



Vasco Gonçalves de Aguiar Fernandes

Aplicação de Metodologias Lean na Indústria Têxtil

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Vasco Gonçalves de Aguiar Fernandes

Aplicação de metodologias Lean na Indústria Têxtil

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor Paulo Alexandre da Costa Araújo
Sampaio**

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Valérius Têxteis S.A. na pessoa do Engenheiro Miguel Ângelo pela oportunidade de desenvolver a minha dissertação de mestrado numa empresa de referência da indústria têxtil em Portugal.

Gostaria igualmente de agradecer à Márcia, ao Tójó, ao João e ao Carlos, colegas e, sobretudo, amigos que fiz no departamento de engenharia e inovação da Valérius Têxteis S.A., por toda a colaboração e compreensão que demonstraram desde o primeiro momento.

Agradecer também ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Sampaio, pelas sugestões e acompanhamento dado ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Por último, gostaria de agradecer à minha família pelo apoio e conselhos dados ao longo de todo o projeto.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio, nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Aplicação de metodologias Lean na Indústria Têxtil

Este trabalho foi realizado na empresa Valérius Têxteis S.A. no âmbito da unidade curricular de Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho.

O objetivo para a realização deste projeto consistia fundamentalmente na análise do impacto da implementação de metodologias LEAN na empresa nomeadamente no armazém de matéria-prima e de produto em processamento.

Para isto, procedeu-se primeiramente à revisão de tópicos relativos à filosofia Lean entre os quais as metodologias 5S, ciclo PDCA e Gestão Visual. Procedeu-se igualmente à revisão bibliográfica da Indústria 4.0 e dos conceitos de excelência operacional e avaliação de desempenho.

Posteriormente, através da metodologia de investigação *Action-Research*, analisou-se o estado atual dos armazéns de matéria-prima e de produto semiacabado da Valérius Têxteis S.A. identificando oportunidades de melhoria e apresentando soluções que incluíram metodologias Lean e recorreram a tecnologias características da indústria 4.0.

Os resultados esperados com a implementação das soluções propostas consistem na melhoria na organização de ambos os armazéns, obtenção de transparência nos processos e melhoria na avaliação dos fornecedores. Para além disto, espera-se que se reduzam ou eliminem desperdícios como o tempo de abastecimento da secção de corte ou tempo despendido à procura de material. A eliminação destes desperdícios foi ainda traduzida em poupança monetária para a empresa.

Palavras-chave: Lean; Indústria 4.0; Avaliação de Desempenho; Indústria Têxtil.

ABSTRACT

Application of Lean methodologies on the textile industry

This work was carried out at Valérius Têxteis S.A within the scope of the curricular unit of Dissertation of the Master on Industrial Management and Engineering.

The main goal for carrying out this project was to analyse the impact of implementing Lean methodologies in the company namely in its raw material and work-in-progress warehouses.

To achieve this, it was firstly conducted a review on topics related to Lean philosophy such as 5S methodology, PDCA cycle and Visual Management. A bibliographical review of Industry 4.0 and the concepts of operational excellence and performance measurement was also carried out.

Afterwards, using the Action-Research research methodology, the current state of the referred warehouses was analysed, identifying improvement opportunities which lead to solutions that included Lean methodologies and used characteristic technologies of industry 4.0.

The expected results with the proposed solutions consisted of improving the organization of both warehouses, achieving processes transparency, and improving suppliers' performance evaluation. In addition, wastes such as the time supplying the cutting section or time spent searching for materials are expected to be reduced or even eliminated. This waste elimination was also converted into monetary savings for the company.

Keywords: Lean; Industry 4.0; Performance Measurement; Textile Industry

ÍNDICE

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros.....	ii
Agradecimentos.....	iii
Declaração de Integridade	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
Lista de Figuras.....	x
Lista de Símbolos	xiii
Lista de Tabelas	xiv
1. Introdução Geral	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Questão de investigação e Objetivos.....	2
1.3 Metodologias	2
2. Revisão Bibliográfica	4
2.1 Lean.....	4
2.2 Indústria 4.0 e Transformação Digital.....	18
2.3 Excelência Operacional e Avaliação de Desempenho	24
3. Apresentação da empresa.....	27
3.1 Valérius Têxteis S.A.....	27
3.2 Processo Produtivo	34
4. Descrição do estado atual, estudo e implementação de propostas de melhoria	38
4.1 Armazém Matéria-Prima	38
4.2 Armazém Work-In-Progress	45
5. Resultados esperados	54

5.1	Armazém Matéria-Prima	55
5.2	Armazém WIP	57
6.	Conclusões	59
6.1	Considerações finais, limitações e trabalhos futuros	59
	Referências	60
	Apêndice I – Registo de carrinhos em armazém	68
	Anexo I – Manual Gestão de Partidas (Versão_09/23)	70
	Anexo II – Folha de registo de produção de amostras	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATP	Associação Têxtil e Vestuário de Portugal
WIP	Work-in-progress
ERP	Enterprise Resource Planning
TPS	Toyota Production System
PDCA	Plan-Do-Check-Act
CAD	Computer-aided design
RFID	Identificação por radiofrequência
KPI	Key Performance Indicators
SGS	Société Générale du Surveillance
GRS	Global Recycle Standard
GOTS	Global Organic Textile Standard
ICF	Invescorte Cutting Flow
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve & Control

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia Investigação - Ação	3
Figura 2 - Princípios Lean (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)	5
Figura 3 - Casa TPS (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008).....	7
Figura 4 - Plano para a introdução do sistema TPS (adaptado de Maia et al., 2011)	9
Figura 5 - 7 Desperdícios	10
Figura 6 - <i>Muda, Mura e Muri</i> (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)	12
Figura 7 - Relações entre <i>Muda, Mura e Muri</i> (reproduzido de Pieńkowski, 2014).....	13
Figura 8 - 5S (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)	13
Figura 9 - Ciclo PDCA (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)	14
Figura 10 - Curva Six Sigma (reproduzido de GEEKSFORGEES, 2019)	17
Figura 11 - Evolução da Indústria (reproduzido de Zhou et al., 2015).....	19
Figura 12 - Desperdícios em armazém (adaptado de Frazelle, 2016).....	22
Figura 13 - Etiquetas RFID (reproduzido de Hollander, 2023)	22
Figura 14 - Sistema <i>pick-by-voice</i> (reproduzido de REB Storage Systems International, 2023)	23
Figura 15 - Sistema <i>pick-by-light</i> (reproduzido de Lucas Systems, 2021).....	23
Figura 16 - Percentagem de artigos por género	28
Figura 17 - Percentagem de vendas por tipo de artigo	28
Figura 18 - Percentagem de vendas por cliente (€).....	29
Figura 19 - Volume de produção por cliente (unidades)	29
Figura 20 - Organigrama da Valérius Têxteis S.A	30
Figura 21 - Layout Valérius Têxteis S.A.....	32
Figura 22 - Certificado GRS (reproduzido de Valérius Hub, 2023)	33
Figura 23 - Certificado GOTS (reproduzido de Valérius Hub, 2023)	33
Figura 24 - Plano de Corte	34
Figura 25 - PROTextil	35
Figura 26 - Invescorte Cutting Flow (ICF)	37
Figura 27 - Estado atual Armazém MP	39
Figura 28 - Etiquetas Carrinhos Armazém MP	40
Figura 29 - Leitura do código de barras.....	40

Figura 30 - Localização da matéria-prima	41
Figura 31 - PROTextil Mobile	41
Figura 32 - Atribuição de localização na entrada da guia de transporte.	42
Figura 33 - Vista Aérea Armazém MP	44
Figura 34 - Estado atual armazém WIP	45
Figura 35 - Dimensionamento Armazém WIP	46
Figura 36 - Modelo 3D Armazém WIP	47
Figura 37 - Guia de Transporte	48
Figura 38 - Funcionamento dos estados Armazém WIP	49
Figura 39 - Dashboard Armazém WIP (reproduzido de Delaware North America LLC, 2020)	50
Figura 40 - Armários de apoio à confeção.	51
Figura 41 - Contentores com linhas para amostras.....	52
Figura 42 - Quadros suporte de rolos de linha.	53
Figura 43 - Sugestão de organização dos armários de apoio à confeção: modelo 3D.....	53
Figura 44 - Sistema de controlo de inventário na zona de amostras.	54
Figura 45 - Gestão de Partidas.....	70
Figura 46 - Controlo de Qualidade.....	71
Figura 47 - Sinalização do pedido de picking.	71
Figura 48 - Conclusão do <i>picking</i> - passo 1.	72
Figura 49 - Conclusão do <i>picking</i> - passo 2.	72
Figura 50 - Sinalização após abastecimento do corte.....	72
Figura 51 - Output da operação do corte.	73
Figura 52 - Folha de registo de produção de amostras.	74

LISTA DE SÍMBOLOS

- € Euro
- m Metro
- Kg Quilograma

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos Lean.....	5
Tabela 2 - Indicadores de Desempenho.....	25
Tabela 3 - Critérios de Rejeição.....	36
Tabela 4 - Capacidade de Armazenamento Armazém.....	43
Tabela 5 - Proposta de organização do Armazém MP.....	44
Tabela 6 - Benchmarking Empilhadores.....	47
Tabela 7 - Sistema de cores Armazém WIP.....	50
Tabela 8 - Tempo Abastecimento do Corte.....	56
Tabela 9 - Poupança estimada no armazém de matéria-prima.....	57
Tabela 10 - Amostras produzidas por equipa e mês.....	58
Tabela 11 - Poupança esperada na zona de apoio à confeção.....	58
Tabela 12 - Contagem de carrinhos nos dias 1 e 2.....	68
Tabela 13 - Contagem de carrinhos nos dias 3 e 4.....	69
Tabela 14 - Carrinhos dispostos nos corredores.....	69

1. INTRODUÇÃO GERAL

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial na Valérius Têxteis S.A., uma empresa têxtil sediada na região norte de Portugal. Neste sentido, apresentam-se neste capítulo a realidade da indústria têxtil em Portugal e os objetivos para a dissertação seguidos da metodologia de trabalho adotada.

1.1 Enquadramento

A indústria têxtil é, desde há milhares de anos, uma indústria crucial para a sociedade e economia mundial. Inicialmente baseada em operações manuais, a indústria têxtil evoluiu e adaptou-se às exigências do mercado e avanços tecnológicos adotando processos mecanizados e máquinas automáticas (Good, 2017; HT TECH, 2021). A evolução tecnológica e o surgimento de mão de obra especializada permitiram, por exemplo, aumentar a eficiência dos processos de transformação e alargar o espectro de artigos desde artigos para vestuário a têxteis técnicos.

Em Portugal, de acordo com a análise setorial da indústria dos têxteis e vestuários desenvolvida pelo Banco de Portugal, este setor é constituído por mais de 6000 empresas, maioritariamente de micro ou pequena dimensão, responsáveis pela criação de aproximadamente 130 mil postos de trabalho impactando de forma clara a sociedade portuguesa e, em especial, a região norte de Portugal (Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, 2021; Banco de Portugal, 2022). Para além disto, em 2022, a indústria têxtil e de vestuário portuguesa foi responsável pela exportação de, aproximadamente, 6.2 mil milhões de euros, 73% dos quais para o mercado europeu (Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, 2021b, 2023).

O sucesso económico do setor em Portugal é prova irrefutável do seu reconhecimento internacional fruto da sua fiabilidade e *know-how* e, principalmente, dos custos produtivos moderados que tornam atrativo o investimento estrangeiro.

A Associação Têxtil e de Vestuário de Portugal (ATP) na Visão Prospetiva e Estratégias – ITV 2030 definiu como objetivos para 2030, num cenário otimista, o crescimento do número de empresas no setor e crescimento das exportações atingindo 8 mil milhões de euros. Neste sentido, para fomentar a competitividade da indústria e a “conquista” de novos mercados, a ATP incita as empresas a estimularem a inovação nomeadamente através da adoção das tecnologias emergentes da indústria 4.0 apostando

na digitalização de uma indústria tipicamente rudimentar (Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, 2021; Jornal de Negócios, 2021).

1.2 Questão de investigação e Objetivos

Qual o impacto das metodologias Lean na Valérius Têxteis S.A.? Como resposta ao desafio lançado pela ATP, a Valérius Têxteis S.A. enfrenta atualmente um processo interno de transformação digital e de organização no qual se espera que esta dissertação tenha um papel importante na concretização dos objetivos abaixo apresentados.

- I. Organização do armazém de matérias-primas através da utilização de metodologias Lean;
- II. Implementação de um sistema de *picking* no armazém de matérias-primas associado ao ERP da empresa que permita a rápida identificação da localização de cada carrinho e quantidade da matéria-prima que estes possuem;
- III. Desenvolvimento de indicadores de desempenho do armazém;
- IV. Identificação dos carrinhos com etiquetas magnéticas;
- V. Criação de armazém *work-in-progress* (WIP) – desenvolvimento do projeto 3D, obtenção de orçamentos e seleção do fornecedor;
- VI. Definição de linhas orientadoras para o desenvolvimento de software de gestão em tempo real do armazém WIP incluindo, por exemplo, um sistema de prioridades para a alocação do material;
- VII. Desenvolvimento de um sistema de identificação do estado de utilização dos carrinhos WIP

1.3 Metodologias

A metodologia de investigação utilizada para o desenvolvimento em contexto industrial desta dissertação foi a *Action Research* – fig. 1 – baseada no princípio do “*learning by doing*”, i.e., aplicação prática dos conceitos teóricos ou aprendizagem ativa (O’Brien, 2001).

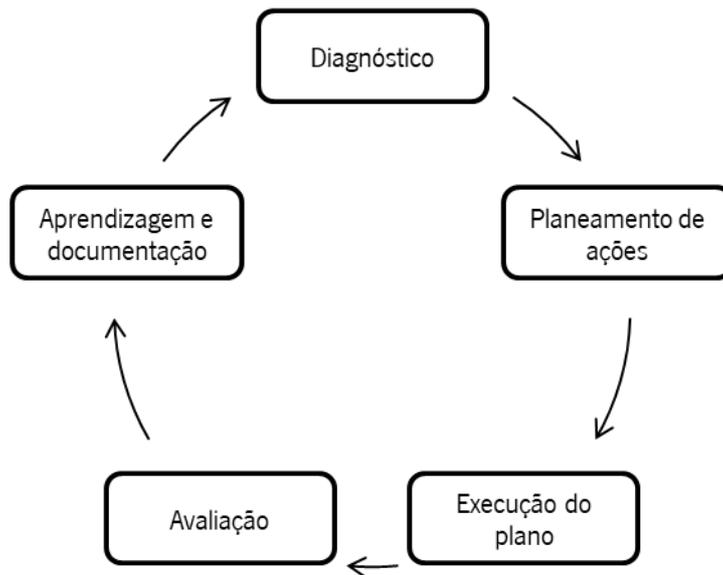


Figura 1 - Metodologia Investigação - Ação

Caracterizada pela forte colaboração entre investigador e organizações, a metodologia investigação-ação pode ser interpretada como uma sequência de iterações para a resolução de um problema específico. Desta forma, a primeira fase desta metodologia consiste precisamente na identificação de um problema ou oportunidade de melhoria e recolha de toda a informação considerada essencial para a sua compreensão (MacDonald, 2012; O'brien, 2001; Santos et al., 2013).

Seguidamente, devem ser definidas diversas alternativas para a resolução do problema e selecionada a alternativa que se acredita melhor solucionar o problema identificando claramente os objetivos a atingir (O'brien, 2001). Para que estes objetivos sejam atingidos é necessária a estruturação de um plano de ação, i.e., conjunto de ações que idealmente levam à resolução do problema identificado (Baskerville & Wood-Harper, 1996).

Este conjunto de ações deve ser posteriormente posto em prática e o seu impacto na resolução do problema deve ser avaliado por forma a verificar se os objetivos definidos foram atingidos e, simultaneamente, averiguar a necessidade de executar ações complementares (Baskerville & Wood-Harper, 1996).

Por último, para que as melhorias obtidas através das ações implementadas perdurem na organização, as alterações aos procedimentos, aprendizagens e/ou conclusões obtidas devem ser documentadas para que possam ser absorvidas no seio da empresa (Baskerville & Wood-Harper, 1996).

Para concluir, importa referir que a principal vantagem da utilização desta metodologia consiste na sua aptidão para gerar conhecimento sobre os problemas e, assim, facilitar a sua plena compreensão e, conseqüentemente, resolução (Dudovskiy, 2011).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma introdução teórica de conceitos macro como o Lean, Indústria 4.0, Excelência Operacional e avaliação de desempenho e de outros conceitos abrangidos por estes.

2.1 Lean

O conceito Lean surgiu no Japão após a segunda guerra mundial durante as décadas de 40 e 50 do século XX com o Toyota Production System desenvolvido pela Toyota Motor Corporation que, já na década de 90, foi identificado por (Womack et al., 1990) em *The Machine That Changed The World* como o primeiro sistema produtivo a interpretar na perfeição os princípios Lean (Bhamu & Sangwan, 2014).

A aplicação da filosofia Lean alarga-se a vários contextos do mundo contemporâneo sendo dividido, segundo o Lean Enterprise Institute em 3 categorias macro: *Manufacturing, Transactional Office Services, Decision* (Vogel, 2015).

Sendo esta dissertação escrita em contexto industrial, importa destacar o conceito de Lean Manufacturing primeiramente abordado por (Krafcik, 1988) em *Triumph of the Lean Production System*. O conceito de *Lean Manufacturing* pode ser definido como a utilização de metade dos recursos da produção para produzir uma maior variedade de produtos e, simultaneamente, originar menos defeitos (Krafcik, 1988). Com a diminuição de defeitos a simbolizar uma clara melhoria nas operações ou processos produtivos, Womack et al. (1990) consideraram que o *Lean Manufacturing* tinha como grande objetivo sustentar essa melhoria através da aplicação de um conjunto específico de princípios e práticas. De forma semelhante, Seth & Gupta (2005) consideraram que o objetivo da aplicação da filosofia Lean em contexto industrial passa pela redução de desperdícios e, conseqüentemente, pelo aumento da produtividade.

Shah & Ward (2003) apresentaram uma definição mais complexa do mesmo conceito considerando que este é a combinação de metodologias como o *Just-in-Time* (JIT), *Total Productive Maintenance* (TPM), *Total Quality Management* (TQM) e *Human Resource Management* (HRM). Complementarmente, Taj & Morosan (2011) salientaram o impacto que se esperava obter seguindo cada um desses conceitos – tabela 1 - tendo incluído também o impacto do layout da estação de trabalho.

Just-in-Time	Minimização de desperdícios
Total Productive Maintenance (TPM)	Manutenção correta dos equipamentos
Total Quality Management (TQM)	Correta definição de Sistemas de Gestão da Qualidade
Human Resources Management (HRM)	Formação e Motivação dos colaboradores
Layout do posto de trabalho	Fluxo contínuo da produção

Tabela 1 - Conceitos Lean

Bhamu & Sangwan (2014) em *Lean manufacturing: literature review and research issues* compilam estas e outras definições de *Lean Manufacturing* nas quais se identificam elos de ligação aos 5 princípios do *Lean Thinking* propostos por Womack & Jones (1996): valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, produção *pull* e busca pela perfeição. Ao regerem-se pelos princípios expostos na figura 2, as organizações estão a trabalhar na procura da otimização dos seus recursos garantindo simultaneamente que os produtos finais ou serviços fornecidos são os pretendidos pelo cliente.

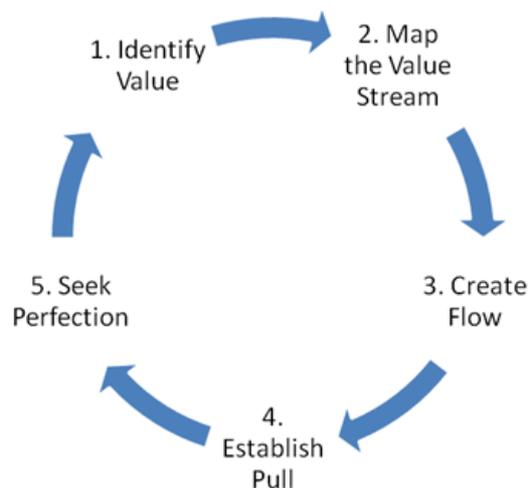


Figura 2 - Princípios Lean (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)

O primeiro princípio, valor, destaca a identificação do que é realmente valorizado pelo cliente, ou seja, do verdadeiro significado do conceito de qualidade para o cliente.

Seguidamente, deve ser definida a cadeia de valor, i.e., todas as atividades executadas que permitem criar e entregar um produto/serviço ao cliente desde o design e seleção de matérias-primas à entrega do produto final ao cliente e, posteriormente, serviço pós-venda (Weigel, 2000). Estas atividades podem ser classificadas em 3 tipologias: atividades que acrescentam valor, atividades que não acrescentam valor, mas que são fundamentais para o bom funcionamento do processo produtivo e, por último, atividades que não acrescentam valor nem são essenciais para o processo produtivo (Womack & Jones, 1996).

Definidas as atividades do processo produtivo é importante que este apresente um fluxo contínuo. Neste sentido, as organizações devem garantir que não existem nem interrupções nem picos de produção devendo assegurar que o fluxo produtivo é, aproximadamente, constante.

A existência de um fluxo de produção contínuo pode ser garantida ao produzir-se numa etapa somente o que a etapa seguinte requisitar que seja produzido (Lean Enterprise Institute, 2008). Assim, a produção sob o regime *pull* é também um dos princípios fundamentais da filosofia Lean.

O último princípio consiste na busca pela perfeição. Sendo a perfeição algo utópico, este princípio indica que a aplicação de metodologias Lean é um processo sem fim no qual as organizações devem procurar melhorar constantemente (Weigel, 2000).

Os conceitos básicos associados ao *Lean Manufacturing* são identificados rapidamente na literatura disponível, mas não existe uma fórmula clara para a sua implementação nas organizações. Deste modo, (Womack et al., 2007) apresentaram uma visão do processo de transformação Lean das organizações que se divide em 3 princípios ou fases: Propósito, Processo e Pessoas (Lean Enterprise Institute, 2008). A primeira fase consiste na identificação do propósito e pode ser considerado equivalente ao princípio “Valor”. Neste sentido, o primeiro passo para qualquer organização que queira ser Lean consiste na identificação daquilo que o cliente realmente pretende obter com o seu produto/serviço para que este seja posteriormente entregue da forma menos dispendiosa possível (Lean Enterprise Institute, 2008). Estrategicamente falando, propósito é ter a visão, valores e missão da empresa alinhados (Wincel & Kull, 2013).

A forma de obter um produto de qualidade e rentável economicamente consiste no foco no seu processo produtivo que equivale ao conceito de cadeia de valor explicado por Womack & Jones (1996). Processo, segunda fase da transformação Lean, pode ser subdividido em 3 etapas: design do produto e processo, transformação das matérias-primas, obtenção e entrega do produto final ao cliente e, por último, o serviço pós-venda. O processo deve apresentar um fluxo de produção contínua alimentado pela produção pull. A última fase, Pessoas, consiste na definição do papel dos colaboradores e motivação dos mesmos para que os processos sejam desempenhados de forma eficiente e o cliente possa obter o produto/serviço que definiu na fase inicial. As pessoas devem ser alinhadas operacionalmente com a estratégia da empresa pelos seus superiores hierárquicos para que o valor seja entregue ao cliente.

A exemplar implementação dos conceitos associados ao *Lean Thinking* tornou o Toyota Production System um modelo para indústria automóvel ao apresentar níveis produtivos elevados enquanto recorria a inventários mais pequenos e, simultaneamente, menor esforço humano. Ademais, comparativamente

com a produção em massa introduzida por Henry Ford, destacou-se por introduzir flexibilidade nos processos e variedade de produtos (Bhamu & Sangwan, 2014).

Os fundamentos teóricos e práticas nos quais o TPS está assente encontram-se representados visualmente na TPS House – fig.3. Estes princípios encontram-se interligados e apenas quando esta conexão é perfeita é que o TPS funciona na íntegra (Lean Enterprise Institute, 2008). Assim, segundo Liker & Morgan (2006) em *The Toyota Way In Services: The Case Of Lean Product Development* o sistema é tao forte quanto o elemento mais fraco.

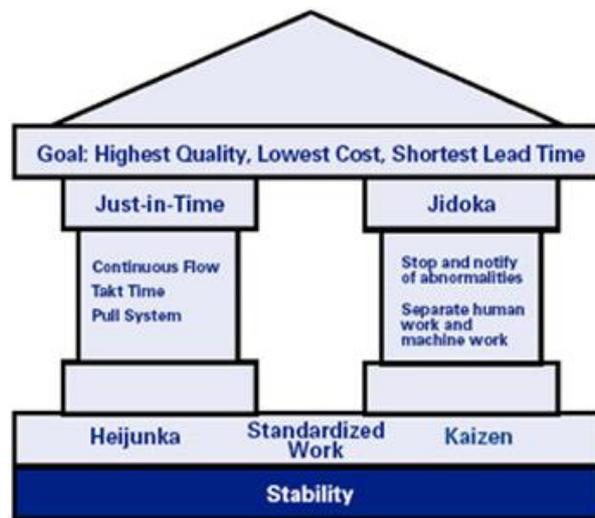


Figura 3 - Casa TPS (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)

Através da observação da figura 3, verificamos que o objetivo identificado por (Lean Enterprise Institute, 2008) para a aplicação da filosofia Lean na indústria consiste na entrega de produtos/serviços de qualidade através dos processos mais rápidos e de menor custo. Complementarmente, a segurança nos processos e a motivação dos colaboradores foram incluídos por Liker & Morgan (2006) no objetivo principal do TPS que pode ser atingido através da eliminação de desperdícios.

De forma semelhante, a análise da figura 3 permite a identificação dos pilares sobre os quais o TPS está assente: *Just-in-Time* e *Jidoka*.

Just-in-Time, tal como o nome indica, consiste na entrega dos produtos pretendidos apenas no momento em que estes forem necessários e nas quantidades necessárias (Kim, 1985). Idealmente, a produção deve ser feita segundo o regime *pull* sendo o ritmo produtivo determinado pelo ritmo ao qual os clientes necessitam de produtos – *Takt Time* – e deve ser garantindo um fluxo de produção contínuo que, no limite, poderá ser peça a peça por forma a que se reduzam inventários como, por exemplo, *work-in-progress* entre operações e, conseqüentemente, reduzam custos potenciando melhores resultados financeiros (Esteves De Araújo, 2022; Kumar & Panneerselvam, 2007). A produção *pull* é facilitada pela utilização do sistema *kanban* de cartões que apresentam um papel importante no controlo do fluxo de

produção e de stocks ao funcionarem como mecanismo de acionamento da produção ou transporte de produtos tanto internamente no chão de fábrica e armazém como externamente na relação com fornecedores (Kumar & Panneerselvam, 2007; Lean Enterprise Institute, 2008; Liker & Morgan, 2006). Ohno (1978) em *Toyota Production System – Beyond Large Scale Production*, definiu os cartões *kanban* como uma forma simples e direta de comunicar que pode conter informação como, por exemplo, quais as partes que são necessárias procurar em armazém ou o que é preciso produzir.

A produção *Just-In-Time* é permitida quando é feito o nivelamento ou “alisamento” da produção, *Heijunka* em japonês. (Ohno, 1978) considerava que flutuações na produção geram desperdícios pelo que através da distribuição temporal equilibrada da carga de trabalho manual ou mecanizada, o fluxo de produção consegue ser balanceado contribuindo para que se reduzam níveis de inventários através da produção de uma maior variedade de produtos embora em menores quantidades (Coleman & Vaghefi, 1994). Este mix de produtos deve ser produzido segundo a mesma sequência nos diferentes ciclos de trabalho reduzindo também *lead times* comparativamente com a produção por lotes de cada tipo de produto separadamente (Lean Enterprise Institute, 2008; Matzka et al., 2012).

Jidoka, segundo pilar da casa do TPS, é a palavra japonesa para autonomação que significa automação com toque humano ou com inteligência humana. Autonomação consiste na introdução da sensibilidade humana em máquinas para que estas, de forma autónoma, sejam capazes de distinguir produtos defeituosos de produtos dentro das especificações (Lean Enterprise Institute, 2008). Assim, segundo este pilar, as máquinas são responsáveis pelo controlo de qualidade da produção e sempre que uma máquina detetar um produto fora das especificações, a produção é imediatamente interrompida alertando o responsável pela produção, por exemplo, utilizando mecanismos de gestão visual ou sonoros como o sistema *andon* (Araújo, 2022; Liker & Morgan, 2006). Através da utilização deste sistema, a mão de obra humana está livre de tarefas como o controlo da qualidade e é chamada para efetuar correções no processo assim que uma peça defeituosa for detetada. Desta forma, a presença do *Jidoka* na casa do TPS, é uma garantia de qualidade na indústria – figura 4 (Monden, 1994).

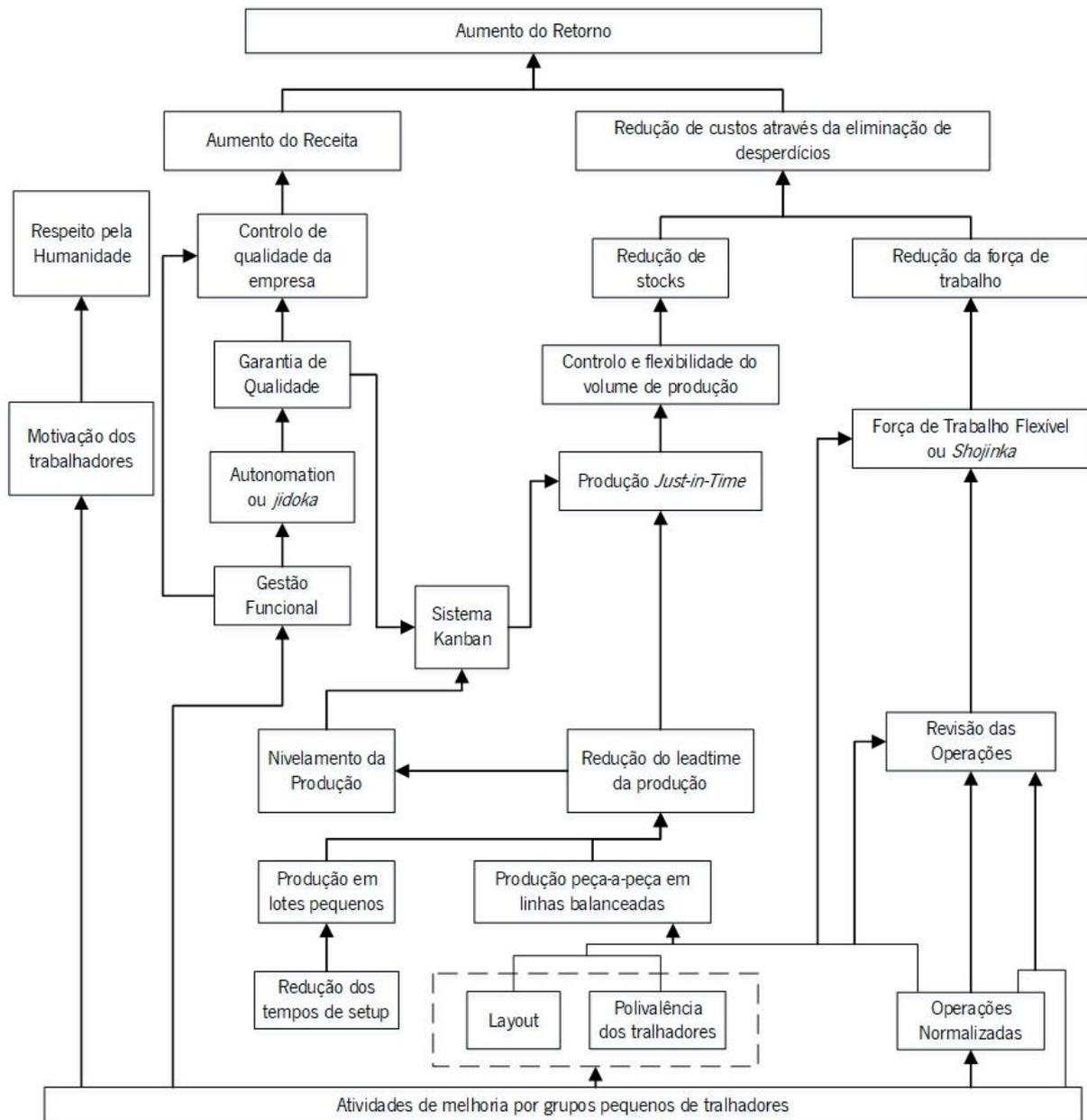


Figura 4 - Plano para a introdução do sistema TPS (adaptado de Maia et al., 2011)

Romero et al. (2019) em *Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World* consideram que o Jidoka sofreu diversas modificações ao longo do tempo em função do avanço tecnológico da sociedade. Desta forma, este pilar evoluiu para a utilização de tecnologia que não só deteta com mais antecedência um problema como também já tem capacidade para impedir que esses problemas ocorram sem que haja necessidade de intervenção humana. Assim, a melhoria contínua, *Kaizen* em japonês, está altamente ligada ao *Jidoka*, no sentido em que juntamente com a ocorrência e deteção de erros deve existir uma aprendizagem que se traduza na melhoria dos processos aplicando, por exemplo, a metodologia 5S. Neste sentido, Marin-Garcia et al. (2008) em *Longitudinal study of the results of continuous improvement in an industrial company* definem melhoria

continua como as “*pequenas melhorias nos processos produtivos que se traduzam na melhoria de algum indicador de performance*”.

A melhoria dos processos deve ser concluída com a sua normalização e a criação de documentos “oficiais” para que todas as pessoas saibam de forma clara como executar determinada tarefa sem que ocorram os mesmos erros de outrora. Por outras palavras, a normalização das tarefas consiste no registo das melhores práticas para a sua execução. No entanto, nada impede que não surjam novos erros que devem ser analisados e solucionados resultando em novas normas que, futuramente, serão também base para a melhoria dos processos (Mikva et al., 2016). Ohno (1978) identificou 3 elementos básicos da normalização do trabalho:

- Tempo de ciclo – tempo total de produção de uma unidade de produto.
- Ordem de trabalhos – sequência de operações segundo a qual é obtida uma unidade de produto.
- Normalização do Inventário – o nível de inventario deve ser apenas o suficiente para manter a produção ativa.

Considerado por muitos o “pai” do Toyota Production System, Ohno afirmou que o primeiro objetivo para as indústrias de produção consiste na identificação e eliminação de 7 desperdícios elementares identificados na figura 5 (Kilpatrick, 2003).

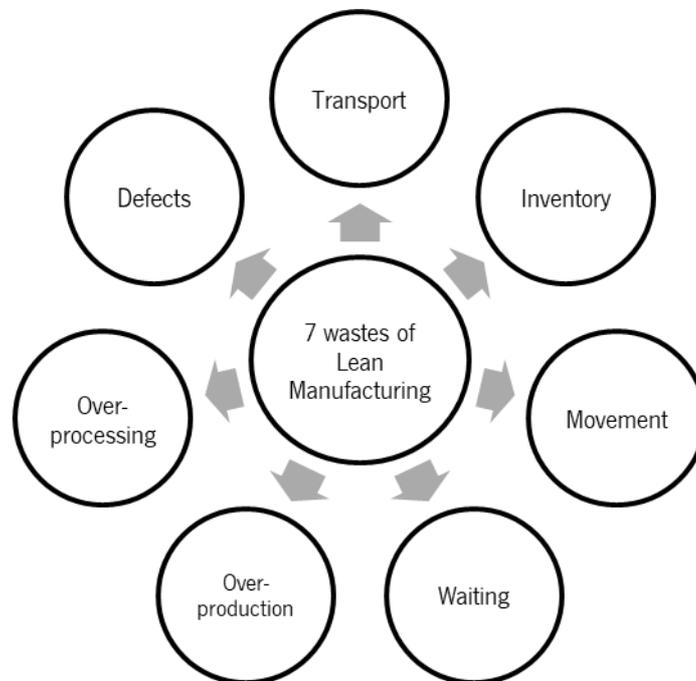


Figura 5 - 7 Desperdícios

Estes 7 desperdícios que podem ser identificados pelo acrónimo TIMWOOD e são brevemente explicados abaixo.

- Transporte (*Transport*) – movimentação excessiva de material ou produtos.
- Stock/Inventário (*Inventory*)– matéria-prima, *work-in-progress* ou produtos em excesso.
- Movimentos (*Movement*) – deslocações de pessoal ou maquinaria que não acrescentam valor.
- Esperas (*Waiting*) – períodos nos quais os produtos nem estão em processamento nem a ser transportados. Podem ser provocadas por falhas de material, avarias ou tempos de setup.
- Sobreprodução (*Overproduction*) – produzir mais do que é pedido pelos clientes ou antes do pedido ser efetuado.
- Processamento em excesso (*Overprocessing*) – processamento dos produtos para garantir que estes ficam em conformidade com os requisitos do cliente ou processamento realizado para superar as expectativas dos clientes.
- Defeitos (*Defects*) – produtos fora das especificações que necessitam de ser processados novamente.

A aplicação dos princípios fundamentais do *Lean Thinking* permite reduzir ou mesmo eliminar dos processos produtivos os sete desperdícios fundamentais (Maia et al., 2011). Por exemplo, um fluxo de produção contínuo permite reduzir tempos de espera e a produção sob o regime *pull* permite a redução dos níveis de inventário incluindo *work-in-progress*.

Para além destes 7 desperdícios originalmente identificados por Ohno, alguns autores consideram que, com a propagação da filosofia Lean para áreas distintas da sociedade, pode ser identificada uma oitava tipologia de desperdício – a subutilização de talento humano (Cunningham, 2020; Gibbons et al., 2012). Este pode ser definido como a não utilização total da criatividade humana, distribuição errada de tarefas incluindo também o não-balanceamento das mesmas (Wahab et al., 2013).

Tanto os 7 desperdícios elementares como o recém identificado 8º desperdício representam atividades que não acrescentam valor e podem ser resumidos na palavra japonesa “*Muda*” que significa também ela desperdício ou inutilidade. *Muda*, juntamente com *Mura* e *Muri*, um de três tipos de desperdícios (3M's) identificados pela Toyota e resumidos na figura 6 (Lean Enterprise Institute, 2008).

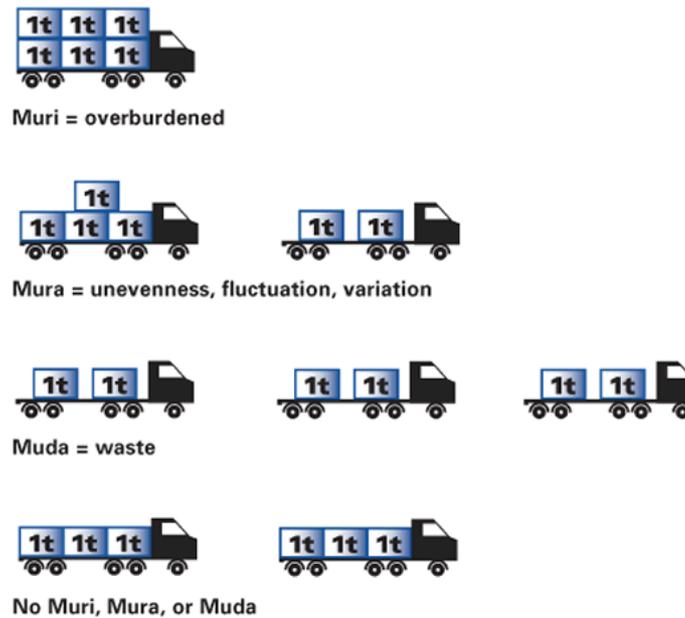


Figura 6 - *Muda*, *Mura* e *Muri* (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)

Mura é a palavra japonesa para desigualdade ou desequilíbrio. Esta tipologia de desperdício é provocada pela falta ou deficiente planeamento da produção que resulta em variações no volume de produção e, conseqüentemente, pode resultar tanto na subutilização como na utilização excessiva dos recursos devido ao desequilíbrio – *Muri*. Para além disto, o planeamento deficiente na produção pode resultar na produção excessiva – *Muda*.

O conceito de *Muri* consiste na utilização excessiva de operadores ou equipamentos obrigando-os a executar as mesmas tarefas com uma maior taxa de esforço ou, por outro lado, na subutilização da capacidade de trabalho dos operadores ou máquinas. A existência de *Muri* em contexto produtivo pode ser explicada por 3 diferentes motivos resumidos por Pieńkowski (2014) em *Waste Measurement Techniques for Lean Companies*.

- Falta de organização do local de trabalho – por exemplo, *layout* desadequado.
- Falta de normalização do trabalho.
- *Mura*

A relação entre os 3M's encontra-se espelhada na figura 7 onde se verifica que, tal como mencionado anteriormente, os desperdícios do tipo *Mura* podem resultar em desperdícios do tipo *Muda* ou *Muri*.

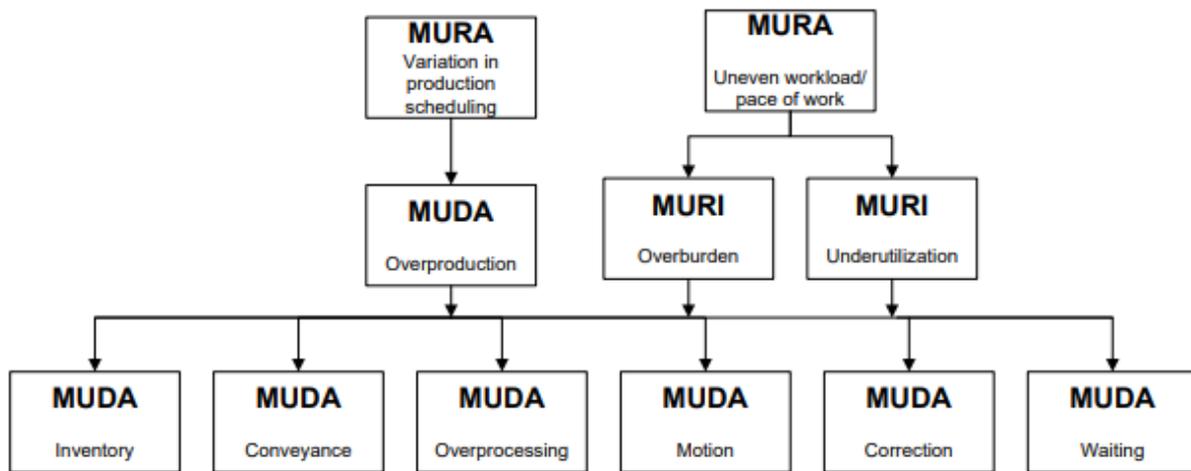


Figura 7 - Relações entre *Muda*, *Mura* e *Muri* (reproduzido de Pieńkowski, 2014)

Ademais, a análise da figura 7 permite verificar também a existência de relações entre os 7 tipos de desperdícios fundamentais. Por exemplo, a produção em excesso pode ter como consequência a criação de inventários, o processamento em excesso, movimentos desnecessários e/ou esperas.

O cenário ideal passa pela ausência de todo e qualquer desperdício pelo que, tal como dito anteriormente, o objetivo primário de qualquer indústria de produção passa pela eliminação dos desperdícios para que se reduzam custos e para que ganhem uma vantagem competitiva perante os concorrentes presentes na indústria ao serem criados produtos com valor para os clientes (Garza-Reyes et al., 2018; Hodge et al., 2011). Para que este objetivo seja alcançado é necessário percorrer um processo de melhoria longo e contínuo no qual se recorre a diversas ferramentas ou metodologias como o 5S, Gestão Visual, ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) que serão explicadas doravante.

A metodologia 5S – figura 8 - é o acrónimo para *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu*, *Shitsuke* que significam seleccionar ou separar, organizar, limpar, normalizar e sustentar, respetivamente.

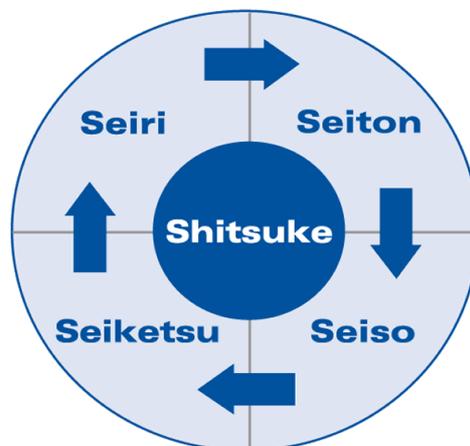


Figura 8 - 5S (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)

O objetivo para a utilização desta metodologia consiste na organização do espaço de trabalho com vista à melhoria da eficiência dos processos sendo, desta forma, um pilar fundamental para o *Kaizen* ao permitir que se tornem visíveis problemas da organização (Gapp et al., 2008). Estes autores consideram igualmente que o objetivo da implementação da metodologia 5S passa pela maximização das condições de segurança e saúde no trabalho e aumento da produtividade.

Primeiramente, para iniciar a implementação da metodologia 5S, devem ser selecionados os materiais essenciais ao funcionamento do posto de trabalho separando-os de materiais não essenciais que devem ser armazenados ou descartados do posto de trabalho - *Seiko* (Michalska & Szewieczek, 2007).

De seguida, o material essencial deve ser organizado num lugar específico e acessível havendo “um lugar para tudo” e para que, assim, tudo esteja no seu lugar – *Seiton* (Lean Enterprise Institute, 2008).

Posteriormente, considerando que historicamente os japoneses são um povo organizado e metódico, o posto de trabalho deve ser limpo após cada turno de trabalho para que todas as ferramentas sejam colocadas no lugar ao qual estão destinadas – *Seiso* (Michalska & Szewieczek, 2007).

Os procedimentos explicados nos primeiros 3 S's devem ser normalizados no seio da empresa para que façam parte da rotina - *Seiketsu* (Simões, 2012).

Por último, através de formação, os colaboradores devem ser disciplinados e motivados para que se envolvam na execução dos 4 S's precedentes - *Shitsuke* (Gapp et al., 2008; Lean Enterprise Institute, 2008).

De igual forma, o ciclo PDCA – fig. 9 - é uma ferramenta essencial para a melhoria contínua ou *Kaizen* de qualquer organização.

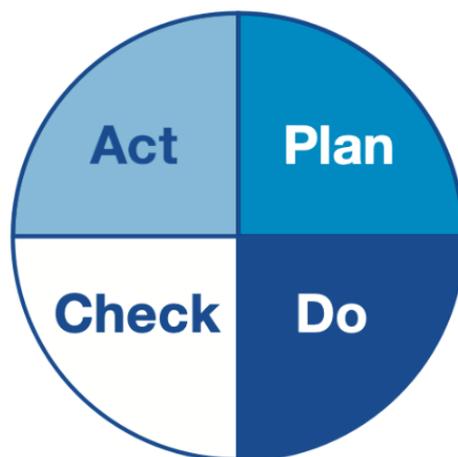


Figura 9 - Ciclo PDCA (reproduzido de Lean Enterprise Institute, 2008)

Este ciclo inicia-se com a identificação de um problema que deve ser analisado criteriosamente para que se compreenda o motivo da sua existência. Na fase do planeamento – *plan* – são também definidos objetivos a atingir e é definida a estratégia para os alcançar (Lean Enterprise Institute, 2008).

Posteriormente, na fase *do* são colocadas em prática as ações definidas como solução para o problema e o seu resultado deve ser extraído e analisado – *check* – por forma a verificar se os resultados pretendidos foram ou não obtidos (Johnson, 2002). Por último, na fase *act*, em função dos resultados obtidos pode ocorrer um dos dois cenários:

- se os resultados forem satisfatórios, ou seja, se o problema tiver sido solucionado, os novos procedimentos devem ser normalizados e consolidados na organização;
- por outro lado, se os resultados foram insatisfatórios, deve ser iniciado novamente o ciclo *Plan-Do-Check-Act*.

De notar que as ações corretivas do ciclo PDCA podem ter um caráter temporário ou permanente. Por outras palavras, as soluções podem ser desenhadas para resolver o problema, i.e., tratar os sintomas ou para eliminar a causa raiz, i.e., tratar a doença (Sokovic et al., 2010).

(Ohno, 1978) em *Toyota Production System – Beyond Large Scale Production* considerou que a gestão visual dos processos permite evidenciar os pontos fracos dos processos produtivos. A gestão visual tem um papel importante no fluxo de informação dentro das organizações ao fomentar não só a qualidade da comunicação, mas também a sua regularidade possibilitando a obtenção em tempo real do *status quo* dos processos e, assim, torná-los mais transparentes (Eaidgah Torghabehi et al., 2016). Desta forma, a tomada de decisões pode ser feita de forma mais criteriosa recorrendo, a título de exemplo, a gráficos de Pareto que espelham a realidade dos processos.

De igual forma, as ferramentas de gestão visual contribuem também para a formação dos operadores e manutenção da correta execução dos processos (Tezel et al., 2016).

Importa destacar também o papel do sistema *Poka-Yoke* na prevenção de erros humanos que resultam na produção de peças defeituosas. Shimbun (1990) afirmou que um defeito pode estar em dois estágios - prestes a ocorrer ou já ter ocorrido - pelo que a função dos sistemas *Poka-Yoke* é controlar a produção, alertar para a possível ocorrência de erros e, se necessário, interromper a produção tendo como ambição produzir sob a política de “0 defeitos” sugerida por Philip Crosby em 1979 no livro “*Quality is free.*” (Fisher, 1999).

Tendo sido até agora evidenciados os princípios da filosofia Lean e algumas das suas ferramentas mais relevantes, importa agora perceber o real impacto na indústria bem como as barreiras encontradas pela comunidade científica à sua implementação.

Os benefícios da implementação de metodologias Lean são, por exemplo, a diminuição dos custos e, conseqüente, aumento do lucro, aumento da eficiência, capacidade de resposta ou agilidade dos processos e aumento da qualidade dos produtos que resulta numa maior de satisfação dos clientes e,

consequentemente, numa menor taxa de rejeição dos produtos (Belekoukias et al., 2014; Bhamu & Sangwan, 2014; Esteves De Araújo, 2022).

As metodologias Lean permitem também aumentar a segurança no trabalho bem como reduzir a fadiga e o stress associado ao processo produtivo (Gupta & Jain, 2013).

(Garza-Reyes et al., 2018) destacou ainda o impacto que o Lean tem a nível ambiental nomeadamente ao mostrar-se impactante na melhor utilização de recursos naturais que são cada vez mais escassos.

No estudo desenvolvido por Shah & Ward (2003) *em Lean manufacturing: context. Practice bundles, and performance*, a aplicação de metodologias Lean apresentou resultados positivos na redução do tamanho do chão de fábrica, i.e., resultam num melhor aproveitamento da área disponível.

Por último, (Hodge et al., 2011) em *Adapting lean manufacturing principles to the textile industry* identificaram vantagens como a redução do *lead time*, aumento da produtividade, redução de inventários, redução da complexidade de produtos e de tempos de *setup*.

Como barreiras à implementação identificam-se a resistência à mudança, baixo nível de interação dos operadores na criação de mais e melhores soluções bem como a falta de conhecimento sobre metodologias Lean dos operadores (Gupta & Jain, 2013; Hodge et al., 2011). Hodge et al. (2011) destacam ainda que na indústria têxtil está enraizado o pensamento de que as máquinas devem estar sempre a trabalhar o que dificulta a implementação de metodologias Lean.

Para além disto, a introdução de algumas metodologias Lean pode implicar que sejam feitos investimentos de várias ordens de grandeza aos quais as organizações de pequena e média dimensão são, geralmente, reticentes (Achanga et al., 2006). Assim, a busca da qualidade foi sendo considerada por muitos ao longo da história como demasiado cara para os ganhos que representava na realidade.

No entanto, a Motorola mostrou-se disruptiva para com este pensamento apresentando o projeto Bandit que lhe permitiu concluir que quanto maior a qualidade dos produtos menores são os seus custos de produção dada a redução do número de unidades defeituosas e maior é a satisfação dos clientes resultando no aumento do lucro. Jadhav et al. (2022) em *Six Sigma Literature Review* corroboram as conclusões da Motorola afirmando que organizações que trabalham segundo a metodologia *Six Sigma* gastam apenas aproximadamente 5% da sua receita na resolução de problemas enquanto outras gastam entre 25 e 40%.

Desta forma, a Motorola popularizou a metodologia *Six Sigma* cuja aplicação tem como objetivo aumentar a performance dos processos ao reduzir variabilidade dos mesmos por forma a eliminar defeitos que são sinónimos de desperdícios (Salah et al., 2010). Esta afirmação é comprovada pela análise da figura 7 onde se identifica o Mura como causa para desperdícios.

O *Six Sigma* é baseado no controlo estatístico da produção e tem como resultado esperado um número médio de peças defeituosas de apenas 3.4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) correspondentes a um processo que apresente desvio da média de 6 desvios-padrões assumindo que este processo segue uma distribuição normal – fig. 10 (Lean Enterprise Institute, 2008). A aplicação desta metodologia é feita por projeto e subdivide-se 5 fases cuja nomenclatura resulta no acrónimo DMAIC.

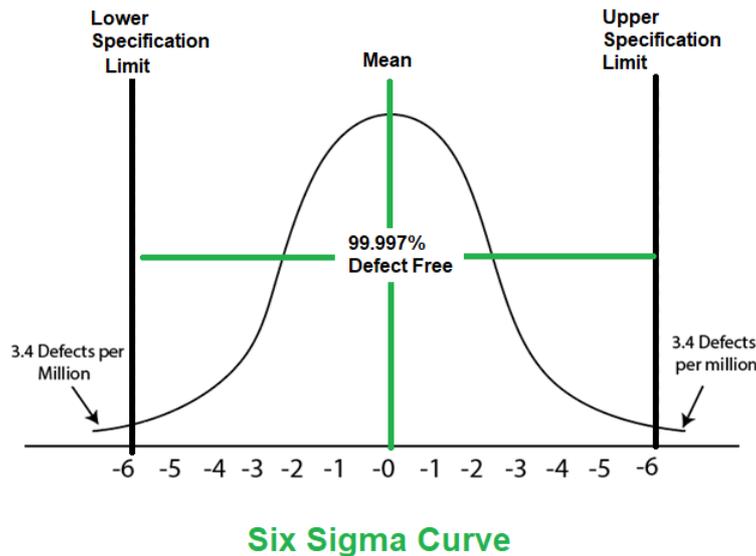


Figura 10 - Curva Six Sigma (reproduzido de GEEKSFORGEEKS, 2019)

Na primeira fase, *define*, deve ser clarificado o problema que se pretende resolver e qual o objetivo para a implementação do *Six Sigma* (Lean Enterprise Institute, 2008).

De seguida, na fase designada por *measure*, quantifica-se o problema através da recolha de dados reais que deverão ser analisados, na fase designada por *analyse*, por forma a serem identificadas as causas do problema e as possíveis soluções para o mesmo (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

Posteriormente, na fase *improve*, estas soluções devem ser introduzidas no processo sendo esperado que resultem na melhoria do mesmo. No entanto, é necessário verificar na última fase, *control*, se as melhorias obtidas foram as esperadas e, no caso do resultado ser satisfatório, o processo deve ser normalizado para que sejam permanentes (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

O *Six Sigma* e o *Lean* apresentam então objetivos comuns como a eliminação de desperdícios e o aumento da produtividade pelo que diversos autores consideram que estas metodologias devem ser implementadas em conjunto resultando no *Lean Six Sigma* popularizado pelo *The George Group* como ferramenta essencial para a melhoria contínua das organizações com vista à excelência operacional (Albliwi et al., 2015; Basu, 2004; Salah et al., 2010).

A integração do *Lean* com o *Six Sigma* apresenta resultados bastantes interessantes não só na indústria, mas em áreas como as finanças ou educação sendo maioritariamente aplicado em projetos de melhoria de processos (Zhang et al., 2012).

(Albliwi et al., 2015) através da análise dos resultados da aplicação desta metodologia na indústria da manufatura definiram os 10 benefícios mais comuns para esta metodologia entre os quais o aumento dos lucros e diminuição de custos, aumento da satisfação dos clientes e melhoria de indicadores de performance, redução de defeitos e, por consequência, aumento da qualidade. Para além disto, o *Lean Six Sigma* permitiu ainda reduzir o tempo de paragem de máquinas e níveis de inventários e aumentar a capacidade produtiva.

No entanto, existem também barreiras à implementação entre as quais a falta de recursos e de tempo para a transformação das organizações. A falta de formação dos colaboradores e o desconhecimento dos benefícios da metodologia são também fatores impeditivos do sucesso *do Lean Six Sigma* na indústria (Albliwi et al., 2015).

2.2 Indústria 4.0 e Transformação Digital

Desde cedo na sua existência que o Homem produziu os objetos que precisava para a sua sobrevivência e, posteriormente, começou a utilizar estes produtos como moeda de troca em transações comerciais. As revoluções industriais, juntamente com as tecnologias inovadoras a elas associadas, transformou tanto o processo produtivo e a criação de valor como os produtos em si pelo que, neste subcapítulo, se pretende fazer uma breve descrição da evolução da indústria representada na figura 11 e, assim, perceber como chegamos ao seu *status quo* – Indústria 4.0 (Rajput & Singh, 2019; Wichmann et al., 2019).

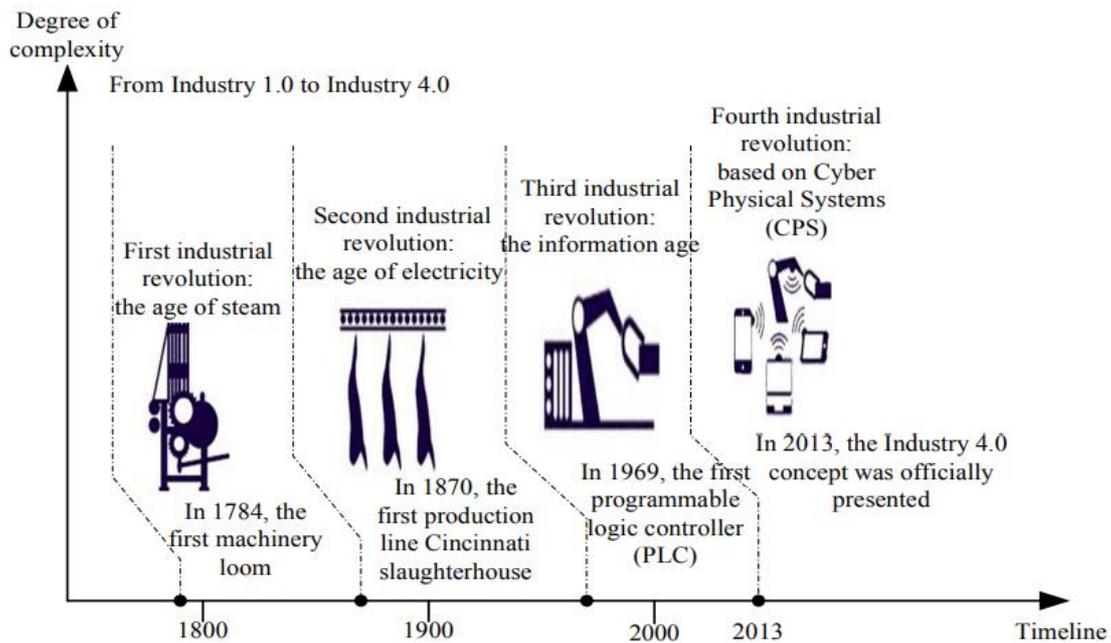


Figura 11 - Evolução da Indústria (reproduzido de Zhou et al., 2015)

O período designado por Indústria 1.0 iniciou-se em 1780 com a primeira revolução industrial e introdução de motores a vapor na indústria que permitiram a mecanização dos processos produtivos e, consequentemente, a substituição do trabalho humano ou animal pelo trabalho mecanizado. Esta transição permitiu aumentar o volume produtivo em cerca de oito vezes o que se refletiu na economia das famílias nos séculos XVIII e XIX e provocou um aumento exponencial na população mundial (Groumpos, 2021). Para além disto, a utilização da máquina a vapor permitiu movimentar pessoas e materiais de forma mais rápida o que representou um passo fundamental para a globalização (Skilton & Hovsepian, 2018).

Já durante o século XIX foi descoberta a eletricidade, que aplicada juntamente ao conceito de linha de montagem, permitiu que se iniciasse a era da produção em massa popularizada por Henry Ford com a produção do Ford Model T no século XX (Rinalducci, 2023). A produção de automóveis passou a recorrer a tapetes rolantes permitindo o aumento significativo da velocidade de produção e, consequentemente, da produtividade (Groumpos, 2021).

Para além disto, comparativamente com as máquinas a vapor, as máquinas movidas eletricamente são mais eficientes e de fácil manutenção pelo que a sua adoção representou uma fonte de redução de custos para as indústrias ao permitir reduzir o número de trabalhadores necessários na produção dos mesmos produtos (Rinalducci, 2023).

Após a 2ª guerra mundial iniciou-se a 3ª revolução industrial que assinala o começo da era da informação ou era da tecnologia na qual se introduziu automação na indústria recorrendo a computadores e a

controladores de memória programável (Groumpos, 2021). Estas tecnologias permitiram automatizar a produção reduzindo a influência da mão de obra humana nos processos e introduzindo maior flexibilidade às linhas de produção (Vinodh et al., 2021).

Nesta época surgiram programas como CAD e CAM que resultaram na digitalização da indústria e mais tarde foi criada a internet que permitiu, à semelhança do que aconteceu com a máquina a vapor, aproximar pessoas e indústrias (Skilton & Hovsepian, 2018). A criação e evolução de softwares permitiu que a indústria passasse a ser gerida mais facilmente nomeadamente em atividades como o planeamento de produção, gestão de stocks, entre outras (Rinalducci, 2023).

Atualmente, enfrentamos a quarta revolução industrial – Indústria 4.0. Este conceito foi introduzido pela primeira vez pelo governo alemão em 2011 e foi oficialmente apresentado em 2013 em Hannover (Zhou et al., 2015). Uma das definições amplamente aceites pela comunidade científica para a indústria 4.0 é dada por Dombrowski et al. (2017) em *Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems - a use cases analysis* ao considerarem que a indústria 4.0 é uma rede digital e inteligente de pessoas, equipamentos e objetos, disponível em tempo real para gestão dos processos industriais e criação de valor. Skilton & Hovsepian (2018) definem a indústria 4.0 como a convergência entre a produção e as tecnologias de informação e comunicação que, segundo Zhou et al. (2015), resultam na criação de sistemas ciberfísicos, i.e., sistemas onde há uma fusão entre a realidade e o digital, havendo uma clara tendência de transformação digital das empresas (Lasi et al., 2014).

A sociedade contemporânea exige cada vez mais que os produtos ou serviços que necessita sejam personalizados pelo que as indústrias necessitam de recorrer à indústria 4.0 para fazer face aos desafios inerentes à personalização em massa (Vinodh et al., 2021). Desta forma, Zhou et al. (2015) consideram que o foco da indústria 4.0 passa por aumentar a flexibilidade dos sistemas produtivos mantendo, simultaneamente, *lead times* reduzidos para que as organizações sejam mais competitivas e apresentem resultados sustentáveis (Man & Strandhagen, 2017). Através da indústria 4.0 as empresas deverão ser mais ágeis e capazes de lidar melhor com flutuações na procura reduzindo o efeito *bullwhip* (Rajput & Singh, 2019; Wichmann et al., 2019).

Para além disto, a indústria 4.0 proporciona interações em tempo real entre produtos, *stakeholders* (clientes, operadores, fornecedores, etc.) e/ou equipamentos – integração horizontal - através da informação recolhida por sistemas RFID (identificação por rádio frequência) ou sensores instalados na produção aumentando não só a transparência dos processos, mas também das organizações no geral (Lasi et al., 2014; Vinodh et al., 2021). Os sistemas RFID juntamente com os sensores representam uma oportunidade para a transformação digital da indústria de produção através da digitalização ou

modelação online de fábricas, ou seja, para a criação de sistemas ciberfísicos como, por exemplo, *digital twins* (Skilton & Hovsepian, 2018).

A existência de um “gémeo digital” que consiste numa representação tridimensional online de qualquer fábrica atualizada em tempo real e alimentada com dados reais permite que, recorrendo à análise e interpretação de dados através algoritmos de *machine* ou *deep learning*, sejam tomadas decisões de forma mais criteriosa com vista à otimização de processos, redução de custos e aumento da eficiência operacional sendo estes objetivos comuns com a aplicação de metodologias Lean (Zhou et al., 2015).

De igual forma, a modelação tridimensional das fábricas permite que sejam feitas simulações para perceber como o sistema produtivo se iria comportar em cenários hipotéticos. Ademais, a simulação permite que sejam detetadas previamente falhas no sistema sendo uma ferramenta essencial para a melhoria contínua dos processos e das organizações – *Kaizen*.

A indústria 4.0 e as tecnologias por si introduzidas representam também uma forma de auxiliar os operadores no local de trabalho nomeadamente no processo de *picking*, i.e., em contexto industrial, o processo de levar materiais do armazém ao chão de fábrica como resposta a um pedido deste último (Dujmešić et al., 2018; Reif & Günthner, 2009).

Originalmente, o *picking* em armazém era feito manualmente com auxílio de uma guia impressa em papel que indica o material a ser levantado em armazém não indicando onde é que este se encontra localizado (Reif & Günthner, 2009).

De acordo com (Frazelle, 2016) no livro *World-Class Warehousing and Material Handling*, e tal como demonstrado na figura 12, cerca de 18% e 55% do tempo despendido em armazém é desperdiçado à procura de material em armazém e em deslocações, respetivamente.

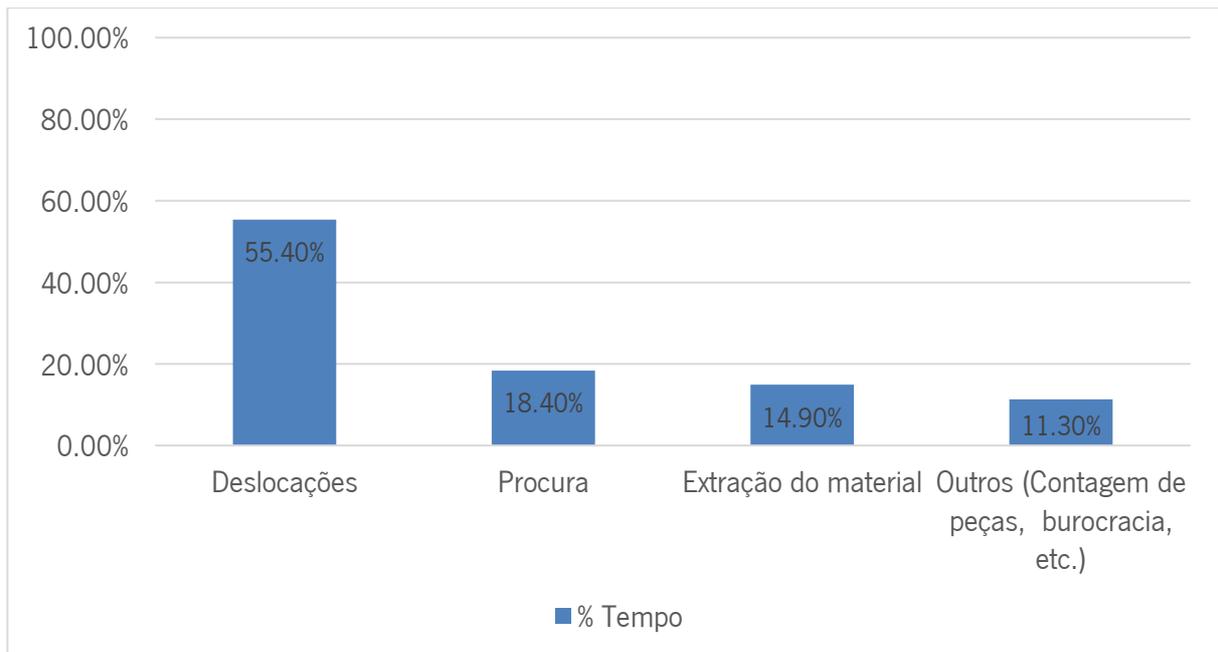


Figura 12 - Desperdícios em armazém (adaptado de Frazelle, 2016)

Desta forma, a monitorização de matérias-primas e respetiva localização em armazém proporcionados, por exemplo, pela utilização de sistemas de etiquetas RFID – fig 13.-, permite que o *digital twin* de qualquer organização esteja permanentemente atualizado e se utilizem sistemas de *picking* - para localizar rapidamente material em armazém por forma a eliminar desperdícios e, conseqüentemente, custos de operação e insatisfação dos clientes tanto internos como externos ao minimizarem a ocorrência de erros humanos (Chiarini & Kumar, 2020; van Gils et al., 2018).



Figura 13 - Etiquetas RFID (reproduzido de Hollander, 2023)

Estes sistemas de *picking* podem recorrer a sinais luminosos, i.e., *pick-by-light* – fig.14 - ou a sistemas sonoros, i.e., *pick-by-voice* – fig.15 - para indicar ao operador onde se deve dirigir para recolher o material requisitado por outrem (Reif & Günthner, 2009). Estes sistemas exigem menos tempo de formação do que os métodos tradicionais para além de permitirem diminuir o número de erros dos operadores e aumentar a sua produtividade. De destacar ainda que os sistemas *pick-by-voice*, são sistemas de mãos

e olhos livres nos quais o operador apenas necessita de estar equipado com auriculares tornando o processo de *picking* mais ágil, interativo e mais seguro (Dujmešić et al., 2018).

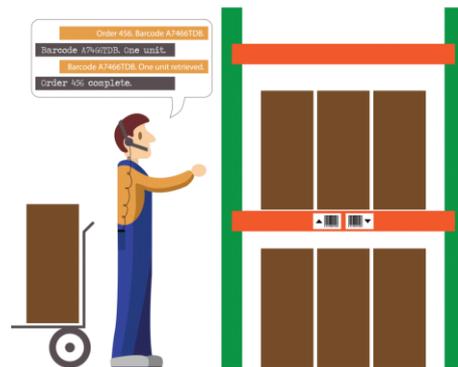


Figura 14 - Sistema *pick-by-voice* (reproduzido de REB Storage Systems International, 2023)

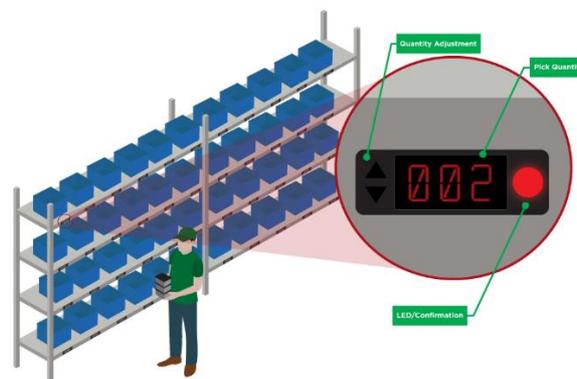


Figura 15 - Sistema *pick-by-light* (reproduzido de Lucas Systems, 2021)

Assim, a indústria 4.0 pode ser vista como uma forma de complementar as metodologias Lean com a incorporação das tecnologias revolucionárias deste período servindo assim de base para a eliminação de desperdícios, redução de custos e melhoria geral da performance da indústria (Dombrowski et al., 2017). A indústria 4.0 alavanca a competitividade das empresas pelo que as empresas que não a adotem vão ser “engolidas” pela concorrência e desaparecer (Rajput & Singh, 2019; Wichmann et al., 2019). No entanto, a introdução da indústria 4.0 apresenta igualmente alguns desafios (Rajput & Singh, 2019; Wichmann et al., 2019).

- Falta de linhas orientadoras para a implementação da indústria 4.0;
- Necessidade de formação contínua dos operadores dada a complexidade da tecnologia;
- Resistência à mudança e partilha de dados dadas as crescentes questões sobre a segurança e privacidade;
- Investimento avultado em tecnologia e infraestruturas;
- Modelação dos sistemas físicos e integração com os sistemas digitais;

- Redução do número de postos de trabalhos;

Destes desafios, a integração horizontal, i.e., integração dos sistemas físicos com os sistemas digitais apresenta grande destaque para a comunidade científica. No entanto, verifica-se que é igualmente importante que seja feita a integração vertical dos sistemas de produção presentes em qualquer organização por forma a garantir que estes comunicam eficientemente permitindo aumentar a transparência dos processos e gerar informação de qualidade para a gestão das organizações (Chukalov, 2017; Doh et al., 2016; Lasi et al., 2014; Zhou et al., 2015).

2.3 Excelência Operacional e Avaliação de Desempenho

O Lean, o Six Sigma e a integração destes dois conceitos na indústria fomentam a melhoria da qualidade e da performance das organizações consistindo assim num passo fundamental para a melhoria contínua das mesmas e para que estas alcancem a excelência operacional (Albliwi et al., 2015; Basu, 2004; Salah et al., 2010).

Do mesmo modo, e tal como referido previamente, a quarta revolução industrial contribuiu para melhoria da performance operacional que, no limite, culmina com a excelência operacional das organizações representando uma clara vantagem competitiva (Luz Tortorella et al., 2022).

Pode então afirmar-se que o *Lean Six Sigma* e a Indústria 4.0 são catalisadores da excelência operacional pelo que importa clarificar no que consiste efetivamente este conceito.

O termo excelência operacional foi popularizado pelo Shingo Institute como as diversas transformações que as organizações sofrem para obterem algum tipo de vantagem competitiva (Sony, 2019). Muktadir et al. (2020) definem excelência operacional como a aplicação das melhores práticas na indústria para a sua melhoria contínua e aumento da produtividade.

Ion et al. (2013) consideram a excelência operacional uma filosofia com implicações a nível operacional que influencia a estratégia das organizações. Neste sentido, pode-se afirmar que o sucesso a longo termo das organizações é estimulado pela implementação de programas de excelência operacional que se focam na satisfação dos clientes através da melhoria contínua dos processos a nível operacional (Carvalho et al., 2019; Luz Tortorella et al., 2022).

Basu (2004) em *Six-Sigma To Operational Excellence: Role Of Tools And Techniques* identifica 4 passos que cada organização deve percorrer para atingir a excelência operacional. Considerando que, a nível operacional, o objetivo primário das organizações passa pela obtenção de resultados financeiros positivos

através de uma utilização dos recursos disponíveis que permita satisfazer os clientes, o primeiro passo no caminho para a excelência operacional consiste em alcançar este objetivo interno.

Seguidamente, as organizações devem analisar a concorrência, i.e., realizar uma operação de benchmarking para identificar oportunidades de melhoria através, por exemplo, de uma análise SWOT. Como resultado desta análise é definido um novo objetivo para a organização que se propõe a atingir a excelência operacional: ser a melhor. Este objetivo obriga a que sejam feitas alterações operacionais e estratégicas na organização para adotar as melhores práticas existentes na concorrência.

Atingida a excelência operacional, o último passo consiste na definição de estratégias internas para que os resultados obtidos sejam sustentados no tempo. Para isto, (Sony, 2019) salienta a importância da cultura de uma forte cultura organizacional para garantir a viabilidade dos resultados a longo prazo.

Ademais, segundo Carvalho et al. (2019), a sustentabilidade dos programas de excelência operacional é, geralmente, deficitária pelo que estes identificaram diversos catalisadores da excelência operacional como a liderança e compromisso das altas instâncias das organizações resultando na criação e fortalecimento da cultura das mesmas. Estes autores salientam ainda a importância do planeamento da estratégia considerando os interesses dos *stakeholders* e da comunicação eficiente dessa estratégia. A excelência operacional impacta a performance das organizações representada em métricas ou indicadores definidos como importantes para cada organização, *key performance indicators* (KPIs). KPIs expressam quantitativamente e qualitativamente os resultados das organizações permitindo verificar o seu sucesso ou insucesso em função de objetivos estabelecidos previamente (Velimirovic et al., 2011). Estes indicadores podem ser subdivididos em várias categorias entre as quais operacional, qualidade, económicos e sociais – tab.2 (Moktadir et al., 2020).

Categoria	KPI
Operacional	Produção no tempo estipulado; Manutenção das máquinas
Qualidade	Satisfação dos clientes; percentagem de produtos defeituoso
Economia	Receita e Lucro; Lucro por cliente; <i>Return on Investment</i> (ROI)
Social	Segurança e satisfação dos clientes

Tabela 2 - Indicadores de Desempenho

Cada organização deve gerir a sua performance através da seleção de indicadores de desempenho que melhor espelhem o seu funcionamento e, posteriormente, deve ser feita medição e monitorização destes indicadores por forma a averiguar se o desempenho da empresa está de acordo com os objetivos definidos e serem identificadas oportunidades de aprendizagem e melhoria (Basu, 2004; Moktadir et al., 2020).

A recolha de informação real sobre o funcionamento das operações e processos de cada organização corresponde à monitorização continuada e permite alimentar programas de melhoria contínua.

Para concluir, importa destacar que a avaliação de desempenho através de KPIs permite perceber o comportamento passado e presente dos processos bem como definir o comportamento que se pretende para o futuro para que, no limite, seja obtida a excelência operacional (Smith, 2001).

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo apresenta-se a Valérius Têxteis S.A e apresentam-se alguns detalhes do seu *core business* desde o tipo de produto mais vendido à estrutura organizacional. Para além disto, é feita uma breve descrição do seu processo produtivo desde o momento em que são angariados clientes até à expedição do produto final.

3.1 Valérius Têxteis S.A.

O grupo VALERIUS foi fundado em 2010 em Barcelos e emprega atualmente cerca de 1600 pessoas entre as quais 625 de forma direta (Grupo Valérius, 2019). O grupo é constituído por mais de 30 empresas que podem ser subdivididas em 3 áreas de negócio distintas:

- roupa, acessórios e calçado;
- têxtil, acabamentos e qualidade;
- casa & escritório.

Dentro destas áreas de trabalho destacam-se empresas como a Valérius Têxteis S.A. e Campport, ABM e Valérius 360 e Ambar, respetivamente (Valérius Hub, 2023).

No entanto, a história da Valérius Têxteis S.A. remonta a 1987 como uma têxtil subcontratada com apenas 30 colaboradores. Em 1992, a empresa iniciou verdadeiramente o seu crescimento tendo primeiramente apostado na produção de vestuário *sportswear* de criança e, posteriormente, de homem e mulher para exportação, sobretudo, para o mercado italiano (Simões, 2012). No entanto o tipo de cliente final sofreu alterações ao longo do tempo e, atualmente, cerca de 75 % dos artigos produzidos na Valérius Têxteis são de senhora – fig. 16.

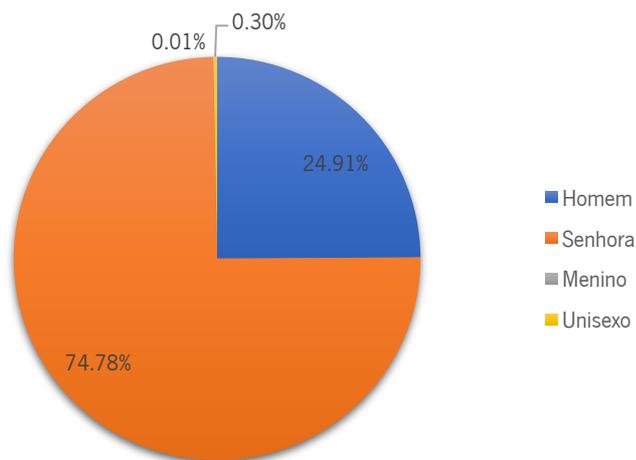


Figura 16 - Percentagem de artigos por género

O *core business* da empresa passa então pela exportação para quatro continentes de vestuário têxtil em malha com especial destaque para t-shirts e sweats – fig 17

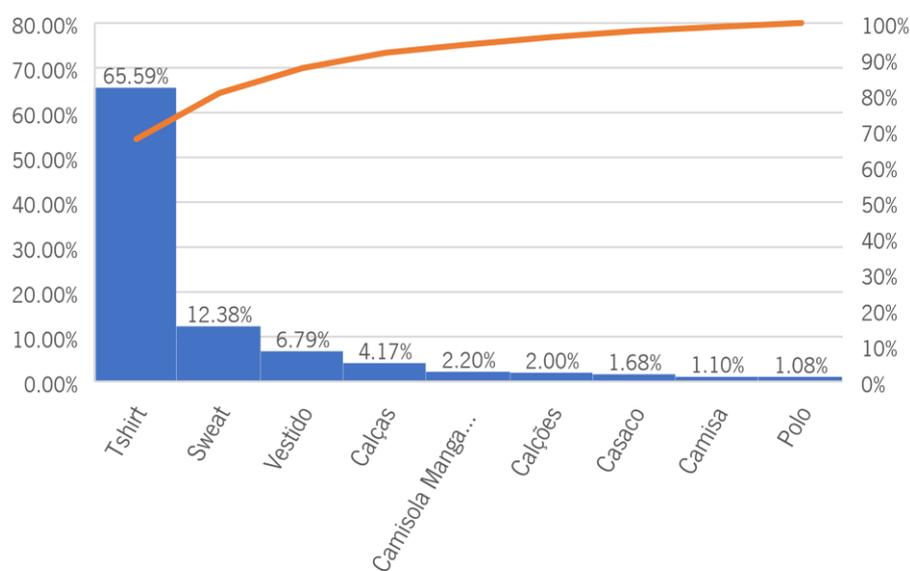


Figura 17 - Percentagem de vendas por tipo de artigo

A Valérius Têxteis S.A. conta com a presença de colaboradores nativos em cada um destes continentes contribuindo para o fortalecimento das relações com os seus clientes e crescimento da carteira comercial da empresa e do grupo que deverá sustentar a competitividade da empresa a longo prazo. Dentro desta carteira de clientes encontram-se grupos como AEFPE S.P.A, Social Fashion Company GMBH e H&M que representaram cerca de 70% das receitas totais bem como do volume de produção em 2022. – fig. 18 e fig. 19.

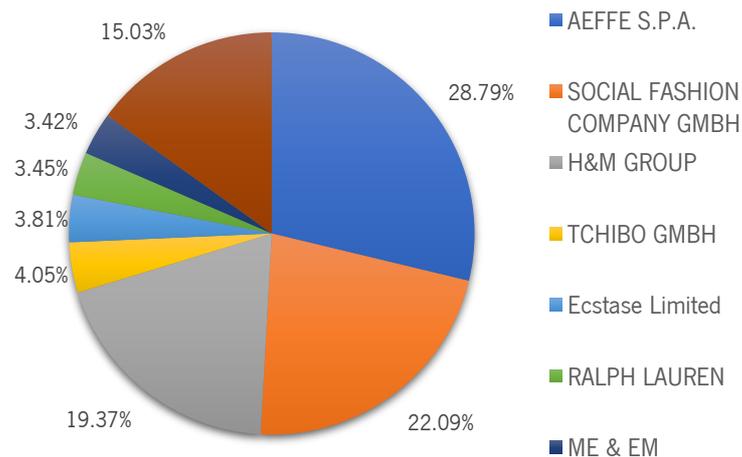


Figura 18 - Percentagem de vendas por cliente (€)

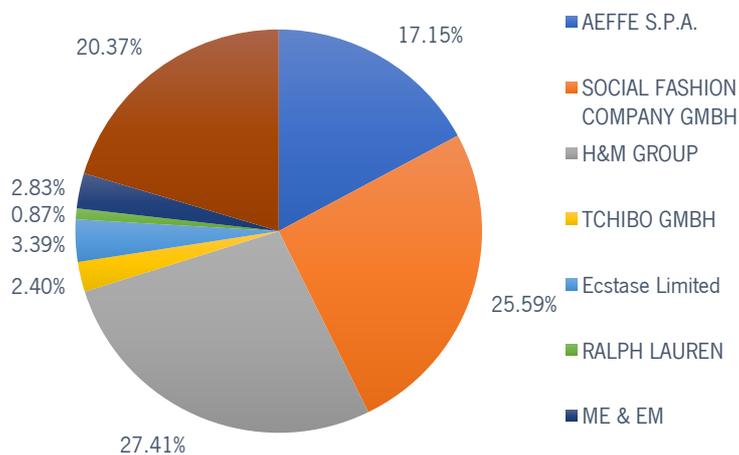


Figura 19 – Volume de produção por cliente (unidades)

Para dar resposta à procura dos seus serviços, a Valérius Têxteis S.A. possui uma área de fábrica de 6900m² na qual conta com 3 estações de corte automático com sistema CAD e 147 colaboradores distribuídos pelos departamentos comercial, produção, entre outros tal como descrito no organigrama apresentado na fig.20.

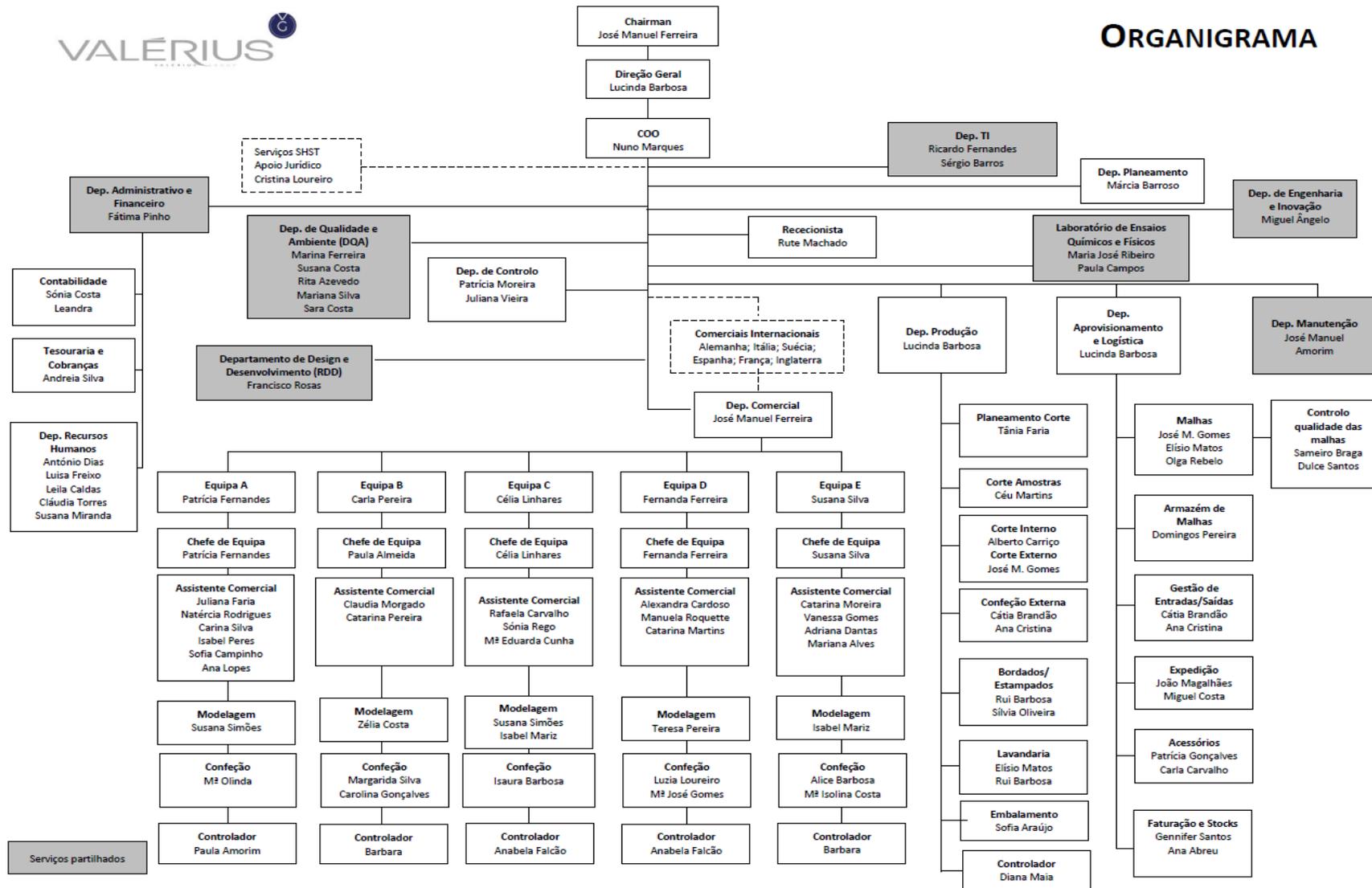


Figura 20 - Organigrama da Valérius Têxteis S.A

Alguns dos recursos tecnológicos e humanos existentes na Valérius Têxteis S.A. encontram-se no chão de fábrica de acordo com o layout apresentado na figura 21 e permitem que a empresa apresente uma capacidade instalada de 25000 peças/dia e uma produção flexível desde pequenas até grandes encomendas com prazos de entrega de 6 semanas.

Layout Valérius Têxteis S.A. (Piso 0)

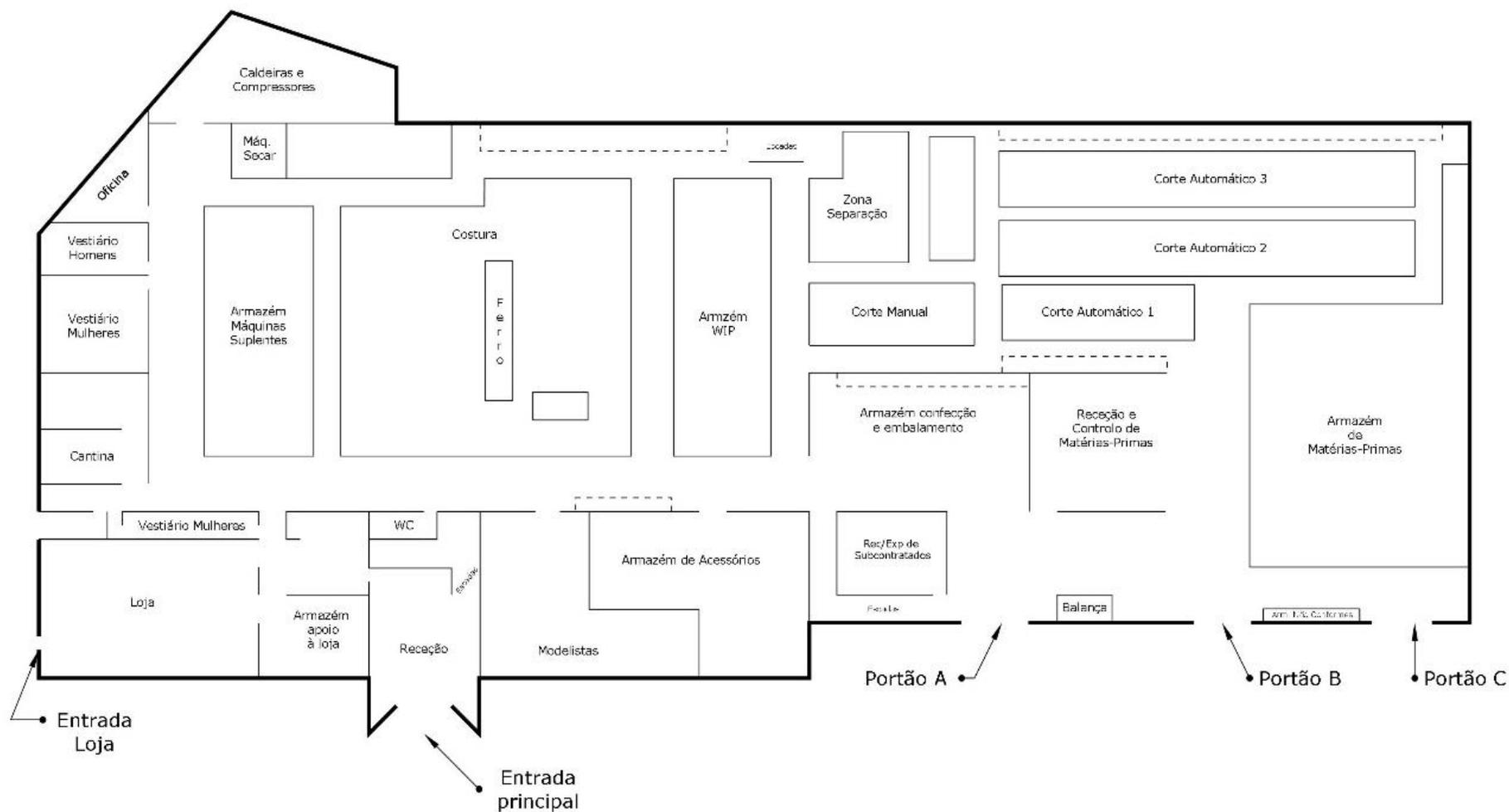


Figura 21 - Layout Valérius Têxteis S.A.

A missão da empresa passa então pelo rigor no cumprimento de prazos de entrega definidos em conjunto com os clientes oferecendo, simultaneamente, um serviço de qualidade a preços competitivos com o objetivo, i.e., visão, de obter destaque internacional, fidelizar clientes e aumentar a sua capacidade de reter talento (Grupo Valérius, 2019). Para isto, a Valérius Têxteis S.A apresenta-se como uma empresa que valoriza os seus colaboradores e que se preocupa com a sustentabilidade ambiental tendo definidas diversas políticas de qualidade e ambiente das quais se destacam:

- Criação de oportunidades de trabalho e o desenvolvimento pessoal e profissional dos colaboradores;
- Promover e assegurar a melhoria contínua, incentivando a responsabilização e o trabalho em equipa e fomentar a contínua formação e atualização profissional de todos os colaboradores;
- Promover a proteção do ambiente prevenindo continuamente os impactos ambientais associados à produção de resíduos, águas residuais e consumo de energia.

Estas políticas resultam na obtenção de certificações como a ISO 9001 e ISO 14001 atribuídas pela *Société Générale de Surveillance* (SGS) bem como certificações atribuídas pela *Control Union Certifications* que comprovam a preocupação ambiental da empresa nomeadamente através do *Global Recycle Standard* (GRS) – fig.22 - que destaca empresas cujas práticas sociais, ambientais e químicas da sua produção são responsáveis e o *Global Organic Textile Standard* (GOTS) – fig.23 - atribuído a organizações cujo fabrico, embalagem, rotulagem, comércio e distribuição de tecidos conta com pelo menos 70% de fibras naturais orgânicas (Control Union Certifications, 2023).



Figura 22 - Certificado GRS (reproduzido de Valérius Hub, 2023)



Figura 23 - Certificado GOTS (reproduzido de Valérius Hub, 2023)

3.2 Processo Produtivo

A atividade da Valérius Têxteis S.A pode ser subdividida em duas etapas macro: desenvolvimento de produto e produção.

A fase de desenvolvimento de produto inicia-se com a comunicação entre o departamento comercial e os clientes ou respetivos representantes por forma a melhor compreender quais as suas reais necessidades.

Estes requisitos são posteriormente transmitidos às modelistas que desenvolvem em software o molde do produto e, simultaneamente, estimam o custo de produção da peça para aprovação do cliente.

De seguida, desenvolvem-se ao longo de diversas iterações amostras do produto final de modo a garantir a satisfação do cliente e entrega de um produto final de acordo com os seus requisitos tanto ao nível da matéria-prima como do design do produto.

Durante este processo o cliente avalia a capacidade de resposta da Valérius Têxteis S.A. para responder às suas exigências pelo que os vários departamentos da Valérius devem coordenar internamente as suas ações e comunicar da forma mais eficaz e eficiente possível.

O pedido de encomenda do cliente resulta da avaliação da amostra final e inclui informação como a quantidade e tamanhos que pretende que sejam produzidos.

Posteriormente, o departamento de modelagem desenvolve planos de corte – fig.24 - com o objetivo de otimizar o consumo de matéria-prima. Através do software CAD Lectra Optiplan, o departamento de modelagem calcula o consumo estimado de matéria-prima para satisfazer a encomenda considerando sempre questões técnicas como o encurtamento da malha após o corte, encolhimento do produto após lavagem, entre outros.

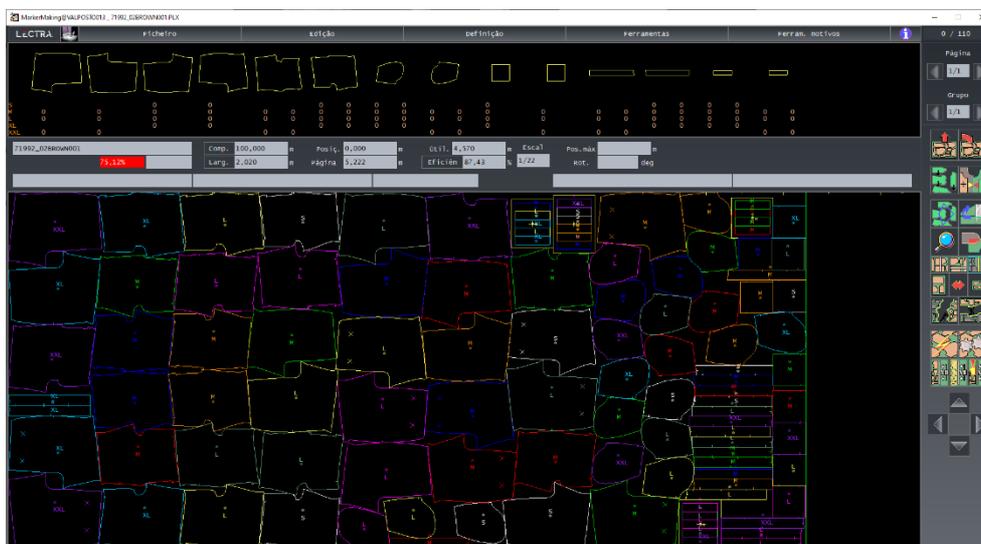


Figura 24 - Plano de Corte

De seguida, o departamento comercial consulta o software de gestão integrada PROTextil – fig.25 - e, considerando o consumo estimado de matéria-prima e consultada a quantidade existente em stock, faz a requisição de matéria-prima aos fornecedores. De igual forma, devem ser requisitados os acessórios necessários (velcro, botões, *zippers*, etc.) à concretização da encomenda.

Pc	Art	Descrição	Cor	Tam	Entrada	Saida	Stock	Pendentes	OFabrico	Encomenda	Disponível	Unidade
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2		1.40	1.60	0.00	1.60	0.00	0	0	1.60	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2		1.60	2.00	0.00	2.00	0.00	0	0	2.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2			386.33	164.00	222.33	0.00	0	0	222.33	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	10-100		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	10-100	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	AMARELO 24	1.55	1,985.00	2,115.61	-130.61	0.00	0	0	-130.61	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	azul 61		0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	azul617		15.30	15.30	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BLACK 555	1.80	10.00	0.00	10.00	0.00	0	0	10.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	branc		15.50	15.50	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BRANCO	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BRANCO	1.55	2,645.00	2,368.24	276.76	0.00	0	0	276.76	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BRANCO		59.00	59.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BRANCO OPTICO	1.80	13.50	0.00	13.50	0.00	0	0	13.50	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	BRANCO.	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	CINZA MESCLA	1.55	3,262.50	3,119.00	143.50	0.00	0	0	143.50	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	CORES A INFORMAR	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	cru		234.10	38.00	196.10	0.00	0	0	196.10	Kg
70	3.LCCO1062.17	JERSEY 100% ALGODÃO 150GM2	cru	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	Kg

Total Registos: 41 | Valor (P. Custo): 0 | Stock: 473.35

Figura 25 - PROTextil

Posteriormente, no momento da chegada da matéria-prima é feita a sua pesagem e controlo de qualidade no qual se realizam testes como:

- Teste de Gramagem – é retirado de cada rolo de malha um círculo com 10 centímetros de diâmetro para pesagem;
- Teste de Torção - é cortado um quadrado 50x50cm de tecido e, após lavagem, é feita a medição da largura do quadrado e calculada a percentagem de torção.
- Teste de Encolhimento à Lavagem - é cortado um quadrado 50x50cm de tecido e, após lavagem, é feita a medição da largura do quadrado.
- Teste de Encolhimento ao Vapor – uma peça é “passada a ferro” e, posteriormente, verifica-se a existência ou não de alterações nas duas dimensões.

Após este controlo, a matéria-prima deve ser classificada como conforme ou não conforme segundo os critérios apresentados na tabela 3 sendo enviada para o armazém de matéria-prima ou reenviada para os fornecedores, respetivamente.

Teste	Critério de Rejeição
Teste de Gramagem	<ul style="list-style-type: none"> • Superior a 5%: rejeitar • Inferior a 5%: aceitar
Teste de Torção	<ul style="list-style-type: none"> • Superior a 4%: rejeitar • Inferior a 4%: aceitar
Teste de Encolhimento à Lavagem	<ul style="list-style-type: none"> • Superior a 4%: rejeitar • Inferior a 4%: aceitar
Teste de Encolhimento ao Vapor	<ul style="list-style-type: none"> • Superior a 4%: rejeitar • Inferior a 4%: aceitar

Tabela 3 - Critérios de Rejeição

A alocação da matéria-prima em armazém indica que estão reunidas as condições para que seja iniciada a produção, 2ª etapa macro identificada inicialmente.

O processo de transformação inicia-se com a requisição de matéria-prima por parte do responsável da zona de corte ao armazém para que possa dar início à execução da ordem de fabrico. Assim que a malha chega à zona de corte é estendida manualmente pelos operadores na mesa de corte para que de seguida, de acordo com os planos de corte desenvolvidos pelo departamento CAD, o corte ocorra automaticamente sem interrupções. De notar que o processo de corte é feito por marcadas, i.e., conjuntos ou colchões de folhas sobrepostas de forma a otimizar a utilização dos recursos.

Do processo de corte resulta um conjunto de partes do produto de final que são inspeccionadas e agrupadas na zona de separação para garantir a qualidade das peças distinguindo unidade conformes de não conformes devido à presença de óleo, buracos ou falhas no corte. Os lotes são etiquetados, colocados em carrinhos exclusivos para cada ordem de fabrico e transferidos para o armazém de *work-in-progress* onde ficam à espera de ser enviados para empresas subcontratadas nas quais serão estampadas ou bordadas. De notar que, por exemplo, uma t-shirt poderá ser composta por 4 partes e que apenas algumas destas partes sigam para processamento externo enquanto as outras podem ficar a aguardar no armazém da Valérius Têxteis S.A.

Todas as etapas envolvidas no processo de corte desde o estendimento à formação de lotes são monitorizadas através do software Invescorte Cutting Flow (ICF) sendo possível saber o estado de cada ordem de fabrico em tempo real bem como consultar indicadores de desempenho da secção entre os quais o tempo de utilização de cada máquina, tempo despendido em cada operação ou a sua eficiência – fig.26.

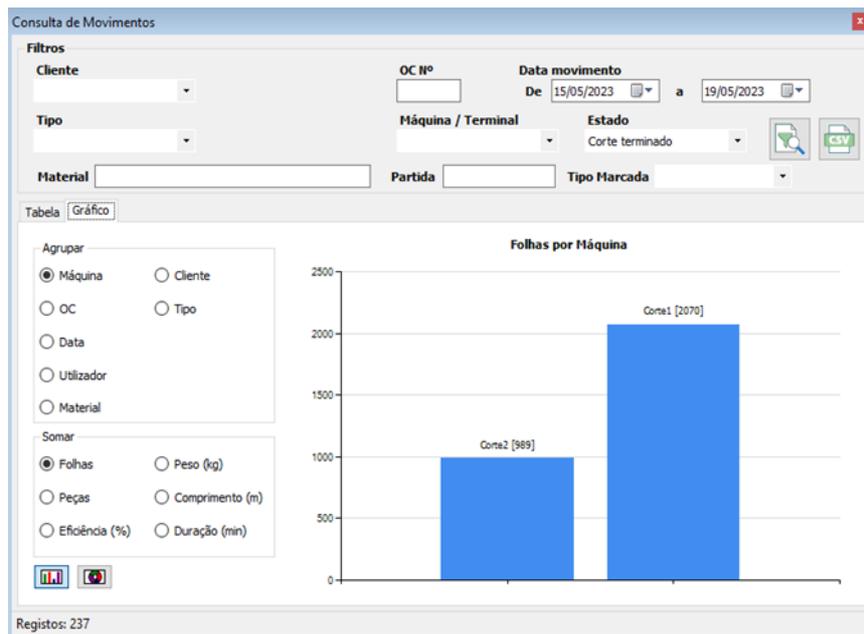


Figura 26 - Invescorte Cutting Flow (ICF)

Após a estampagem ou bordagem as peças poderão ser encaminhadas diretamente para uma confeção subcontratada ou regressar às instalações da Valérius nas quais ficarão a aguardar a disponibilidade das confeções subcontratadas para a realização deste serviço que, de forma bastante simplista, pode ser definido como a combinação das várias partes integrantes do produto final.

O produto final inicia posteriormente a última etapa do processo produtivo: embalagem. De forma análoga ao que acontece com as etapas que a antecedem, a embalagem pode ser feita tanto internamente como externamente sempre que se justificar. No entanto, independentemente do local onde se realize, esta etapa pode ser subdividida em 6 atividades:

- Engomagem;
- Revista;
- Etiquetagem;
- Dobragem;
- Embalagem;
- Encaixotamento.

Dentro destas atividades destaca-se a importância da revista na qual é feito, geralmente, o controlo visual de cada artigo produzido e prestes a expedir para o cliente final. De ressaltar que alguns clientes permitem que apenas se inspecione parte da encomenda e que seja feito o controlo estatístico da produção. Desta forma, pretende-se garantir que as expectativas do cliente são cumpridas ao proceder

à identificação de não conformidades tal como buracos, vincos, nódoas ou erros nas medidas das peças ainda dentro das instalações da Valérius Têxteis S.A. ou da empresa subcontratada.

Após o encaixotamento do produto final este encontra-se pronto a expedir podendo ou não ser da responsabilidade da empresa fazer chegar o material ao cliente nomeadamente através do transporte da mercadoria até ao aeroporto ou porto marítimo mais conveniente considerando que o foco da Valérius Têxteis S.A. é o mercado externo.

4. DESCRIÇÃO DO ESTADO ATUAL, ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo é feita a descrição do estado atual da Valérius Têxteis S.A. nomeadamente nas zonas de armazém de matéria-prima e armazém de *work-in-progress* por serem as zonas sugeridas pela empresa para o desenvolvimento deste projeto. Desta análise resultam as sugestões de melhoria a descrever igualmente neste capítulo que se encontra subdividido pelas diversas áreas de ação do projeto: armazém de matéria-prima e *work-in-progress*.

4.1 Armazém Matéria-Prima

Como referido na descrição do processo produtivo da Valérius Têxteis S.A. no capítulo 3, após a verificação da conformidade da matéria-prima por parte do departamento de receção e controlo de qualidade de matéria-prima, esta é alocada em armazém. No entanto, a entrada em armazém de matéria-prima pode ter também origem interna sob a forma de sobras resultantes do processo de corte.

Relativamente ao armazém de matéria-prima da Valérius Têxteis S.A. verifica-se a sua deficiente organização - fig.27 – o que torna difícil tanto a localização de matéria-prima como o conhecimento do inventário real da matéria existente em armazém devido à indefinição de normas de processamento de material nomeadamente no processamento das sobras. O armazém de matéria-prima aparenta igualmente estar sobrelotado devido à falta de organização que apresenta como consequência a existência de carrinhos de matéria-prima nos corredores apesar de existirem slots de armazenamento vazios nas várias racks.



Figura 27 - Estado atual Armazém MP

Para além disto, o armazém de matérias-primas é responsável pelo abastecimento da secção de corte que é feito após a sinalização por parte desta secção de que necessita de material para iniciar a produção de uma nova ordem de fabrico tal como descrito no capítulo 3. Desta forma, e como consequência da falta de organização, o abastecimento da secção de corte é deficiente provocando interrupções na produção ou obrigando o responsável pela secção a assumir as funções do responsável de armazém e deslocar-se ao armazém por forma a minimizar ou prevenir tempos de paragem das máquinas de corte. Como solução para a falha na rastreabilidade da localização da matéria-prima, a Valérius Têxteis S.A. pretende implementar um sistema de *picking* integrado no módulo de gestão de partidas existente no PROTextil.

Para isto foi desenvolvido um sistema de etiquetas a implementar nos carrinhos de malha para possibilitar a sua distinção como carrinhos de produção (cinza), carrinhos de sobras (azul) ou carrinhos amostras (vermelho) – fig.28.



Figura 28 - Etiquetas Carrinhos Armazém MP

A cada uma destas etiquetas está associado um código de barras identificativo do carrinho para que, através da utilização de um leitor de RFID, se associem os rolos de malha ao carrinho através de um processo simples e intuitivo para o responsável de armazém. Com recurso ao sistema de *picking* o operador executa a leitura do código de barras do rolo de malha - fig.29, destacado a vermelho – e automaticamente o software retorna ao utilizador a linha de informação que o utilizador pretende visualizar – fig.29, destacado a azul.

OFabrico	Cliente	Modelo	Artigo	Aprovada	Malha	Cor Malha	Quant...	Partida	Zona	ID Entrada	Data Entrega	Entrada	Qualidade	Gramage...	Larg...	Grama...	Lar...	Zona Arm	Picking	Estado	Data Corte
								1(2304...		3621939		115.24	Não Verific...	160	1.8	145	1.74			Armazém	
						0441 G...	126.33	2(2304...		3631292		6.5	Não Verific...	160	1.8	154	1.77			Armazém	
								2(2305...		3640205		40.63	Não Verific...	160	1.8	145	1.76			Armazém	
										3612096		1.421...	Não Verific...	160	1.8	0	0			Armazém	20/07/2...
						0555 B...	277.98	1(2304...		3616729		106.06	Conforme	160	1.8	170	1.74			Armazém	
72187.01	AEFFE S...	2412RA...	JLCCOO...	28/06/2...	JERSEY...			2(2304...		3616770	01/09/2023	111.35	Conforme	160	1.8	165	1.74			Armazém	
								3(2304...		3620417		34.22	Conforme	160	1.8	168	1.84			Armazém	
								1(2304...		3612689		56.31	Não Verific...	160	1.8	156	1.81			Armazém	
								2(2304...		3612614		54.77	Não Verific...	160	1.8	155	1.83			Armazém	
						BRANC...	232.88	3(2304...		3612573		56.45	Não Verific...	160	1.8	163	1.81			Armazém	
								4(2305...		3617787		17.65	Conforme	160	1.8	152	1.81			Armazém	
								5(2305...		3619445		35.31	Conforme	160	1.8	154	1.83			Armazém	
71979.02	Ecstase ...	BAL-86	JLCPAEL...		JERSEY...	MERLOT	582.64	1		3615186	07/07/2023	590	Conforme	185	1.5	187	1.55			Armazém	
								1(2305...		3631306		10.32	Conforme	200	1.45	194	1.42			Armazém	
							0148 B...	8.41		3631356		11.32	Não Verific...	200	1.45	183	1.7			Armazém	
								4(2304...												Armazém	
						0441 G...	7.01	1(2304...		3621943		10.61	Não Verific...	200	1.45	188	1.66			Armazém	
72187.01	AEFFE S...	2412RA...	RIBCOO...	28/06/2...	RIB 10...			2305909		3643879	01/09/2023	1.75	Não Verific...	200	1.45	208	1.48			Armazém	
										3612109		-12.81	Não Verific...	200	1.45	0	0			Armazém	20/07/2...
						0555 B...	15.38	1(2304...		3616742		12.68	Não Verific...	200	1.45	0	0			Armazém	
								2(2304...		3616782		17.36	Não Verific...	200	1.45	0	0			Armazém	

Figura 29 - Leitura do código de barras

Posteriormente, o utilizador seleciona a célula na coluna denominada de zona e faz a leitura do código de barras do carrinho – fig.30, destacado a vermelho – atribuindo uma localização ao material e, quando necessário, proceder à sua movimentação no armazém através da alteração do valor apresentado nessa

célula. Após a execução destas etapas, é possível através da consulta da gestão de partidas que qualquer utilizador do PROTextil tenha acesso à localização de cada rolo de malha.

OFabrico	Cliente	Modelo	Artigo	Aprovada	Malha	Cor Malha	Quant...	Partida	Zona	ID Entrada	Data Entrega	Entrada	Qualidade	Gramage...	Larg...	Grana...	Lar...	Zona Arm	Picking	Estado	Data Corte
						0441 G...	126.33	1(2304...		3621939		115.24	Não Verific...	160	1.8	145	1.74			Armazém	
								2(2304...		3631292		6.5	Não Verific...	160	1.8	154	1.77			Armazém	
								2(2305...		3640205		40.63	Não Verific...	160	1.8	145	1.76			Armazém	
										3612096		1.421...	Não Verific...	160	1.8	0	0			Armazém	20/07/2...
						0555 B...	277.98	1(2304...		3616729		106.06	Conforme	160	1.8	170	1.74			Armazém	
72187.01	AEFPE S...	2412RA...	3LCCOO...	28/06/2...	JERSEY...			2(2304...		3616770	01/09/2023	111.35	Conforme	160	1.8	165	1.74			Armazém	
								3(2304...		3620417		34.22	Conforme	160	1.8	168	1.84			Armazém	
						BRANC...	232.88	1(2304...		3612689		56.31	Não Verific...	160	1.8	156	1.81			Armazém	
								2(2304...		3612614		54.77	Não Verific...	160	1.8	155	1.83			Armazém	
								3(2304...		3612573		56.45	Não Verific...	160	1.8	163	1.81			Armazém	
								4(2305...		3617787		17.65	Conforme	160	1.8	152	1.81			Armazém	
								5(2305...		3619445		35.31	Conforme	160	1.8	154	1.83			Armazém	

Figura 30 - Localização da matéria-prima

O responsável do armazém de matéria-prima poderá também atribuir a localização inicial da malha bem como alterar e consultar a sua localização através da versão mobile do PROTextil – fig.31.

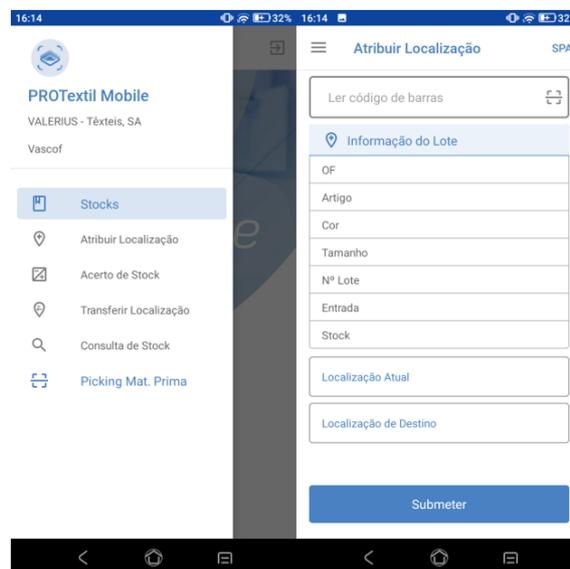


Figura 31 - PROTextil Mobile

Esta possibilidade de atribuição de localização ficou igualmente disponível para a operadora responsável pela receção e controlo de qualidade da matéria-prima. Assim, no momento em que a operadora dá entrada da matéria-prima no ERP da empresa pode indicar qual o carrinho em que a matéria-prima irá ficar disposta – fig.32.

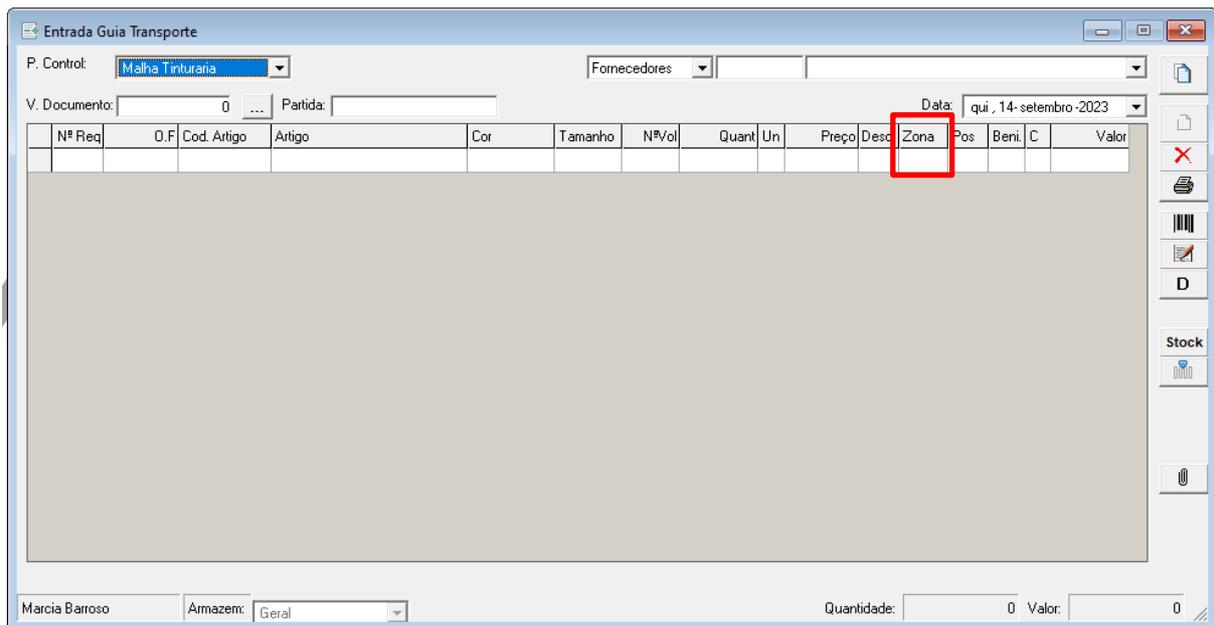


Figura 32 - Atribuição de localização na entrada da guia de transporte.

Num projeto paralelo a este, a Valérius Têxteis encontra-se a desenvolver um sistema de deteção sonora dos carrinhos em armazém para que, para além de ser conhecido o carrinho onde se encontra um determinado rolo de malha, seja conhecida a localização exata do carrinho facilitando o processo de abastecimento do corte.

No entanto, e como a função do responsável de armazém não é exclusivamente o abastecimento da secção de corte, procedeu-se à redefinição do processo produtivo para antecipar a sinalização das necessidades da secção de corte ao armazém para que, ainda que conhecida a localização da matéria em armazém, a secção de corte não veja o seu trabalho interrompido devido às tarefas paralelas do responsável de armazém.

Assim, pretende-se que seja incluído um monitor no espaço de trabalho do responsável de armazém onde será apresentada a ordem de prioridades das ordens de fabrico definidas pelo departamento de produção e espelhadas no módulo de gestão de partidas através da variável designada por *Data Prevista Para Corte*. Para além disto, pretende-se que seja apresentado neste monitor o tempo previsto para a execução de cada plano de corte para que organize o seu trabalho e coordene o abastecimento do corte com as suas outras funções por forma a assegurar que este seja feito eficientemente.

Estas são algumas das variáveis que estão incluídas no módulo de gestão de partidas que, inicialmente, apresentava variáveis em excesso e/ou variáveis cuja nomenclatura não era totalmente esclarecedora. Desta forma, procedeu-se ao levantamento das variáveis existentes no módulo associando-as às fases do processo produtivo e avaliando a sua importância para o módulo em questão. Esta análise permitiu reduzir o número de parâmetros de 65 para 26 com a eliminação de, por exemplo, variáveis como os

resultados de cada um dos testes de qualidade executados quando apenas é útil que seja visível o resultado dos testes, i.e., a determinação que a malha está conforme ou não conforme. Desenvolveu-se então um manual deste módulo do PROTextil no qual se identificaram e resumiram as variáveis assinaladas como relevantes para que qualquer utilizador consiga, de forma autónoma, perceber o funcionamento deste módulo – anexo I.

Por último, e seguindo a linha de raciocínio apresentada no desenvolvimento de etiquetas identificativas da tipologia de carrinhos, sugere-se a divisão macro do armazém em 3 zonas análogas devido à atual alocação de carrinhos de produção em zonas excessivamente distantes da zona de corte e, por outro lado, à alocação de carrinhos de sobras em zonas adjacentes à secção de corte. Pretende-se que, desta forma, os carrinhos de matéria-prima que aguardam o processo de corte sejam alocados na área mais próxima desta secção assim como os carrinhos de amostras. Por sua vez, os carrinhos de sobras serão alocados na zona mais distante da área de produção.

Para dimensionar cada uma destas 3 áreas procedeu-se ao levantamento da capacidade total de armazenamento – 281 slots de armazenamento – tab.4 - bem como do número de carrinhos ocupados por cada uma das categorias ao longo de vários dias – tabelas 12,13 e 14 do apêndice I.

Corredor	Slots
1	35
1.5	6
2	27
3	51
4	45
5	57
6	60
Total	281

Tabela 4 - Capacidade de Armazenamento Armazém

Concluiu-se que se deveriam reservar 49 slots para carrinhos de amostras, 140 slots para carrinhos de produção e 92 slots para carrinhos de sobras distribuídos pelos diversos corredores de racks – fig 33 - da forma apresentada na tabela 5.

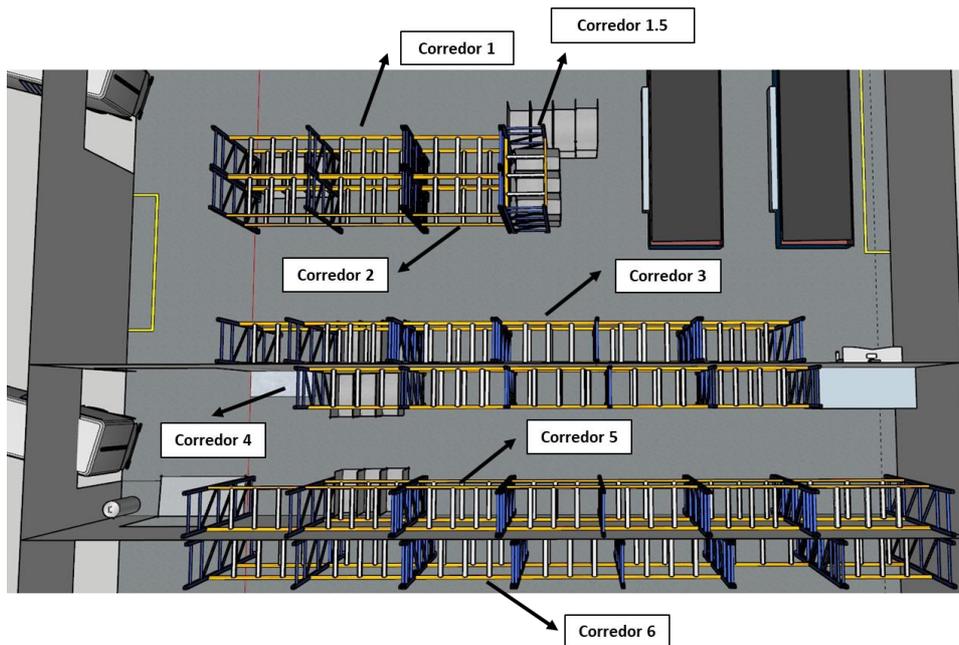


Figura 33 - Vista Aérea Armazém MP

Corredor	Piso	Slots e Tipologia	Slots Totais
1	0	17 Amostras	35
	1	9 Produção	
	2	9 Produção	
1.5	0	6 Amostras	6
2	0	9 Amostras	27
	1	9 Produção	
	2	9 Produção	
3	0	17 Amostras	51
	1	17 Produção	
	2	17 Produção	
4	0	45 Produção	45
	1		
	2		
5	0	18 Produção	57
	1	7 Produção + 11 Sobras	
	2	21 Sobras	
6	0	60 Sobras	60
	1		
	2		
Total			281

Tabela 5 - Proposta de organização do Armazém MP

Destaca-se a alocação dos carrinhos de amostras ao longo de todas as slots existentes no piso 0 dos corredores 1, 1.5, 2 e 3 por forma a facilitar o fluxo de trabalho da responsável pela receção e qualidade de matéria-prima que, geralmente, apenas requiere a utilização de um rolo de matéria-prima de cada vez. Para além disto, a disposição dos carrinhos de amostras no piso 0 destes corredores facilita o controlo de stock de amostras existentes na Valérius Têxteis S.A.

4.2 Armazém Work-In-Progress

Atualmente, o armazém de produto em processamento é feito numa área retangular definida por linhas amarelas no chão de fábrica. Após o processo de corte da malha, formação de lotes na zona de separação e colocação dos mesmos em carrinhos de transporte, estes são transportados para o armazém WIP no qual são armazenados de forma aleatória tal como visível na figura 34.



Figura 34 - Estado atual armazém WIP

Através da fig. 34 é também possível verificar que, em períodos de maior fluxo de trabalho, esta área é insuficiente para alocar toda a quantidade de material resultando na sua sobrelotação e, conseqüentemente, no aumento da dificuldade de localização e acesso aos carrinhos no momento em que estes devem ser encaminhados para empresas subcontratadas tal como descrito no capítulo 3. Para além disto, ocupam-se também áreas adjacentes ao armazém WIP para armazenamento de produto semiacabado nomeadamente corredores criando dificuldades de movimentos aos colaboradores da empresa.

Neste sentido, sugere-se o aumento do armazém de produtos semiacabados através da aquisição de estantes industriais que permitem aumentar a capacidade de armazenamento aproveitando o pé-direito existente no chão de fábrica.

Para isto, efetuou-se inicialmente a medição da área alocada ao armazém WIP para que, através do software Sketchup, fosse feito um esboço tridimensional do futuro armazém.

De seguida, procedeu-se ao benchmarking dos preços praticados por possíveis fornecedores nacionais e simulou-se a combinação de estantes indústrias de diferentes dimensões com objetivo de, posteriormente, não só comparar o seu preço, mas também a percentagem de aproveitamento de espaço que cada uma destas alternativas representava – fig.35. Desta forma, definiu-se internamente que o parceiro de negócio adequado às necessidades da Valérius Têxteis S.A. seria a LusoRacks.

Empresa	Altura (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Carga (Kgs)	Custo/Rack	Número Máximo de Racks/Corredor	Número Máximo de Racks (Inteiro)/Corredor	% Aproveitamento de espaço	Custo Total / Corredor	Custo Total
Racks - Soluções de Armazenagem	3	1.5	1.2	850	247.54	9.6	9	93.75	2227.86	4455.72
Racks - Soluções de Armazenagem	3	1.75	1.2	770	263.34	8.228571429	8	97.22222222	2106.72	4213.44
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2	1.2	690	279.19	7.2	7	97.22222222	1954.33	3908.66
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2.25	1.2	610	304.1	6.4	6	93.75	1824.6	3649.2
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2.5	1.2	530	320.93	5.76	5	86.80555556	1604.65	3209.3
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2.6	1.2	490	326.25	5.538461538	5	90.27777778	1631.25	3262.5
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2.75	1.2	450	344.87	5.236363636	5	95.48611111	1724.35	3448.7
Luso Racks	3	2.7	1.05	3000	246	5.333333333	5	93.75	1230	2460
Racks - Soluções de Armazenagem	3	1.5 + 1.75	1.2	850 + 770	247.54 + 263.24	7+2	7+2	97.22222222	2259.46	4518.92
Racks - Soluções de Armazenagem	3	2 + 2.75	1.2	690 + 450	279.19 + 344.87	3 + 3	3 + 3	98.95833333	1872.48	3744.96

Figura 35 - Dimensionamento Armazém WIP

De seguida, através de um processo iterativo acompanhado pela LusoRacks, dimensionaram-se de forma mais objetiva as estantes tendo sido obtido o esboço final para o armazém WIP – fig.36 - bem como o seu custo total. Desta forma, o futuro armazém será composto por um corredor duplo com largura, profundidade e altura de 14.1m, 2.00m e 2.00m, respetivamente. Este corredor duplo será complementado por um corredor simples 14.1m, 2.00m e 2.00m permitindo que sejam armazenados até 90 carrinhos ao invés dos, aproximadamente, 50 atuais.

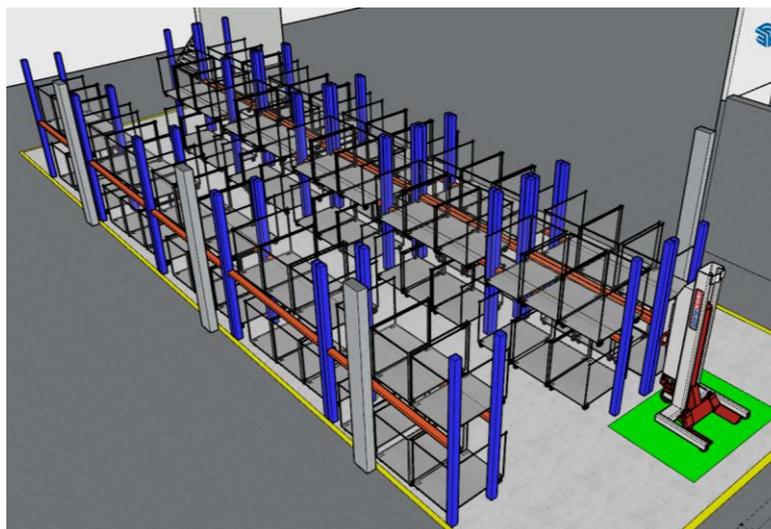


Figura 36 - Modelo 3D Armazém WIP

Simultaneamente, procedeu-se ao levantamento dos preços praticados por fornecedores de empilhadores e/ou *stakers* considerando variáveis como preço, capacidade, altura, dimensões e altura de elevação dos garfos – tab.6. De notar que apenas se consideraram apenas empilhadores manuais para que qualquer utilizador com o mínimo de formação fosse capaz de aceder ao andar superior das estantes industriais.

Empilhador	Preço s/iva	Preço c/iva	Elevação Máxima	Capacidade (Kg)
MX516	1380.00€	1697.40€	1.97m	500
MX1016	-	1599.00€	1.51m	1000
Manual	1039.00€	1277.97€	1.5m	500
AY-2500	.	1706.95€	2.5m	1000

Tabela 6 - Benchmarking Empilhadores

A construção do armazém WIP permitirá à Valérius Têxteis S.A. aumentar a capacidade de armazenamento e reduzir o tempo desperdiçado à procura de carrinhos e o número de movimentos realizados para os alcançar. Consequentemente, os operadores da zona de separação deverão ver aumentar a sua produtividade com o aumento do tempo disponível para realizar as operações de revista e formação de lotes.

Prevê-se a implementação de um software para possibilitar a gestão deste armazém em tempo real desde o momento de entrada após o processo da revista e formação de lotes até ao momento de saída para processamento em empresas subcontratadas.

Assim, de forma análoga ao que acontece na gestão de partidas, pretende-se que os lotes pertencentes a cada OF sejam associados a um carrinho através da leitura das respetivas etiquetas.

Inicialmente, o carrinho deverá ser alocado ao armazém WIP e a sua localização deverá ser atribuída através de um conjunto de critérios entre os quais as prioridades estabelecidas pelo departamento de produção, as datas previstas para bordagem, estampagem ou confeção nos subcontratados e a data prevista para entrega do produto final ao cliente. Após a alocação do carrinho em armazém um slot de armazenamento que se encontrava livre deverá ter o seu estado alterado do estado 0 – “Livre” para o estado 1 – “Ocupado”.

De seguida, e tal como descrito no capítulo 3, uma ordem de fabrico pode sair total ou parcialmente do armazém WIP para empresas subcontratadas para realizar as operações de bordagem, estampagem e/ou confeção.

No primeiro caso, uma ordem de fabrico pode ser expedida na totalidade seja para bordar, estampar ou confeccionar num subcontratado o *slot* de armazenamento é esvaziado passando do estado 1 para o estado 0.

Contrariamente, pode dar-se a saída parcial dessa ordem de fabrico quando, por exemplo, apenas parte dessa OF necessita de ser bordada ou estampada. Neste caso, parte da ordem de fabrico deverá permanecer no armazém WIP e o seu slot de armazenamento deverá ver o seu estado alterado de 1 – “Ocupado” para 2 – “Em espera”.

Simultaneamente, deve ser indicada a quantidade a subtrair no carrinho de armazenamento, i.e., a quantidade a enviar para o subcontratador, e a data acordada para retorno das peças após processamento que serão automaticamente apresentados nas guias de transporte – fig. 37.

Código AT: 14267112971

VALÉRIUS 

Guia Transporte **202305663V**

Original

Morada Entrega:

Exmo.(s) Sr.(s)

Gg/4-Processado por Programa Certificado nº0565/AT / PROTextil / GTr GTr2023V/5663 (Este documento não serve de Fatura)

V/ Referência	V/ N° Contribuinte	Data Documento	Data Entrega Acordada	Pagina
		2023-07-25	2023-07-28	1

Peças para Bordar/Estampar **Fase: Normal**

O. Fabrico	Código	Descrição	Quantidade
72190.13	EST	ESTAMPADO FRENTE Modelo: 241ZRA17222028	219.00

Cor Peça	Borda/Estampa	44	46	48	50	52	54	56			
2555 F.BLACK		31	52	52	38	25	13	8			

Figura 37 - Guia de Transporte

Esta última variável apresenta um carácter importante a nível organizacional dado que permite alocar estes carrinhos em zonas não prioritárias do armazém como, por exemplo, o andar superior das estantes – fig. 36.

Após a bordagem e/ou estampagem no subcontratado as peças deverão regressar à Valérius Têxteis S.A. sendo agrupadas com as restantes peças da ordem de fabrico alterando o estado do *slot* de armazenamento de 2 para 1, i.e., de “Em espera” para “Ocupado”. Neste momento, deverá ser registada a quantidade de peças a entrar no armazém WIP e calculada a taxa de rejeição de peças por forma a avaliar o desempenho dos subcontratados através da leitura do código-qr na guia de transporte do fornecedor. De forma semelhante deverá ser comparada a data de entrada das peças com a data prevista para a sua receção avaliando também a performance do subcontratado no que toca ao cumprimento de prazos de entrega sendo criado um histórico numa base de dados para avaliar não só o desempenho na ordem de fabrico específica, mas também o seu desempenho global.

Por último, a ordem de fabrico poderá ser enviada para confeção libertando o *slot* de armazenamento, i.e., estado passa de 1 para 0.

Esta descrição das possibilidades de processamento de produto semiacabado é resumida na figura 38.

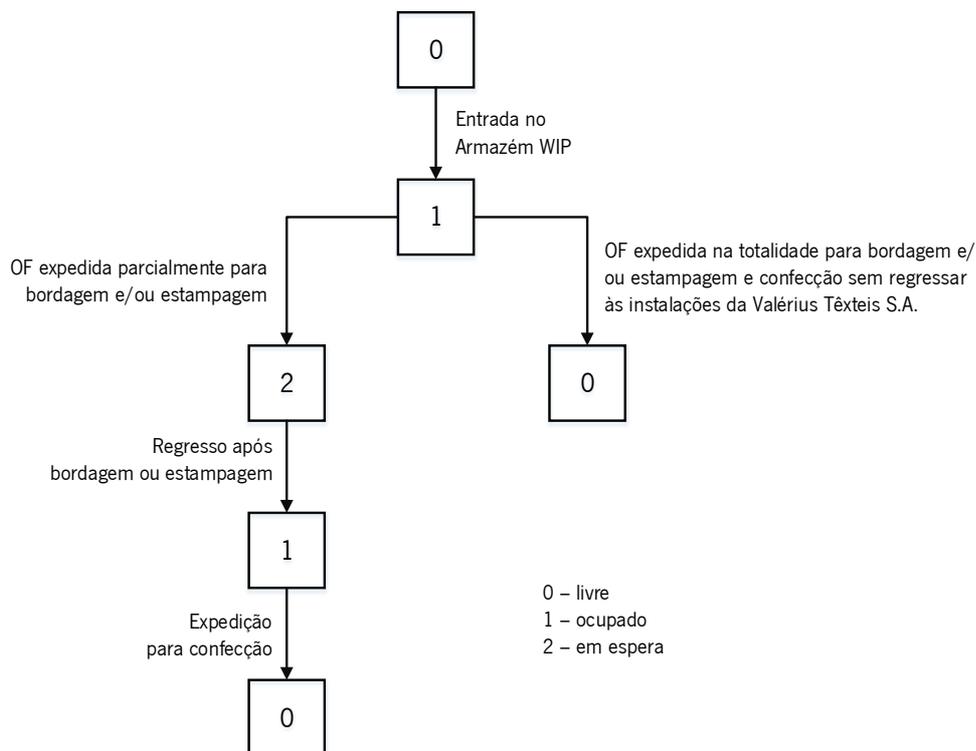


Figura 38 - Funcionamento dos estados Armazém WIP

Pretende-se então que esta plataforma de gestão de produto semiacabado permita centralizar a informação relativa à localização de cada ordem de fabrico em armazém bem como facilitar gestão do

inventário presente nomeadamente através da leitura de códigos qr para entrada do material e na agilização do processo de criação de guias de transporte. De igual forma, esta plataforma será o ponto de partida para a introdução de novas metodologias de avaliação de desempenho dos subcontratados que deverão ser integradas no sistema de gestão de qualidade da empresa.

Complementarmente, idealizou-se a criação de um *dashboard* para visualização dos estados de cada slot de armazenamento recorrendo a um sistema de cores – tab. 7. Esta representação visual do armazém WIP deverá ser atualizada a partir dos dados obtidos pelo software de gestão do armazém WIP resultando na figura 39 meramente demonstrativa.

Cor	Simbologia
	Slot Vazio
	Slot pronto a expedir para bordagem e/ou estampagem
	Slot a aguardar receção após bordagem e/ou estampagem
	Slot a aguardar receção após bordagem e/ou estampagem (3 dias)
	Slot a aguardar receção após bordagem e/ou estampagem (em atraso)
	Slot pronto a expedir para confeção

Tabela 7 - Sistema de cores Armazém WIP

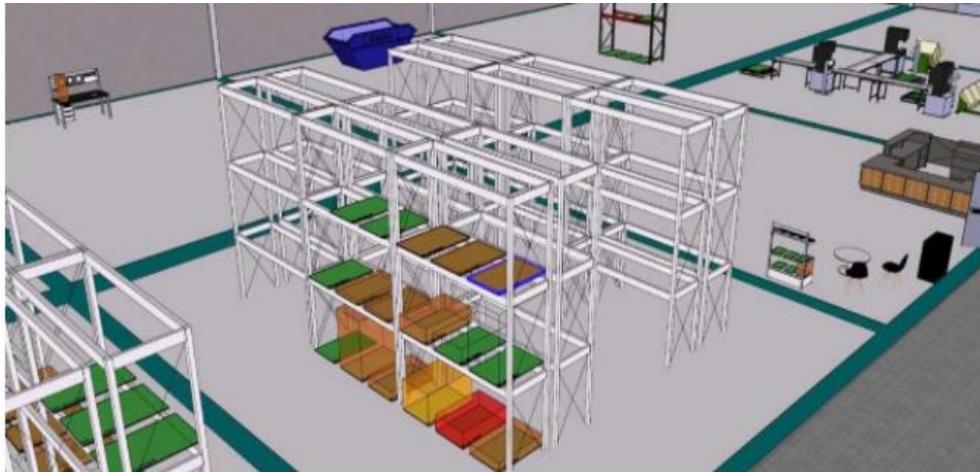


Figura 39 - Dashboard Armazém WIP (reproduzido de Delaware North America LLC, 2020)

Os slots disponíveis para armazenamento deverão ser assinalados a branco passando a azul quando os lotes são transferidos da secção de separação para o armazém WIP. Desta forma, através da análise do *dashboard*, será perceptível que o slot se encontra ocupado com uma ordem de fabrico pronta a expedir para uma empresa subcontratada e realizar as operações de bordagem ou estampagem.

Se a ordem de fabrico for expedida na totalidade o slot deverá passar novamente para branco indicando que o slot foi desocupado. Por outro lado, se a ordem de fabrico for expedida parcialmente, deverá passar

a amarelo indicando que aquela ordem de fabrico aguarda regresso de material após processamento nos subcontratados.

Posteriormente, após a receção de pelo menos 95% do material expedido, o slot deverá passar a verde indicando que, neste caso, a ordem de fabrico se encontra pronta a expedir para confeção.

~~No entanto, caso a empresa subcontratada exceda a data combinada para entrega do material,~~ o slot deverá passar de amarelo para laranja, indicando ao departamento de produção que o prazo para receção daquela ordem de fabrico está prestes a ser alcançado. Por último, quando o prazo para a receção da ordem de fabrico é ultrapassado o slot passa a ser assinalado a vermelho indicando que a ordem de fabrico nele presente se encontra numa situação irregular podendo provocar atrasos na entrega do produto final ao cliente.

Na zona identificada como armazém WIP no layout da empresa – fig,21 – encontram-se também dispostos 4 armários de apoio à zona de confeção nos quais são colocados rolos de linha – fig. 40. Para além destes armários existem em chão de fábrica cerca de 25 contentores plásticos para armazenamento de rolos de linha – fig. 41.

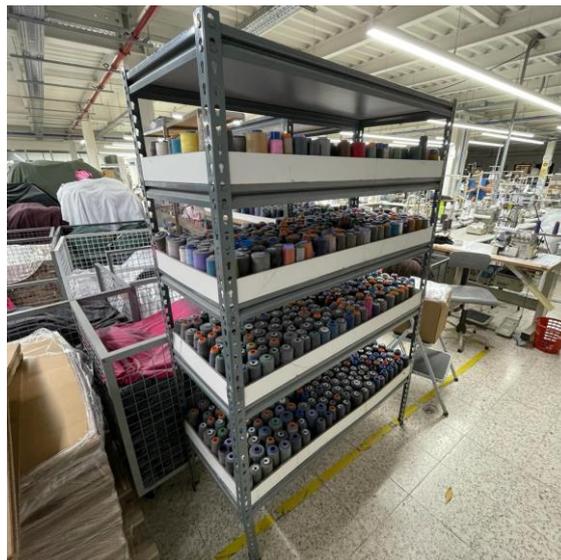


Figura 40 - Armários de apoio à confeção.



Figura 41 - Contentores com linhas para amostras

Através da visualização das figuras 40 e 41 é perceptível que tanto os armários como os contentores apresentam uma clara falta de organização que resulta em tempo perdido à procura de linha por parte das colaboradoras da confeção sempre que necessitam de dar início ao desenvolvimento de amostras de novos modelos para aprovação do cliente à posteriori. Note-se também a necessidade de limpar as linhas de malha para dar início à sua utilização dado que, atualmente, algumas destas se encontram expostas ao ar e poeira que circula no chão de fábrica. Desta forma, verifica-se a necessidade de não só alterar a localização dos armários como também proceder à sua organização. Para além disto, a desorganização desta área resulta no desconhecimento das diferentes cores de linha presentes em chão de fábrica bem como da sua quantidade.

Sugere-se, assim, que estes armários sejam rearranjados para apresentarem prateleiras inclinadas nas quais deverão ser inseridos contentores plásticos transparentes por forma a melhor preservar as linhas e tornar visível o seu conteúdo. Para isto, dever-se-á aplicar-se inicialmente a metodologia 5S para que se proceda à limpeza dos atuais armários e seleção do material em bom estado de conservação.

Posteriormente, deverão ser definidas zonas para alocação das linhas de cada cor nas quais deverão ser dispostas as linhas assinaladas como em bom estado de conservação.

Por último, sugere-se a aquisição de quadros como os apresentados na figura 42 para que os rolos de linha com maior taxa de utilização sejam alcançados mais facilmente evitando os desperdícios identificados anteriormente.

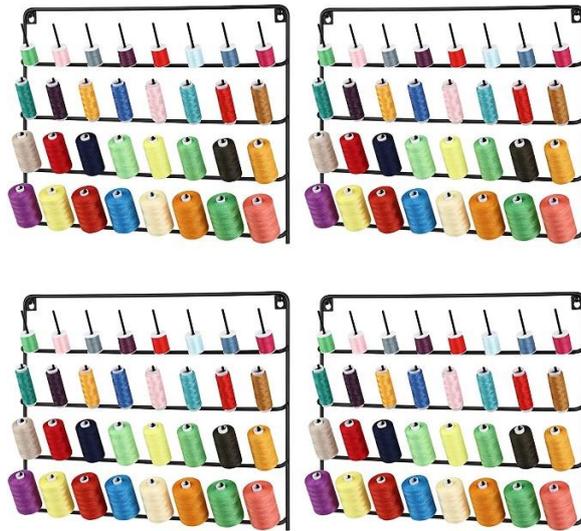


Figura 42 - Quadros suporte de rolos de linha.

Estas sugestões foram compiladas e modeladas tridimensionalmente através do software Sketchup resultando na figura 43.

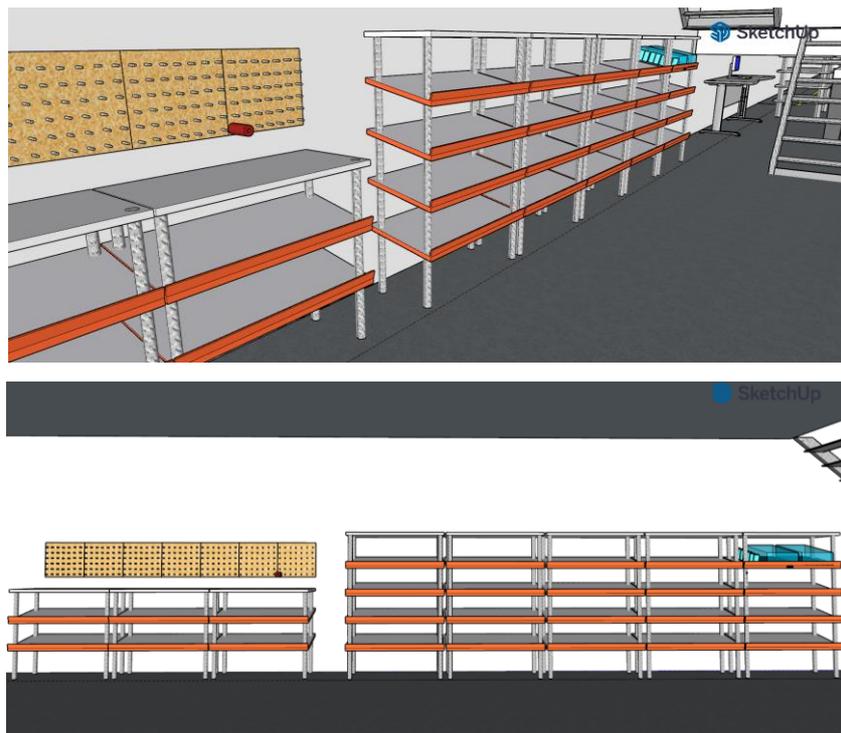


Figura 43 - Sugestão de organização dos armários de apoio à confecção: modelo 3D

Simultaneamente ao desenvolvimento deste projeto foi feito o levantamento das soluções disponíveis em mercado. Assim, concluiu-se que para a concretização deste projeto a empresa necessitava de realizar um investimento de cerca de 1600€ dos quais 1050€ em racks, 120€ em quadros suporte para rolos de linha e 440€ em caixas transparentes com capacidade de armazenamento de, aproximadamente, 24 rolos por caixa.

Complementarmente, sugere-se a criação de um ficheiro em Microsoft Excel para a gestão simplificada do inventário desta zona por parte da responsável pela confeção similar ao apresentado na figura 44. Para isto, no momento de organização dos armários e contentores de rolos de linhas com a metodologia 5S, sugere-se o registo das diferentes cores de linha presentes no chão de fábrica e das respetivas quantidades. De seguida, deverão ser criados botões para facilitar o incremento ou diminuição das unidades existentes em stock sendo que estes botões deverão ser associados a cada célula da coluna *Quantidade*.

Cor	Quantidade		
Azul	10	▲	Não encomendar.
		▼	
Verde	8	▲	Não encomendar.
		▼	
Amarelo	3	▲	Necessário encomendar.
		▼	
Laranja	1	▲	Necessário encomendar.
		▼	
Roxo	1	▲	Necessário encomendar.
		▼	

Figura 44 - Sistema de controlo de inventário na zona de amostras.

Assim, de forma simples e intuitiva, a responsável pela confeção deverá ser capaz de atualizar regularmente o inventário existente no chão de fábrica e receber indicação de que deverá ser ou não encomendada determinada cor. Por se tratar de produtos com taxa de rotação baixa sugere-se a encomenda de novos rolos apenas quando existirem 3 unidades de cada cor.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Apresentam-se neste capítulo os resultados que se esperam obter através da implementação das sugestões de melhoria apresentadas no capítulo 4 em particular na organização dos armazéns de matéria-prima e de produto em processamento que se reflete em variáveis como o tempo de resposta do armazém ao pedido de abastecimento do setor de corte e o tempo despedido na procura e/ou limpeza de rolos de linha para utilização na produção de amostras.

Os resultados foram obtidos através de estimativas após o tratamento dos dados do processo produtivo presentes tanto no ERP da empresa como em registos manuais realizados pelos operadores. O tratamento desta informação foi feito com recurso ao Microsoft Excel.

5.1 Armazém Matéria-Prima

Previamente à apresentação dos resultados esperados no armazém de matéria-prima através da implementação do sistema de *picking* importa reforçar a ausência de critérios de alocação da matéria-prima e falta de organização apresentada inicialmente pela empresa com especial destaque para a constante disposição de carrinhos ao longo dos corredores do armazém.

A implementação do sistema de *picking* integrado no software de gestão de partidas juntamente com a divisão do armazém em zonas (produção, amostras e stock) tem como resultados expectáveis o aumento da organização da Valérius Têxteis S.A. e o aumento do fluxo de informação e da qualidade deste ao longo da estrutura orgânica da empresa. Por exemplo, na atualidade, apenas é expectável que o operador responsável pela organização do armazém saiba onde está localizado o material, enquanto após a implementação das propostas supramencionadas é esperado que todos os utilizadores do ERP da empresa tenham acesso a esta informação em tempo-real.

Para além disto, espera-se que propostas como a definição de critérios de alocação do material em armazém bem como a alteração do processo de abastecimento de corte juntamente com a introdução do sistema de *picking* contribuam ativamente para a normalização das metodologias de trabalho dos atuais colaboradores da empresa e, assim, para a redução da probabilidade de ocorrência de erros humanos como o abastecimento errado de malha que poderá levar ao atraso na produção. Este indicador de desempenho pode ser designado por taxa de acerto e corresponde à percentagem de abastecimentos efetuados corretamente à primeira tentativa e está altamente relacionado com a eficiência na utilização do sistema de *picking*.

A organização do armazém deverá ter também como resultado a redução dos movimentos efetuados pelo responsável de armazém e redução do transporte de matéria-prima desnecessário, por exemplo, com a eliminação dos transportes de matéria-prima realizados na retirada de carrinhos dispostos nos corredores.

Estas melhorias organizacionais deverão refletir-se ainda na redução do tempo despendido à procura de material e na eliminação total do tempo despendido a remover material disposto nos corredores pelo

que para se procedeu à estimativa do impacto das propostas mencionadas anteriormente nestas variáveis.

Para isto, foi de elevada importância obter primeiramente uma estimativa dos pedidos de abastecimento da zona de corte realizados ao longo de um ano e o tempo despendido no processo de alimentação da secção de corte.

O material presente em armazém é requisitado pelo responsável de corte sempre que necessita de novo material para iniciar as operações de estendimento e corte de uma nova ordem de fabrico. Assim, para a obtenção de uma estimativa do número de vezes em que foi feito um pedido de abastecimento considerou-se o número de OFs executadas pela secção de corte entre janeiro de 2023 e junho de 2023 bem como o número de cores distintas associadas a cada uma destas assumindo que cada cor distinta associada a uma ordem de fabrico corresponde a um abastecimento. Desta forma, calculou-se que em, aproximadamente, 130 dias úteis de trabalho a zona de corte foi abastecida cerca de 1060 vezes o que equivale a uma média de 8 abastecimentos por cada dia de trabalho.

Seguidamente, arbitrou-se a duração média do processo de abastecimento da secção de corte sendo que este processo se inicia no momento em que o corte requisita o material e termina quando este é abastecido incluindo, portanto, o tempo despendido à procura de material e no seu transporte. Para além disto, como consequência da desorganização do armazém este tempo inclui o tempo despendido a retirar carrinhos colocados nos corredores e que impedem o acesso ao carrinho pretendido para abastecimento do corte. Desta forma, apresentam-se na tabela 8, as estimativas para cada uma destas variáveis e, assim, para o tempo despendido no processo de abastecimento da secção de corte.

Localização de Material	8 minutos
Remoção de carrinhos no corredor	6 minutos
Transporte do material	4 minutos

Tabela 8 - Tempo Abastecimento do Corte

Esta redução pode ser de diversas ordens de grandeza pelo que se apresentam na tabela 9 diferentes cenários para a redução de custos tendo por base um custo estimado por minuto e operador de 0.15€ definido pela empresa. No cenário pessimista considerou-se apenas a eliminação total do tempo despendido na remoção de carrinhos dispostos no corredor do armazém enquanto nos cenários normal e otimista se incluiu não só a eliminação do tempo despendido na remoção de carrinhos dispostos nos corredores do armazém, mas também a redução do tempo despendido à procura do material em 50% e 75%, respetivamente.

	Cenário Otimista	Cenário Normal	Cenário Pessimista
Minutos por abastecimento	18		
Número de abastecimentos por ano	1794		
Custo por minuto (€)	0.15		
Custo total anual (€)	4843.38		
% Poupança Esperada	67%	56%	33%
Poupança Anual	3,228.92 €	2,690.77 €	1,614.46 €

Tabela 9 - Poupança estimada no armazém de matéria-prima

Espera-se então que no pior cenário a empresa poupe, aproximadamente, 1600€ por ano e num cenário otimista poupe, aproximadamente, 3200€ por ano. De notar que para estes cálculos se consideraram 220 dias úteis de trabalho ao longo de um ano.

5.2 Armazém WIP

A introdução das sugestões de melhoria no armazém WIP deverá essencialmente resultar na melhoria da organização do chão de fábrica entre as quais o melhor aproveitamento desta área e, simultaneamente, o aumento da capacidade de armazenamento da Valérius Têxteis S.A. no que toca a produto em processamento. A organização deste armazém deverá também permitir que se reduza o tempo desperdiçado à procura de carrinhos e o número de movimentos executados para os alcançar libertando os operadores para as suas tarefas e, conseqüentemente, aumentando a sua produtividade, por exemplo, nas operações de revista e formação de lotes.

Para além disto, espera-se que a implementação do software de gestão deste armazém e a inclusão de um sistema de gestão visual permita aumentar a transparência dos processos tornando acessível a todos os utilizadores do ERP da empresa informação como a localização do material em armazém.

Este sistema de gestão visual possibilita o acompanhamento em tempo real do estado de produção de cada ordem de fabrico pelo que a Valérius Têxteis S.A. espera ter um maior controlo sobre as empresas subcontratadas para as operações de bordar e estampar e ser capaz de avaliar com maior precisão a sua performance nomeadamente no que toca ao cumprimento dos prazos de trabalho acordados. O incremento na capacidade de avaliar as empresas subcontratadas deverá ser refletido no sistema de gestão de qualidade da empresa.

A plataforma de gestão do armazém WIP deverá também facilitar a gestão do seu inventário e agilizar o processo de criação de guias de transporte.

Estas soluções de organização do armazém *work-in-progress* não apresentam impacto económico de relevo para a empresa dado seu forte relacionamento com entidades externas.

Por outro lado, prevê-se que a organização da zona de apoio à confeção permita reduzir substancialmente o tempo despendido pelas operadoras desta zona à procura de linha e na sua higienização e, por consequência, permita reduzir os custos associados a tempos não produtivos na produção de amostras. Para a obtenção de uma estimativa desta redução foi necessário verificar a quantidade de amostras produzidas na Valérius Têxteis S.A através da análise dos registos de produção feitos manualmente pelas operadoras – anexo II - desde janeiro até junho de 2023 apresentados na tabela 10.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
A	51	57	63	43	29	35
B	20	52	46	32	46	40
C	39	32	18	53	44	26
D	34	49	72	82	105	72
E	44	46	48	49	50	36
Geral	43	47	70	53	77	60

Tabela 10 - Amostras produzidas por equipa e mês

Por observação da tabela 10 verifica-se que ao longo de 130 dias de trabalho foram produzidas 1773 amostras de produtos equivalendo a, aproximadamente, 14 amostras por dia de trabalho. Assim, em 220 dias úteis anuais de trabalho prevê-se que sejam produzidas 3000 amostras. Ademais, arbitrou-se que a produção de cada amostra implicava a perda de 5 minutos à procura do material e na sua higienização pelo que, de forma análoga ao capítulo 5.1, são apresentados na tabela 11 diferentes cenários para a poupança esperada através da implementação das sugestões de melhoria supramencionadas.

	Cenário Otimista	Cenário Normal	Cenário Pessimista
Amostras esperadas por ano	3000		
Tempo Procura + Limpeza	5		
Tempo Procura + Limpeza por ano	15000		
Custo Anual	2,250.00 €		
% Poupança Esperada	65%	50%	35%
Poupança Anual	1,462.50 €	1,125.00 €	787.50 €

Tabela 11 - Poupança esperada na zona de apoio à confeção

Verifica-se então que para a zona de apoio à confeção, no pior dos cenários, o investimento deverá ser recuperado em, aproximadamente, 3 anos pelo que se acredita que este investimento é vantajoso para a empresa por, simultaneamente, aumentar a sua organização e capacidade de resposta às exigências do mercado ao diminuir o tempo necessário para a produção de amostras através da eliminação de tempo não produtivo.

A organização desta área permitira também diminuir desperdícios como a existência de inventários de linhas excessivos e a deterioração de material por más condições de acondicionamento.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentam-se as conclusões obtidas com a realização do projeto bem como as limitações enfrentadas no seu desenvolvimento. Sugerem-se ainda trabalhos futuros para a empresa.

6.1 Considerações finais, limitações e trabalhos futuros

A realização deste projeto permitiu identificar e analisar com clareza os problemas e oportunidades de melhoria existentes na Valérius Têxteis S.A. e, sobretudo, permitiu estruturar uma abordagem sólida para os solucionar. Esta abordagem foi baseada em metodologias LEAN tal como a 5S, Gestão Visual e normalização de processos associando-as a alguns princípios da indústria 4.0 como a digitalização de processos, integração de sistemas e utilização de sistemas de identificação por radiofrequência.

Considera-se que os objetivos identificados para o armazém de matéria-prima foram parcialmente cumpridos na medida em que foram dados passos importantes para a organização e digitalização da empresa estando esta mais capaz de implementar as sugestões de melhoria no armazém de matéria-prima.

No entanto, estas sugestões enfrentaram alguma resistência por parte do responsável do armazém dado que este se encontra em final de carreira e apresenta algumas dificuldades na utilização de tecnologia. Para além disto, o normal funcionamento da empresa dificultou a implementação destas alterações que implicavam a movimentação da maioria do material existente em armazém e interrupção do fluxo de trabalho. De referir também que a realização de um projeto de dissertação a ocorrer em paralelo a este com impacto direto no armazém de matéria-prima limitou o alcance das melhorias a implementar.

Relativamente aos objetivos traçados para o armazém *work-in-progress*, considera-se que tanto o dimensionamento do armazém como a definição de linhas orientadores para sua gestão foram

alcançados com sucesso. No entanto, a implementação destas sugestões na empresa não foi possível por motivos do foro financeiro.

Por último, sugere-se como trabalho futuro o aumento da complexidade do projeto relativo ao armazém *work-in-progress* com, por exemplo, a elaboração de relatórios automáticos relativamente à performance das empresas subcontratadas e envio de notificações pop-up para a direção de produção para indicar o atraso do fornecedor.

REFERÊNCIAS

- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., & Nelder, G. (2006). Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(4), 460–471. <https://doi.org/10.1108/17410380610662889>
- Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665–691. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>
- Araújo, A. S. B. (2022). *Production Control System for Lean and Agile Processes*. Universidade do Minho.
- Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. (2021a). *Visão Prospetiva e Estratégias ITV 2030 - Contributo para um Plano Estratégico para o Setor Têxtil e Vestuário Português até 2030*. <https://atp.pt/wp-content/uploads/2021/07/Estudo-2030-digital.pdf>
- Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. (2021b). *Estatísticas*.
- Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. (2023). *EXPORTAÇÕES DE TÊXTEIS E VESTUÁRIO EM 2022: UM RESULTADO HISTÓRICO COM SABOR AMARGO*. Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. <https://atp.pt/wp-content/uploads/2023/02/Press-Release-Exportacoes-ITV-2022.pdf>
- Banco de Portugal. (2022). *Análise setorial da indústria dos têxteis e vestuário*. <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1292>
- Baskerville, R., & Wood-Harper, T. (1996). A critical perspective on action research as a method for information systems research. *Journal of Information Technologies*, 11, 235–246.
- Basu, R. (2004). Six-Sigma to operational excellence: role of tools and techniques. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 44–64.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>

- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, *34*(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Carvalho, A. M., Sampaio, P., Rebentisch, E., Carvalho, J. Á., & Saraiva, P. (2019). Operational excellence, organisational culture and agility: the missing link? *Total Quality Management and Business Excellence*, *30*(13–14), 1495–1514. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1374833>
- Chiarini, A., & Kumar, M. (2020). Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. *Production Planning & Control: The Management of Operations*, *32*(13), 1084–1101. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1784485>
- Chukalov, K. (2017). HORIZONTAL AND VERTICAL INTEGRATION, AS A REQUIREMENT FOR CYBER-PHYSICAL SYSTEMS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0. *International Scientific Journal "Industry 4.0,"* *4*, 155–157. <http://www.plattform-i40.de/sites/>
- Coleman, B. J., & Vaghefi, M. R. (1994). Heijunka: A Key to the Toyota Production System. *Production and Inventory Management Journal: Journal of the American Production and Inventory Control Society, Inc.*, *35*, 31–35.
- Control Union Certifications. (2023). *Certification Programs*.
- Cunningham, J. (2020, January 18). *The Eight Wastes of Lean*. Lean Enterprise Institute.
- Delaware North America LLC. (2020, January 20). *How enabling the 3D Digital Twin can accelerate and optimize your warehouse operations*.
- Doh, S. W., Deschamps, F., & Pinheiro De Lima, E. (2016). Systems integration in the lean manufacturing systems value chain to meet industry 4.0 requirements. In *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries* (Vol. 4, pp. 642–650). IOS Press BV. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-703-0-642>
- Dombrowski, U., Richter, T., & Krenkel, P. (2017). Interdependencies of Industrie 4.0 & Lean Production Systems: A Use Cases Analysis. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1061–1068. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.217>
- Dudovskiy, J. (2011). *Action Research*. Business Research Methodology.
- Dujmešić, N., Bajor, I., & Rožić, T. (2018). Warehouse Processes Improvement by Pick by Voice Technology. *Tehnicki Vjesnik*, *25*(4), 1227–1233. <https://doi.org/10.17559/TV-20160829152732>

- Eaidgah Torghabehi, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Esteves De Araújo, A. I. (2022). *Implementation of Lean Leadership System at indirect areas in a component manufacturing company for automotive industry*. Universidade do Minho.
- Fisher, M. (1999). Process improvement by poka-yoke. In *Work Study* (Vol. 48, pp. 264–266). <http://www.emerald-library.com>
- Frazelle, E. (2016). *World-class warehousing and material handling* (Second). Mc Graw Hill Education.
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- GEEKSFORGEES. (2019, August 30). *Six Sigma in Software Engineering*.
- Gibbons, P. M., Kennedy, C., Burgess, S. C., & Godfrey, P. (2012). The development of a lean resource mapping framework: Introducing an 8th waste. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(1), 4–27. <https://doi.org/10.1108/20401461211223704>
- Good, A. (2017, October 16). *The Evolution of the Textile Industry Series Introduction*. <https://globaleedge.msu.edu/blog/post/54481/the-evolution-of-the-textile-industry-se>
- Groumos, P. P. (2021). A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions. *IFAC-PapersOnLine*, 54(13), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
- Grupo Valérius. (2019). *Manual de Acolhimento ao Colaborador*.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Hodge, G. L., Goforth Ross, K., Joines, J. A., & Thoney, K. (2011). Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning and Control*, 22(3), 237–247. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>
- Hollander, J. (2023, February 16). *O que é a Tecnologia RFID? (+Casos de Uso na Indústria Hoteleira)*. Hoteltechreport.Com.

- HT TECH. (2021, October 14). *The evolution of textile industry with technology*.
<https://tech.hindustantimes.com/tech/news/the-evolution-of-textile-industry-with-technology-71634217548983.html>
- Ion, N., Cătălina, R., & Georgina, C. (2013). *OPERATIONAL EXCELLENCE-A KEY TO WORLD-CLASS BUSINESS PERFORMANCE*.
- Jadhav, G., Jadhav, S., & Bhagat, A. (2022). *Six Sigma Literature Review*.
<https://www.researchgate.net/publication/358173724>
- Johnson, C. N. (2002). *The Benefits of PDCA: Use this cycle for continual process improvement*.
- Jornal de Negócios. (2021). *Têxtil traça metas até 2030: vendas de 10 mil milhões e 120 mil trabalhadores*. <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/industria/detalhe/textil-traca-metas-ate-2030-vendas-de-10-mil-milhoes-e-120-mil-trabalhadores>
- Kilpatrick, J. (2003). *Lean Principles*.
- Kim, T.-M. (1985). Just in time manufacturing system: A periodic pull system. *International Journal of Production Research*, 23(3), 553–562. <https://doi.org/10.1080/00207548508904728>
- Krafcik, J. F. (1988). *Triumph Of The Lean Production System*.
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3–4), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Lean Enterprise Institute. (2008). *Lean Lexicon: a graphical glossary for lean thinkers* (C. Marchwinski, J. Shook, & A. Schroeder, Eds.; Fourth). Lean Enterprise Institute.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20.
<https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Lucas Systems. (2021, May 5). *What is a Pick to Light System and How Does Voice Compare?*
- Luz Tortorella, G., Cauchick-Miguel, P. A., Li, W., Staines, J., & McFarlane, D. (2022). What does operational excellence mean in the Fourth Industrial Revolution era? *International Journal of Production Research*, 60(9), 2901–2917. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1905903>
- MacDonald, C. (2012). UNDERSTANDING PARTICIPATORY ACTION RESEARCH: A QUALITATIVE RESEARCH METHODOLOGY OPTION. *The Canadian Journal of Action Research*, 13(2), 34–50.
<https://doi.org/10.33524/cjar.v13i2.37>

- Maia, L. C., Alves, A., & Leão, C. (2011). *Metodologias para implementar para implementar lean production: uma revisão critica de literatura.*
- Man, J. C. De, & Strandhagen, J. O. (2017). An Industry 4.0 Research Agenda for Sustainable Business Models. *Proceedings of The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 63, 721–726. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.315>
- Marin-Garcia, J. A., de Val Manuela, P., & Bonavía Martín, T. (2008). Longitudinal study of the results of continuous improvement in an industrial company. *Team Performance Management*, 14(1–2), 56–69. <https://doi.org/10.1108/13527590810860203>
- Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3>
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organisation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2).
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Proceedings of the International Conference on Manufacturing Engineering and Materials (ICMEM 2016)*, 149, 329–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Moktadir, M. A., Dwivedi, A., Rahman, A., Chiappetta Jabbour, C. J., Paul, S. K., Sultana, R., & Madaan, J. (2020). An investigation of key performance indicators for operational excellence towards sustainability in the leather products industry. *Business Strategy and the Environment*, 29(8), 3331–3351. <https://doi.org/10.1002/bse.2575>
- Monden, Y. (1994). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time* (4th ed.).
- O'brien, R. (2001). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research.* www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html
<http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1978). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.*
- Pieńkowski, M. (2014). Waste Measurement Techniques For Lean Companies. *International Journal of Lean Thinking*, 5(1). <http://blog.toyota.co.uk/muda-muri-mura-toyota-production-system>
- Rajput, S., & Singh, S. P. (2019). Industry 4.0 – challenges to implement circular economy. *Benchmarking: An International Journal*, 28(5), 1717–1739. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2018-0430>
- REB Storage Systems International. (2023). *Voice Directed Picking.* REB Storage Systems International.
- Reif, R., & Günthner, W. A. (2009). Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *Visual Computer*, 25(5–7), 461–467. <https://doi.org/10.1007/s00371-009-0348-y>

- Rinalducci, S. N. (2023, May 2). *Industry 1.0 To 4.0 – Brief History Of The Industrial Revolution*. Sustainability Success.
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 899–903. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.309>
- Salah, S., Rahim, A., & Carretero, J. A. (2010). The integration of Six Sigma and lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(3), 249–274. <https://doi.org/10.1108/20401461011075035>
- Santos, V., Amaral, L., & Mamede, H. (2013). Using the Action-Research Method in Information Systems Planning creativity research. *Proceedings of the 8th Iberian Conference on Information Systems and Technology (CISTI)*. <https://www.researchgate.net/publication/261464482>
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: An Indian case study. *Production Planning and Control: The Management of Operations*, 16(1), 44–59. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21, 129–149.
- Shimbun, N. K. (1990). Poka-Yoke: Improving Product Quality by preventing defects. *Journal of Manufacturing Systems*, 9(2), 178–179.
- Simões, J. (2012). *Gestão da Cadeia de Abastecimento numa empresa de Produção de Vestuário*. Universidade do Minho.
- Skilton, M., & Hovsepian, F. (2018). *The 4th Industrial Revolution: Responding to the Impact of Artificial Intelligence on Business*. Springer Nature.
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Proceedings of The 14th International Symposium in Management*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Smith, J. (2001). *The K.P.I Book*. Insigth Training & Development.
- Sokovic, M., Pavletic, D., & Kern Pipan, K. (2010). Quality Improvement Methodologies-PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476–483. www.journalamme.org
- Sony, M. (2019). Implementing sustainable operational excellence in organizations: an integrative viewpoint. *Production & Manufacturing Research*, 7(1), 67–87. <https://doi.org/10.1080/21693277.2019.1581674>

- Taj, S., & Morosan, C. (2011). The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(2), 223–240. <https://doi.org/10.1108/17410381111102234>
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: A literature synthesis. In *Journal of Manufacturing Technology Management* (Vol. 27, Issue 6, pp. 766–799). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Valérius Hub. (2023). *Valérius Hub*.
- van Gils, T., Ramaekers, K., Caris, A., & de Koster, R. B. M. (2018). Designing Efficient Order Picking Systems by Combining Planning Problems: State-of-the-art Classification and Review. *European Journal of Operational Research*, 267(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.002>
- Velimirovic, D., Velimirovic, M., & Stankovic, R. (2011). Role and Importance of Key Performance Indicators Measurement. *Serbian Journal of Management*, 6(1), 63–72.
- Vinodh, S., Antony, J., Agrawal, R., & Douglas, J. A. (2021). Integration of continuous improvement strategies with Industry 4.0: a systematic review and agenda for further research. In *The TQM Journal* (Vol. 33, Issue 2, pp. 441–472). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2020-0157>
- Vogel, C. (2015, February 27). *Three Types of Lean*. Lean Enterprise Institute.
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Proceedings of The 4th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI 2013)*, 11, 1292–1298. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.327>
- Weigel, A. L. (2000). *A Book Review: Lean Thinking by Womack and Jones*.
- Wichmann, R. L., Eisenbart, B., & Gericke, K. (2019). The direction of industry: A literature review on industry 4.0. *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED, 2019-August*, 2129–2138. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.219>
- Wincel, J., & Kull, T. (2013). *People, Process, and Culture: Lean Manufacturing in the Real World* (1st ed.). Productivity Press.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World: The story of Lean Production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry*. Free Press.

- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed The World: The story of Lean Production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry.*
- Zhang, Q., Irfan, M., Aamir, M., Khattak, O., Zhu, X., & Hassan, M. (2012). Lean Six Sigma: A Literature Review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(10), 599–605.
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>

APÊNDICE I – REGISTO DE CARRINHOS EM ARMAZÉM

		Carrinhos Produção	%Carrinhos Produção	Carrinhos Sobras	%Carrinhos Sobras	Carrinhos Amostras	%Carrinhos Amostras	Vazios	%Carrinhos Vazios	%Total
Dia 1	Corredor1	12	4.35%	0	0.00%	14	5.07%	1	0.36%	9.78%
	Corredor1.5	0	0.00%	0	0.00%	7	2.54%	2	0.72%	3.26%
	Corredor2	12	4.35%	0	0.00%	10	3.62%	5	1.81%	9.78%
	Corredor 3	27	9.78%	18	6.52%	3	1.09%	3	1.09%	18.48%
	Corredor4	27	9.78%	6	2.17%	0	0.00%	12	4.35%	16.30%
	Corredor5	17	6.16%	25	9.06%	1	0.36%	14	5.07%	20.65%
	Corredor6	15	5.43%	23	8.33%	1	0.36%	21	7.61%	21.74%
	TOTAL	110	39.86%	72	26.09%	36	13.04%	58	21.01%	100.00%
Dia 2	Corredor1	11	3.99%	0	0.00%	9	3.26%	7	2.54%	9.78%
	Corredor1.5	0	0.00%	0	0.00%	6	2.17%	3	1.09%	3.26%
	Corredor2	12	4.35%	0	0.00%	9	3.26%	6	2.17%	9.78%
	Corredor 3	20	7.25%	16	5.80%	2	0.72%	13	4.71%	18.48%
	Corredor4	23	8.33%	8	2.90%	0	0.00%	14	5.07%	16.30%
	Corredor5	18	6.52%	21	7.61%	0	0.00%	18	6.52%	20.65%
	Corredor6	14	5.07%	13	4.71%	0	0.00%	33	11.96%	21.74%
	TOTAL	98	35.51%	58	21.01%	26	9.42%	94	34.06%	100.00%

Tabela 12 - Contagem de carrinhos nos dias 1 e 2.

		Carrinhos Produção	%Carrinhos Produção	Carrinhos Sobras	%Carrinhos Sobras	Carrinhos Amostras	%Carrinhos Amostras	Vazios	%Carrinhos Vazios	%Total
Dia 3	Corredor1	11	3.99%	0	0.00%	9	3.26%	7	2.54%	9.78%
	Corredor1.5	0	0.00%	0	0.00%	7	2.54%	2	0.72%	3.26%
	Corredor2	12	4.35%	0	0.00%	9	3.26%	6	2.17%	9.78%
	Corredor 3	17	6.16%	17	6.16%	3	1.09%	14	5.07%	18.48%
	Corredor4	15	5.43%	16	5.80%	1	0.36%	13	4.71%	16.30%
	Corredor5	16	5.80%	25	9.06%	0	0.00%	16	5.80%	20.65%
	Corredor6	14	5.07%	15	5.43%	0	0.00%	31	11.23%	21.74%
	TOTAL	85	30.80%	73	26.45%	29	10.51%	89	32.25%	100.00%
Dia 4	Corredor1	10	3.62%	1	0.36%	9	3.26%	7	2.54%	9.78%
	Corredor1.5	0	0.00%	0	0.00%	7	2.54%	2	0.72%	3.26%
	Corredor2	12	4.35%	0	0.00%	9	3.26%	6	2.17%	9.78%
	Corredor 3	18	6.52%	17	6.16%	4	1.45%	12	4.35%	18.48%
	Corredor4	17	6.16%	15	5.43%	0	0.00%	13	4.71%	16.30%
	Corredor5	12	4.35%	30	10.87%	0	0.00%	15	5.43%	20.65%
	Corredor6	15	5.43%	16	5.80%	0	0.00%	29	10.51%	21.74%
	TOTAL	84	30.43%	79	28.62%	29	10.51%	84	30.43%	100.00%

Tabela 13 - Contagem de carrinhos nos dias 3 e 4.

	Produção	Sobras	Amostras
Dia1	37	8	25
Dia2	39	9	19
Dia3	37	10	20
Dia4	32	10	20

Tabela 14 - Carrinhos dispostos nos corredores.

ANEXO I – MANUAL GESTÃO DE PARTIDAS (VERSÃO_09/23)

I. Como aceder ao módulo de gestão de partidas?

O módulo de gestão de partidas está integrado no PROTextil e encontra-se disponível na aba designada por Planos Corte.



Figura 45 - Gestão de Partidas

II. Qual é a função esperada para este módulo?

O módulo de gestão de partidas foi criado com o objetivo de facilitar a gestão do armazém de matéria-prima e permitir que cada utilizador tenha acesso à informação relativa à localização e estado de processamento de cada partida, i.e., cada conjunto de rolos distinto. Este módulo tem ainda um papel importante na alimentação do armazém de sobras através da integração de informação gerada após o processo de corte.

Assim, pretende-se, com este documento que sejam clarificadas as variáveis existentes neste módulo. Desta forma, apresenta-se abaixo a lista das variáveis presentes identificadas como pertinentes bem como uma breve explicação do seu significado.

III. Quais as variáveis ou parâmetros presentes no módulo?

1. *Partida* - identificação de um conjunto de rolos. Cada ordem de fabrico pode incluir diversas partidas que se distinguem, por exemplo, pela tonalidade da cor após processamento na tinturaria.
2. *OFabrico* – identificação da ordem de fabrico.
3. *Cliente* – identificação do cliente.
4. *Aprovada* – data de aprovação do modelo pelo cliente, i.e., data a partir da qual o modelo está aprovado para produção.
5. *Data prevista Corte* – data prevista para início de corte que permite a definição de prioridades da produção.
6. *Data Entrega* – data acordada com o cliente para entrega da encomenda.
7. *Malha* – identificação da malha.
8. *Cor Malha* – identificação da cor da malha.

9. *Quantidade* – quantidade necessária para a produção da encomenda. Este valor é gerado automaticamente pelo PROTextil considerando o número de peças a produzir e o consumo de malha previsto por peça.
10. *Data Partida* – data de entrada de uma partida de malha no armazém da Valérius Têxteis S.A.
11. *Entrada* – quantidade de malha que deu entrada em armazém para satisfazer a ordem de fabrico.
12. *Qualidade* – sinalização da malha como conforme ou não conforme. No momento de entrada da guia de transporte, a responsável pela receção e controlo de qualidade da matéria-prima realiza testes de qualidade assinalando a malha como conforme (verde) ou não conforme (vermelho) como na figura 46.

Cliente	Aprovada	OFab...	Partida	Data P...	Malha	Qualidade	Entrada	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				30/06/...		Não Conforme	-107.34	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
SOCIAL FA...	27/06/2023	7210...	1(2304108)	22/06/...	JERSEY 98%CO ORG. 2%EL RISCAS - 185 GRS	Conforme	182.34	...	...	...	114.85	...	...	...	...	...	...	...	...	29/09/...
			2(2304108-1-1)	19/07/...		Conforme	94.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Figura 46 - Controlo de Qualidade.

13. *Zona* – identificação do carrinho onde a partida está localizada.
14. *Zona Arm* – identificação da zona do armazém onde se encontra localizado o carrinho e malha.
15. *Picking* – parâmetro que permite verificar o estado do abastecimento. Sinalizado a verde com indicação de data, hora e quantidade quando é feito o pedido de abastecimento de malha por parte da secção de corte.

Cliente	Aprovada	OFab...	Partida	Data P...	Malha	Qualidade	En...	Estado	Data Plano Corte	ID Pedido	Picking
Ecstase Lim...	09/08/...	71795...	1(203271)	31/01/...	JERSEY 66%PA 3...	Não Veri...	45...	Para corte	22/09/2023		22/09/2023 11:05

Figura 47 - Sinalização do pedido de picking.

Após abastecimento através do duplo-clique na caixa assinalada a verde deve ser dada a conclusão do picking – fig.48 e 49.



Figura 48 - Conclusão do *picking*- passo 1.

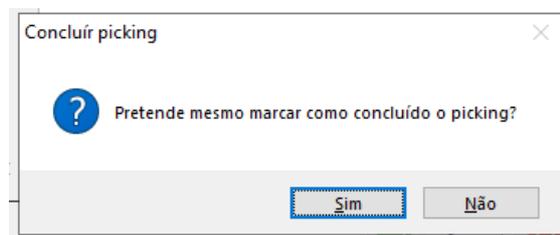


Figura 49 - Conclusão do *picking*- passo 2.

Desta forma, a caixa passa a estar a verde, mas sem indicação de data e hora tal como demonstrado na figura 50.

Cliente	Aprovada	Ofabrico	Partida	Data P...	Malha	Qualidade	En...	Estado	Data Plano Corte	ID Pedido	Picking	Picking Cons...	D...	Q...	Z...	Pl...	A...	R...	D...	ID Entrada
Ecstase Lim...	09/08/...	71795...	1(203271)	31/01/...	JERSEY 66%PA 3...	Não Veri...	45...	Para corte	22/09/2023		8	509.81	5...	0	0	2...				3506697

Figura 50 - Sinalização após abastecimento do corte.

16. *Estado* – nesta variável é possível acompanhar em tempo real o estado de cada partida. Esta variável pode assumir os seguintes valores:

- a. *Armazém* – indicação de que a malha se encontra em armazém.
- b. *Sem stock* – indicação de que não existe stock de malha para satisfazer a ordem de fabrico.
- c. *Para Corte* – indicação que a malha foi entregue no setor de corte para processamento e que este tem as condições para iniciar a operação

Após o processamento na secção de corte, o duplo-clique nesta variável resulta na abertura do pop-up apresentado na figura 51 no qual deverão ser introduzidos os outputs desta operação.

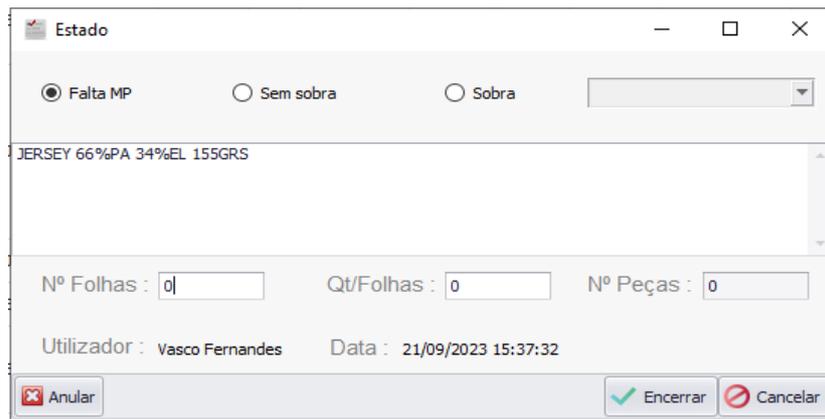


Figura 51 - Output da operação do corte.

Existem 3 opções para o output da operação de corte devendo ser indicadas para cada uma delas a quantidade existente em cada uma destas situações.

- a) Falta MP - indica que o material foi todo consumido sendo, no entanto, necessário encomendar mais para completar a encomenda;
- b) Sem sobra - indica que o material foi todo consumido e não existe necessidade de encomendar mais para completar a encomenda;
- c) Sobra:
 - a. Matéria-prima disponível alimentação do stock de sobras
 - b. Restos
 - c. Defeitos
 - d. Devolução de matéria-prima ao armazém

Destas 3 opções resultam outros 3 valores que a variável estado pode assumir para além de armazém, sem stock ou para corte mencionados anteriormente.

- d. *Falta MP*
- e. *Sem sobra*
- f. *Sobra (MP, Restos, Defeitos ou Devolução)*

17. *Data Plano de Corte* – data de introdução do plano de corte em sistema.

18. *Data Inicio Estendimento* – data em que foi iniciado o estendimento da primeira marcada da partida.

19. *Data Fim Corte* – data em que foi finalizado o corte da última marcada da partida.

20. *Acertou Stock* – diferença entre o consumo previsto de matéria-prima e o consumo real.

21. *ID Entrada* – número de entrada de malha.

22. *Npeças* – quantidade de peças totais produzidas.

23. *Picking Consumo* - quantidade de matéria-prima fornecida ao corte para satisfazer o pedido.

24. *Picking Devolvido* - quantidade de matéria-prima devolvida pelo corte ao armazém.

25. *Picking Valor* - indicação da quantidade requisita pela secção de corte.

ANEXO II – FOLHA DE REGISTO DE PRODUÇÃO DE AMOSTRAS

VALERIUS

Documento de Registo Diário de Produção - Equipa C										
Equipa:		235 - Isaura					Data: 30/11/23			
Início	Fim	Código Modelo	Descrição	Tipo de Desenvolvimento (Assinale com um X)					Quantidade	Observações
				Proto	Coleção	Size-Set	PPS	SS		
		VAZENTINAB W. 23		X	Vestido Senhora				2	
		44240-5006 -DT		X	TSHIRT - (HORP)H				2	
		KAASO W-23		X	Camisa Horp)H				2	
		51501-01		X	Ham Pants				1	
		44240-5023		X	TSHIRT unisexo				2	
		44243-5005.		X	TSHIRT-Senhora				2	
		44242-5006		X	TSHIRT- Horp)H				2	
		44242-5210		X	SWEAT Horp)H				2	
		44243-5203		X	SWEAT- Senhora				2	
		44242-5023		X	singlete Horp)H				2	
		44242-5033		X	TSHIRT Horp)H				2	
Responsável:								Somatório:		

Figura 52 - Folha de registo de produção de amostras.