building a Britain fit for the future*. Crown Copyright.
- Hu, SJ., J. Ko, L. Weyland, HA. ElMaraghy, TK. Lien, Y. Koren, H. Bley, G. Chryssolouris, N. Nasr, e M. Shpitalni. 2011. “Assembly system design and operations for product variety.” *CIRP Annals-Manufacturing Technology*.
- Hu, SJ., X. Zhu, H. Wang, e Y. Koren. 2008. “Product Variety and Manufacturing Complexity in Assembly Systems and Supply Chains.” *CIRP Annals-Manufacturing Technology*.
- Imai, Masaaki. 2012. *Gemba Kaizen*. McGraw-Hill Education.
- International Federation of Robotics. 2017. “The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs.”
- Kaizen. 2018. *Foundations*.
- Lafley, AG., e R. Charan. 2008. *The Game-Changer: How You Can Drive Revenue and Profit Growth with Innovation*. Nova Iorque.
- Lee, H., e C. Tang. 1997. “Modelling the Costs and Benefits of Delayed Product Differentiation.” *Management Science*.
- Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Martin, R. 2010. “The Age of Customer Capitalism.” 58-65. Harvard Business Review.
- McKinsey & Company. 2017. “A Future That Works: Automation, Employment and Productivity.”
- Pine II, BJ. 1993. “Mass Customization: The New Frontier in Business Competition.” 43. Boston, MA: Harvard Business School Press.

- Raye, Roxanne. 2015. *Economic Analysis and Justification for Automated Welding Systems*. San Luis Obispo : California Polytechnic State University.
- Tseng, MM., e J. Jiao. 1996. "Design for Mass Customization." *CIRP Annals-Manufacturing Technology*. Merchant, ME.
- Wards, AG. 2006. *Wards Automotive Yearbook*. Detroit, MI: Prism Business Media, Inc.

ANEXO A: Solução de Balançamento de Operações no Setor das Cubas



ANEXO B: Ficha Normalizada de Trabalho das Cubas

Ficha Normalizada de Trabalho

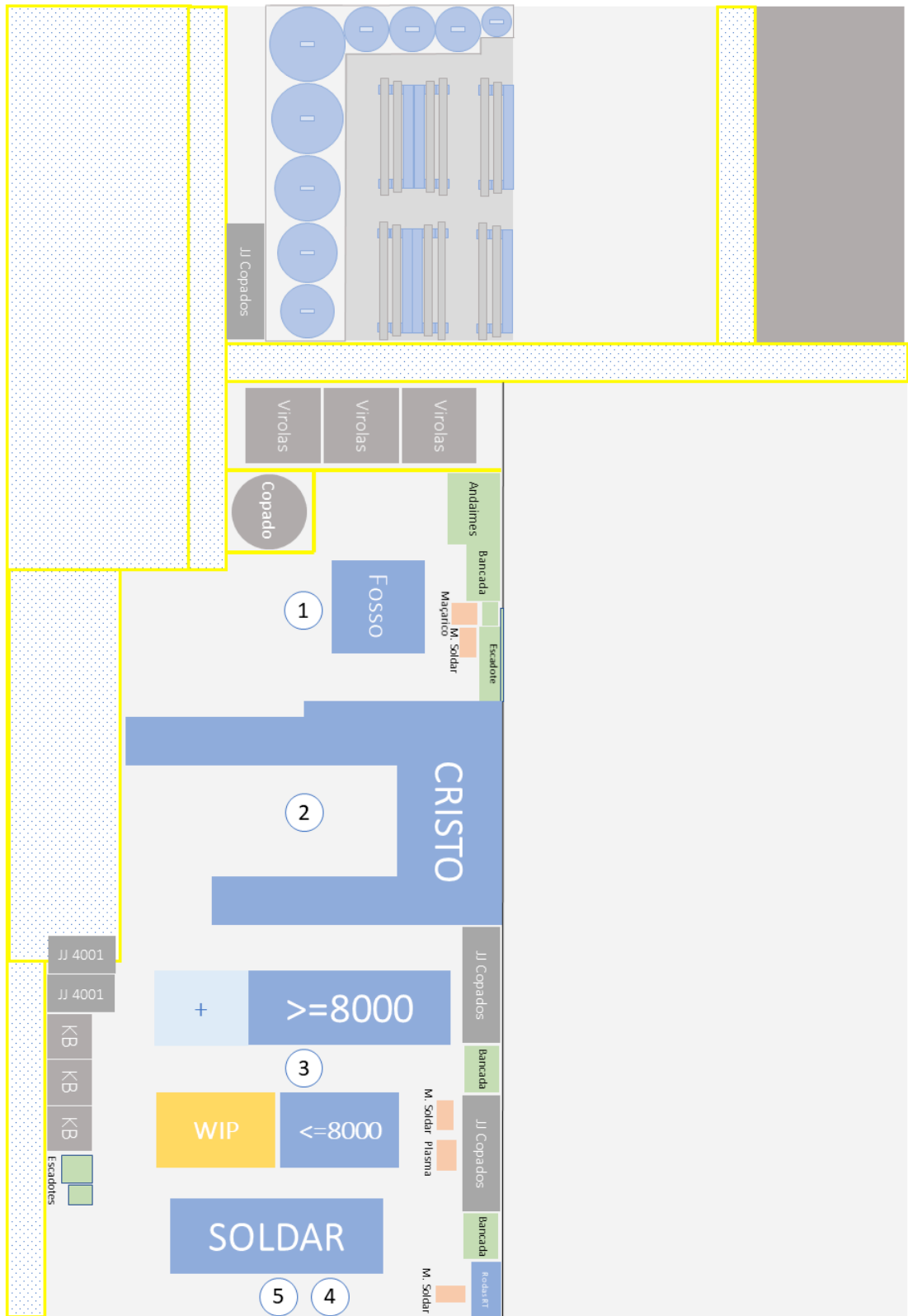


Referências	t	t	t
CH 3000	150	160	245
	Iniciação	Soldadura Cristo 80	Soldadura 200
		Iniciação Acessórios 80	Limpeza 45

Nº Operadores necessários	3	Capacidade Produtiva diária	2,59
---------------------------	---	-----------------------------	------

Entreajuda	Ajuda		Ajuda		Tarefas extra:
		Ou		Ou	
Iniciação	Soldadura/Limp.				Limpeza
Soldadura Cristo					
Iniciação de Acessórios	Soldadura/Limp.				
Soldadura					
Limpeza					

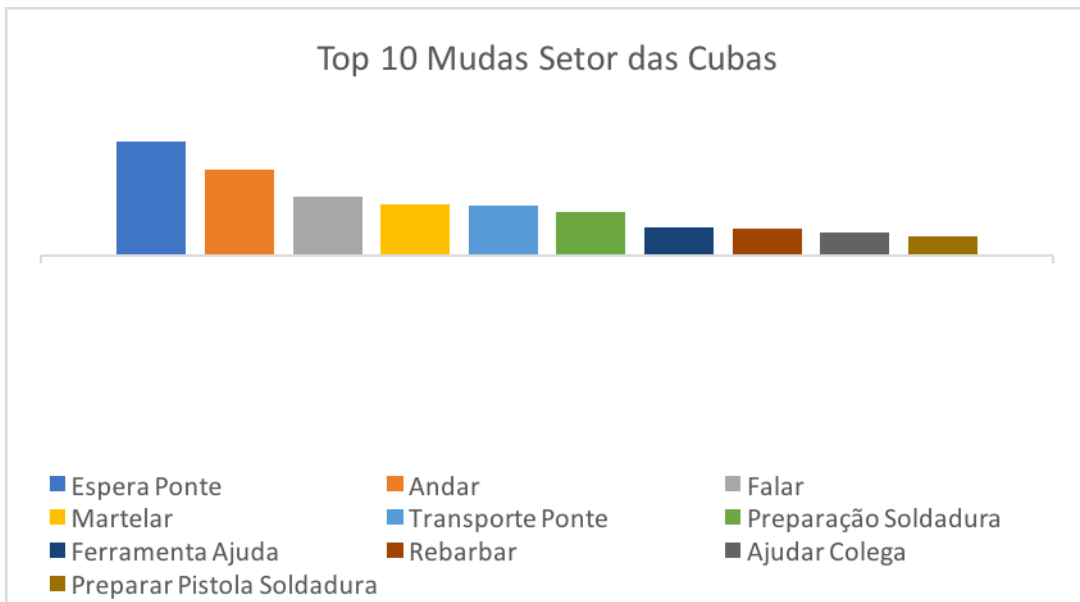
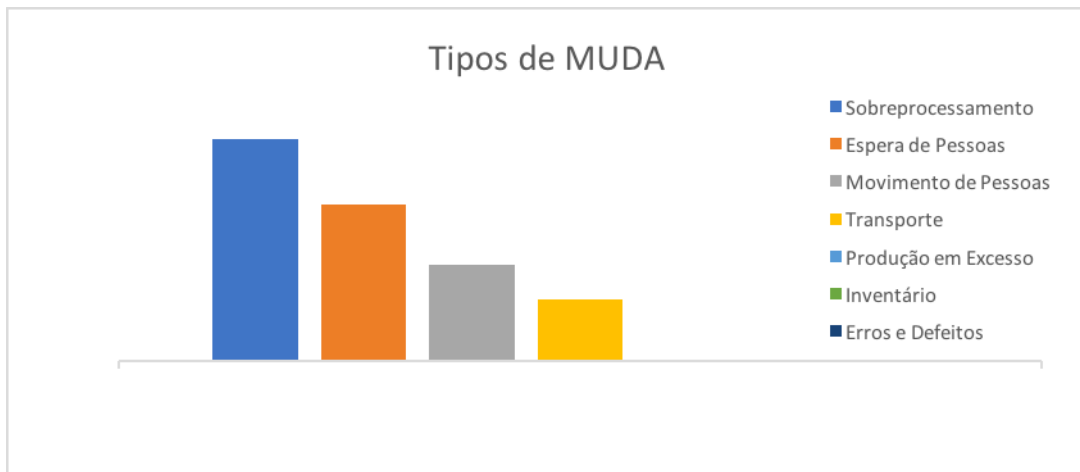
ANEXO C: Cenário de *Layout* em Linha



ANEXO D: Resumo da Observação do Setor das Cubas

% VA	27%
% Muda	73%

Tipo Muda	Total
Sobreprocessamento	00:51:52
Espera de Pessoas	00:36:27
Movimento de Pessoas	00:22:22
Transporte	00:14:22
Produção em Excesso	00:00:00
Inventário	00:00:00
Erros e Defeitos	00:00:00



ANEXO E: Referências e Quantidades *Kanban*

Descrição	Dimensão	Consumo Previsto 2018	KB/JJ	Consumo Max Semanal	Fator Incorporação MAX	Quantidade por Caixa	Qnt Max Caixa C	Tipo de Caixa KB	Número de Caixas
Adaptador 1	100	32	KB	3	2	4	4	Caixa C	2
Anel 1	200	188	KB	7	2	8	50	Caixa C	2
Anel 2	250	280	KB	15	2	16	50	Caixa C	2
Apoio 1	80	1258	KB	66	12	72	120	Caixa C	2
Apoio 2	108	80	KB	5	1	5	30	Caixa C	2
Base 1	252	94	KB	4	1	4	4	Caixa D	2
Base 2	80	140	KB	8	1	8	8	Caixa D	2
Calha 1	35	154	KB	11	5	15	50	Caixa C	2
Calha 2	143	739	KB	38	6	42	50	Caixa D	2
Calha 3	140	659	KB	26	6	30	30	Caixa C	2
Chapa 1	148	94	KB	4	1	4	8	Caixa C	2
Curva 1	101,6	56	KB	4	2	4	4	Caixa C	2
Engate 1	81	236	KB	11	2	12	30	Caixa C	2
Engate 2	35	1401	KB	56	10	60	80	Caixa C	2
Engate 3	140	425	KB	22	4	24	40	Caixa D	2
Flange 1	190	150	KB	9	3	9	20	Caixa C	2
Flange 2	70	109	KB	4	1	4	30	Caixa C	2
Flange 3	105	106	KB	6	1	6	20	Caixa C	2
Gancho 1	30	145	KB	11	6	12	30	Caixa C	2
Olhal 1	76	149	KB	6	2	6	40	Caixa C	2
Patilha 1	75	106	KB	6	1	6	50	Caixa C	2
Perfil 1	50	107	KB	5	1	5	8	Caixa C	2
Perfil 2	150	311	KB	18	4	20	30	Caixa C	2
Perfil 3	100	106	KB	6	1	6	15	Caixa C	2
Ponteira 1	45	38	KB	3	1	3	50	Caixa C	2
Reforço 1	150	185	KB	8	1	8	20	Caixa C	2
Reforço 2	122	64	KB	4	2	4	20	Caixa C	2
Suporte 1	110	395	KB	17	2	18	50	Caixa C	2
Suporte 2	110	191	KB	9	1	9	75	Caixa C	2
Suporte 3	90	2775	KB	139	22	154	80	Caixa D	4
Suporte 4	127,2	60	KB	3	1	3	10	Caixa C	2
Suporte 5	159	80	KB	5	1	5	10	Caixa C	2
Suporte 6	90	124	KB	7	1	7	20	Caixa C	2
Tubo 1	168	216	KB	10	1	10	10	Caixa D	2
Tubo 2	34	36	KB	2	2	2	30	Caixa C	2
Tubo 3	150	170	KB	8	1	8	12	Caixa C	2
Tubo 4	85	111	KB	5	2	6	20	Caixa C	2
Tubo 5	140	48	KB	2	1	2	3	Caixa C	2
Tubo 6	70	14	KB	2	2	2	30	Caixa C	2
Tubo 7	320	112	KB	7	2	8	8	Caixa C	2
Tubo 8	200	167	KB	6	2	6	10	Caixa C	2
Varão 1	70	183	KB	7	2	8	100	Caixa C	2

ANEXO F: Dimensionamento do Supermercado da Zona dos Copados

Descrição	Armazém	Consumo	DP	LT Normal	LT Segurança	Categoria	Z Index	Consumo no LT	Stock Segurança	PR	FI Máximo	PR=LR
APOIO 1	ZONA COPADOS	8,4	0,05	15	0	A	1,645	0,525	0,32	0,8	1,0	1
APOIO 2	ZONA COPADOS	15,4	0,08	15	0	A	1,645	0,9625	0,51	1,5	1,0	2
APOIO 3	ZONA COPADOS	15,4	0,06	15	0	A	1,645	0,9625	0,38	1,3	1,0	2
APOIO 4	ZONA COPADOS	15,4	0,06	15	0	A	1,645	0,9625	0,38	1,3	1,0	2
APOIO 5	ZONA COPADOS	16,8	0,06	15	0	A	1,645	1,05	0,38	1,4	1,0	2
APOIO 6	ZONA COPADOS	16,8	0,06	15	0	A	1,645	1,05	0,38	1,4	1,0	2
APOIO 7	ZONA COPADOS	16,8	0,06	15	0	A	1,645	1,05	0,38	1,4	1,0	2
APOIO 8	ZONA COPADOS	16,8	0,06	15	0	A	1,645	1,05	0,38	1,4	1,0	2
APOIO 9	ZONA COPADOS	21	0,1	15	0	A	1,645	1,3125	0,64	1,9	1,0	2
APOIO 10	ZONA COPADOS	22,4	0,06	15	0	A	1,645	1,4	0,38	1,8	1,0	2
APOIO 11	ZONA COPADOS	22,4	0,06	15	0	A	1,645	1,4	0,38	1,8	2,0	2
APOIO 12	ZONA COPADOS	8,4	0,05	15	0	A	1,645	0,525	0,32	0,8	1,0	1
APOIO 13	ZONA COPADOS	23,8	0,06	15	0	A	1,645	1,4875	0,38	1,9	1,0	2
APOIO 14	ZONA COPADOS	23,8	0,06	15	0	A	1,645	1,4875	0,38	1,9	1,0	2
APOIO 15	ZONA COPADOS	23,8	0,05	15	0	A	1,645	1,4875	0,32	1,8	1,0	2
APOIO 16	ZONA COPADOS	23,8	0,05	15	0	A	1,645	1,4875	0,32	1,8	1,0	2
APOIO 17	ZONA COPADOS	25,2	0,06	15	0	A	1,645	1,575	0,38	2,0	1,0	2
APOIO 18	ZONA COPADOS	25,2	0,06	15	0	A	1,645	1,575	0,38	2,0	1,0	2
APOIO 19	ZONA COPADOS	8,4	0,05	15	0	A	1,645	0,525	0,32	0,8	1,0	1
APOIO 20	ZONA COPADOS	8,4	0,05	15	0	A	1,645	0,525	0,32	0,8	1,0	1
APOIO 21	ZONA COPADOS	14	0,04	15	0	A	1,645	0,875	0,25	1,1	1,0	2
APOIO 22	ZONA COPADOS	14	0,04	15	0	A	1,645	0,875	0,25	1,1	1,0	2
APOIO 23	ZONA COPADOS	14	0,04	15	0	A	1,645	0,875	0,25	1,1	1,0	2
APOIO 24	ZONA COPADOS	14	0,04	15	0	A	1,645	0,875	0,25	1,1	1,0	2
APOIO 25	ZONA COPADOS	15,4	0,08	15	0	A	1,645	0,9625	0,51	1,5	1,0	2
APOIO 26	ZONA COPADOS	44,8	0,14	15	0	A	1,645	2,8	0,89	3,7	2,0	4

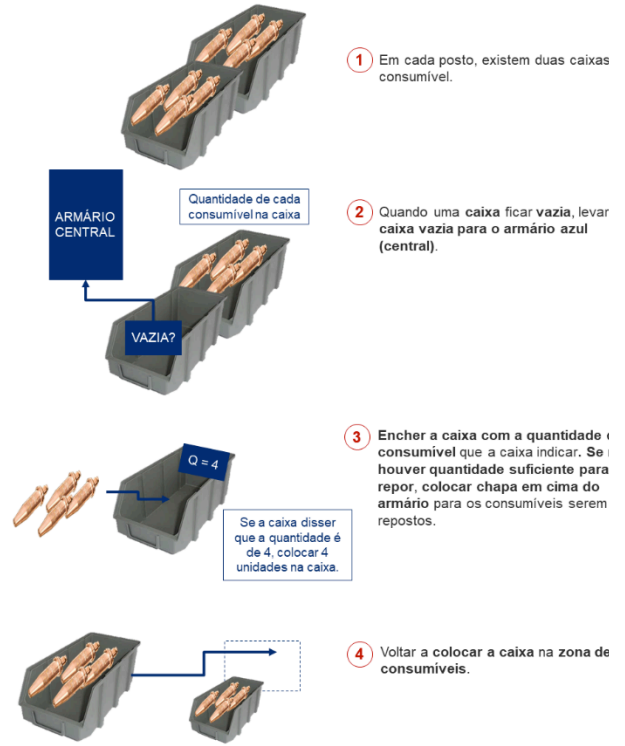
APOIO 27	ZONA COPADOS	22,4	0,08	15	0	A	1,645	1,4	0,51	1,9	1,0	2
APOIO 28	ZONA COPADOS	22,4	0,08	15	0	A	1,645	1,4	0,51	1,9	1,0	2
APOIO 29	ZONA COPADOS	49	0,1	15	0	A	1,645	3,0625	0,64	3,7	1,0	4
APOIO 30	ZONA COPADOS	49	0,1	15	0	A	1,645	3,0625	0,64	3,7	1,0	4
BARRA 1	ZONA COPADOS	44,8	0,23	15	0	A	1,645	2,8	1,47	4,3	2,0	5
BARRA 2	ZONA COPADOS	95,2	0,16	15	0	C	4,417	5,95	2,74	8,7	2,0	10
BARRA 3	ZONA COPADOS	64,4	0,13	15	0	A	1,645	4,025	0,83	4,9	2,0	6
BARRA 4	ZONA COPADOS	196	0,31	15	0	A	1,645	12,25	1,98	14,2	2,0	16
BATENTE 1	ZONA COPADOS	42	0,12	15	0	A	1,645	2,625	0,76	3,4	2,0	4
BATENTE 2	ZONA COPADOS	75,6	0,13	15	0	A	1,645	4,725	0,83	5,6	2,0	6
BATENTE 3	ZONA COPADOS	112	0,18	15	0	A	1,645	7	1,15	8,1	1,0	9
FLANGE 1	ZONA COPADOS	42	0,19	15	0	A	1,645	2,625	1,21	3,8	2,0	4
TAMPO 1	ZONA COPADOS	50,4	0,14	20	0	A	1,645	4,2	1,03	5,2	2,0	6
TAMPO 2	ZONA COPADOS	117,6	0,19	20	0	A	1,645	9,8	1,40	11,2	2,0	12
TAMPO 3	ZONA COPADOS	81,2	0,21	20	0	A	1,645	6,766666667	1,54	8,3	2,0	10
TAMPO 4	ZONA COPADOS	50,4	0,13	20	0	A	1,645	4,2	0,96	5,2	2,0	6
TAMPO 5	ZONA COPADOS	36,4	0,13	20	0	A	1,645	3,033333333	0,96	4,0	2,0	4
TAMPO 6	ZONA COPADOS	58,8	0,11	20	0	A	1,645	4,9	0,81	5,7	2,0	6

ANEXO G: Exemplo de Melhorias Implementadas no Setor das Cubas



Norma de Gestão de Consumíveis

Operador Setor das Cubas



De forma a acoplar o cardan do Cristo (veio metálico) no copado de uma cuba previamente pingada, eram necessários dois operadores, um para suportar o cardan e outro para acoplar o diferencial no interior da cuba.

Adicionalmente, o cabo de massa caía sempre que o cardan era desacoplado da cuba, levando a que o operador tivesse de enrolar o cabo manualmente antes de soldar uma nova cuba.

Foi colocado um cadeado ajustável de suporte do cardan que permite evitar a necessidade de ter dois operadores alocados à operação e o enrolamento manual do cabo de massa.

A criação de uma norma de gestão de consumíveis, através da utilização do sistema de dupla caixa, permitiu criar uma rotina de constante reposição dos consumíveis necessários, minimizando as deslocações frequentes aos armazéns de produtos comprados perante a inexistência de consumíveis.

ANEXO H: Código VBA da Ferramenta de Planeamento dos Robots

Carregar Novas Ordens de Fabrico

```

Sub CopiarNovos4()

' CopiarNovos4 Macro

'Desenvolvido por: Francisco Cunha, Junho 2018

' 1 Filtrar Novas Ordens
ActiveSheet.ListObjects("Tabela_Pendentes").Range.AutoFilter Field:=18
ActiveSheet.ListObjects("Tabela_Pendentes").Range.AutoFilter Field:=18, _
    Criterial:="NOVA"

' 2 Copiar Novas Ordens
Range("A6").Select
ActiveCell.Offset(1).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy

'Limpar Ordens Novas Antigas
Sheets("Novas").Select
Range("H6").Select
Range(Selection, Selection.End(xlToLeft)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Range(Selection, Selection.End(xlUp)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.ClearContents~

'Copiar e Colar Colunas com Novas Ordens
Range("A6").Select
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("A11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Selection.Copy
Sheets("Novas").Select
Range("A6").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("E11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Novas").Select
Range("B6").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("G11:I11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Novas").Select
Range("C6").Select
ActiveSheet.Paste
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("L11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Novas").Select
Range("F6").Select
ActiveSheet.Paste

Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("N11:O11").Select
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
Sheets("Novas").Select
Range("G6").Select
ActiveSheet.Paste

```

```

Range("M6").Select

' Colocar Títulos na Tabela

'Copiar Título "Data inicio"
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("Tabela_Pendentes[ [#Headers],[Data inicio]]").Select
Selection.Copy
'Colar Título "Data inicio"
Sheets("Novas").Select
Range("Tabela_Novas[ [#Headers],[Column1]]").Select
ActiveSheet.Paste

'Copiar Título "Ordem"
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("Tabela_Pendentes[ [#Headers],[Ordem]]").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
'Colar Título "Ordem"
Sheets("Novas").Select
Range("Tabela_Novas[ [#Headers],[Column2]]").Select
ActiveSheet.Paste

'Copiar Título "Item", "Descricao" e "Horas"
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("Tabela_Pendentes[ [#Headers],[Item]:[Máquina]]").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
'Colar Título "Item", "Descricao" e "Horas"
Sheets("Novas").Select
Range("Tabela_Novas[ [#Headers],[Column3]]").Select
ActiveSheet.Paste

'Copiar Título "Status da"
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("Tabela_Pendentes[ [#Headers],[Status da]]").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
'Colar Título "Status da"
Sheets("Novas").Select
Range("Tabela_Novas[ [#Headers],[Column6]]").Select
ActiveSheet.Paste

'Copiar Título "Quantidade" e "Horas"
Sheets("Pendentes_Semana_LN").Select
Range("Tabela_Pendentes[ [#Headers],[Quantidade]:[Horas]]").Select
Application.CutCopyMode = False
Selection.Copy
'Colar Título "Quantidade" e "Horas"
Sheets("Novas").Select
Range("Tabela_Novas[ [#Headers],[Column7]]").Select
ActiveSheet.Paste
Range("F2").Select
End Sub

```


Carregar para o Sequenciamento das Ordens

```

Sub CarregarSequenciador ()
' Carregar novas ordens para folha de sequenciamento
'Desenvolvido por: Francisco Cunha, Junho 2018
'Carregar Primeiras Colunas
  Range("A6:E6").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Selection.Copy
'Colar na Folha de Sequenciamento
  Sheets("Sequenciamento Robots").Select
  Range("A6").Select
  Selection.End(xlDown).Select
  ActiveCell.Offset(1).Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False

'Carregar Últimas Colunas
  Sheets("Novas").Select
  Range("G6:H6").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Selection.Copy
'Colar na Folha de Sequenciamento
  Sheets("Sequenciamento Robots").Select
  Range("G6").Select
  Selection.End(xlDown).Select
  ActiveCell.Offset(1).Select
  Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False

'Converter Data de Inicio para formato de data
  Range("Tabela_Seq[ [#Headers],[Data inicio]]").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Application.CutCopyMode = False
  Selection.NumberFormat = "m/d/yyyy"
  Range("D2").Select
End Sub

```