

Kaizen na produção e na logística interna na indústria de ferragens

Gonçalo Miguel Castro Sampaio Ferreira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof.^a Maria Pires



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2021-06-27

Pai
Mãe
Rui
Diogo
Obrigado.

Resumo

O avanço económico e a crescente industrialização de países que outrora se consideravam em vias de desenvolvimento é hoje uma certeza. A iminente transição para um mercado cada vez mais global torna inevitável a redefinição de quais as características que funcionam para o cliente como um *order qualifier* e quais as características que funcionam como um *order winner*. A implementação de metodologias Kaizen encontra-se perfeitamente alinhada com a principal diretriz a ser cumprida pelas organizações do futuro: a entrega de valor ao cliente no topo da hierarquia de prioridades de qualquer organização que queira competir à escala global, num contexto galopante a nível de padrões de qualidade e eficiência na utilização de recursos.

A indústria das ferragens, enquadrada no contexto da produção discreta, revela-se como uma prova cabal dessa mesma crescente competitividade e redefinição do que é valor na ótica do cliente. Além da qualidade e conformidade com as especificações do produto, do preço competitivo exigido pelo mercado e da diversidade de produtos oferecida, o cliente entende cada vez mais como valor a entrega do produto num prazo curto, acordado e cumprido de forma consistente.

O grande desafio do presente projeto de dissertação consiste em atingir o objetivo de, sem desvirtuar o valor que é entregue ao cliente, garantir um melhor nível de serviço através da redução do *lead time* do processo e cumprimento dos *service level agreements*, reduzindo simultaneamente o capital investido em stock e rentabilizando a utilização dos recursos produtivos através de um aumento de produtividade.

Uma organização não é mais que um conjunto de processos. Quando o objetivo passa por ser reduzir o *lead time* de entrega, a redução do mesmo nos processos com mais impacto no *lead time* global tem de ser tomada como uma prioridade. De igual modo, o mesmo argumento pode ser formulado para os restantes indicadores do projeto. Tendo em conta que a gestão do armazém de expedição é a única atividade de valor acrescentado para 80% das referências que a empresa oferece, e que as restantes 20% compreendem todas operações de montagem e embalagem, estas duas áreas são as que evidenciam um maior potencial para solucionar o problema descrito com uma boa relação custo-benefício.

O presente documento visa portanto descrever o desenho de solução e implementação de dois projetos de melhoria distintos: o primeiro consiste na integração das operações de montagem e embalagem e implementação de fluxo unitário numa célula de produção, visando uma redução do *lead time* da produção e um aumento de produtividade que capacite a empresa de um processo mais ágil e responsivo; o segundo consiste no redesenho do armazém de expedição da empresa utilizando uma abordagem voltada para a redefinição do modelo de *picking* de encomendas, através da implementação de um modelo misto de *batch* e *zone picking* alicerçado num novo paradigma de *layout* e arrumação dos produtos, mais uma vez com o objetivo de encurtar o *lead time* do processo de expedição e atingir um aumento de produtividade.

No final do projeto, a implementação destas duas melhorias distintas materializou-se em resultados esclarecedores com um impacto expressivo nos indicadores financeiros da empresa. Efetuando uma média ponderada da redução de *lead time* observada obteve-se uma diminuição de cerca de 64%, com destaque para a redução de 74% para referências A. Além disso, foi possível reduzir o valor total em stock a preço de venda em cerca de 15%, assim como o período de cobertura médio da empresa de 12,7 meses para 9,5 meses no final do projeto. Por fim, o aumento de produtividade que se verificou nas operações chave da implementação do projeto compreenderam ganhos assinaláveis: um aumento de 90% de produtividade na operação de montagem e embalagem, assim como um aumento de 120% na operação de *picking*.

Kaizen in production and internal logistics applied to the architectural hardware industry

Abstract

The economic advance and increasing industrialization of countries that were once considered to be developing is now a certainty. The imminent transition to an increasingly global marketplace makes it inevitable to redefine which characteristics work for the customer as an order qualifier and which characteristics work as an order winner. The implementation of Kaizen methodologies is perfectly aligned with the prime guideline that needs to be met by the organizations of the future: delivering customer value at the top of the hierarchy of priorities for any organization that wants to compete on a global scale, in a context of increasing quality standards and resource utilization efficiency.

The architectural hardware industry, inserted in the context of discrete manufacturing, is a clear proof of this growing competitiveness and redefinition of what is value from the customer's perspective. In addition to quality and conformity to specifications, the competitive price demanded by the market, and the diversity of products offered, the customer today understands value as the delivery of the product within a shorter *lead time*, which ideally is contractualized through an SLA and consistently fulfilled.

The main challenge of this dissertation project is to achieve the goal of, without distorting the value that is delivered to the customer, ensuring a better level of service through the reduction of process *lead time* and compliance with *service level agreements*, while simultaneously reducing the capital invested in stock and maximizing the use of productive resources through a increase in productivity.

An organization is nothing more than a set of processes. When the goal is to reduce *lead time*, reducing it in the processes with the greatest impact on overall *lead time* has to be taken as a priority. Similarly, the same argument can be made for the other key performance indicators of the project. Taking into account that the management of the shipping warehouse is the only value-added activity for 80% of the references that the company offers, and that all of the remaining 20% comprise assembly and packaging operations, these two areas are the ones that show the greatest potential to solve the described problem in a cost-effective manner.

Therefore, this paper aims to describe the solution design and implementation of two distinct improvement projects: the first consists in the integration of the assembly and packaging operations and consequent implementation of unitary flow in a production cell, aiming to reduce the production *lead time* and an increase in productivity which enables the company of a more agile and responsive process; the second consists in the redesign of the company's shipping warehouse using an approach aimed at redefining the order *picking* model, through the implementation of batch and zone picking based on a new paradigm of layout and product storage, again with the objective of shortening the shipping process *lead time* and achieving a increase in productivity.

At the end of the project, the implementation of these two distinct improvement initiatives materialized in enlightening results with a significant impact on the company's financial indicators. Making a weighted average of the *lead time* reduction observed, a reduction of about 64% was obtained, with emphasis on the 74% reduction for A references. In addition, it was possible to reduce the total value of stock at sale price by about 15%, as well as the average coverage period of the company from 12.7 months to 9.5 months at the end of the project. Finally, the productivity increase that occurred in the key operations of the project implementation comprised remarkable gains: a 90% productivity increase in the assembly and packaging operation, as well as a 120% increase in the *picking* operation.

Agradecimentos

Ao Kaizen Institute, pela confiança em atribuir-me este projeto, contribuindo assim de forma preponderante para a minha aprendizagem e para o meu crescimento a nível pessoal e profissional, que excedeu largamente as minhas melhores expectativas. Um agradecimento especial ao meu orientador e tutor, Pedro Lourenço, pela amizade e confiança, mas também pela partilha de conhecimento e exemplo de competência e profissionalismo.

À empresa que acolheu o projeto, pelo compromisso demonstrado para com o mesmo e incansável determinação em atingir os objetivos definidos. Agradeço também por me ter dado a oportunidade e a confiança de gerir as iniciativas principais que suportam a minha tese de dissertação.

À professora Maria Pires, a minha orientadora na FEUP, pelo rigor, profissionalismo e envolvimento demonstrados, procurando desde o início do projeto fazer um acompanhamento próximo do desenvolvimento do mesmo, por forma a garantir que os objetivos definidos para a presente tese de dissertação eram atingidos.

Aos meus amigos e família, por serem o meu suporte em todos os momentos.

Ao meu pai, mãe e irmãos, por serem quem tornou tudo isto possível.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Apresentação do Kaizen Institute	1
1.2	A Indústria das Ferragens	1
1.2.1	Análise de Mercado	1
1.2.2	Apresentação da IRON	2
1.3	Motivação e Enquadramento do Projeto	2
1.4	Metodologia do projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	5
2	Enquadramento Teórico	6
2.1	Metodologias Kaizen	6
2.1.1	Os 5 Princípios Kaizen e os 7 Tipos de MUDA	6
2.1.2	O Modelo TFM	8
2.2	Célula de Produção	9
2.3	<i>Lead time</i>	12
2.4	Desenho de Armazém	12
2.4.1	Políticas de Roteamento	13
2.4.2	Políticas de Armazenamento	13
2.4.3	Políticas de Order <i>Batching</i>	14
3	Caracterização da Situação Atual	16
3.1	Produção	18
3.1.1	Caracterização do Processo	18
3.1.2	Análise ABC Produção	22
3.1.3	<i>Lead time</i>	23
3.1.4	Stocks	24
3.1.5	Carga de trabalho: Montagem/Embalagem	26
3.2	Armazém de Expedição	27
3.2.1	Caracterização do Processo	27
3.2.2	Análise ABC Armazém	30
4	Desenho de Solução e Ações Implementadas	31
4.1	Célula de Montagem e Embalagem	31
4.1.1	Visão Futura	31
4.1.2	Tempos de Ciclo	31
4.1.3	Princípio de Balanceamento de Operações	32
4.1.4	Teste de conceito e dimensionamento do bordo de linha	36
4.1.5	Standard Work da linha	38
4.2	Desenho de Armazém	39
4.2.1	Visão Futura	39
4.2.2	Redefinição do <i>layout</i> dos produtos	39
4.2.3	Modelo de Acompanhamento dos Produtos	41
4.2.4	Modelo de <i>Batch Picking</i>	42
4.2.5	Implementação e Standard Work	43
5	Análise dos Resultados obtidos	45
5.1.1	<i>Lead time</i>	45
5.1.2	Stocks	46
5.1.3	Produtividade Montagem/Embalagem	47
5.1.4	Produtividade <i>Picking</i>	47
6	Perspetivas de Trabalho Futuro	48
6.1	Produção	48
6.2	Armazém de Expedição	49
7	Conclusões	50
	Referências	51

ANEXO A: Cronograma de Implementação do Projeto	53
ANEXO B: Folha de Registo de Observações VA/MUDA	54
ANEXO C: Matriz Produto Processo	55
ANEXO D: Standard work família WC 2	56
ANEXO E: Alocação de famílias por bancada	57
ANEXO F: A3 de acompanhamento mock up line design.....	58
ANEXO G: Standard work linha de montagem e embalagem.....	59

.

Siglas

FIFO – First In First Out

JIT – Just in Time

KI – Kaizen Institute

OEE – Overall Equipment Efficiency

OTD – On Time Delivery

PDCA – Plan, Do, Check, Act

SI – Sistema Informático

SLA – Service Level Agreement

SMED – Single Minute Exchange of Dies

TFM – Total Flow Management

VSM – Value Stream Mapping

KPI – Key Performance Indicator

WIP – Work in Progress

Índice de Figuras -

Figura 1 - Modelo TFM (Coimbra, 2013)	8
Figura 2 - Heurísticas de Roteamento (Dukic & Oluic, 2007).....	13
Figura 3 - Heurísticas de Armazenamento (Dukic & Oluic, 2007).....	14
Figura 4 - VSM Produção IRON	16
Figura 5 - Armazém de matéria prima.....	16
Figura 6 - Armazém de Stock Intermédio	17
Figura 7 - Armazém de Expedição	17
Figura 8 - Planta do Setor de Produção	19
Figura 9 - Resultados VA/MUDA por departamento.....	19
Figura 10 - Diagramas de Spaghetti por Operação.....	20
Figura 11 - Cabines de Montagem	21
Figura 12 - Análise ABC de número de referências por volume de faturação.....	23
Figura 13 - <i>Lead time</i> Produção vs. Titanium	24
Figura 14 - Cobertura de Stock por número de referências.....	25
Figura 15 - Valor em Stock por classificação ABC	25
Figura 16 - Carga semanal montagem/embalagem	26
Figura 17 - Fluxo de material Puxadores SR.....	26
Figura 18 - Principais atividades do armazém.....	27
Figura 19 - Planta <i>Layout</i> Piso de Receção da IRON.....	28
Figura 20 – Planta <i>Layout</i> Piso de Expedição da IRON.....	29
Figura 21 - VA/MUDA Expedição	29
Figura 22 - Diagrama de Pareto por Família (Armazém).....	30
Figura 23 - Standard de Referenciação.....	32
Figura 24 - Esboço da Linha de Puxadores SR	34
Figura 25 - Esboço da linha no setor da produção	38
Figura 26 - Unidade logística de transporte de peças pequenas/médias.....	40
Figura 27 - <i>Layout</i> de arrumação dos produtos	40
Figura 28 - PDA de <i>Picking</i>	41
Figura 29 - Conceito de <i>Batch Picking</i>	42
Figura 30 - <i>Layout</i> Zona de Consolidação	43
Figura 31 - Friso temporal de standard work de <i>picking</i>	44
Figura 32 - <i>Lead time</i> produção antes e depois	45
Figura 33 - SLA's por tipologia de referência	45
Figura 34 - Valor em stock por ABC antes e depois.....	46
Figura 35 - Cobertura de stock antes e depois.....	47

Figura 36 - Cronograma de Implementação	53
Figura 37 - Template VA/MUDA	54
Figura 38 - Matriz produto-processo	55
Figura 39 - Standard work família WC 2	56
Figura 40 – Alocação de famílias por bancada.....	57
Figura 41 - A3 de acompanhamento desenho de linha.....	58
Figura 42 - Standard Work funcionamento da linha (excerto).....	59

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Principais tipos de MUDA por Departamento	20
Tabela 2 - Dados Análise ABC	22
Tabela 3 - Principais MUDA Expedição	29

1 Introdução

O presente projeto de dissertação curricular, desenvolvido no âmbito do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, visa descrever o processo de intervenção de melhoria operacional realizada pelo KI numa empresa portuguesa, denominada IRON, que atua no setor das ferragens para arquitetura.

Por questões de confidencialidade acordadas contratualmente com a empresa, optou-se por omitir o nome real da mesma e utilizar quando necessário em indicadores da empresa, valores relativos ou absolutos com um fator de escala.

Este capítulo contém uma breve introdução do KI, bem como uma apresentação global do projeto de melhoria contínua desenvolvido na empresa: contextualização da indústria e da empresa, objetivos e motivação do projeto e explicação da metodologia utilizada no processo de implementação.

1.1 Apresentação do Kaizen Institute

A palavra “Kaizen” tem origem numa expressão japonesa cuja estrutura pode ser dividida em dois termos distintos: “Kai” cuja tradução literal para a língua portuguesa é “mudar”; “Zen” que significa “bom” ou “melhor”. Torna-se evidente, portanto, que as origens morfológicas da palavra relacionam-se intimamente com a atividade desempenhada pelo Kaizen Institute: “mudar para melhor” ou melhoria contínua. Fundado em 1985 por Masaaki Imai, o Kaizen Institute Consulting Group é reconhecido como uma empresa de excelência na prestação de serviços de consultoria nas áreas de melhoria contínua de processos e lean management. Afirma-se internacionalmente como um dos principais difusores da aplicação de metodologias Kaizen no contexto industrial, mas também na prestação de serviços, setor público, marketing, vendas, supply chain, entre outros. A sua história remonta, porém, aos anos 50, quando após a Segunda Grande Guerra a indústria japonesa de automóveis se encontrava num ciclo de recessão, e precisava de se reinventar para poder recuperar a competitividade no panorama global. Masaaki Imai, que à data trabalhava no Japan Productivity Center, juntamente com Shoichiro Toyoda e Taiichi Ohno criou aquele que é hoje conhecido como o Toyota Production System. O mesmo serviu de alicerce para que a indústria automóvel japonesa se reafirmasse à escala global como uma referência ao nível do custo, qualidade e rapidez de entrega. Foi nesta sequência que Imai publicou o livro “KAIZEN: A chave para o sucesso competitivo do Japão” e pela primeira vez introduziu este conceito revolucionário ao mundo ocidental, que deu origem ao nome Kaizen Institute. Imai (2005) afirmou que a sua principal missão com a criação desta empresa era a de “ajudar os líderes a alcançar os seus sonhos de mudança, desempenho e implementação de culturas de melhoria contínua”.

1.2 A Indústria das Ferragens

Nesta secção pretende-se contextualizar a indústria das ferragens para construção e arquitetura como um todo através de uma análise das tendências do mercado, do tipo de produto que vende e do perfil do cliente. Além disso, será feita uma contextualização da IRON, procurando descrever as características mais importantes do seu modelo de negócio e principais atividades de criação de valor desempenhadas pela organização.

1.2.1 Análise de Mercado

Enquanto empresa especializada na produção e distribuição de ferragens para arquitetura, construção e mobiliário, a IRON apresenta-se como uma empresa com prospeções de

crescimento interessantes nos próximos anos, sustentado pela tendência global da indústria em que está inserida. Tal como ilustrado na Figura 1, em 2018 o mercado global de ferragens para arquitetura e construção foi avaliado em cerca de \$15,960 milhões de dólares (Priyanka Khandelwal, 2019). e perspectivou-se um crescimento total de cerca de 45% nos oito anos seguintes, podendo assim atingir uma dimensão de \$23,271 milhões de dólares até ao ano de 2026. As famílias de produtos mais relevantes que são fabricadas e/ou vendidas por este tipo de indústria incluem todos os objetos arquitetónicos que têm como principal matéria prima o aço inox, por exemplo puxadores de portas, cabides, placas ou dobradiças, entre outros, e o seu utilizador final é fundamentalmente constituído por clientes industriais, clientes residenciais e clientes comerciais, por esta ordem de importância ao nível de faturação. Este crescimento acentuado tem por base as perspetivas de rentabilidade que se especulam que venham a surgir de uma maior industrialização de países em desenvolvimento, bem como de investimento oriundo de programas governamentais de criação ou modernização de infraestruturas. Por outro lado, o investimento galopante no mercado imobiliário e o crescimento da população mundial perspetivam uma oportunidade de crescimento altamente significativo no ramo residencial para este setor da economia. Alavancada por esta conjuntura global, a IRON tem a oportunidade de consolidar nos próximos anos a sua posição dominante no mercado nacional e internacional.

1.2.2 Apresentação da IRON

A IRON, empresa cinquentenária e de referência no setor, apresenta-se como uma organização com uma missão, visão e valores bem definidos: produzir e distribuir ferragens para construção e mobiliário. Com uma presença expressiva no mercado internacional, a IRON afirma-se como uma empresa com um grande compromisso com a prestação de um serviço de qualidade e com o bem-estar de todos os seus colaboradores.

Fazendo alusão àquela que é a missão da empresa, verifica-se que a mesma apresenta um modelo de negócio “misto” (produzir e distribuir), isto é, possui não só uma atividade de produção interna propriamente dita, mas também uma atividade de compra e venda de produtos. A estratégia da empresa passa por desenhar no seu departamento de marketing e design a grande maioria das referências que oferece aos seus clientes, sendo que uma parte das mesmas é produzida internamente e outra parte é produzida com recurso a *outsourcing*.

Historicamente, o volume de faturação da empresa atribuível a referências produzidas internamente ronda 20% da faturação total, sendo que os restantes 80% correspondem à atividade de *core* da empresa, a compra e venda de produtos desenhados internamente.

Conclui-se portanto que existem duas oportunidades distintas de melhoria nesta cadeia de valor. A primeira consiste na melhoria do processo de produção, que foi sinalizada como uma prioridade por parte dos quadros superiores da organização. A margem de contribuição deste tipo de referências e a perceção de qualidade superior por parte do cliente sustentam a definição dessa prioridade.

Por outro lado, a melhoria da gestão do armazém é também uma grande oportunidade, visto que essa constitui a única operação de valor acrescentado desempenhada pela empresa para 80% do seu volume de negócios.

1.3 Motivação e Enquadramento do Projeto

A indústria das ferragens para arquitetura apresenta-se como um setor da economia com um potencial grande no que toca a oportunidades de melhoria contínua. As diversas tipologias de mercado servidas pela IRON, a elevada variedade de referências produzidas e o grau de customização oferecido tornam o planeamento produtivo, o cumprimento dos níveis de serviço para com o cliente e a utilização eficiente dos recursos num desafio assinalável.

Além de ser uma indústria com um intrínseco potencial de crescimento assinalável, a IRON apresentava-se no início do projeto como uma empresa numa situação delicada no que toca aos seus resultados financeiros. Evidenciava-se uma tendência de perda de quota de mercado para os seus concorrentes, sendo que a principal causa raiz para esta perda consistia na incapacidade de prestar um serviço de qualidade aos seus clientes, ilustrada pela inexistência e/ou incumprimento de SLA's para com os mesmos. Verificava-se também a existência de uma grande quantidade de encomendas em atraso. Além disso, a instabilidade no processo produtivo, o paradigma de produção de grandes lotes em departamentos funcionais com constituição de stocks intermédios e os baixos índices de produtividade levavam a um baixo controlo relativamente ao *lead time* do processo produtivo.

Por outro lado, os elevados níveis de stock de produto acabado representavam um encargo financeiro significativo para a empresa quando comparada com a concorrência. Este encargo representava uma redução do *free cash flow* da mesma que a incapacitava de efetuar atividades de expansão e crescimento. Além disso, o facto de se identificar que uma grande parte do stock existente era referente a produtos descontinuados ou de procura muito residual evidenciava a ineficiente gestão de inventários feita pela organização.

Adicionalmente, um dos objetivos da IRON era o de efetuar um reforço da mão-de-obra disponível em alguns dos seus departamentos. No entanto, a falta de liquidez da mesma aliada aos baixos índices de produtividade, denotava uma oportunidade de atingir o objetivo definido sem que fosse necessário qualquer investimento, apenas otimizando a utilização dos recursos produtivos disponíveis e realocando as pessoas aos departamentos com escassez de mão-de-obra.

Precisamente pelos motivos supracitados, o presente projeto de dissertação apresenta uma particularidade distinta que consiste na existência de dois objetos de estudo. Em qualquer projeto de melhoria, o princípio de solução deve compreender uma análise custo-benefício das medidas apresentadas, por forma a garantir que os resultados são atingidos com eficácia mas simultaneamente com eficiência. Deste modo, o presente documento procura descrever e explorar as duas iniciativas de melhoria contínua consideradas como mais disruptivas e impactantes para a IRON.

A primeira consiste na criação de uma célula de montagem/embalagem que visa a integração destas duas operações e a criação de fluxo unitário, pois foi nestes dois departamentos que foram identificadas mais atividades redundantes e/ou sem valor acrescentado (movimentações, esperas, etc.). Visto que todas as referências produzidas internamente são submetidas a operações de montagem e embalagem e as mesmas representam 20% da faturação total, uma melhoria focada nestas duas operações compreende um potencial de ganho significativo para o setor da produção. Considerou-se que a redução de desperdício associado à integração destas duas operações assim como à implementação do fluxo unitário, traduzir-se-iam num aumento de produtividade e numa redução de *lead time* e stocks intermédios assinaláveis para a empresa. Estes indicadores revelam-se chave para criar uma vantagem competitiva para a IRON e foram deste modo definidos como a prioridade deste projeto de melhoria.

A segunda iniciativa consiste em redesenhar o armazém de expedição da IRON, quer ao nível do *layout* e organização dos produtos no armazém, quer ao nível da redefinição do modelo de *picking* por parte dos operadores, mudando de um paradigma de *order picking* para um sistema mais sofisticado de *batch picking*. Tendo em conta que 80% dos resultados da empresa correspondem a referências para as quais a única atividade de valor acrescentado é a gestão do armazém de expedição, perspetiva-se um benefício assinalável para com a implementação da melhoria descrita. Mais uma vez, o objetivo passa por ser uma redução significativa do *lead*

time do processo de expedição, bem como um aumento da produtividade global desta atividade, através da redução das distâncias percorridas pelos operadores de *picking* e da maximização da ocupação das rotas.

Adicionalmente, a escolha destas duas intervenções como objeto de estudo baseou-se numa perspetiva de maximização do processo de aprendizagem através do desenvolvimento de uma iniciativa que se relaciona com a melhoria do fluxo produtivo e também de uma iniciativa focada na melhoria da logística interna. A escolha de duas iniciativas com características bastante distintas como âmbito do presente projeto de dissertação revela-se como uma experiência enriquecedora do ponto de vista profissional e académico.

Os principais objetivos definidos para a implementação do projeto de melhoria foram:

- **Produtividade:** Aumento global de 20% no setor da produção.
- **Lead time:** Redução de 90% do *Lead time* de Produção (para referências A)
- **Stocks:** Redução de 25% de período de cobertura, de 12,7 meses para 9 meses

1.4 Metodologia do projeto

O projeto de melhoria contínua implementado na IRON divide-se em duas fases:

- Fase de Planeamento
- Fase de Implementação

Na fase de planeamento, o principal objetivo é caracterizar qual a situação atual da empresa nas suas diferentes áreas de atividade e procurar levantar as oportunidades de melhoria que se traduzam num maior benefício para a organização. Acontece nos primeiros dias do projeto e a ideia passa por ser agregar num contexto de *workshop* aquilo a que se chama equipa de gestão de projeto, composta pelos elementos da organização que vão acompanhar a fase de planeamento. Posteriormente, essa mesma equipa participa na fase de implementação, além dos chefes de cada um dos departamentos, responsáveis de fábrica e gestão de topo. O objetivo deste tipo de abordagem é o de coordenar as necessidades e problemas fundamentais sentidos por cada um dos setores da empresa, bem como incluir os elementos no desenho de solução. Na fase de implementação são também dadas formações específicas à equipa de projeto direcionadas àqueles que vão sendo identificados como sendo os problemas fundamentais da empresa.

Da fase de planeamento resulta um cronograma do projeto, ilustrado no Anexo A, que será consumado na fase de implementação. Assim que as principais oportunidades são identificadas, é proposto um conjunto de iniciativas que funcionam como uma contramedida aos problemas levantados. Durante a fase de implementação cada iniciativa é gerida por um elemento do Kaizen Institute e um elemento da IRON. O desenho de solução propriamente dito é feito nesta fase, geralmente num ambiente de *workshop*, procurando incluir todos os membros do KI e da IRON que são considerados como tendo um valor acrescentado para o *workshop*.

As ferramentas utilizadas no desenvolvimento do projeto, quer na fase de caracterização, quer na fase de desenho de solução, são descritas na secção de revisão da literatura e compreendem fundamentalmente modelos de conhecimento assentes em metodologias Kaizen, ferramentas de mapeamento de processos (nomeadamente VSM e diagramas de spaghetti) e ferramentas de análises de dados, tais como *Microsoft Excel*, *Power BI* e *Power Query*.

1.5 Estrutura da dissertação

O Capítulo 1 da presente dissertação foca-se no enquadramento quer do contexto do projeto e apresentação do mesmo, quer nos objetivos que se pretendem atingir e na metodologia utilizada para o fazer.

O Capítulo 2 será inteiramente dedicado à exposição e discussão dos conceitos teóricos e académicos mais relevantes que suportam a fase de implementação de ações de melhoria. Será feita uma contextualização em ferramentas e metodologias Kaizen, passando-se de seguida à descrição do estado da arte relativo às duas iniciativas de transformação operacional que motivaram a escrita da presente dissertação.

Será discutida em subsecções distintas do Capítulo 3 qual a situação atual relativamente a cada uma destas iniciativas, isto é, procurar-se-á caracterizar de forma holística os dois processos que se identificaram como possuindo oportunidades de melhoria.

No Capítulo 4 será descrito detalhadamente todo o desenrolar do processo de desenho de solução, mais uma vez com uma subsecção dedicada a cada iniciativa, sendo que a ideia fundamental é a de caracterizar as ações principais que o projeto de melhoria compreendeu.

No Capítulo 5 será feita uma análise dos resultados obtidos para fazer um *benchmark* face à situação inicial.

No Capítulo 6 serão brevemente descritas algumas propostas e perspetivas de trabalho futuro que surgem na sequência de implementação dos projetos, que se evidenciem com capacidade para potenciar ainda mais os resultados obtidos.

Finalmente, no Capítulo 7 irão ser retiradas algumas conclusões relativamente aos resultados obtidos no projeto. Serão também descritas as principais aprendizagens e pontos a destacar no trabalho que foi desenvolvido.

2 Enquadramento Teórico

Esta secção visa descrever com recurso à literatura apropriada todas as temáticas que suportam os dois objetos de estudo da presente dissertação. De modo a fazer a caracterização do problema em análise e a descrição de ações implementadas e resultados obtidos é necessário primeiramente contextualizar o estado da arte nos diferentes temas de estudo do presente relatório, assim como munir o leitor das ferramentas e conceitos utilizados no decorrer do projeto. A estrutura desta secção está dividida numa primeira fase que faz alusão aos princípios que suportaram a metodologia de implementação do projeto, sendo que posteriormente é feito um estudo conceptual dos dois objetos de estudo em análise na presente dissertação: desenho de um armazém de expedição e desenho de uma linha de montagem e embalagem com fluxo unitário.

2.1 Metodologias Kaizen

2.1.1 Os 5 Princípios Kaizen e os 7 Tipos de MUDA

Para poder dar início a um processo de melhoria operacional alicerçada em princípios Kaizen, é fundamental primeiramente percebermos quais são os pilares que sustentam este tipo de metodologia (Imai, 2012). Imai sustenta que o processo de implementação de melhoria contínua apenas pode ser liderado atendendo a uma filosofia Kaizen caso alguns princípios sejam tidos em conta e praticados diariamente.

- **Criar Valor para o Cliente** – com uma abordagem focalizada na qualidade que lhe é entregue, atendendo às suas necessidades e melhorando continuamente a sua experiência, sendo que o cliente pode ser interpretado tanto como um cliente externo como também um cliente interno, isto é, o processo seguinte na cadeia de valor.
- **Criar Eficiência no Fluxo** – reduzindo a variabilidade dos processos, procurando o fluxo unitário e utilizando uma lógica de produção em *pull* (termo inglês que significa puxar), isto é, produzindo apenas aquilo que é “puxado” ou pedido pelo cliente, por oposição à produção em *push* (empurrar) que denota um sistema produtivo que tende a criar elevados níveis de inventários que são “empurrados” para o fim da minha cadeia de valor.
- **Orientação para o Gemba** – sendo que *Gemba* é um termo japonês que se refere ao “local onde se acrescenta valor” (por exemplo no contexto industrial, será o chão de fábrica). Apenas através da observação direta de processos e do contacto com as pessoas que o gerem diariamente é possível liderar um processo de transformação.
- **Confiar nas Pessoas** – delegando responsabilidade a todos os envolvidos para tomarem decisões e darem o seu contributo, alinhando a estratégia com aquilo que são as suas necessidades/dificuldade diárias e procurando culpar os processos e não as pessoas.
- **Falar com Dados e Gestão Visual** – sendo científico e transparente na caracterização de processos recorrendo sempre à utilização de dados recolhidos no *Gemba* e planeando através da utilização do ciclo PDCA, que possibilita um acompanhamento estruturado e transparente das diferentes intervenções e processos de melhoria em curso. Adicionalmente, ferramentas de gestão visual devem ser utilizadas para comunicar a informação que é extraída dos dados de forma clara e transparente.

Imai (2005) acrescenta que para se liderar um processo de transformação é necessário desenvolver a capacidade de identificar as oportunidades que se traduzirão numa melhor relação entre custo de implementação e benefício obtido. “A identificação de problemas no *gemba* não requer tecnologia sofisticada” contudo requer uma compreensão profunda dos 7 tipos de

MUDA (palavra japonesa que se refere a “desperdício”). Este modelo permite identificar quais as atividades sem valor acrescentado que decorrem diariamente num dado processo (entenda-se por tarefas de valor acrescentado todas as atividades que acrescentam valor na ótica do cliente). Através desta identificação é possível reduzir este mesmo desperdício e maximizar o valor acrescentado pelos recursos produtivos. O modelo dos 7 Tipos de MUDA é composto por:

- **Material em Espera** – Comumente associado à acumulação de inventários tanto no final da cadeia de valor como nos estágios intermédios do processo produtivo (trabalho em curso). A posse de inventário representa dois problemas estruturais para uma organização: custos de armazenamento, diretamente associados à posse de inventários, isto é, o custo de aluguer do armazém e custo de mão de obra para manuseamento de material; o custo de capital, associado à perda de *cash flow* que a posse de inventários necessariamente representa, sendo que menor liquidez financeira atrasa as atividades de expansão e crescimento da empresa. Adicionalmente, o mesmo autor acrescenta outros custos que frequentemente não são tidos em conta, nomeadamente o custo de desvalorização dos artigos e os custos de obsolescência. Por outro lado, stocks reduzem inevitavelmente a visibilidade para os problemas operacionais da organização, o que representa um custo indireto para a empresa. Baixos índices de produtividade e um *lead time* de processo extremamente elevado podem coexistir com um nível de serviço de qualidade, através da constituição de níveis de inventário suficientemente elevados (Callioni et al., 2005).
- **Pessoas em Espera** – A espera de pessoas, quer seja por falta de material ou falta de informação, cria inevitavelmente uma ineficiência considerável, visto que a pessoa é o ativo mais importante de qualquer organização. Os processos estão dimensionados para maximizar a ocupação dos recursos humanos disponíveis, e caso os mesmos sejam sobaproveitados pode-se concluir que ou o processo está sobredimensionado ao nível de número de colaboradores que necessita, ou o processo não está a atingir o nível de produtividade para o qual foi desenhado e portanto não está a entregar o valor a que se propôs. Este tipo de MUDA acontece por exemplo durante *setups*, inspeções de qualidade, espera por material, entre outros.
- **Movimentação de Material** – A movimentação de material é uma atividade sem valor acrescentado facilmente observável e que gera ineficiências consideráveis em diversas indústrias. A única movimentação de material que acrescenta valor é a movimentação em direção ao cliente (Coimbra, 2013). Este tipo de desperdício está geralmente associado a um *layout* de fábrica funcional, isto é, segregado em departamentos onde não existe fluxo na produção.
- **Movimentação de Pessoas** – Analogamente ao MUDA anterior, a movimentação de pessoas está associada a um *layout* de fábrica pouco integrado, mas também a uma definição pouco ergonómica do posto de trabalho, má organização do mesmo (procura por ferramentas) e sequência de trabalho incorreta.
- **Defeitos** – Associado aos custos do desperdício de material, retrabalho para recuperação de peças e custos logísticos/produtivos associados às rejeições por não qualidade. Erros e defeitos são também responsáveis pelos custos indiretos associados a uma pior perceção de fiabilidade do processo e/ou empresa.
- **Sobreprocessamento** – Acontece quando uma operação visa transformar o produto numa medida que não gera qualquer tipo de valor para o cliente. Um dos exemplos mais comuns é a pintura de um componente de um veículo que o cliente nunca vai sequer perceber (ex: interior de uma porta). Recursos produtivos foram alocados a desempenhar uma atividade sem qualquer tipo de retorno, do ponto de vista da entrega de valor e perceção de qualidade do cliente.
- **Sobreprodução** – Considerado o tipo de MUDA que gera mais desperdício pois possui a capacidade de gerar todos os outros supracitados. É consequência direta da falta de planeamento em *pull*, isto é, empresas que produzem para stock mesmo que não haja uma encomenda a tracionar a produção.

2.1.2 O Modelo TFM

Uma das ferramentas Kaizen fundamentais na implementação do presente projeto de melhoria contínua consiste num modelo de gestão de fluxo em toda a cadeia de valor denominado Total Flow Management (TFM). O propósito deste modelo de conhecimento consiste em expulsar o desperdício e as atividades de baixo valor acrescentado numa lógica “de dentro para fora”, começando por procurar criar fluxo na produção, partindo do processo *pacemaker* (que dita o ritmo do processo produtivo), e posteriormente fazer o mesmo exercício primeiramente na logística interna, e por fim na logística externa. Este modelo constitui a base de conhecimento que serviu de alicerce para implementação da célula de montagem e embalagem. O objetivo da implementação do modelo TFM é combater cinco problemas que a maioria das organizações enfrenta atualmente (Coimbra, 2013):

- **Elevados níveis de inventário** – com elevados níveis de capital empatado que acarretam custos de oportunidade, risco de danificação dos produtos em stock e risco de obsolescência, quer por fim do ciclo de vida do produto, quer por degradação de inventários.
- **Elevados lead times** – que geram inevitavelmente clientes insatisfeitos e originando uma baixa capacidade de reagir a alterações nos padrões de consumo, com custos acrescidos de transporte.
- **Baixo OTD** – que pode induzir custos de penalidade por incumprimento de prazos, bem como perda de clientes.
- **Baixa produtividade** – que gera elevados custos de mão de obra associados à ineficiência dos processos, provoca uma menor motivação das equipas e está associada a um tempo elevado de troca de referências (*setup*)
- **Elevado WIP** – associado a *lead time* de processo elevado, custos de retrabalho e não qualidade, custos de armazenamento e custo de oportunidade de possuir capital empatado.

Na Figura 2 encontra-se um esquema visual que visa ilustrar os 3 pilares fundamentais do modelo TFM.

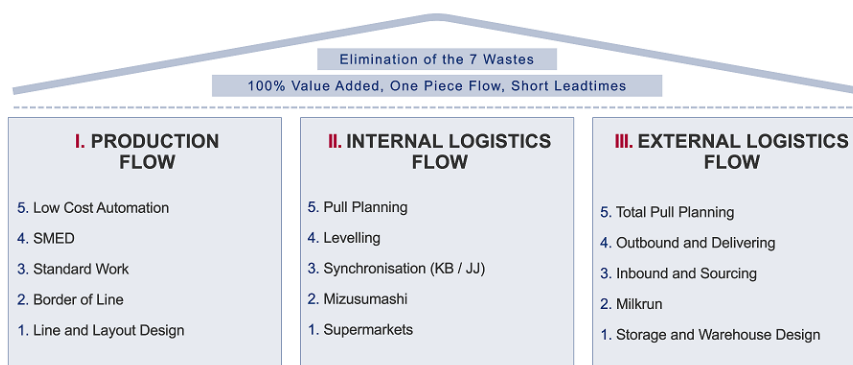


Figura 1 - Modelo TFM (Coimbra, 2013)

Os três pilares de criação de fluxo total na cadeia de valor de uma organização são:

- **Fluxo na Produção** – através da implementação de fluxo unitário, que permite a uma organização atingir o estado a que se dá o nome de “customização em massa”, isto é, o processo produtivo dispõe da flexibilidade necessária para responder às necessidades customizadas do cliente sem comprometer os prazos de entrega e a eficiência dos seus recursos.
- **Fluxo na Logística Interna** – através da implementação de um sistema que conecte a logística interna de abastecimento e movimentação de material e as necessidades de produção requeridas pelo cliente. A ligação entre logística interna e produção é a base da criação de um sistema em *pull* (termo inglês para puxar), isto é, um sistema

produtivo que apenas responde às necessidades “puxadas” pelo cliente, por oposição a um sistema em *push* (termo inglês para empurrar) que denota um sistema que se baseia em previsões de consumo e não em consumos efetivos e que geralmente gera problemas de inventários em excesso provocados pelo MUDA de sobreprodução.

- **Fluxo na Logística Externa** – Através da implementação de um fluxo contínuo de materiais desde o fornecedor até ao cliente, consequência de uma gestão apropriada de armazéns, otimização de rotas logísticas e planeamento em *pull* total, envolvendo toda a cadeia de abastecimento.

No presente projeto de dissertação o pilar de fluxo na produção revela-se como o pilar mais importante do modelo TFM, visto que compõe a metodologia que suportou o desenho da célula de montagem. O pilar de fluxo na produção é composto pelas seguintes etapas fundamentais, tal como esquematizado na Figura 2:

1. **Desenho de linha e layout** – nesta etapa interessa analisar os processos para os diferentes artigos que são produzidos numa determinada fábrica e desenhar linhas de manufatura que funcionam em fluxo unitário tanto quanto possível. É igualmente fundamental escolher bem o local onde se pretende implementar esta linha. O objetivo final de um desenho de linha é o balanceamento de operações e o cumprimento do takt time para com o cliente, através da eliminação de atividades sem valor acrescentado tais como transportes, movimentações e controlos de qualidade, voltando o foco apenas para tarefas de que acrescentem valor.
2. **Bordo de linha** – consiste na etapa de dimensionamento do local de abastecimento dos operadores na linha. O bordo de linha é a terminologia utilizada pelo KI para denotar o espaço físico onde se encontram os contentores que possuem as matérias primas necessárias para o processo de transformação que decorre na linha.
3. **Standard Work** – é a etapa associada ao desenvolvimento de normas que representam o modo operativo mais adequado às circunstâncias em causa. É comum a observação de operadores a efetuarem as suas tarefas de forma pouco eficiente devido à não existência de um *standard* de modo de trabalho que os auxilie a minimizar o desperdício das suas atividades, que são frequentemente movimentação em excesso, mau sequenciamento de operações, transporte desnecessário de material e movimentos pouco ergonómicos.
4. **SMED** – referente à metodologia japonesa de otimização do tempo de troca de série. Constitui o 4º pilar do fluxo na produção pois o tempo dispendido em troca de referências é um dos maiores obstáculos ao fluxo unitário na produção, visto que para ser possível produzir em JIT, com baixos níveis de inventário e sem entrar em excesso de produção, respondendo apenas às necessidades dos clientes, é necessário que a linha tenha a capacidade de trocar frequentemente de série produtiva para responder à variabilidade da procura.
5. **Low Cost Automation** – constitui o 5º e ultimo pilar da produção em fluxo, e visa um aumento de produtividade e a maximização da utilização de recursos através da implementação de sistemas de baixo custo que automatizem tarefas repetitivas. Geralmente surge associado a sistemas simples de carga/descarga de máquinas que funcionem através da força da gravidade, sendo que existem porém outras formas de ser implementado.

2.2 Célula de Produção

A identificação e agregação de diversos artigos de manufatura com similaridades consideráveis numa célula dedicada possui inúmeras vantagens no processo de melhoria operacional em contextos de produção em massa (Kareem Sakran et al., 2016). Esta estratégia de produção cria um fluxo de material permanente que minimiza o transporte e movimentações através da integração de duas ou mais operações num espaço físico exclusivo. Os principais benefícios da criação de uma célula, quando comparado com a organização em *jobshop* (produção em grandes lotes, com departamentos e equipamentos agrupados por características funcionais), incluem uma redução considerável do WIP (libertando assim *cash flow*), espaço utilizado e *lead time*,

bem como um aumento de produtividade, melhoria dos índices de qualidade e maior flexibilidade produtiva (Imai, 2012). A integração de operações assenta no princípio de que artigos similares, em termos das suas características ou processo produtivo, devem ser produzidos no mesmo local para minimizar o transporte de material, a necessidade de duplicação de equipamentos, minimização de *setups* e especialização ao dos recursos produtivos disponíveis. A cada célula deve corresponder uma família de produtos que lhe são atribuídos com base nesta mesma similaridade, assim como os equipamentos e infraestruturas necessárias para produzir as referências que lhe são dedicadas.

Uma célula deve também possuir um bordo de linha à sua medida, corretamente desenhado e dimensionado (Coimbra, 2013). O termo bordo de linha designa o local destinado aos contentores onde estão armazenadas todas as matérias primas e componentes necessários para se atingir uma produção em fluxo contínuo, ou seja, é um tipo específico de inventário que se localiza junto das zonas de trabalho. O bordo de linha é portanto a interface entre os processos logísticos de abastecimento interno e os processos produtivos. A logística interna deve ser responsável por abastecer o material no tempo, quantidade e local adequados, sendo que a produção é apenas responsável por entregar o produto acabado com qualidade e no prazo acordado. De acordo com o mesmo autor, as características fundamentais de um bordo de linha corretamente desenhado são:

- **Ergonomia** - deve minimizar os movimentos necessários para o operador se abastecer. Deve por norma ser dada preferência a contentores de pequena dimensão, facilmente acessíveis e transportáveis, preferencialmente à distância de um braço dos operadores.
- **Layout** - deve minimizar as deslocações necessárias para os operadores logísticos reabastecerem o bordo de linha, e minimizar o cruzamento entre operadores. Geralmente o *layout* da célula/linha deve dispor de uma zona de entrada e saída de material para o bordo de linha localizada em frente à zona de trabalho (para promover o abastecimento frontal) para que os operadores logísticos e de produção não tenham de se cruzar.
- **Acessibilidade** - o tempo necessário para substituir os componentes disponíveis no bordo de linha de um produto para outro deve ser próximo de zero. Para isto são necessárias rotas frequentes por parte dos operadores logísticos de modo a diminuir a quantidade e dimensão de contentores necessários para que nunca falte material ao operador de produção. Caso existam demasiados contentores disponíveis esta troca de material no bordo de linha torna-se demorada e improdutiva.
- **Kanban** - A decisão de reabastecimento deve ser instantânea e intuitiva. O bordo de linha deve dispor no mínimo de 2 contentores para cada componente, para que quando um dos contentores esteja vazio, o mesmo possa ser colocado numa zona visível para sinalizar aos operadores logísticos a necessidade de reabastecimento. A este tipo de funcionamento dá-se o nome de “caixa cheia-caixa vazia” ou kanban (termo japonês que significa cartão).

Alternativamente ao funcionamento em kanban, pode ser implementada uma lógica de abastecimento em junço. Enquanto que o kanban depreende um abastecimento contínuo baseado no consumo do material, o junço depreende uma lógica de abastecimento sequencial baseado na necessidade. Utilizando o planeamento produtivo, os artigos que se encontram em junço são abastecidos na quantidade, local e hora adequados para que as referências possam ser produzidas. É frequente este tipo de funcionamento para componentes de grandes dimensões que não podem facilmente ser armazenados em bordo de linha, assim como para componentes que são utilizados de forma muito residual ou esporádica, para os quais não se justifica a criação de um stock em bordo de linha (Coimbra, 2013).

O objetivo final do *layout* em célula é o fluxo unitário, através do qual a linha atinge um estado de movimento contínuo de material desde matérias primas até produção acabada, sem qualquer tipo de paragem, sendo que nenhum dos componentes pode transitar para o processo seguinte sem que o anterior esteja concluído, e nenhum dos componentes aguarda em fila de espera para ser processado na próxima operação. Coimbra (2013) acrescenta que o parâmetro chave para a implementação de linhas a trabalhar em fluxo é o *takt time*. O mesmo é calculado, tal como indicado na Equação 1, através do rácio entre o tempo de abertura da linha e a procura da mesma para um intervalo de tempo fixo (por exemplo, um mês) e representa o tempo máximo que terá de decorrer entre a produção de 2 unidades consecutivas para satisfazer a procura, tal como ilustrado em (1).

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ de\ abertura\ da\ Linha}{Procura\ da\ Linha} \quad (1)$$

Idealmente, o WIP da linha será igual ao número de estações ou postos de trabalho que serão calculados através do balanceamento de tarefas entre operadores, isto é, não existirão stocks intermédios. Importa porém salientar que a procura pelo verdadeiro fluxo unitário nem sempre é possível de atingir por diversos motivos. Algumas condições necessárias para atingir a produção em fluxo são (Marton & Paulová, 2009):

- **Qualidade consistente** – Os processos devem ser capazes de garantir estabilidade na qualidade que entregam, pois se houverem problemas de qualidade recorrentes não é possível implementar este tipo de fluxo.
- **Tempos de processamento estáveis** – Se não for garantida a estabilidade dos tempos de processamento necessários para executar um conjunto de atividades torna-se impossível balancear as tarefas entre operadores.
- **OEE próximo de 100%** - Caso o OEE dos equipamentos (*Overall Equipment Efficiency*, ou disponibilidade efetiva do equipamento) não esteja próximo dos 100%, isto é, caso exista uma porção considerável de *down time* em algum dos equipamentos da linha, torna-se impossível manter uma produção em fluxo estável visto que, neste tipo de *value stream*, assim que um posto de trabalho fica indisponível a linha toda tem de parar.
- **Cumprir o takt time** – Cada um dos processos da cadeia de valor tem de ser capaz de entregar uma peça num tempo inferior ao *takt time*. Caso esta condição não seja garantida, deixa de ser possível produzir em fluxo unitário.

Calculado o *takt time* da linha, é necessário proceder ao dimensionamento da linha. Para tal, o número mínimo de postos de trabalho é calculado fazendo o quociente entre o *takt time* e o tempo total da operação, tal como ilustrado em (2). O resultado desse quociente corresponderá à necessidade de recursos produtivos para responder à procura do cliente.

$$Nr\ Mínimo\ de\ Postos = \frac{Tempo\ Total\ da\ Operação}{Takt\ Time} \quad (2)$$

Finalmente, as operações devem ser balanceadas e distribuídas tendo em conta o *takt* da linha e tendo em conta a sequência das mesmas. Para tal, é frequente elaborar um diagrama de precedências por forma a garantir que a carga dos operadores se encontra nivelada e preenchida (Boysen et al., 2007).

2.3 Lead time

Tendo em conta que os principais indicadores do projeto são o *lead time* e os níveis de inventário, importa agora compreender os mesmos de forma mais detalhada. Visto que o tópico de inventários já foi explorado na secção relativa aos 7 tipos de muda e no modelo TFM, resta agora analisar a literatura relativa ao indicador de *lead time*.

O *lead time* consiste no tempo total necessário para completar uma unidade de um produto ou serviço (Al-Araidah et al., 2010). No passado recente, a rapidez de entrega tem sido um foco da análise da vantagem competitiva das organizações (Stalk & Hout, 1990). Existem fundamentalmente três estratégias distintas para fazer da rapidez de entrega um *order winner* para o cliente: servir os clientes o mais rápido possível; encorajar potenciais clientes a obterem o produto antes da data de entrega acordada; garantir um nível de serviço uniforme para todos os potenciais clientes.

A literatura de gestão de operações reconhece de forma consensual que a procura por um determinado produto aumenta mediante a redução do tempo de entrega do mesmo. Alternativamente a um aumento de procura, uma organização capaz de entregar num prazo mais curto que a sua concorrência pode dispor da possibilidade de cobrar um *premium* pelo serviço de qualidade superior que presta (So & Song, 1998). Existem evidências de que o *lead time* possui uma relação inversamente proporcional à quota de mercado de uma empresa (Karmarkar, 1993).

O potencial de aumento de procura e/ou de cobrar um *premium* por serviço de qualidade superior, cria um incentivo para as empresas encurtarem os seus prazos de entrega. Uma das formas que as empresas utilizam para satisfazer as entregas num prazo curto consiste no investimento num aumento de capacidade. Nesse tipo de abordagem é necessário compreender o *trade-off* entre o potencial de aumento de procura/preço face ao investimento necessário (Ray & Jewkes, 2003). Contudo, a implementação de práticas lean/JIT, tais como SMED, sistemas de abastecimento kanban, integração de operações ou redução de tamanhos de lote, revela-se como uma alternativa mais eficiente para reduzir significativamente o *lead time* de entrega (Ward & Zhou, 2006).

2.4 Desenho de Armazém

Uma organização *lean* necessita de controlar proativamente os seus custos logísticos, quer sejam eles internos ou externos. Isto é facilmente comprovável pelo facto de, na sua génese, custos logísticos constituírem recursos que estão a ser alocados a uma atividade sem valor acrescentado (movimentação de pessoas e de material fazem parte dos 7 tipos de MUDA). Em 2020, estimou-se que 7,6% do PIB total dos Estados Unidos da América está alocado a atividades logísticas (D. Wolf, 2020). Aproximadamente 55% dos custos totais relacionados com a gestão de armazéns estão relacionados com o processo de *picking* de encomendas, pois este é um trabalho bastante laborioso que consome uma parte considerável dos recursos humanos nos armazéns (Tompkins et al., 1996). Este processo consiste na atividade de processar os pedidos que dão entrada no armazém: é feito um percurso por todo o armazém para coletar os artigos que constituem o pedido, o mesmo é faturado e por fim expedido. A otimização da operação de *picking* no processo de desenho de um armazém, estando concretamente relacionada com o aumento da eficiência nas operações de logística interna, pode ser abordada de três perspetivas (Dukic & Oluic, 2007), discutidas detalhadamente nas subsecções seguintes.

2.4.1 Políticas de Roteamento

Referente à forma como é definida a rota efetuada pelos *pickers* dentro do próprio armazém para reunir um pedido. A rota que é alocada ao *picker* pode ser definida utilizando diferentes heurísticas que, em função da tipologia do armazém, poderão reduzir a distância total percorrida pelo mesmo e aumentar a sua produtividade através da redução das atividades sem valor acrescentado desempenhadas pelo mesmo (neste caso, movimentação). Existem heurísticas de roteamento relativamente simples que permitem obter uma melhoria significativa para armazéns de dimensões suficientemente grandes mas não necessariamente otimizar a distância percorrida pelo *picker* (Dukic & Oluic, 2007). Alguns exemplos de heurísticas de roteamento estão ilustrados na Figura 2. Esses exemplos são:

- **S-Shape** - Esta heurística é a mais simples de todas e consiste em o *picker* entrar e sair de todos os corredores onde existe um item para ser coletado, percorrendo os mesmos do princípio ao fim.
- **Return** – O *picker* inicia o seu percurso no corredor frontal do armazém e entra em todos os corredores, percorrendo os mesmos até não haver mais nenhum item para *pickar*, sendo então efetuado um caminho de retorno para o corredor frontal. O processo é efetuado sempre que o corredor contenha pelo menos 1 item que faça parte da ordem de *picking*
- **Midpoint** – Funciona como o “Return”, exceto que o armazém é dividido a meio e é utilizado tanto o corredor frontal do armazém para fazer o retorno mais curto, como também o corredor traseiro. Apenas o último corredor é percorrido do princípio ao fim, para que o *picker* possa aceder a parte traseira do armazém.

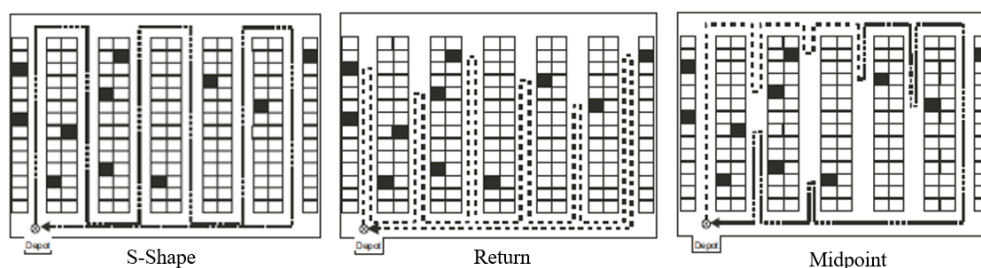


Figura 2 - Heurísticas de Roteamento (Dukic & Oluic, 2007)

Em situações de elevada complexidade do problema, um resultado interessante pode ser obtido através da implementação de um algoritmo genético com a capacidade de iterativamente avaliar as distâncias percorridas e alcançar um mínimo local no espaço de soluções admissíveis. Este tipo de abordagem torna-se particularmente útil quando se pretende analisar um armazém de muito grandes dimensões que compreenda uma diversidade muito grande de artigos onde o roteamento que é feito tem um impacto bastante expressivo na estrutura de custos da organização (Tsai et al., 2008).

2.4.2 Políticas de Armazenamento

Referente ao método utilizado para armazenar os artigos aquando do processo de receção e/ou retorno. Existem diversas metodologias que procuram otimizar a alocação de artigos a localizações no armazém. A produtividade na operação de gestão do armazém no que toca ao armazenamento dos produtos depende fundamentalmente da rotatividade dos mesmos (frequência de recolhas), do nível de cobertura de stock pretendido, da dimensão/peso dos artigos e da unidade de movimentação utilizada (Gunasekaran et al., 1999).

Seguindo estas diretrizes é possível obter rotas mais curtas e eficientes mas também minimizar o número de vezes em que é necessário visitar regiões do armazém com artigos que são

encomendados de forma menos frequente. Tipicamente, os dois métodos mais comuns no que toca ao armazenamento de referências consistem em ou aproximar artigos de grande rotação da zona de expedição ou em organizar o armazém atendendo ao tamanho dos artigos a armazenar, juntando todas as referências com dimensões semelhantes (Il-Choe & Sharp, 2014).

A primeira abordagem foca-se na redução das distâncias percorridas, enquanto que a segunda prima pela otimização do espaço do armazém. Existe uma terceira abordagem que concatena as duas anteriores, que consiste no cálculo do rácio COI (Cube-per-order-index) que resulta do quociente entre o tamanho do artigo e a frequência com que o mesmo é encomendado (Heskett, 1963). Quanto menor for este rácio para um dado artigo, mais privilegiada será a posição atribuída ao mesmo dentro do armazém (entenda-se por privilegiada como próxima da zona de expedição e consolidação de encomendas). Existem diversos padrões plausíveis de organização de referências dentro do armazém, como demonstrado na Figura 3. De notar que regiões mais escuras são dedicadas a referências com um COI inferior (maior rotatividade e menor volume).

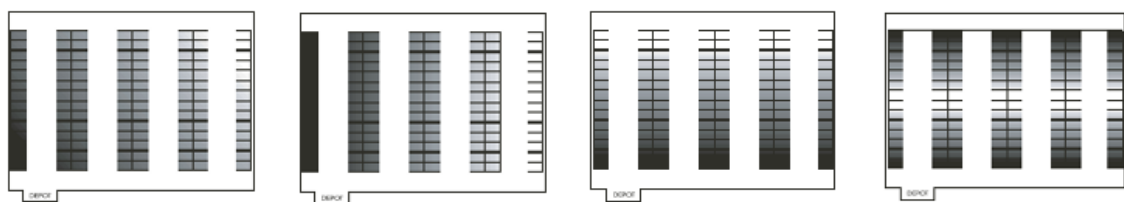


Figura 3 - Heurísticas de Armazenamento (Dukic & Oluic, 2007)

2.4.3 Políticas de *Order Batching*

Referente à forma como as encomendas são agregadas numa rota de *picking*, isto é, à sequência de processamento de encomendas por parte do picker. Existem várias estratégias de *order picking* distintas (Parikh & Meller, 2008). A forma mais comum e intuitiva, tem o nome de *picking* discreto e consiste em o *picker* fazer uma rota por encomenda/cliente e consolidá-la de uma só vez. Uma alternativa a este tipo de estratégia chama-se *batch picking* e consiste no ato de agregar um lote de artigos de diferentes encomendas na mesma ordem de *picking*. Neste modelo, na mesma rota são *pickados* artigos para várias encomendas simultaneamente, o que tendencialmente dará origem a rotas mais eficientes. No final da rota estes artigos são colocados numa zona intermédia, preferencialmente junto da zona de expedição, sendo posteriormente triados e novamente organizados por encomenda, para serem expedidos.

Outra hipótese consiste no *zone picking*, que não é mais do que a alocação pickers a regiões específicas do armazém, isto é, todos os artigos numa dada região são *pickados* pelo mesmo operador. Os mesmos autores acrescentam também que tanto para o *picking* discreto como para o *batch picking*, pode ser definida uma janela temporal onde é feita a operação de *picking*, por oposição à mesma ser feita continuamente ao longo do dia, e a definição desta janela tem o nome de *wave picking*.

No geral, a agregação de encomendas reduz a distância percorrida nas operações de *picking* (Dukic & Oluic, 2007). Isto acontece pois para um armazém com uma dimensão considerável e uma variabilidade de referências grande, agrupar encomendas maximiza o volume que é *pickado* em cada rota e minimiza o número de rotas efetuadas, bem como a distância percorrida nas mesmas. Por outro lado, o tráfego dentro do armazém é consideravelmente mais baixo visto que deixam de haver rotas para *pickar* pequenos volumes, melhorando a circulação dos operadores no armazém. A agregação de encomendas maximiza também os benefícios obtidos da otimização do armazenamento de referências no armazém, visto que existe uma relação sinérgica entre uma rota de *picking* com agregação de artigos de várias encomendas juntamente com uma organização do armazém por rotatividade de referências.

Contudo, é também necessário salientar algumas desvantagens da implementação do *batch picking*. No caso de se estar perante um armazém de dimensões reduzidas, com uma variedade de referências mais pequena, o processo simplificado de *picking* discreto pode ser mais apropriado. Uma das desvantagens é que o *batch picking* gera necessariamente dois momentos de *picking* distintos, o primeiro para pickar os artigos de diferentes encomendas na mesma rota e colocá-los na região intermédia, o segundo para triar e organizar por encomenda os artigos nessa mesma região. Este acréscimo de manuseamento gera inevitavelmente uma ineficiência que apenas se justifica numa operação de *picking* complexa. Adicionalmente, o *batch picking* necessita de estar suportado por um sistema informático com maturidade suficiente para auxiliar os operadores a minimizar os erros na consolidação das encomendas, que estão mais propensos a ocorrer.

Conforme é possível concluir, todas estas perspetivas possuem uma relação de interdependência e existe alguma sinergia na aplicação de metodologias relacionadas com todas elas, não deixando porém de ser verdade que serão colhidos benefícios imediatos aplicando cada uma forma independente. É comum intuir que apenas através da automação é possível atingir uma operação mais eficiente e produtiva, em toda a cadeia de valor. Contudo, tal como demonstrado, através da minimização das atividades sem valor acrescentado recorrendo a melhorias operacionais, os operadores dispõem de mais tempo (pela redução do desperdício) para efetuar as atividades de valor acrescentado ao mesmo ritmo, tornando-se assim mais produtivos. Cerca de 50% do tempo dedicado a operações de *picking* consiste em deslocações efetuadas pelos operadores (James A. Tompkins, John A. White, Yavuz A. Bozer, 2010). Isto leva a crer que, apesar de existir algum potencial de ganho de produtividade através da automação e melhoria tecnológica de processos, a relação custo benefício de implementar uma operação de *picking* bem estruturada que minimize as rotas efetuadas em vazio ou em sobcarga é mais vantajosa para qualquer organização, do que propriamente o investimento em tecnologias de ponta para automatizar alguns destes processos.

3 Caracterização da Situação Atual

A presente secção destina-se a descrever detalhadamente a situação inicial relativa a cada um dos projetos de melhoria contínua que são objeto de estudo da presente dissertação, neste caso o setor de produção da empresa e o armazém de expedição. Nesta secção será feita uma análise global das operações da empresa e as subsecções seguintes compreendem uma análise detalhada dos processos vigentes em cada um dos departamentos estudados, começando por ser relevante caracterizar o processo standard que é seguido pelos operadores, perceber o *layout* atual e a organização dos espaços, bem como fazer um levantamento de oportunidades através de um plano de observações estruturado das atividades nos departamentos.

Primeiramente, tal como já foi dito, por forma a melhor compreender a cadeia de valor da empresa holisticamente, torna-se essencial descrever o processo de valor acrescentado da empresa. Na Figura 4 encontra-se uma versão simplificada do mapeamento de fluxo de material da IRON.

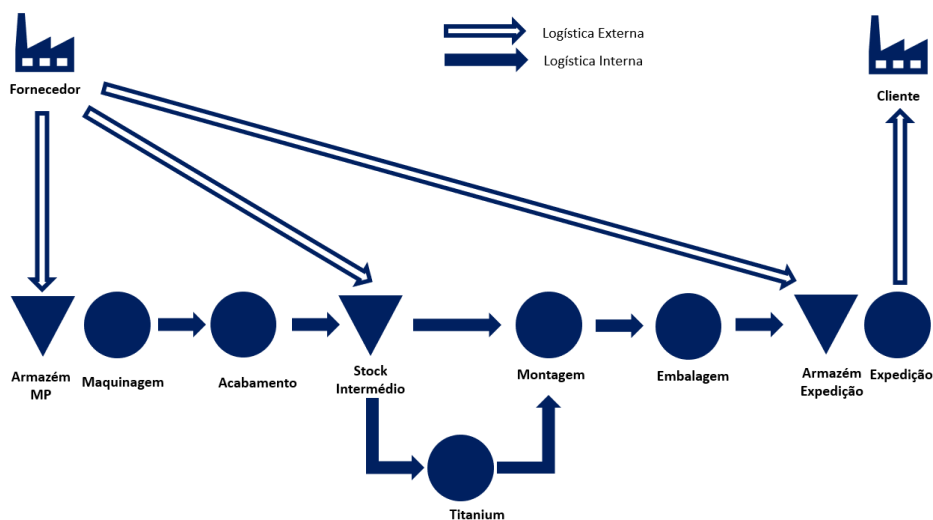


Figura 4 - VSM Produção IRON

Conforme é possível observar, existem nas instalações da empresa três grandes zonas de armazenamento abastecidas pelos fornecedores com finalidades distintas:

- **Armazém de Matéria Prima** – Onde é armazenado todo o material em bruto que serve de base para todos os produtos que são desenvolvidos internamente. É composto fundamentalmente por tubos de aço inox ou alumínio e perfis, tal como ilustrado na Figura 5, bem como outros componentes mais específicos tais como parafusos, entre outros. Esta matéria-prima serve fundamentalmente o departamento da maquinagem que é a atividade de valor acrescentado que se encontra mais *upstream* na fábrica.



Figura 5 - Armazém de matéria prima

- **Stock Intermédio** – Fisicamente composto por um armazém inteligente que entrega o material aos operadores com base em ordens de recolha no sistema informático e um conjunto de estantes de armazenamento, tal como ilustrado na Figura 6, onde os operadores de montagem recolhem o material de que necessitam para efetuarem a sua atividade. Este armazém é composto por um lado pelo material que é fornecido internamente pela maquinaria, mas também por material pronto a montar proveniente de fornecedores externos. Neste armazém encontra-se material acabado, mas também material por acabar, que terá de posteriormente ser acabado ou pela equipa do acabamento ou pelos operadores de montagem se for necessário.



Figura 6 - Armazém de Stock Intermédio

- **Armazém de Expedição** – Com uma localização distante do resto dos pontos de armazenamento junto da zona de expedição da empresa, é neste armazém que se localiza todo o produto acabado proveniente das instalações de produção da fábrica, bem como produto que é comprado e expedido diretamente para o cliente. Algumas imagens relativas ao armazém de expedição encontram-se ilustradas na Figura 7.



Figura 7 - Armazém de Expedição

As principais operações de valor acrescentado que se processam na cadeia de valor da empresa são:

- **Maquinagem** – Onde o produto é feito de raiz, utilizando a matéria prima proveniente dos fornecedores. É composto por diversos tipos de maquinaria tais como prensas, máquinas de corte, entre outros. As referências que passam pela maquinagem possuem uma vantagem competitiva relativamente aos restantes produtos fabricados, devido à perceção de qualidade superior que lhes é atribuída por serem produzidos integralmente pela IRON.
- **Acabamento** – A atividade de acabamento é solicitada por consequência de operações de maquinagem. Os operadores que trabalham no acabamento e maquinagem são no geral flexíveis entre os dois departamentos. Por norma, todos os produtos que saem do processo de maquinagem necessitam de operações de acabamento e posteriormente são

armazenados na zona de stock intermédio. Foi identificada uma carência de recursos humanos neste departamento, fruto da elevada carga de trabalho que o mesmo compreendia.

- **Montagem** – Recebe material da maquinagem bem como de fornecedores externos. Por norma os operadores abastecem-se no stock intermédio e realizam operações de montagem que no geral possuem tempos de ciclo curtos. Na situação atual, nem todo o material que se encontra no armazém de stock intermédio está totalmente acabado, pelo que é frequente os operadores de montagem procederem à realização de operações de acabamento para poderem processar as suas encomendas.
- **Embalagem** – É o processo de embalar, colocar em caixas e etiquetar o produto que se encontra montado. Caracteriza-se por tempos de ciclo curtos e operações manuais e de máquina com baixa complexidade técnica.
- **Titanium** – Constitui uma atividade de customização que pode ou não ser requerida pelo cliente, na qual é dado um acabamento à tonalidade do produto (acabamento em tom de cobre, ouro, preto, etc.). É o processo que gera uma maior complexidade no mix produtivo da empresa visto que a mesma referência pode desmultiplicar-se em muitas outras, mediante o acabamento titanium que receber. Constitui um bottleneck muito grande do processo produtivo devido à falta de recursos humanos para efetuarem todas as tarefas manuais necessárias ao processamento das encomendas (desmontagem das peças, lavagem, carregamento da máquina, montagem e controlo de qualidade)
- **Expedição** – Consiste na atividade final da cadeia de valor, antes do produto ser entregue ao cliente. Toda a atividade de expedição da empresa é centralizada num único armazém (que se encontra distante das instalações de produção) onde são efetuadas diariamente e de forma contínua as operações de receção, armazenamento e processamento de encomendas (*picking* e expedição para o cliente).

3.1 Produção

Esta subsecção, dedicada à descrição do problema para o setor da Produção, visa descrever qual a situação atual do mesmo, com uma visão global dos departamentos mais relevantes para todo o processo produtivo. Optou-se por focar a análise da situação atual nos departamentos de maquinagem, montagem e embalagem, pois os mesmos foram considerados como os mais relevantes no que toca a oportunidades de melhoria.

3.1.1 Caracterização do Processo

Em todos os projetos de melhoria contínua a caracterização detalhada do estado inicial dos processos que se pretendem transformar revela-se de extrema importância para uma implementação eficaz. O levantamento das oportunidades que terão o impacto mais significativo na performance das organizações só pode ser feito através de uma análise estruturada e recorrendo aos princípios Kaizen que servem de base para que posteriormente seja desenhada uma solução à medida das necessidades da empresa.

No que toca ao processo produtivo da IRON, a situação inicial caracteriza-se pela existência de um *layout* claramente funcional, onde os departamentos se organizam por técnicas em regiões distintas da fábrica. Na Figura 8 encontra-se a planta atual com recurso a sinalização visual dos departamentos mais importantes, bem como ao fluxo de material por ordem de precedência.

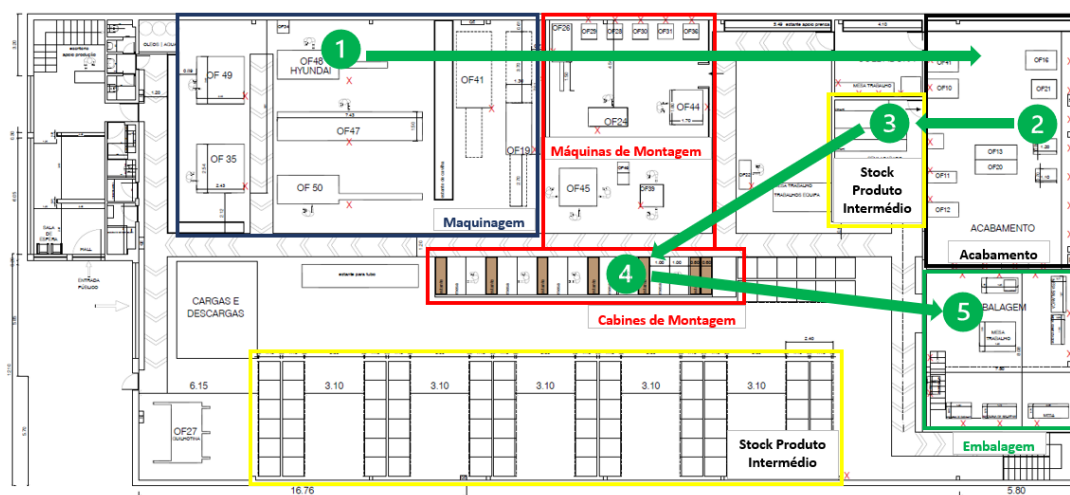


Figura 8 - Planta do Setor de Produção

O fluxo do material na fábrica funciona numa lógica *jobshop* de produção em grandes lotes de encomendas que são movimentados entre departamentos. Caracteriza-se por uma fase inicial de passagem da matéria prima pelo centro de maquinaria, sendo posteriormente dado acabamento ao artigo. O mesmo fica então armazenado numa das regiões de stock de produto intermédio. Assim que o departamento de montagem recebe uma encomenda por parte do cliente, o respetivo operador abastece a sua bancada do respetivo material recorrendo ao armazém de produto intermédio. Assim que montado, o artigo segue para a embalagem e é posteriormente enviado para o armazém de expedição.

Por forma a melhor compreender cada uma destas tecnicidades e levantar as oportunidades mais impactantes, foi realizado um plano de observações estruturado denominado “VA/MUDA” que consiste fundamentalmente no registo sequenciado das tarefas realizadas pelos operadores num intervalo de tempo, sendo as mesmas depois divididas em atividade de valor acrescentado (VA) ou atividade sem valor acrescentado (MUDA), recorrendo ao modelo dos 7 tipos de MUDA desenvolvido por Imai. O objetivo final deste tipo de análise consiste em, através da amostra recolhida, compreender qual a porção do tempo em que o operador desempenha atividades de valor acrescentado, e consequentemente, qual a porção do tempo considerada desperdício em termos produtivos. É também feita uma análise que visa hierarquizar quais dos 7 tipos de desperdícios são mais significativos para o departamento em análise. No Anexo B encontra-se o template utilizado para as observações, para melhor ilustrar a metodologia que foi seguida.

Os resultados da análise VA/MUDA por atividade encontram-se compilados na Figura 9.

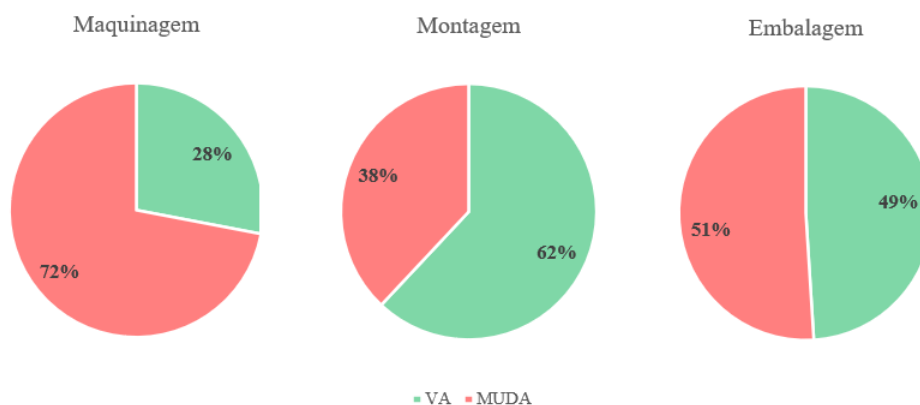


Figura 9 - Resultados VA/MUDA por departamento

Como é possível observar, nos 3 departamentos considerados como mais importantes, há evidências claras de que existem oportunidades de melhoria, dadas as elevadas proporções de

tempo de não valor acrescentado observadas. Os principais tipos de MUDA identificados por departamento encontram-se compilados na Tabela 1. Adicionalmente ao registo de observações foi também desenhado um Diagrama de Spaghetti por operação, isto é, um esquema visual que visa mapear uma amostra das movimentações do operador durante o seu processo produtivo, recorrendo a um *layout* simplificado para cada um dos departamentos. Os diagramas de spaghetti encontram-se ilustrados na Figura 10. Através deste diagrama é possível enaltecer ineficiências relacionadas com o *layout* do posto de trabalho, bem como com o método de trabalho do operador e sequenciamento de operações.

Tabela 1 - Principais tipos de MUDA por Departamento

	Principais MUDA
Maquinagem	Pessoas em Espera, Movimentação de Material, Produção em Excesso.
Montagem	Pessoas em Espera, Movimentação de Material, Movimentação de Pessoas
Embalagem	Pessoas em Espera, Movimentação de Pessoas, Erros e Defeitos

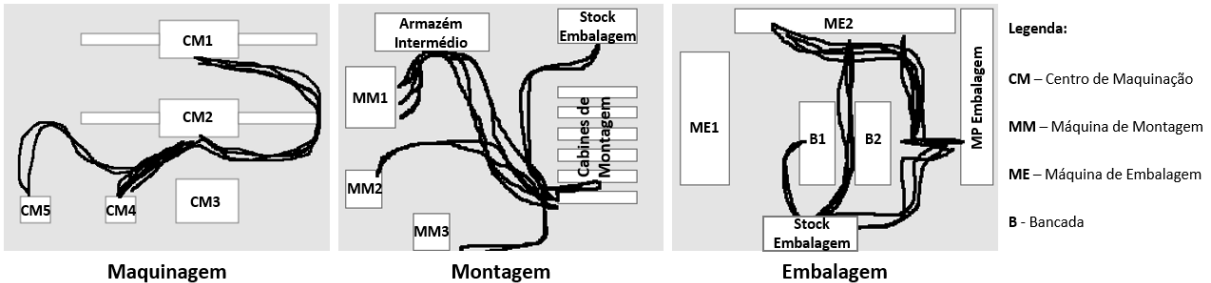


Figura 10 - Diagramas de Spaghetti por Operação

A equipa de maquinagem, composta por seis colaboradores, desempenha um processo caracterizado por um elevado tempo de setup, bem como um elevado tempo máquina relativamente ao tempo homem. Dado os elevados ciclos dos equipamentos utilizados, uma porção considerável da ocupação dos operadores era passada a aguardar para fazer o carregamento/descarregamento da máquina. Os técnicos abastecem-se do armazém de matéria prima e processam em grandes lotes (sobreprodução, isto é, produzindo quantidades superiores às encomendas dos clientes) o material nas diferentes máquinas que têm à sua disposição. Relativamente a oportunidades, a movimentação de material era uma fonte considerável de desperdício, visto que o fluxo do mesmo entre máquinas era pouco eficiente devido a problemas relacionados com uma má definição do *layout* de produção. O MUDA de produção em excesso já mencionado era também assinalável devido à vigência do paradigma de produção para stock, sem ser despoletada uma necessidade por parte do cliente. Uma otimização do *layout* e disposição das máquinas no chão de fábrica, bem como uma definição apropriada do *standard work* do operador, por forma a ocupar o mesmo durante o tempo de processamento da máquina, revelavam-se como ações com um impacto assinalável na produtividade e eficiência do processo. Os elevados tempos de setup dos equipamentos constituíam igualmente uma oportunidade de melhoria interessante, por forma a capacitar o departamento de maquinagem a produzir lotes mais pequenos. Tempos de setup mais curtos capacitariam a empresa de efetuar trocas de referência mais frequentes, reduzindo assim os níveis de stock necessário e tempo de entrega, sem comprometer o nível de serviço para com o cliente.

No que toca ao departamento de montagem, o mesmo era composto por cinco colaboradores que trabalhavam cada um na sua cabine individual, tal como ilustrado na Figura 11.



Figura 11 - Cabines de Montagem

Relativamente ao modo operativo, os técnicos de montagem começam por aceder à ordem de encomendas e utilizam o seu computador para colocar uma ordem de recolha de material no armazém inteligente de produto intermédio. No caso do material que necessitam não estar armazenado nesse local, acedem às restantes estantes com produto intermédio e recolhem o material manualmente ou com o respetivo equipamento.

Visto que, tal como já foi mencionado, nem todo o material que se encontra no armazém intermédio está acabado, é frequente os operadores de montagem necessitarem de proceder a operações de acabamento. Uma parte do material produzido na maquinaria é submetido a operações de acabamento no momento em que é produzido, enquanto que o restante material é armazenado e apenas posteriormente é dado o acabamento, neste caso pelos técnicos da montagem, mediante a sua necessidade.

Assim que acabado, o material é transportado de volta para a zona de trabalho, onde é montado. Por fim, o lote é transportado para o departamento de embalagem, onde fica a aguardar.

Alguns desperdícios identificados nas operações efetuadas surgem associados a alguns paradigmas vigentes no modo operativo: o primeiro era o facto de os mesmos levarem um tempo considerável para se abastecerem no armazém de stock intermédio, resultando assim num elevado tempo de espera e movimentação por parte dos mesmos, visto que tipicamente este abastecimento era feito encomenda a encomenda várias vezes por dia; o segundo é relativo à movimentação que era feita para abastecer o departamento seguinte, neste caso o departamento de embalagem, que se localizava numa zona distinta da fábrica; por outro lado, o paradigma de produção em lote gerava grandes quantidades de material em curso, o que por si só gerava custos de armazenamento para a empresa e custo de capital empatado, assim como aumentava o *lead time* de entrega ao cliente; a necessidade de dar acabamento ao material gerava igualmente uma ineficiência e uma instabilidade no processo que agravava os baixos índices de produtividade do departamento.

O diagrama de spaghetti da Figura 10 ilustra claramente a complexidade do fluxo de material e as ineficiências do processo. Uma oportunidade interessante que foi identificada na operação de montagem consiste em remover estas tarefas logísticas do operador, tanto o abastecimento da sua bancada como o transporte para departamentos seguintes, pois estas constituíam atividades sem valor acrescentado que consumiam uma percentagem de tempo considerável que poderia ser alocado à criação de valor, isto é, à montagem dos componentes.

No processo de embalagem, que dispunha de três operadores, os mesmos abasteciam-se fundamentalmente do material que era fornecido por parte da montagem. Após recolhido, o material era embalado ou manualmente, ou numa máquina de plastificação (para peças pequenas), ou numa máquina que filmava componentes de dimensões superiores.

Posteriormente o artigo era colocado dentro de uma caixa que tinha de ser montada, uma etiqueta era colocada nessa mesma caixa e o material era colocado numa palete que seguiria então para o armazém de expedição.

O principal desperdício desta atividade surgia associado ao tempo observado na procura de material, assim como erros e defeitos no processo de embalagem. Um ineficaz balanceamento de tarefas e um elevado tempo máquina face ao tempo homem constituíam igualmente fontes de desperdício assinaláveis. As principais oportunidades identificadas consistiam na criação de um bordo de linha normalizado para a operação de embalagem, assim como num melhor balanceamento de tarefas entre operadores. A integração de operações com outros departamentos também se evidenciou como uma melhoria com potenciais de ganho interessantes, pois além de combater todas as fontes de desperdício supracitadas, possuía o acréscimo de garantir uma melhoria nos índices de qualidade devido à redução do WIP.

3.1.2 Análise ABC Produção

Um dos cinco princípios Kaizen propostos por Imai para a implementação de um projeto de melhoria contínua de forma eficaz constitui o recurso aos dados para que possa ser feita uma análise científica devidamente fundamentada. Grande parte do tecido empresarial composto por empresas de média/grande dimensão (no qual a IRON se inclui) atualmente está capacitado com sistemas e estruturas de recolha de dados suficientemente sofisticados que conferem a possibilidade de fazer este tipo de análise. Contudo, inúmeras organizações, incluindo a IRON, são ainda incapazes de transformar estes dados em informação de valor para o negócio.

Torna-se portanto essencial recorrer a ferramentas de análise de dados para materializar com dados concretos qual é a real situação da empresa no contexto atual. No caso do projeto de melhoria em questão, três análises distintas revelaram-se como fundamentais para que o desenho de solução pudesse ser conduzido na direção certa.

Primeiramente é importante arranjar uma forma de relacionar o volume de faturação da empresa com o mix produtivo que a mesma oferece, isto é, procurar compreender de que forma é que o número de referências distintas oferecidas pela organização impacta os resultados do seu negócio. Para isso é comum utilizar uma técnica desenvolvida por Vilfredo Pareto denominada Análise de Pareto ou Análise ABC. O princípio que rege esta análise afirma que, para um elevado número de ocorrências, 80% dos efeitos advêm, aproximadamente, de 20% das causas. Por outras palavras, esta técnica consiste em agrupar dados input (neste caso, o número de referências) mediante a sua contribuição para um determinado output (neste caso, a faturação). O critério mais comum é o de classificar como A todas as unidades de input que contribuem para 80% do output, B as unidades que contribuem para 15% e C as restantes. No caso em concreto da IRON, esta análise foi feita optando-se por criar uma 4ª categoria A+, tal como ilustrado na Tabela 2, visto que se considerou expectável haver uma porção bastante reduzida de referências com um impacto muito significativo na faturação.

Tabela 2 - Dados Análise ABC

Tipo de Referência	Volume de Faturação
A+	45%
A	35%
B	15%
C	5%

Este tipo de análise é fundamental pois qualquer projeto de melhoria assenta na premissa de que a sua implementação tem de se materializar em resultados financeiros para a empresa. Deste modo, o impacto que o projeto terá será tanto maior quanto mais focalizado nos principais pilares do negócio for a sua implementação.

Os resultados obtidos na Análise ABC para os dados fornecidos pela empresa para o ano de 2020 comparando o número de referências oferecidas e o volume de negócio que as mesmas representam para a IRON encontram-se compilados no gráfico da Figura 12.

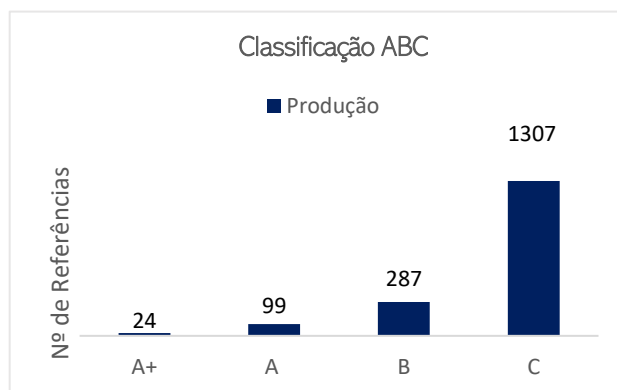


Figura 12 - Análise ABC de número de referências por volume de faturação

Conforme é possível observar, as referências A+ perfazem uma fração muito reduzida (1,4%) do total das referências oferecidas pela empresa aos seus clientes, e, não obstante, contribuem para quase metade do seu volume de negócios. Por outro lado, uma grande parte (76,1%) das referências oferecidas pela empresa, neste caso as referências C, contabilizam apenas 5% do volume de negócios total da organização. Compreende-se assim que uma fração altamente reduzida de referências geram um grande volume de negócio para a IRON. É, portanto, possível concluir que haverá um maior retorno e melhores oportunidades de melhoria no aumento da produtividade de referências A e A+.

3.1.3 Lead time

A estratégia de negócio da IRON não contempla, na situação inicial, qualquer tipo de compromisso relativamente ao nível de serviço para com o cliente. Os prazos de entrega não são previamente estipulados pois existe uma imprevisibilidade associada ao processo produtivo que impossibilita a definição dos mesmos. A imprevisibilidade assume contornos ainda mais acentuados no que toca a referências que necessitam de acabamento Titanium, sendo que cerca de 33% da produção interna requer esse tipo de customização.

Na Figura 13 encontra-se um gráfico que relaciona o *Lead time* das encomendas na produção, cruzando esta mesma informação com a análise ABC que foi previamente realizada, por forma a melhor compreender até que ponto é que na situação atual existe um compromisso por parte da IRON para com os seus clientes de entregar as suas referências mais procuradas num prazo mais curto. Conforme já foi explorado em secções anteriores, as referências produzidas internamente podem ser adquiridas na sua versão standard, ou podem receber um tratamento em titanium (tonalidade diferente). Visto que esta customização agrava de forma significativa o *lead time* dos produtos, justifica-se fazer uma distinção entre o *lead time* para referências que recebem o tratamento titanium após serem produzidas e o *lead time* para as referências que não têm esse tratamento, às quais foi dado o nome de “Produção”. Em suma, importa distinguir o *lead time* para as referências produzidas que recebem o acabamento titanium e o *lead time* para as referências produzidas que não recebem.

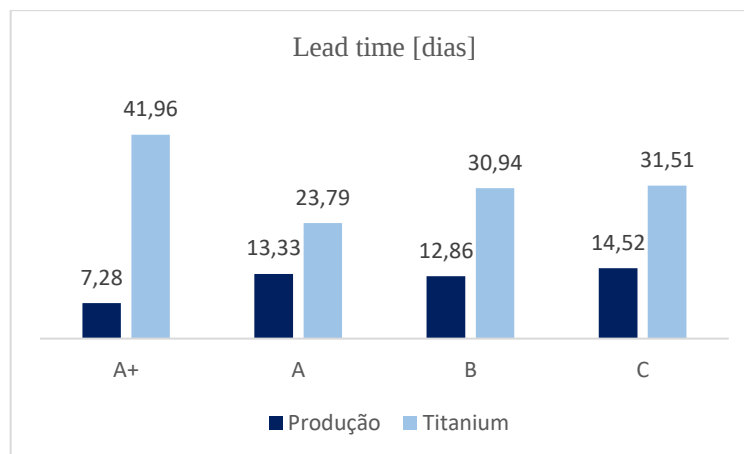


Figura 13 - Lead time Produção vs. Titanium

Analisando o gráfico da Figura 16 é possível perceber que existe, na situação atual, uma ineficiente hierarquização do processamento de encomendas face à tipologia de produtos que correspondem à mesma. Os prazos de entrega para referências A+ que necessitam de acabamento Titanium é superior a todas as outras, sendo que os tempos de processamento são similares às restantes referências. Este dado indica que não existe um compromisso da organização com entregar as suas referências mais relevantes num prazo mais curto. Para o caso de referências relativas à produção (sem tratamento titanium), existem evidências de uma melhor priorização de encomendas com referências A+, sendo que para as mesmas os prazos de entrega revelam-se ainda assim bastante elevados a rondar os 7 dias. Para referências A, B e C de produção, os prazos de entrega são substancialmente mais elevados.

3.1.4 Stocks

A análise dos níveis de inventário da IRON no final do ano de 2020 revela-se de uma importância singular para fazer um correto diagnóstico da situação atual do seu processo produtivo.

Recuperando os fundamentos Kaizen já apresentados é possível compreender que “material em espera” constitui um dos 7 tipos de desperdício, precisamente porque a constituição de stock não acrescenta qualquer tipo de valor ao cliente. O que acrescenta valor é o nível de serviço que lhe é prestado.

Recorrendo aos dados de 2020 para o produto em inventário da IRON, foram feitos dois tipos de análise:

- **Cobertura de Stock** - Uma análise aos inventários da empresa em função do período de cobertura que os mesmos conferem. O objetivo passa por ser perceber de que forma a empresa possui na situação atual cobertura para as referências que oferece (Figura 14) considerando o valor do stock a preço de venda.
- **Stock por ABC** - Uma análise ao valor dos inventários a preço de venda em função da rotatividade do produto em questão, isto é, cruzando a análise de inventários com a análise ABC previamente realizada (Figura 15).

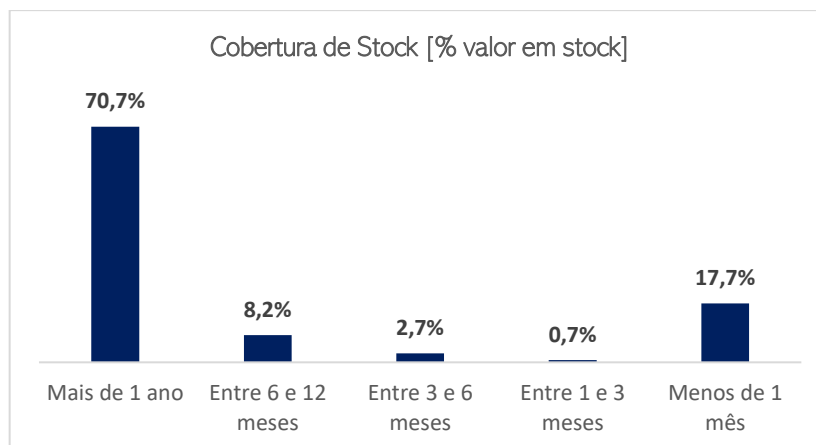


Figura 14 - Cobertura de Stock por número de referências

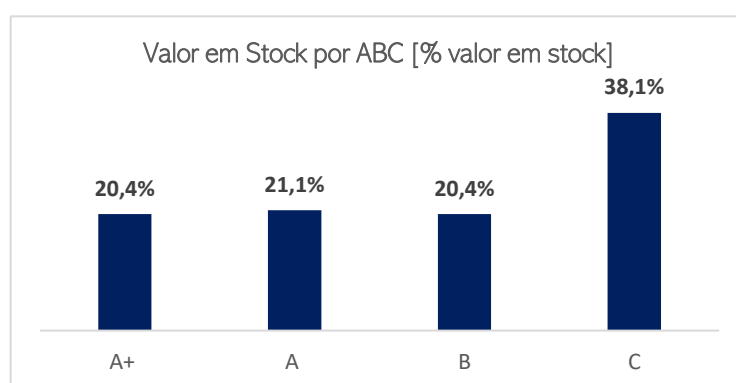


Figura 15 - Valor em Stock por classificação ABC

Conforme é possível observar, a IRON possui uma política de gestão de stocks que se revela ineficiente na priorização de referências que são mais procuradas pelo cliente, isto é, uma grande parte do stock que a empresa constitui é relativo a referências C que representam menos de 5% da faturação da empresa. Este dado relaciona-se com o facto de a empresa possuir um paradigma transversal a todos os departamentos de produzir para stock para maximizar a utilização dos recursos produtivos (máquinas e pessoas), por oposição a maximizar o fluxo na produção e a entrega de valor ao cliente.

Deste modo é possível afirmar que o paradigma de produção em *push* vigente na empresa, com uma baixa tração entre a encomenda do cliente e a produção efetiva, gerou ao longo dos anos uma acumulação de stock de referências C com baixa procura que foram gradualmente sendo acumuladas nos armazéns da empresa. Para referências A, com mais procura, naturalmente a empresa não se encontra num estado tão extremo de inventário em excesso.

Além disso, 71% das referências possuem um período de cobertura superior a 1 ano. Isto denota dois fenómenos relacionados com a estratégia da empresa: o primeiro foi já mencionado e a relaciona-se com a acumulação de stock para referências C que possuem uma procura extremamente reduzida; o segundo é que a mesma frequentemente lança produtos novos que acabam por ser descontinuados e constitui uma grande quantidade de stock mesmo não possuindo encomendas que justifiquem essa abordagem (gerando custos de obsolescência).

Resta concluir que existe uma oportunidade significativa de melhorar o nível de serviço ao cliente caso seja possível aproveitar o espaço de armazenamento e capital investido para stock de referências C.

Não obstante, a constituição de inventários será sempre uma forma de desperdício a evitar e os mesmos devem ser corretamente dimensionados. Esse dimensionamento é feito tendo em conta o *lead time* de produção, a variabilidade da procura, o consumo médio de cada uma das

referências e o SLA acordado com o cliente. Este tipo de abordagem permite à empresa estabilizar os níveis de inventário, garantindo que a mesma é capaz de responder às necessidades dos clientes e simultaneamente rentabilizar a utilização dos ativos produtivos da empresa.

3.1.5 Carga de trabalho: Montagem/Embalagem

Ainda relativamente à situação atual do setor de produção da IRON, foi identificado como pertinente o levantamento da carga de trabalho semanal relativa aos dois departamentos onde se identificaram as oportunidades de melhoria com melhor relação custo-benefício: montagem e embalagem. Recorrendo aos dados relativos aos tempos de ciclo para as famílias consideradas no desenho de solução e à procura semanal média no ano de 2020 para as mesmas, foi possível compreender qual a dimensão da carga de trabalho que recaía sobre estes dois departamentos.

Analisando os dados da carga de trabalho para cada uma das famílias, ilustrados na Figura 16, é possível deduzir que a família dos Puxadores SR representa uma porção extremamente considerável da carga semanal total em horas.

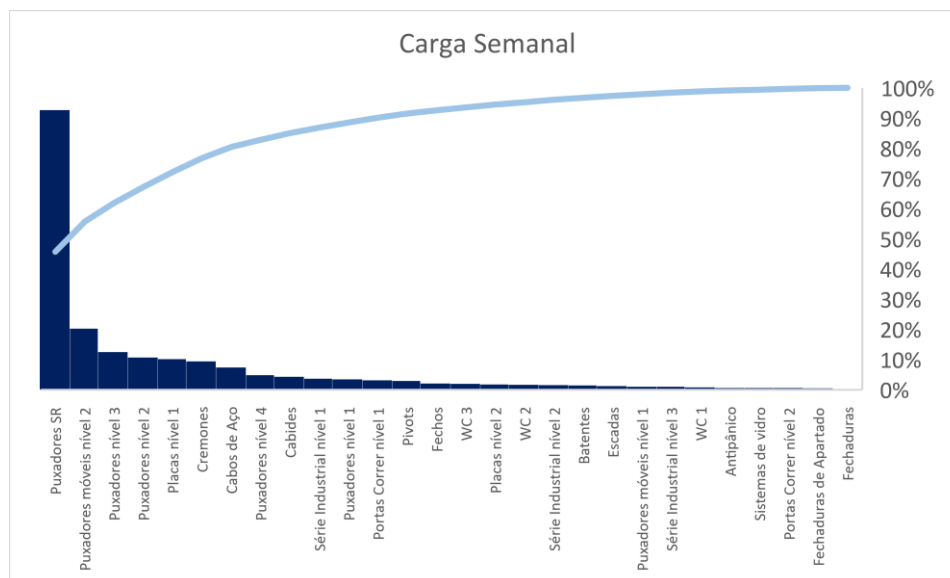


Figura 16 - Carga semanal montagem/embalagem

Foi identificado que, na situação inicial, este tipo de produtos (Puxadores SR) seguiam o seguinte fluxo de material ilustrado na Figura 17.

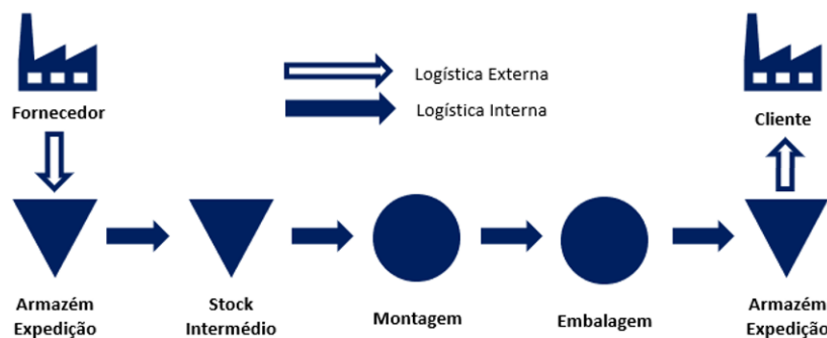


Figura 17 - Fluxo de material Puxadores SR

Após serem encomendados pela empresa (visto que não eram produzidos na IRON) e rececionados, tal como todos os restantes produtos, no armazém de expedição, eram conferidos pelo pessoal da logística. Uma parte do produto era armazenada em stock no armazém de expedição (visto que se constituía uma grande quantidade de stock para estas referências) e

outra parte era armazenada no armazém da produção. Diariamente era transportado o material relacionado com este tipo de puxadores para o armazém junto da produção por forma a responder à elevada procura *que os mesmos representavam, e era recolhido o material que se encontrava já montado e embalado para ser levado para o armazém de expedição. Em termos de processo de montagem propriamente dito, o material era submetido a uma operação de assemblagem extremamente simples e rápida e posteriormente era embalado. Além disso, este tipo de produto não era submetido ao acabamento titanium (que era o processo *bottleneck* da produção), pelo que o seu fluxo era bastante normalizado e eficiente. A principal oportunidade que surgiu através da análise do fluxo produtivo desta família de referências era a simplificação da operação logística que lhe estava associada.

3.2 Armazém de Expedição

Nesta subsecção pretende-se descrever detalhadamente todas as atividades desempenhadas no armazém de expedição da IRON, caracterizando detalhadamente o fluxo de valor do departamento. O objetivo é, partindo da situação atual das operações, levantar as principais oportunidades de melhoria que se revelam como mais impactantes e disruptivas para proporcionar um aumento de produtividade na operação de gestão de armazém da IRON.

3.2.1 Caracterização do Processo

Analogamente ao estudo que foi efetuado na subsecção anterior é, numa fase preliminar, altamente relevante caracterizar detalhadamente o processo vigente no armazém de expedição da IRON para que possa ser delineada a estratégia que mais impacto terá nos indicadores definidos para esta iniciativa de melhoria (produtividade e *lead time* de processo de expedição). O processo standard da IRON é similar ao da grande maioria dos armazéns e é composto por três grandes fases, ilustradas na Figura 18.



Figura 18 - Principais atividades do armazém

- **Receção** – A fase de receção constitui a primeira grande atividade necessária para o bom funcionamento do armazém de expedição da IRON. Esta atividade é feita pela equipa de logística, composta por 2 elementos, que se responsabiliza por efetuar a receção de material e armazenamento nos vários armazéns de produto acabado e matéria prima que a IRON possui. O principal objetivo desta atividade é garantir que a encomenda entregue pelo fornecedor se encontra conforme, isto é, foi entregue o produto certo nas condições acordadas a nível de qualidade, quantidade e momento de entrega. Na situação atual, as atividades desempenhadas pelos técnicos de logística são a marcação do momento de entrada do material no armazém, o descarregamento do material entregue pelo parceiro logístico e por fim a contagem e conferência do produto rececionado (incluindo verificações de qualidade). Posteriormente é dada entrada do material em stock, isto é, a referência é identificada e é registada no sistema informático. Na Figura 19 encontra-se a planta do piso do armazém onde é feita a receção de todo o material, com destaque para a zona de receção onde as transportadoras fazem as suas entregas e para os elevadores que efetuam o transporte do material entre pisos.

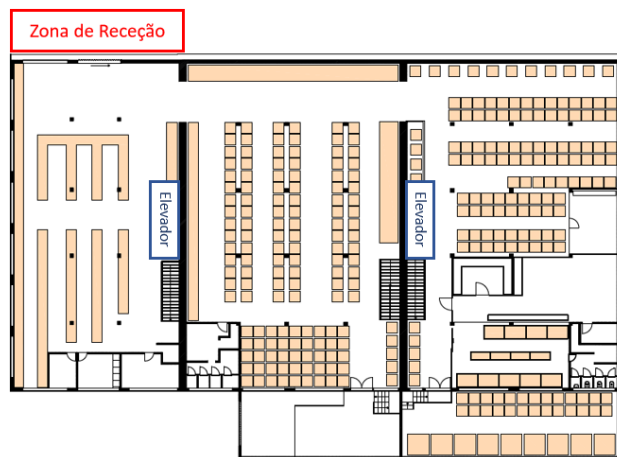


Figura 19 - Planta *Layout* Piso de Receção da IRON

- Armazenamento** – As tarefas de armazenamento são desempenhadas pelos mesmos produtivos responsáveis pela receção de material. Depois de rececionado, o produto necessita de ser devidamente armazenado no local que lhe está atribuído. Conforme é possível compreender através da Figura 19, existem 2 elevadores no piso de receção que são responsáveis por fazer o transporte de material para o piso de expedição, que se localiza imediatamente acima do piso de receção. Em ambos os espaços é armazenado material nas estantes assinaladas a laranja sendo que é naturalmente dada prioridade a colocar todas as referências disponíveis no piso de expedição, ficando o piso de receção reservado para inventário em excesso. Aquando do armazenamento, os operadores logísticos necessitam de identificar devidamente a referência que foi já rececionada e arrumar os artigos na posição do armazém que lhes está atribuída. Na situação atual, nenhuma das posições do armazém se encontra informatizada e o processo de arrumação era muitas vezes ineficiente devido ao facto de não existir visibilidade no sistema informático relativamente ao local que foi definido para arrumação de cada produto. Este problema é atualmente mitigado através da especialização de operadores face a determinados tipos de referências, isto é, existem operadores dedicados a arrumar tipologias de produto e regiões específicas do armazém. A cada uma das posições do armazém é atribuída uma referência, sendo que uma dada posição apenas pode conter o produto que lhe está alocado, o que muitas vezes origina uma má ocupação das posições de armazenamento.
- Expedição** – O processo de expedição da IRON tem lugar no piso superior ao piso de receção, e a sua planta encontra-se ilustrada na Figura 20. Existem na situação atual 6 operadores inteiramente dedicados a atividades de expedição. Neste processo, o operador consulta no sistema informático a encomenda pendente para um determinado cliente e efetua uma rota pelo armazém de modo a recolher todos os produtos que constituem a encomenda em questão. Analogamente ao que é feito no processo de armazenamento, existe uma especialização dos técnicos face a determinados clientes e regiões do armazém. Deste modo, compreende-se que o sistema de *picking* vigente é o *order picking* (ou *picking* discreto), isto é, o técnico picka as encomendas cliente-a-cliente à medida que as encomendas vão sendo colocadas no sistema. Não existe na situação atual nenhuma prática de *wave picking*, que denota a existência de uma janela de abertura diária para serem feitas todas as operações de *picking* de uma só vez. De igual modo, não existe nenhum sistema de controlo do estado das encomendas nem do estado de cada artigo em stock. Assim que a encomenda é pickada, a mesma é filmada caso compreenda artigos de grande dimensão recolhidos num porta-paletes, ou embalada caso seja uma encomenda de pequenas dimensões que foi recolhida num carro de apoio. A encomenda é também pesada por questões de segurança, faturada e por fim

colocada no camião da transportadora. Por norma existem 4 momentos de expedição diários acordados com as transportadoras que trabalham em parceria com a IRON.

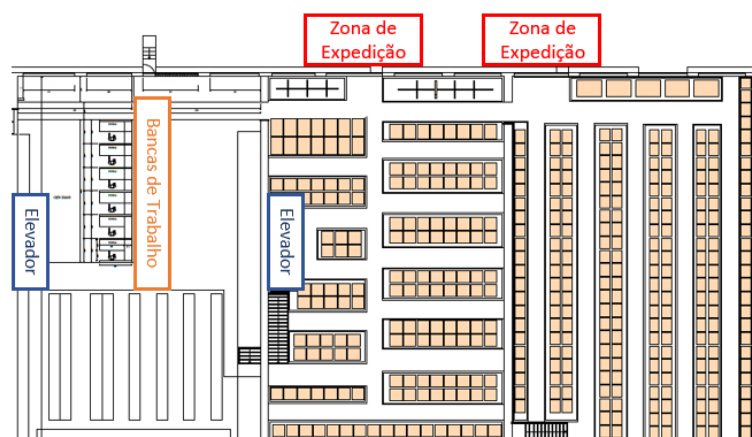


Figura 20 – Planta *Layout* Piso de Expedição da IRON

Similarmente ao processo seguido para o workshop de Desenho de Célula, foi também realizado um exercício de observação das atividades desempenhadas no departamento com vista a classificá-las enquanto atividades de valor acrescentado ou atividades de desperdício (Análise VA/MUDA). Os resultados para esse mesmo estudo encontram-se compilados na Figura 21. Na Tabela 3 encontra-se também um resumo relativamente aos principais MUDA observados.

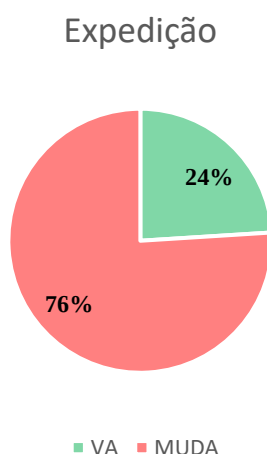


Figura 21 - VA/MUDA Expedição

Tabela 3 - Principais MUDA Expedição

	Principais MUDA
Expedição	Pessoas em espera, Movimentação de Material, Movimentação de Pessoas (Procura de Material), Sobreprocessamento

Conforme já foi evidenciado na revisão da literatura, em média cerca de 55% dos custos inerentes à gestão de um armazém estão associados à operação de *picking*. Efetivamente, no armazém da IRON existem oportunidades de melhoria nesse sentido, visto que foi observado que na maioria das rotas efetuadas pelos operadores os mesmos se encontravam em sobcarga, isto é, faziam viagens com pouca carga ou transportando artigos de pequenas dimensões. Observou-se também a existência de oportunidades de melhoria significativas na arrumação e normalização das posições do armazém, visto que não existe na situação atual uma visibilidade clara e um acompanhamento por parte do sistema informático relativamente ao local onde os artigos se encontram armazenados e ao estado dos mesmos. Esta falta de visibilidade dificultava

o trabalho da equipa de compras que tinha dificuldade em compreender qual a real quantidade de produto em stock. Além disso, a falta de visibilidade gerava também tempos de procura e ineficiências no processo de *picking*. Outro dos problemas identificados consiste no mau aproveitamento que é feito na arrumação das estantes. Efetivamente, na situação atual a organização que é feita do armazém não prevê a rentabilização do espaço disponível. Esse paradigma associado ao excesso de stock que a empresa possui, resulta na existência de material desarrumado no chão do armazém que dificulta o tráfego e consequentemente reduz a produtividade dos operadores

3.2.2 Análise ABC Armazém

Analogamente ao que foi feito para o Desenho de Célula, é relevante fazer agora uma análise ABC às referências que se encontram em inventário no armazém de expedição. Neste caso a abordagem será diferente, no sentido em que se revela como mais pertinente compreender qual a quantidade em stock por tipologia de volume. Por forma a perceber se o armazém compreende uma grande quantidade de peças de pequeno volume fáceis de manusear ou se é necessário reservar mais espaço para artigos de grandes dimensões, foi feito um estudo nesse sentido. Para tal, agrupou-se as referências em famílias por homogeneidade de volume, isto é, criou-se uma classificação que compreendesse volume uniformes para cada uma das categorias definidas.

Na Figura 22 encontra-se um diagrama de pareto para ilustrar os resultados obtidos, utilizando as famílias que foram definidas como compreendendo volumes homogêneos.

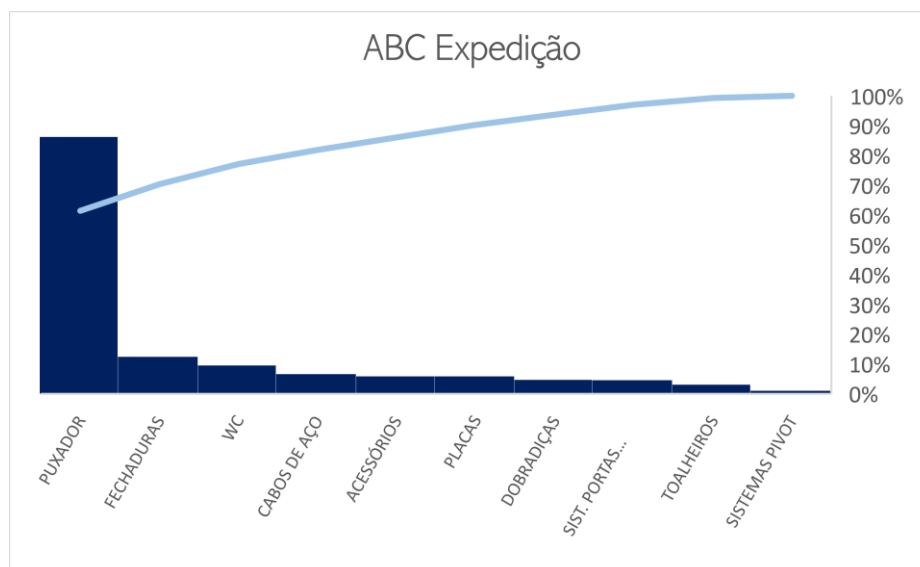


Figura 22 - Diagrama de Pareto por Família (Armazém)

Conforme é possível compreender, uma porção altamente considerável do volume que se encontra no armazém concentra-se numa variedade muito reduzida de famílias. Contabilizando apenas a família dos puxadores é possível perceber que cerca de 60% do volume total armazenado é alocado ao mesmo, sendo que as 5 famílias que ocupam mais espaço no armazém totalizam 85% da capacidade de armazenamento disponível, não contendo nenhuma destas famílias referências particularmente volumosas. Por referências volumosas compreenda-se referências que necessitam de ser transportadas num porta paletes. Deste modo, compreende-se que uma porção muito significativa do espaço do armazém no desenho futuro será ocupado por referências de dimensões muito reduzidas.

4 Desenho de Solução e Ações Implementadas

Neste capítulo será descrito o processo de desenho de solução para ambas iniciativas, isto é, será descrita qual a visão futura que se pretende implementar para atingir os objetivos delineados no início do projeto e serão caracterizadas e descritas as principais ações necessárias para pôr em prática a visão que foi definida.

4.1 Célula de Montagem e Embalagem

4.1.1 Visão Futura

No que toca ao Desenho de Célula, a visão futura caracteriza-se pela integração das operações de montagem e embalagem numa célula dedicada, na qual estas duas atividades são realizadas em fluxo unitário, isto é, o trabalho em curso é processado peça a peça, sem existir possibilidade de criação de stock intermédio. Esta integração surge na consequência das oportunidades que foram identificadas na fase de planeamento, durante a qual foi possível perceber que existia um grande desperdício associado à produção em lote e à separação destas tarefas em departamentos funcionais, visto que as mesmas possuíam ciclos curtos e tempos de processamento estáveis. A integração destas duas operações também se traduzirá previsivelmente numa redução significativa do *lead time* do processo, do stock em curso e dos níveis de inventário necessários para cumprir os SLA's com o cliente. Para que o desenho da célula seja adequado á realidade da empresa, a solução é desenhada de forma iterativa e faseada com as equipas de montagem e embalagem, juntamente com o diretor da produção e de qualidade. Os capítulos que se seguem visam descrever as principais etapas do desenho da solução implementada.

4.1.2 Tempos de Ciclo

Existe uma componente de levantamento de informação que é indispensável numa implementação de um projeto de melhoria contínua. No caso do desenho de célula, o dado mais relevante necessário para fazer um balanceamento de tarefas adequado é o tempo de ciclo de cada uma das referências que são produzidas. Através do tempo de ciclo será possível dimensionar a célula a nível de recursos produtivos necessários e balancear as diferentes operações de montagem e embalagem, alocando-as aos diferentes operadores da linha procurando maximizar a ocupação dos mesmos.

A metodologia idealizada para o levantamento dos tempos de ciclo consistiu na utilização de ferramentas digitais para filmagem das operações. Considerou-se pertinente a filmagem das operações por forma a, numa fase posterior, ser possível segregar a operação de montagem e a operação de embalagem em operações mais pequenas que poderiam ser distribuídas por diversos operadores.

O principal obstáculo identificado no levantamento destes tempos deveu-se à complexidade do mix produtivo da empresa, isto é, à quantidade de referências oferecidas pela mesma. No total, não contabilizando a desmultiplicação de referências em diferentes tipos de acabamento titanium, o departamento de montagem (e consequentemente o departamento de embalagem) produzia cerca de 800 referências distintas. O levantamento de tempos de ciclo para um mix produtivo tão complexo revelou-se como impraticável do ponto de vista de implementação, sendo que foi definida uma estratégia alternativa de levantamento de dados. A abordagem seguida consistiu em agrupar diferentes referências em famílias por similaridade, partindo do pressuposto que as operações de montagem eram maioritariamente as mesmas dentro da mesma família, sendo que o levantamento do tempo de ciclo seria feito por amostragem da mesma, filmando aleatoriamente uma qualquer referência que a compusesse.

Para tal foi utilizada uma listagem que a empresa possuía associada à identificação normalizada de referências que era utilizada. A Figura 23 ilustra um exemplo do standard utilizado.

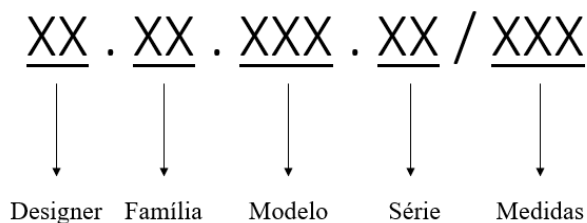


Figura 23 - Standard de Referência

Conforme é possível observar, existe uma parcela da referência que denota a família do produto. Tendo em conta que se verificou que a IRON produz dezenas de famílias diferentes, considerou-se como adequado o levantamento de dados para uma referência por família que serviria de amostra para extrapolar para toda a família a que essa mesma referência pertencia.

Definindo um cronograma de acompanhamento com a equipa alinhado com as ordens de produção e com o planeamento da empresa, foi possível constituir os registos audiovisuais necessários para proceder ao levantamento da situação atual no que toca aos tempos de ciclo de todas as referências da IRON.

Assim que concluído este levantamento de dados, os mesmos foram apresentados à equipa responsável pela iniciativa, incluindo elementos do KI e elementos da IRON, e discutidos num ambiente de workshop em sala. No momento de desenho de solução, no qual se procurava definir qual a dimensão da célula a nível de recursos e qual a alocação de referências a cada uma das células, foi identificada uma questão fundamental relativamente aos tempos de ciclo. Evidenciou-se que a generalização que foi feita através da família do produto poderia não conferir ao desenho de solução o detalhe necessário para fazer um dimensionamento correto. Em suma, foram identificadas algumas inconsistências no que toca à generalização de um determinado tempo de ciclo para uma família, visto que existia ainda alguma variabilidade de processo de montagem dentro das famílias que foram inicialmente definidas. Para mitigar este condicionalismo, foi necessária uma redefinição das famílias para as quais seria generalizado um tempo de ciclo comum relativo a todas as referências que nela estavam incluídas.

A metodologia utilizada para redefinir as famílias de forma a obter uma divisão com maior adesão à realidade começou pela enumeração de todas as operações que são feitas no departamento de montagem e no departamento de embalagem. Através desta lista, tornou-se possível redefinir as famílias originais que foram extraídas da referência dos produtos em subfamílias. Iterativamente cada uma das famílias foi verificada e segregada sempre que necessário. O resultado final foi uma matriz com as diferentes operações nas colunas e as diferentes subfamílias nas linhas, que se encontra ilustrada no Anexo C. Por fim foi necessário para cada referência definir a qual das novas famílias a mesma pertencia. Através desta matriz foi possível calcular qual o respetivo tempo de ciclo de montagem e tempo de ciclo de embalagem que se iria generalizar para cada uma das novas famílias, e consequentemente para cada uma das referências.

4.1.3 Princípio de Balanceamento de Operações

Assim que corretamente definido o tempo de ciclo para cada uma das referências produzidas, é necessário definir de que forma devem ser balanceadas as tarefas na célula montagem/embalagem. O coeficiente utilizado para balancear uma célula e garantir que a mesma tem capacidade para satisfazer a procura do cliente foi já analisado no capítulo de revisão da literatura e tem o nome de takt time. Tal como já demonstrado, o takt time representa a cadência que a linha deve ter para satisfazer as necessidades do cliente, fazendo o quociente entre o tempo de abertura da linha e o output necessário (procura). O princípio de

balanceamento de operações assenta na utilização do takt time para delimitar o tempo de ciclo máximo admissível para cada posto de trabalho. Tal como descrito na revisão da literatura, é usual num balanceamento de linha começar pela definição do número mínimo de postos de trabalho necessários para satisfazer a procura do cliente. Mediante o número mínimo obtido, a ideia passa por ser distribuir as tarefas pelos diferentes postos da forma mais balanceada possível para nivelar a carga de trabalho. O cálculo desse coeficiente é obtido através do quociente entre o tempo total da operação de montagem e embalagem e o takt time da linha.

É então necessário primeiramente calcular o takt time global da linha tendo em conta a procura semanal para todos os produtos que a mesma produz, obtida utilizando os dados relativos ao ano de 2020. Foram considerados cinco turnos de oito horas como tempo de abertura semanal da linha. Feito o quociente, obteve-se um takt time de aproximadamente 2 minutos, ou seja, em média a linha deve debitar uma unidade a cada 2 minutos de produção. Tendo em conta a complexidade do mix produtivo da IRON, a consideração de um valor médio para o takt revela-se um indicador útil mas inconclusivo no que toca ao balanceamento da linha, visto que determinadas famílias podem ter ciclos de montagem superiores ao takt e existir igualmente a possibilidade de serem integrados na linha, caso compreendam uma procura relativamente reduzida. No que toca ao número mínimo de postos de trabalho, o mesmo indicador foi calculado para cada uma das famílias consideradas utilizando o takt global e o tempo total de operação da família. Os resultados foram que para 85% das famílias apenas era necessário 1 operador, sendo que para as restantes eram necessários 2 operadores, excetuando uma para a qual eram teoricamente necessários mais do que 2 operadores (no entanto, a família em causa tinha uma procura bastante reduzida).

Não obstante, é fundamental salientar que num contexto onde diversos produtos com tempos de ciclo distintos dão entrada na mesma linha, o cálculo do takt time apenas se revela como um indicador relevante caso o desvio padrão do tempo de ciclo não se revele demasiadamente elevado, como é o caso (cerca de 40 segundos de desvio de padrão de tempo de ciclo). Para auxiliar no balanceamento da célula, é de extrema utilidade completar o estudo que foi feito relativo ao takt time com uma técnica de dimensionamento de trabalho alternativa, que consiste em calcular a carga total semanal para cada uma das famílias. Esta técnica proporciona uma visão da carga de trabalho efetiva que existe na linha para que posteriormente sejam alocados os recursos produtivos. Em suma, a ideia passa por ser multiplicar a procura semanal da família pelo tempo de ciclo associado à mesma. O resultado será o tempo total que necessita de ser dedicado semanalmente à produção desse conjunto de referências, sendo que comparando essa mesma carga com o tempo de abertura dos operadores disponíveis será possível compreender qual a necessidade global de alocação de recursos. Por exemplo, se a carga total semanal for superior às quarenta horas disponíveis, facilmente se compreende que será necessário mais do que um operador na linha a montar e a embalar.

Feito o cálculo descrito, observou-se que a carga total semanal é de cerca de 60 horas, pelo que previsivelmente serão necessários no mínimo 2 operadores. De notar que na situação inicial existiam 5 operadores no departamento de montagem.

Definido o número de postos de trabalho necessários para responder à procura do cliente, resta agora alocar as subfamílias que foram consideradas às células. Para tal, foram feitas três considerações fundamentais:

- **Especificidade das Tarefas** – Nem todos os operadores estão habilitados a processar todo o tipo de referências dadas as especificidades do processo de montagem para algumas famílias. Como tal, será necessário garantir que esse tipo de artigos se encontram concentrados na mesma célula. As tarefas de embalagem não foram tidas em conta pois são maioritariamente tarefas manuais simples para as quais não é necessário nenhum nível de especialização.
- **Uniformidade do Bordo de Linha** – Por forma a garantir que o bordo de linha é o mais uniforme e de menor dimensão possível para uma determinada célula, será

desejável garantir que a constituição do mesmo é tida em conta na alocação de referências às células. A situação ideal seria ter um bordo de linha universal para todas as referências que estão na célula. Para exemplificar, suponhamos que existem 2 famílias cujos componentes que serão colocados no bordo de linha serão exatamente os mesmos. Essas 2 famílias são candidatas a serem produzidas na mesma célula.

- **Maximização da eficiência e concentração de desperdício** – A alocação de famílias a células terá também como prioridade a criação de uma linha de alta eficiência e a criação de uma linha menos eficiente onde se concentra toda a variabilidade do processo. Famílias que compreendam processos com tempos de ciclo mais elevados e/ou instáveis, tempos de setup elevados e uma carga superior de trabalho manual com maior propensão para o erro serão concentradas todas na mesma célula.

Assim que definidas as diretrizes que serviram de alicerce para a alocação de famílias a células, foi em ambiente de workshop com a equipa que a mesma divisão foi feita. No processo de alocação, foi primeiramente necessário abordar uma assinalável oportunidade de melhoria que foi discutida na caracterização da situação atual: a família de Puxadores SR.

Puxadores SR

Devido à elevada carga de trabalho que esta família representava, à complexidade da operação logística que despoletava, à simplicidade do processo produtivo e à não necessidade de acabamento titanium, optou-se por promover a criação de uma linha exclusivamente dedicada à montagem e embalagem de Puxadores SR no armazém de expedição. Ao quebrar o paradigma da montagem e embalagem terem de ser feitos no setor da produção para todas as referências da empresa, o potencial de aumento de produtividade e redução do *lead time* para este tipo de produto era muito grande.

A carga semanal de montagem e embalagem de Puxadores SR correspondia a cerca de 20 horas de trabalho semanais, sendo que deste modo todas as restantes referências totalizavam uma carga de trabalho a rondar as 40 horas semanais. Apesar de não haver carga de trabalho suficiente para ocupar um operador durante a semana toda, foi possível dedicar um recurso produtivo do armazém a montar este tipo de produtos e a desempenhar no resto do tempo as funções logísticas que lhe estavam previamente alocadas.

Por forma a consumir esta mudança de paradigma relativamente ao local onde eram montados os puxadores SR, foi necessário gerir um workshop que, não estando diretamente relacionado com o desenho de célula, se revelou essencial para que a linha de puxadores SR pudesse ser implementada com sucesso. Essa iniciativa teve o nome de “Armazém de Produção” e o âmbito fundamental relacionava-se com uma reorganização do armazém de produto intermédio e matéria prima. Uma das ações definidas para esse mesmo workshop consistiu em transportar todos os artigos relacionados com a montagem de puxadores SR para o armazém de expedição, de modo a não só libertar espaço no armazém, como também disponibilizar todo o material para a criação da linha no armazém de expedição.

Na Figura 24 encontra-se um esboço da linha de Puxadores SR, que foi desenhado e conceptualizado juntamente com o departamento de marketing e design da empresa.

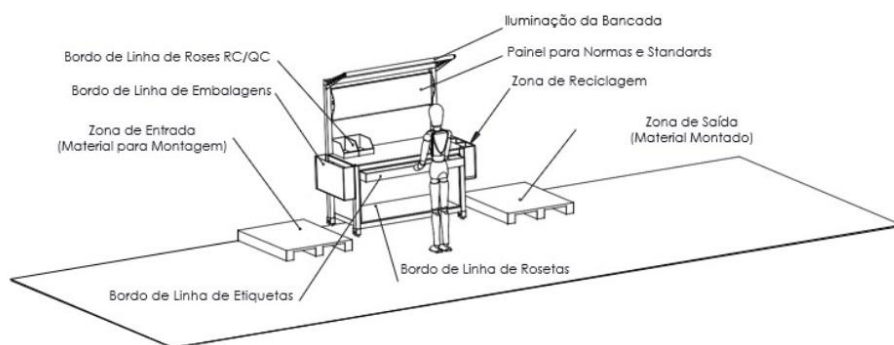


Figura 24 - Esboço da Linha de Puxadores SR

Assim que tomada a decisão de criar uma linha de montagem e embalagem dedicada à família de Puxadores SR no armazém de expedição, era necessário definir como seria feita a alocação das restantes referências e dimensionar a célula que seria criada no setor da produção.

Para efeitos de estimar a carga de trabalho da linha de montagem e embalagem, é relevante mencionar que adicionalmente ao workshop do armazém de produção supracitado, foi também implementado um workshop relacionado com as atividades de acabamento. O objetivo do mesmo era o de garantir que 100% do material que se encontrava no armazém de produto intermédio se encontrava totalmente acabado. Conforme foi descrito na caracterização da situação atual, parte do material produzido pela maquinaria era imediatamente acabado (material referente a encomendas) e o resto do material era armazenado por acabar (material em excesso, produzido para stock). Quando esse material era necessário para satisfazer a uma encomenda, os operadores de montagem procediam às operações de acabamento necessárias. Ao garantir que todo o material em armazém intermédio se encontrava acabado, seria possível remover esse tipo de operações dos técnicos de montagem, normalizando o processo produtivo.

Tendo em conta a redução de carga proporcionada pela criação da linha de puxadores SR, tornou-se necessário redimensionar a linha de montagem/embalagem que ia ficar localizada no setor da produção. Apesar de os dados indicarem uma carga semanal média de 40 horas, várias considerações tiveram de ser feitas relativamente à carga que ia ser alocada aos operadores:

- **Acabamentos** – Apesar do workshop supracitado que visava normalizar o fluxo de trabalho relativamente aos acabamentos, a criação da linha não dispensava numa fase inicial os operadores de executarem algumas operações de acabamento nas peças que recolhiam no armazém de stock intermédio. Isso representava um acréscimo à carga de trabalho face aos dados calculados que simplesmente quantificavam a carga de montagem e embalagem.
- **Deslocações** – Apesar de se perspetivar uma melhoria significativa no que toca ao MUDA de deslocação de pessoas, consequência direta da integração de operações de montagem e embalagem, o deslocamento para abastecimento do bordo de linha continuava a ser uma inevitabilidade no quotidiano do funcionamento da linha, assim como para dar acabamento a alguns artigos.
- **Perdas de produtividade** – O cálculo da carga semanal total baseou-se em tempos de ciclo observados em condições de workshop, o que inevitavelmente adulterava a fiabilidade dos resultados obtidos. Diferentes fontes de perda de produtividade, tais como ineficiências no modo operativo, não conformidades, retificação de encomendas e outros problemas que surgem diariamente no quotidiano de uma organização não são contemplados no balanceamento da carga alocada aos operadores. Adicionalmente, questões como férias e ausências reduzem o tempo de abertura efetivamente disponível.
- **Variabilidade da procura** – Por fim, a carga calculada para a linha baseou-se no pressuposto de a procura se manter em média semelhante à procura para o ano de 2020. Apesar de este tipo de indústria não se caracterizar por uma variabilidade ou sazonalidade muito acentuada da procura, essa variabilidade inevitavelmente irá existir. Além disso, mesmo não havendo picos de procura, a tendência que tem vindo a ser evidenciada é de um aumento de procura para o ano de 2021.

Considerou-se portanto adequado garantir que a célula de montagem-embalagem na linha de produção deveria compreender, pelo menos numa fase inicial, 2 recursos produtivos dedicados a trabalhar na linha que se encontrava na produção. Deste modo, contabilizando a linha de Puxadores SR o processo de montagem-embalagem era composto por 3 pessoas. Isto representa um sobredimensionamento face ao que foi matematicamente calculado como o número mínimo necessário, porém considerou-se que uma redução de oito técnicos no total (cinco de montagem e três de embalagem) para dois técnicos poderia ser demasiado disruptiva para a organização.

Além disso, os fatores supracitados representam algumas limitações do cálculo de carga considerado, que poderia na prática acabar por ser superior.

A distribuição da carga de trabalho entre os 2 operadores na linha que se localizava na produção foi igualmente um processo no qual foi preciso atender a alguns fatores. O princípio de balanceamento de operações consiste em desagregar a operação completa em operações mais pequenas que devem ser distribuídas pelos operadores garantindo uma carga nivelada.

Tendo em conta que uma categorização baseada no processo produtivo já havia sido feita no cálculo da carga, era agora necessário definir uma norma de trabalho para cada uma dessas famílias. Para tal, mapeou-se detalhadamente o processo produtivo de uma referência para cada uma das famílias consideradas, dimensionou-se o tempo necessário para cada tarefa e balanceou-se a carga para dois operadores. O objetivo passava por ser definir um standard de montagem e embalagem detalhado para cada família, por forma a garantir que a linha seria flexível ao nível dos recursos humanos que utilizava, sem perder produtividade. Um exemplo de trabalho normalizado para uma das famílias encontra-se ilustrado no Anexo D.

Adicionalmente, os operadores da linha foram formados em ferramentas kaizen, nomeadamente a importância do balanceamento de operações e do trabalho em fluxo unitário. Essa abordagem garantia que os mesmos teriam a capacidade de aplicar esses mesmo conceitos para futuras referências que fossem lançadas ou produtos que entrassem na linha para os quais não estivesse definido um standard.

Finalmente, a dinâmica do workshop de alocação de famílias a células foi montada baseando-se nos 3 princípios definidos inicialmente (especificidade das tarefas, uniformidade do bordo de linha e maximização de eficiência/concentração de desperdício) e foi através do conhecimento de *gembu* por parte da equipa de montagem que foi possível chegar a um resultado que no final se revelou como adequado ao contexto da empresa. A alocação final que foi definida encontra-se ilustrada no Anexo E.

Conforme é possível observar, os diferentes subníveis definidos para cada uma das famílias originais (subfamílias) encontram-se alocados inteiramente a uma célula (todos os puxadores se encontram na bancada 1, todos os série industrial na bancada 2, etc.), quer por haver algum nível de similaridade de processo de montagem e embalagem, quer por questões de otimização da dimensão do bordo de linha. As famílias que requerem equipamento específico para que seja efetuada a sua montagem foram alocados à Bancada 2, como é o caso dos cabos de aço e do antipânico, entre outros; igualmente, todas as famílias cujo processo de montagem não é tão eficiente por serem mais propensos a erros/defeitos e/ou compreenderem operações demoradas, foram alocados à Bancada 2. Fica portanto evidente que esta mesma bancada representa aquilo que na literatura de gestão de operações se chama “Estação MURA” (“MURA” é um termo japonês que significa variabilidade), isto é, será a estação onde se procurará concentrar a maioria do desperdício da linha, sendo que a Bancada 1 perspetiva-se que tenha níveis de eficiência muito elevados devido ao tipo de referências que na mesma estão compreendidas.

4.1.4 Teste de conceito e dimensionamento do bordo de linha

Desenhada a solução que se pretendia implementar para criar fluxo unitário na linha de montagem e embalagem, o passo seguinte consistiu em realizar um teste de conceito no terreno, isto é, proceder à implementação de uma bancada piloto da linha de modo a simular as dificuldades e as oportunidades.

Foi organizado um workshop com a equipa de montagem e embalagem onde os principais objetivos definidos foram:

- Compreender se a alocação de famílias a células se encontrava de acordo com os princípios estipulados no desenho de solução

- Simular a montagem e embalagem em fluxo de uma amostra de pelo menos uma referência por família
- Listar materiais necessários a integrar no bordo de linha (de montagem e embalagem)
- Listar equipamentos necessários para montagem e embalagem
- Dimensionar a bancada de forma ergonómica e funcional, com todos os materiais, componentes e ferramentas tendencialmente à distância de um braço.
- Definir alterações do *layout* no chão de fábrica para poder construir a célula

Na preparação do workshop foi necessário recorrer ao material disponível na empresa para simular toda a implementação da linha, isto é, preparar bancadas em cartão para simular a bancada real que iria ser construída, caixas com dimensões semelhantes aos equipamentos de maior volume e caixas de componentes para simular a dimensão do bordo de linha. O grande objetivo passava por se simular o funcionamento quotidiano da linha e antecipar as dificuldades que surgiriam caso não fosse feito o teste de conceito descrito.

Para organizar a dinâmica do workshop de teste de conceito, foi elaborado um quadro A3 de acompanhamento que se encontra exemplificado no Anexo E.

Ficou definido no workshop que existiria um bordo de linha de montagem composto por caixas com os componentes necessários, um bordo de linha para embalagem com as embalagens de utilização mais frequente e um local para armazenar as diversas ferramentas e equipamentos. Do workshop resultou uma listagem detalhada dos elementos necessários no bordo de linha de montagem e embalagem para as famílias consideradas, o conjunto de equipamentos e ferramentas que era necessário em cada uma das bancadas e o registo de dificuldades e oportunidades de melhoria no que toca à implementação da bancada.

Relativamente ao bordo de linha de embalagem definiu-se um funcionamento em kanban para as embalagens mais frequentes, e um funcionamento em junjo para as restantes. Conforme já explicado na revisão da literatura, o funcionamento em junjo difere do kanban na medida em que a reposição de material é despoletada pela necessidade, com base no planeamento, e não no consumo. Deste modo, quando uma embalagem que não estivesse em bordo de linha fosse necessária, o operador necessitava de se abastecer da mesma no armazém de produto intermédio. Optou-se por esta via visto que o espaço disponível na linha para armazenar embalagens revelava-se insuficiente para compreender todas as referências de caixas.

Definiu-se também quais seriam os ajustes que eram necessários fazer ao *layout* da produção, assim como se criou uma norma de trabalho de funcionamento da linha. De notar que a nível de *layout* os pontos chave foram selecionar uma zona próxima do armazém intermédio e garantir que a bancada funcionava de forma bidirecional, isto é, a parte frontal da bancada era onde se processavam as encomendas e a parte traseira servia para reabastecer o bordo de linha. Também ao nível de alterações no *layout*, promoveu-se o desmantelamento das cabines de montagem que eram previamente utilizadas, por forma a libertar espaço no chão de fábrica.

O modelo da bancada foi idealizado tendo em conta boas práticas de funcionalidade do espaço de trabalho, garantindo componentes à distância de um braço, evitando movimentos pouco ergonómicos e colocando o bordo de linha numa posição de abastecimento frontal.

Outro resultado interessante do workshop foi a verificação de que as duas máquinas utilizadas para embalamento automático compreendiam um tempo de ciclo superior a um embalamento manual simples. Esta instância foi evidenciada através de uma amostra de embalamento de algumas referências comparando a produtividade de ambos os métodos. No final, optou-se por priorizar o embalamento manual na linha, o que não só facilitava a definição do *layout* pois dispensava a movimentação de equipamentos, como também aumentava a produtividade da operação de embalamento. Não obstante, alguns dos artigos de maior dimensão necessitavam de ser embalados numa das duas máquinas existentes na embalagem.

Na Figura 25 encontra-se o esboço que foi desenhado junto do departamento de marketing para a linha de montagem e embalagem no setor da produção.

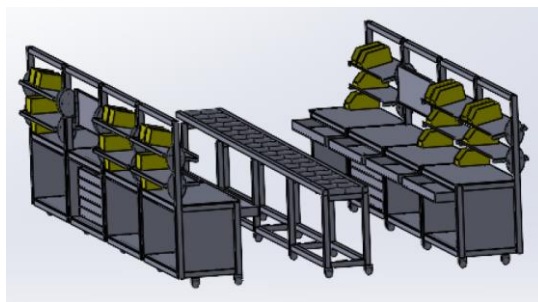


Figura 25 - Esboço da linha no setor da produção

4.1.5 Standard Work da linha

Concluído o desenho da linha, é agora necessário definir um método de trabalho padronizado que permita sustentar o modo operatório no médio e longo prazo. A criação de um standard de trabalho garante não só que os operadores seguem um fluxo de tarefas mais eficiente, como também assegura uma maior flexibilidade entre operadores a trabalhar na linha, isto é, a qualquer momento pode haver uma indisponibilidade da parte de um técnico e o mesmo pode ser imediatamente substituído visto que está definido o modo operatório da linha. No Anexo F encontra-se um excerto da norma de trabalho da linha de montagem/embalagem. Os principais tópicos abordados na definição do standard work da linha de montagem-embalagem são:

- **Fluxo de Entrada** – primeiramente é necessário garantir que o fluxo de entrada de material na linha é normalizado. Isto foi conseguido através da construção de uma estante dimensionada para receber os tabuleiros com o material relativo às encomendas. O standard de entrada de material consiste em colocar o material nessa mesma estante e priorizar o processamento de encomendas na linha mediante a informação recolhida do sequenciador. O sequenciador consiste numa ferramenta de gestão visual na qual o chefe da linha coloca as ordens de produção impressas, por ordem de prioridade.
- **Fluxo de Saída** – o fluxo de saída normalizado consiste fundamentalmente em promover a separação de material acabado do material que necessita de ser ainda processado pela máquina de embalagem automático, visto que nem todo o material pode ser imediatamente embalado na linha tal como já foi mencionado. O material que ainda necessita de seguir para a embalagem deve ser colocado na estante que foi construída para esse fim, enquanto que o material já embalado deve ser diretamente colocado na paleta que será transportada para o armazém de produto acabado (expedição). De notar que a quantidade de produtos que necessitavam de seguir para o departamento da embalagem era relativamente reduzida.
- **Utilização do bordo de linha em kanban**– dada a tipologia de componentes que necessitavam de ser armazenados em bordo de linha, foi definido um modelo de reabastecimento contínuo em kanban. O standard da linha compreende uma secção dedicada à utilização correta do fluxo kanban, isto é, existe para todos os componentes um nível de reposição e uma quantidade a encomendar. No momento em que qualquer produto atinge o seu nível de reposição, o kanban deve ser colocado na zona de produtos a encomendar. Assim que a quantidade definida no kanban é encomendada, o mesmo é colocado de novo no bordo de linha, no respetivo nível de reposição. Por outro lado, foi também definido qual era o local da bancada alocado a bordo de linha de montagem e o local alocado a bordo de linha de embalagem.
- **Operação em fluxo unitário** – tendo em conta que foi estipulado o processamento de encomendas em fluxo unitário, revelou-se como necessário estabelecer como standard essa mesma prática. Dado que se trata de uma mudança de paradigma considerável para

os técnicos da linha, é necessário estabelecer claramente que os mesmos devem por norma trabalhar na mesma encomenda e deve ser garantido que existe um balanceamento das tarefas de montagem e de embalagem. Este balanceamento, tal como já foi descrito, seria obtido através da definição de um standard por família e da entreada e cooperação dos operadores.

4.2 Desenho de Armazém

4.2.1 Visão Futura

A visão futura que foi definida para o armazém de expedição da IRON consiste fundamentalmente na implementação de duas melhorias que funcionam de forma sinérgica no aumento da produtividade da operação de *picking*, e consequentemente na melhoria do *lead time* e na redução dos níveis de inventário. Sendo a primeira a implementação do modelo de *batch picking* no armazém de expedição da IRON e a segunda uma redefinição da alocação que é feita dos produtos nas posições no armazém, juntamente com a implementação de um novo modelo de acompanhamento do estado dos produtos utilizando os registos de um leitor automático de códigos de barras. Através de uma organização do armazém por regiões, atendendo ao volume das peças, as rotas de *batch picking* estarão associadas a essas mesmas regiões, consoante os artigos presentes nas encomendas do cliente. Nos capítulos seguintes será descrito com maior detalhe o desenho de solução proposto e implementado, bem como as principais ações que materializaram a visão definida.

4.2.2 Redefinição do *layout* dos produtos

Tendo em conta as duas melhorias que se pretendiam implementar no armazém de expedição, aquela que foi priorizada numa fase inicial foi a redefinição das posições dos artigos no armazém, pois a mesma constituía uma iniciativa com um benefício interessante sem requerer um custo de implementação demasiadamente elevado. Adicionalmente a suportar o modelo de *batch picking*, a motivação para esta abordagem de redefinição da alocação de produtos no armazém prendeu-se essencialmente com os seguintes fatores:

- **Inventários em excesso** – O excesso de inventário que foi identificado na situação atual de caracterização da situação do armazém de expedição estava visivelmente ilustrado na disposição e arrumação do armazém. As sobras de material existentes nos corredores do armazém levavam a perdas consideráveis de produtividade no tráfego do mesmo, bem como geravam tempos de procura superiores àquilo que deveria ser expectável em condições ideais de arrumação e de aproveitamento do espaço disponível.
- **Subaproveitamento das estantes** – Apesar dos níveis de inventário elevados a maioria das estantes encontravam-se consideravelmente subaproveitadas. A ausência de uma definição estruturada da lógica de agrupamento de produtos no armazém levava a situações de produtos de grande e pequena dimensão colocados em posições adjacentes, o que gerava uma ineficiência muito grande no aproveitamento do espaço disponível.

Visto que todos os artigos têm uma referência de embalagem que lhes é atribuída, foi necessário agrupar estas mesmas referências mediante o seu volume, criando assim 3 famílias distintas de produtos. Este tipo de abordagem garante que a ocupação das estantes é maximizada visto que é possível reduzir os espaços em vazio que eram gerados pela heterogeneidade de volume para artigos adjacentes. Utilizando os dados referentes à procura para o ano de 2020 foi definida uma divisão de artigos entre peças pequenas, médias e grandes, visto que havia uma proporção razoavelmente semelhante de artigos em termos de área necessária tendo em conta estas categorias, e um certo nível de similaridade entre os volumes considerados para cada categoria. Adicionalmente à ocupação do espaço, a operação de *picking* tornar-se-á mais eficiente visto

que passa a ser possível definir um *standard work* de *picking* com base na região do armazém que está a ser visitada, isto é, a região de peças grandes deve ser visitada sempre com um porta-paletes, enquanto que as regiões de peças mais pequenas devem ser visitadas com um carro desenhado para esse fim. O protótipo do carro concebido para peças pequenas e médias, desenhado juntamente com o departamento de marketing da IRON, encontra-se ilustrado na Figura 26. Este protótipo possui divisórias que visam minimizar os erros na operação de *batch picking* e facilitar a separação de produtos que correspondam a encomendas diferentes.



Figura 26 - Unidade logística de transporte de peças pequenas/médias

No que toca ao *layout* do armazém, foi necessário definir quais seriam as regiões do armazém dedicadas a cada uma das tipologias de peça que foram criadas. Tendo em conta a análise de volumes que foi feita na fase de caracterização da situação atual, foi possível evidenciar que grande parte do volume que estava armazenado na empresa era referente a peças de volume pequeno. Posto isto, foi definido que as peças pequenas deveriam estar localizadas na região mais privilegiada do armazém, seguidas das peças médias e das grandes, visto que essa era a alocação que claramente maximizava a produtividade dos operadores devido à maior facilidade de manuseamento e transporte de pequenas unidades (por questões relacionadas com volume, peso, meio de movimentação e número de ordens *pickadas*). Adicionalmente à consideração que foi feita relativamente aos volumes das peças, para cada tipologia de volume efetuou-se uma análise ABC dentro da categoria, por forma a dispor os produtos mais procurados numa região privilegiada face à localização das bancadas de trabalho dos técnicos de expedição. O desenho final que foi proposto encontra-se ilustrado na Figura 27.

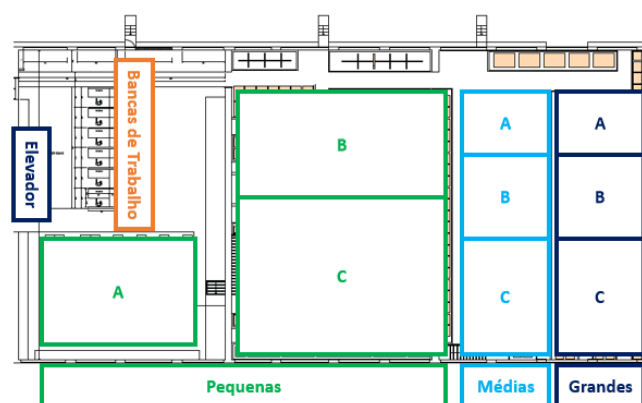


Figura 27 - *Layout* de arrumação dos produtos

A dedicação de área no armazém que foi efetuada para cada uma das tipologias de volume e referências teve por base os dados relativos aos inventários que a empresa possuía no momento do desenho de solução. Conforme é possível observar na figura, a região que se encontra representada na parte superior da planta do armazém apenas poderia ser visitada através do corredor que se encontra do lado esquerdo da figura, junto das zonas de expedição. Posto isto, definiu-se que os produtos A deveriam ser dispostos nas estantes mais próximas desse mesmo corredor, por forma a minimizar as distâncias percorridas para proceder à operação de *picking*.

4.2.3 Modelo de Acompanhamento dos Produtos

Para proceder ao desenho do novo modelo de acompanhamento dos produtos começou-se por fazer o levantamento de todas as posições disponíveis no armazém, quer no piso de expedição, quer no piso de receção. Para tal, efetuou-se aquilo a que se dá o nome de um *gemba walk* que consiste em reunir a equipa responsável pela iniciativa e fazer um levantamento estruturado no terreno relativamente à ocupação de todas as posições do armazém e levantar oportunidades de melhoria ao nível da arrumação. A primeira ação definida foi a de promover a normalização das posições do armazém, em vez de normalizar o local de arrumação das referências que era o que acontecia na situação atual. A principal vantagem desta abordagem é que torna bastante mais dinâmica a gestão de inventário que é feita para os produtos, capacitando a organização de manobrar flutuações de stock em alturas de menor ou maior procura para os diversos artigos. Numa situação em que os locais de stock estão identificados pela referência é possível existir simultaneamente excesso de stock espalhado nos corredores do armazém e posições vazias pois não existe a necessidade de constituir stock para as referências que foram alocadas às mesmas.

Além disso, visto que na situação atual não havia uma visibilidade clara e disponível no sistema informático para os técnicos relativamente ao local onde os artigos se encontravam localizados no armazém, e visto que a visão era normalizar posições e não referências, foi definido que iria ser feito um acompanhamento do estado dos produtos. Definiu-se que este acompanhamento iria ser feito utilizando uma tecnologia que se previa ser altamente disruptiva para o paradigma atual do modo operativo dos técnicos de expedição que consistia na utilização de um leitor automático de códigos de barras, ilustrado na Figura 28.



Figura 28 - PDA de *Picking*

O principal objetivo da implementação dos dispositivos de leitura automática foi o de criar um processo simples e sustentável no médio e longo prazo que possibilitasse o rastreio de todos os produtos que se encontravam localizados no armazém de expedição, assim como a alimentação automática da base de dados. Todos os colaboradores responsáveis pelo manuseamento e tratamento de artigos do armazém deverão possuir um PDA em todos os momentos de modo a garantir esse mesmo acompanhamento, quer nas entradas, saídas ou retornos de material. Os principais benefícios que se perspectivam com a implementação do sistema em causa são:

- **Rastreabilidade do produto** – Possibilitando ao gestor de encomendas e de armazém compreender se o produto se encontra em preparação, receção, processamento, etc.
- **Flexibilização dos operadores** – Através da criação de um sistema à prova de erro, capacitando qualquer gestor de saber onde se encontra qualquer produto a qualquer momento, assim como qualquer técnico de ser capaz de o *pickar* de forma simples sem causar disrupção na informação que é fornecida ao sistema informático. Esta melhoria permite acabar com o paradigma da situação atual de alocação de operadores a determinados clientes e/ou regiões do armazém.
- **Aumento de Produtividade** – Visto que este processo garante que o operador não tem tempo de procura quando necessita de recolher o material e reduz drasticamente os erros que possam eventualmente ser cometidos na operação de *picking*.
- **Controlo de Inventários** – Através do registo permanente do estado de todas as referências que se encontram dentro do armazém. Controlando os níveis de inventário

torna-se possível fazer uma gestão baseada em dados e definir os parâmetros que possibilitam a redução de stocks e a melhoria do nível de serviço, através de um planeamento onde são definidos stocks de segurança e níveis de reposição para cada referência, que possibilitem o cumprimento dos SLA's.

4.2.4 Modelo de *Batch Picking*

No que toca ao modelo de *batch picking*, o mesmo foi já brevemente explorado na revisão de literatura. É contudo fundamental recuperar os conceitos que foram propostos nesse capítulo para poder caracterizar o desenho que foi feito e a solução que foi implementada no armazém de expedição da IRON.

O *batch picking* consiste no modo operativo alternativo ao *order picking*, que é o que atualmente se encontra em vigor na empresa. O *order picking* não é mais que o processamento encomenda a encomenda dos pedidos do cliente, fazendo uma rota de *picking* para cada linha que é lançada no sistema informático. O *batch picking* porém, é um modelo mais refinado que procura minimizar distâncias percorridas e maximizar o volume transportado pelo operador. As encomendas são segregadas nos diversos artigos que as compõem e artigos de várias encomendas podem ser *pickados* numa mesma rota, caso a distância entre esses mesmos artigos o justifique e seja possível preencher a capacidade total dessa mesma rota. Após esse primeiro momento de *picking* dedicado a várias encomendas simultaneamente, os artigos são colocados numa zona intermédia de consolidação preferencialmente junto das bancadas de trabalho. Nessa mesma zona existe um segundo momento de *picking* onde os artigos de várias encomendas são consolidados para que sejam todos juntamente expedidos para o cliente que os encomendou.

A solução implementada na IRON consistiu em alicerçar o modelo de *batch picking* na divisão que foi feita entre peças pequenas, médias e grandes. Cada encomenda que dá entrada na IRON por parte de um qualquer cliente é guardado numa lista que funciona como uma fila única para as ordens de *picking*. Nessa fila, são separados os artigos de cada encomenda em pequenos médios e grandes. Utilizando os volumes dos artigos e a quantidade encomendada, a capacidade do carrinho ou do porta paletes é preenchida e a ordem de *picking* é criada. Na Figura 29 encontra-se um exemplo de um caso prático de aplicação de *order picking* comparado com a aplicação do *batch picking*, para um conjunto de dados recolhidos das ordens utilizadas.

Dados:

Cliente_ALFA			Cliente_BRavo			Cliente_CHARLIE			Cliente_DELTA		
Art. 1057	Q1	G	Art. 5760	Q4	P	Art. 4902	Q7	G	Art. 2330	Q10	M
Art. 4058	Q2	P	Art. 9850	Q5	P	Art. 2150	Q8	P	Art. 4130	Q11	P
Art. 2567	Q3	P	Art. 3930	Q6	M	Art. 8190	Q9	M	Art. 4330	Q12	M

Order Picking:

Ordem de Picking	ARTIGOS	QUANTIDADES
Ordem 1(ALFA)	Art. 1057	Q1
	Art. 4058	Q2
	Art. 2567	Q3
Ordem 2 (BRAVO)	Art. 5760	Q4
	Art. 9850	Q5
	Art. 3930	Q6
Ordem 3 (CHARLIE)	Art. 4902	Q7
	Art. 2150	Q8
	Art. 8190	Q9
Ordem 4 (DELTA)	Art. 2330	Q10
	Art. 4130	Q11
	Art. 4330	Q12

Batch Picking:

Ordem de Picking	ARTIGOS	QUANTIDADES
Ordem 1 (P)	Art. 4058	Q2
	Art. 2567	Q3
	Art. 5760	Q4
	Art. 9850	Q5
	Art. 2150	Q8
Ordem 2 (M)	Art. 4130	Q11
	Art. 3930	Q6
	Art. 8190	Q9
	Art. 4330	Q10
	Art. 2330	Q12
Ordem 3 (G)	Art. 1057	Q1
	Art. 4902	Q7

Figura 29 - Conceito de *Batch Picking*

Descrito o modelo de *picking*, resta compreender quais as implicações que esta alteração terá no *layout* do armazém. Conforme já foi explicado, para implementar o *batch picking* é necessário garantir que em termos de *layout* existe uma região de *picking* intermédio. Esta região deve estar o mais próxima das bancadas de trabalho possível, para minimizar deslocações e dar a possibilidade aos operadores de consolidarem as encomendas. Analisando a planta do armazém de expedição, existe uma zona adequada para esse fim, sem ser necessário proceder a alterações de *layout*. Na Figura 30 encontra-se assinalado a verde a zona escolhida para serem depositadas as ordens de *picking* e onde deve ser feita a consolidação das encomendas.

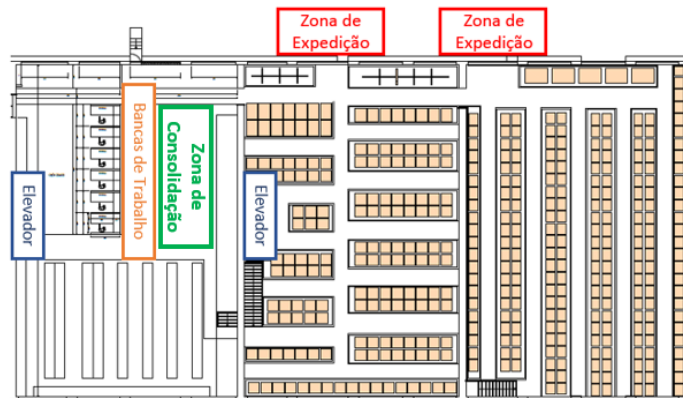


Figura 30 - Layout Zona de Consolidação

4.2.5 Implementação e Standard Work

Descrito o novo modelo de *picking* que se pretende implementar no armazém de expedição, resta agora definir o modo de trabalho standard para as operações de *picking* e expedição da empresa. Num modelo de *order picking*, as rotas são efetuadas continuamente numa lógica de FIFO, isto é, efetuam-se rotas tendo em conta a ordem de entrada da encomenda. No entanto, para implementar o desenho de solução que foi feito é necessário complementar o modelo proposto utilizando uma lógica de *wave picking*. O *wave picking* consiste em definir momentos do período de abertura do armazém durante os quais se processam as ordens de *picking* que até então foram geradas. Janelas de *picking* são criadas mediante a frequência diária de expedição, dimensionando o tempo necessário para efetuar todas as rotas mediante os valores médios necessários. Os pickers efetuam várias rotas consecutivamente, apenas interrompendo para descarregar a material na zona de consolidação, para que os restantes operadores do armazém faturem a encomenda, embalem os artigos e concluem o processo de expedição. Tendo em consideração a frequência diária de expedição e a carga de trabalho média associada às rotas de *picking* que necessitam de ser efetuadas, é necessário dimensionar o tempo necessário para efetuar essas mesmas rotas.

Utilizando os dados referentes às encomendas processadas no ano de 2020, as distâncias que necessitam de ser percorridas para visitar cada uma das regiões do armazém e admitindo uma velocidade média do picker para cada umas das tipologias de produto, foi possível definir a carga de trabalho diária média. O cálculo das distâncias é feito utilizando os dados referentes aos produtos que compõem a ordem de *picking*, isto é, considera-se a região do armazém visitada em termos de tipologia de volumes (pequenos, médios e grandes) e em termos de frequência de consumo (A, B ou C). Utilizando esses mesmos dados definiu-se uma distância standard recorrendo a uma análise combinatória correspondente às diferentes rotas que podem ser efetuadas pelo picker, ou seja, definiu-se uma distância entre a região A de peças pequenas e B de peças pequenas, B de peças pequenas e C de peças pequenas, etc. Essa distância é então considerada no cálculo da carga semanal, através da qual é possível compreender qual o tempo de abertura necessário para servir cada uma das janelas de *picking*. Para efetuar o cálculo da carga utilizou-se como *input* uma amostra de encomendas referentes ao ano de 2020, simulou-

se as ordens de *picking* utilizando o modelo de *batching* e daí fez-se uma estimativa relativamente ao tempo médio necessário para o processamento das encomendas.

Os resultados obtidos referentes à carga semanal de *picking* evidenciaram a necessidade de cerca de 12 horas diárias de *picking*. Considerando uma capacidade diária de 8 horas para cada operador do armazém, revelou-se necessária a utilização de dois recursos humanos para esta atividade. Adicionalmente, entendeu-se também como necessária a inclusão de um terceiro operador que ficaria responsável por desempenhar as restantes tarefas da expedição (filmar paletes, pesar artigos, colocar produtos numa caixa, consolidar encomendas e faturar), assim como por absorver picos de procura auxiliando na operação de *picking*. Assinala-se portanto uma redução considerável a nível de recursos humanos dedicados à operação de *picking*, de 6 operadores para 3, e consequentemente um aumento de produtividade muito assinalável.

Relativamente às 12 horas diárias de *picking*, em média cerca de 6 horas correspondiam a rotas para peças pequenas. De salientar que, apesar da quantidade de ordens de *picking* pequenas serem muito superiores, o facto deste tipo de rotas serem muito mais curtas e eficientes graças ao modelo de *picking* definido fazia com que a carga estivesse relativamente nivelada entre as pequenas e as médias/grandes. Deste modo, o modo operativo definido consistiu em um dos operadores ser responsável por *pickar* em waves de cerca de 1h30 (antes dos momentos de expedição) apenas rotas de peças pequenas, enquanto que o outro operador ficaria responsável por efetuar as rotas mais longas e menos eficientes (médias e grandes) também durante 1h30.

Ambos iniciavam a sua atividade ao mesmo tempo e o fluxo de trabalho normalizado consistia em recolher a ordem de *batch picking*, pegar na respetiva unidade de movimentação (carro para rotas pequenas e médias, porta-paletes para rotas grandes), *pickar* os artigos no armazém e deixar a unidade de movimentação na zona de consolidação. Os pickers tinham em qualquer momento 4 unidades de movimentação disponíveis de cada tipo para que no momento em que deixam os artigos na zona de consolidação, poderem imediatamente iniciar a rota seguinte, sem necessitar de descarregar os produtos. O terceiro operador fica responsável por fazer esse descarregamento imediatamente no momento de chegada do picker, por forma a garantir que não há interrupções na operação.

De salientar que foi identificada a necessidade de possuir 4 unidades de movimentação de cada tipo. O objetivo dessa abordagem era o de garantir que havia 2 unidades disponíveis para cada um dos pickers, visto que inevitavelmente surgirá desbalanceamento na carga dos operadores devido à variabilidade da procura. Isto significa que poderão no limite estar ambos a efetuar rotas pequenas durante a sua janela de abertura. Estando ambos a efetuar rotas pequenas, a posse de 2 carros de transporte para cada um dos pickers garante uma operação sem paragens para aguardar pela disponibilidade de unidades de movimentação. No momento em que as rotas estavam consumadas, os mesmos auxiliavam o 3º operador nas restantes tarefas de expedição.

Na Figura 31 encontra-se um friso temporal standard relativo ao planeamento diário de atividades de cada um dos operadores de *picking*, atendendo aos valores médios obtidos.

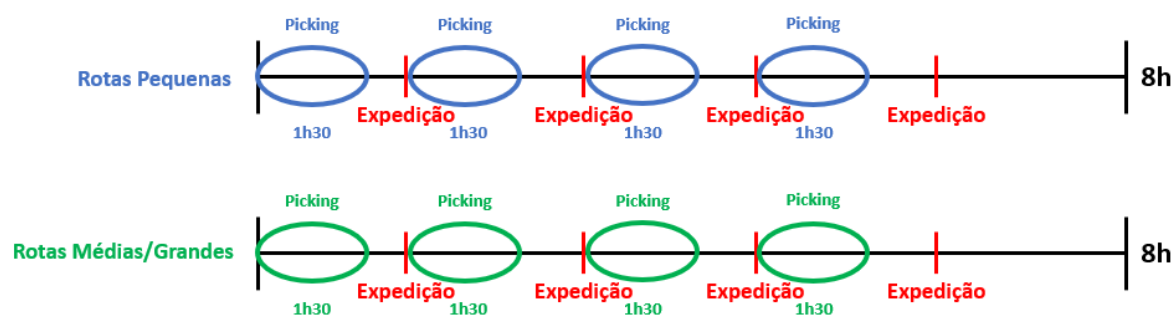


Figura 31 - Friso temporal de standard work de *picking*

5 Análise dos Resultados obtidos

Tendo em conta os objetivos que foram definidos na fase inicial do projeto de melhoria, é importante perceber agora até que ponto é que os KPI's de cada projeto foram atingidos. Atendendo aos dados que foram considerados na caracterização da situação atual, o objetivo do presente capítulo é o de resumir os resultados obtidos, que servirão para suportar as conclusões relativamente ao trabalho que foi feito. Para alguns dos KPI's será omitido o valor absoluto dos mesmos, devido aos acordos de confidencialidade com a empresa, e será em vez disso fornecida uma perspetiva comparativa utilizando dados percentuais.

5.1.1 Lead time

A nível de *Lead time*, um dos principais KPI's do projeto, a evolução pode ser observada na Figura 32. Entenda-se por *lead time* o tempo que decorre desde o momento em que a encomenda é efetuada pelo cliente e o momento em que a mesma é expedida.

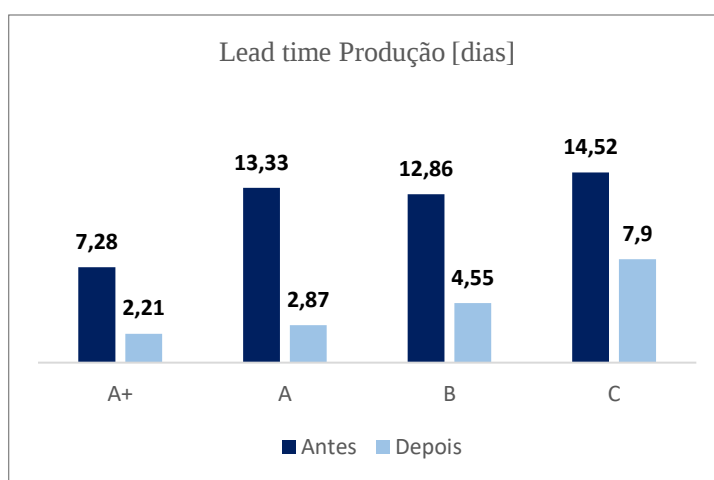


Figura 32 - Lead time produção antes e depois

Conforme é possível observar, face à situação atual, houve uma evolução significativa a nível de *lead time*. Em média, a redução observada foi de 64%, sendo que o foco foram naturalmente as referências A, para as quais foi possível atingir uma redução a rondar os 70%. Esta melhoria surge no seguimento da melhoria do *lead time* do processo produtivo, assim como da melhoria do processo de *picking* e expedição. No final da implementação do projeto de melhoria contínua foi possível definir com a equipa um compromisso no que toca aos SLA's para com o cliente, visto que se perspetivava um aumento no volume de faturação derivado do estabelecimento e cumprimento de prazos de entrega. Na Figura 34 encontra-se um quadro resumo relativamente aos SLA's que foram definidos pelos quadros superiores da empresa para cada tipo de referência. De assinalar a família de Puxadores SR que constitui uma referência A+ e cuja mudança no processo produtivo representou uma melhoria extremamente elevada no que toca ao *lead time* (inicialmente cerca de 5 dias para 1 dia na situação final).

Tipo de Referência	SLA [Lead Time]
SR	1 dia
A+	3 dias
A	3 dias
B	5 dias
C	8 dias

Figura 33 - SLA's por tipologia de referência

5.1.2 Stocks

Os dados relativos à evolução do valor em stock por tipologia de produto encontram-se ilustrados na Figura 34.

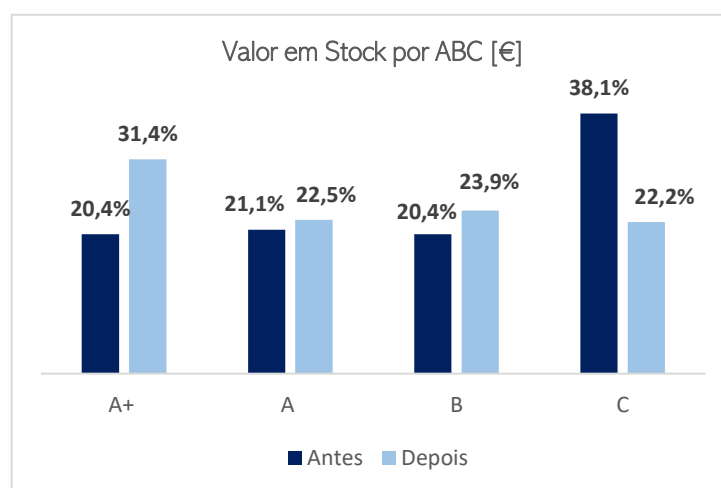


Figura 34 - Valor em stock por ABC antes e depois

No que toca aos níveis de inventário da IRON, o stock existente na empresa foi sinalizado como um problema na medida em que se constituía quantidades em excesso para referências de muito baixa rotação, o que comprometia o espaço de armazenamento disponível para aumentar o nível de serviço de referências com maior procura. O principal objetivo da IRON era portanto uma revisão do tipo de stock que a empresa possuía.

Nessa medida, os resultados obtidos foram de uma melhoria no sentido de correção desta tendência, que foi atingida em parte através da redução do *lead time* da produção, fruto da integração de operações e implementação do fluxo unitário. Adicionalmente, a formação contínua em princípios Kaizen munuiu os decisores da empresa das ferramentas necessárias a uma gestão mais racionalizada de stocks, isto é, tanto a nível de compras como a nível de produção, começaram a ser tidos em consideração os diferentes custos associados à posse de inventários. Deste modo, o paradigma de produzir grandes quantidades de referências C por forma a garantir que se constitui um stock que assegure a não necessidade de iniciar ciclos produtivos para essas referências no médio/longo prazo, foi substituído por um paradigma de um processo produtivo mais tracionado pela encomenda efetiva do cliente, independentemente da maximização da eficiência dos recursos associada aos grandes lotes produtivos.

Na Figura 36 encontra-se um gráfico comparativo entre a situação inicial de cobertura de stock e a situação após a implementação, para ilustrar exatamente a mudança de paradigma que foi aqui evidenciada. Efetivamente houve uma redução considerável do período de cobertura média da empresa, passando de cerca de 12,7 meses de cobertura em média para 9,5 meses, tal como ilustrado na Figura 35. Relativamente ao valor absoluto do capital investido em stock, evidenciou-se uma redução de cerca de 15%, considerando o preço de venda dos artigos.

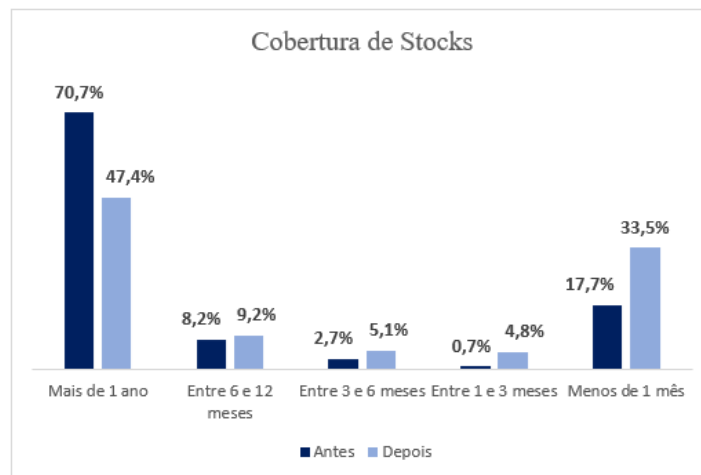


Figura 35 - Cobertura de stock antes e depois

5.1.3 Produtividade Montagem/Embalagem

Relativamente às operações de montagem e embalagem, um dos KPI's mais importantes é claramente a produtividade. No início do projeto perspetivava-se um ganho significativo neste indicador através da criação da célula, tendo em conta os problemas e oportunidades que foram levantados na caracterização da situação atual. No que toca ao cálculo do indicador, considera-se mais adequado o cálculo da produtividade hora homem, isto é, fazendo o quociente entre as peças produzidas e o tempo de abertura total, considerando o número de operadores alocados à tarefa. Deste modo é possível medir o impacto efetivo que o desenho de linha teve no aumento da eficiência de utilização dos recursos. No caso da linha de montagem e embalagem, a situação inicial compreendia 5 operadores de montagem e 3 operadores de embalagem. No dimensionamento de carga que foi feito observou-se que a necessidade de operadores era de apenas 3. Contudo, o departamento de embalagem dispunha de carga de trabalho que não havia sido considerada no dimensionamento (correspondia a embalagem de artigos que não passavam pela montagem). Deste modo, não seria realista considerar uma redução de 8 operadores no total para 3, pelo que se considerou uma redução de 8 para 5 no cálculo da produtividade (com a implementação da linha houve uma redução de 3 para 2 operadores no departamento de embalagem).

Na Figura 37 encontra-se um gráfico que visa ilustrar visualmente a melhoria que foi obtida. O aumento de produtividade tendo em conta a redução de recursos humanos alocados à atividade de montagem e embalagem corresponde a um ganho de cerca 90%, contabilizando as referências correspondentes a todas as células que foram criadas. É também relevante assinalar que o aumento de produtividade não efetuando o cálculo considerando horas homem, mas sim apenas considerando horas diárias de abertura ronda os 19%.

5.1.4 Produtividade *Picking*

No que toca à produtividade na operação de *picking*, a métrica utilizada foi o número de encomendas pickadas por hora homem, novamente para contabilizar a redução de recursos humanos alocados à atividade. A escolha pelo número de encomendas pickadas prendeu-se com o facto de ser a alternativa que melhor se ajusta à realidade da empresa. A operação de *picking* compreendeu uma redução de 6 para 3 operadores. Os dados relativos ao aumento de produtividade encontram-se ilustrados na Figura 39. O aumento de produtividade da operação de *picking* rondou os 120%, sendo que não efetuando o cálculo considerando horas homem (mas sim horas de abertura diárias) observou-se um aumento de produtividade de aproximadamente 10%.

6 Perspetivas de Trabalho Futuro

O presente capítulo visa propor as principais oportunidades de melhoria que se perfilam como mais impactantes na sequência da implementação dos projetos. O objetivo passa por se compreender quais as iniciativas que deverão ser consideradas em futuros trabalhos de melhoria que evidenciem a capacidade de potenciar ainda mais os resultados obtidos com as soluções já implementadas.

6.1 Produção

Implementada a célula de montagem e embalagem com funcionamento em fluxo unitário, considera-se que existem ainda diversas iniciativas que não só complementam o bom funcionamento da célula, como também têm a capacidade de revolucionar todo o processo produtivo da IRON em diversas áreas.

Tendo em conta os principais desafios evidenciados no início do projeto e os objetivos que foram delineados (redução de *lead time*, redução de stocks e aumento de produtividade), algumas das oportunidades de trabalho futuro identificadas são:

- **Mizusumashi** - A primeira oportunidade de melhoria que surge tendo em conta os problemas no modo operatório identificados na caracterização da situação atual no processo de montagem e embalagem é a implementação de uma unidade logística responsável por efetuar a movimentação de todos os materiais no setor da produção, isto é, abastecimento, recolha e movimentação de todo o material no chão de fábrica. O benefício deste tipo de abordagem, cujo operador responsável é denominado de Mizusumashi, é transversal a todo o chão de fábrica, pois elimina uma fonte de desperdício contemplada no modelo dos 7 tipos de MUDA: a movimentação de pessoas. Esta melhoria iria ser sentida pelos vários departamentos do setor da produção, visto que iria tendencialmente remover as operações logísticas de todos os colaboradores da empresa. Em particular na célula de montagem e embalagem, o abastecimento do bordo de linha e da matéria prima guardada no armazém intermédio, assim como o transporte do produto acabado para a zona de carga e descarga, representava um ganho de produtividade expressivo para os operadores da linha.
- **Layout da fábrica** - A segunda oportunidade identificada na sequência de implementação da célula surge no seguimento daquilo que aconteceu no departamento de embalagem após a criação da linha. Efetivamente, o departamento de embalagem continuou a ter ocupação, visto que 80% da sua carga era solicitada por operações de montagem, mas 20% necessitava ainda de ser satisfeita (solicitada por operações exclusivamente do departamento de Titanium), visto que este tipo de referências necessitavam de ser embaladas em máquinas específicas. Por uma questão de cronograma, as alterações de *layout* que eram necessárias serem efetuadas para integrar as máquinas (devido às suas dimensões) na linha de montagem e embalagem não foram sinalizadas como prioritárias. Ainda assim, futuramente será vantajoso para a empresa integrar este tipo de operações na célula para uniformizar o processo. Adicionalmente, esta alteração pode ver o seu âmbito alargado ao resto do chão de fábrica, que evidencia deficiências estruturais de *layout* em outros departamentos, tais como a maquinagem e o acabamento.
- **SMED Titanium/Maquinagem** - A redução do *lead time* obtida e apresentada na análise de resultados refere-se somente a referências que não compreendem acabamento Titanium. Deste modo, a redução do *lead time* para esse tipo de produto, que possui uma margem de contribuição muito significativa, representa uma perspetiva de trabalho futuro interessante, na medida em que o *lead time* elevado desse tipo de processo se deve fundamentalmente aos elevados tempos de setup das máquinas do departamento.

Tendo em conta os diferentes acabamentos titanium que a empresa oferece, a troca de uma tonalidade para outra compreende um tempo de setup de cerca de 9h. A implementação de um SMED na troca de cor revela-se como uma iniciativa interessante para garantir um nível de serviço mais atrativo para o cliente. Adicionalmente, um SMED poderia igualmente ser aplicado no departamento de maquinaria para combater os níveis elevados de stock, que surgem na sequência da produção de grandes lotes associada aos tempos de setup elevados no departamento

6.2 Armazém de Expedição

Atingidos os principais objetivos deste workshop (redução do *lead time*, aumento de produtividade de expedição e melhoria da ocupação das estantes) diversas ações surgem na sequência desta implementação. De facto, existem ainda algumas oportunidades que se perfilam como soluções interessantes para dar continuidade aos ganhos do desenho de solução já implementado. Algumas oportunidades de trabalho futuro neste departamento são:

- **Dimensionamento de inventários** – Atingida uma redução considerável dos inventários da empresa, fruto da redução do *lead time* e do aumento de produtividade, torna-se agora evidente a necessidade de consolidar esta melhoria. Assim que foi garantido que o processo tem a capacidade de entregar valor num *lead time* mais curto, é agora fundamental dimensionar as quantidades de produto acabado que garantem a entrega do nível de serviço acordado com o cliente. Para tal, deverão ser utilizados os valores históricos de consumo para dimensionar o nível de reposição para cada referência, através dos consumos médios no *lead time* de produção e da variabilidade da procura. O dimensionamento do inventário de produto acabado apenas pode ser feito após as melhorias do processo visto que caso o mesmo dimensionamento fosse feito no início do projeto resultaria num agravamento das quantidades em stock, devido ao elevado tempo de *lead time*. Adicionalmente, a instabilidade do *lead time* do processo iria causar uma disrupção muito grande na gestão de inventários.
- **Armazenamento dinâmico** – Outra possível proposta de trabalho futuro consiste na oportunidade de capitalizar na mudança que foi feita no armazém de normalizar posições de arrumação, por oposição a normalizar referências. Efetivamente, este tipo de abordagem possibilita uma organização mais dinâmica dos produtos, sendo que uma oportunidade de melhoria interessante consiste em efetuar um estudo detalhado das encomendas efetuadas para procurar perceber quais as referências que são frequentemente encomendadas em conjunto. Este tipo de solução possui um potencial de ganho interessante para o armazém de expedição da IRON visto que muitas das referências de produto acabado oferecidas pela empresa correspondem apenas a uma assemblagem de componentes que podem ser comprados individualmente. É portanto relevante perceber quais os componentes que são frequentemente encomendados em conjunto e garantir que os mesmos se encontram em posições próximas no armazém, para otimizar ainda mais as rotas de *picking*.
- **Pick by voice** – No seguimento da implementação do *picking* utilizando um PDA, isto é, recorrendo a um dispositivo eletrónico para registar as informações relativas ao acompanhamento do estado do produto, surge a oportunidade de transitar para um sistema *hands-free* de *pick by voice*. Efetivamente, uma das grandes desvantagens da utilização do PDA consiste no facto de ocupar as mãos do operador de *picking*. A transição para um sistema mais *friendly* para o operador, garantindo que o mesmo pode facultar a mesma informação ao sistema informático sem precisar de ocupar as suas mãos e que lhe fornece essa mesma informação em tempo real, constitui uma melhoria que pode traduzir-se num aumento de produtividade para a empresa que justifique o investimento neste tipo de tecnologia.

7 Conclusões

No contexto da manufatura, é comum e intuitivo associar uma redução de *lead time* e uma melhoria do nível de serviço a um aumento das quantidades em stock. De facto, a constituição de inventário é a solução mais direta para garantir que o produto é entregue ao cliente num prazo curto, sem haver roturas de material. Contudo, este tipo de abordagem não só é a antítese dos princípios básicos de uma organização *lean*, como também representava no início do projeto um agravamento dos níveis de stock que a empresa se mostrava incapaz de suportar.

A solução desenhada para resolver esta aparente dicotomia consistiu numa via alternativa com a capacidade de neutralizar ambos os problemas descritos de forma contundente. Essa solução consistiu na redução do *lead time* de entrega assente não num sobredimensionamento de stocks, mas sim numa transformação do processo de criação de valor. Essa abordagem capacita a empresa de: por um lado, entregar num prazo mais curto face à redução do *lead time* do processo; por outro, reduzir as quantidades em stock, visto que um processo mais responsivo possui uma capacidade superior para conviver com a variabilidade da procura, e dispensa a constituição de stocks para absorver a mesma.

No final do projeto, os resultados foram esclarecedores: uma redução média de 64% do *lead time* do processo para as referências oferecidas (com destaque para a redução de 74% nas referências A), associada a uma redução do valor em stock de cerca de 15% (valor a preço de venda), sendo que a média do período de cobertura diminuiu também de quase 13 meses para 9,5 meses. Adicionalmente, verificou-se um aumento de produtividade muito significativa em ambos os processos que foram objeto de estudo (90% na célula de montagem e embalagem e 120% na operação de picking).

Analisando os resultados, é possível deduzir que, no que toca à célula de montagem e embalagem, houve um ganho no *lead time* bastante significativo com a criação da linha de puxadores SR, localizada no armazém de expedição, devido à simplificação do processo logístico associado a este tipo de referências. A integração de operações de montagem e embalagem revelou-se também como uma mais valia na redução de transportes, *lead time* e stocks intermédios entre os dois departamentos. A criação de um novo standard, definindo que no armazém intermédio apenas se deveria encontrar produto acabado, representou igualmente um aumento de produtividade para a operação de montagem, pois removeu esse tipo de tarefas dos operadores. Por fim, o fluxo unitário diminuiu drasticamente os stocks intermédios e permitiu o balanceamento de operações entre postos de trabalho, o que significou um aumento de produtividade, assim como encurtou o *lead time* do processo.

No que toca ao armazém de expedição, o grande ganho prendeu-se fundamentalmente com uma melhoria das rotas e consequente redução das distâncias percorridas, o que num armazém corresponde necessariamente a um aumento de produtividade. Além disso, foi possível melhorar toda a gestão de stocks, não só com a redefinição do modelo de arrumação de produtos mas também com a criação de um modelo de acompanhamento com os PDA's de *picking*.

Uma das consequências mais positivas da implementação deste projeto que importa salientar mas não se encontra diretamente ilustrada nos indicadores analisados, foi a possibilidade de realocação de recursos humanos que o mesmo proporcionou. O ganho de produtividade que se fez sentir nos departamentos em análise serviu simultaneamente para aumentar o output do processo e para reduzir o input, isto é, os recursos alocados. Esses mesmos recursos revelaram-se fundamentais para responder ao acréscimo de procura que a indústria tem vindo a enfrentar no ano de 2021, reforçando outros departamentos que evidenciaram essa necessidade.

Um dos princípios Kaizen consiste em montar os processos de forma a criar mais valor para o cliente. Implementado o projeto de melhoria contínua, perspetiva-se agora um aumento da procura e quota de mercado da empresa, assente nessa mesma máxima: a entrega de mais valor, através da redução do *lead time* e da melhoria do nível de serviço.

Referências

- Al-Araidah, O., Momani, A., Khasawneh, M., & Momani, M. (2010). Lead-time reduction utilizing lean tools applied to healthcare: the inpatient pharmacy at a local hospital. *Journal for Healthcare Quality : Official Publication of the National Association for Healthcare Quality*, 32(1), 59–66. <https://doi.org/10.1111/j.1945-1474.2009.00065.x>
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research*, 183(2), 674–693. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.10.010>
- Callioni, G., Montgros, X. De, Slagmulder, R., Wassenhove, L. N. Van, Callioni, G., & Montgros, X. De. (2005). Inventory-Driven Costs. *Harvard Business Review*, 83(3).
- Coimbra, E. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Professional. http://www.amazon.com/Kaizen-Logistics-Supply-Euclides-Coimbra/dp/0071811044/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1367635565&sr=1-1&keywords=kaizen+in+logistics+and+supply+chains
- D. Wolf, C. (2020). *Logistics Costs Increase to \$1.63 Trillion in 2019*. <https://www.ttnews.com/articles/logistics-costs-increase-163-trillion-2019#:~:text=The 2020 CSCMP State of,%2421.43 trillion gross domestic product.>
- Dukic, G., & Oluic, C. (2007). Order-picking methods : improving order-picking efficiency. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 3(4). <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2007.013214>
- Gunasekaran, A., Marri, H. B., & Menci, F. (1999). Improving the effectiveness of warehousing operations: a case study. *Industrial Management and Data Systems*, 99(8), 328–339. <https://doi.org/10.1108/02635579910291975>
- Heskett, J. L. (1963). *Heskett, J.L. (1963) Cube-Per-Order Index A Key to Warehouse Stock Location. Transportation and Distribution Management*, 3, 27-31. - References - Scientific Publishing. [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2402508](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2402508)
- Il-Choe, K., & Sharp, G. (2014). *Small Parts Order Picking: Design and Operation*. <https://www2.isye.gatech.edu/~mgoetsch/cali/Logistics Tutorial/order/article.htm>
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen* (2nd ed.). McGraw-Hill Professional.
- James A. Tompkins, John A. White, Yavuz A. Bozer, J. M. A. T. (2010). *Facilities Planning*. 1991 Georgia Tech Research Corporation, Atlanta, Georgia 30332. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=-xBIq6Qm2SQC&oi=fnd&pg=PA2&dq=tompkins+facilities+planning&ots=sD1wnbLk00&sig=2alzJTtIUAZ7rx-wlie2CBWdGuA&redir_esc=y#v=onepage&q=tompkins facilities planning&f=false
- Kareem Sakran, H., Majeed Mahbuba, H., & Saleh Jafer, A. (2016). A Review of a Basic Concept of Cellular Manufacturing. *International Journal of Design and Manufacturing Technology*, 8(1), 30–37. <http://www.iaeme.com/IJDMT/issues.asp?JType=IJDMT&VType=8&IType=1%0A1>.
- Karmarkar, U. S. (1993). Manufacturing lead times, order release and capacity loading. In *Handbooks in Operations Research and Management Science* (Vol. 4, Issue C, pp. 287–329). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(05\)80186-0](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(05)80186-0)
- Marton, M., & Paulová, I. (2009). *One Piece Flow - Another View On Production Flow in The Next Continuous Process Improvement*. 30–34.
- Parikh, P. J., & Meller, R. D. (2008). Selecting between batch and zone order picking strategies in a distribution center. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(5), 696–719. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2007.03.002>
- Priyanka Khandelwal, O. S. (2019). *Architectural Hardware Market Size, Share & Industry Analysis by 2026*. <https://www.alliedmarketresearch.com/architectural-hardware-market>
- Ray, S., & Jewkes, E. M. (2003). Customer lead time management when both demand and price

- are lead time sensitive. *European Journal of Operational Research*, 153(3 SPEC. ISS.), 769–781. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00655-0](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00655-0)
- So, K. C., & Song, J. S. (1998). Price, delivery time guarantees and capacity selection. *European Journal of Operational Research*, 111(1), 28–49. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00314-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00314-7)
- Stalk, G., & Hout, T. M. (1990). Competing Against Time. *Research-Technology Management*, 33(2), 19–24. <https://doi.org/10.1080/08956308.1990.11670646>
- Tsai, C. Y., Liou, J. J. H., & Huang, T. M. (2008). Using a multiple-GA method to solve the batch picking problem: Considering travel distance and order due time. *International Journal of Production Research*, 46(22), 6533–6555. <https://doi.org/10.1080/00207540701441947>
- Ward, P., & Zhou, H. (2006). Impact of information technology integration and lean/just-in-time practices on lead-time performance. *Decision Sciences*, 37(2), 177–203. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2006.00121.x>

ANEXO A: Cronograma de Implementação do Projeto

CRONOGRAMA DE PROJETO							
WORKSHOP	OWNER	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
0. KAIZEN SUPORTE							
0.1 Construir Mission Control Room	Kaizen						
0.2 SC: Reunião Seguimento Implementação Workshops + Benefits Tracking	Kaizen						
1. KAIZEN DIÁRIO							
1.1 Implementação reuniões de equipa, com recurso a quadro visual e definição de indicadores	ABC						
1.2 Implementação de 5S Físicos em equipa piloto	ABC						
1.3 Criar manual de treino, com definição do método a seguir nas restantes equipas	ABC						
1.4 Formar / treinar líderes e respetivas equipas	ABC						
1.5 Implementação pelos Líderes de Equipa, seguimento e Auditorias	ABC						
2. KAIZEN EVENTS							
2.1 Standard Work Acabamento (Maquinagem -> Acabamento -> Lean Lift)	ABC						
2.2 Line Design Células Montagem e Embalagem	ABC						
2.3 Planeamento Expedição e Produção	ABC						
2.4 Layout Design	ABC						
2.5 Supermercado Produto Intermédio	ABC						
2.6 Standard Work Titanium	ABC						
2.7 Mizusumashi	ABC						
2.8 Warehouse Design Armazéns (001, 002, Caixas)	ABC						
2.9 Picking Expedição	ABC						

Figura 36 - Cronograma de Implementação

ANEXO B: Folha de Registo de Observações VA/MUDA

[illegible]

Figura 37 - Template VA/MUDA

ANEXO C: Matriz Produto Processo

Cluster	Corte de Cabo de Aço	Colocação de pinos	Montagem Simples	Montagem Composta	Montagem Escada	Colocação equipamento	Furação P2 (Vertical)	Cravação (balancé)	Cravação (Horizontal)	Montagem dos trechos	Montar Caixa Madeira	Montar Caixa Cimento	Embalagem	Plastificar (automático)	Plastificar (manual)	TOTAL	
																Montagem	Embalagem
Tempo Operação	0:00:45	0:00:05	0:00:30	0:00:55	0:15:00	0:40:30	0:40:10	0:00:10	0:00:10	0:00:15	0:05:00	0:00:05	0:00:30	0:40:15	0:00:20	0:00:30	0:00:00
Cremões	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0:00:30	0:00:30
Puxadores SR (Externo)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0:00:30	0:01:00
Cabos de Aço	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0:01:25	0:00:35
Puxadores nível 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0:00:30	0:00:35
Puxadores nível 2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:00:35	0:01:10
Puxadores nível 3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0:01:10	0:00:35
Puxadores nível 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0:00:45	0:00:35
Puxadores móveis nível 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:00:30	0:00:50
Puxadores móveis nível 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:00:55	0:01:45
Placas nível 1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:40	0:00:55
Placas nível 2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0:01:20	0:00:55
Série Industrial nível 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:30	0:00:55
Série Industrial nível 2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:01:25	0:00:55
Série Industrial nível 3	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:02:20	0:00:55
Fechaduras de Apartado	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:00:30	0:00:35
Portas Correr nível 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0:00:30	0:00:50
Portas Correr nível 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0:00:55	0:00:55
Sistemas de vidro	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0:20:00	0:00:30
Escadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:30	0:00:55
WC 1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:30	0:00:55
WC 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:01:00	0:00:55
WC 3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:30	0:00:55
Balantes	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:00:30	0:00:50
Cabides	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:00:30	0:00:50
Pivots	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0:02:50	0:00:55
Trincos Elétricos	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0:01:00	0:00:35
Fechaduras	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0:00:55	0:00:35
Antipânico	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0:00:55	0:00:50
Fechos	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0:00:55	0:01:45
DEP. PORTAS DE CORRER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0:00:00	0:00:00
EMBALAGEM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00
NÃO APLICÁVEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00
TUBO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0:00:00	0:00:00

Figura 38 - Matriz produto-processo

ANEXO D: Standard work família WC 2



Standard Work – WC (Nível 2)



1.1 Apertar parafuso 1 no
toalheiro



1.2 Apertar parafuso 2 no
toalheiro



1.3 Alinhar suportes no
toalheiro



1.4 Apertar suportes no
toalheiro



2.1 Montar caixa de cartão



2.2 Colocar toalheiro dentro
do saco



2.3 Colocar saco dentro da
caixa

Figura 39 - Standard work família WC 2

ANEXO E: Alocação de famílias por bancada

Bancada 1	Bancada 2	Bancada 3
Puxadores nível 1	Portas Correr nível 1	Puxadores SR
Puxadores nível 2	Portas Correr nível 2	
Puxadores nível 3	Sistemas de vidro	
Puxadores nível 4	Série Industrial nível 1	
Puxadores móveis nível 1	Série Industrial nível 2	
Puxadores móveis nível 2	Série Industrial nível 3	
Cremones	Fechaduras de Apartado	
Placas nível 1	Fechaduras	
Placas nível 2	Escadas	
WC 1	Pivots	
WC 2	Antipânico	
WC 3	Cabos de Aço	
Batentes		
Cabides		
Fechos		

Figura 40 – Alocação de famílias por bancada

ANEXO F: A3 de acompanhamento mock up line design

LINE DESIGN			MONTAGEM/EMBALAGEM					KAIZEN INSTITUTE		
PLANTA RETAS	RETAS		CLUSTER	REFERENCIA	MONTAGEM	EMBALAGEM	USUARIOS	OPORTUNIDADES		
DADOS CLUSTER	RETAS									
AGENDAMENTO CLUSTER	RETAS									

Figura 41 - A3 de acompanhamento desenho de linha

ANEXO G: Standard work linha de montagem e embalagem

1. Standard Work – Linha de Montagem e Embalagem

O Standard Work ou Trabalho Normalizado pretende demonstrar as Instruções de Trabalho e funcionamento da Linha de Montagem e Embalagem .

1.1 Fluxo de Entrada



1. Promover entrada das Ordens de Produção na Linha de Montagem e Embalagem a partir das “Estantes de Entrada” ou da paleta para componentes de grandes dimensões.

2. Priorizar Ordens de Produção a partir do “Sequenciador”.

1.2 Operação da Linha em Fluxo Unitário



1. Promover operações de Montagem e Embalagem em fluxo unitário, balanceando operações entre operadores de forma a que trabalhem simultaneamente na mesma Ordem de Produção.

1.3 Utilização do Bordo de Linha da Montagem



1. Todos os componentes necessários às operações de Montagem estão disponíveis no Bordo de Linha Superior.
2. Assim que uma caixa de componentes for totalmente consumida, colocar na zona de recolha do Mizusumashi

Figura 42 - Standard Work funcionamento da linha (excerto)