

Gestão de Fluxo Total na Produção de Equipamentos Agrícolas

Mariana Moreira Fernandes Branco

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Doutor José Soeiro Ferreira

Orientador no Kaizen Institute: Eng. José Félix



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2017-06-26

Aos meus pais
À minha família
Ao Leonel

Resumo

A Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. é uma empresa portuguesa que se dedica à produção de equipamentos agrícolas. Hoje, é líder do mercado português de semirreboques agrícolas e tem visto as suas exportações aumentar. Com uma carteira de clientes cada vez mais exigente e diversificada, o foco do projeto de melhoria contínua, desenvolvido pelo *Kaizen Institute* e apresentado nesta dissertação, está na melhoria do fluxo operacional. As principais áreas de atuação foram a redução dos níveis de inventário, sobretudo de produto semi-acabado, que se deteriora no exterior da fábrica e obriga a retrabalho desnecessário, e a melhoria da produtividade global dos setores produtivos, através do novo desenho e balanceamento de linha.

A redução de 257 mil euros do valor de inventário só foi possível com a abolição da política de produção em lotes e a introdução do modelo de planeamento *pull*. Cada referência de produto acabado tem agora uma estratégia claramente definida que segue as exigências do mercado em termos de *lead time*. O sistema de reposição automática de material garante o aprovisionamento dos supermercados a montante das principais operações do fluxo produtivo. A cobertura de produto acabado passou de 7,5 para 4,63 meses (média das três últimas semanas). O plano produtivo passou a ser revisto diariamente, o que permite a otimização do balanço carga-capacidade e a independência sobre previsões falíveis.

O *layout* de dois dos setores produtivos da fábrica foi redesenhado de forma a que os operadores estejam inteiramente dedicados a tarefas de valor acrescentado. A distribuição uniforme da carga de trabalho pelos operadores e a marcação do ritmo de trabalho com base na procura real resultam no aumento da produtividade e da rapidez na resposta às encomendas. A implementação de bordos de linha permite ter os componentes devidamente organizados e sincronizados com as operações de reabastecimento. Na nova linha dos reboques, cumprido o objetivo de 85% de rendimento, será possível produzir mais 208 unidades por ano. Com o objetivo de 76% de rendimento proposto na linha das grades de discos será possível produzir mais 128 unidades anualmente.

Uma mudança de caráter disruptivo, como a do projeto da Herculano, obriga ao envolvimento de intervenientes dos vários níveis da empresa: tático, operacional e estratégico. A criação de uma equipa proativa e polivalente presente desde a análise até à fase de implementação de soluções foi vital para o alinhamento global e sucesso deste projeto.

Palavras-chave: gestão de fluxo total; planeamento *pull*; gestão de inventário; desenho de linha; produtividade; *kaizen*; *lean*; melhoria contínua.

Total Flow Management in the Production of Agricultural Equipment

Abstract

Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. is a Portuguese company which produces agricultural equipment. Today, it is the Portuguese market leader for agricultural semi-trailers and is increasingly betting on exportation. With a client portfolio more and more demanding and diversified, the continuous improvement project, developed by *Kaizen Institute* and presented in this dissertation, is focused on the improvement of the operational flow. The main performance areas were the reduction of the inventory levels, especially of semi-finished product that deteriorates itself on the outside of the factory and forces unnecessary rework, and the improvement of the global productivity of the production sectors, with resort to line redesign and balancing.

A reduction of 257 thousand euros of the inventory value was only possible due to the elimination of the lot production policy and with the introduction of a *pull* planning model. Each reference of finished product has now a clearly defined strategy which follows the market's requirements in terms of lead time. The automatic material replenishment system assures the provisioning of the supermarkets at the upstream of manufacturing operations.

The finished product coverage decreased from 7,5 to 4,63 months (average of the last three weeks). The production plan is now revised daily, which enables the optimization of the load-capacity balance and creates a system free of unreliable forecasts.

The layout of two of the factory productive sectors was redesigned in order to enable the operators to be entirely dedicated to value-added activities. The levelled workload distribution between the operators and the setting of the work pace, based on the real demand, results in increased productivity and faster response to orders. The sizing of borders-of-line makes it possible to have the components properly organised and synchronised with the replenishment operations. In the new semi-trailer line, when the yield goal of 85% is achieved, it will be possible to produce 208 more units per year. With the proposed yield goal of 76% for the disc harrows line, it will be possible to produce 128 additional units annually.

A disruptive change as in Herculano's project requires the involvement of stakeholders from the various levels of the company: tactical, operational and strategical. The creation of a proactive and multi-skilled team, from the analysis to the implementation phase, was vital to achieve the global alignment and success of this project.

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

Agradecimentos

Ao Professor Doutor José Soeiro Ferreira, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, ao Engenheiro José Félix, do *Kaizen Institute*, por toda a disponibilidade e orientação prestada. Agradeço os ensinamentos transmitidos e as palavras de motivação que tornaram possível a concretização desta dissertação.

Aos meus pais, por me apoiarem e motivarem nas tão importantes decisões que tive que tomar ao longo do meu percurso académico. Por tudo o que me proporcionaram, ficar-vos-ei eternamente grata. À minha irmã, cunhado e afilhada, pelas vossas palavras sensatas e reconfortantes nos momentos de maior fraqueza.

Ao meu namorado, pelo seu exemplo de trabalho, ambição e dedicação em tudo o que faz. Obrigada por todo o teu apoio, sem ti não seria quem sou hoje.

À minha faculdade, a todos os professores e colegas com que me fui cruzando, por todo o conhecimento e experiência que me fizeram crescer, tanto a nível académico, como pessoal.

Um agradecimento em particular ao Rui Tenreiro e à Isabel Rodrigues do Kaizen Institute pela motivação, confiança e conhecimento partilhados neste início da minha vida profissional.

Ao Ricardo Teixeira e ao Luís Santos da Herculano, agradeço a fantástica integração que me proporcionaram e todo o apoio mostrado no desenvolvimento do projeto.

Aos meus amigos, por todos os momentos inesquecíveis, com a fé de que esta amizade jamais se esgote.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Projeto e Motivação.....	1
1.2	Apresentação do Kaizen Institute.....	2
1.3	Apresentação da Herculano – Alfaias Agrícolas, S.A.....	3
1.4	O projeto de melhoria contínua na Herculano – Alfaias Agrícolas, S.A.....	4
1.5	Metodologia seguida no Projeto.....	5
1.6	Estrutura da Dissertação.....	6
2	Enquadramento Teórico.....	7
2.1	Planeamento Push vs Pull.....	7
2.1.1	Estratégias de Planeamento de Capacidade.....	8
2.1.2	Estratégias de Planeamento de Produção.....	9
2.2	Sistemas de Controlo de Inventário.....	9
2.2.1	Variações na Procura e Lead Time.....	11
2.3	Produtividade e Motivação Pessoal.....	12
2.4	Multimetodologia.....	13
2.4.1	Soft Systems Methodology.....	13
2.5	Filosofia Kaizen.....	14
2.6	Total Flow Management.....	15
2.6.1	Elementos do TFM.....	16
3	Caracterização da Situação Inicial.....	20
3.1	Visão Holística do Problema.....	20
3.2	Processo Produtivo.....	22
3.3	Planeamento.....	23
3.4	Produtividade dos Setores de Montagem.....	26
3.4.1	Reboques de Taipais.....	26
3.4.2	Grades de Discos.....	28
4	Implementação de Soluções.....	31
4.1	Planeamento Pull.....	31
4.1.1	Análise ABC.....	31
4.1.2	Novo Modelo de Gestão de Inventário.....	33
4.1.3	Planeamento de Execução – Caixa Logística.....	35
4.1.4	Modelo Linear Misto de Otimização do Plano Produtivo.....	37
4.2	Layout e Desenho da Linha de Reboques de Taipais.....	39
4.3	Layout e Desenho da Linha de Grades de Discos.....	44
4.4	Dashboard.....	48
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	49
	Referências.....	53
	Anexo A: Rich Picture da Herculano.....	55
	Anexo B: Ferramenta Caixa Logística Digital.....	56
	Anexo C1: Notação do Modelo de Programação Mista.....	59
	Anexo C2: Modelo de Programação Mista em Optimization Programming Language.....	60
	Anexo C3: Inputs e Outputs do Modelo de Programação Mista.....	62
	Anexo D: Ecrã <i>Andon</i>	65
	Anexo E: Estruturas de Pintura.....	67
	Anexo F: Dashboard Herculano.....	68

Siglas

ATO – Assembly-to-Order

BL – Bordo de Linha

CEMA – Comité Europeu de Construtores de Maquinaria Agrícola

CODP – Customer Order Decoupling Point

ETO – Engineer-to-Order

JJ - Junjo

KB – Kanban

MPS – Master Production Schedule

MRP – Material Requirements Planning

MTO – Make-to-Order

MTS – Make-to-Stock

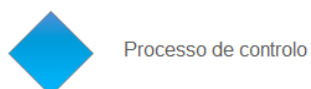
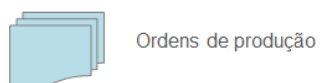
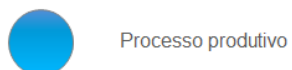
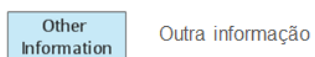
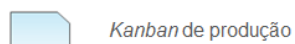
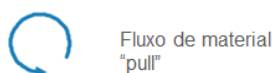
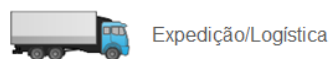
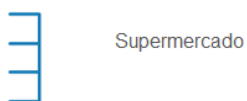
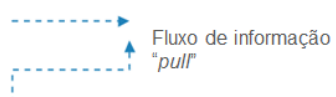
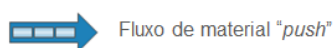
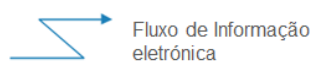
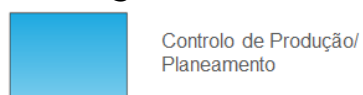
PCE – Process Cycle Efficiency

SSM – Soft Systems Methodology

TPS – Toyota Production System

VA – Valor Acrescentado

Simbologia utilizada na ferramenta de Value Stream Mapping



Índice de Figuras

Figura 1 – Organograma da Herculano	3
Figura 2 – É visível a queda de Angola e Moçambique e a ascensão de novos mercados, como Oceânia, Argélia e Bélgica (Herculano, 2016)	4
Figura 3 – Cronograma do Projeto de Melhoria Contínua na Herculano.....	6
Figura 4 – Sala de <i>Mission Control</i>	6
Figura 5 – Inputs e Outputs do Plano de Produção Agregado in Vollmann, Berry et al. (2004).	7
Figura 6 – Exemplo de um sistema Push.....	8
Figura 7 – Exemplo de um sistema Pull	8
Figura 8 – A posição do Customer Order Decoupling Point no processo produtivo e a sua relação com a estratégia de produção in Olhager (2010)	9
Figura 9 – Matriz de Design de Sistemas de Controlo de Inventário in Chase and Jacobs (2015)	10
Figura 10 – Comparação entre os modelos de revisão contínua e periódica in Chase and Jacobs (2015).....	11
Figura 11 – Ponto de Reposição com <i>Stock</i> de Segurança in Russell, Taylor et al. (2014)	11
Figura 12 – Esquema de um típico modelo de Bullwhip Effect. Baseado em Wang and Disney (2016).....	12
Figura 13 – Kaizen Business System in Kaizen Institute (2017)	14
Figura 14 – O sistema <i>Total Flow Management</i> in Kaizen Institute (2017)	16
Figura 15 – Comparação entre o layout funcional e o layout em fluxo. Adaptado de amia-systems.com , consultado em 2017-03-10, 18:10.....	17
Figura 16 – Sistema de <i>kitting</i> in universallogistics.com , consultado em 2017-03-10, 19:25 .	18
Figura 17 – O sistema de reabastecimento Pull com o recurso a <i>kanban</i> in Kaizen Institute (2017).....	19
Figura 18 – Modelo de Nivelamento com os respetivos fluxos de materiais e picking de <i>kanban</i> in Kaizen Institute (2017)	19
Figura 19 – Mapa do Estado Atual.....	21
Figura 20 – Mapa de Visão Futura	21
Figura 21 – Valores Típicos de Process Cycle Efficiency in George (2002)	22
Figura 22 – Layout da fábrica.....	22
Figura 23 – Fluxo de informação	24
Figura 24 – Fotografia do valor de inventário por armazém	26
Figura 25 – Reboque de Taipais modelo S1ET	26
Figura 26 – Layout do Setor dos Reboques de Taipais com o respetivo fluxo produtivo.....	27
Figura 27 – Grade de Discos HPR/E (à esquerda) e HVRP (à direita)	28
Figura 28 – Estado Atual do Setor das Grades de Disco	29
Figura 29 – Layout Atual do Setor das Grades de Discos.....	29

Figura 30 – Gráfico de Processo Produtivo da família de grades HRM.	30
Figura 31 – Modelo de Planeamento Pull com o Lead Time Standard para os Reboques de Taipais	31
Figura 32 – Gráfico de Pareto da análise ABC para os reboques de taipais com o resultado da sobreposição da categorização por volume (eixo horizontal) e por frequência.....	32
Figura 33 – Comparação do valor médio de inventário antes e após a implementação do modelo para os componentes dos reboques de taipais pequenos.	34
Figura 34 – Fluxograma de Planeamento	36
Figura 35 – Ferramenta de Caixa Logística.....	37
Figura 36 – Resultados do modelo para os dois cenários em estudo	38
Figura 37 – Gráficos de balanceamento das soluções com 3 e 4 operadores.....	40
Figura 38 – Gráfico de balanceamento da solução com 5 operadores.	40
Figura 39 – Categorização das referências do BL dos reboques por tamanho, consumo e método de sincronização	41
Figura 40 – Sistema de dupla caixa <i>kanban</i> na área de iniciação do chassi superior	42
Figura 41 – Novo Layout dos Reboques de Taipais Pequenos	43
Figura 42 – Ecrã <i>Andon</i> na linha dos reboques de taipais	43
Figura 43 – Modelo de Planeamento das Grades de Discos.....	44
Figura 44 - Gráficos yamazumi para a grade HRM (pequena) e para o chassi da grade HVR (grande).....	45
Figura 45 – Fluxo de material entre os supermercados e as diversas etapas do processo produtivo das grades	45
Figura 46 – Circuito Logístico de Peças Pintadas	46
Figura 47 – Novo layout do setor das grades de discos.....	47
Figura 48 – Plano de Pré-Mudança da Linha	48
Figura 49 – Evolução do Indicador de Produtividade da Linha dos Reboques de Taipais Pequenos.....	49
Figura 50 - Evolução do valor e cobertura de inventário de produto acabado, semi-acabado e em curso.....	51
Figura 51 – Evolução do valor e cobertura de inventário de matéria prima e componentes....	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Os principais problemas e respectivos indicadores (Herculano, 2016).....	1
Tabela 2 – Divisão das referências de reboques por categoria e família e volume total fabricado	27
Tabela 3 – Matriz Família-Processo com os tempos medidos em minutos de cada uma das fases produtivas.	28
Tabela 4 – Divisão das referências de grades de disco por categoria e família e volume total fabricado no setor	29
Tabela 5 - Matriz Família-Processo com os tempos medidos em minutos de cada uma das fases produtivas.	30
Tabela 6 – Resumo das vendas e das exigências dos clientes por mercado para as principais famílias de produtos.....	32
Tabela 7 – Redução de custos obtida com a implementação do novo modelo de planeamento.	34
Tabela 8 – Resultados da análise das três soluções de balanceamento	39
Tabela 9 – Resumo dos ganhos de produtividade conseguidos com a mudança de layout das duas linhas	50

1 Introdução

1.1 Projeto e Motivação

O presente relatório foi elaborado no âmbito da dissertação final do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O projeto apresentado nesta dissertação surge após a parceria estabelecida entre a Herculano – Alfaias Agrícolas S.A, uma empresa portuguesa que se dedica à produção de equipamentos agrícolas, e o *Kaizen Institute*, consultora operacional focada na melhoria contínua. Os principais objetivos do projeto são o aumento da produtividade global da fábrica e a redução do valor médio de inventário.

Durante a fase de mapeamento da situação atual e planeamento da estratégia foram identificadas as áreas operacionais onde a mudança pudesse ter maior potencial, isto é, onde o benefício fosse mais impactante e a implementação menos onerosa. Áreas estas como o planeamento que, na empresa, segue uma metodologia bastante complexa e que piora com a frequente necessidade de retrabalho e alterações de caráter urgente. Sempre que surge uma situação destas, a equipa comercial comunica diretamente à produção, através de uma comunicação interna, para rever o plano produtivo. Durante o 1º trimestre de 2016 houve um total de 172 comunicações internas. A este ponto crítico transpõe-se a falta de qualidade originada 80% das vezes por não conformidades na matéria-prima proveniente de fornecedores e que se tem evidenciado no crescente número de reclamações de clientes (210 queixas formais em 2015). Em termos logísticos, a dificuldade está em garantir o abastecimento e entrega de todos os componentes necessários, no momento e quantidade certos, sendo o *layout* atual uma barreira à concretização deste objetivo. O valor de inventário de produto acabado e produção em curso representa 66% do valor total em inventário. Estas categorias de inventário são compostas maioritariamente por produtos que, além de terem uma rotação muito baixa, são de grandes dimensões e o seu armazenamento é feito no exterior da fábrica, submetendo os artigos a condições atmosféricas por vezes adversas. O inventário de produto acabado tem uma cobertura de 7,13 meses. A Tabela 1 faz o resumo destes problemas e respetivos indicadores.

Tabela 1 – Os principais problemas e respetivos indicadores (Herculano, 2016)

Problema	Indicador
Excesso de Retrabalho e Alterações de Caráter Urgente	172 comunicações internas/trimestre
Reclamações por falta de qualidade	80% das não-conformidades no material do fornecedor
	210 queixas formais de clientes
Níveis altos de inventário e com baixa rotação	Valor inventário prod. semi-acabado e acabado = 50% total
	Cobertura Prod. Acabado e Semi-Acabado = 7,13 meses
	Cobertura Matéria-Prima e Componentes = 8,06 meses

Após este diagnóstico, tornou-se rapidamente claro que o foco do projeto deveria estar na redefinição e melhoria do fluxo operacional. Dois pontos chaves serão a criação de um novo modelo de reaprovisionamento e normalização do abastecimento logístico e a reestruturação da

metodologia de planeamento da empresa. Esta redefinição de estratégia tem como objetivo a obtenção de resultados de excelência operacional que só é conseguida atuando na trilogia qualidade-custo-entrega e no desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua. Neste caso, a reorganização será apoiada pela combinação de conceitos e técnicas dos fundamentos *Kaizen* e *Lean*.

Os atrasos recorrentes nas entregas dos produtos ao cliente e a falta de material pronto nos pontos de inventário críticos foram os principais motivadores do desenvolvimento e implementação de um novo modelo de planeamento. O novo modelo em *pull* foi desenvolvido tendo por base o *output* da análise ABC das referências de produto acabado. Para cada referência de produto acabado ficou claramente definida a estratégia que devem seguir. A análise ABC permitiu ajudar na priorização dos artigos que entram nos produtos com maior rotação, e que, por isso, devem estar assegurados em armazém. Com esta avaliação foi possível desenvolver um novo sistema de gestão de inventário que permitiu à empresa, após incorporação no atual sistema informático da empresa, atingir o nível de serviço desejado.

A criação de uma ferramenta de gestão de caixa logística teve como objetivo a melhoria do nível de serviço do cliente. O departamento comercial usa esta ferramenta para reservar capacidade produtiva e, assim, garante que a data de entrega é a mais próximo possível da desejada pelo cliente. Para que tal seja concretizado, o início de produção é agendado apenas o número exato de dias necessários à produção antes da data final de entrega.

Em termos de *layout* e desenho de linha os esforços estiveram direcionados para o dimensionamento dos bordos de linha, o balanceamento das operações e a definição de circuitos logísticos. Complementar a estes pontos, entra a gestão de competências e a normalização de operações, que permite treinar os operadores e garantir a flexibilidade operacional das linhas. A inclusão de ferramentas como os quadros de reunião de *Kaizen* Diário para as equipas naturais, ou o ecrã *Andon*, que permite marcar o ritmo da linha, permitiram potenciar o aumento de produtividade e a eficiência dos principais fluxos produtivos na fábrica.

Neste capítulo são apresentados de forma sucinta o contexto do projeto e os principais pontos que o definem. Segue-se uma breve introdução ao *Kaizen Institute*, empresa responsável pelo desenvolvimento e implementação das soluções do projeto de melhoria contínua, e à Herculano, organização onde este teve lugar. Após este enquadramento, será apresentado o projeto, os objetivos a ele associados e a metodologia para a sua concretização.

1.2 Apresentação do Kaizen Institute

O *Kaizen Institute Consulting Group* foi fundado em 1985 por Masaaki Imai e é um grupo de consultoria operacional multinacional. *Kaizen* é uma palavra japonesa que une *Kai* (mudar) a *Zen* (para melhor) e, tal como o nome indica, os fundamentos da sua ação assentam no conceito de melhoria contínua através do envolvimento de todos os colaboradores da organização. A base da atividade do *Kaizen Institute* é o desenho e implementação de soluções apoiadas na filosofia de gestão *Lean*.

O *Kaizen Institute Portugal* nasce em 1999 e tem vindo a crescer exponencialmente, quer em presença e visibilidade no mercado, quer em número de colaboradores. A carteira de clientes lista os mais variados setores de atividade – indústria discreta, contínua e de serviços – o que demonstra a flexibilidade das metodologias seguidas pela empresa.

1.3 Apresentação da Herculano - Alfaias Agrícolas, S.A.

A Herculano – Alfaias Agrícolas S.A é uma empresa do Grupo FERPINTA S.G.P.S., S.A. e está sediada na zona industrial de Loureiro, Oliveira de Azeméis, a 40 km do Porto.

A empresa nasceu num seio familiar em 1969 com o objetivo de fabricar e comercializar alfaias agrícolas. Após introdução e crescimento no mercado, em 1986, a empresa ganha o estatuto de líder nacional na produção e venda de semirreboques agrícolas.

Em 1997, a *holding* do Grupo FERPINTA passa a deter 80% do capital da empresa. A esperança de que a entrada no grupo trouxesse uma nova dinâmica a nível financeiro e estratégico concretizou-se, graças à experiência e profissionalismo de renome da FERPINTA no mercado metalomecânico. Em dezembro de 2005, a FERPINTA e a família Teixeira, detentora do Grupo, assumem o controlo através da aquisição do restante capital da empresa no sentido de dar continuidade à consolidação e projeto de expansão da empresa.

A presença internacional e sinergias criadas entre as empresas do Grupo potenciou as oportunidades de expansão do negócio da Herculano, abrindo portas à exportação para países como França, Espanha, Angola, Moçambique e Nova Zelândia.

Em 2006, teve início o processo de ampliação e reestruturação das instalações fabris que envolveu um investimento de mais de 8M€. A antiga fábrica datava das décadas de 70 e apresentava uma série de constrangimentos ao processo produtivo. A modernização do *layout* fabril possibilitou uma maior flexibilidade e capacidade produtiva.

Atualmente, a Herculano produz alfaias para vários setores primários, tais como, a agricultura, silvicultura, vinha e olival. A empresa presta também um serviço de subcontratação para reconhecidos fabricantes da área agrícola, a *Pöttinger* e a *John Deere*, que recorrem ao saber-fazer da empresa para a produção de alguns dos seus produtos em território nacional.

Graças ao investimento no desenvolvimento da empresa, a Herculano posiciona-se entre os maiores produtores de equipamentos agrícolas da Península Ibérica, possuindo uma área total de 48.000m² e uma faturação anual que ronda os 15M€.

O organograma da Herculano está representado na Figura 1. Enquanto membro do grupo FERPINTA, o conselho de administração é transversal a todas as empresas detidas pelo grupo. A Herculano conta com 197 colaboradores: 50 administrativos e 147 dedicados à produção. Em 2016, a taxa de absentismo foi de 9%.

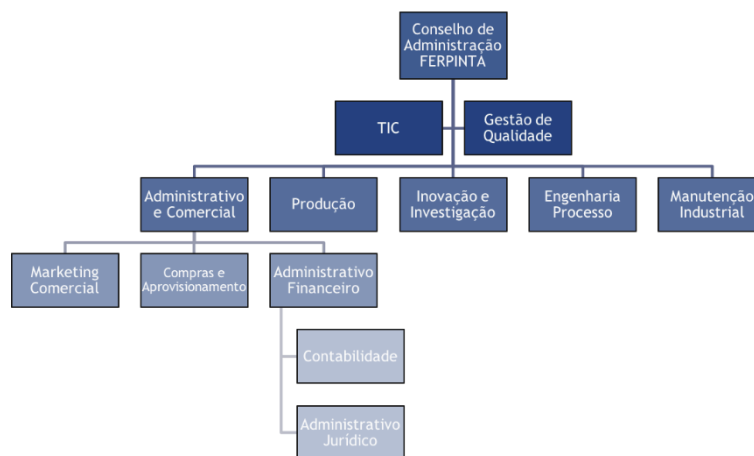


Figura 1 – Organograma da Herculano

1.4 O projeto de melhoria contínua na Herculano - Alfaias Agrícolas, S.A.

A Herculano tem três produtos que representam 50% das suas vendas: reboques taipais, grades de discos e monocoques. Os reboques são o produto que representa o maior volume de faturação para a empresa. Em 2016, segundo a publicação da revista *abolsamia* (2016), a Herculano era líder nacional, detendo 23,6% do mercado, seguindo-se a Rates com 14,2% e a Galucho com 12%. No entanto, esta posição de liderança está a ser ameaçada pela Galucho cujas vendas cresceram 71,9% no último ano. Apesar da Herculano continuar na frente, com uma quota de 23,1%, a diferença é mínima face à Galucho que conquistou o segundo lugar do mercado com uma quota de mercado de 22,4%.

Em termos de faturação, 75% das vendas são para o mercado ibérico (50% mercado nacional e 25% para Espanha). Os restantes 25% são exportações para Europa, Médio Oriente, África e Oceânia. Em 2014, os principais clientes, por ordem decrescente do volume de faturação, eram Portugal, Moçambique, Angola, Espanha e França. A variação da posição em termos de quota dos principais clientes desde 2014 é representada na Figura 2.

Apesar da queda de dois principais clientes, Moçambique e Angola, a Herculano conseguiu compensar o valor da faturação global com o desenvolvimento de mercados, como a França e a Bélgica, e a entrada em novos países na Europa de Leste, como Bulgária e Roménia. De salientar o crescimento dos mercados da Argélia e da Nova Zelândia que têm um grande impacto em termos de faturação, já que a margem bruta conseguida com estas vendas é superior à média (entre os 40% e 50%).

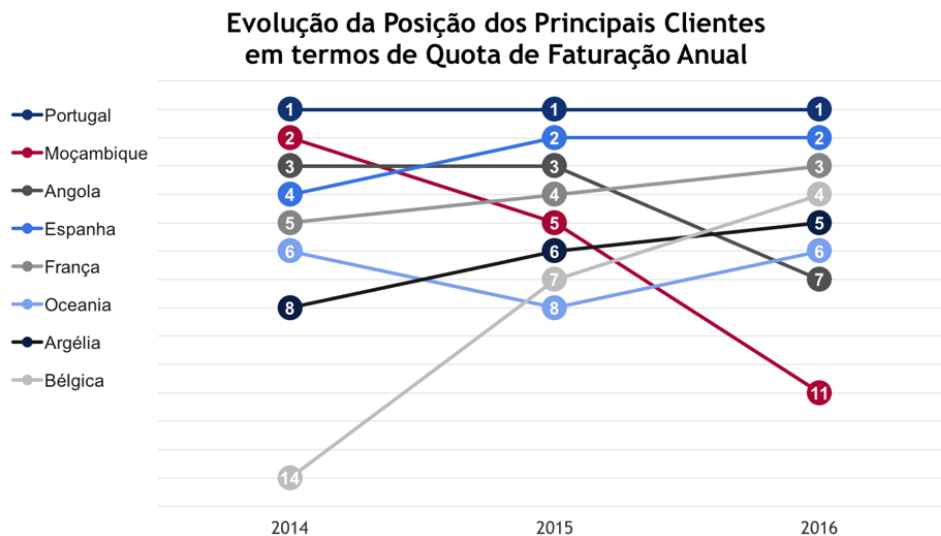


Figura 2 – É visível a queda de Angola e Moçambique e a ascensão de novos mercados, como Oceânia, Argélia e Bélgica (Herculano, 2016)

Um estudo da CEMA (2016), a associação europeia da indústria de máquinas agrícolas, realça alguns factos e previsões sobre a evolução da indústria nos próximos anos. Primeiro, há uma correlação inegável entre o preço dos bens agrícolas de primeira necessidade, que ditam a receita ganha pelos agricultores, e o valor de investimentos em novas máquinas. Daí, a evolução dos mercados económicos a nível europeu ditará a prosperidade da indústria. Segundo, na União Europeia, entre 2005 e 2013, houve uma queda de 3,7% ao ano no número de explorações agrícolas, muito devido à urbanização e êxodo rural, o que se reflete numa contração nas vendas do mercado. Outro facto interessante tem a ver com a idade dos donos destas explorações – apenas 6% são controladas por agricultores com menos de 35 anos. O distanciamento dos jovens, tanto da agricultura, como das zonas rurais, torna essencial encontrar máquinas de alta tecnologia capazes de voltar a colocar a geração mais jovem no negócio e ajudá-los a operar quintas cada vez maiores de maneira mais sustentável e lucrativa.

A importância de ter uma carteira de clientes cada vez maior, mais exigente e mais diversificada, especialmente a nível geográfico, irá naturalmente refletir-se no modo de pensar e agir da Herculano. É crucial ter um modelo operacional capaz de responder às exigências e prazos impostos pelos clientes. Para se alcançar a flexibilidade desejada é necessário que os fluxos de informação e material da empresa não tenham quaisquer tipos de constrangimentos e que haja um ambiente propício à melhoria contínua, daí o contacto com o *Kaizen Institute* para apoiar empresa na tomada deste novo rumo.

Na proposta de projeto, definida em conjunto pela Herculano e o *Kaizen Institute*, apontaram-se como principais resultados a atingir o aumento da produtividade global da fábrica e a redução do valor médio de inventário. Para o primeiro objetivo foi estabelecida um aumento da meta de produtividade global da fábrica para 80%. Em termos de inventário, o objetivo passa pela redução de 15% dos níveis de matéria prima e de 30% dos níveis de *stock* de produto em curso e produto acabado. Associado a estes dois objetivos principais está o aumento do nível de serviço, com base na redefinição do processo de planeamento e o desenvolvimento de uma cultura organizacional imbuída do espírito de melhoria contínua.

Apesar de existirem alvos bem concretos para o sucesso do projeto, toda a cadeia de valor da Herculano irá ter de ser revista. O processo de planeamento, em particular, obrigará à alteração de todo o fluxo informativo e de material, e, conseqüentemente, a decisões operacionais, como a redefinição do *layout* dos postos de trabalho existentes. Uma mudança desta amplitude abrange vertentes estratégicas, táticas e operacionais da empresa, daí a importância de haver um encadeamento lógico de todo o fluxo produtivo.

1.5 Metodologia seguida no Projeto

No projeto em questão, a metodologia utilizada divide-se nas seguintes fases:

- Análise e diagnóstico da situação atual
- Categorização e priorização dos processos críticos para a empresa
- Prognóstico da situação futura
- Desenho e implementação de soluções
- Desenvolvimento e seguimento do projeto através de ações corretivas

Durante a primeira fase, mapeou-se a atual cadeia de valor permitindo identificar e analisar os principais fluxos de materiais, definir indicadores de desempenho, perceber o modelo de planeamento e fazer o cálculo de necessidades. O passo seguinte consistiu na elaboração do desenho do mapa de visão futura. Esta imagem prospetiva permite quantificar os resultados de melhoria a atingir após a implementação do projeto. O desenho e implementação de soluções, devido à sua dimensão e importância, toma a maior parte da duração temporal do projeto. À medida que as soluções vão sendo concretizadas, de modo a normalizar e aperfeiçoar a sua execução, são continuamente implementadas ações corretivas.

O projeto de duração de 2 anos teve início a setembro de 2016. O cronograma das iniciativas e respetivas tarefas pode ser consultado na Figura 3. As atividades iniciadas até à data, e que estarão no âmbito desta dissertação, foram a alteração de *layout* e desenho de linha dos setores de produção de reboques taipais e de grades de discos e o desenvolvimento de um sistema de planeamento *pull* para o produto acabado. Paralelamente, foram levadas a cabo iniciativas de implementação de reuniões de *Kaizen* diário no departamento de produção com o objetivo de consolidar a cultura de melhoria contínua e ajudar no desenvolvimento de equipas.

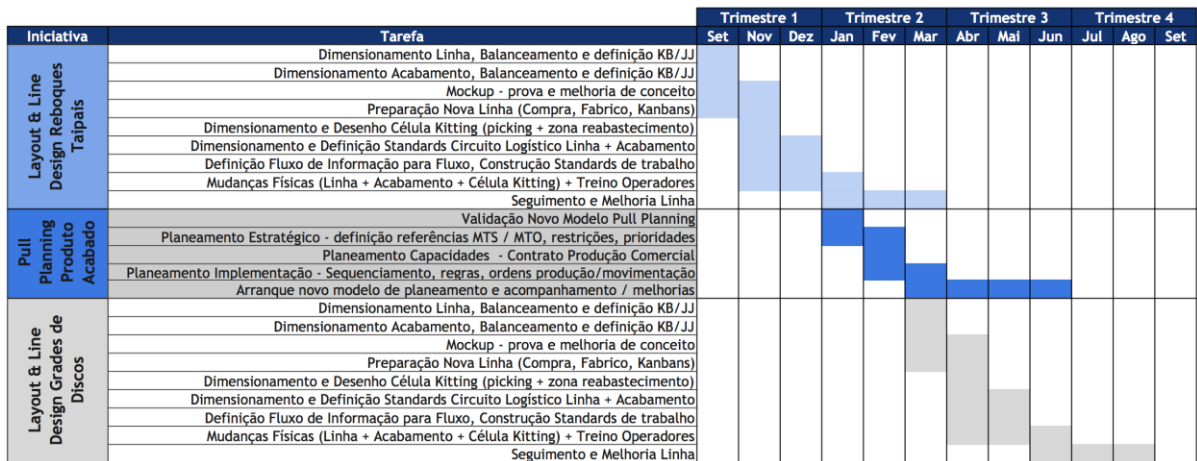


Figura 3 – Cronograma do Projeto de Melhoria Contínua na Herculano

Na empresa foi criado um espaço dedicado à gestão do projeto, a sala de *Mission Control*, onde têm lugar *workshops* e formações com a equipa do projeto e também para entender o ponto de situação das diversas iniciativas. A equipa do projeto é constituída por membros dos departamentos da empresa que sejam relevantes para as diversas tomadas de decisão. Os representantes da administração são também envolvidos através da participação no *Steering Committee*. Mensalmente este comité reúne para acompanhar os indicadores e resultados alcançados e tomar decisões sobre possíveis problemas a resolver.

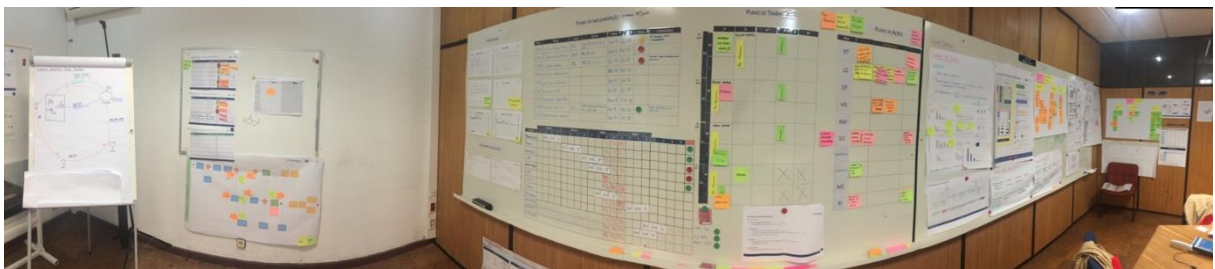


Figura 4 – Sala de *Mission Control*

1.6 Estrutura da Dissertação

A estrutura desta dissertação será semelhante à estrutura da metodologia anteriormente descrita e que foi seguida durante as várias fases do projeto. O capítulo 2 é fruto de uma breve revisão da literatura e caracterização do estado da arte que enquadra e sustenta os temas abordados na dissertação. No capítulo 3 é exposta a situação inicial da empresa e são delineadas as principais linhas de ação para alcançar a situação futura desejada. O 4º capítulo relata os métodos e resultados obtidos global e individualmente, consequentes da implementação de soluções. Por último, no capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos e apresentadas algumas propostas para estudo futuro.

2 Enquadramento Teórico

Esta secção irá expor um breve enquadramento teórico e discussão sobre metodologias relacionadas com os eixos de melhoria para o sucesso do projeto da Herculano, sendo esses o planeamento, a gestão de inventário, a produtividade e a motivação pessoal.

2.1 Planeamento Push vs Pull

Um dos grandes desafios de qualquer empresa é balancear a procura e a oferta. Desenhar um plano que reflita as políticas da empresa e os objetivos estratégicos da mesma não é simples. Cada área funcional tem um grau de especialização próprio, o que gera conflitos devido às diferentes expectativas, preferências e prioridades sobre como alcançar o alinhamento institucional. A reconciliação destes conflitos é geralmente conseguida com a coordenação de esforços e integração das várias áreas da empresa (Oliva and Watson 2011).

Desta revisão colaborativa dos níveis estratégico, operacional e tático, resulta o plano chamado de *Aggregate Master Planning* e procura definir os níveis globais de *output* face à incerteza da procura, no curto a médio prazo. O termo agregado é utilizado já que o plano se refere a uma única medida global de *output* ou, no máximo, a algumas categorias de produtos. Este plano suporta as decisões sobre os recursos da empresa, como a redefinição das capacidades produtiva e logística. Serve também de *framework* para as atividades subsequentes, como o *Master Production Schedule* (MPS) e o *Material Requirements Planning* (MRP). O MPS faz o escalonamento da quantidade de produto acabado que necessita ser produzida e que pode consistir tanto de encomendas efetivas de clientes, como de previsões de procura. Depois, o MRP, segundo um conjunto de técnicas de planeamento, calcula os requisitos futuros e as recomendações de libertação e compra de material. O MPS é corrigido com a avaliação contínua da capacidade e disponibilidade dos recursos. O fluxograma da Figura 5 mostra os *inputs* e *outputs* do *Aggregate Master Plan*.

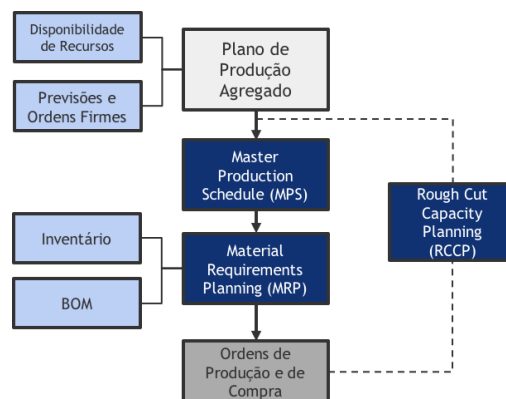


Figura 5 – Inputs e Outputs do Plano de Produção Agregado in Vollmann, Berry et al. (2004).

O sistema MRP é um exemplo clássico de um sistema de planeamento *push*. As ordens de produção são planeadas e lançadas a nível central diretamente para cada uma das operações no processo produtivo, com base no calendário criado pelo MRP. Cada estação, após completar o trabalho, “empurra” a ordem para a próxima estação, independentemente do seu estado. Este sistema foi idealmente desenhado para a produção em lotes, e não em fluxo, já que tende a agrupar as encomendas. Tal faz com que os inventários estejam sobredimensionados e que, desnecessariamente, se aumente o *lead time*. Ao ter em conta as previsões da procura, e não somente as encomendas reais, o próprio sistema acaba por contribuir para a distorção de padrões de procura ao longo da cadeia de abastecimento. O funcionamento deste sistema está representado na Figura 6.

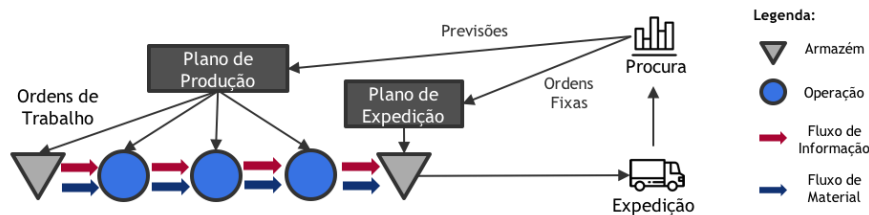


Figura 6 – Exemplo de um sistema Push

A filosofia *pull*, nascida no Japão com o *Toyota Production System (TPS)*, contraria a prática do *push*. Neste sistema, o processo é despoletado por um sinal de reposição após o qual os processos precedentes são autorizados a começar a trabalhar e repõem exatamente a quantidade que a próxima estação levantou. Se não houver sinal de reposição, a estação para de produzir para que não haja excesso de inventário. A Figura 7 mostra um fluxo típico de um sistema *pull*. Este sistema é sustentado por ferramentas *lean* que irão ser apresentadas na secção 2.6.1.

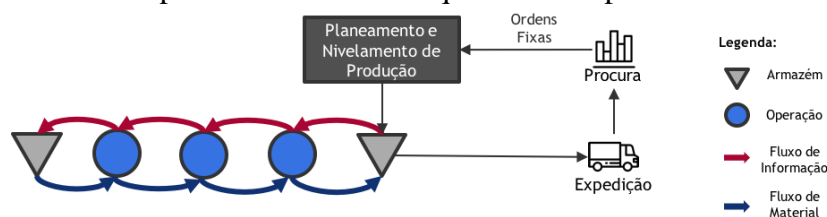


Figura 7 – Exemplo de um sistema Pull

2.1.1 Estratégias de Planeamento de Capacidade

Qualquer empresa vê o seu perímetro de ação condicionado por fatores externos e internos. Fatores externos são função do ambiente que rodeia a empresa e sobre os quais há pouca margem de manobra, como variações no comportamento do consumidor ou condições económicas do mercado. Os fatores internos são na sua maioria controlados pela empresa, como é o exemplo da capacidade produtiva. As estratégias de gestão de capacidade mais comuns são:

- *Produção Variável (Chase)*: a taxa de produção segue a taxa de procura. A empresa emprega ou despede trabalhadores consoante a capacidade requerida. Tal facto reduz a necessidade de ter altos níveis de inventário;
- *Produção Nivelada (Level)*: a taxa de produção é mantida sempre ao mesmo nível. O tamanho da força de trabalho é fixo, sendo o inventário responsável por absorver flutuações na procura;
- *Horas Extra*: usando a mesma força de trabalho, o número de horas de trabalho é ajustado para responder ao nível de procura. Há que ter em atenção o custo elevado de contratar horas extras e o potencial desgaste da força de trabalho.

Na estratégia de produção variável há uma grande volatilidade em termos de emprego, o que cria um ambiente de desmotivação por parte do pessoal. O sucesso desta estratégia depende muito da existência de um *pool* de trabalhadores capacitado e flexível o suficiente sem necessitar de formação intensiva.

Apesar da escolha ideal depender dos objetivos estratégicos e da natureza da organização, há que realçar as inúmeras vantagens do nivelamento de produção. O *heijunka* (produção nivelada, em Japonês) foi a estratégia defendida por Ohno (1988) no desenvolvimento do TPS. Em termos de carga trabalho, o nivelamento permite que as linhas trabalhem de forma mais suave e regular. Os trabalhadores usufruem de maior estabilidade o que possibilita a criação de grupos fixos que, por sua vez, facilita o balanceamento da linha e a normalização de tarefas. O potencial risco desta estratégia é o aumento dos níveis de inventário e conseqüente aumento de custos e do risco de obsolescência. No entanto, a gestão de inventário pode ser melhorada com o recurso a sistemas de nivelamento e sincronização, como os sinais *kanban* ou a criação de fluxo unitário, que irão ser explicados na secção 2.6.1.

2.1.2 Estratégias de Planeamento de Produção

É fundamental estudar o posicionamento das atividades básicas de *sourcing*, produção e entrega ao longo da cadeia de valor, em função dos objetivos a longo prazo da empresa, da sua capacidade produtiva e das prioridades competitivas necessárias para atrair novas encomendas.

Wortmann (1983) foi pioneiro na classificação dos sistemas de produção no momento em que apresentou o conceito de *customer order decoupling point* (CODP). Este ponto delimita a interface entre o cliente e o processo produtivo e é o ponto de inventário mais importante da cadeia. A escolha da posição do CODP é uma decisão fulcral pois, quanto mais perto do cliente estiver, menor é o *lead time* de entrega, mas maior é o custo de inventário.

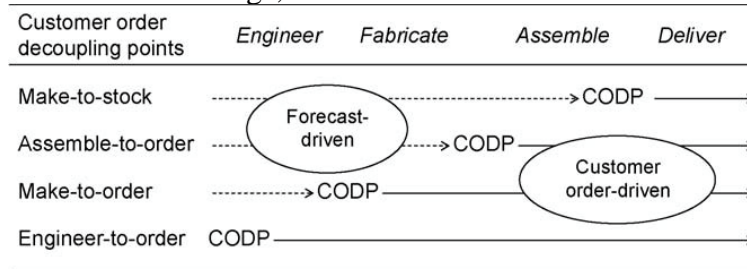


Figura 8 – A posição do Customer Order Decoupling Point no processo produtivo e a sua relação com a estratégia de produção in Olhager (2010)

O posicionamento do CODP permite perceber qual o tipo de estratégia de produção ideal para um dado processo produtivo de modo a responder às encomendas dos clientes eficazmente, como demonstrado na Figura 8. Mather (1988) perpetuou a discussão sobre estas estratégias com a definição do rácio P:D, onde P é o *lead time* do ponto de vista da produção e D o *lead time* do ponto de vista do cliente. Por exemplo, num caso em que o cliente não esteja predisposto a esperar para ter o produto ($D \gg P$), então é preferível adotar a estratégia *Make-to-Stock*.

De salientar a diferença entre os processos a jusante e a montante do CODP. A jusante os processos são guiados por previsões (sistema do tipo *push*), enquanto que a montante são despoletados pelas encomendas dos clientes (sistema do tipo *pull*). Os sistemas baseados em previsões têm um cariz de incerteza que pode ser bastante prejudicial, sobretudo no que diz respeito à capacidade de gestão de inventário, como vai ser apresentado na secção 2.2.

2.2 Sistemas de Controlo de Inventário

Um sistema de inventário é um conjunto de políticas de controlo e monitorização de *stock*. O objetivo do seu uso passa por determinar quais os níveis de inventário a manter, quando deve ser o reabastecimento de *stock* e qual a quantidade a ser encomendada. De acordo com Chase and Jacobs (2015), uma empresa define uma estratégia de inventário para:

- Manter a independência entre operações, através do uso de *buffers* de inventário em diferentes fases do processo produtivo, para assim estabilizar o nível de output médio e reduzir a necessidade de *setups*;
- Precaver variações na procura e no *lead time*;
- Salvaguardar a variação no tempo de entrega de matéria prima;
- Tirar proveito de descontos em encomendas de grande quantidade ou antecipar possíveis subidas de preços.

Para se escolher o sistema ideal, é importante perceber os *trade-offs* envolvidos no uso de diferentes tipos de lógica de controlo de inventário. A Figura 9 expõe um *framework* que ajuda na decisão do tipo de sistema de controlo a adotar consoante as características da procura, os custos de transação e o risco de obsolescência de inventário.

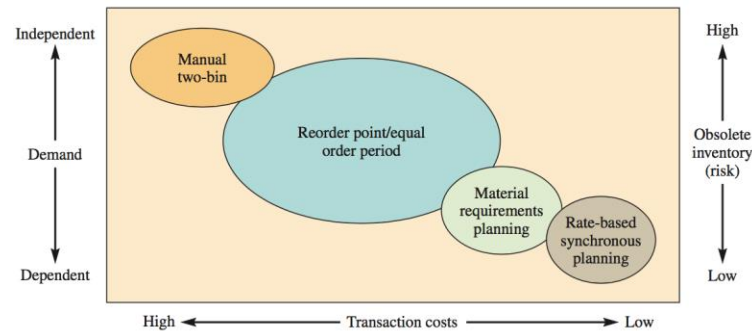


Figura 9 – Matriz de Design de Sistemas de Controlo de Inventário in Chase and Jacobs (2015)

No sistema de dupla caixa, como o nome sugere, há duas caixas com inventário. Quando a primeira caixa fica sem *stock*, a segunda caixa tem que ter capacidade suficiente para garantir que há *stock* até que a primeira caixa volte a ser reabastecida. Este sistema é usado na sua maioria para gestão de itens de baixo valor e de pequena dimensão e é comumente encontrado em linhas de montagem em que os componentes vão sendo adicionados ao produto que se vai movendo na linha. Apesar de simples e fácil de implementar, o espectro de usos do sistema de dupla caixa é muito reduzido.

Os sistemas MRP, tal como apresentado na secção 2.1, dependem da fiabilidade da informação que serve de *input* para os cálculos, como *lead time*, registos de inventário, faturação, *bill-of-materials*. As consequências da baixa qualidade dos dados podem variar entre quantidades de encomendas excessiva e atrasos na entrega. Apesar da vasta aplicabilidade dos *softwares* MRP e da capacidade de gerir uma grande quantidade de informação, os problemas a si associados e o facto de estar otimizado para os sistemas do tipo *push*, dão vários indícios de não ser a solução ideal.

Os “rate-based synchronous planning” nasceu da “Teoria das Restrições” apresentada por Goldratt, Cox et al. (2012). Esta metodologia permite identificar o factor limitante que mais restringe a capacidade de se alcançar um determinado objetivo. Depois de identificado o *bottleneck*, a restrição será melhorada até que deixa de ser um fator limitante. Ao contrário dos sistemas MRP, este tipo de gestão de inventário otimiza um conjunto de encomendas firmes no curto prazo através de um algoritmo de agendamento finito. À medida que se alarga o horizonte temporal de planeamento, a incerteza aumenta e por isso a capacidade e fiabilidade dos resultados deste sistema é menor, como explica Higgins, Roy et al. (1996).

Os sistemas de revisão contínua e periódica de inventário apresentam a flexibilidade necessária para abranger um maior número de situações, como mostra a Figura 9. Segue-se uma breve explicação destes modelos.

Se a encomenda for pontual e servir para cobrir um período fixo de tempo, então estamos perante um modelo de período único. Neste caso, recorre-se ao modelo proposto pelo *Newsvendor Problem* (Arrow and Harris (1974)), no qual os pesos do custo de encomendar acima ou abaixo da procura definem o nível de inventário ótimo. Se as encomendas forem feitas periodicamente e forem usadas para garantir que a procura é continuamente satisfeita, então estamos perante um modelo multiperíodo. Este subdivide-se nos sistemas de revisão contínua – onde a quantidade a encomendar é fixa e igual à quantidade que minimiza o custo total de inventário – e de revisão periódica – onde há um período fixo de tempo até à próxima revisão. Enquanto no sistema contínuo a encomenda é despoletada quando a posição de inventário atinge o ponto de reposição, no sistema periódico a encomenda é feita apenas quando o período de revisão é alcançado. O fluxograma da Figura 10 faz a comparação entre os dois sistemas.

O sistema de revisão contínua faz a monitorização de *stock* praticamente em tempo real, o que permite uma capacidade de resposta mais rápida na possibilidade de haver risco de *stock-out*. Este sistema é ideal para gerir itens críticos ou de grande valor, como peças de substituição. O

controlo mais apertado acaba por requerer um maior esforço monetário e de recolha de dados. O aparecimento de sistemas automáticos de reposição tem vindo a ajudar a contornar este problema. No sistema de revisão periódica esta questão não é uma dificuldade, uma vez que não é necessário monitorizar o inventário durante o tempo entre encomendas.

Na maioria dos casos, a abrangência do controlo de inventário é limitada, quer por recursos como tempo e dinheiro, quer pela complexidade e número de itens envolvidos no processo. A classificação ABC divide o inventário em três grandes grupos em função do volume de vendas. Com a ajuda deste esquema é possível priorizar os grupos de itens a manter em inventário e definir o nível de controlo mais apropriado para cada grupo. A categorização é feita com base na Lei de Pareto. Por exemplo, as referências A são responsáveis por 80% das vendas e correspondem a 20% do total de referências. As referências B e C seguem uma lógica similar. Nem sempre a segmentação é linear e é importante incluir certos artigos, independentemente do resultado da análise. É, por isso, conveniente avaliar critérios como a criticidade do item ou ter em conta decisões estratégicas de cariz comercial.

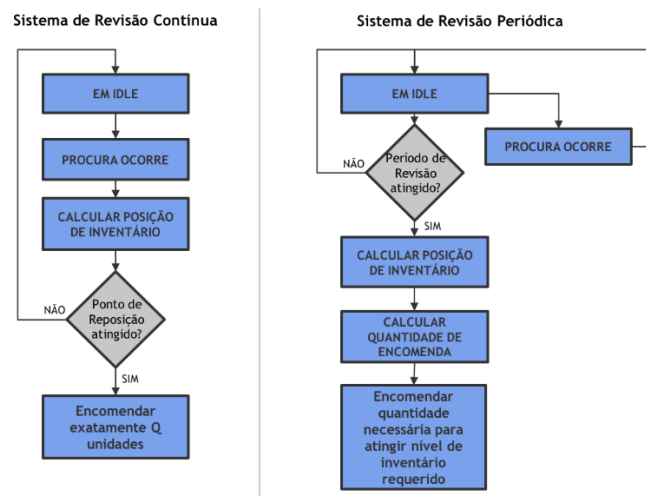


Figura 10 – Comparação entre os modelos de revisão contínua e periódica in Chase and Jacobs (2015)

2.2.1 Variações na Procura e Lead Time

Teoricamente, durante o *lead time*, o inventário será consumido a uma taxa de procura constante, tal que a quantidade encomendada irá chegar no preciso momento em que o nível de inventário é nulo. Na realidade, tal não acontece, pois há variação tanto da procura, como do *lead time* de entrega. A inclusão de um *stock* de segurança permite absorver estas variações e diminuir o risco de *stock-out*.

Na revisão contínua, o ponto de reposição é dimensionado para conseguir cobrir a procura esperada durante o *lead time* mais o *stock* de segurança, este último função do nível de serviço desejado. Na revisão periódica a quantidade a encomendar varia de acordo com a taxa de utilização de cada artigo entre cada período de revisão. Logo, é necessário um maior nível de segurança para diminuir o risco de rutura de *stock* durante este período.

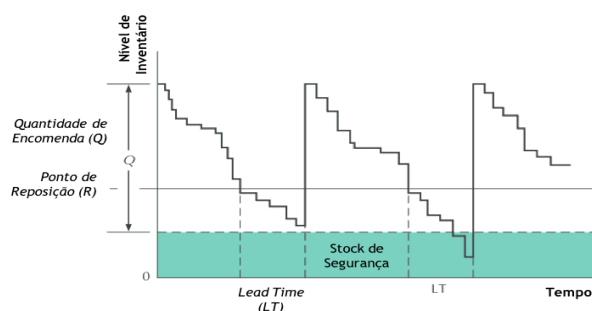


Figura 11 – Ponto de Reposição com *Stock* de Segurança in Russell, Taylor et al. (2014)

Apesar do *stock* de segurança ser um método simples e eficaz, este não ataca diretamente as causas da variabilidade, como é o caso do *bullwhip effect* (efeito de chicote, em português). Este efeito ocorre quando variações mínimas na procura se ampliam à medida que a informação vai fluindo desde o cliente final até ao fornecedor, como representado na Figura 12. As consequências trazidas para a cadeia de abastecimento são maiores *buffers* de inventário, baixo nível de serviço e ineficiências na produção e logística, como excesso ou falta de capacidade. Conforme a revisão literária em Wang and Disney (2016), algumas possíveis causas para este fenómeno são:

- *Falta de informação fiável*: a imprevisibilidade e falta de dados sobre a procura e sobre o *lead time* obriga ao recurso a previsões. O uso de métodos pouco potentes e que não se adequam à realidade do mercado gera previsões enviesadas;
- *Falta ou excesso de capacidade para responder à procura real*: há uma tendência natural de agrupar ordens para aumentar o tamanho do lote e rentabilizar o investimento nos recursos. Esta prática leva a picos no consumo e ao aumento de *stock* de produto acabado;
- *Aversão ao risco*: naturalmente, o ser humano tende a evitar situações que envolvem incerteza. Estas ações irracionais transtornam as tomadas de decisão. Um exemplo é o natural sobredimensionamento dos *stocks* de segurança;
- *Políticas de compra*: no sentido de diluir os custos totais de compra e transporte, os membros da cadeia sentem-se incentivados a comprar em lote. O mesmo acontece quando há compra antecipada de produtos sazonais. Tais acontecimentos criam um fluxo irregular de ordens que se amplifica ao longo da cadeia.

É cada vez mais comum encontrar cadeias de abastecimento onde os membros unem forças na consolidação de toda a cadeia num fluxo único para mitigar potenciais riscos de colapso. Chopra (2004) regozija a implementação de programas colaborativos com vista ao aumento da transparência e partilha de informação, como o *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* (CPFR) ou a prática de *Risk Pooling*.

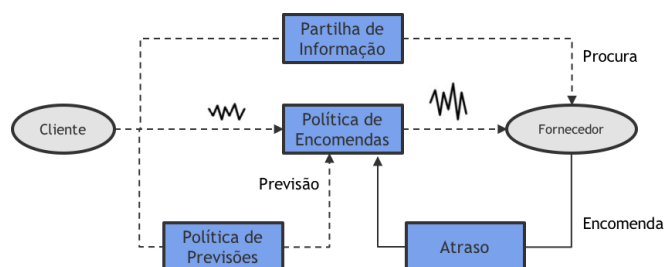


Figura 12 – Esquema de um típico modelo de Bullwhip Effect. Baseado em Wang and Disney (2016)

O sistema de planeamento *pull* consegue mitigar o efeito de chicote. Uma vez que o fluxo é despoletado no ponto onde o cliente puxa a encomenda, cada um dos intervenientes a montante otimiza o nível de reposição do seu nó no sistema, o que diminui as amplificações da procura ao longo da cadeia.

2.3 Produtividade e Motivação Pessoal

A produtividade é uma medida de *performance* que ajuda a examinar se a empresa está a usar os seus recursos da melhor maneira. Um índice de produtividade dá dicas sobre como o negócio pode combinar os seus *inputs* (capital, trabalho ou materiais) para atingir um *output* superior ao dos seus concorrentes. O rácio *output-input* é uma medida relativa, isto é, precisa de ser comparada com, por exemplo, um *benchmark* da indústria, para que tenha significado.

Chew (1988) aponta alguns dos lapsos mais comuns na medição da produtividade. A maioria das indústrias continua preocupada somente com a produtividade da sua mão-de-obra direta, já que este indicador é a fonte de informação mais usada para comparar o crescimento económico a nível global. Este raciocínio era razoável quando as horas de trabalho representavam uma

grande percentagem do total de custos, mas hoje em dia, para muitos negócios, tal não acontece. Os sistemas convencionais tendem a ignorar os *inputs* cuja medição não é direta. Cada vez mais as empresas estão a perceber o poder competitivo de encurtar os ciclos produtivos, o que faz com que a medição do *lead time* seja um ponto crucial. A maioria dos índices de produtividade centra-se no chão de fábrica e acaba por esquecer que outros trabalhadores, que não operadores de linha, influenciam significativamente a produtividade do processo produtivo.

É, pois, importante entender quais os *inputs* que a empresa tem ao seu dispor e definir índices de produtividade que promovam um controlo fiável e claro da evolução do processo produtivo.

Na área da psicologia existem diversos estudos que relacionam a produtividade com os níveis de motivação pessoal. Uma dessas teorias é a “Teoria da Expectativa” estudada por Vroom (1994). De acordo com esta teoria, uma pessoa estará mais motivada se sentir que o esforço que colocou permite alcançar um determinado objetivo. Da mesma forma, ficará menos motivada se não valorizar a recompensa ou se não acreditar que o esforço incutido irá ser suficiente para ter a tal recompensa. A chave desta teoria está em criar um conjunto de objetivos realizáveis por parte dos trabalhadores e dar recompensas que estes realmente valorizem. As recompensas não têm necessariamente de vir na forma de aumentos salariais ou bónus, apesar de estes serem normalmente bem-vindos. Elogiar, dar oportunidades de progressão ou reconhecimentos de mérito são ótimos motivadores e, conseqüentemente, impulsionadores da produtividade.

2.4 Multimetodologia

Um grande número de empresas trabalha diariamente a combater problemas que vão surgindo, não tendo consciência nem tempo para refletir sobre as reais causas dos mesmos e, assim, eliminá-los definitivamente. Gerar consenso entre os diversos *stakeholders* sobre qual o verdadeiro obstáculo da empresa é uma tarefa complicada pois raramente há alinhamento entre a visão global e as prioridades individuais de cada departamento.

Os métodos quantitativos de resolução de problemas dominaram a maior parte do século XX. No entanto, e de acordo com Iglesias and Anfinito (2008), o comportamento humano traz consigo uma carga subjetiva e qualitativa que dificulta a análise e posterior implementação dos métodos científicos tipicamente usados. Perante uma situação complexa, o recurso a métodos de diferente natureza, quantitativa e qualitativa, quando convenientemente integrados e articulados, resultam em vantagens acrescidas. A utilização de um único método pode conduzir a resultados enviesados em função da medida que se deseja avaliar. Segundo Moran-Ellis, Alexander et al. (2006), a principal vantagem do uso da multimetodologia é permitir a comparação das análises e resultados provenientes de diferentes metodologias utilizadas. Assim, é possível obter uma solução mais robusta com maior segurança e precisão nos resultados.

2.4.1 Soft Systems Methodology

Nesta secção, a título de exemplo, será abordada uma das metodologias que procura envolver todos os aspetos relevantes, qualitativos e quantitativos. A “Soft Systems Methodology” (SSM) nasceu nos anos 80 e é resultado de anos de pesquisa na área de desenvolvimento de sistemas de informação pela Universidade de Lancaster. A metodologia acabou por se alastrar às mais diversas áreas enquanto solução para a modelação de processos e sistemas de apoio à decisão. Os “soft systems” encaram o mundo como uma entidade complexa e interrogativa. Admite-se que cada interveniente tem uma perceção mental diferente da mesma situação com base em julgamentos e crenças individuais sobre a realidade. Em termos simples, a metodologia torna explícito cada um destes modelos mentais permitindo fazer a comparação entre a realidade e o que foi realmente observado por cada interveniente.

Uma das abordagens típicas da SSM tem 7 passos. No âmbito desta dissertação é pertinente referir os dois primeiros. Estes preocupam-se em colecionar informação e visões sobre as situações consideradas problemáticas e, por fim, conseguir capturar estas múltiplas visões da situação numa única representação. Checkland (1981) considera que situações complexas são mais eficazmente representadas através do uso de diagramas e imagens já que são capazes de envolver uma maior densidade de informação no mesmo espaço. As “rich pictures” representam de uma maneira informal, mas eficaz, o sistema e os problemas percecionados permitindo que cada interveniente possa defender o seu julgamento de maneira justificável e racional, potenciando o debate e o consenso sobre o tema.

2.5 Filosofia Kaizen

O *Kaizen Business System*, ilustrado na Figura 13, é um sistema que abrange um conjunto holístico de ferramentas, metodologias e conhecimento que ajuda na melhoria de todo o espectro de negócio e na criação de valor a longo prazo. Os modelos tradicionais acreditam que investimentos avultados em inovação são a solução para os problemas. A filosofia *Kaizen* defende a aposta no progresso incremental dos processos, baseado no uso de metodologias *low-cost* e de senso comum, e garante recompensas a longo prazo com um menor risco associado.

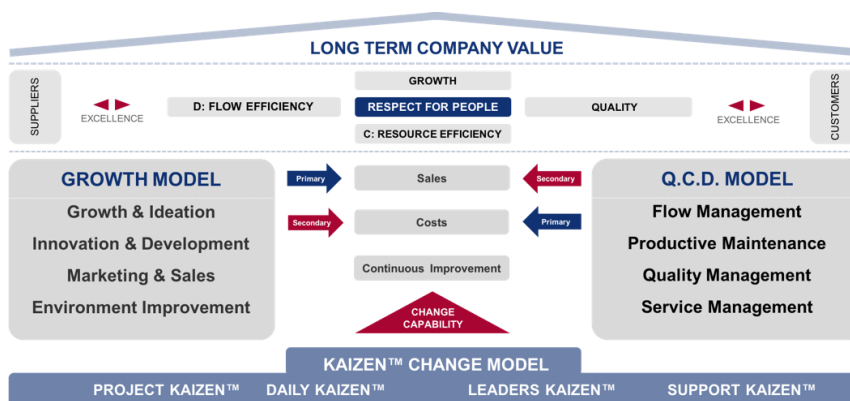


Figura 13 – Kaizen Business System in Kaizen Institute (2017)

Qualquer equipa de gestão, para conseguir edificar uma estratégia do tipo *Kaizen*, deve ter em consideração alguns dos conceitos básicos desta filosofia:

Foco na criação de valor para o cliente

Atividades de valor acrescentado são aquelas pelas quais o cliente está disposto a pagar, ou seja, atividades que transformam o produto ou o serviço. Todas as restantes operações devem ser eliminadas ou redefinidas para que haja o mínimo de tempo gasto com atividades que não acrescentam valor ao produto final. Através deste foco na criação de valor são geradas vantagens competitivas fulcrais face à concorrência já que há um alinhamento das operações com as necessidades dos clientes.

Eliminação do desperdício

Ohno (1988) categoriza o *muda*, isto é, tudo o que não seja valor acrescentado, em sete tipos: espera de pessoas, espera de material e informação, movimento de pessoas, movimento de material e informação, excesso de produção, sobre-processamento e retrabalho. Eliminar estes desperdícios equivale a reduzir custos desnecessários e aumentar a produtividade. Além destas perdas, todos os processos irregulares (*mura*), ou em que haja sobrecarga de recursos (*muri*), são igualmente problemáticos e devem ser tidos em conta.

Gestão Visual

Visa tornar os processos e a respetiva *performance* visíveis através da simplificação da comunicação de informação. A criação de normas visuais e ferramentas, como códigos de cor,

quadros gráficos ou sinais de alerta, permite a uniformização das tarefas. Ao facilitar a visualização e interpretação dos processos, os trabalhadores acabam por colaborar na deteção e combate de potenciais problemas e tornar perceptíveis oportunidades de melhoria, criando um sentimento de responsabilidade que estimula o interesse e empenho de todos os envolvidos.

Ir para o Gemba

O termo japonês *gemba* é usado para indicar o local onde é criado valor e onde comanda a realidade. Os processos que aí têm lugar devem ser diretamente observados com o intuito de encontrar potenciais oportunidades de melhoria. O desenvolvimento de ações não se deve limitar ao planeamento de resultados em sala. A gestão de topo deve ir e estar regularmente no terreno, pois permite definir um plano de ações concreto e falar com dados reais, o que acaba por possibilitar a emergência de processos e resultados mais rápidos e eficazes.

Envolvimento Ativo dos Colaboradores

O sucesso de qualquer projeto de melhoria contínua depende diretamente do envolvimento de todos os níveis hierárquicos da organização. A mudança de paradigma cultural só acontece com o alinhamento de visão. A adoção de novos hábitos é mais facilmente aceite se for incutido um espírito livre de culpabilização e julgamento individual na presença de problemas, defendendo o esforço colaborativo para a resolução dos mesmos. É fundamental que os líderes sejam exemplos de boa liderança e que se criem programas de desenvolvimento de equipas.

2.6 Total Flow Management

Uma das metodologias do *Kaizen Business System* é o *Total Flow Management* (TFM). Esta metodologia é uma estratégia baseada na criação de fluxo em *pull*, quer de material, quer de informação, ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Com a criação de fluxo unitário, aliado às ferramentas da filosofia *Just-in-Time*, a cadeia de valor irá ser otimizada com a eliminação dos 7 tipos de *muda* e com os *lead time* a serem encurtados.

O tradicional pensamento de produção em massa, liderada por Henry Ford em 1913, agrupa equipamentos e pessoas, segundo especialidade, para alcançar economias de escala e flexibilidade no agendamento das tarefas. Do ponto de vista da eficiência de recursos, o método ideal passa por transportar o material em lotes grandes e o menor número de vezes possível. Este pensamento conduz à produção excessiva, que, por sua vez, aumenta o nível de inventário em curso e retira espaço valioso na fábrica, ocultando vários outros problemas.

Ohno (1988) decidiu fazer frente ao pensamento da indústria da época com a aposta na otimização do fluxo de material ao longo da fábrica para que este se torne mais rápido. A solução apresentada confronta os dois paradigmas da época com a redução do tamanho de lote e a criação de células de trabalho agrupados por tipo de produto, em vez de por processo ou máquina. Liker (2003), no livro *The Toyota Way*, apresenta os benefícios da criação de um fluxo unitário:

- *Qualidade*: cada operador é um inspetor, os defeitos são detetados e corrigidos na hora;
- *Flexibilidade*: ao diminuir o *lead time* de produção, há maior disponibilidade para responder a possíveis diferenças na procura e no *mix* de produto;
- *Produtividade*: como as atividades de valor não acrescentado são praticamente todas eliminadas, torna-se mais simples calcular o número de pessoas necessárias para atingir uma determinada taxa de produção e assim maximizar a produtividade;
- *Espaço*: os materiais estão perto do operador e não há inventário desnecessário;
- *Segurança*: o fluxo de material em lotes mais pequenos reduz o uso regular de meios de transporte de grande porte, como empilhadores;
- *Moral*: ao estarem focadas em criar valor acrescentado, as pessoas conseguem ver de imediato os resultados do seu trabalho, o que dá um sentido de realização pessoal;

- *Custo de Inventário*: ao reduzir o valor empatado em inventário, liberta-se capital para investir noutros projetos e reduz-se também o risco de obsolescência.

A mudança de paradigma passa por perceber que a prioridade não está na eficiência dos recursos, mas sim na eficiência do fluxo. Se houver um fluxo capaz de satisfazer as necessidades do cliente e que olha para o sistema como um todo, então depois é muito mais simples trabalhar a eficiência dos recursos. Um dos pontos reconfortantes da produção em massa é que, se um processo parar de produzir, os processos seguintes podem continuar a trabalhar já que têm inventário ao seu dispor. No caso do fluxo unitário, tal não acontece e toda a linha para. No entanto, o inventário esconde problemas e ineficiências e reduz a urgência de resolvê-los. Quando se constrói um sistema deste género é necessária disciplina para o manter, daí a melhoria continua e o fluxo unitário estarem em conjunção. Acima de tudo, a criação de fluxo liga operações que estavam antes desconectadas, o que desafia as pessoas a pensar e a melhorar o processo produtivo como um todo.

A Figura 14 mostra a organização do sistema TFM. Os pilares de fluxo na produção (II) e na logística interna (III) são os que se inserem no âmbito desta dissertação. O primeiro pilar tem como objetivo a criação de fluxo unitário, desde a matéria prima até ao produto acabado, e ganhar flexibilidade para responder à tendência de mercado de customização em massa. A criação de fluxo na logística interna engloba o esforço de comunicação entre produção e logística para a desenvolvimento de um sistema de planeamento em *pull* onde as encomendas de clientes são quem comanda o ritmo.

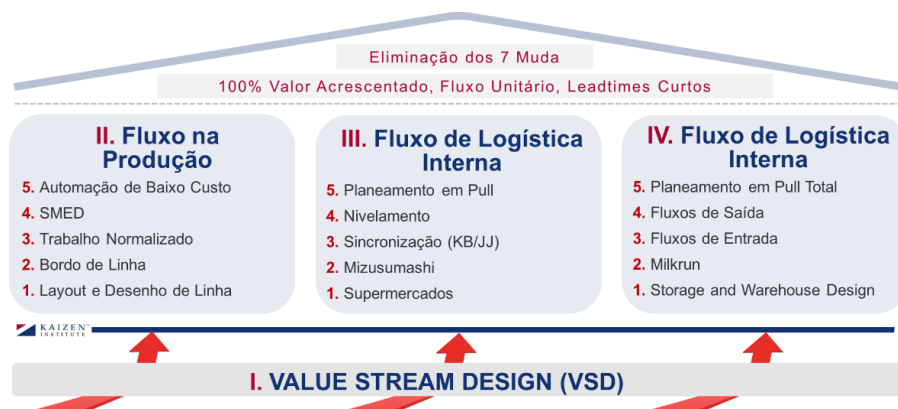


Figura 14 – O sistema *Total Flow Management* in Kaizen Institute (2017)

2.6.1 Elementos do TFM

Layout e Desenho de Linha

Como discutido anteriormente, o layout em fluxo minimiza as operações de *muda*, algo que não sucede nem no layout funcional, nem no em linha. A disposição em células permite a integração de processos secundários, enquanto se poupa espaço, tempo e se ganha qualidade. A Figura 15 compara o layout funcional com o layout em fluxo ou em célula.

Cada célula é dedicada a uma dada família de produtos, ou seja, um conjunto de referências que tem processos em comum. De forma a evitar excesso de produção, o tempo de ciclo da linha deve obedecer ao tempo de *takt*. O *takt* marca o ritmo a que um produto deve ser finalizado, consoante a procura e o tempo disponível para produção. Independentemente do *mix* de produção, a linha deve estar balanceada, ou seja, a carga dos operadores deve estar uniformemente distribuída. Com o balanceamento de linha tira-se o máximo aproveitamento de cada operador ou máquina e mantém-se um ritmo cadenciado de trabalho.

A especialização de cada célula nesta arquitetura pode diminuir a flexibilidade em termos de *mix* de produtos. Para colmatar esta falha é sugerida a criação de uma equipa de trabalho *standard* e outra de *mura*. A equipa *standard* é responsável por um número limitado de

operações, o que potencia a produtividade. A equipa *mura* é responsável por absorver variações da procura e do tempo teórico de operação através da entreatajuda com a primeira equipa.

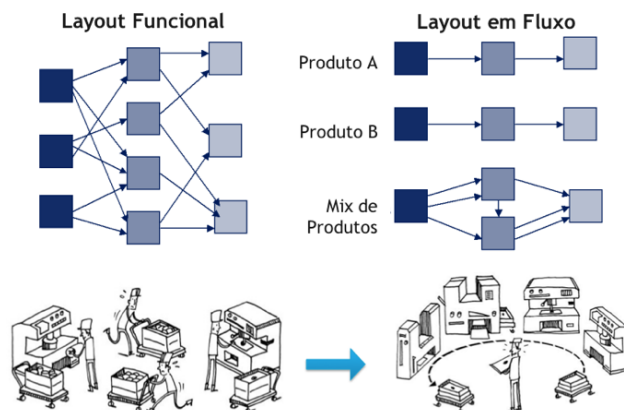


Figura 15 – Comparação entre o layout funcional e o layout em fluxo. Adaptado de amia-systems.com, consultado em 2017-03-10, 18:10

Sincronização

A sincronização diz respeito aos mecanismos usados na sinalização do início de uma dada atividade, tal como um processo produtivo ou uma reposição de material.

Os mecanismos mais utilizados são o sistema *kanban*, onde o abastecimento é feito de forma contínua, e o sistema *junjo*, em que se abastece de forma sincronizada.

O *kanban* (palavra japonesa para cartão) puxa a produção, isto é, quando a jusante o *stock* desce abaixo de um determinado nível, o *kanban* avisa as operações a montante da necessidade de reabastecer. Este sistema garante que a produção é feita em *pull* e diminui o risco de excesso de produção e de movimentação. Além disso, é possível gerir o *stock* de maneira visual.

No caso da sincronização em *junjo*, os materiais são abastecidos especificamente de acordo com a sequência de produção capturada na linha, quer em número, quer em ordem. Este sistema é uma boa prática para gerir a variabilidade sempre que a diversidade de referências aumenta.

Bordo de Linha e Mizusumashi

O bordo de linha (BL) serve de interface entre a produção e a logística e é de onde o operador retira os materiais necessários para a operação. Este deve ser desenhado com o objetivo de minimizar o *muda* de movimento de pessoas e material. O BL é geralmente composto por contentores pequenos ou carros que são colocados de maneira a que o operador possa retirar as peças sempre do mesmo local no movimento mais curto possível e de forma ergonómica.

O abastecimento do BL é feito de acordo com o consumo real dos componentes e de acordo com os métodos de sincronização *kanban* ou *junjo*. O BL deve estar dimensionado consoante o consumo temporal do componente em causa, a unidade de reposição em que o abastecimento é feito e o tempo de ciclo do operador logístico normalizado, chamado *mizusumashi*. Este irá ciclicamente reabastecer as necessidades do BL, segundo uma rota e horário bem definidos, o que garante maior rotação de material. O *mizusumashi* concentra em si todo o *muda*, maximizando a produtividade da linha.

Para otimizar as operações de *picking* e diminuir o tempo gasto com operações de manuseamento de material, recorre-se à preparação de *kits* e ao sequenciamento. A Figura 16 ilustra um exemplo. Os números da imagem irão servir de apoio à explicação. O *kitting* consiste na tarefa de agrupar componentes que, juntos, irão fazer parte de um item pai específico. Um *kit* pode conter tanto partes genéricas, como sequenciadas. Uma parte sequenciada é um

componente cujas características a tornam única quando associadas a um item pai, por exemplo, cor, tamanho ou modelo. Depois de concluído o *picking* no supermercado de componentes (1), segue-se o sequenciamento (2) dos componentes do *kit*. Depois, o *kit* é levado até à área de montagem (3). Na linha, os componentes são combinados com o respeitante item pai (4). O recurso a este tipo de métodos aumenta o tempo investido em operações de valor acrescentado, já que diminui a necessidade de escolha dos operadores e aumenta a rapidez de deteção de erros.



Figura 16 – Sistema de *kitting* in universallogistics.com, consultado em 2017-03-10, 19:25

Supermercados

O supermercado é um local de armazenamento que contém uma localização fixa para cada referência de produto. Esta zona deve ter boa acessibilidade para que o *picking* de material seja facilitado. Em termos de planeamento, os supermercados ajudam a absorver a variabilidade e a garantir o nivelamento na cadeia de valor. A reposição do supermercado deve seguir a regra FIFO e pode ser controlada com mecanismos simples de gestão visual, como etiquetas ou códigos de cor.

O sistema de funcionamento de um supermercado está intimamente ligado ao sistema *pull* já que todas as ordens de reposição são originadas pelo consumo de material. O reabastecimento segue regras semelhantes à de um bordo de linha. Para que o supermercado seja dimensionado adequadamente há que selecionar referências que tenham níveis de rotação elevados de modo a reduzir o desperdício, recorrendo, por exemplo, ao método ABC.

Planeamento Pull

O Planeamento *Kaizen Pull* começa com o Planeamento Estratégico em que se define o tipo de estratégia de produção que cada referência deve seguir, bem como a gestão de inventário de produto acabado e componentes.

O próximo passo é o planeamento de capacidade que tem por objetivo antecipar a variação da procura, incluindo eventuais sazonalidades. Nesta fase há a criação de um contrato entre a produção e a logística em que a capacidade mensal é revista em função do *takt time* previsto, o que garante a entrega de encomendas dentro do prazo definido. Neste contrato é estabelecida a capacidade da cadeia logística e das linhas de produção, os supermercados são dimensionados e o abastecimento de componentes é assegurado.

Por fim, tem lugar o planeamento de implementação onde são escolhidas as ordens que iniciarão o sistema de produção *pull*. A Figura 17 mostra o ciclo de reabastecimento *pull* com ajuda do sistema *kanban*. Quando há consumo por parte do cliente e se atinge o nível de reposição (1), é despoletada a ordem de reabastecimento que leva ao lançamento de um *kanban* para a produção (2+3). Depois da produção terminada, o lote de reabastecimento e o *kanban* regressam à zona de *picking* ou expedição (4+5).

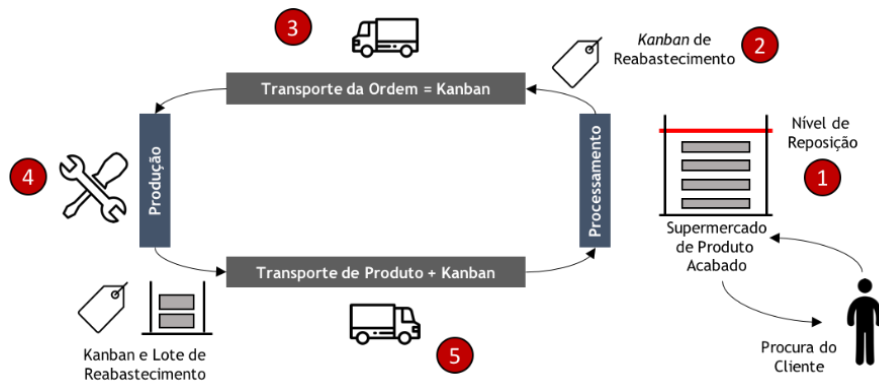


Figura 17 – O sistema de reabastecimento Pull com o recurso a *kanban* in Kaizen Institute (2017)

Nivelamento

O resultado do Planeamento *Pull* serve de *input* para o Nivelamento *Kaizen*. Num sistema de capacidade nivelada, quando as ordens reais são superiores à entrega contratada, o *stock* da logística satisfaz a procura – ordens do cliente (política MTO). Quando o contrário acontece, então a procura antecipada repõe o *stock* – ordens de reabastecimento (política MTS). À medida que as ordens são recebidas, são transformadas em *kanban* e colocadas na chamada “Caixa Logística”. Os *kanban* são alocados conforme a capacidade do contrato produção-logística e a data de entrega desejada pelo cliente.

Após este *buffer*, as ordens são colocadas na “Caixa de Nivelamento” presente na área de *picking*. Cada referência é alocada a um determinado período do dia, o que permite controlar a produtividade do transportador logístico e da própria linha. Os *kanban* desta caixa são depois recebidos no sequenciador de linha. Antes disso pode haver a necessidade de agrupar os produtos em lotes para diminuir o tempo gasto com *setups*. O objetivo será eliminar este primeiro passo após o tempo de *setup* ser reduzido e a flexibilidade atingida. O sequenciador assegura o FIFO nos *kanban* e ajuda a tomar decisões de reforço de capacidade. Este modelo *standard* de nivelamento está representado na Figura 18. De salientar que este tipo de sistema tanto pode ser físico como informatizado.

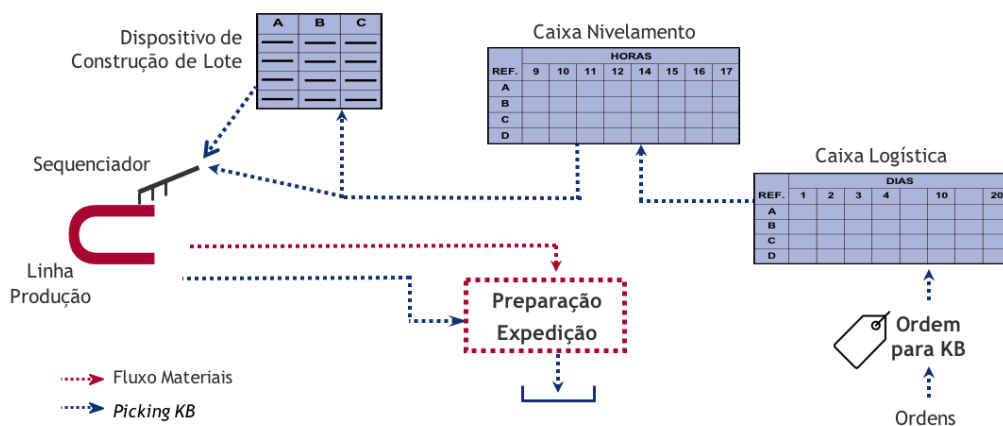


Figura 18 – Modelo de Nivelamento com os respetivos fluxos de materiais e picking de *kanban* in Kaizen Institute (2017)

3 Caracterização da Situação Inicial

Na primeira parte deste capítulo será apresentada a visão holística da situação atual da empresa. Duas metodologias – *soft systems methodology* e o *value stream mapping* – permitem melhor detetar e perceber quais os principais problemas operacionais e culturais da Herculano.

Segue-se a parte dois que apresenta um resumo do processo produtivo da empresa. A produtividade dos setores de montagem e o processo de planeamento irão ser apontados como pontos chave a analisar.

A terceira parte expõe os problemas existentes em dois dos setores de montagem da fábrica: o dos reboques de taipais e o das grades de discos. Com base na análise dos dados recolhidos no terreno é apresentado o processo produtivo atual em cada um dos setores e os principais problemas e pontos de melhoria observados.

Para fechar o capítulo serão apresentados o processo de planeamento e o respetivo fluxo de informação. Irão ser destacadas as áreas de maior necessidade de intervenção do atual modelo de planeamento da empresa.

3.1 Visão Holística do Problema

Para ajudar na compreensão e estruturação da situação da Herculano recorreu-se ao apoio de uma *rich picture*, parte da metodologia SSM, apresentada na secção 2.4.1. A ilustração pode ser encontrada no Anexo A. Este desenho ajuda a conceber a visão holística dos problemas vividos na empresa e que irão ser apresentados com maior detalhe através da ferramenta de *Value Stream Mapping*. Da análise da imagem é possível retirar algumas ilações. Existe um fluxo muito grande de informação e de material entre os diversos agentes. Porém, estes fluxos estão dessincronizados. Tal obriga a um grande esforço de comunicação que conduz à perda e enviesamento de informação ao longo da cadeia de valor. A produção é baseada em meras previsões que estão dependentes de fatores externos, como, por exemplo, a meteorologia e outras variações comportamentais e preferenciais do mercado.

O *Value Stream Mapping* é uma ferramenta que ajuda no desenvolvimento de processos *lean* através da visualização dos fluxos, quer de material, quer de informação, ao longo das fases do processo produtivo. Esta técnica permite distinguir os processos de valor acrescentado e valor não acrescentado desde a receção de matéria prima até à entrega do produto final ao cliente. O mapa deve mostrar a situação inicial e possibilitar a identificação de oportunidades de melhoria para definição da situação futura e respetivo plano de implementação. Uma vez que existem inúmeros fluxos dentro da empresa, a análise deve focar-se num fluxo produtivo que seja representativo para construção do mapa.

A Figura 19 mostra o mapa do estado atual para o fluxo do modelo dos reboques de taipais com mais vendas (S1ET 5000).

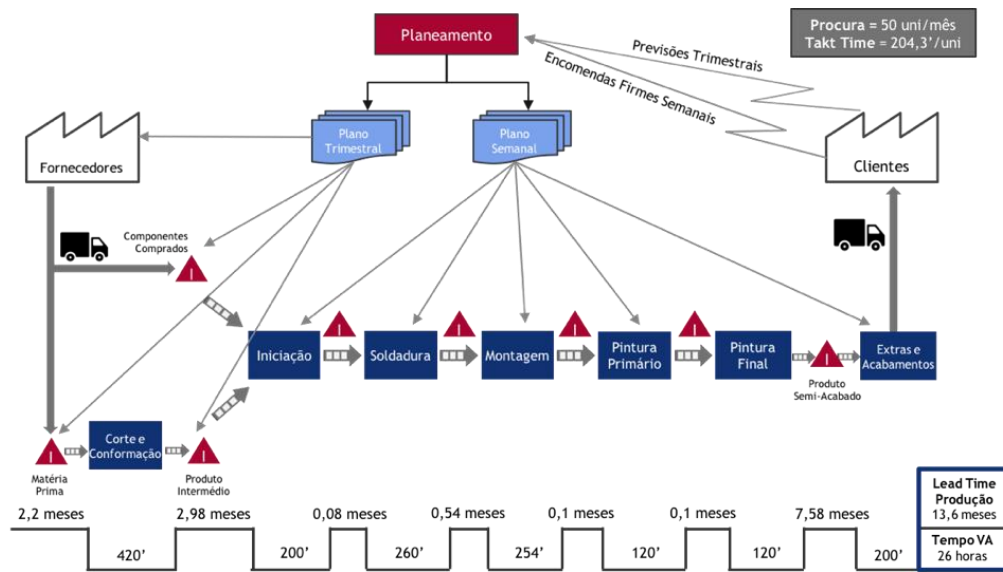


Figura 19 – Mapa do Estado Atual

A visão futura da cadeia de valor visa o aumento da eficiência do fluxo produtivo. Um primeiro esboço da mapa de visão futura pode ser visto na Figura 20.

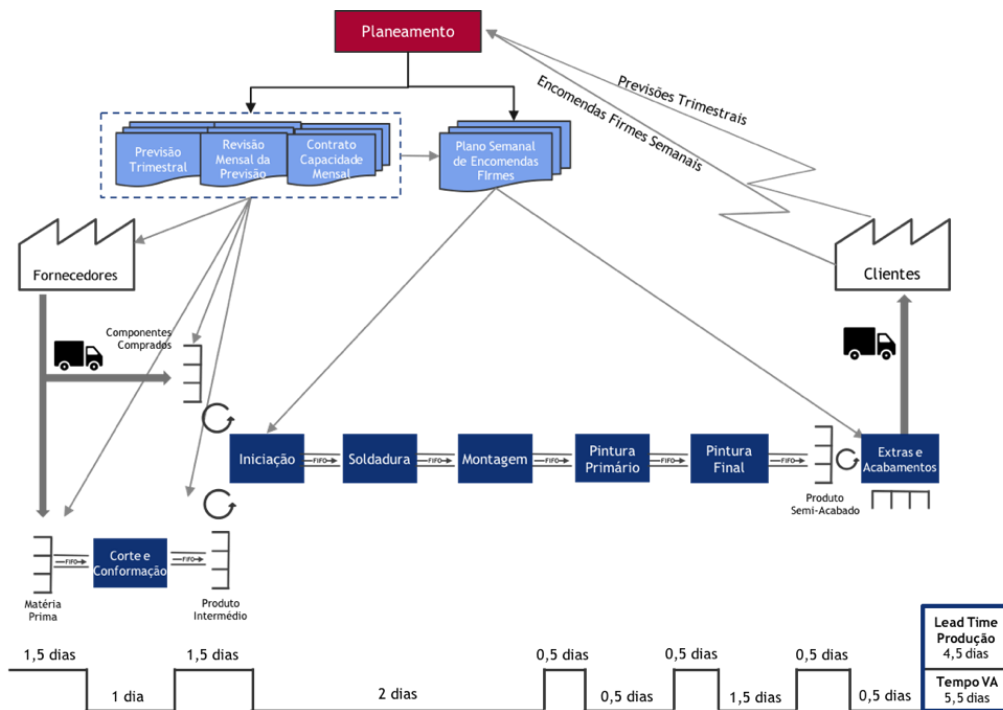


Figura 20 – Mapa de Visão Futura

A principal mudança tem que ver com o planeamento, no qual os fluxos de material e de informação passam a ser feitos em *pull*. As operações de montagem irão ser despoletadas por encomendas firmes. O plano trimestral passa a ser usado apenas para gerir o reabastecimento de materiais cujo *lead time* é demasiado longo para ser feito no sistema *pull*. A presença de supermercados garante a minimização do número de ruturas de inventário e falta de material nos setores. A produção passará a funcionar em fluxo, em vez de em lotes. Os bordos de linha estarão normalizados e o trabalho dos operadores será balanceado. A logística deverá executar ciclos de reabastecimento sincronizado de acordo com as necessidades dos bordos de linha dos setores. A eficiência do fluxo do processo, em inglês, *Process Cycle Efficiency* (PCE), é uma métrica importante para perceber a rapidez e potenciais reduções de custos envolvidas num fluxo produtivo. Este rácio é dado pela fórmula (1):

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Tempo de Valor Acrescentado}}{\text{Lead Time Total}} \quad (1)$$

De acordo com George (2002), o valor do PCE varia de indústria para indústria. O autor apresenta uma tabela com valores de benchmark que pode ser vista na Figura 21.

Application	Typical Cycle Efficiency	World Class Cycle Efficiency
Machining	1%	20%
Fabrication	10%	25%
Assembly	15%	35%
Continuous Manufacturing	30%	80%
Business Processes— Transactional	10%	50%
Business Processes— Creative/Cognitive	5%	25%

Figura 21 – Valores Típicos de Process Cycle Efficiency in George (2002)

A Herculano engloba processos de maquinação, fabricação e montagem, cujos valores de PCE estão tipicamente entre 1% e 15%. Este valor vai de encontro ao valor obtido para o mapa atual de 1,2%. O valor do PCE para a visão futura é de 45%. O valor de *benchmark* de indústrias de referência semelhantes rondam os 20% e os 35%. De realçar que o mapa de visão futura representa uma solução idílica e que serve de base para o processo de mudança, daí o valor do PCE estar acima do *benchmark* real.

3.2 Processo Produtivo

A Herculano produz uma vasta gama de alfaias, o que complica a definição do fluxo produtivo. Contudo, é possível definir quatro grandes fases globais: corte e conformação, montagem, pintura e acabamentos. De seguida, irá ser apresentado o processo produtivo atual, sendo o layout da Figura 22 uma mais valia para a sua compreensão.

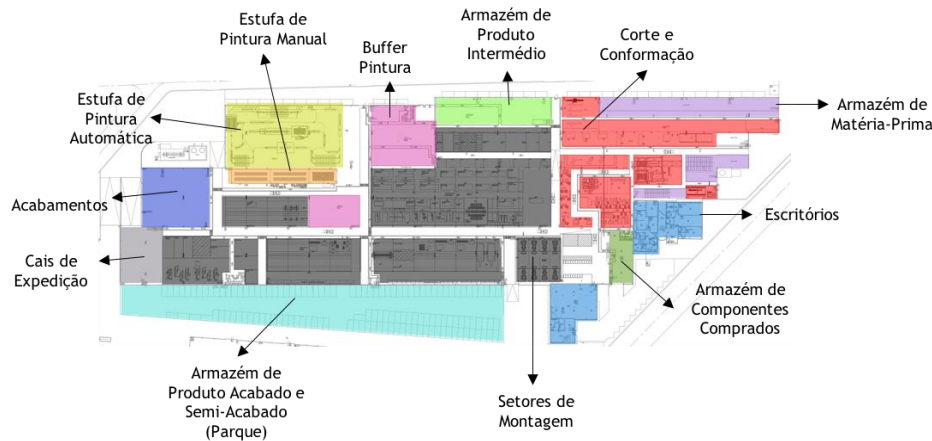


Figura 22 – Layout da fábrica

As matérias primas do processo produtivo são perfis de aço e chapa. Após receção estes passam por um controlo de qualidade por amostragem e são depois guardados no armazém de matéria prima. Cerca de 85% do aço usado provém da detentora da empresa, a FERPINTA.

Aquando a abertura de uma ordem de fabrico, a matéria prima é encaminhada para a área de corte e conformação, constituída por máquinas, por exemplo, de corte, quinagem e torneamento. Estas máquinas transformam peças que ficam em *buffer* no armazém de produto intermédio. Após requisição, as peças seguem para os diversos setores de montagem da fábrica. Existem ainda outros componentes indispensáveis à montagem e que são comprados a fornecedores, como parafusos, molas e materiais hidráulicos. Os componentes de pequena dimensão estão no armazém 2001 e os de maior dimensão no 2011 e no 2021.

Cada um dos setores de montagem é responsável pela construção de um tipo de alfaia, por exemplo, cisternas, reboques de taipais ou monocoques. Todos os setores têm ao seu dispor pontes rolantes que auxiliam os operadores, tanto no transporte de material, como na colocação das peças na posição apropriada para a execução do trabalho. Apesar do processo de construção e montagem ser função das especificações de cada produto, é possível distinguir como processos comuns a iniciação, a soldadura e a montagem final. Na iniciação, as peças conformadas são alinhadas e unidas com um pingo de solda que servirá de base para o trabalho de união por soldadura. Finalizadas as peças de construção soldada, estas são aparafusadas e montadas juntamente com os componentes provenientes dos armazéns de compras.

Segue-se a fase de pintura que se inicia com a limpeza do produto e aplicação de um primário e secagem em estufa. As alfaias de grande dimensão são pintadas manualmente, enquanto as mais pequenas são pintadas numa máquina automática. Uma vez que são usadas duas cores diferentes em alternância, a pintura é feita em lotes para minimizar o tempo de *setup*.

Após a pintura de primário, a alfaia semiacabada poderá ter dois destinos consoante o tipo de encomenda que despoletou a produção. Caso a produção da alfaia seja para alimentar inventário, então a alfaia segue para o armazém de produto semiacabado (parque). A armazenagem é feita no exterior e, como medida de prevenção, é aplicado óleo e massa lubrificante nos componentes críticos. Caso a alfaia seja feita para responder a uma encomenda firme, então segue para o processo de pintura final e depois para a zona de montagem e acabamentos. Repare-se que este ponto do processo é um ponto de diferenciação importante já que o produto semiacabado poderá servir várias encomendas distintas consoante as especificações desejadas. Há ainda casos em que, após a pintura, o produto regressa ao respetivo setor para acabar a montagem de componentes que não vão pintar, como o caso de conjuntos zincados.

Na zona de acabamentos são instalados os *kits* de extras, como hidráulicos ou rodas, e são feitos outros eventuais retoques. A alfaia é depois submetida a um controlo visual de qualidade e fica no armazém de produto acabado até ao momento de expedição para o cliente.

Em termos de calendário, o dia de trabalho na fábrica começa às 8 horas e termina às 17 horas. Há uma pausa de 10 minutos durante a manhã e uma pausa de uma hora para almoço. Tal totaliza 470 minutos disponíveis por dia. A empresa trabalha 48 semanas por ano.

3.3 Planeamento

O mapeamento do processo de planeamento foi realizado com a colaboração da equipa do projeto. O resultado está representado na Figura 23. Segue-se uma breve explicação do fluxograma de informação.

Cerca de 34% das encomendas da Herculano são pedidos de subcontratação. Este tipo de pedidos são encomendas em quantidade pedidas com 2 a 6 meses de antecedência. Os restantes 66% das encomendas dizem respeito a vendas dos produtos da própria marca. O planeamento desta tipologia de encomendas é despoletado pela equipa comercial. Com base em previsões trimestrais, o departamento comercial lança um pedido à produção no mês N para os meses N+2, N+3 e N+4 (por exemplo, em fevereiro lançam-se as encomendas para abril, maio e junho). A equipa de produção e de planeamento tratam primeiro de estimar e fazer o balanço carga-capacidade para depois negociar com a comercial um plano trimestral macro. Após fechar este plano, a produção analisa a quantidade de matéria prima, isto é, tubo e chapa, que terá de ser encomendada, bem como a quantidade a comprar de consumíveis necessários à montagem. A empresa baseia-se numa previsão de vendas que determina a quantidade de componentes a ser comprados ou fabricados. Este tipo de planeamento é a representação de um típico sistema *push*, como apresentado na secção 2.1.

Esta informação é depois enviada por *e-mail* ao departamento de compras que trata de fazer as encomendas necessárias em função dos prazos de entrega. Depois da introdução destes dados no sistema informático é enviado um *e-mail* aos fornecedores a confirmar o material, o preço e o prazo de entrega da encomenda. Ao receber a confirmação do fornecedor sobre a data de saída do material, esta é colocada em sistema para assinalar que a encomenda se encontra em curso.

Semanalmente, a produção analisa o inventário disponível e lança as ordens de fabrico para cada uma das partes dos produtos planeados. O departamento de preparação de trabalho é responsável por fazer a divisão das tarefas do processo produtivo por secção, isto é, corte e conformação, montagem e acabamentos. Para o corte e conformação a lista de ordens de fabrico, e respetivas requisições ao armazém, é gerada em função do plano trimestral. Para os setores de montagem segue um plano semanal para a semana N e uma previsão para a semana N+1. Este plano indica a cada setor quando, quantas e quais as referências que devem começar o processo de iniciação e as que devem ser acabadas de montar para entrega.

As requisições de material seguem para os armazéns respetivos onde se faz a separação física do material e se dá baixa no sistema. Entretanto, ao chegar o material encomendado pelas compras, os armazéns fazem a receção e conferência física do mesmo e notificam as compras que trata de introduzir a informação no sistema.

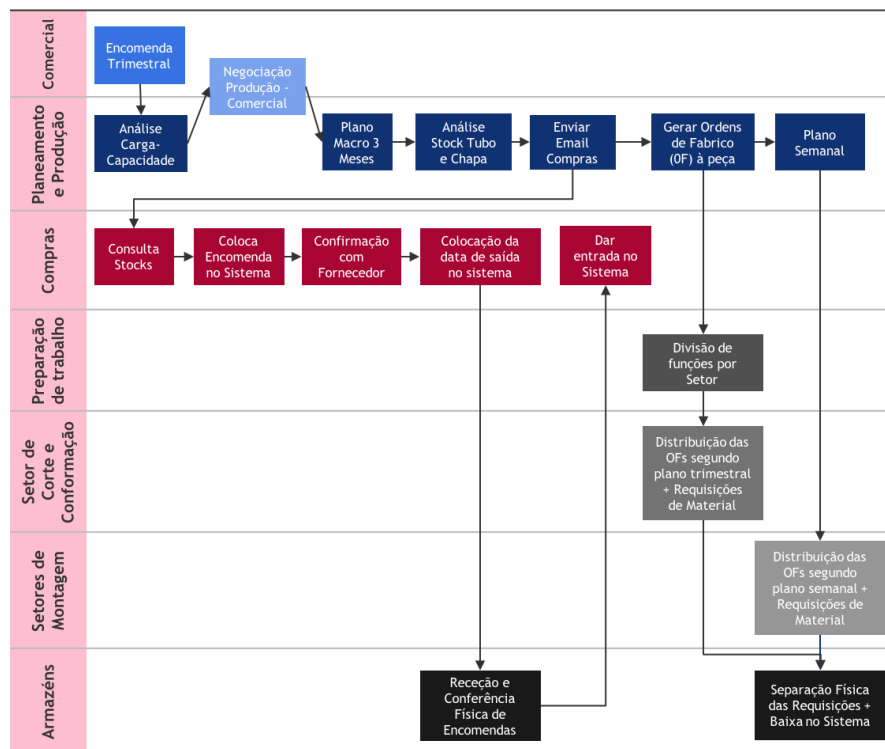


Figura 23 – Fluxo de informação

O principal problema deste sistema de planeamento é ser apoiado em previsões com base em históricos de vendas e *feedback* obtido pela experiência de contacto com o mercado da equipa comercial. A incerteza destes dados é agravada pelo facto de o plano ser feito com dois meses de antecedência. O plano de produção acaba por ficar enviesado da realidade e dificulta o cumprimento dos planos de montagem.

Sempre que a comercial recebe pedidos de clientes como potenciais aditamentos, alterações de encomenda e pedidos de montagem que diferem do plano inicial, a equipa comunica esta informação à produção que trata de corrigir e repensar o plano produtivo com urgência. Estas são chamadas de “comunicações internas”. Durante o primeiro trimestre de 2016 foram realizadas 172 comunicações desta tipologia.

Um paradigma é o retrabalho ser assumido como parte integrante do processo produtivo. Num período de 3 semanas, na montagem de reboques taipais, houve 9 refluxos ao setor devido a alterações de produção, o que equivale a 15% das ordens de produção que passaram naquele setor. Apesar do controlo de qualidade assegurado na receção de matéria prima, 80% das não-conformidades provêm do fornecedor. Em 2015, houve 210 queixas formais de clientes.

Outra dificuldade está na entrega de todos os componentes externos necessários no momento e quantidade certos. As compras nem sempre estão sincronizadas com as necessidades e com as datas inicialmente previstas pela produção. A imprecisão do nível de serviço dos fornecedores aumenta a variabilidade dos níveis de inventário. A falta de uma boa logística interna piora esta questão. A maioria dos operadores de produção acabam por acumular tarefas logísticas, em vez de estarem focados nas tarefas que lhes foram alocadas. Não há quaisquer circuitos normalizados de abastecimento e recolha de material.

A gestão de inventário por parte das compras é essencialmente feita com base nas necessidades de material do plano trimestral definido pela produção. Apenas os materiais consumíveis têm definidos os pontos de reposição, que são calculados com base no histórico de consumos. Grande parte dos componentes são encomendados com base na experiência do responsável da equipa de compras, em termos de conhecimento dos pedidos mais comuns do cliente e de confiança no fornecedor.

A produção trabalha sobretudo para repor o inventário de produto semiacabado. Este tipo de produção tem como racional a diminuição do *lead time* de resposta à encomenda. Devido às dimensões das alfaias semiacabadas, estas são armazenadas no exterior, ficando sujeitas a condições meteorológicas adversas. Uma vez que o tempo entre encomendas é variável, o tempo em *stock* também o é, o que leva a que muitos componentes fiquem corroídos e a alfaias tenham de sofrer retrabalho para que possa ser entregue ao cliente dentro das conformidades.

O plano trimestral está otimizado para trabalhar em lotes. Este tipo de produção tende a aumentar o inventário de produto em curso, bem como de produto acabado. Os dados da fotografia de *stocks* em outubro de 2016 evidenciam bem este facto (Figura 24). O inventário de produto semiacabado (SA) e de produto acabado (PA) compõe 51% do valor total (a preço custo de inventário), o que corresponde a cerca de 4 milhões de euros. Para o cálculo da cobertura de produto acabado e semiacabado utiliza-se a fórmula (2):

$$\text{Cobertura de PA e SA} = \frac{\text{Valor de Inventário de PA e SA}}{\text{Média Valor Vendas dos Últimos 3 Meses Fechados}} \quad (2)$$

No caso da cobertura de matéria prima e componentes utiliza-se a fórmula (3):

$$\text{Cobertura de MP e Componentes} = \frac{\text{Valor do Consumo de MP e Componentes}}{\text{Média Valor Vendas dos Últimos 3 Meses Fechados}} \quad (3)$$

Em ambos os casos (2) e (3), o valor das vendas não considera vendas de mercadorias e componentes, nem de sucatas.

Ambas as coberturas mostram a baixa rotação dos inventários – 7,13 meses para o inventário de produto acabado e semiacabado e 8,06 meses para o de matéria prima e componentes.

Armazém	Valor (€)	Freq. Relativa	Freq. Rel. Acumulada
Produção Semi-Acabada	€ 2 968 088,91	32%	32%
Produção Acabada	€ 1 807 589,52	19%	51%
Componentes Grandes (2011)	€ 1 412 086,18	15%	66%
Produção Em Curso	€ 1 208 843,67	13%	79%
Componentes Pequenos (2001)	€ 619 733,17	7%	85%
Corte e Conformação	€ 454 200,53	5%	90%
Matéria Prima	€ 453 828,28	5%	95%
Loja	€ 305 428,62	3%	98%
Componentes Grandes (2021)	€ 147 559,53	2%	100%
TOTAL	€ 9 377 358,41		

Produto Acabado e Semi-Acabado	
Vendas	839 653,82 €
Valor Inventário	5 984 522,10 €
Cobertura	7,13 meses

Matéria-Prima e Componentes	
Consumo	420 952,62 €
Valor Inventário	3 392 836,31 €
Cobertura	8,06 meses

Dados sistema a 27 Outubro 2016

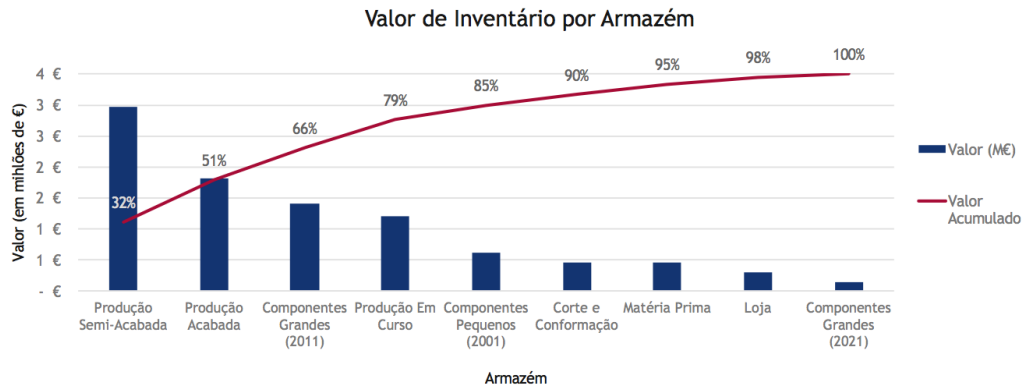


Figura 24 – Fotografia do valor de inventário por armazém

A resolução destes problemas passará pela implementação de um processo de planeamento em *pull* de produto acabado. Através de métodos eficazes de gestão e reaprovisionamento de materiais será possível otimizar os níveis de inventário, sem descurar o nível de serviço.

3.4 Produtividade dos Setores de Montagem

3.4.1 Reboques de Taipais

Os reboques de taipais são alfaias puxadas por um trator e que servem para o transporte de bens e materiais agrícolas. A família dos reboques é a maior em número de vendas na Herculano. Em média, saem anualmente 600 reboques com uma margem bruta que ronda os 25%. O modelo mais vendido pode ser visto na Figura 25.



Figura 25 – Reboque de Taipais modelo S1ET

O primeiro passo da fase de diagnóstico é perceber quais os principais processos levados a cabo no setor e que são transversais à maioria dos reboques. Um reboque divide-se essencialmente em duas partes: o *chassi* inferior (CI) e o *chassi* superior (CS). Um *chassi* é constituído por diversos componentes, quer comprados, quer maquinados em operações de corte e conformação. Cada *chassi* é iniciado e soldado separadamente. Após estas tarefas, cada *chassi* irá ser preparado em paralelo. Ao *chassi* inferior são acoplados os eixos, o travão e a lanca (ETL). Ao *chassi* superior são unidas as ferragens e colocados os taipais.

Os taipais são soldados numa área de pré-montagem dentro do setor. Ao serem entregues na linha, os taipais sofrem um ensaio para verificação da qualidade dos mesmos. O reboque fica completo através da união dos dois *chassis* na operação de montagem final.

Como analisado anteriormente, o planeamento da produção é baseado em previsões de encomendas e, como tal, feita em lotes. Este método leva a que haja um fluxo descontínuo de material e que cada operador trabalhe isoladamente, isto é, o trabalho é empurrado para o próximo processo, independentemente do estado do processo seguinte. A acumulação excessiva de *stock* e o aumento desnecessário do *lead time* de entrega são algumas das consequências deste método de trabalho. A Figura 26 mostra a *layout* do setor antes do projeto.

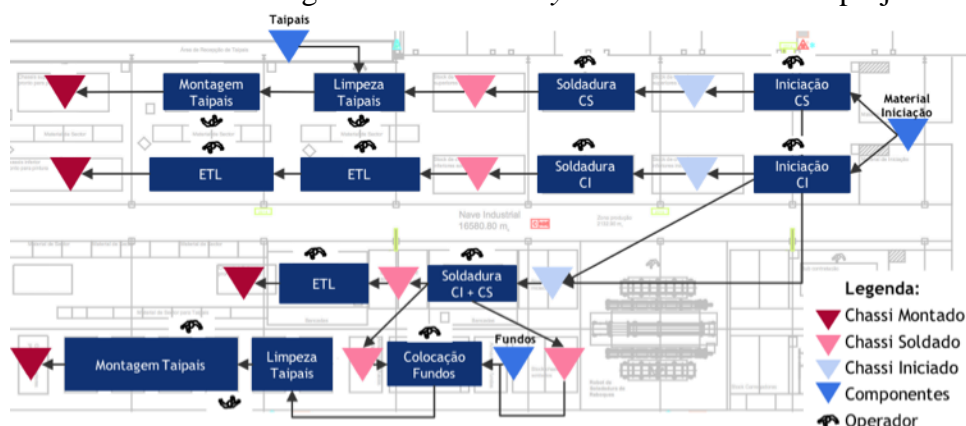


Figura 26 – Layout do Setor dos Reboques de Taipais com o respetivo fluxo produtivo.

A recolha de dados após observação no terreno indicia a baixa produtividade deste setor. A grande maioria das atividades tem uma percentagem de valor acrescentado superior a 50%. As operações de limpeza e ensaio de taipais são exemplos críticos de operações *muda* que devem ser eliminadas. Algumas das ineficiências identificadas foram o excesso de movimentação à volta do trabalho, procura de ferramentas e de componentes necessários e o transporte do produto entre os postos. O indicador de produtividade dos reboques irá ser calculado consoante a fórmula (4).

$$Rendimento = \frac{Tempo Teórico de Produção \times Quantidade Produzida}{Tempo de Trabalho \times N^{\circ} Trabalhadores} \quad (4)$$

Para o cálculo do ponto de partida, considerou-se a produção no setor dos meses de julho, setembro e outubro de 2016, trimestre anterior ao início do projeto. Com 13 operadores e 470 minutos de trabalho diário, obteve-se o valor de 73%. Espera-se, com a implementação do projeto de melhoria de rendimento, atingir o objetivo de 85%. Nestas novas condições, são libertadas 2957 horas por ano, o que equivale a um aumento da capacidade produtiva anual em 208 reboques.

No setor dos reboques passam 70 referências de produto acabado. Devido à similaridade do processo produtivo e do volume elevado de certas referências tem lógica agrupar os reboques em famílias. A Tabela 2 mostra o número de referências e o volume total de produtos de cada uma das famílias que passaram no setor durante dezembro de 2015 e novembro de 2016.

Tabela 2 – Divisão das referências de reboques por categoria e família e volume total fabricado

Categoria	Família	# Ref	Volume Total	Volume %
Pequenos	S1ET <5000 N	18	212	32,6%
	S1ET 5000N, >3500 FR	12	223	34,3%
	MB	2	27	4,2%
	HSE	9	59	9,1%
Grandes	D1ET	8	30	4,6%
	T2EB	7	29	4,5%
	T2ET 10000	2	21	3,2%
	T2EB EL + G2EB	11	48	7,4%
	T2ET	1	1	0,2%

Após esta categorização, construiu-se a matriz família-processo que resume os tempos medidos de cada processo em função da família de produto, como representado na Tabela 3. Estes valores servirão de base para o balanceamento das operações da linha durante a fase de desenho de solução, apresentada na secção 0.

Tabela 3 – Matriz Família-Processo com os tempos medidos em minutos de cada uma das fases produtivas.

Categoria	Família	Montagem						Acoplamento	TOTAL
		Chassis Inferior			Chassis Superior				
		Iniciação	Soldadura	Eixos, Travões e Lanças	Iniciação	Soldadura	Ensaio Taipais e Ferragens		
Pequenos	S1ET <5000 N	75	150	150	85	180	250	20	910
	S1ET 5000N, >3500 FR	75	150	150	85	180	250	20	910
	MB	80	80	90	140	220	300	15	925
	HSE	75	150	150	85	180	400	20	1060
Grandes	D1ET	180	140	290	240	360	210	20	1440
	T2EB	170	210	470	255	520	400	20	2045
	T2ET 10000	180	210	360	270	290	195	20	1525
	T2EB EL + G2EB	180	160	300	210	380	480	20	1730
	T2ET	180	300	400	240	240	420	20	1800

3.4.2 Grades de Discos

As grades de discos são alfaias agrícolas usadas com o fim de preparar o terreno para plantação através da remoção de ervas ou outros resíduos indesejados do solo. Este produto, representado na Figura 27, é o segundo mais vendido da empresa.



Figura 27 – Grade de Discos HPR/E (à esquerda) e HVRP (à direita)

Apesar de nos reboques a empresa ter a posição de liderança no mercado, nas grades tal não acontece. Daí ser importante, além do aumento da produtividade, melhorar o prazo de entrega e qualidade deste produto.

A maioria dos problemas encontrados, após observação do trabalho dos operadores, é muito semelhante ao que acontece nos reboques. O facto de as peças utilizadas no fabrico serem de grandes dimensões e de peso elevado faz com que o movimento tenha de ser auxiliado por pontes rolantes ou por empilhadores. A própria rotação do produto sobre o cavalete de trabalho é uma tarefa árdua que obriga a vários movimentos. Existe uma grande quantidade de retrabalho, especialmente a corrigir o trabalho resultante da operação de soldadura. A desarrumação e desorganização é evidente, como se pode observar na Figura 28.



Figura 28 – Estado Atual do Setor das Grades de Disco

O layout atual, representado na Figura 29, não facilita o acesso e abastecimento de cada área do setor. Torna-se recorrente o uso das pontes para conseguir fazer chegar material às áreas mais isoladas e sem acesso direto por corredor, o que obriga ao transporte de cargas de modo perigoso e à paragem da operação das restantes áreas do setor.

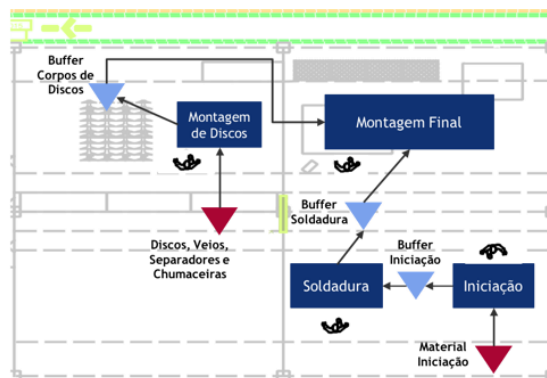


Figura 29 – Layout Atual do Setor das Grades de Discos

Há 4 trabalhadores atualmente no setor, o que corresponde a um ponto de partida de rendimento de 58,4%. Este valor é calculado recorrendo à fórmula (4). O objetivo será aumentar o rendimento da linha em 30%, isto é, atingir a meta de 76%.

Tal como aconteceu na análise da linha dos reboques, é pertinente catalogar as referências por dimensão e complexidade – pequenas ou grandes – e, depois, por famílias. A divisão encontra-se na Tabela 4, incluindo o número de referências e volume total produzido. Os dados dizem respeito ao período de novembro de 2015 a dezembro de 2016. No caso das grades pequenas existem 26 referências diferentes. As quatro principais referências são a HRM, HPR/E e HVR Chassi e Corpo que correspondem a 73% da produção total do setor.

Tabela 4 – Divisão das referências de grades de disco por categoria e família e volume total fabricado no setor

Categoria	Família	# Ref	Volume Total	Volume %
Pequenas	HRM	5	71	24%
	HPR/E	5	60	20%
	HVR Chassi	1	47	16%
	HVR Corpo	6	40	13%
	HGR 24	1	10	3%
	HVR 260 Corpo	6	7	2%
	HM	2	6	2%
Grandes	HVRP Chassi	1	16	5%
	HVRG >30	3	12	4%
	HVRP Corpo	5	11	4%
	HVRG 26-30	3	9	3%
	HVRP 260 Corpo	5	5	2%
	HGR >= 32	3	4	1%

É importante perceber as diferentes operações que fazem parte do processo produtivo das grades. Para tal recorreu-se à construção dos gráficos de processo das quatro principais famílias de referências. Este tipo de gráficos permite visualizar rapidamente o material necessário, a sequência das operações e a estimativa do tempo de cada operação. A Figura 30 representa o diagrama de processo da família HRM. A produção de uma grade tem quatro grandes fases: a iniciação, a soldadura, a montagem dos discos e, por fim, a montagem final.

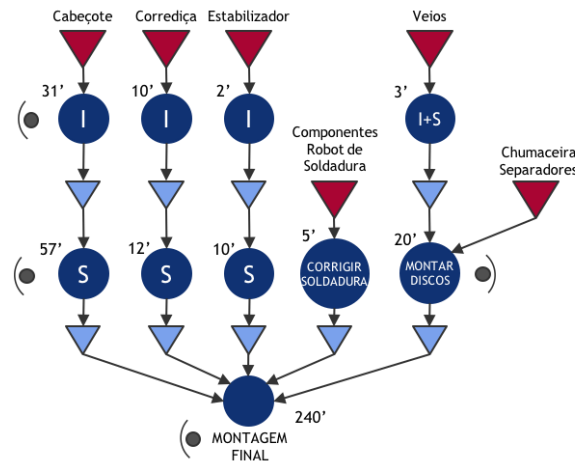


Figura 30 – Gráfico de Processo Produtivo da família de grades HRM.

As fases de iniciação e soldadura requerem o uso de um *gabarit*. Nem todos os *gabarits* estão presentes no setor e o transporte dos mesmos tem de ser feito com o auxílio de um empilhador. Este problema é agravado pela falta de arrumação e falta de identificação dos *gabarits*. Na tentativa de reduzir o número de *setups* recorre-se ao trabalho em lote, daí a existência de *buffers* entre as operações. Algumas das peças mais complexas são feitas no *robot* de soldadura. Por norma, os componentes que passam no *robot* são produzidos em lote para maximizar a eficiência deste recurso.

Além destas operações, existe ainda um operador que trata de fazer a montagem de todos os componentes necessários à construção do corpo que suporta os discos da grade.

Após a operação de montagem final, a mais demorada de todas, a grade de discos segue para a pintura. Várias reclamações de clientes têm sido recebidas devido à baixa qualidade da pintura. O facto de a alfaia ser pintada apenas após a montagem faz com que, após o uso por parte do cliente, as zonas de contacto entre peças se revelem sem tinta. Para colmatar esta falha, as peças deveriam ser pintadas individualmente em separado e só depois montadas. Após discussão com a equipa do projeto ficou decidido que o novo *layout* deveria ter em consideração esta questão.

Atualmente, o setor trabalha com 4 operadores, um por cada operação principal. O tempo que cada uma das fases toma, consoante a família de produto está representada na Tabela 5.

Tabela 5 - Matriz Família-Processo com os tempos medidos em minutos de cada uma das fases produtivas.

Família	Iniciação	Soldadura	Montagem Discos	Montagem Final	TOTAL
HRM	46	87	24	241	398
HPR/E	120,9	215,5	24	324	684,4
HVR Chassi	22	455	24	353	854
HVR Corpo	25	57	24	140	246

4 Implementação de Soluções

4.1 Planeamento Pull

O novo modelo de planeamento *pull* é muito semelhante ao mapa de visão futura da Figura 20. Este modelo, apresentado na Figura 31, defende a existência de três estratégias para o produto acabado.

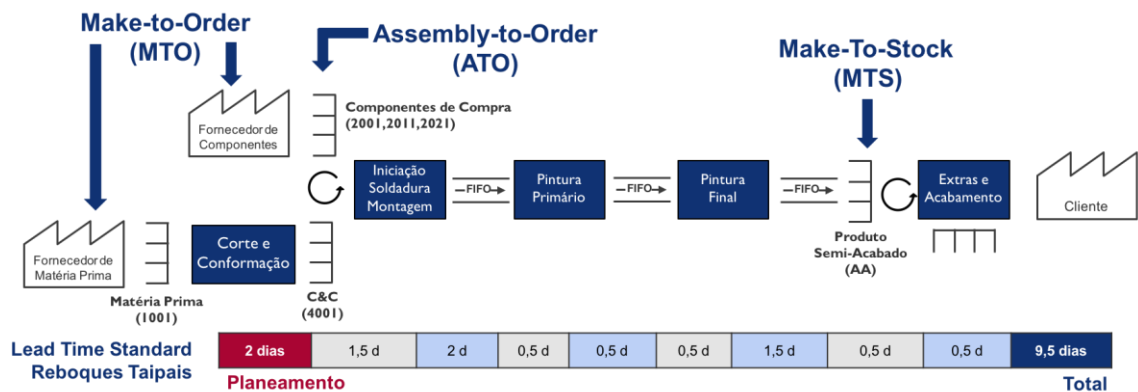


Figura 31 – Modelo de Planeamento Pull com o Lead Time Standard para os Reboques de Taipais

Quando o cliente exige ter o produto no menor tempo de entrega possível, faz sentido ter um supermercado de produtos semiacabados. Assim, quando cai uma encomenda firme, o produto terá apenas de passar na operação de acabamentos e montagem de extras. O inventário neste ponto irá ser gerido de maneira a que, quando atingido o nível de reposição, seja lançada uma ordem de reabastecimento. Tecnicamente, a estratégia será de “Finish-to-Order”, no entanto, durante o projeto usou-se a nomenclatura “Make-to-Stock”.

No caso do cliente estar disposto a esperar, pelo menos, o *lead time* de montagem, então as alfaias irão ser montadas como resposta à encomenda. Esta estratégia de “Assembly-to-Order” pressupõe a disponibilidade de todo o material no ponto de *stock* imediatamente anterior às operações de montagem. Assim, parte do material dos armazéns de corte e conformação e de componentes comprados terão de ser geridos de maneira a garantir o nível de serviço desejado. A encomenda irá despoletar as operações de *picking* de material. Logo, é também indispensável ter estas operações devidamente normalizadas e preparadas para responder às necessidades.

Quando o cliente pede um produto altamente customizado e que é desenhado de raiz, então o cliente está disposto a esperar um intervalo de tempo mais alargado. Esta família de produtos irá seguir a estratégia “Make-to-Order”. Os componentes irão ser comprados diretamente aos fornecedores e o produto seguirá em FIFO até ao cliente.

4.1.1 Análise ABC

O primeiro passo para a implementação do planeamento em *pull* é atribuir a cada referência de produto acabado uma das estratégias definidas anteriormente.

Antes de mais importa perceber as exigências dos clientes em relação aos tempos de entrega para cada uma das principais famílias de produtos da Herculano. A equipa comercial foi chamada a dar a opinião sobre esta decisão. Além da perspetiva do cliente, a equipa comercial teve em conta razões estratégicas e potenciais tendências do mercado, isto é, produtos cujo número de encomendas poderá vir a crescer e para quais a empresa quer estar preparada para satisfazer as necessidades dos clientes em menos tempo que a maioria da concorrência. Ficou definido que as vendas dentro da zona ibérica teriam um prazo semelhante, enquanto que o prazo para outros países seria função de fatores como distância, legislações e outros requisitos específicos do local de entrega.

Interessa agora perceber quais as principais famílias de produtos que se enquadram no modelo de planeamento base. Das cinco principais famílias escolheram-se a dos reboques de taipais, dos monocoques e dos espalhadores de estrume. As razões por detrás desta decisão foram o facto de o processo produtivo destas famílias seguir os moldes do modelo base e o facto de os prazos de entrega serem semelhantes entre si para o mercado ibérico. De fora fica a família das grades de discos, que contará com um modelo específico apresentado na secção 4.3, e a das cisternas, cujo processo produtivo é substancialmente diferente das restantes. A Tabela 6 resume as vendas e os prazos de entrega para o segmento ibérico e restantes mercados durante o período de dezembro de 2015 e novembro de 2016.

Tabela 6 – Resumo das vendas e das exigências dos clientes por mercado para as principais famílias de produtos.

Família	Nº de Vendas	Valor	% Valor	Exigências do Cliente			
				Mercado Ibérico		Restantes Mercados	
				% Valor	Lead Time	% Valor	Lead Time
Reboques	549	2 086 130,75 €	17%	66%	1 semana	34%	4 semanas
Grades Disco	235	1 398 244,04 €	12%	78%	1 semana	22%	3 a 7 sem.
Esp. Estrume	150	1 296 583,62 €	11%	59%	1 semana	41%	3 a 7
Cisternas	117	1 186 686,88 €	10%	87%	2 semanas	13%	3 a 7 sem.
Monocoques	78	1 049 397,97 €	9%	66%	1 a 4 sem.	34%	2 a 10 sem.

Conhecidas as três famílias em estudo, parte-se para a análise ABC. Cada referência de produto acabado irá ser caracterizada de acordo com dois critérios: volume e frequência. O volume será definido pela quantidade de vendas e a frequência pelo número de saídas durante o período considerado. No caso da categorização por volume de vendas considera-se que uma referência é do tipo A se estiver dentro da categoria de produtos responsáveis por 80% do total de vendas, B se responsáveis por 15% das vendas (entre 80 e 95% das vendas acumuladas) e C os restantes 5%. Na categorização por frequência de saída há três níveis: A se o produto sair pelo menos uma vez por mês (mais de 12 vezes ao ano), B se o produto sair pelo menos uma vez a cada dois meses (mais de 6 vezes ao ano) e C se sair menos vezes que estas frequências. A Figura 32 mostra o resultado da sobreposição das duas categorias para a família dos reboques.

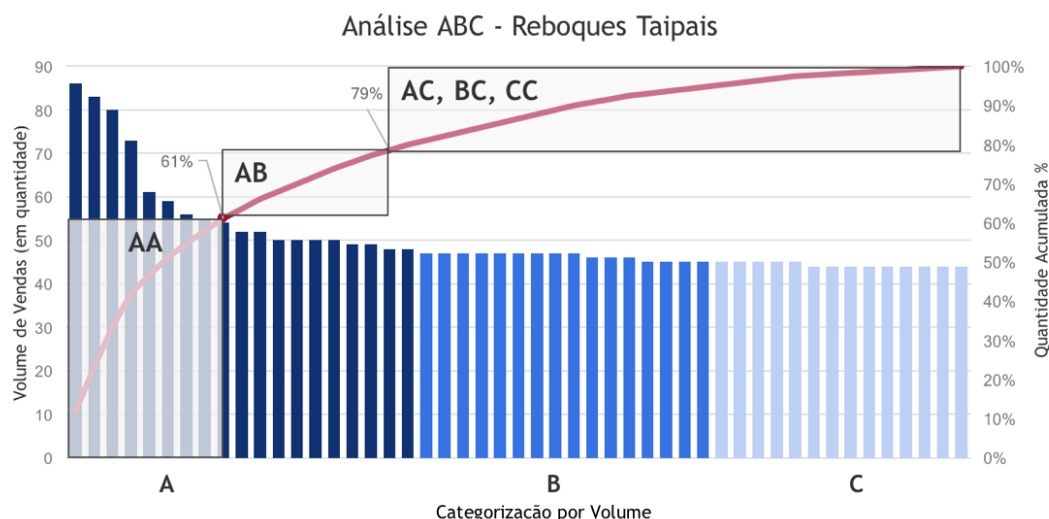


Figura 32 – Gráfico de Pareto da análise ABC para os reboques de taipais com o resultado da sobreposição da categorização por volume (eixo horizontal) e por frequência.

No sentido de fazer uma primeira triagem definiu-se que os produtos AA seguiriam uma estratégia do tipo MTS, os do tipo AB e BA a estratégia ATO e todos os restantes serão MTO. Seguiu-se uma discussão crítica sobre os resultados desta primeira categorização em conjunto com a equipa de produção e a equipa comercial. Após as alterações necessárias, o raciocínio até agora descrito é iterado para as restantes famílias inicialmente selecionadas.

4.1.2 Novo Modelo de Gestão de Inventário

Definida a estratégia para cada uma das referências de produto acabado, o próximo passo é fazer a mesma análise, mas agora para cada um dos componentes dessas referências.

A estratégia MTS para componentes é atribuída a peças que entrem em múltiplos produtos, ou seja, que devem estar garantidos em supermercado através do sistema de reposição automática. Os componentes que sirvam um menor grupo de produtos, deverão ser ATO, ou seja, serão produzidos ou requisitados apenas quando necessário. No projeto, a decisão sobre a estratégia de cada componente não seguiu diretamente as regras acabadas de enunciar. Esta razão deve-se ao facto de haver uma ligação entre a estratégia definida para os produtos acabados e os componentes que fazem parte dos mesmos. De maneira a ser possível responder a qualquer uma das estratégias de planeamento de produto acabado, os respetivos componentes deverão estar sempre disponíveis nos supermercados a montante das operações dos setores produtivos. Consequentemente, neste novo modelo, todos os componentes que entrem nas referências de produto acabado, quer sejam MTS ou ATO, irão ter um nível de reposição definido empiricamente.

Antes de se avançar com a implementação do novo modelo de gestão de inventário, foi analisado o impacto desta mudança através da medição da redução esperada dos níveis de inventário.

Segundo o modelo de gestão de inventário de revisão contínua, o nível de reposição é dado pela seguinte fórmula:

$$NR = Consumo \times LT + SS \quad (1)$$

Onde

NR, é o nível de reposição

LT, é o lead time

SS, é o *stock* de segurança

O *stock* de segurança foi dimensionado de maneira a cobrir o mês de maior consumo do componente em causa. O consumo e o *lead time* devem respeitar o mesmo período temporal.

$$SS = Pico \text{ de Consumo Mensal} \times LT - Consumo \times LT \quad (2)$$

O *stock* médio pode ser calculado pela fórmula (3) e (4):

$$Stock \text{ Médio} = \frac{Q}{2} + SS \quad (3)$$

$$Q = Max \{Q_{min}; NR - SS\} \quad (4)$$

Onde:

Q, é a quantidade a encomendar

Q_{min} , é a quantidade mínima de encomenda

No caso dos componentes de compra e matéria prima, o *lead time* e a quantidade mínima de encomenda foram dois *inputs* dados pela equipa de compras com base na informação dos fornecedores. O *lead time* dos componentes do armazém de corte e conformação é função do roteiro de máquinas em que a peça passa. Foi também recolhido o tamanho de lote mínimo, nos casos em que tal se aplique.

O consumo de cada componente foi calculado de acordo com as vendas das referências de produto acabado e em que o componente seja usado. As vendas do produto final poderão ser transformadas em consumo dos componentes, já que é conhecido o fator de incorporação no produto final de cada componente. Ao dimensionar o consumo para a totalidade das referências em que o componente é usado é possível garantir que vai haver sempre inventário para responder a um número mais abrangente de casos.

O valor médio de inventário esperado é obtido pela multiplicação do valor unitário de cada componente e o seu *stock* médio. O valor médio de inventário atual é dado pela fotografia do inventário a uma dada data.

Tabela 7 – Redução de custos obtida com a implementação do novo modelo de planeamento.

Armazém	Total Refs	% Refs Supermercado	% Refs Simulador	Situação Atual	Situação Futura	Varição	Varição %	Varição **	Varição %**
Matéria Prima (1001)	903	30%	90%	€221 430,43	€131 834,44	-€ 89 595,99	-40,46%	-€ 76 994,17	-34,77%
Compras Pequenos (2001)	2263	17%	97%	€ 88 229,64	€ 92 929,52	€ 4 699,88	5,33%	€ 7 300,96	8,27%
Compras Grandes (2011)	713	16%	97%	€383 139,17	€247 646,98	-€135 492,19	-35,36%	-€127 025,62	-33,15%
Compras Grandes (2021)	102	14%	86%	€ 8 007,47	€ 11 818,46	€ 3 810,99	47,59%	€ 5 499,34	68,68%
C&C (4001)	12527	10%	25%	€ 40 487,09	€ 21 772,51	-€ 18 714,58	-46,22%	-€ 2 309,90	-5,71%
Setores	10475	9%	32%	€ 38 686,24	€ 16 280,44	-€ 22 405,80	-57,92%	-€ 11 354,73	-29,35%
Total	26983	11%	46%	€779 980,04	€522 282,36	-€257 697,68	-33,04%	-€204 884,12	-26,27%

A Tabela 7 compara a situação atual com uma simulação da situação futura, isto é, quando o novo sistema de gestão de inventário for implementado. Para esta análise, não foi possível reunir todos os dados necessários para contemplar todas as referências a ter em supermercado (apenas 46%). De modo a prever o que acontecerá quando se perfizer a totalidade de referências, considerou-se um aumento linear do valor médio obtido (por exemplo, estão contempladas 90% das referências do armazém 1001, logo o valor da situação futura irá ser aumentado linearmente em 10% para perfazer os 100%). As duas últimas colunas mostram os resultados estimados deste cenário hipotético. A redução global do valor de inventário é de 204 mil euros, valor que promove a implementação do novo modelo.

O maior acréscimo de inventário em valor dá-se no armazém 2021. Tal facto pode ser explicado por este ser o local onde estão componentes de compra de grande dimensão cujo valor individual é bastante elevado. No entanto, a diminuição global dos níveis de inventário cobre perfeitamente o aumento do valor deste armazém em particular. As maiores reduções dão-se no armazém 2011 (127 mil euros) e no 1001 (76 mil euros), o que reflete a fraca capacidade de gestão de compras de matéria prima e consumíveis e o potencial do novo sistema.

O impacto da redução dos níveis de inventário pode também ser avaliada por família. A Figura 33 compara a distribuição do valor médio de inventário por armazém para os componentes dos reboques de taipais pequenos.

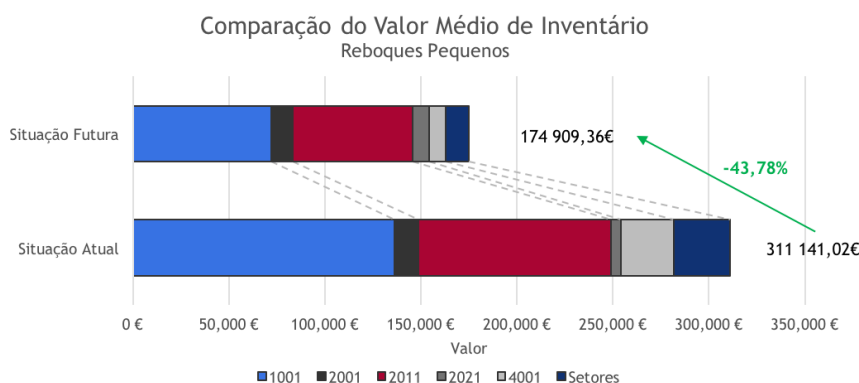


Figura 33 – Comparação do valor médio de inventário antes e após a implementação do modelo para os componentes dos reboques de taipais pequenos.

A maior redução dá-se no armazém 1001 – cerca de 64 mil euros. No total, estima-se que seja possível reduzir o valor de inventário em 136 mil euros, menos 44% que antes. O armazém de produto semiacabado dos reboques foi também dimensionado. A redução do *stock* médio 49 para 29 reboques semiacabados corresponde a um aumento de *cash flow* de 23 mil euros.

Demonstrada a potencial poupança monetária com o novo sistema de gestão de inventário, passou-se à fase de implementação para usufruir das vantagens apresentadas. O sistema informático da empresa possui já campos específicos para gestão de inventário, como *lead time*,

stock de segurança, nível de reposição, quantidade a encomendar e o incremento da quantidade de ordem. Contudo, esta funcionalidade não estava a ser usada. Após validação e refinação dos dados com a equipa de compras, procedeu-se às alterações informáticas dos componentes, armazém a armazém. Quando o nível de reposição é atingido, é emitida uma notificação para ordenar a compra do componente. Assim que o alerta é emitido, a equipa de compras verifica a recomendação da quantidade a encomendar e efetua a ordem de compra. O *lead time* é também mostrado para que a pessoa encarregue de encomendar tenha um ponto de partida para controlar as datas estimadas pelo fornecedor e, assim, tentar reduzir a variabilidade na entrega. Logo após as mudanças em sistema terem sido efetivadas, os níveis de inventário foram controlados diariamente de forma a despistar possíveis ruturas. Até à data ainda não houve qualquer problema a este nível.

4.1.3 Planeamento de Execução - Caixa Logística

Após o planeamento estratégico, segue-se o planeamento de execução. A nova metodologia de planeamento vai ter em conta o seguinte pressuposto: tendo em conta o *lead time* do processo, todas as encomendas firmes deverão ser planeadas para produção na data mais perto possível da data de entrega desejada pelo cliente. Seguindo esta regra, será possível construir um plano macro usando apenas as encomendas firmes. Passará a haver um esforço diário de congelar e otimizar a produção do dia D+2. Esta otimização consiste em puxar para esse dia eventuais encomendas planeadas para dias seguintes de maneira a maximizar a utilização da capacidade. Após a otimização são emitidas as ordens de produção e a lista de *picking* de material necessário para a produção do dia D+2. O *picking* e a pré-montagem têm lugar no dia D+1.

Antes de se avançar para a implementação foi necessário estudar o fluxo de informação entre a equipa comercial, responsável por receber e registar as encomendas, e as equipas da preparação de trabalho e da produção, que tratam de lançar as ordens de corte e fabrico.

Assim que a comercial recebe a encomenda do cliente, quer seja por *e-mail* ou chamada, esta trata de avaliar se é uma encomenda *standard* ou não. Uma encomenda *standard* é um pedido de um produto cuja estrutura e desenhos estão já definidos. Um pedido não for *standard* requiere o trabalho do departamento de investigação e inovação que irá desenhar a alfaia de raíz e escolher os materiais para o novo produto. No caso de a encomenda ser *standard*, então a comercial verifica se há *stock* de produto semiacabado. Se assim for e o produto não levar extras, a data de entrega é de imediato acordada com o cliente e segue uma requisição para equipa de preparação de trabalho tratar de sequenciar os acabamentos necessários. No caso de o pedido levar extras, verifica-se primeiro o stock dos mesmos. Em caso negativo, a produção trata de listar as ordens de encomenda e fabrico de extras. Uma vez que irá haver consumo do supermercado de produto semiacabado, há que ter em atenção se o nível de reposição é atingido e registar eventuais ordens de reabastecimento.

Analisar-se agora a situação em que não há inventário do produto encomendado pelo cliente. Nesse caso, averigua-se se há *stock* de componentes para montagem e, perante uma resposta negativa, lista-se a ordem de corte e fabrico dos componentes. Qualquer situação em que seja necessário lançar ordens de corte ou fabrico, quer seja de componentes, quer seja de extras, é a produção que trata de dar uma estimativa da data de conclusão. Só após comunicar esta informação à equipa comercial é que fica fechada a data com o cliente.

O fluxograma na Figura 34 incorpora no fluxo de informação atual as alterações trazidas pelo novo sistema de planeamento.

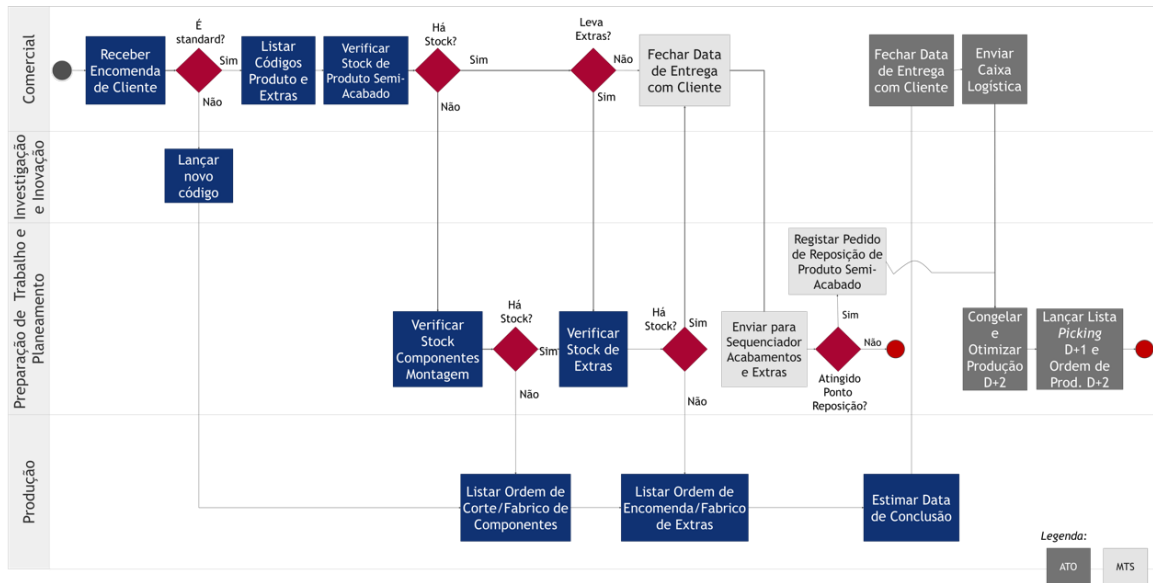


Figura 34 – Fluxograma de Planeamento

Com vista a melhorar a fiabilidade da data de entrega acordada com o cliente e minimizar o esforço na troca de informação entre os diversos membros envolvidos no processo, foi construída uma caixa logística digital. Esta ferramenta permite que a equipa comercial reserve carga num plano macro e, assim, garantir que consegue honrar o compromisso da data que indicou ao cliente. A versão piloto desta ferramenta é exclusiva a encomendas de reboques de taipais pequenos. Um *mockup* da ferramenta foi desenvolvido no *Microsoft Excel*.

O primeiro passo da ferramenta é selecionar o modelo e a categoria do produto pedido, a quantidade a encomendar e a data de entrega desejada. É também possível adicionar extras que o cliente queira. O pedido é registado e fica guardado numa lista de encomendas.

Ao selecionar a encomenda para colocação na caixa logística fica visível a data de início de produção ideal, isto é, a data a que deveria ser iniciada a produção de modo a ficar o mais próximo possível da data de entrega. Esta data de início está dependente do *lead time* de produção e do balanço entre a carga e a capacidade disponível. Usando como referência a data de início ideal, a primeira tentativa será de reservar carga para a montagem da encomenda nesse mesmo dia. Se ao adicionar a encomenda a capacidade diária não for excedida, então o estado da encomenda passa a planeado. Se a capacidade diária não for suficiente, então deve-se colocar a encomenda numa data anterior à data de início ideal, de modo a não haver atrasos na entrega da encomenda. A ferramenta permite dividir a montagem da encomenda em vários dias e, assim, maximizar a carga. Por exemplo, 70% da encomenda pode ser feita num dado dia e 30% no dia seguinte. A data final de entrega é sempre recalculada com base na data reservada para início da produção. Na Figura 35 é possível ver os dados da encomenda relativa a uma dada ordem de venda e o respetivo planeamento após reserva de capacidade na caixa logística.

A ferramenta é usada pela equipa comercial que, após preenchimento, envia a caixa logística preenchida à equipa de planeamento e preparação de trabalho para otimizar o plano do dia D+2. Caso seja possível, a equipa trata de adicionar encomendas a este dia de forma a preencher a capacidade diária. Nesta fase é também avaliado se há algum produto semiacabado que tenha atingido o nível de reposição em supermercado. Se for o caso, é lançada uma ordem de reabastecimento que irá aparecer na lista para ser adicionada na caixa logística. Concluída a otimização, é possível exportar o resumo das encomendas para o dia D+2. Com base nesta lista são lançadas as ordens de *picking* para o dia D+1 e as ordens de montagem para o dia D+2.

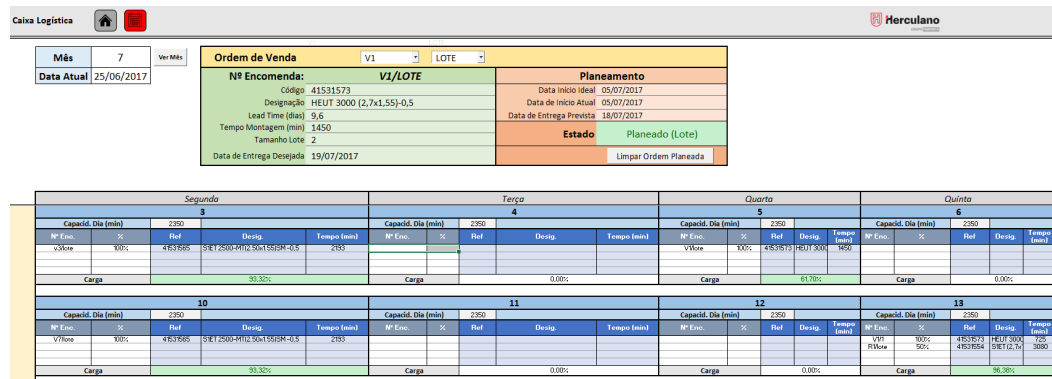


Figura 35 – Ferramenta de Caixa Logística

Durante a fase piloto a ferramenta foi testada diariamente com os intervenientes de cada uma das equipas envolvidas. Durante estes testes e formações, foi sendo recolhido o *feedback* dos utilizadores sobre a ferramenta. Uma das melhorias implementadas diz respeito à gestão das encomendas feitas em quantidade por um dado cliente para uma certa data. A funcionalidade desenvolvida dá a possibilidade de tratar o lote da encomenda como uma única encomenda em que o tempo de montagem é igual à soma dos tempos do lote. Assim, em vez de se adicionar cada ordem de venda individualmente na caixa logística, é possível tratar a ordem de venda como uma só, ajustando apenas a percentagem de montagem em cada dia. Algumas imagens da ferramenta podem ser consultadas no Anexo B.

A ferramenta está a ser atualmente utilizada como apoio ao planeamento da produção de encomendas firmes para os reboques pequenos.

4.1.4 Modelo Linear Misto de Otimização do Plano Produtivo

É simples de perceber que, se o planeamento seguir estas regras e se se garantir que há sempre material pronto para responder às encomendas, o plano macro é nada mais que um problema matemático que pode ser otimizado de modo a minimizar os atrasos. O problema pode ser formulado com um modelo linear misto. Este pode ser consultado no Anexo C1.

A função objetivo do modelo pretende minimizar o número total de desvios. Os desvios são calculados como a diferença entre a data de início ideal e um dia j do horizonte temporal. O desvio pode ser positivo, ou seja, a produção da encomenda irá ser antecipada, ou pode ser negativo, ou seja, a produção é adiada e haverá atraso na entrega. Uma vez que o objetivo é minimizar a soma total dos desvios, os desvios negativos terão de ser transformados para o seu valor absoluto. Os atrasos têm um impacto negativo no serviço ao cliente. Logo, no sentido de os penalizar, multiplica-se os desvios negativos na função objetivo por um fator inteiro p .

Os parâmetros do problema são os seguintes: tempo de montagem, *lead time* de produção, data de entrega da encomenda e a capacidade diária. A data de início irá ser um parâmetro pré-processado que é igual à diferença entre a data de entrega desejada e o *lead time* de produção.

A variáveis de decisão serão a percentagem a realizar de cada encomenda em cada dia e a variável binária que indica se uma dada encomenda é produzida num dado dia.

A primeira restrição diz respeito à capacidade diária, ou seja, a carga do tempo total de montagem das encomendas planeadas nesse dia não pode exceder a capacidade disponível. Esta restrição consiste no produto entre a variável de decisão relativa à percentagem de montagem da encomenda e o respetivo tempo de montagem. A segunda restrição obriga a que a soma das percentagens de montagem de qualquer encomenda seja igual a 1. A terceira restrição mostra a relação entre o valor da variável binária e a variável que indica a percentagem de montagem. A percentagem de montagem só será diferente de zero se a encomenda estiver planeada para o dia j , ou seja, se a variável binária for 1.

O modelo foi criado recorrendo ao *solver IBM ILOG CPLEX Optimization Studio* e o tempo de corrida das iterações durou 10 segundos a 1 minuto e 20 segundos. O código de programação escrito em OPL (*Optimization Programming Language*) está no Anexo C2. Como *input* para o problema foram utilizados os dados de um mês de encomendas de reboques pequenos. Estes dados dizem respeito a um horizonte temporal de 44 dias e 19 encomendas.

Os gráficos da Figura 36 fazem o resumo dos resultados obtidos para dois cenários. No primeiro cenário a capacidade é uniforme e igual a 2350 minutos, ou seja, há 5 trabalhadores a operar 470 minutos por dia. No segundo cenário passa a haver apenas 4 trabalhadores. Dentro de cada cenário o valor da penalização dos atrasos vai sofrendo um incremento de uma unidade até chegar à solução em que não há qualquer encomenda atrasada.

Em qualquer um dos cenários, o número máximo de encomendas com desvios é 10. As restantes 9 encomendas não sofrem qualquer tipo de alteração em termos de planeamento e serão todas entregues *on-time*. No primeiro cenário, para que deixe de haver encomendas em atraso, são precisas cinco iterações. Como seria de esperar, no segundo cenário, foi mais uma iteração.

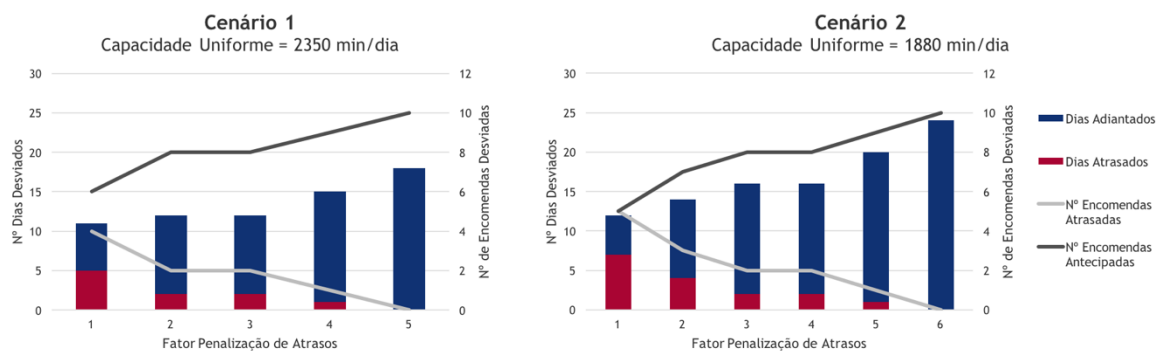


Figura 36 – Resultados do modelo para os dois cenários em estudo

Os *inputs* usados e o valor das diferentes variáveis de decisão do cenário 1 para uma penalização de 4 podem ser consultados no Anexo C3.

Enquanto que a solução da caixa logística pretende fazer uma otimização móvel através do congelamento de uma janela de dois dias, esta solução poderá ser útil para criar um plano macro ótimo a curto prazo. A aplicabilidade prática desta solução pode fazer sentido quando a empresa sabe de antemão que tem um número de encomendas elevado para um determinado intervalo e tempo alargado, por exemplo, um mês. Assim, a empresa poderá com antecedência otimizar o plano produtivo, ou então ajustar a carga necessária, para garantir o cumprimento de todos os prazos de entrega. Tendo este modelo base criado, é simples integrar outras variáveis de interesse para empresa. Seria interessante estudar o impacto de definir uma função de custos que valorize os atrasos consoante o número de dias em atraso ou de dar prioridade a certas encomendas consoante a importância atribuída ao cliente em causa.

4.2 Layout e Desenho da Linha de Reboques de Taipais

A recolha de tempos revelou diferenças significativas entre reboques de pequenas e grandes dimensões, como pode ser comprovado na Tabela 3 da secção 3.4.1. Se as duas dimensões de reboques fossem produzidas na mesma linha iria haver paragens demasiado grandes para conseguir um bom balanceamento de operações. Assim, houve a necessidade de separar o setor em duas linhas. A solução irá focar-se somente na redefinição do *layout* da linha dos reboques de taipais pequenos. De salientar que cerca de 80% do volume de vendas totais de reboques de taipais dizem respeito a reboques de pequena dimensão, daí esta categoria ser prioritária.

O objetivo principal da mudança de *layout* é eliminar as operações que não acrescentem valor e, depois, criar um fluxo unitário nas operações que acrescentem valor. Das operações apresentadas na subsecção 3.4.1, a operação de ensaio de taipais é das mais demoradas e com maior percentagem de valor não acrescentado. Nesta tarefa, os taipais são testados para perceber se foram devidamente soldados e estão em boas condições para uso. Esta operação de retrabalho torna-se desnecessária se a qualidade na fonte, neste caso, na operação precedente, for garantida. Assim, para perceber as causas que dão origem a um taipal com defeitos, observou-se a operação de iniciação e soldadura de taipais. O grande problema estava na falta de *gabarits*, ferramenta que permite o alinhamento das diversas peças que constituem os taipais e garante que as folgas de soldadura estão dentro dos limites de tolerância. De maneira a colmatar os defeitos, decidiu-se que os *gabarits* para cada referência de taipais devem estar devidamente identificados e montados na área onde são feitos. Com esta mudança é possível eliminar a operação de teste de taipais e ganhar 75 minutos para tarefas de valor acrescentado no setor.

Uma das decisões estratégicas relevantes para o novo desenho da linha foi a definição da capacidade da mesma. Em 2016, a procura anual dos reboques de taipais pequenos foi de 521 unidades. Tendo em conta o potencial de crescimento do mercado, a empresa entendeu que a linha deveria ser capaz de produzir 650 unidades por ano. Para a linha ser capaz de responder a esta cadência de produção, o ritmo ideal a que um reboque deveria estar a sair pronto da linha, isto é, o *takt time*, seria de 174 min. A este ritmo seriam motandos diariamente 2,7 reboques. Para o balanceamento correto dos operadores pelos diferentes postos da linha, a soma dos tempos das operações de cada operador deve ser inferior ao *takt time*.

O tempo médio de montagem ponderado ao volume de produção de cada uma das referências da categoria de reboques pequenos é de 853 minutos. Dividindo este tempo pelo *takt time* tem-se que o número mínimo de operadores necessários será 4,9.

É importante testar a flexibilidade da linha para diferentes cenários de procura. Foram analisadas três possíveis soluções de layout, fazendo variar o número de operadores necessários de 3 a 6. Os tempos de operação considerados na análise são referentes aos reboques S1ET, a principal família. O tempo total de montagem de um S1ET é de 835 minutos. A eficiência de cada solução é calculada pela fórmula (5).

$$\text{Eficiência de Balanceamento} = \frac{\text{Tempo Total de Montagem}}{N^{\circ} \text{ Operadores} \cdot \text{Tempo de Ciclo}} \quad (5)$$

A Tabela 8 resume os resultados para as 3 soluções.

Tabela 8 – Resultados da análise das três soluções de balanceamento

Tempo de <i>Takt</i> (min)	Capacidade Anual Objetivo (unidades)	Solução	Tempo de Ciclo (min)	Eficiência de Balanceamento	Capacidade Anual da Solução (unidades)
174	650	3 operadores	330	84%	342
		4 operadores	265	79%	426
		5 operadores	180	93%	627
		6 operadores	160	89%	705

A divisão de tarefas entre 3 operadores tem um tempo de ciclo elevado que se reflete num défice de capacidade para responder à capacidade desejada. Todos os operadores estariam a trabalhar sob pressão, já que a soma do tempo das tarefas de cada um seria sempre superior ao *takt*.

A solução com 4 operadores dedica dois operadores às operações de iniciação e soldadura, ficando um responsável pelo chassis inferior e outro pelo superior. O terceiro operador será quem faz a montagem dos eixos, travões e lanças e o acoplamento final. O quarto operador é responsável por preparar e colocar as ferragens. Neste caso, o tempo de ciclo é de 265 minutos. Apesar do aumento da capacidade anual, esta solução revela ineficiências na divisão das tarefas pelos operadores – a eficiência é de apenas 79%. Esta divisão não dá grande margem de manobra para entreatajuda. A variabilidade irá estar distribuída pela linha, o que conduz a maior *stress* dos operadores.

Os gráficos de balanceamento *yamazumi* permitem visualizar a distribuição de tarefas por operador, o tempo de *takt* e o tempo de ciclo do processo produtivo de cada uma das soluções. Os gráficos para as soluções com 3 e quatro operadores podem ser vistos na Figura 37.

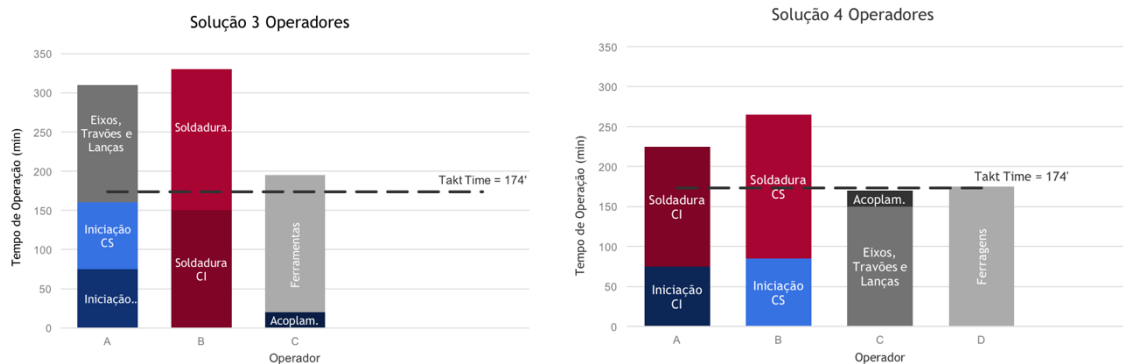


Figura 37 – Gráficos de balanceamento das soluções com 3 e 4 operadores.

Tendo 5 operadores a capacidade anual desejada ainda não é atingida, mas a eficiência do balanceamento é de 93%, a melhor dos 4 casos. É importante referir que passa a haver um operador dedicado somente à operação de iniciação, independentemente do chassis a construir. A operação de soldadura contará com dois operadores, um responsável pelo chassis superior e outro pelo inferior. O facto de haver operadores dedicados a um só tipo de trabalho permite a criação de uma equipa de trabalho *standard* especializada por operação. Apesar da cadência anual estar abaixo do ritmo desejado, com as melhorias introduzidas e a redução de *muda* certamente se vai alcançar o volume desejado sem ter que se recorrer a mais um operador.

A Figura 38 mostra os gráficos *yamazumi* que permitem visualizar a distribuição de tarefas por operador, o tempo de *takt* e o tempo de ciclo do processo produtivo de cada uma das soluções.

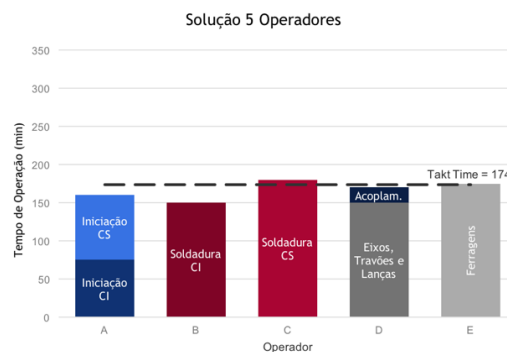


Figura 38 – Gráfico de balanceamento da solução com 5 operadores.

O novo *layout* vai permitir baixar o tempo de ciclo já que todo o material necessário passa a estar disponível na linha. A nova organização e disposição dos acessórios de trabalho vai ajudar

a aumentar a eficiência e fazer com que a curva de aprendizagem seja mais acentuada. Além disso a promoção da entreajuda e a criação de planos de treinos permitem consolidar o *know-how* e o espírito de melhoria na equipa.

O bordo de linha (BL) serve de interface entre a produção e a logística. O BL deve ser desenhado de maneira a minimizar o *muda* de movimento de pessoas, permitindo que o operador retire as peças sempre do mesmo local, com o movimento mais curto possível.

A seleção dos componentes para o BL prende-se com a decisão sobre a estratégia de planeamento que cada referência de produto acabado deve seguir. Todos os reboques que irão ser montados para resposta a encomenda (ATO) e todos aqueles que irão ser montados para reabastecer o supermercado de produto acabado (MTS) deverão ter os seus componentes na linha para agilizar o processo produtivo. A análise das estruturas multinível dos reboques selecionados revela um total de 870 componentes diferentes, em que 170 vão estar no BL. O inventário dos restantes códigos vão estar nos principais supermercados e passam a ser geridos segundo o novo sistema de reposição automático.

O próximo passo passa por perceber como devem estar sincronizados os componentes, isto é, se as referências devem estar em lote no bordo de linha (*kanban*) ou se devem chegar quando requisitadas por uma encomenda de um determinado produto (*junjo* e kit). É possível categorizar o modo de sincronização dos componentes a ter em bordo de linha de acordo com as suas características. A Figura 39 mostra uma matriz em que cada referência é caracterizada de acordo com as suas características físicas (tamanho e peso) ou valor e com o consumo ou número de referências em comum.

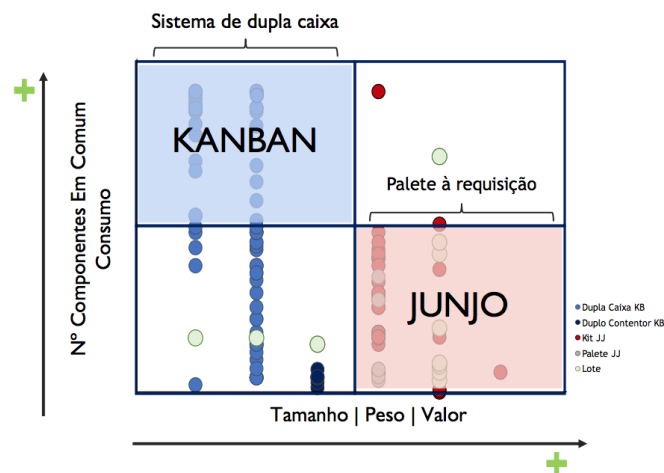


Figura 39 – Categorização das referências do BL dos reboques por tamanho, consumo e método de sincronização

Componentes que sejam comuns a várias referências e que, conseqüentemente, têm maior consumo, deverão estar sempre no bordo de linha, de preferência aqueles cujo valor é baixo e sejam fáceis de manusear. Estes componentes enquadram-se principalmente no quadrante superior esquerdo da Figura 39. Os componentes que reúnem estas características, como parafusos e outros componentes de união, serão geridos através do sistema de dupla caixa *kanban* com abastecimento traseiro, isto é, uma caixa vazia despoleta a reposição pela logística. A Figura 40 mostra a implementação desta solução na nova linha. O sistema análogo mas em que são usados contentores em vez de caixas servirão para abastecimento de conjuntos pré-montados noutros setores que necessitam do auxílio de um empilhador para serem transportadas.



Figura 40 – Sistema de dupla caixa *kanban* na área de iniciação do chassi superior

Os componentes provenientes dos armazéns de corte e conformação e de compras, cuja dimensão e tamanho não facilitem o armazenamento na linha, serão reunidos numa paleta *junjo*. Aquando da requisição para satisfazer uma encomenda, caso seja pertinente, os componentes serão sequenciados sob a forma de *kits* e seguem depois para a linha.

A quantidade de material a ter no bordo de linha está dependente da operação de reaprovisionamento de material. A fabrica é servida por um operador logístico, auxiliado de um empilhador, responsável pelo abastecimento e distribuição de todo o material. A capacidade de abastecimento, em termos de frequência, é relativamente baixa. Apesar disso, como a grande maioria dos componentes a ter no BL são de pequena dimensão, é perfeitamente possível ter uma maior quantidade de componentes sem ter que aumentar o espaço necessário. Definiu-se que a linha deveria ter autonomia de trabalho para meia semana, ou seja, a frequência do *mizusumashi* será de 0,4 vezes por dia. Este passará na linha sempre à mesma uma hora e dia da semana. No circuito *kanban* o operador deverá recolher as caixas vazias da linha, entregá-las nos respetivos setores de reabastecimento e depois voltar a colocá-las na linha de origem.

O dimensionamento dos *kanban* depende da frequência do *mizusumashi*. Para garantir que nunca falta material durante o período de reabastecimento do circuito logístico, a quantidade a ter de cada referência deve ser igual ao consumo durante dois ciclos do *mizusumashi* mais uma unidade de consume (por exemplo, uma caixa *kanban*) para absorver potenciais variações. É importante ter em conta os múltiplos do fator de incorporação máximo de cada componente para responder às necessidades de todas as referências de produto acabado que passam na linha. Por exemplo, se o reboque que leva mais parafusos do tipo A requisitar 6 parafusos, e se esse parafuso for usado em mais que um reboque, o consumo semanal deve ser múltiplo de 6.

Outra consideração importante é a comodidade no reabastecimento dos componentes nos diversos armazéns e setores de origem. Se a quantidade de armazenamento de um dado componente for superior à quantidade necessária a ter no bordo de linha, mas esse incremento de quantidade não envolva um aumento do espaço disponível, então é preferível ter a quantidade maior. Por exemplo, no bordo de linha são necessários 100 parafusos. Cada caixa tem capacidade para 300 parafusos. No armazém de material comprado os mesmos parafusos vêm em caixas de 200 unidades. Neste caso, faz sentido que cada caixa *kanban* leve 200 unidades, já que não requer mais espaço no BL.

É essencial identificar a operação em que cada componente entra. Esta caracterização irá ditar o espaço necessário e o número de estantes de armazenamento que é preciso ter em cada área.

Tendo pronto o dimensionamento de todas as estruturas necessárias e da distribuição das tarefas, foram feitos vários *mock-ups* para discussão com a equipa do projeto. O layout final à escala está representado na Figura 41.

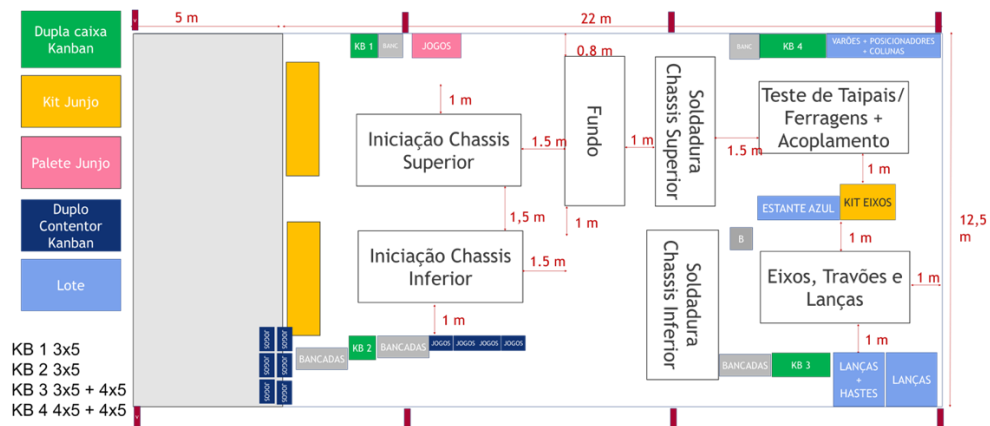


Figura 41 – Novo Layout dos Reboques de Taipais Pequenos

A implementação do novo *layout* foi realizada durante um dia de fim de semana com a ajuda dos próprios operadores. Uma das principais dificuldades após o lançamento do novo *layout* foi o conflito informático em termos de gestão de inventário dos componentes que passaram a estar em *kanban*. Todos estes componentes tiveram de ser alterados informaticamente de maneira a não permitir saídas de material à requisição. Estes componentes passam a ser consumidos no sistema em *backflush*. Tal significa que, apenas no momento em que a alfaia é acabada, é que há o consumo efetivo dos componentes no sistema.

O arranque e adaptação à nova linha foi apoiado com o início das reuniões de *Kaizen* diário em que o encarregado do setor dá indicações sobre o plano semanal e atribui tarefas aos operadores.

Outra ferramenta implementada no setor para potenciar o aumento da produtividade é o ecrã *andon*. No âmbito do projeto foi desenvolvido um ecrã que permite aos operadores da linha saber se estão a produzir no ritmo ideal. Diariamente o encarregado da linha trata de inserir na ferramenta as referências que irão ser produzidas. Quando se inicia o dia de trabalho, o *andon* carrega as referências e dá início à contagem regressiva de um temporizador. Este tempo indica o ritmo a que deveria sair um reboque de maneira a responder à procura, ou seja, o *takt time* para a referência a ser produzida. Com base nos dados recolhidos para cálculo do indicador de rendimento da linha dos reboques, foram definidas gamas de rendimento para as diversas famílias e assim aproximar o tempo de *takt* ao ritmo real de trabalho. No momento em que o reboque é terminado, o operador mais próximo do ecrã dá sinal de fim de trabalho e o *andon* carrega os dados do próximo reboque. Caso o reboque tenha sido terminado depois do tempo ótimo, o operador deve indicar a razão do atraso, por exemplo, por falta de material ou absentismo. O ecrã dá ainda indicações sobre o estado do dia, ou seja, se, dentro do tempo restante, ainda é possível responder a todas as encomendas planeadas para o dia, e o estado da última referência acabada, ou seja, se esta foi ou não terminada dentro do tempo previsto. A Figura 42 mostra o ecrã montado na linha. Algumas imagens do programa do *andon* podem ser consultadas no Anexo D.



Figura 42 – Ecrã *Andon* na linha dos reboques de taipais

4.3 Layout e Desenho da Linha de Grades de Discos

Em discussão com a equipa responsável pelo novo desenho da linha de grades de discos surgiu a questão sobre o desalinhamento do atual modo de funcionamento da linha e as reclamações do cliente. A empresa tem vindo a receber várias queixas devido à baixa qualidade da pintura das grades. A decisão estratégica de criar um supermercado de peças pintadas surge como reação a esta reclamação dos clientes.

A criação do supermercado de peças pintadas obriga a redefinir não só o balanceamento da linha, como o fluxo do processo produtivo e a sua relação com as decisões estratégicas de planeamento das referências deste setor. As estratégias de planeamento no modelo das grades são semelhantes ao modelo base dos reboques. No entanto, a caracterização e nome das estratégias é diferente uma vez que a operação de montagem final é realizada a montante do supermercado de componentes pintados. As grades cujos componentes estarão disponíveis no supermercado de peças pintadas seguirão uma estratégia ATO, ou seja, irão ser montadas e acabadas como resposta a encomendas firmes. As grades cujos componentes irão ser iniciados e soldados no setor e que depois da pintura seguem diretamente para a montagem final seguirão uma estratégia do tipo MTO.

A Figura 43 mostra o modelo de planeamento que será seguido nas grades. Neste caso, as encomendas das referências ATO servirão para sinal de reabastecimento do supermercado de peças pintadas. As operações de montagem final da grade, acabamentos e montagem dos extras, serão despoletadas apenas após a receção de uma encomenda firme. As referências MTO seguem o fluxo normal do processo produtivo, uma vez que, após pintura, as peças pintadas seguirão diretamente para a montagem final. Os componentes das referências de produto acabado desta estratégia deverão ser garantidos nos supermercados de componentes a jusante das operações de produção e montagem.

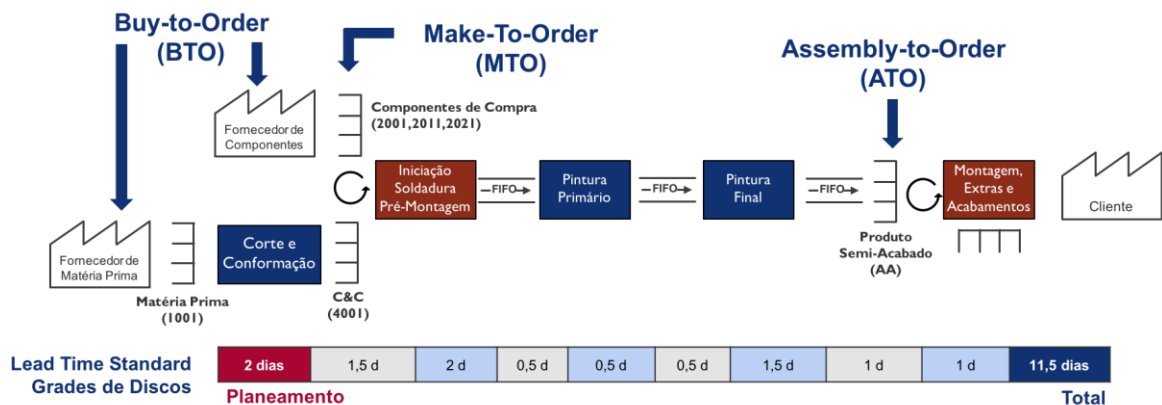


Figura 43 – Modelo de Planeamento das Grades de Discos

Como ponto de partida, fez-se a análise ABC das grades de discos. Em ATO, ficarão as duas principais famílias de grades - HRM e HPR/E - e os *chassis* das grades HVR e HVRP. Devido à dimensão das grades HVR e HVRP estas são montadas e armazenadas em duas partes distintas: *chassi* e *corpo*. Ambos os *chassis* servem de base para todas as referências das suas respetivas famílias. Por este facto, ficou decidido que ambos os *chassis* deveriam estar disponíveis no supermercado de peças pintadas, enquanto que os corpos só serão fabricados aquando a chegada de uma encomenda firme. As grades HGR e HM juntam-se à lista das referências que seguirão a estratégia MTO.

O volume total produzido num ano é de 298 grades. O *takt time* desta linha será de 379 minutos. Sabendo que o tempo médio de montagem ponderado ao volume de produção é de 815 minutos, o número mínimo de operadores é 2,15. É necessário garantir a flexibilidade da linha na resposta à produção quer de grades pequenas, quer de grandes. A solução com dois operadores será suficiente para as alfaias de menor tamanho, como a HRM. Nesse caso, haveria um

operador dedicado à iniciação e soldadura e outro dedicado à montagem final. No entanto, os tempos de montagem das grades maiores não permitem obter um balanceamento adequado. Assim, a solução ideal será ter mais um operador dedicado à limpeza e montagem dos discos e que, no tempo restante, é responsável por absorver variações na produção e ajudar os outros dois operadores. Com este novo modelo, a montagem final terá de ser feita com mais cautela de maneira a não danificar a pintura das peças já pintadas. Ter o apoio de outro operador no manuseamento de material durante esta operação torna-se ainda mais importante. Os gráficos de balanceamento de operações para uma grade pequena e uma grade grande são apresentados na Figura 44.

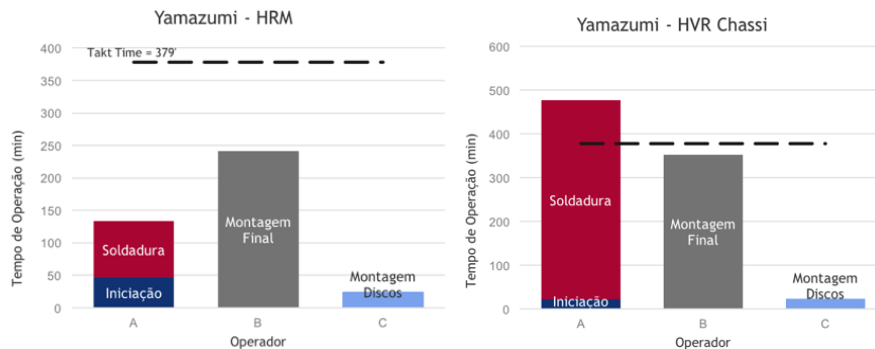


Figura 44 - Gráficos yamazumi para a grade HRM (pequena) e para o chassi da grade HVR (grande).

A introdução deste novo método de trabalho torna mais complexa a análise dos componentes a ter no bordo de linha. Considerando as referências de grades MTO e ATO, há um total de 827 componentes únicos a analisar. Foi preciso perceber, código a código, onde está armazenado cada componente e em que fase do processo produtivo é requerido. Aproveitando o momento de caracterização destes códigos, ficou desde logo definido o método de abastecimento (*kanban* ou *junjo*) de cada componente ao sector. Foi também necessário distinguir quais as peças que vão pintar isoladamente e quais os conjuntos que poderão ir pré-montados para a pintura. Existem ainda casos de conjuntos que, após a pré-montagem, devem ser zincados. A Figura 45 retrata os principais fluxos de material entre os armazéns de origem e as etapas do processo produtivo e os respetivos modos possíveis de sincronização.

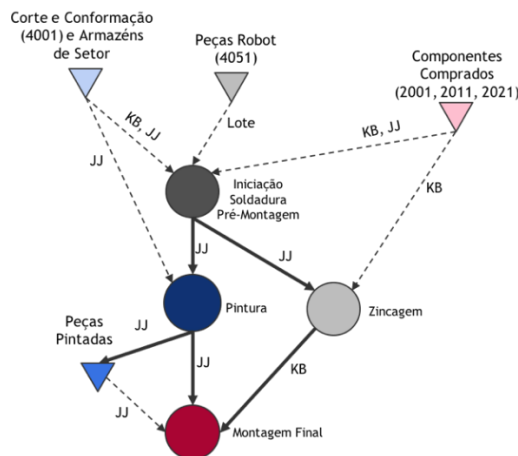


Figura 45 – Fluxo de material entre os supermercados e as diversas etapas do processo produtivo das grades

O novo *layout* irá estar dividido em duas grandes áreas: uma para a iniciação, soldadura e pré-montagem e outra para a montagem final.

Na área de iniciação, os *gabarits* das referências ATO irão estar já montados. As duas principais referências, HPR/E e HRM, e o *chassi* da grade HVR irão ter os seus próprios bordos de linha perto dos respetivos *gabarits*. Os *gabarits* das referências MTO, devido ao espaço que ocupam, irão ser armazenados noutra local da fábrica e serão chamados à requisição. Haverá também

À medida que o operador da iniciação e soldadura termina o fabrico dos componentes, este pendura-as num cabide num carrinho de pintura que irá estar estacionado na zona da iniciação. No momento em que o operador logístico efetua a sua rota, trata de levar este carrinho para a pintura. Aí, as peças são retiradas da estrutura de suporte e colocadas nos bastidores para pintar. Na área de saída da pintura haverá um carrinho vazio para suportar os cabides que tiverem acabado de ser pintados. Este carrinho segue para a zona da montagem final. Os cabides são retirados do carro e pendurados nas estruturas de stockagem apropriadas. Quando totalmente vazio, o carro retorna ao seu local de origem, a iniciação.

No mesmo circuito, as caixas *kanban* vazias na montagem final e na iniciação também são recolhidas e entregues nos respetivos armazéns de origem para reabastecimento.

O dimensionamento dos componentes em *kanban* no bordo de linha e dos componentes no supermercado de peças pintadas foi feita tendo por base mês de pico de consumo no período de um ano do respetivo componente. Deste modo garante-se que há material em quantidade suficiente durante um cenário pessimista. Tal como nos reboques, a quantidade de componentes deve ser suficiente para cobrir o consumo durante dois ciclos do *mizusumashi* mais uma unidade de consumo (por exemplo, uma caixa *kanban*). Foi decidido que a frequência do *mizusumashi* será duas vezes por semana. Os dias escolhidos para os circuitos das grades serão os mesmos nos quais se faz os circuitos dos reboques para facilitar a integração do novo circuito.

O novo *layout* terá o aspeto apresentado na Figura 47.

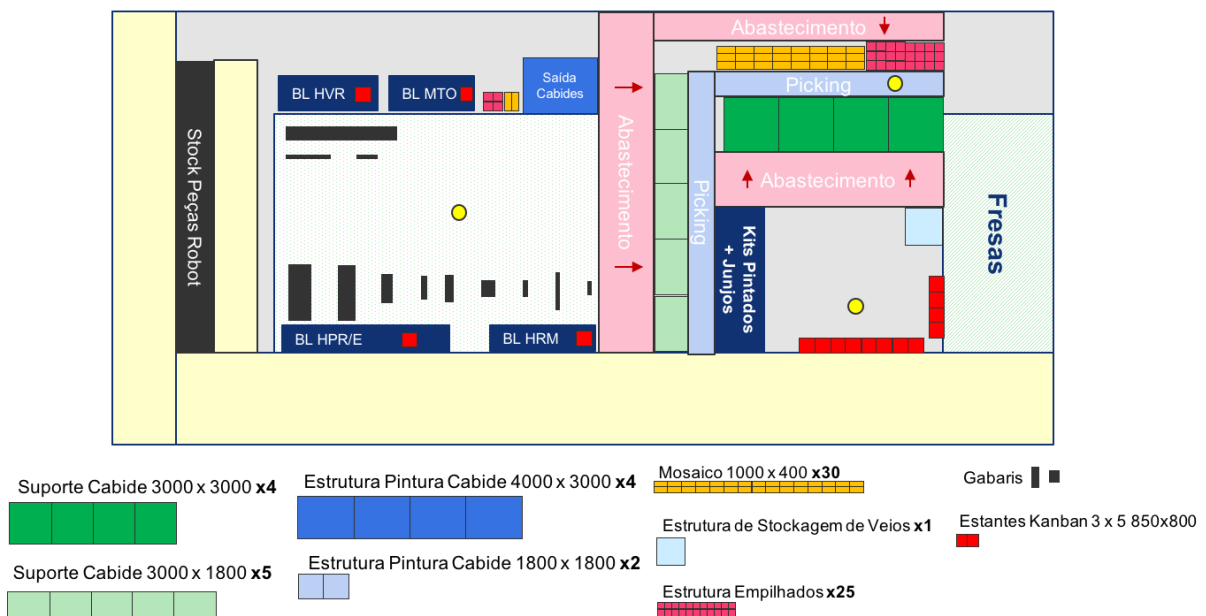


Figura 47 – Novo layout do setor das grades de discos

A mudança desta linha obriga a alterações mais complexas e em maior número do que a mudança nos reboques. Por exemplo, é necessário rever os roteiros das peças que antes não iam pintar ou zincar, alterar informaticamente os componentes *kanban* e criar códigos novos dos conjuntos que irão ser pré-montados para, assim, poderem ser identificados após a pintura. Em casos como este é aconselhada a utilização de um plano de obra em que possa ser verificado o responsável e o estado de cada tarefa ao longo da fase de preparação para a mudança da linha. O plano criado pode ser consultado na Figura 48.

Implementação Line Design Grades de Discos

Tarefas Pré-Mudança

Tarefa	Responsável	Execução	Observação
Desenho de estruturas de stockagem	Sérgio Oliveira	Verde	
Construção estruturas de stockagem	Sérgio Oliveira	Verde	
Alterações informáticas e de estruturas	Sérgio Oliveira	Verde	20 falta passar PI 20 -> SEMANA 12-1
Layout Armazém (incluir gabarits?)	Equipa Projeto	Verde	20 caixas Pinte e #1 CHIAI TOPOS GONDOS
Definir Circuitos Logísticos	Equipa Projeto	Verde	21 20-005
Emitir Ordens Peças Pintadas	Hélder Santos	Verde	APÓS MUDANÇA
Incluir HVR e HVRP MTS	Mariana e Luís	Verde	
Montar Kaizen Diário Setor	Luis	Verde	
Definição quantidade espuma	Equipa Projeto	Verde	20 20 ESPUMA TIAGO
Encher e identificar caixas Kanban	Equipa Projeto	Verde	21 21 GIM NA ESPUMA 20 CAIXAS + BOLINAS - VERGAS STOKAS 20 BARRAS 12/04
Encher e identificar contentores	Equipa Projeto	Verde	21 21 PINTAR PEÇAS QUE
Encher e identificar estruturas	Equipa Projeto	Verde	21 21 CAIXAS E ETIQUETAS

Figura 48 – Plano de Pré-Mudança da Linha

A mudança e arranque da nova linha está planeado para o dia 19 de junho. Entretanto, estão já a ser preparadas e resolvidas as questões relacionadas com o planeamento e que irão sustentar o funcionamento da nova linha. Está em curso a sinalização de todos os componentes necessários às grades e cujo ponto de reposição necessita ser dimensionado. Futuramente, a ferramenta de caixa logística utilizada nos reboques será adaptada de modo a servir o modelo das grades.

4.4 Dashboard

A medição e avaliação dos indicadores das diferentes iniciativas são tarefas críticas para perceber a evolução e impacto das diferentes atividades que foram levadas a cabo durante o projeto. Semanalmente são registados os dados para cálculo dos indicadores de rendimento dos setores, para os quais já existe uma reunião diária, e ainda o valor de inventário para controlo das iniciativas relacionadas com o planeamento.

Para que a direção da empresa consiga estar a par da evolução do estado do projeto de uma maneira simples e eficaz, foi desenvolvido um *dashboard* que é atualizado e enviado semanalmente. A direção, ao estar alinhada com o seguimento do projeto, acaba por ter um papel mais ativo dentro do próprio projeto e contribuir para o bom desempenho da empresa.

Este *dashboard* foi construído com o *software* da *Microsoft Power BI* que permite a criação de *dashboards* interativos. Esta solução potencia a visualização de informação, através do uso de inúmeros tipos de gráficos (por exemplo, de barras, linhas, *Gauge*, *Gantt*), e com a vantagem de se poder fazer *drill down* da informação com um simples clique sobre qualquer gráfico. O *dashboard* está ligado a um ficheiro *Excel* que serve como base de dados para a construção dos gráficos. Após a atualização semanal dos dados dos indicadores, todos os gráficos do *dashboard* são automaticamente ajustados para acoplar os novos resultados.

O *dashboard* pode ser consultado no Anexo F.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A Figura 49 mostra a evolução do indicador do rendimento da linha dos reboques pequenos.

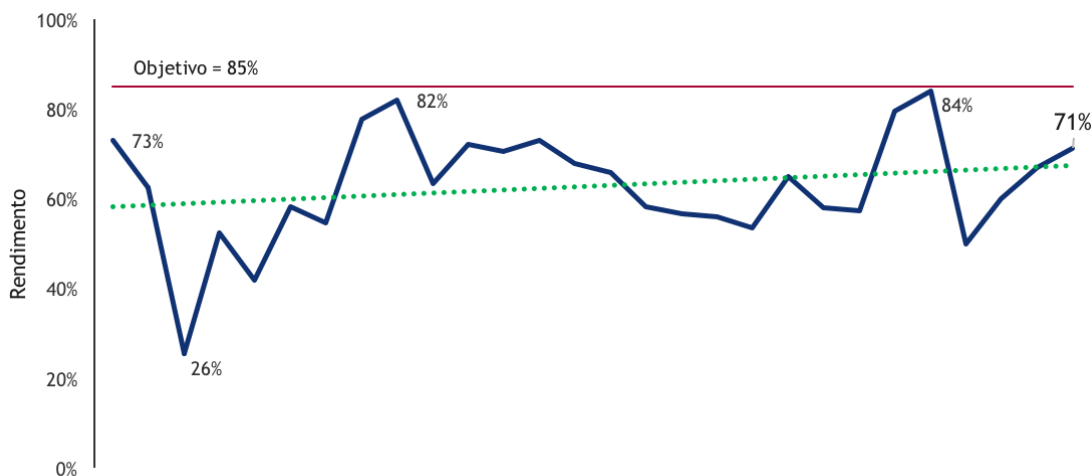


Figura 49 – Evolução do Indicador de Produtividade da Linha dos Reboques de Taipais Pequenos.

Há uma tendência positiva do indicador desde o início do projeto. Vários fatores estiveram na gênese da melhoria de rendimento. O balanceamento da linha da nova solução tem uma eficiência de 93% e dita que cinco é o número de operadores ótimo. O rendimento mais alto foi alcançado na semana 18 na qual se produziram 3 reboques por dia – a cadência para qual a linha foi idealizada. A implementação de um bordo de linha devidamente organizado e dimensionado permite diminuir o tempo gasto em atividades de valor não acrescentado, sobretudo relacionadas com a procura e transporte de material. Os métodos de sincronização, em conjunção com a gestão visual, garantem o bom funcionamento e coordenação, tanto do fluxo de informação, como de material. O aumento do rendimento foi potenciado pelas reuniões de *Kaizen* diário, onde a equipa natural e o respetivo encarregado tratam de definir os objetivos diários e semanais de produção e atribuir tarefas dentro da equipa. Estas reuniões permitem que, diariamente, haja um período destinado à discussão de soluções de problemas e possíveis oportunidades de melhoria, garantindo o alinhamento dos vários membros da equipa. O *feedback* obtido sobre a realização destas reuniões é muito positivo e sente-se um maior espírito de melhoria e de trabalho em equipa. O efeito da implementação do ecrã *andon* também se começou a sentir. Tendo noção do ritmo ótimo de trabalho, os operadores gerem melhor o seu tempo e conseguem apurar quais os problemas que retardam o fluxo produtivo. Ao impor ritmo, a equipa sente-se desafiada a superar o objetivo diário de produção.

Apesar da tendência crescente do valor de rendimento, o valor objetivo de 85% ainda não foi alcançado. O rendimento, ao longo das 28 semanas, foi em média de 63%. As oscilações de rendimento podem ser explicadas pela variabilidade do número de operadores e tempo de trabalho na linha. Quando há falta de capacidade produtiva noutros setores, os recursos da linha dos reboques são utilizados noutras tarefas. Na linha acabam por ser produzidas referências totalmente diferentes daquelas para as que foi desenhada, o que não permite usufruir das vantagens do desenho e otimização da linha. O problema das paragens devido à falta de material para a produção sentiu-se especialmente no início do projeto. Por exemplo, a semana 2, em que o rendimento foi mais baixo (26%), teve apenas um dia útil de produção devido a esta causa.

Um dos próximos passos para superar a meta proposta de produtividade é a promoção de entreajuda e polivalência dos operadores. Foi já criada uma matriz de competências onde foram identificados os treinadores e os respetivos formandos. Será desenvolvido um plano de treino para que cada treinador seja capaz de realizar uma formação eficaz e possa acompanhar o processo de aprendizagem de cada um dos formandos.

É expectável que, no curto prazo, o rendimento na linha dos reboques comece a crescer e a ganhar maior estabilidade já que o novo modelo de planeamento só agora começou a entrar na habitual rotina da empresa e, por isso, ainda não houve tempo suficiente para que os seus benefícios se reflitam em números.

A mudança de *layout* da linha das grades de discos é uma transformação bem mais disruptiva do que no caso dos reboques. A mudança do método de trabalho atual obrigou a repensar todo o modelo de planeamento e a várias alterações físicas e informáticas, como as estruturas de componentes dos produtos. No entanto, a experiência ganha e o *feedback* recebido após a mudança da linha dos reboques permite que se evitem problemas que dificultaram a implementação e evolução no primeiro projeto. A criação de um plano de obra para a mudança de *layout* das grades foi a base do sucesso do trabalho até agora concretizado. Este plano permitiu que a fase de preparação do projeto decorresse de maneira estável e sem atrasos. Prevê-se que, com este novo método de trabalho, a qualidade dos produtos seja maior e o problema das habituais queixas dos clientes deixe de existir. Espera-se ainda, com o novo *layout*, conseguir um aumento de rendimento de 30%, o que corresponde ao objetivo de 76%. O novo balanceamento propõe uma redução de 4 para 3 operadores. Se este objetivo for cumprido, ao final de um ano, haverá um ganho de capacidade produtiva anual de 128 unidades adicionais.

A Tabela 9 mostra a evolução do rendimento desde o ponto de partida e a definição de objetivos, até à implementação do novo *layout* para cada uma das linhas. A situação após implementação supõe que a nova linha irá trabalhar à cadência teórica para qual foi desenhada, isto é, segue o ritmo do tempo de *takt*.

Tabela 9 – Resumo dos ganhos de produtividade conseguidos com a mudança de *layout* das duas linhas

Momento	Parâmetros	Reboques Pequenos	Grades de Discos
Ponto de Partida	Tempo de Ocupação Diário (min)	4565	1097
	Nº Operadores	13	4
	Capacidade Diária (min)	6110	1880
	Rendimento	73%	58,4%
Após Implementação	Rendimento Objetivo	85,0%	75,9%
	Capacidade Diária Necessária (min)	5371	1446
	Nº Horas de Trabalho Pougadas por Ano	2957	1735
	Ganho de Capacidade Produtiva Anual (uni)	208	128

O novo modelo de planeamento em *pull* assegura a presença dos componentes considerados mais importantes, em termos de rotação e vendas, nos principais supermercados. Esta seleção, além de aumentar o nível de serviço e diminuir as paragens devido a falta de material, permite uma redução do valor de inventário em 205 mil euros, tal como foi apresentado na secção 4.1.2. Há que realçar que um dos maiores problemas da empresa foi endereçado: o excesso de produto acabado e semi-acabado em parque que, diariamente, se ia deteriorando e que levava a vários reflexos à fábrica para operações de retrabalho. A Figura 50 mostra a evolução do inventário de produto acabado, semi-acabado e em curso. O indicador da cobertura de inventário desde o início do projeto tem tido uma evolução no sentido da melhoria desejada. A média no final da semana 24 é de 5,82, muito próximo do objetivo de 5 meses de cobertura.

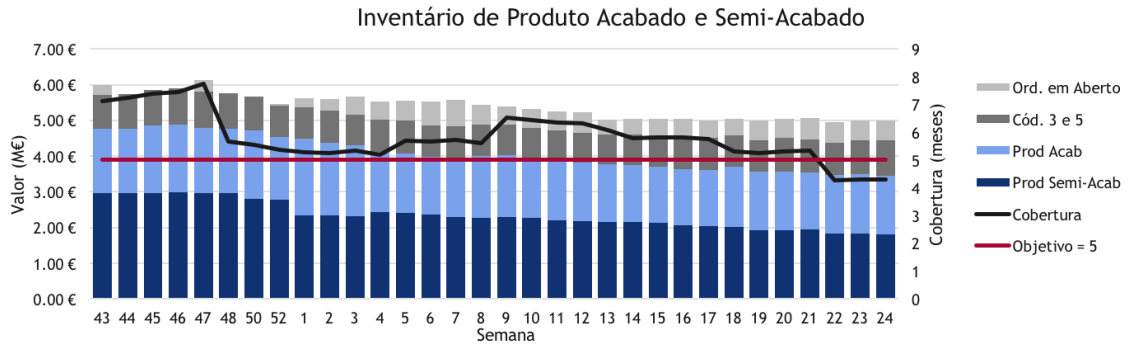


Figura 50 - Evolução do valor e cobertura de inventário de produto acabado, semi-acabado e em curso

O novo modelo de gestão de inventário permitiu priorizar as referências que devem estar asseguradas nos armazéns o que faz com que cada vez sejam menos as paragens devido à falta de material. A Figura 51 mostra a evolução do inventário de matéria prima e componentes. O indicador da cobertura em meses mostra uma evolução crescente sendo que tem vindo a estabilizar em torno do valor objetivo de 7,5 meses. A média até à semana 24 é de 7,81 meses.

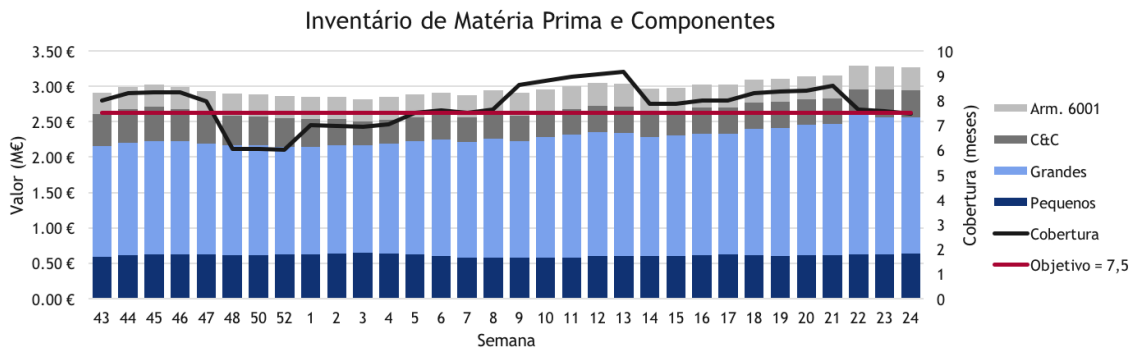


Figura 51 – Evolução do valor e cobertura de inventário de matéria prima e componentes

A introdução da caixa logística na área do planeamento, em que se faz o congelamento de produção para uma janela de dois dias, obriga à revisão diária do plano de produção macro. Esta revisão tem como objetivo a otimização da utilização da capacidade dos setores e permite evitar situações em que há troca de recursos entre setores devido à falta ou excesso de capacidade. A ferramenta de caixa logística permitiu melhorar a comunicação e transparência entre as equipas comercial, de planeamento e de produção. O grau de satisfação dos clientes cresceu já que a equipa comercial consegue comprometer-se e cumprir com as datas de entrega ao cliente. A equipa de produção passou a poupar mais tempo graças à diminuição do fluxo de informação e a dedicar o tempo libertado à otimização do plano macro.

A mudança de paradigmas e hábitos de trabalho é uma barreira ao avanço das diversas iniciativas dos projetos. Como em todos os processos de mudança, há que respeitar as opiniões e abrir espaço ao debate para que todas as dúvidas se clarifiquem antes de se avançar para a implementação. No caso deste projeto, um dos paradigmas mais difíceis de mudar foi a passagem da produção em lotes para produção em fluxo. A grande maioria dos intervenientes não entendia como seria possível responder às encomendas dentro do mesmo prazo de entrega se a quantidade de produto de semiacabado fosse reduzida desta forma. Agora que o impacto positivo da mudança se começa a sentir, a motivação e alinhamento tende a ser maior.

A presença de uma equipa multidisciplinar desde a avaliação, ao desenho e implementação das soluções foi nuclear ao sucesso do projeto. Os membros desta equipa conhecem os processos melhor do que ninguém e são capazes de realçar as condicionantes das soluções propostas. A discussão e partilha de ideias entre os membros da equipa faz com que as iniciativas se desenrolem de modo mais eficaz e que as decisões sejam tomadas de forma alinhada com os objetivos globais da empresa. O envolvimento e acompanhamento da gestão de topo ao longo

do desenvolvimento do projeto, através de reuniões mensais de *Steering* e do envio do *dashboard* semanal são pontos fulcrais para mostrar que, independentemente da posição na hierarquia, todos estão focados na visão comum de melhoria.

A próxima iniciativa prevista no projeto *Kaizen* da Herculano é o desenho de linha no setor de montagem de cisternas. Este produto está em crescimento no mercado e é uma das apostas futuras da empresa. A alteração disruptiva levada a cabo no setor das grades abre novos horizontes para a mudança desta linha que se afigura ainda mais desafiante.

Outro dos focos futuros será a melhoria de eficiência de equipamentos, quer do corte e conformação, quer dos *robots* de soldadura. O corte e conformação é um dos setores críticos do fluxo produtivo, já que é a fonte de abastecimento do armazém de material conformado e que servirá de base para as operações de montagem das alfaias.

A melhoria da eficiência do *robot* permitiria diminuir a dependência sobre o número de soldadores disponíveis na fábrica que, hoje em dia, não é suficiente. Um dos pontos que já foi apontado como crítico é a má qualidade dos programas de soldadura usados pelo *robot* que obrigam à afinação dos pontos sempre que se muda o *gabarit* base. Se os programas forem reconfigurados para alteração apenas dos eixos, em vez de ponto a ponto, será possível reduzir drasticamente os tempos de *setup*.

Uma das últimas iniciativas terá lugar no departamento de inovação e desenvolvimento de produto. A importância desta área da empresa tem crescido devido ao aumento do número de produtos customizados que têm sido pedidos. Estes pedidos à medida tornam toda a gestão de produção mais complexa, já que estes produtos são únicos e, por isso, construídos de raiz. Na maioria dos casos, não existem desenhos já definidos e é necessário definir não só novos componentes, como todos os testes de qualidade para garantir a fiabilidade do produto. As iniciativas desenvolvidas dentro deste último departamento têm um grande potencial já que permitem à Herculano lançar produtos novos num *lead time* inferior, cumprir os *timings* de lançamento de forma mais rigorosa e, conseqüentemente, aumentar a probabilidade de sucesso dos novos produtos.

Concluindo, o bom funcionamento e interligação entre as principais vertentes do projeto – planeamento *pull* e desenho de linha – foi essencial para que o fluxo produtivo fosse melhorado na sua globalidade. Sem um bom planeamento, não seria possível desenhar uma linha otimizada que fosse capaz de albergar as principais referências e que conseguisse responder ao volume desejado, no tempo desejado. Da mesma maneira, sem uma boa gestão de inventário, na qual os armazéns estão devidamente aprovisionados com os componentes prioritários, não haveria produção nas linhas e a produtividade baixaria. A mudança com vista na eficiência do fluxo, em detrimento da eficiência dos recursos, foi uma aposta crítica para que os objetivos do projeto fossem cumpridos. A eliminação das tarefas de valor não acrescentado permitiu reduzir os custos com inventário e a complexidade dos processos e aumentar o nível de satisfação dos clientes.

Referências







- abolsamia (2016). Matrículas de Máquinas Agrícolas de janeiro a agosto 2016. abolsamia. Portugal.
- Arrow, K. J. and T. Harris (1974). Optimal Inventory Policy (1951). Economic Information, Decision, and Prediction: Selected Essays: Volume II. Dordrecht, Springer Netherlands: 5-28.
- CEMA (2016). The Agricultural Machinery Market & Industry in Europe: An analysis of the most important structural trends & why EU regulation of the sector needs to change.
- Chase, R. and F. R. Jacobs (2015). Operations and Supply Chain Management with Connect, McGraw-Hill Education.
- Checkland, P. (1981). Systems thinking, systems practice, J. Wiley.
- Chew, W. B. (1988). No-Nonsense Guide to Measuring Productivity. Harvard Business Review.
- Chopra, S. S., S. ManMohan (2004). Managing Risk To Avoid Supply Chain Break Down. MITSloan Management Review.
- George, M. (2002). Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed, McGraw-Hill Education.
- Goldratt, E. M., J. Cox and D. Whitford (2012). The Goal: A Process of Ongoing Improvement, North River Press.
- Higgins, P., P. L. Roy and L. Tierney (1996). Manufacturing Planning and Control: Beyond MRP II, Springer.
- Iglesias, F. and S. Anfinito (2008). "A abordagem multi-metodológica em comportamento do consumidor: Dois programas de pesquisa na oferta de serviços." Revista Psicologia: Organizações e Trabalho **6**(1): 139-165.
- Institute, K. (2017). Manual KMS.
- Liker, J. (2003). The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer, Mcgraw-hill.
- Mather, H. (1988). Competitive manufacturing, Prentice Hall.
- Moran-Ellis, J., V. D. Alexander, A. Cronin, M. Dickinson, J. Fielding, J. Sleney and H. Thomas (2006). "Triangulation and integration: processes, claims and implications." Qualitative Research **6**(1): 45-59.
- Ohno, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production, Taylor & Francis.
- Olhager, J. (2010). "The role of the customer order decoupling point in production and supply chain management." Computers in Industry **61**(9): 863-868.
- Oliva, R. and N. Watson (2011). "Cross-functional alignment in supply chain planning: A case study of sales and operations planning." Journal of Operations Management **29**(5): 434-448.
- Russell, R. S., B. W. Taylor, I. Castillo and N. Vidyarthi (2014). Operations Management: Creating Value Along the Supply Chain, Canadian Edition, Wiley.
- Vollmann, T., W. Berry, D. C. Whybark and F. R. Jacobs (2004). MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL SYSTEMS FOR SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: The Definitive Guide for Professionals, McGraw-Hill Education.
- Vroom, V. H. (1994). Work and Motivation, Wiley.

Wang, X. and S. M. Disney (2016). "The bullwhip effect: Progress, trends and directions." European Journal of Operational Research **250**(3): 691-701.



Wortmann, J. C. (1983). A Classification Scheme for Master Production Scheduling. Efficiency of Manufacturing Systems. B. Wilson, C. C. Berg and D. French. Boston, MA, Springer US: 101-109.

Anexo B: Ferramenta Caixa Logística Digital

Menu de Início

Ferramenta de Planeamento				
				
<i>Escolha uma opção</i>				
Registo de Encomendas	Registo de Reabastecimentos	Lista de Encomendas	Gestor de Caixa Logística	Gestor de Capacidade
				
Formulário de registo de ordens de venda de clientes (4 comercial)	Formulário de registo de ordens de reabastecimento de produto semi-acabado (4 produção)	Lista com as ordens inseridas através dos formulários de registo de ordens de venda e de reabastecimento	Acesso à Caixa Logística para agendar as ordens registadas e congelar + otimizar produção para D+2	Permite definir a capacidade de produção diária ao longo do mês

Formulário de Registo de Encomendas

Registo de Encomendas



Registar Dados da Encomenda

1. Ordem de Venda

2. Categoria

3. Modelo

4. Quantidade

5. Data de Entrega Desejada

Resumo da Encomenda

Ordem de Venda

Código

Categoria

Modelo

Quantidade

Data Entrega Desejada



Extras Escolhidos

Escolher Extras

>

<

Formulário de Registo de Reabastecimentos

Registo de Ordens de Reabastecimento



Registar Dados do Reabastecimento

1. Modelo

2. Quantidade a Reabastecer

3. Data de Entrega Desejada

Resumo

Código



Modelo

Quantidade Sugerida

Quantidade a Reabastecer



Data Entrega Desejada

Lista de Encomendas

Lista de Encomendas  

Nº Encomenda	Código Produto	Designação	Lead Time (dias)	Tempo Montagem (min)	Data Encomenda	Data Entrega Desejada	Extras	Estado*	Data de Início Ideal*
V1/1	41531573	HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5	9,6	725	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V1/2	41531573	HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5	9,6	725	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V1/ lote	41531573	HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5	9,6	1450	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V3/1	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V3/2	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V3/3	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
V3/ lote	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	2193	23/06/2017	19/07/2017		Planeado (Lote)	05/07/2017
v5/1	41531566	S1ET 2500-MT(3,0x1,6) - 0,5	9,6	770	23/06/2017	19/07/2017		Não Planeado	05/07/2017
v5/2	41531566	S1ET 2500-MT(3,0x1,6) - 0,5	9,6	770	23/06/2017	19/07/2017		Não Planeado	05/07/2017
v5/ lote	41531566	S1ET 2500-MT(3,0x1,6) - 0,5	9,6	1540	23/06/2017	19/07/2017		Não Planeado	05/07/2017
V7/1	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	25/07/2017	Ver	Planeado (Lote)	11/07/2017
V7/2	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	25/07/2017	Ver	Planeado (Lote)	11/07/2017
V7/3	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	731	23/06/2017	25/07/2017	Ver	Planeado (Lote)	11/07/2017
V7/ lote	41531565	S1ET 2500-MT(2.50x1.55)SM -0,5	9,6	2193	23/06/2017	25/07/2017		Planeado (Lote)	11/07/2017
R1/1	41531554	S1ET (2,7x1,55)-0,5 PRODUÇÃO	8,5	770	23/06/2017	31/07/2017		Planeado (Lote)	18/07/2017
R1/2	41531554	S1ET (2,7x1,55)-0,5 PRODUÇÃO	8,5	770	23/06/2017	31/07/2017		Planeado (Lote)	18/07/2017
R1/3	41531554	S1ET (2,7x1,55)-0,5 PRODUÇÃO	8,5	770	23/06/2017	31/07/2017		Planeado (Lote)	18/07/2017
R1/4	41531554	S1ET (2,7x1,55)-0,5 PRODUÇÃO	8,5	770	23/06/2017	31/07/2017		Planeado (Lote)	18/07/2017
R1/ lote	41531554	S1ET (2,7x1,55)-0,5 PRODUÇÃO	8,5	3080	23/06/2017	31/07/2017		Planeado (Lote)	17/07/2017

Gestor da Caixa Logística

Gestor da Caixa Logística  

Produção	
Data Atual	25/06/2017
Dia D+2	27/06/2017

Congelar e
Otimizar D+2

Ordens Por Planear	
Venda	3
Reabastecimento	0

Ordens Planeadas	Mês Atual	Próximo Mês
	Venda	0
Reabastecimento	0	1




Editar Ordens Planeadas

PLANEAR

Ordens de Venda

Ordens de Reabastecimento



Caixa Logística

Caixa Logística   

Mês	7	Ver Mês	Ordem de Venda V1 <input type="text"/> LOTE <input type="text"/>											
Data Atual	25/06/2017		Nº Encomenda: V1/LOTE						Planeamento					
			Código 41531573 Designação HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5 Lead Time (dias) 9,6 Tempo Montagem (min) 1450 Tamanho Lote 2 Data de Entrega Desejada 19/07/2017						Data Início Ideal 05/07/2017 Data de Início Atual 05/07/2017 Data de Entrega Prevista 18/07/2017 Estado Planeado (Lote)					
			<input type="button" value="Limpar Ordem Planeada"/>											

Segunda					Terça					Quarta					Quinta				
3					4					5					6				
Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350			
Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)
v3loze	100%	41531565	SEI12500*MT12.504155ISM-0,5	2133						V1loze	100%	41531573	HEUT 3000	1450					
Carga 93,32%					Carga 0,00%					Carga 61,70%					Carga 0,00%				

10					11					12					13				
Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350				Capacid. Dia (min)	2350			
Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)	Nº Enc.	%	Ref	Desig	Tempo (min)
V1loze	100%	41531565	SEI12500*MT12.504155ISM-0,5	2133											V11	100%	41531573	HEUT 3000	1450
Carga 93,32%					Carga 0,00%					Carga 0,00%					Carga 96,38%				

Caixa Logística  

Mês	6	Ver Mês	Ordem de Venda V1 <input type="text"/> LOTE <input type="text"/>											
Data Atual	25/06/2017		Nº Encomenda: V1/LOTE						Planeamento					
			Código 41531573 Designação HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5 Lead Time (dias) 9,6 Tempo Montagem (min) 1450 Tamanho Lote 2 Data de Entrega Desejada 19/07/2017						Data Início Ideal 05/07/2017 Data de Início Atual 05/07/2017 Data de Entrega Prevista 18/07/2017 Estado Planeado (Lote)					
			<input type="button" value="Limpar Ordem Planeada"/>											

Gestor de Capacidade

Gestor de Capacidade  

Mês	12	Ver																			
			Dia	Número de Operadores	Tempo Diário Disponível (min)	Capacidade															
Dezembro	1	5	470	2350																	
	2	5	470	2350																	
	3	5	470	2350																	
	4	5	470	2350																	
	5	5	470	2350																	
	6	5	470	2350																	
	7	5	470	2350																	
	8	5	470	2350																	
	9	5	470	2350																	
	10	5	470	2350																	
	11	5	470	2350																	
12	5	470	2350																		
13	5	470	2350																		
14	5	470	2350																		
15	5	470	2350																		
16	5	470	2350																		
17	5	470	2350																		
18	5	470	2350																		
19	5	470	2350																		
20	5	470	2350																		
21	5	470	2350																		

Anexo C1: Notação do Modelo de Programação Mista

Parâmetros:

M_i – tempo de montagem em minutos da encomenda i

C_j – capacidade em minutos do dia j

E_i – data de entrega desejada da encomenda i

LT_i – lead time de produção da encomenda i

p – penalização por atrasos

Parâmetro Pré-Processado:

$$S_i = E_i - LT_i$$

Onde S_i – data de início da encomenda i

Variáveis de decisão:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se a encomenda } i \text{ for montada no dia } j \\ 0, & \text{se contrário} \end{cases}$$

Z_{ij} – percentagem do tempo total de montagem da encomenda i completado no dia j

Função Objetivo:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J dpos_{ij} \cdot X_{ij} + p \cdot dneg_{ij} \cdot X_{ij}$$

Onde

$$dpos_{ij} = \begin{cases} (S_i - j), & S_i \geq j \\ 0, & S_i < j \end{cases} \quad \forall i \in \{1, \dots, I\}, j \in \{1, \dots, J\}$$

$$dneg_{ij} = \begin{cases} 0, & S_i \geq j \\ (j - S_i), & S_i < j \end{cases} \quad \forall i \in \{1, \dots, I\}, j \in \{1, \dots, J\}$$

$dpos_{ij}$ – número de dias entre o dia de início planeado (S_i) e o dia j (entrega antecipada)

$dneg_{ij}$ – número de dias entre o dia j e o dia de início planeado (S_i) (entrega atrasada)

Sujeito a

- Capacidade Diária

$$\sum_{i=1}^I Z_{ij} \cdot M_i \leq C_j \quad \forall j \in \{1, \dots, J\}$$

- Montagem da encomenda tem ser feita na totalidade

$$\sum_j Z_{ij} = 1 \quad \forall i \in \{1, \dots, I\}$$

- A montagem só pode ocorrer se a encomenda estiver planeada para esse dia

$$X_{ij} \geq Z_{ij} \quad \forall i \in \{1, \dots, I\}, j \in \{1, \dots, J\}$$

Anexo C2: Modelo de Programação Mista em Optimization Programming Language

```

/*****
 * OPL 12.6.3.0 Model
 * Author: Mariana
 * Creation Date: Jun 2, 2017 at 11:34:40 PM
 *****/

//parametros
int J = ...; //n° do dia
int I = ...; //n° da encomenda
int p = ...; //penalização por atrasos

range encomenda = 1..I;
range dia = 1..J;

int M[encomenda] = ...; //tempo de montagem da encomenda
int C[dia] = ...; //capacidade do dia
int E[encomenda] = ...; //data de entrega da encomenda
int LT[encomenda] = ...; //lead time de produção
int S[encomenda]; //data de início de produção

//pré-processamento para inicializar o array S[i]
//data de entrega - lead time = data de início
execute{

for(var i in encomenda)
    S[i] = E[i]-LT[i];
}

//variaveis de decisão
dvar boolean X[encomenda,dia]; // 1 se encomenda i for feita no dia j
dvar float Z[encomenda,dia]; // % da encomenda i realizada no dia j
dvar int dpos[encomenda,dia]; //desvios positivos: a data de início de
produção da encomenda é antecipada
dvar int dneg[encomenda,dia]; //desvios negativos: a data de início de
produção da encomenda é atrasada

//função objetivo
dexpr float dneg = sum(i in encomenda, j in dia) p*dneg[i,j]*X[i,j];
dexpr float dpos = sum(i in encomenda, j in dia) dpos[i,j]*X[i,j];

minimize dneg+dpos; //minimizar a soma de todos os desvios (pos e neg)

//restrições
subject to{

forall(i in encomenda)
    sum(j in dia)
        Z[i,j]==1; //% montagem ao longo dos dias =100%

forall(i in encomenda, j in dia)
    X[i,j]>=Z[i,j]; //obriga a que apenas se coloque percentagem de montagem
nos dias em que é alocada uma encomenda

```

```

forall(i in encomenda, j in dia)
  Z[i,j]>=0;

forall(j in dia)
  sum (i in encomenda)
  Z[i,j]*M[i]<=C[j];

forall(i in encomenda, j in dia)
  if((S[i]-j)>=0){ // desvio positivo, antecipado
    dpos[i,j]==(S[i]-j);
    dneg[i,j]==0;}

else{
  dpos[i,j]==0;
  dneg[i,j]==abs(S[i]-j); //desvio negativo, atrasado => usar valor
absoluto

}
}

/*****
* OPL 12.6.3.0 Data
* Author: Mariana
* Creation Date: Jun 2, 2017 at 11:34:40 PM
*****/
SheetConnection sheet("lp.xlsx");

I from SheetRead(sheet,"param!I");
J from SheetRead(sheet,"param!J");
p from SheetRead(sheet,"param!p");
M from SheetRead(sheet,"param!M");
C from SheetRead(sheet,"param!Cap");
E from SheetRead(sheet,"param!E");
LT from SheetRead(sheet,"param!LT");

X to SheetWrite(sheet,"X!X");
Z to SheetWrite(sheet,"Z!Z");
dpos to SheetWrite(sheet,"dpos!dpos");
dneg to SheetWrite(sheet,"dneg!dneg");

```


Anexo C3: Inputs e Outputs do Modelo de Programação Mista




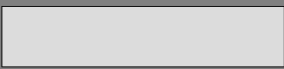
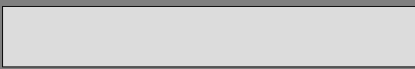


Cenário	1
Capacidade (min)	2350
Penalização Atrasos (p)	4
Nº Encomendas [I]	19
Nº Dias [J]	44


Encomenda [i]	Tempo Montagem M[i]	Dia de Entrega E[i]	Lead Time LT[j]	S[i]
1	939	20	10	10
2	939	20	10	10
3	939	20	10	10
4	939	20	10	10
5	939	20	10	10
6	939	20	10	10
7	939	20	10	10
8	939	20	10	10
9	867	14	10	4
10	939	14	10	4
11	899	43	10	33
12	899	18	10	8
13	899	18	10	8
14	899	18	10	8
15	676	18	10	8
16	899	30	10	20
17	899	30	10	20
18	899	30	10	20
19	939	14	10	4

Dia [ano]	Dia [j]	Capacidade C[j]
03/04/2017	1	2350
04/04/2017	2	2350
05/04/2017	3	2350
06/04/2017	4	2350
07/04/2017	5	2350
10/04/2017	6	2350
11/04/2017	7	2350
12/04/2017	8	2350
13/04/2017	9	2350
14/04/2017	10	2350
17/04/2017	11	2350
18/04/2017	12	2350
19/04/2017	13	2350
20/04/2017	14	2350
21/04/2017	15	2350
24/04/2017	16	2350
25/04/2017	17	2350
26/04/2017	18	2350
27/04/2017	19	2350
28/04/2017	20	2350
01/05/2017	21	2350
02/05/2017	22	2350
03/05/2017	23	2350
04/05/2017	24	2350
05/05/2017	25	2350
08/05/2017	26	2350
09/05/2017	27	2350
10/05/2017	28	2350
11/05/2017	29	2350
12/05/2017	30	2350
15/05/2017	31	2350
16/05/2017	32	2350
17/05/2017	33	2350
18/05/2017	34	2350
19/05/2017	35	2350
22/05/2017	36	2350
23/05/2017	37	2350
24/05/2017	38	2350
25/05/2017	39	2350
26/05/2017	40	2350
29/05/2017	41	2350
30/05/2017	42	2350
31/05/2017	43	2350
01/06/2017	44	2350

Cenário	Capacidade	Penalização Atrasos (p)	Função Objetivo			Nº de Dias Desviados			Nº de Encomendas Desviadas		
			Parcela Desvios Positivos	Parcela Desvios Negativos	TOTAL	Desvios Positivos (adiantados)	Desvios Negativos (atrasados)	TOTAL	Atrasadas	Antecipadas	TOTAL
Cenário 1	2350 min/dia (uniforme, 5 operadores)	1	6	5	11	6	5	11	4	6	10
		2	10	4	14	10	2	12	2	8	10
		3	10	6	16	10	2	12	2	8	10
		4	14	4	18	14	1	15	1	9	10
		5	18	0	18	18	0	0	18	0	10
Cenário 2	1880 min/dia (uniforme, 4 operadores)	1	5	7	12	5	7	12	5	5	10
		2	10	8	18	10	4	14	3	7	10
		3	14	6	20	14	2	16	2	8	10
		4	14	8	22	14	2	16	2	8	10
		5	19	5	24	19	1	20	1	9	10
		6	24	0	24	24	0	0	24	0	10









Anexo D: Ecrã Andon

EM CURSO S1ET 2500- MT(2.50x1.55)S M -0,5	TEMPO RESTANTE 01:08:54 	PRÓXIMO PRODUTO S1ET 2500- MT(2.50x1.55)S M -0,5
PRODUZIDO 	FALTAM PRODUZIR 2	
ÚLTIMO PRODUTO 	ESTADO DO DIA 	
PRODUTO TERMINADO 		HORA ATUAL 9:20

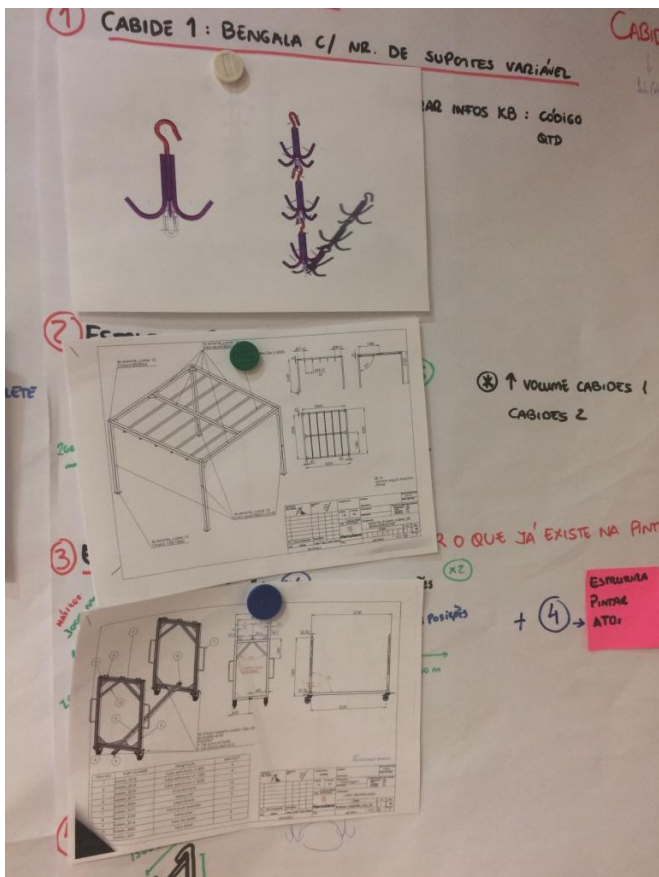
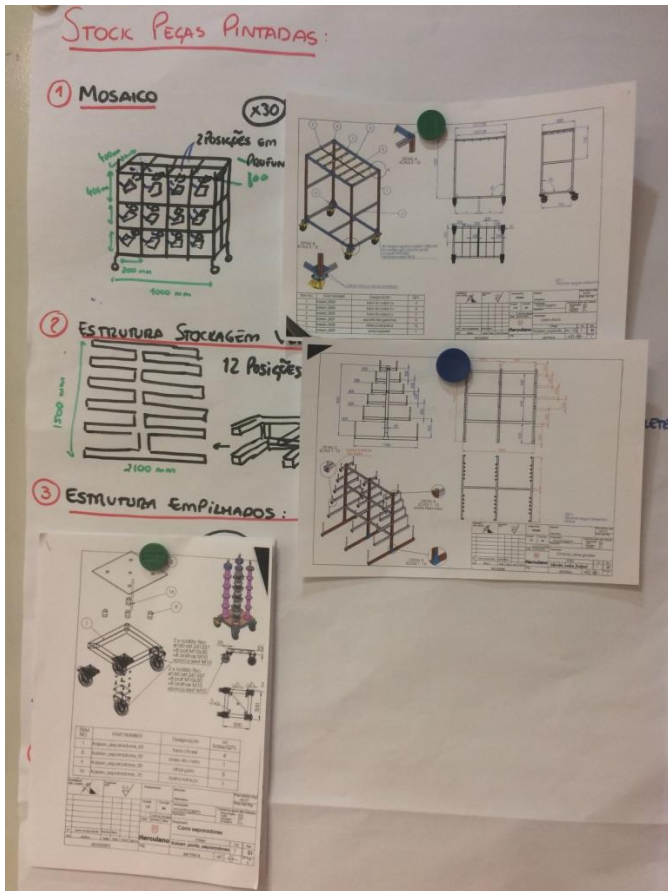
 **Herculano**
GRUPO FERPINTA

RAZÃO DE NÃO CUMPRIMENTO

BAIXA PRODUTIVIDADE	ABSENTISMO
DEFEITOS	FALTA DE MATERIAL

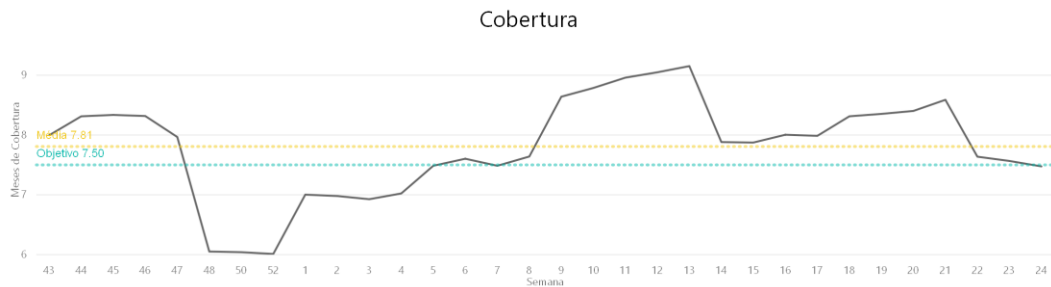
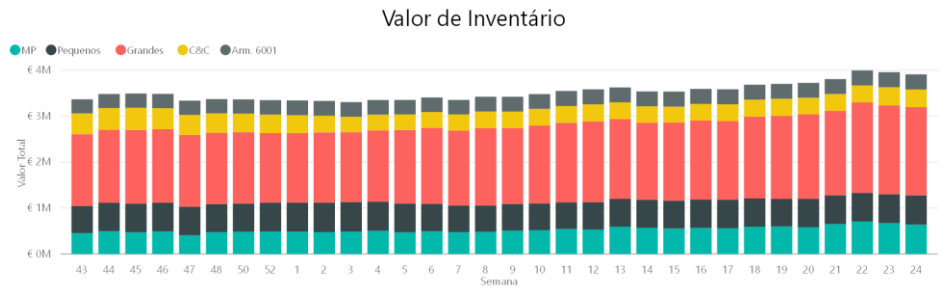
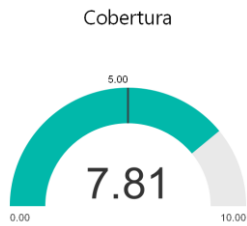
EM CURSO S1ET 2500- MT(2.50x1.55)S M -0,5	TEMPO RESTANTE 00:23:14	PRÓXIMO PRODUTO S1ET 2500- MT(2.50x1.55)S M -0,5
PRODUZIDO 1	FALTAM PRODUZIR 1	Pausa para Almoço
ÚLTIMO PRODUTO 	ESTADO DO DIA 	HORA ATUAL 12:30
PRODUTO TERMINADO 		
		
EM CURSO S1ET 3500- MT(3,0x1,6) - 0,5	TEMPO RESTANTE 01:39:45	PRÓXIMO PRODUTO HEUT 3000 (2,7x1,55)-0,5
PRODUZIDO 3	FALTAM PRODUZIR 3	
ÚLTIMO PRODUTO 	ESTADO DO DIA 	
PRODUTO TERMINADO 		HORA ATUAL 16:50
		

Anexo E: Estruturas de Pintura

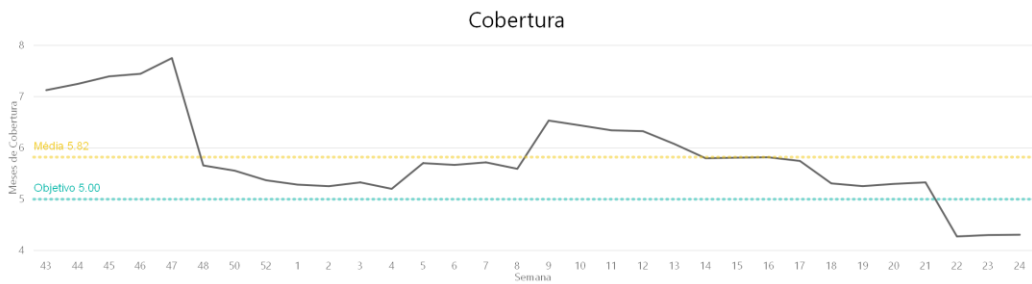
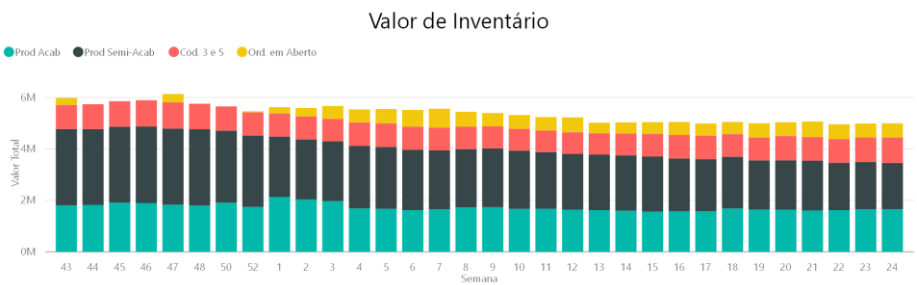
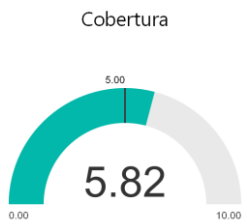


Anexo F: Dashboard Herculano

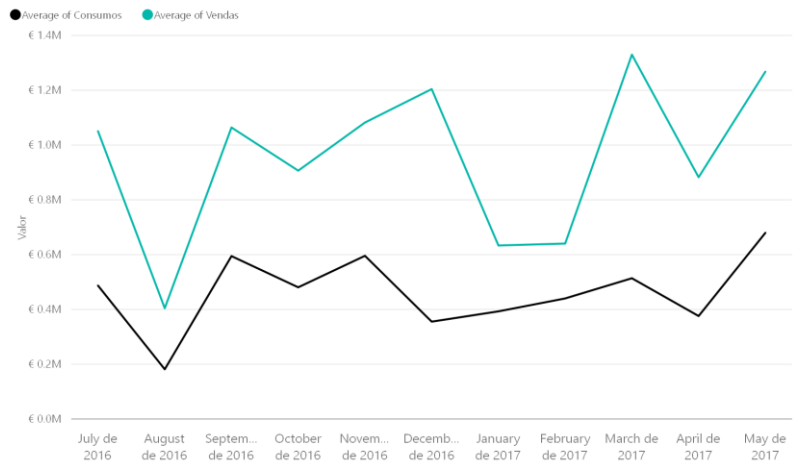
Inventário Matéria-Prima Componentes



Inventário Produto Acabado Semi-Acabado



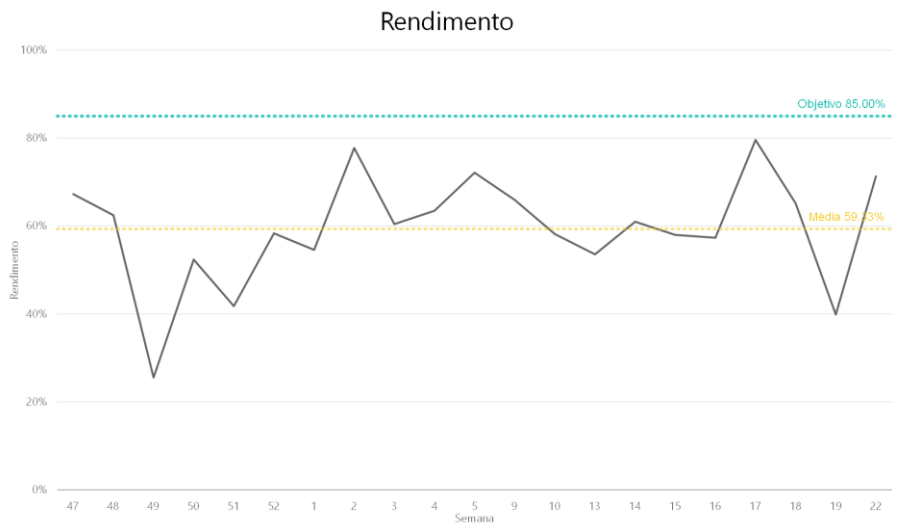
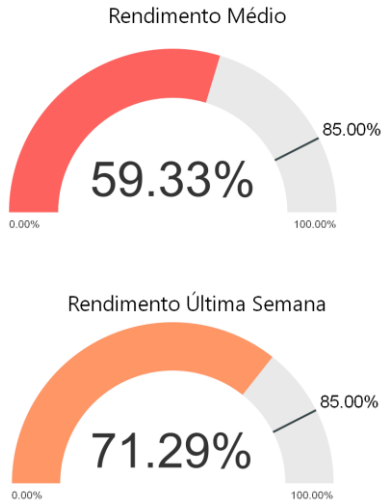
Vendas e Consumos



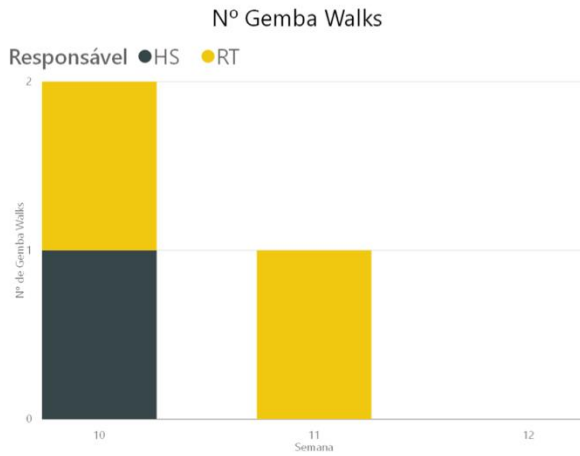
Valor Médio Global



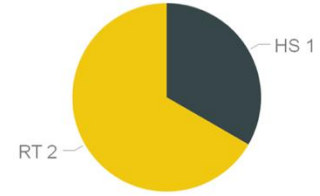
Linhas de Reboques e Taipa Pequenas



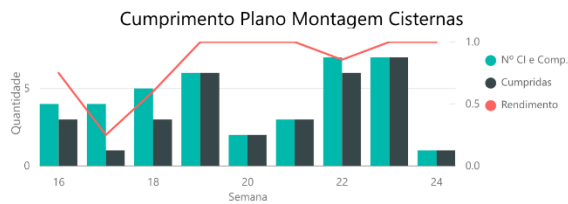
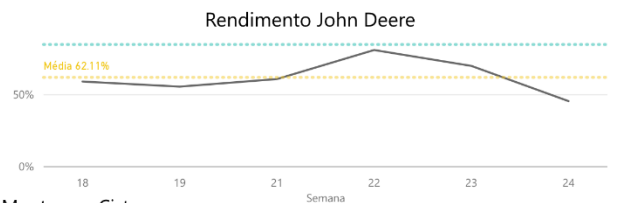
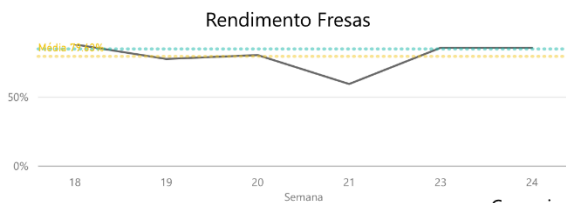
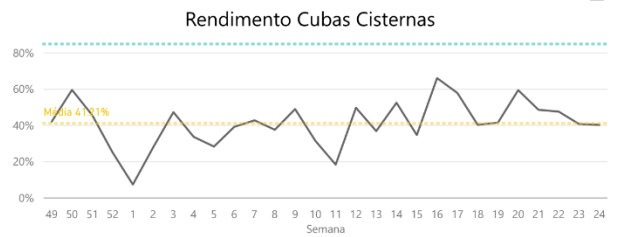
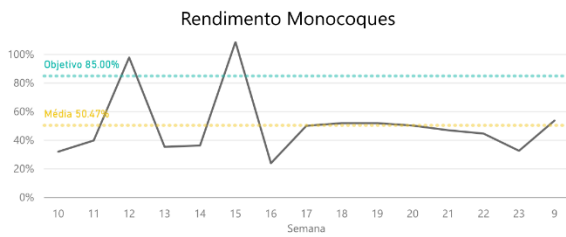
Gemba Walks



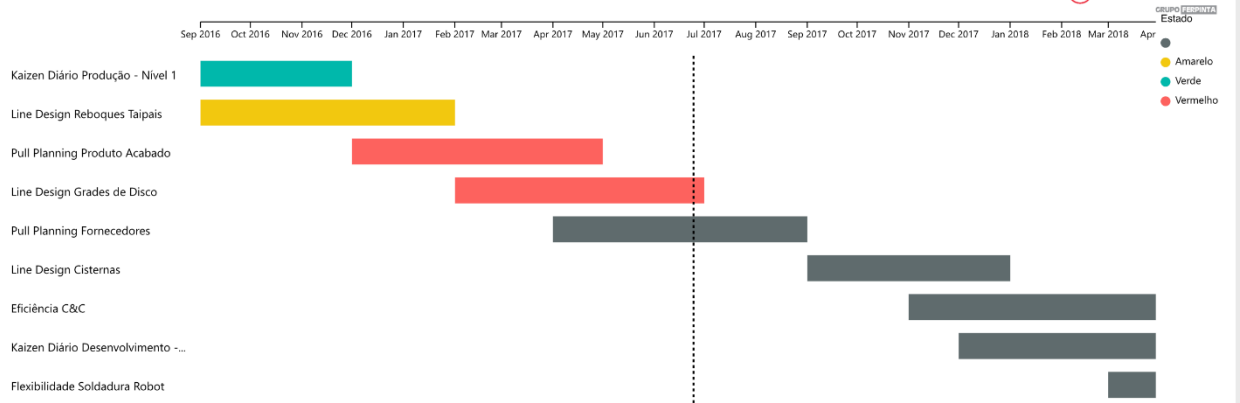
Total de Gemba Walks por Responsável



Indicadores Quadros Kaizen Diário



Plano de Implementação



Iniciativa	Líder	Equipa	Início	Fim	Comentários
Kaizen Diário Produção - Nível 1	HS	MC, Cruz, Augusto, DF, LS, CP, LD	September de 2016	December de 2016	Plano de Roll-out Definido
Line Design Reboques Taipais	HS	MC, SO, RC, DF, LS, RT	September de 2016	February de 2017	RT Grandes - Julho + Acabamentos
Pull Planning Produto Acabado	RT	HS, RT, LS	December de 2016	May de 2017	
Line Design Grades de Disco	HS	MC, LS, SO	February de 2017	July de 2017	Elevada Carga Desenvolvimento Estruturas
Pull Planning Fornecedores			April de 2017	September de 2017	
Line Design Cisternas			September de 2017	January de 2018	
Eficiência C&C			November de 2017	June de 2018	
Kaizen Diário Desenvolvimento - Nível 1 a 4			December de 2017	October de 2018	