



Mestrado em Engenharia Mecânica

Automatização e Evacuação das Linhas de Produção de Apoios de Cabeça em Assentos de Automóveis

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica
Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos
Mecânicos

Autor

Rafael Inácio Torres Gonçalves

Orientador

Professor João Miguel Maia Carrapichano

Docente do Departamento de Engenharia Mecânica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Eng^a Paula Alexandra Duarte Oliveira

Faurecia - Assentos de Automóvel Lda.

Coimbra, maio, 2019

À minha mãe

Agradecimentos

A realização deste relatório de estágio é a conclusão de mais uma etapa no meu percurso académico, que só foi possível com o apoio de várias pessoas a quem quero agradecer por toda a ajuda.

Em primeiro lugar quero agradecer à Faurecia - Assentos de Automóvel Lda. pela oportunidade da realização deste estágio curricular em ambiente empresarial, em especial à Eng.^a Catarina Oliveira e Eng.^a Paula Oliveira, por toda a disponibilidade, acompanhamento e esclarecimentos.

A todos os colaboradores do departamento de controlo de produção e logística da empresa, pela simpatia e disponibilidade para ajudar em qualquer situação.

Ao Professor Doutor João Miguel Maia Carrapichano pela disponibilidade e pelas sugestões durante a elaboração deste relatório.

Aos meus colegas, Hugo Ferreira, Luís Oliveira, Steve Gaspar, Tiago Malheiro e Daniel Pratas, por todo o companheirismo e por todos os momentos de descontração proporcionados.

Um agradecimento muito especial à minha madrinha Sameiro Gonçalves por todo o apoio e paciência em todos os momentos da escrita do relatório.

Por último, a minha gratidão à minha família por todo o apoio ao longo de todo o meu percurso académico.

Resumo

A Faurecia - Assentos de Automóveis Lda. é uma das empresas do grupo multinacional Faurecia, especialista em encostos de cabeça e braço, espumas e mecanismos de assentos para automóvel. O Sistema de Excelência Faurecia (FES) é uma ferramenta de melhoria contínua, comum a todo o grupo que define a visão, a prática e o método de trabalho para ser atingida a excelência ao nível da qualidade, custos e entregas. O FES implica a implementação e aperfeiçoamento contínuo de processos, integrando ferramentas e técnicas adequadas, adaptadas das metodologias *Lean*.

O presente trabalho teve como objetivo inicial o acompanhamento e a implementação de metodologias *Lean*, nomeadamente ao nível dos 5S, sistema *kanban*, filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work* e *layout*.

A introdução de máquinas automatizadas em determinados pontos das linhas de produção traduz-se numa diminuição de tempos, designadamente de transporte e entrega, o que poderá revelar-se uma estratégia interessante na logística de uma empresa.

A avaliação da possibilidade de automatização e evacuação de três linhas de produção de apoios de cabeça em assentos de automóveis constituiu o objetivo principal deste projeto. Os sistemas *Automated Guided Vehicle (AGV)* e *Autonomous Mobile Robot (AMR)* foram considerados, sendo descritos os novos *layouts* requeridos, assim como as estruturas dinâmicas necessárias à implementação dos mesmos.

Palavras chave: Faurecia, Metodologias *Lean*, Automatização, AGV e AMR.

Abstract

Faurecia - Assentos de Automóveis Lda. is one of the companies of the multinational group Faurecia, specialized in headrests and armrests, foams and mechanisms to the seat of cars. The Faurecia Excellence System (FES) is an improvement tool common to the whole group that defines the vision, practice and working method to achieve excellence in terms of quality, costs and deliveries. The FES implies the implementation and improvement of processes integrating appropriate tools and techniques, adapted from the Lean methodologies.

The present work had the initial objective of monitoring and implementing Lean methodologies, namely the 5S, kanban system, just-in-time, poka-yoke, hoshin, standardized work and layout.

The introduction of automated machines at certain points on production lines means a reduction in time, namely transport and delivery, which may prove to be an interesting strategy in a company's logistics.

The evaluation of the possibility of automation and evacuation of three production lines of headrests in car seats was the main objective of this project. The Automated Guided Vehicle (AGV) and Autonomous Mobile Robots (AMR) systems were considered, describing the new layouts required, as well as the dynamic structures required to implement them.

Keywords: Faurecia, Lean Methodologies, Automation, AGV e AMR.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Índice de Equações	xv
Simbologia e Abreviaturas	xvii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento do Tema	1
1.2 Objetivos e Metodologias	2
1.3 Estrutura do Relatório de Estágio	2
2 Grupo Faurecia	4
2.1 Local de Estágio	4
2.2 Apresentação do Grupo Faurecia	4
2.3 Faurecia em Portugal	6
2.4 Sistema de Excelência Faurecia (FES)	7
3 Enquadramento teórico	10
3.1 Metodologias e Conceitos <i>Lean</i>	10
3.1.1 5S	14
3.1.2 Sistema <i>Kanban</i>	15
3.1.3 Filosofia <i>Just-In-Time</i>	16
3.1.4 <i>Poka-Yoke</i>	16
3.1.5 <i>Hoshin</i>	17
3.1.6 <i>Standardized Work</i>	18
3.1.7 <i>Layout</i>	19
3.2 <i>Automated Guided Vehicle</i> (AGV)	19
3.2.1 Características do AGV	20
3.2.2 Sistemas de Navegação	20
3.2.3 Configurações	21

3.2.4	Controlo de AGVs	22
3.3	<i>Autonomous Mobile Robots (AMR)</i>	23
4	Desenvolvimento do projeto	25
4.1	Fase Inicial	25
4.2	Implementação de Metodologias <i>Lean</i>	26
4.2.1	Implementação da Ferramenta 5S	27
4.2.2	Implementação do Sistema <i>Kanban</i>	28
4.2.3	Implementação do <i>Poka-Yoke</i>	30
4.2.4	Implementação de <i>Hoshin</i>	31
4.2.5	<i>Standardized Work</i>	31
4.2.6	<i>Layout</i>	33
4.3	Automatização de Linhas de Produção	33
4.3.1	Primeira Fase da Implementação	33
4.3.2	Segunda Fase da Implementação	43
4.3.3	Terceira Fase da Implementação	47
5	Conclusão e Perspetivas Futuras	51
	Referências Bibliográficas	53
	Webgrafia	55

Índice de Figuras

Figura 1 - Logotipo da empresa Faurecia (Faurecia, 2018).	4
Figura 2 - A Faurecia no mundo.	5
Figura 3 - A Faurecia em Portugal.	7
Figura 4 - Sistema de Excelência Faurecia (Santos, 2008).	8
Figura 5 - Casa TPS (Rodrigues, 2014).	12
Figura 6 - Implementação dos 5S (5stoday, 2018).	15
Figura 7 - Exemplo de um <i>kanban</i> utilizado pela Toyota (leanti, 2013).	15
Figura 8 - Exemplo de <i>poka-yoke</i> (lean-fabrica, 2012).	17
Figura 9 - Sistemas de tração/direção.	21
Figura 10 - Formas de carregamento de baterias de AGVs (asti, 2018).	22
Figura 11 - Quadro de seguimento do <i>small-train</i> .	26
Figura 12 - Redefinição do <i>zoning</i> num corredor entre linhas de produção.	28
Figura 13 - <i>Layout</i> definido no armazém de paletização.	28
Figura 14 - Identificação visual no armazém de <i>picking</i> .	29
Figura 15 - Implementação de <i>kanban</i> no armazém de rolos.	30
Figura 16 - Exemplo de <i>poka-yoke</i> na empresa.	30
Figura 17 - Exemplo de uma instrução de trabalho (excerto).	32
Figura 18 - Regra de paletização (exemplo).	32
Figura 19 - Ilustração de um AGV (A) (cmayor, 2018) e de um AMR (B) (mobile-industrial-robots, 2017).	33
Figura 20 - <i>Layout</i> das linhas 4, 7 e 8.	34
Figura 21 - Caixas de produto acabado (A) e caixa vazia fechada (B).	37
Figura 22 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 4.	37
Figura 23 - Representação do percurso do AGV 1 na linha 4.	38
Figura 24 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 7.	38
Figura 25 - Representação do percurso do AGV 2 na linha 7.	39
Figura 26 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 8.	39
Figura 27 - Representação do percurso do AGV 3 na linha 8.	40
Figura 28 - <i>Layout</i> geral da fase inicial.	40
Figura 29 - Palete de caixas vazias, fechadas a colocar no AGV (A - caixa vazia e fechada).	41
Figura 30 - Exemplo de despaletizadora disponível no mercado (ipla, 2018).	41
Figura 31 - <i>Layout</i> com despaletizadora - opção 1.	42
Figura 32- <i>Layout</i> com despaletizadora - opção 2.	42
Figura 33 - <i>Layout</i> com passagens definidas para os AGVs.	44
Figura 34 - Estrutura para os ensaios do AMR na Faurecia (A - vista lateral, B - parte inferior e C - parte superior).	48
Figura 35 - AMR preparado para ensaios.	48
Figura 36 - Ensaio 1 do AMR.	49
Figura 37 - Ensaio 2 do AMR.	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 - A Faurecia no mundo.	6
Tabela 2 - Ações que desencadearam o aparecimento do TPS (Rodrigues, 2014).	11
Tabela 3 - Comparação entre os equipamentos AGV e AMR (Mobile-Industrial-Robots, 2017).	24
Tabela 4 - Parâmetros considerados no estudo inicial do cálculo do número de AGVs.	35
Tabela 5 - Parâmetros considerados no estudo da fase 2 do cálculo do número de AGVs.	44
Tabela 6 - Parâmetros definidos e obtidos pelos fornecedores após visita à Faurecia.	45
Tabela 7 - Efeito do tempo de carregamento online no número de AGVs por linha.	45
Tabela 8 - Valores dos parâmetros para a implementação otimizada dos três AGVs.	46

Índice de Equações

(1): Tempo de ciclo/h	35
(2): N° de AGVs/Linha.....	35

Simbologia e Abreviaturas

AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i> ; veículo guiado automaticamente
AMR	<i>Autonomous Mobile Robot</i> ; robô móvel autônomo
CNC	<i>Computer Numeric Control</i> ; controlo numérico computadorizado
Cxs.	Caixas
EE	<i>Employee Empowerment</i> ; poder de decisão dos funcionários
FES	<i>Faurecia Excellence System</i> ; sistema de excelência da Faurecia
GAP	Grupo Autônomo de Produção
GPS	<i>Global Positioning System</i> ; sistema de posicionamento global
HSE	<i>Health, Safety & Environment</i> ; higiene e segurança no trabalho
I/O	<i>Input/Output</i> ; entrada/saída de sinais digitais
IT	<i>Information Technology</i> ; tecnologia de informação
JIT	<i>Just-In-Time</i> ; no momento certo
Lda.	Limitada
PC&L	<i>Production Control and Logistic</i> ; controlo de produção e logística
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> ; planejar, fazer, verificar e agir
PSE	<i>Production System Efficiency</i> ; eficiência do sistema de produção
QSE	<i>Quality System Efficiency</i> ; qualidade do sistema de produção
SLAM	<i>Simultaneous Localization and Mapping</i> ; localização e mapeamento simultâneos
SW	<i>Standardized Work</i> ; trabalho padronizado
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> ; manutenção produtiva total
TPS	<i>Toyota Production System</i> ; sistema de produção Toyota
TRF	Troca Rápida de Ferramenta
UAP	Unidade Autônoma de Produção

1 Introdução

1.1 Enquadramento do Tema

O Mestrado em Engenharia Mecânica lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, ISEC, no segundo ano curricular permite a escolha entre três opções, designadamente dissertação, estágio e projeto. Após a escolha da modalidade estágio iniciou-se a pesquisa de empresas ligadas ao sector automóvel, atendendo ao gosto pessoal, interesse por automóveis e desejo em contribuir de algum modo para a construção e melhoria destes. Concluída a pesquisa e o envio de currículos, aguardou-se por respostas tendo surgido a possibilidade de efetuar o estágio na empresa Faurecia - Assentos de Automóvel, Lda. com instalações em São João da Madeira.

Assim, no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, área de especialização “Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos” do ISEC, o presente relatório pretende descrever as principais atividades desenvolvidas ao longo de oito meses de trabalho na Faurecia - Assentos de Automóvel Lda.

O estágio realizou-se no departamento de *Production Control and Logistic* (PC&L) com um tema relacionado com a automatização e evacuação das linhas de produção de apoios de cabeça em assentos de automóveis, tendo sido possível a ligação aos departamentos de logística e produção da empresa, num trabalho de base em engenharia mecânica.

A logística é um departamento extremamente importante em qualquer indústria a nível mundial, uma vez que compreende o sistema de organização do fluxo de informações, materiais e pessoas, através de um conjunto de estratégias que visam conduzir as organizações empresariais de forma ágil e eficaz. Algumas etapas da logística incluem a atenção às informações, gestão de stocks, armazenamento, gestão de compras, transportes, estratégias financeiras e conhecimento das quantidades de produto acabado.

A Faurecia - Assentos de Automóveis Lda. na sua atividade diária recorre às metodologias *Lean*, sendo seguido o Sistema de Excelência Faurecia (FES). Assim, iniciou-se este trabalho com a pesquisa e aprofundamento de informação relativa às metodologias *Lean*, de modo a melhorar a compreensão das mesmas e à capacitação para o acompanhamento e implementação dessas metodologias ao longo deste estágio.

A introdução de máquinas automatizadas em determinados pontos das linhas de produção traduz-se numa diminuição de tempos, designadamente de transporte e entrega, o que poderá revelar-se uma estratégia interessante na logística de uma empresa. A pesquisa de informação relativa a veículos guiados autonomamente existentes no mercado foi efetuada no âmbito deste trabalho. Os conhecimentos adquiridos foram usados na avaliação da possibilidade de implementação de AGVs (*Automated Guided Vehicles*) ou AMRs (*Autonomous Mobile*

Robots) na melhoria da automatização e evacuação das linhas de produção de apoios de cabeça em assentos de automóveis.

1.2 Objetivos e Metodologias

Com este estágio pretendeu-se consolidar a formação académica em contexto laboral e aprofundar os conhecimentos na área do controlo de produção e logística, sendo uma mais-valia para o enriquecimento pessoal e o desenvolvimento de diversas competências. O estágio curricular é uma componente importante na formação académica e profissional no que respeita ao conhecimento da realidade industrial e à integração em equipas de trabalho.

Todas as metodologias usadas na Faurecia - Assentos de Automóveis Lda. são enquadradas na metodologia *Lean*. Nesse sentido, tornou-se necessária a pesquisa e aprofundamento dos aspetos relacionados com esta temática de modo à melhor compreensão do funcionamento da empresa, nomeadamente do Sistema de Excelência Faurecia (FES).

Este projeto envolveu dois objetivos concretos, sendo o objetivo inicial o acompanhamento e a implementação de metodologias *Lean*, nomeadamente ao nível dos 5S, sistema *kanban*, filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work* e *layout*.

O objetivo principal foi a avaliação da possibilidade de automatização e evacuação de três linhas produção de apoios de cabeça em assentos de automóveis. Atendendo a este propósito, o trabalho foi desenvolvido no departamento PC&L que é responsável por tudo o que entra e sai da empresa, ou seja, atua desde a entrada da matéria prima até à saída do produto acabado. A pesquisa de informação relacionada com *Automated Guided Vehicle* (AGV) e *Autonomous Mobile Robots* (AMR) foi efetuada de modo a possibilitar a aquisição de conhecimentos que permitissem o estudo das necessidades da empresa e a interação com fornecedores.

1.3 Estrutura do Relatório de Estágio

Este relatório está dividido em cinco capítulos. No capítulo 1 - Introdução, surgem o enquadramento do tema, os objetivos e as metodologias, assim como a estrutura do relatório.

No capítulo 2 - Grupo Faurecia é apresentado o local de estágio, a Faurecia em Portugal, o Grupo Faurecia e o Sistema de Excelência Faurecia (FES).

No capítulo 3 - Enquadramento Teórico são referidos aspetos relevantes relativos às metodologias e conceitos *Lean*, *Automated Guided Vehicle* e *Autonomous Mobile Robot* de modo a permitirem uma melhor compreensão do trabalho experimental efetuado.

O capítulo 4 - Desenvolvimento do Projeto, compreende o trabalho experimental efetuado, dividido em três fases: fase inicial, implementação de metodologias *Lean* e automatização de linhas de produção.

O capítulo 5 - Conclusão e Perspetivas Futuras refere as principais conclusões do trabalho e trabalhos a efetuar num futuro próximo decorrentes dos resultados atingidos no presente projeto.

As referências bibliográficas usadas na fundamentação dos aspectos abordados, incluindo no trabalho experimental constituem a parte final do relatório.

2 Grupo Faurecia

2.1 Local de Estágio

O presente Estágio Curricular decorreu na Faurecia - Assentos de Automóvel Lda., empresa do Grupo Faurecia, situada em São João da Madeira. A empresa dedica-se à produção de espumas para assentos frontais e traseiros, acessórios e encostos de cabeça e braço para automóveis.

Esta empresa está equipada com 2 linhas de injeção de espumas, 4 linhas de injeção (*in-situ*), 4 máquinas de corte (*Computer Numerical Control*, CNC) e 330 máquinas de costura. Integra 1148 colaboradores e 4 unidades de produção (UAPs). A empresa tem 36 clientes, 135 fornecedores, 1221 referências, uma frota de 24 carros e 1457 referências enviadas. Nos processos de espumas possui 5 clientes e 7 fornecedores, e produz 15000 partes por dia. Adicionalmente, nos acessórios conta com 12 clientes, 16 projetos e produz 35000 partes por dia. As espumas e acessórios produzidos são utilizados em automóveis de marcas/modelos bem conhecidos, tais como Peugeot 508, Megane, Renault Talisman e Volkswagen Polo.

A Faurecia - Assentos de Automóvel Lda. está dividida em vários departamentos, nomeadamente Recursos Humanos, Finanças, Higiene e Segurança no Trabalho, Tecnologia Informática, Engenharia do Produto, Engenharia do Processo, Controlo de Produção e Logística, FES, UAP1, UAP2, UAP4 e UAP5 (Faurecia, 2018).

Em relação à organização hierárquica, a empresa apresenta 5 níveis, designadamente diretor da fábrica, responsável da UAP, supervisor, responsável pelo grupo de trabalho, Grupo Autónomo de Produção (GAP líder), operador

2.2 Apresentação do Grupo Faurecia

A Faurecia é um grupo multinacional Francês fundado em 1997 pela fusão de duas empresas francesas, a Bertrand Faure especialista em assentos para automóvel e o grupo Ecia, grande fornecedor de sistemas de escape, sistemas de interior e blocos frontais (Figura 1) (Faurecia, 2018).



Figura 1 - Logotipo da empresa Faurecia (Faurecia, 2018).

O grupo Faurecia em 1998, com a aquisição da empresa AP Automotive Systems tornou-se numa das maiores empresas no fabrico de assentos de automóveis na Europa e nos Estados

Unidos da América, possuindo 32 mil colaboradores e uma faturação de 4 mil milhões de euros.

Atualmente, o grupo Faurecia com sede em França, está presente em 35 países por todo o mundo, possuindo uma rede de 300 unidades de produção, centros de pesquisa e desenvolvimento, com 100 mil colaboradores. Este grupo é líder global nas suas três áreas de negócio, ou seja, em assentos, sistemas interiores e tecnologias de controlo de emissões de gases para automóveis.

No grupo Faurecia a expansão internacional ocorre diariamente (Figura 2, Tabela 1). Na Ásia, o grupo tem operado na China há mais de 15 anos, estabelecendo alianças estratégicas com os fabricantes de automóveis chineses, como o Geely (atual dono da Volvo) e, recentemente, com o grupo Xuyang tendo também centros tecnológicos de última geração em Minbei e Xangai.

Na Coreia do Sul, o crescimento da Faurecia é impulsionado pelas relações estreitas com o fabricante de automóveis coreano Hyundai-Kia, possuindo já três locais tecnológicos de controlo de emissões no país.

Na Tailândia as tecnologias de controlo de emissões já estão bem estabelecidas e o grupo continua a crescer. Na Índia, a Faurecia continua a expandir a sua base industrial.

Em finais de 2012, na América do Norte o grupo possuía quinze novos locais, ou seja Estados Unidos, México e Canadá.

Entre 2012 e 2014 o grupo abriu uma fábrica de produção, um centro de investigação e uma sede de negócios de tecnologias de controlo de emissões de gases no Brasil e América do Sul.

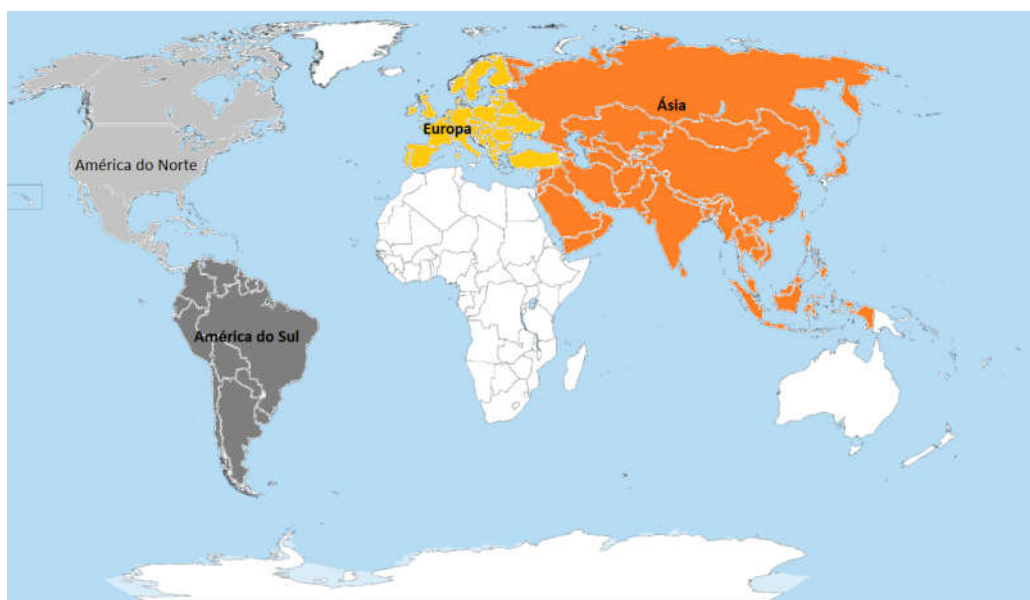


Figura 2 - A Faurecia no mundo.

Tabela 1 - A Faurecia no mundo.

Local	Presença da Faurecia
Europa	110 indústrias; 13 centros de pesquisa; 55800 colaboradores; 51% do total de vendas agregadas ao grupo.
Asia	61 indústrias; 10 centros de pesquisa; 16500 colaboradores; 17% do total de vendas agregadas ao grupo.
América do Norte	39 indústrias; 4 centros de pesquisa; 20100 colaboradores; 28% do total de vendas agregadas ao grupo.
América do Sul (e resto do mundo)	25 indústrias; 3 centros de pesquisa; 6300 colaboradores; 4% do total de vendas agregadas ao grupo.

2.3 Faurecia em Portugal

Em Portugal, o Grupo Faurecia está presente em quatro distritos, designadamente Aveiro, Bragança, Viseu e Lisboa, onde dispõem no total de sete empresas.

Em Aveiro, mais especificamente em São João da Madeira, existem duas empresas, a Faurecia - Assentos de Automóvel Lda. e a Faurecia - Sistemas de Escape. Em Bragança existe a Faurecia - Sistemas de Escapes Portugal, Lda. Em Viseu está presente em duas empresas, na EDA, Estofagem de Assentos, Unipessoal Lda. e na SASAL, Assentos para Automóvel SA. Por fim, em Lisboa existe a Faurecia - Sistemas de Interior Lda. e a VANPRO - Estofagem de assentos (Figura 3).



Figura 3 - A Faurecia em Portugal.

2.4 Sistema de Excelência Faurecia (FES)

O Sistema de Excelência Faurecia (FES) é uma ferramenta de melhoria contínua, comum a todo o grupo, baseado na força dos colaboradores e na integração dos fornecedores. Este sistema define a visão, a prática e o método de trabalho para ser alcançada a excelência em termos de qualidade, custos e entregas. O FES implica a implementação e aperfeiçoamento contínuo de processos, integrando para tal, ferramentas e técnicas adequadas (Faurecia, 2018).

Este sistema está dividido em seis subsistemas, designadamente liderança, desenvolvimento, produção, cliente, fornecedor e o envolvimento das pessoas como mostra a Figura 4 (Santos, 2008).



Figura 4 - Sistema de Excelência Faurecia (Santos, 2008).

O subsistema liderança tem como função criar as condições adequadas para o grupo atingir os objetivos definidos. O desenvolvimento pressupõe o estudo/evolução ao nível de componentes, processos e serviços de forma metódica. A produção é responsável por criar as condições necessárias para o cumprimento de prazos de entrega e por assegurar os níveis de qualidade desejados pelo cliente. O subsistema cliente compreende a construção de relações com os clientes baseadas na compreensão, identificação de necessidades e obtenção de novos contratos. Por outro lado, o que diz respeito ao fornecedor abrange a seleção de fornecedores de acordo com a capacidade de fornecimento das matérias-primas com qualidade, custos e prazos adequados. Por último, surge o envolvimento das pessoas que tem como principal objetivo a promoção da autonomia nos grupos de trabalho de modo a serem atingidos os resultados pretendidos e, eventualmente, à promoção da melhoria dos mesmos.

Os aspetos considerados devem possibilitar a cada interveniente e equipa a autoavaliação do respetivo desempenho e a construção do percurso de melhoria contínua conducente à excelência. Esta construção é exequível através do processo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA), a partir de métodos de trabalho experimentados e da partilha de conhecimento de cada colaborador da empresa.

Na implementação do sistema FES, cada fábrica dispõe de quatro suportes essenciais, designadamente:

Employee Empowerment (EE) - que se centra no trabalho de equipa, avaliação da *performance*, melhoria contínua, melhoria de fluxos de comunicação e diminuição de níveis hierárquicos na empresa.

Production System Efficiency (PSE) - que se centra na organização e eficiência da produção, melhoria contínua, melhoria do processo, redução de desperdícios.

Quality System Efficiency (QSE) - assegura a qualidade dos produtos, autocontrolo, paragem ao defeito e garante que nenhuma peça não conforme chega ao cliente.

Production Control and Logistics (PC&L) - que garante os fluxos de materiais entre células de produção, a eficiência dos abastecimentos e a melhoria contínua em termos logísticos.

As ferramentas *Lean* que mais se destacam na Faurecia são os 5S, o sistema *kanban*, a filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work*, e a importância do *layout* (Faurecia, 2011).

3 Enquadramento teórico

3.1 Metodologias e Conceitos *Lean*

A metodologia *Lean* foi usada pela primeira vez na indústria automóvel japonesa mais especificamente na Toyota, na década de 1950, logo após a Segunda Guerra Mundial, foi apresentada como um sistema robusto, eficiente e em constante atualização, tendo sido designada de *Toyota Production System* (TPS). A Toyota foi a organização que demonstrou possuir técnicas, modelos de gestão e produção mais eficazes e a sistematização dessas práticas com foco integrado nos ciclos de produção e consumo, evitando desperdícios, eliminando as não conformidades e, assim os principais problemas industriais. Este sistema de produção surgiu de Kiichiro Toyoda, reflectindo-se em seu pai, Sakichi Toyoda, um revolucionário e inventor nas formas de produção (Tabela 2).

Fujio Cho trabalhou com Taiichi Ohno na integração dos métodos, sistemas e programas chegando a Presidente da Toyota e ficando deste modo o sistema conhecido como “Casa do TPS”. Assim, o sistema representa-se esquematicamente como uma casa, onde o telhado mostra as metas a atingir, designadamente melhor qualidade, menor custo, menor tempo de entrega, melhor segurança e moral elevada. Para se atingirem estas metas é necessário seguir a filosofia Toyota (*Toyota Way*), a gestão visual, os processos estáveis e padronizados e, por fim, a produção nivelada (*Heijunka*). Todas estas operações em busca da eficácia são sustentadas por quatro pilares com métodos, sistemas e programas, cujo objetivo final é a melhoria contínua (Black *et al*, 2013).

Os quatro pilares que vão ao encontro da melhoria contínua são o *just-in-time*, o *jidoka* (automação), pessoas e trabalho de equipa e redução de desperdício como se pode verificar pela Figura 5.

Tabela 2 - Ações que desencadearam o aparecimento do TPS (Rodrigues, 2014).

Responsáveis do Toyota Production System	Época	Descrição
Sakichi Toyoda	1867 - 1930	Inventou a primeira máquina elétrica de fiar no Japão e posteriormente uma máquina de fiar automática que identificava os desvios ou erros de operações, revolucionando a indústria têxtil no final do século XIX, vendida por seu filho, Kiichiro Toyoda à empresa Platt Brothers.
Kiichiro Toyoda	1894 - 1952	Kiichiro Toyoda em 1933 criou a Toyota Motors Corporation com os recursos financeiros obtidos na negociação com a Platt Brothers. Sempre com ideias e métodos para redução de desperdícios.
Eiji Toyoda	1913	Levou para o Japão questionamentos e ideias que motivaram o aparecimento do <i>Toyota Production System</i> após as visitas a plantas automobilísticas norte-americanas.
Taiichi Ohno	1912 - 1990	Considerado o criador do <i>Toyota Production System</i> , desenvolveu o sistema de produção da Toyota e o <i>just-in-time</i> .
Shigeo Shingo	1909 - 1937	Autor de vários livros e responsável pelo desenvolvimento de várias técnicas utilizadas atualmente no mundo produtivo, sendo uma delas a troca rápida de ferramentas.
Fujio Cho	1937	Responsável pela criação da Casa do TPS, apresentou e sistematizou de forma objetiva todas as ações, métodos, sistemas e programas do TPS.

Na década de 1980 este sistema da Toyota começou a ser utilizado como *Lean Manufacturing* pelo professor James P. Womack do Instituto de Tecnologia de Massachusetts que tornou a cultura *Lean* conhecida mundialmente (Womack, 1990).

O termo *Lean* foi criado de modo a traduzir uma metodologia mais universal para aplicação em qualquer tipo de empresa, focada na padronização e organização de processos de modo a minimizar desperdícios, ou seja, tudo o que acrescenta custos e não acrescenta qualquer valor ao produto (Monden, 2012).

A redução de desperdícios é possível com a implementação de procedimentos mais simples e eficientes em todas as etapas, desde a produção até ao transporte. A empresa deve compreender bem a solicitação/interesse do cliente e concentrar os seus esforços em satisfazê-lo adequadamente de modo que o produto ou serviços superem as expectativas, proporcionando valor com desperdício zero.

A adoção do *Lean* nas empresas torna-as capazes de responder mais rapidamente às mudanças no cenário económico, às exigências e aos perfis de clientes, mantendo a qualidade, a custos baixos e tempo de produção reduzidos.



Figura 5 - Casa TPS (Rodrigues, 2014)

Para melhor compreensão do TPS existem catorze princípios básicos divididos em quatro grupos denominados 4P's, filosofia (*philosophy*), processos, parceiros e problemas.

A filosofia orienta toda a organização ao associar de forma eficaz os objetivos dos valores, visão de futuro e missão (portal-gestão, 2015).

O processo é analisado por meio de sete princípios:

- **Fluxo do processo contínuo:** mostra problemas que devem incluir e alinhar os objetivos e as estratégias organizacionais para todos os níveis e setores da organização, incidindo na relação entre fornecedor e cliente, procurando valor no fornecedor e atendendo ao valor imediato do cliente, através da gestão estratégica de

processos. Para atingir este princípio, a organização e o *layout* da linha podem usar-se o programa 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*) e as células de produção, respetivamente.

- **Sistema puxado evitando a superprodução:** o sistema usado para a produção puxada é o *kanban* e no aumento da eficácia com a coleta de insumos é utilizado o *milk-run*. Este sistema tem início no momento em que é acionado pelo cliente, uma vez que deve surgir com as especificações e o valor que o cliente pretende no momento e na quantidade desejada não havendo a superprodução do mesmo.
- **Produção nivelada:** também conhecida pelo termo *heijunka*, consiste em nivelar a carga de trabalho por meio da coordenação de todas as unidades, equipamentos e equipas de trabalho.
- **Cultura da qualidade:** o sistema *Lean* tem como principal foco a produção correta da primeira vez, sem retrabalho. Para solucionar problemas de forma rápida e eficaz, garantindo a integridade de produtos semifinalizados deve recorrer-se ao *poka-yoke* e o *jidoka* (automação).
- **Padronização para melhoria contínua e aprendizagem:** a padronização só é possível após a estabilização das ações, sendo necessário definir o ponto ótimo para cada ação com base nas melhores práticas.
- **Controlo visual:** a observação é a melhor ação para a identificação de prováveis falhas, sendo uma medida simples e eficaz para utilização em organizações que procuram o sistema *Lean*. O programa 5S, *poka-yoke*, *jidoka* e alguns elementos ou etapas do TPM e do *kanban* são úteis no controlo visual.
- **Tecnologia alinhada aos processos e funcionários:** a tecnologia é procurada pelas organizações *Lean*; as tecnologias têm de ser adaptadas à cultura e ao modelo de gestão de cada organização, a TPM, a troca rápida de ferramenta (TRF) e a *jidoka* (automação) são exemplos de que as características e tecnologias dos equipamentos necessitam da participação das pessoas para a obtenção de bons resultados.
- **Desenvolvimento de líderes:** os líderes devem conhecer completamente todas as atividades operacionais e divulgar os princípios da organização.
- **Desenvolvimento de pessoas e equipas:** toda a cultura da organização deve ser partilhada e entendida por todos; os colaboradores e as equipas devem conhecer muito bem as suas atividades, mas também estarem envolvidos e terem responsabilidade nas restantes atividades da organização.
- **Cooperação e respeito:** tem que existir cooperação e respeito entre parceiros e fornecedores, partilhando o conhecimento e estabelecendo um ambiente de cooperação e estabilidade.
- **Participação nos problemas e ações:** a participação pessoal deve fazer parte da cultura de cada executivo, líder ou colaborador.

- **Decisões e implementações:** o tempo de decisão é longo, porque todos os envolvidos nos processos devem participar ou contribuir com dados ou informações para as decisões. No entanto, após a decisão o tempo de implementação deve ser rápido.
- **Aprendizagem:** é o foco das organizações. Este processo é vinculado a aspetos da cultura e organização e às melhores práticas.

Os princípios apresentados anteriormente podem ser considerados como um estudo para organizações que pretendem implementar o sistema *Lean*. A aplicação da metodologia *Lean* é efetuada através de sistemas, métodos e programas que permitem a sua implementação e manutenção. A abordagem a algumas dessas ferramentas, designadamente 5S, sistema *kanban*, filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work*, e *layout*, será efetuada de seguida (Rodrigues, 2014).

3.1.1 5S

A metodologia 5S tem como principal objetivo a melhoria da produtividade de pessoas e organizações através da otimização da área de trabalho. Essa otimização visa a diminuição do tempo necessário para aceder aos objetos necessários à realização da função, a melhoria da qualidade dos produtos e serviços, a segurança, a motivação e a satisfação dos colaboradores no seu ambiente de trabalho (Colin, 2013).

A designação 5S surgiu das iniciais de cinco palavras japonesas cujos conceitos e objetivos são apresentados.

1. Eliminar (*Seiri*) - Consiste na identificação, classificação, separação e eliminação nos locais de trabalho de todos os materiais que se apresentem como desnecessários.
2. Organizar (*Seiton*) - Os materiais necessários têm de estar organizados em locais apropriados, de modo a serem encontrados facilmente para assim evitar perdas de tempo e movimentos desnecessários.
3. Limpar (*Seiso*) - Identificação, eliminação ou redução das fontes de sujidade e riscos de segurança nos locais de trabalho, garantindo que tudo se encontra em perfeito estado de utilização, facilitando a deteção de qualquer tipo de anomalia.
4. Normalizar (*Seiketsu*) - Consiste na identificação de elementos a controlar visualmente, seguida da definição de uma norma de funcionamento e das tolerâncias correspondentes, criação de dispositivos de controlo visual em cada caso e, por fim, definição de procedimentos corretores a aplicar em cada situação.
5. Disciplinar (*Shitsuke*) - Trabalhar sempre de acordo com as normas estabelecidas, comprometendo todos os intervenientes em manter e melhorar o nível dos 5S.

A implementação dos 5S é a base para a melhoria dos processos pela procura e introdução de boas práticas de modo a manter um local de trabalho limpo, organizado, com *layout* adaptado às necessidades e de fácil gestão.

Este processo pode ser monitorizado por um operador no que respeita à organização e limpeza, pois visualmente conseguem-se identificar anomalias, desvios e necessidades de alinhamento. Na Figura 6 surge um exemplo relativo à aplicação dos 5S, onde a definição de um local para colocação de um caixote de lixo e a identificação com linhas (*zoning*) no chão dessa zona permite a fácil deteção visual do mesmo facilitando a manutenção da limpeza e organização do local pelos utilizadores.

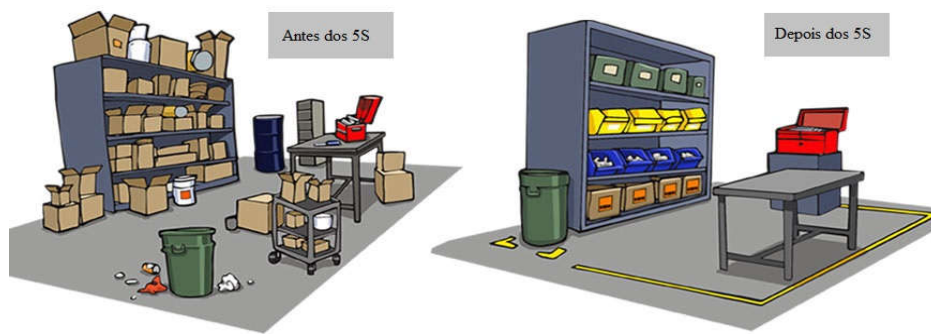


Figura 6 - Implementação dos 5S (5stoday, 2018).

As vantagens da utilização dos 5S incluem uma maior organização, limpeza e otimização dos espaços, a redução de desperdício e motivação das equipas de trabalho. Estes aspetos são a base para uma correta implementação de outras metodologias *Lean*.

3.1.2 Sistema Kanban

Kanban é uma palavra japonesa com o significado “cartão” ou “etiqueta” que é utilizada como base para um correto funcionamento da produção *just-in-time* (JIT). O interesse do *kanban* centra-se na identificação visual da necessidade de produção (*kanban* de produção) ou de aprovisionamento de peças (*kanban* de levantamento) (Figura 7).

Hora da Entrega 10:30	Área de Estocagem A 1 - 1	Fábrica Central da Toyota Motors
	Número do Item 53018-60011	Montagem nº 2
Nome do Item Linha de pressão do radiador	Identificação Usado em FJ Carro tipo (I)	
Fundação Ohashi	Tipo de caixa Especial	
Prateleira nº 1 - Embaixo	21	50
	Capacidade da caixa 30	
	Kanban de pedido de peças	

Figura 7 - Exemplo de um *kanban* utilizado pela Toyota (leanti, 2013).

Relativamente ao *kanban* de produção, a informação destina-se apenas à produção e devem surgir em unidades de contenção numa forma que permita a sua rápida identificação. Os *kanban* de levantamento são etiquetas destinadas à logística, referem-se ao levantamento de material e devem ser utilizados no quadro de nivelamento, contêm a referência do

componente, nome da linha na qual vai ser efetuado o levantamento, quantidade e forma de acondicionamento (Macedo, 2011).

Existem vários modos de criar *kanban*, designadamente cartões, marcas no solo, códigos de barras, ou *chips* RFID. De um modo geral, tal como já referido, a informação a ser colocada inclui o seguinte: referência e denominação do produto, tamanho do lote de transferência, gama de embalagem do produto e localização.

3.1.3 Filosofia *Just-In-Time*

A filosofia *just-in-time* surgiu com Kiichiro Toyoda após a visita à fábrica da Ford, em Detroit, nos Estados Unidos da América. Esta filosofia tem por objetivo controlar os stocks em todas as estações de trabalho, reduzindo o desperdício nas linhas de produção. Esta filosofia foi inicialmente implementada numa oficina da Toyota para gerenciar o aumento das peças necessárias no momento e quantidade desejada.

O *just-in-time* (JIT) tem sido implementado em muitas organizações de diversos sectores orientando sistemas, métodos e programas para viabilizar o sistema *Lean Manufacturing*. A principal característica desta filosofia é trabalhar com a produção puxada ao longo do processo, Todo o material que é necessário para a produção só é solicitado se realmente existia necessidade da sua utilização, não acumulando stocks.

A implementação do *just-in-time* pressupõem a busca de ambiente de trabalho limpo e organizado, sistemas à prova de falhas humanas, menor tempo de preparação da máquina, zero stock em todo o processo, zero defeitos, zero desperdícios e qualidade total no produto que se está a desenvolver. A casa TPS tem como um dos pilares o *just-in-time* (Colin, 2017).

3.1.4 *Poka-Yoke*

O *poka-yoke* é um termo que tem o significado de “à prova de erros” e consiste num conjunto de procedimentos e/ou dispositivos cujo objetivo é detetar e corrigir erros em processos antes que se transformem em defeitos percebidos pelos clientes. Este conceito parte do princípio que, a falha humana é inevitável.

Os erros que podem ser evitados por meio do *poka-yoke* incluem a montagem incorreta de um componente e o esquecimento da fixação de uma peça. Na Figura 8 surge um exemplo simples de aplicação do *poka-yoke*, onde a utilização da cor ajuda a garantir que o operador não se engane na tarefa a efetuar e simultaneamente seja rápido.

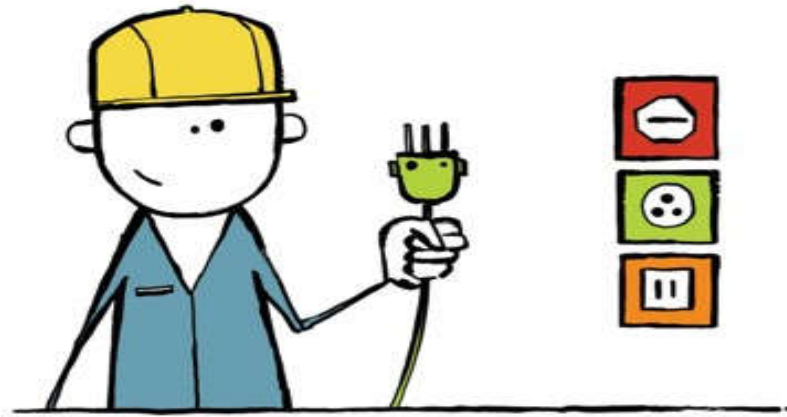


Figura 8 - Exemplo de *poka-yoke* (lean-fabrica, 2012).

Existem duas categorias de *poka-yoke*, designadamente a categoria de prevenção e a categoria de deteção. A categoria de prevenção está relacionada com os métodos que evitam a ocorrência do erro, enquanto a categoria de deteção tem a ver com a utilização de dispositivos que interrompem o processo ou emitem um sinal, tal como, o som de um alarme ou o aparecimento de uma luz (Marques, 2014).

3.1.5 *Hoshin*

Hoshin (bússola, em português) é o modo como a empresa procura e executa a sua estratégia. No desenvolvimento dessa estratégia é necessário ter um plano contendo objetivos claros, ações, prazos, responsáveis e indicadores precisos. Os líderes, em conjunto com todos os colaboradores dos diferentes departamentos devem procurar soluções com base em ações simples que permitam a eliminação de desperdícios e a melhoria dos fluxos. Desdobrar a estratégia implica o conhecimento necessário para estabelecer relações claras entre os indicadores, de modo que os resultados obtidos em pequenas tarefas diárias sejam refletidos no próximo indicador acima e assim sucessivamente, até serem atingidos os principais objetivos da organização (leanti, 2013).

No caso da organização de uma linha de produção, deve considerar-se a melhoria da qualidade controlando essencialmente a parte humana e o redimensionamento da linha de modo a adaptar-se às necessidades do cliente. Os desperdícios mais significativos numa ação *hoshin* são referidos em seguida (Kesterson, 2015).

Sobreprodução - Surge quando se pretende que os equipamentos trabalhem no máximo da sua capacidade, consumindo recursos e produzindo em excesso. Assim, com alguma frequência produz-se sem ser necessário ou em maior quantidade do que é solicitado, resultando numa organização em fluxo “empurrado”.

Stock - Excesso de matéria-prima e de produto acabado armazenados demasiado tempo nas instalações da empresa, o que significa desperdício.

Material não conforme e recuperações - A produção com imperfeições é um desperdício de recursos e de tempo, dado que o produto é geralmente rejeitado ou retrabalhado. Todos os

colaboradores devem ser alertados para a importância do autocontrole, de modo a serem identificadas o mais cedo possível as causas das imperfeições.

Movimentos inúteis - As movimentações devem ser reduzidas ao mínimo através da simples organização do posto de trabalho e, por exemplo, da utilização *de racks* de abastecimento.

Trabalhos desnecessários - As operações que não se traduzem em valor acrescido ao produto devem ser reduzidas.

Tempo de espera - As organizações procuram a maior produtividade dos seus operários, pelo que um operador parado é um desperdício, uma vez que não está a produzir.

Transporte - A deslocação de material é uma atividade que não acrescenta valor apesar de ser frequentemente necessária. Caso não possa ser eliminada, deve tentar-se que seja mínima, recorrendo na maior parte das vezes a redefinições de *layout* ou até mesmo à alteração de meios de transporte (LinkedIn, 2016).

3.1.6 **Standardized Work**

Standardized Work (SW) ou trabalho padronizado consiste na descrição detalhada com indicação dos tempos de execução da sequência mais adequada de tarefas elementares a executar pelo colaborador no posto de trabalho num dado momento. Nesta descrição surgem as operações de controlo e transformação, assim como os movimentos, deslocamentos e outras ações incluídas no tempo de ciclo. O SW é definido com base no *takt time*, adaptado às variações dos pedidos do cliente (Ohno, 1997).

O objetivo final do SW é atingir os níveis de segurança pretendidos, desempenho, qualidade e produtividade ao longo da linha de produção. Nesse sentido, é essencial a eliminação e/ou redução de movimentos desnecessários, garantir a repetibilidade das operações e o uso correto das máquinas e ferramentas necessárias às operações.

O trabalho padronizado é constituído por três documentos, designadamente:

- Instrução de trabalho - descrição pormenorizada da forma de execução dos pontos principais do processo, possuindo também os riscos de segurança, e analisando os controlos de qualidade de cada operação e a frequência correspondente.
- Lista de combinação de tarefas - descrição das tarefas elementares a serem executadas pelo operador; tempo total do processo; frequência e tempo das tarefas periódicas.
- Tarefas elementares - esquema que associado ao documento “lista de combinação de tarefas”, possibilita ao colaborador o conhecimento do posto de trabalho no qual está a ser executada cada operação e respetivos movimentos a efetuar.

Nas linhas de produção, os responsáveis pela implementação e cumprimento do SW devem dar formação aos operadores, destacando-se as seguintes situações:

- novo operador num determinado posto de trabalho;
- após situações de obtenção de produtos não conformes devidas a falhas do operador;

- após atualizações significativas no trabalho padronizado (instrução de trabalho, tarefas elementares e lista de combinação de tarefas);

Os procedimentos do SW dependem e derivam dos métodos e ferramentas da metodologia *Lean*, como por exemplo os 5S, dada a importância da eliminação e redução de desperdícios, conduzindo à sua expressão máxima e fazendo mover um ciclo constante de melhoria contínua por toda a empresa.

3.1.7 Layout

O *layout* de uma empresa consiste no modo como as áreas estão dispostas de forma a aproveitar todo o espaço disponível da instalação industrial. Todas as empresas devem ter um *layout* definido de modo a determinar a colocação de departamentos, grupos de trabalho, estações de trabalho, máquinas e locais de *stock* dentro da instalação de produção.

Um bom *layout* pode ser a origem de uma produção eficiente, pois determina como os materiais, pessoas e informação se encontram e fluem no espaço ocupado. O objetivo é organizar todos os elementos de forma a garantir um bom fluxo de trabalho ou um padrão de tráfego reduzido (Jacobs, F. R. et al, 2018).

Os aspetos que devem ser considerados na definição de um *layout* adequado são os seguintes:

- Especificação dos objetivos e critérios a serem usados para avaliar o projeto. A dimensão do espaço necessário e a distância que deve ser percorrida entre elementos são critérios básicos.
- Estimativas de quantidade de produtos ou serviços no sistema.
- Requisitos de processamento em termos de número de operações e quantidade de fluxo entre os elementos.
- Requisitos de espaço dos elementos.
- Disponibilidade de espaço dentro da própria instalação ou se for uma instalação nova, possível configuração.

3.2 Automated Guided Vehicle (AGV)

A necessidade de redução da intervenção humana nos sistemas flexíveis de fabrico, em simultâneo com o desenvolvimento crescente ao nível de tecnologias de navegação para veículos autónomos e do aumento da capacidade de processamento dos computadores, levou ao aparecimento de robôs móveis. Neste tipo de robôs é possível juntar num único dispositivo de automação a mobilidade de um veículo autónomo e a capacidade de manuseamento e manipulação dos robôs. O *Automated Guided Vehicle* destaca-se pela elevada aplicação em áreas como a indústria, a logística e os serviços (Ullrich, 2015).

3.2.1 Características do AGV

O AGV é um robô móvel utilizado para o transporte e manuseamento automático. Em sistemas de fabrico efetua a transferência de materiais entre várias máquinas, postos de trabalho e locais de armazenamento. Na área da logística, os AGVs estão envolvidos no fluxo de materiais entre os armazéns e os locais de receção ou de expedição. As principais funcionalidades que um AGV pode desempenhar são:

- movimentação autónoma ao longo de um *layout* de trabalho, sem necessidade de intervenção humana;
- execução de movimentos entre dois pontos, selecionando um percurso e efetuando esse deslocamento autonomamente, com paragens precisas na posição final onde executa automaticamente a tarefa de carga ou descarga do material a transportar.

As dimensões de um AGV podem ser variáveis situando-se entre um dispositivo pequeno para o manuseamento de uma peça de pequeno porte e um equipamento com capacidade para transportar um contentor de várias toneladas.

De modo a executar eficientemente as tarefas pretendidas o AGV é equipado com diferentes funcionalidades, designadamente sistema de navegação e de encaminhamento autónomo, sistema de transferência de carga automático, sistema de gestão de tráfego, detetores de proximidade de obstáculos, entre outros.

3.2.2 Sistemas de Navegação

O percurso que um AGV pode seguir, fixo ou dinâmico é determinado por diferentes métodos de navegação. A escolha do tipo de percurso é condicionada por diferentes aspetos relacionados com o custo de instalação, a flexibilidade do percurso e a eventual necessidade de alteração/expansão do sistema.

Como exemplo de um sistema de percurso fixo, destaca-se o sistema filoguiado, que tem sido largamente utilizado devido à sua robustez e simplicidade. Neste sistema o AGV percorre uma linha colocada no solo com características magnéticas, percorrida por corrente elétrica. A linha magnética é detetada por sistemas presentes no AGV que permitem o seu deslocamento entre os diferentes pontos da linha correspondes ao percurso pretendido. Como desvantagem do sistema, destaca-se a complexidade em reconfigurar o *layout*, tornando-se inadequado para empresas que necessitam frequentemente de alterações no mesmo.

Nos sistemas de percursos dinâmicos surgem a navegação por *laser* e GPS, mais complexos que os do sistema fixo, mas apresentando maior flexibilidade ao nível de alterações no *layout* e nas capacidades de movimentação. Destaca-se o sistema de navegação por *laser*, que tem substituído o sistema filoguiado, no qual o AGV possui um *laser scanner* que efetua um varrimento rotativo detetando a localização de elementos refletores existentes no *layout*. A alteração da colocação de elementos refletores e a reprogramação da configuração do AGV permitem a fácil reconfiguração do *layout* (Rocha, 2001).

3.2.3 Configurações

Os AGVs apresentam uma configuração mecânica geralmente classificada em duas categorias:

- unidirecional - possui uma roda dianteira de tração/direção, que se movimenta roda sobre si própria, e um eixo traseiro fixo;
- bidirecional - possui duas rodas de tração/direção e duas rodas loucas, que permitem a deslocação do AGV com a mesma eficiência em todos os sentidos (cantos superior e inferior direito da Figura 9), ou uma configuração de movimento diferencial (canto inferior esquerdo da Figura 9).



Figura 9 - Sistemas de tração/direção.

A alimentação do AGV é efetuada por baterias recarregáveis, geralmente baterias de chumbo-ácidas ou de níquel-cádmio, sendo estas últimas usadas quando o tempo de carga é um fator crítico, uma vez que possibilitam o carregamento com correntes muito acima da corrente nominal, necessitando de menos tempo do que as baterias de chumbo.

As baterias podem ser carregadas de forma manual (Figura 10 - A), automática (Figura 10 - B) ou por troca das baterias (Figura 10 - C).

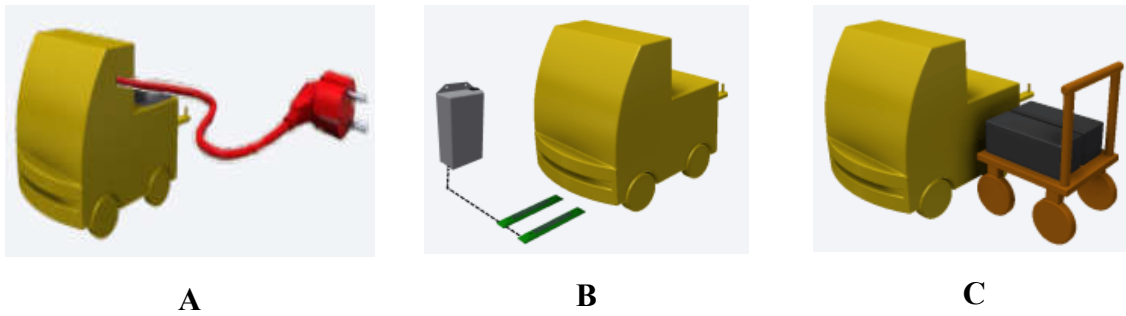


Figura 10 - Formas de carregamento de baterias de AGVs (asti, 2018).

Com o objetivo de evitar danos no AGV e proteger o meio circundante, incluindo pessoas e máquinas, o AGV possui dispositivos de segurança:

- pára-choques e botões de pressão de emergência (estrategicamente colocados), que acionados originam a paragem imediata do AGV;
- detetores de proximidade frontais e laterais (ex. sonares), que determinam a diminuição ou a interrupção do movimento do AGV, por aproximação de um obstáculo;
- sinalização luminosa e acústica, forma de indicar às pessoas a presença do AGV.

A transferência de carga ou descarga de um AGV é realizada através de sistemas transportadores por tapetes ou rolos, dispositivos de elevação, garfos telescópios, entre outros, selecionados de acordo com os materiais a serem manuseados (Rocha, 2001).

3.2.4 Controlo de AGVs

O funcionamento de um AGV passa por um controlo a bordo ou centralizado de modo a permitir a coordenação de movimentos entre o AGV e outros dispositivos de manuseamento de materiais ou outros AGVs. Os mais frequentes são sistemas centralizados, nos quais existe um computador central responsável pela coordenação das operações de todos os AGVs com capacidade para resolver em tempo real diversas situações das quais se destacam:

- gestão de tráfego - gestão do *layout* dos AGVs, impedindo as colisões entre AGVs ou de AGVs com outros equipamentos, detetando e resolvendo situações de discrepância de tempos resultantes da ocupação de determinadas zonas do *layout* por situações de conflito;
- controlo e monitorização dos veículos - monitorização e resposta a situações envolvendo o funcionamento dos AGVs, designadamente bateria descarregada, acionamento de um botão de emergência, erros no sistema, entre outros.
- interface com a camada de controlo superior - ligação entre o sistema de controlo do AGV e o controlador externo, com vista à receção de informação para a realização e/ou cancelamento de tarefas; a sincronização dos AGVs com dispositivos externos de manuseamento e transferência de carga (por ex. braço de um robô, estrutura automatizada e tapete de rolos) durante operações de carga e descarga.

A avaliação do desempenho de um AGV inclui a cadência (número médio de tarefas realizadas pelo sistema em função da unidade tempo), o tempo médio de atendimento de uma tarefa (tempo médio de espera de uma tarefa até ser realizada) e a taxa de utilização do AGV (tempo em que o AGV se encontra a realizar tarefas de movimentação) (cmayor, 20018).

Tal como referido os AGVs têm sido amplamente utilizados, desempenhando uma enorme variedade de tarefas. No sentido de responder de forma cada vez mais eficiente às necessidades e novos desafios da indústria, têm sido alvo de estudos e desenvolvimentos tecnológico levando nos últimos anos ao aparecimento do *Autonomous Mobile Robot* (AMR).

3.3 Autonomous Mobile Robots (AMR)

O *Autonomous Mobile Robot* (AMR) desempenha tarefas semelhantes a um AGV. No entanto, o modo de operação é completamente diferente, em vez de usar uma infraestrutura (fitas magnéticas, elementos refletoras, etc.), todo o planeamento sensorial do percurso é efetuado a bordo pelo robô após a definição prévia de acordo com o trabalho a efetuar (IPLA, 2018).

O equipamento possui em redor sensores, geralmente *scanners* de área, sensores *laser* difusos e câmaras, capazes de detetarem o ambiente.

Um AMR quando instalado é movimentado em torno da planta de forma a fazer o varrimento de toda área através dos seus sensores. Após reunir todos os dados, o equipamento cria um mapa virtual da planta. Deste modo, o AMR adquire a capacidade de se movimentar de acordo com o pretendido sem necessidade de uma infraestrutura sensorial, para além disso consegue com muita facilidade a apreensão de um novo mapa. Com esse mapa interno, o robô consegue navegar por uma determinada área criando os seus próprios percursos e ajustando-se às mudanças ocorridas.

O robô usa algoritmos diferentes para a localização e navegação, geralmente designados de algoritmos SLAM: Localização e Mapeamento Simultâneos. Para facilitar a localização do AMR, o software pode reconhecer determinados elementos do ambiente, possuindo uma determinada particularidade em vários pontos da planta.

Na Tabela 3 surge a comparação entre o AGV e o AMR considerando vários aspetos, designadamente a navegação, o comportamento aos obstáculos, a flexibilidade, expansibilidade e carregamento.

Tabela 3 - Comparação entre os equipamentos AGV e AMR (Mobile-Industrial-Robots, 2017).

	AGV	AMR
Navegação	Infraestrutura: fita magnética e elementos refletores.	Navegação sem rotas. Detecção efetuada a bordo.
Obstáculos	Provocam a paragem do AGV.	Contorna os obstáculos e encontra o melhor percurso de acordo com o seu mapa interno.
Flexibilidade	Novas rotas e infraestruturas a serem instaladas.	Remapeamento fácil e aprendizagem de novos destinos e metas.
Expansibilidade	Possível adição de novas rotas e unidades.	Gestão através da adição ao pacote do software da frota.
Carregamento	<i>Docking Station</i>	<i>Docking Station</i>

As diferenças mais significativas entre um AGV e um AMR centram-se no facto de o AMR não usar uma estrutura para navegar e poder encontrar novos percursos por conta própria. A necessidade de coexistirem no mesmo espaço robôs e pessoas tem levado à escolha de AMRs no setor industrial, uma vez que são capazes de perceber quando objetos e humanos estão nas proximidades (crossco, 2018).

4 Desenvolvimento do projeto

4.1 Fase Inicial

O estágio na Faurecia iniciou-se com a apresentação dos vários departamentos, do modo de funcionamento e das regras de segurança da empresa. Em simultâneo foi definido o tema de estágio a desenvolver e solicitado o acesso a documentos internos.

O estágio decorreu no departamento de Controlo de Produção e Logística, pelo que houve necessidade de conhecer todos os locais ligados a este departamento, nomeadamente os armazéns de receção, *picking*, rolos, paletização e expedição. Assim, os primeiros dias foram passados nos vários armazéns o que permitiu ficar com uma ideia do modo de funcionamento dos mesmos.

A visita ao armazém de receção foi efetuada com o responsável pelo Grupo Autónomo de Produção (GAP Líder) que explicou o modo de funcionamento deste local e a sequência de ações que ocorrem na entrega do material na empresa. Posteriormente, foi possível verificar na prática o seu funcionamento. A sequência de operações é a seguinte: o camião com material vindo do fornecedor ao chegar à empresa, dá entrada na portaria e recebe ordem para entrar ou aguardar. No caso de receber a ordem para entrar, dirige-se à receção onde todo o processo é verificado (confirmação do material que se encontra no camião relativamente ao conteúdo da fatura). Após esta verificação e se tudo estiver correto ocorre a descarga dos componentes para o armazém de receção e é efetuada a verificação física do material novamente de acordo com a fatura. Inicialmente, todos os materiais são descarregados para um local de rápida descarga e quando não há camiões a descarregar organizam-se esses materiais em locais próprios *mass storage*. Seguidamente, os materiais são colocados no *picking*, local onde são organizados em estruturas dinâmicas de modo a ser simples e rápido o acesso aos mesmos para utilização na produção. Sempre que há necessidade de uma referência de material nessa estrutura ocorre a reposição da mesma. Todo o material que entra e sai do *picking* é controlado através do armazém de receção.

O departamento de produção para produzir as peças solicitadas pelos clientes necessita de materiais próprios para o efeito que se encontram no armazém do *picking*. Existem *small-trains*, comboios logísticos, que fazem a ligação entre o *picking* e as linhas de produção a fim de repor o material em falta e remover as caixas dos vazios, ou seja as caixas que possuíam o material que foi usado pela produção. Genericamente, a transferência entre o *picking* e as linhas de produção ocorre da seguinte forma: no momento em que o operador que circula no *small-train* recolhe as caixas dos vazios, utiliza um leitor de código de barras para registar as referências dessas caixas de modo que a impressora existente no *picking* imprima a lista das necessidades da linha de produção para o ciclo seguinte a efetuar pelo comboio logístico. O processo é repetido sucessivamente durante o período de funcionamento das linhas de produção.

Todas as passagens do *small-train* são registadas de modo a ser efetuada a comparação dos tempos de ciclo previsto e real num quadro de seguimento de ciclos (Figura 11).

Quadro de Seguimento do Petit-train 1—PT Azul											
A. Avaria do Combustível B. Tráfego C. Falta de Componentes no Armazém D. Falta de Bateria E. Erro de Identificação da caixa F. Erro na Quantidade da Caixa G. Engano na Referência H. Reunião I. Outros/Específico											
1º Turno				2º Turno				3º Turno			
Ciclos	Hora Inicial/Previsão	Resposta E-Kanban	Código/Comentários	Ciclos	Hora Inicial/Previsão	Resposta E-Kanban	Código/Comentários	Ciclos	Hora Inicial/Previsão	Resposta E-Kanban	Código/Comentários
1	6:35			1	15:05			1			
2	7:00			2	15:30			2			
3	7:20			3	15:55			3			
4	7:50			4	16:20			4			
5	8:15			5	16:45			5			
6	8:40			6	17:20			6			
7	9:05			7	17:45			7			
8	9:30			8	18:10			8			
9	10:05			9	18:35			9			
10	10:30			10	19:00			10			
11	10:55			11	19:25			11			
12	11:20			12	19:50			12			
13	11:45			13	20:15			13			
14	12:10			14	21:10			14			
15	13:05			15	21:35			15			
16	13:30			16	22:00			16			
17	13:55			17	22:25			17			
18	14:15			18	22:55			18			
19				19				19			
20				20				20			

Figura 11 - Quadro de seguimento do *small-train*.

Após o período inicial e, uma vez que se aproximava a data de uma auditoria FES, era necessário que tudo estivesse a funcionar de acordo com as regras e procedimentos internos da Faurecia, pelo que colaborei na realização de diversas tarefas, incluindo ao nível da implementação de metodologias *Lean*, tais como 5S e sistema *kanban*. Posteriormente à auditoria, continuei a colaboração ao nível destas e de outras metodologias, incluindo filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work* e *layout*. De seguida, são descritas algumas situações exemplificativas do trabalho efetuado neste âmbito.

4.2 Implementação de Metodologias *Lean*

A Faurecia - Assentos de Automóvel, Lda. definiu como missão para 2018 manter-se “como fábrica *benchmark* em injeção de espumas, corte, costura e injeção de acessórios com base na

qualidade, inovação e otimização de processos, apostando em pilares sólidos associados a soluções digitais e aplicações automáticas”. Nesses pilares encontram-se a segurança, qualidade, entregas ao cliente, eficiência e *digital transformation*, que assentam no Sistema de Excelência Faurecia.

As metodologias *Lean* são transversais aos diferentes pilares, pelo que a sensibilização, formação e implementação contínua destas metodologias são fundamentais para a empresa atingir a missão definida. Este trabalho pretendeu dar um contributo a este nível, sendo referidas algumas práticas nas quais estive diretamente envolvido e exemplos de outras situações em que foi necessário aprofundar o meu conhecimento.

4.2.1 Implementação da Ferramenta 5S

A colaboração ao nível da implementação da ferramenta 5S ocorreu desde o início deste estágio, ao nível da organização, limpeza e normalização dos corredores entre as linhas de produção e os armazéns de paletização. Neste âmbito, destaca-se o trabalho efetuado ao nível de *zoning*, de modo a garantir que todas as áreas estejam devidamente identificadas numa perspetiva de melhoria contínua.

Relativamente aos corredores entre as linhas de produção houve necessidade de fazer alterações e melhorias. Destaca-se o exemplo ilustrado na Figura 12 como resultado da deslocação de um conjunto de contentores de lixo para outra zona devidamente identificada e a substituição de caixas de cartão de grandes dimensões utilizadas para a colocação de peças deformadas por uma zona de contentores de metal para o mesmo efeito. Nesse sentido, houve necessidade de retirar todo o *zoning* existente, repensar a nova disposição e proceder à colocação de um novo *zoning*. Esta redefinição permitiu eliminar os contentores de lixo de modo a tornar o espaço mais adequado às operações realizadas no mesmo e evitar a fácil degradação das caixas de cartão.

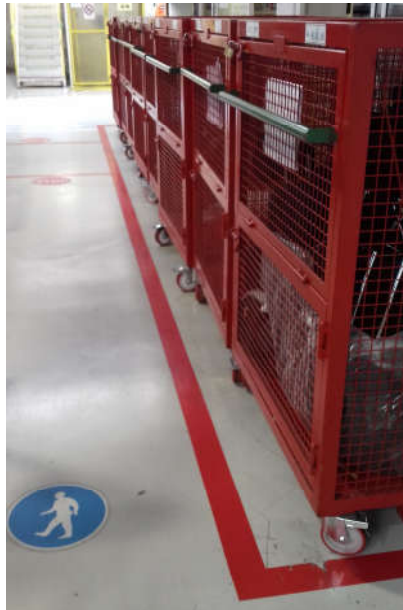


Figura 12 - Redefinição do *zoning* num corredor entre linhas de produção.

Durante este estágio, o armazém de paletização sofreu melhorias relacionadas com a substituição do pavimento (incluindo pintura) pelo que houve necessidade de colocação de um novo *zoning*, após a redefinição do *layout* da área, nas quais tive a oportunidade de colaborar. As alterações introduzidas permitiram uma divisão mais otimizada da área, contribuindo para a sua melhor organização (Figura 13).

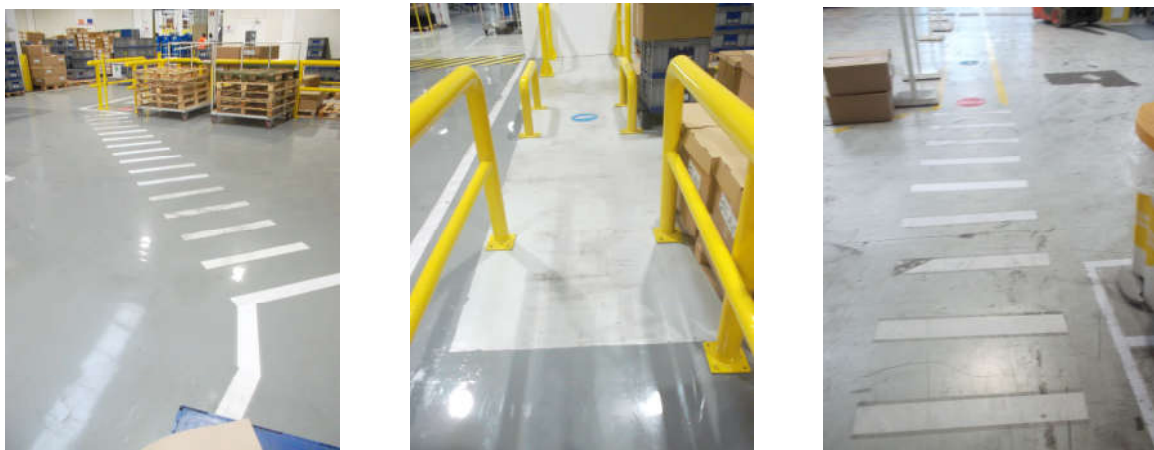


Figura 13 - *Layout* definido no armazém de paletização.

4.2.2 Implementação do Sistema *Kanban*

Na preparação da empresa para obtenção de bons resultados no âmbito da auditoria FES, houve necessidade de implementar algumas melhorias ao nível da gestão visual dos materiais nos armazéns, nomeadamente no *picking*. Nesse sentido, foi efetuada uma análise prévia dos materiais que existiam em cada divisão das prateleiras das estruturas metálicas de modo a identificar as referências dos mesmos. Com base nesse levantamento, foram elaborados cartões de identificação visual contendo os últimos 4 ou 5 dígitos das referências para

colocação numa zona de fácil visualização pelo operador nesse posto de trabalho. Os cartões visuais tipo A5 possuíam os dígitos a preto e tamanho adequado para serem visíveis a pelo menos 5 metros de distância (Figura 14).

Deste modo, pretendeu-se reduzir o tempo de procura do material pelo operador do *small-train*, pois não é necessária a deslocação às diferentes seções das estruturas para identificar a referência pretendida diminuindo assim o tempo de ciclo.



Figura 14 - Identificação visual no armazém de *picking*.

Posteriormente à auditoria FES continuou-se a implementação de *kanban*, designadamente no armazém dos rolos. Na sequência das identificações coladas no solo apresentarem desgaste rápido devido à circulação principalmente dos porta-rolos e da máquina de lavar o chão, assim como de essas informações conterem apenas os últimos 4 dígitos da referência do rolo de forma visível à distância, a zona (uma das seis zonas definidas no armazém, zona A, B, C, D, E, F) e a referência completa do material apenas visível na proximidade ao local, houve necessidade de alterar o sistema de identificação dos rolos.

Iniciou-se o processo com a colocação de tubos em altura (tubos amarelos na Figura 15) para passar um cabo de aço de forma a conseguir-se pendurar as novas identificações. Simultaneamente efetuou-se uma análise prévia dos rolos que existiam em cada divisão das seis zonas de modo a identificar as referências e a localização (zona, fila e posição) dos mesmos. Com base nesse levantamento, foram elaborados cartões tipo A5 de identificação visual contendo os últimos 4 dígitos (visíveis à distância), designação e localização. Tal como na situação anteriormente referida, o objetivo imediato desta ação foi facilitar a visualização pelo operador que abastece a linha de corte da produção. Para além disso, pretende-se agilizar o método de procura do rolo por parte da logística (informação digital da localização exata do rolo) e reduzir o tempo de entrega deste à linha de produção.



Figura 15 - Implementação de *kanban* no armazém de rolos.

4.2.3 Implementação do *Poka-Yoke*

A implementação do *poka-yoke* também passa pelo departamento PC&L, embora de modo diferente ao da produção, mas sendo igualmente importante para evitar erros que se podem transformar em defeitos perceptíveis aos clientes.

Destaca-se, como exemplo, a instrução de trabalho para colocação de apoios de cabeça de automóveis em caixas para o transporte desde a empresa ao cliente. Como se pode observar pela Figura 16, os apoios de cabeça são colocados em sacos plásticos individuais de modo a evitar a exposição ao pó e humidade, e impedir que o tecido esteja em contacto direto com a caixa e o separador de cartão; são adicionados separadores de cartão para evitar que a parte metálica do assento marque o tecido do encosto adjacente; e ainda o botão do encosto, como indicado na imagem, deve ser colocado sempre virado para cima de modo a não ficar danificado (se o botão estiver virado para baixo pode ficar riscado).



Figura 16 - Exemplo de *poka-yoke* na empresa.

4.2.4 Implementação de *Hoshin*

Tal como referido anteriormente, na Faurecia o departamento PC&L, onde se inseriu este estágio é responsável entre outros aspetos pelo controlo da produção e respetiva gestão de *stocks*, pelo que a implementação da ferramenta *hoshin* é extremamente importante neste âmbito. Destaca-se o contributo deste trabalho ao nível da redução de movimentos inúteis e trabalhos desnecessários por parte dos operadores.

As instalações da empresa incluem diferentes níveis (vários pisos), sendo necessárias plataformas elevatórias e tapetes para a circulação da matéria prima e do produto acabado em todo o fluxo. Nas linhas de produção que se situam no piso superior à zona de armazenamento temporário das peças deformadas (*scrap*) de toda a empresa, existiam inicialmente apenas dois contentores de *scrap*, uma vez que o restante espaço estava ocupado por contentores de lixo. Os contentores de *scrap* não eram suficientes para a quantidade resultante da produção de um dia de trabalho, pelo que era necessário efetuar o transporte desses contentores para o piso inferior várias vezes ao dia e a troca pelos contentores vazios que lá existiam, e em seguida colocar os contentores cheios na zona de armazenamento temporário do *scrap*. A repetição deste procedimento, movimentos da plataforma elevatória, resultava num desperdício de tempo e num aumento de manutenção à plataforma.

No sentido de melhorar toda esta circulação de contentores decidiu-se refazer o *layout* das zonas afetas aos contentores (Figura 12). Assim, transferiram-se os contentores de lixo do piso superior para o piso inferior, compraram-se contentores de lixo com menores dimensões, definiu-se uma área menor para o lixo, uma vez que nesta zona a produção de lixo é baixa e aumentou-se a área de contentores de peças deformadas no piso superior.

Como consequência ocorreu uma redução de movimentos e trabalho desnecessário dos operadores na zona correspondente. Estas alterações são exemplificativas de ações *hoshin* visando a melhoria contínua da empresa envolvendo os operadores.

4.2.5 *Standardized Work*

O trabalho efetuado na Faurecia obedece a regras que vão de encontro ao *standardized work*. O departamento PC&L tem como função a realização de instruções de trabalho para o modo de posicionamento de peças (encostos de cabeça e braço, acessórios e assentos em espuma) em caixas e sacos, assim como para a forma de colocação das caixas nas paletes (paletização) para envio aos clientes, e consequentemente a formação dos operadores para a realização das operações pretendidas.

Nesse sentido, foram efetuadas inúmeras instruções de trabalho e regras de paletização, designadamente quando surgia um novo projeto ou uma mudança no modo de colocação das peças na caixa/saco, ou na colocação das caixas na palete.

As instruções de trabalho eram constituídas por informações relativas ao modo de colocação e acondicionamento do material nas caixas/sacos de acordo com os resultados obtidos nos ensaios anteriormente efetuados para cada situação, de modo a evitar que as peças chegassem aos clientes não conformes (Figura 17).

Após a formação dos operadores, a instrução de trabalho e/ou a regra de paletização é arquivada na zona onde é efetuado esse trabalho.

4.2.6 Layout

Os aspetos relativos ao *layout* estiveram na base da implementação na empresa de outras metodologias *Lean* anteriormente referidas e nas quais este trabalho deu o seu contributo. A alteração da disposição de equipamentos ou outros elementos de apoio às tarefas a realizar implicam geralmente a redefinição das áreas correspondentes e conhecimentos relativos ao desenho de um *layout* adequado.

Para além da implementação de metodologias *Lean*, o outro objetivo principal deste estágio relacionava-se com a automatização de linhas de produção, designadamente a implementação de estruturas dinâmicas e de AGVs/AMRs, abordado nos tópicos seguintes. Foi necessária a análise inicial da área onde seriam efetuadas todas essas alterações e a definição de um novo *layout*. Dos aspetos considerados destacam-se a dimensão do espaço necessário, a dimensão dos elementos, a configuração e o fluxo de pessoas, de porta-paletes e de *small-trains*.

4.3 Automatização de Linhas de Produção

A missão da Faurecia - Assentos de Automóvel, Lda. para 2018, tal como referido anteriormente apresenta a transformação digital como um dos pilares essenciais. Os AGVs/AMRs (Figura 19) encontram-se entre as prioridades, sendo necessária a colocação de novas estruturas dinâmicas de forma a permitirem a implementação destes sistemas automatizados.

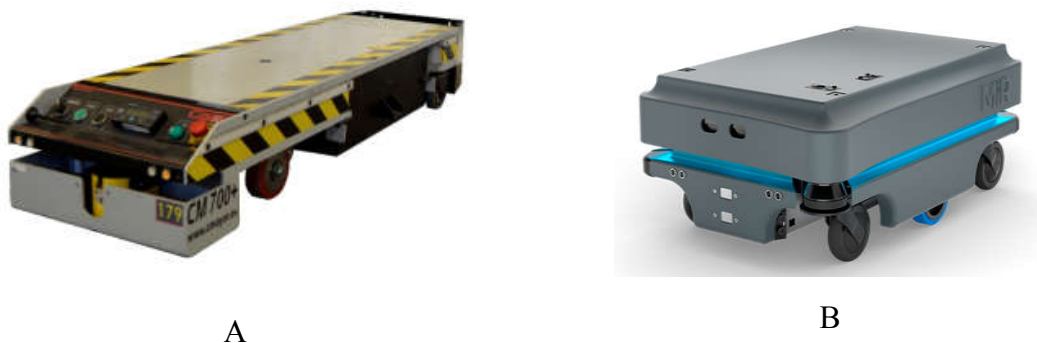


Figura 19 - Ilustração de um AGV (A) (cmayor, 2018) e de um AMR (B) (mobile-industrial-robots, 2017).

4.3.1 Primeira Fase da Implementação

Após a tomada de decisão do Grupo Faurecia relativa à implementação de AGVs, a Faurecia - Assentos de Automóvel Lda. decidiu iniciar o processo com o estudo das infraestruturas onde será efetuada a colocação destes sistemas envolvendo vários departamentos, nomeadamente o FES, as unidades produção (UAPs) onde serão colocadas as estruturas dinâmicas e o PC&L onde serão colocados os AGVs.

Destaca-se o facto de ter sido decidido iniciar-se a implementação de AGVs pelas linhas 4, 7 e 8, pertencentes à UAP1 e UAP2 (Figura 20).

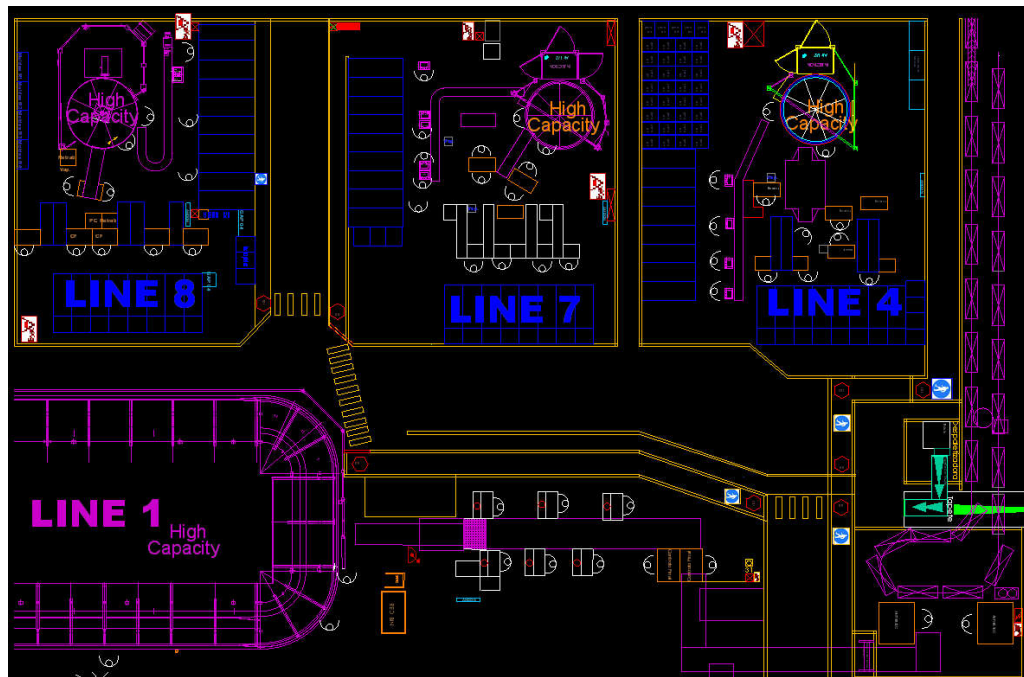


Figura 20 - *Layout das linhas 4, 7 e 8.*

Neste âmbito foi organizado um *workshop* envolvendo os responsáveis pela implementação dos sistemas, do qual surgiu um documento elaborado com a contribuição de todos os presentes, onde constavam aspetos relacionados com os locais onde serão instalados os AGVs e as estruturas correspondentes, designadamente a produtividade das linhas de produção (total de caixas/hora), distância a percorrer, quantidade de caixas a transportar em cada ciclo, velocidade teórica a que os AGVs poderão circular, número e tempo de paragens e tráfego (previsão do tempo de paragem do AGV devido à presença de obstáculos na zona de passagem). A Tabela 4 sumariza essa informação, onde o total de caixas/hora representa a quantidade de peças de produto acabado que as máquinas no seu melhor desempenho produzem por hora, considerando a capacidade de cada caixa de seis peças. A distância total é a distância entre cada linha de produção e o local definido para deixar as caixas e o percurso de regresso até ao ponto inicial. A quantidade de caixas por atrelado, número de paragens e tempo de paragem (tempo necessário de recolha e evacuação das caixas) foram predefinidos atendendo ao espaço físico existente para efetuar estas operações e ao fluxo de *small trains*. Para a linha 4 definiu-se duas caixas por atrelado uma vez que esta é a que se encontra mais perto do local de destino. O momento de paragem do AGV na recolha das caixas será aproveitado para efetuar o carregamento das baterias.

O tempo de ciclo por hora foi obtido com base na Equação 1 que incluiu os valores dos parâmetros atrás definidos e o tempo que o AGV demora nos ciclos (distância percorrida, velocidade, número de paragens, tempo das paragens e o tráfego - passagens de *small-trains*, peças que abastecem as restantes linhas de produção e o espaço dedicado ao circuito do

AGV). O número de AGVs por linha resulta do quociente do valor do tempo de ciclo por hora e 3600 segundos (1 hora).

$$\text{Tempo de ciclo/h} = \frac{\frac{\text{Caixas}}{h}}{\frac{\text{Caixas}}{\text{atrelado}}} \times \left(\frac{\frac{\text{Distância total}}{\text{Vel. AGV}} + (\text{Paragens} \times \text{Tempo de paragem})}{\text{Tráfego}} \right) \quad (1)$$

Pela aplicação da equação 2, tal como se pode verificar na Tabela 4, para as linhas 4, 7 e 8 em estudo, verifica-se que são necessários 0,69; 0,85 e 1,02 AGVs, respetivamente, para garantir que o número total de caixas que saem por hora, em cada uma das três linhas de produção de encostos de cabeça para automóveis, é recolhido e colocado no transportador que segue para o armazém de paletização. Pelo que, é necessário um total de três AGVs de banda magnética.

$$\text{Nº de AGVs/Linha} = \frac{\text{Tempo de ciclo/h}}{3600} \quad (2)$$

Tabela 4 - Parâmetros considerados no estudo inicial do cálculo do número de AGVs.

Linha	Cxs./h	Dist. total (m)	Cxs./AGV	Paragens	Tempo de paragem (s)	Vel. AGV (m/s)	Tráfego (%)	Tempo de ciclo/h (s)	Nº de AGV/Linha
4	90	14	2	2	15	1	80	2475	0,69
7	90	52	3	2	15	1	80	3075	0,85
8	90	68	3	2	15	1	80	3675	1,02

Para além disto, as principais conclusões a que se chegou no *workshop* foram as seguintes:

- *layout* - o corredor principal deverá ser ampliado a partir da linha 7 até à zona onde se encontra a UAP5 (unidade de produção de espumas);
- linhas 7 e 8 - AGV bidirecional devido ao acesso limitado, a ser efetuado apenas numa zona, devido à passagem de *small-trains* e corredores estreitos;
- linha 4 - estudo do modo de ligação do AGV à estrutura dinâmica, ponto mais crítico do projeto;
- estudo do modo de carregamento automático das caixas vazias durante o processo de evacuação de produto acabado;
- cada AGV carregará um carrinho de 2 níveis com transportador, para evitar o trabalho por gravidade.

Ficaram também decididas as etapas a realizar para a concretização da implementação, nomeadamente:

- estudo do *layout*;
- estudo e desenho da estrutura dinâmica para as linhas de produção;
- estudo do modo de colocação das caixas vazias nas estruturas dinâmicas;
- cálculo do custo final;
- reunião com fornecedores de AGVs.

Na sequência das decisões tomadas no *workshop*, decidiu-se iniciar o processo de implementação dos AGVs e estruturas dinâmicas necessárias para efetuar as operações entre AGV e linha de produção, nomeadamente as transferências de caixas de produto acabado. Nesse sentido, foi necessário elaborar um documento com várias informações de forma a servir de base no contacto com possíveis fornecedores. Nesse documento constavam para cada linha de produção, as dimensões do espaço da fábrica, das caixas a serem transportadas pelo AGV, esboços exemplificativos do tipo de estrutura pretendida, entre outros aspetos.

Em seguida são apresentadas para as três linhas de produção, linhas 4, 7 e 8, as características das estruturas dinâmicas e dos respetivos AGVs. Destaca-se o facto de nas três linhas as estruturas atualmente existentes funcionarem por gravidade.

Linha 4

Estrutura dinâmica/AGV

Na linha 4 é necessária uma estrutura dinâmica automatizada em dois dos três níveis (altura total 1500 mm), de modo que à paragem do AGV na linha, no primeiro nível o AGV receba todas as caixas de produto acabado (Figura 21 - A) provenientes dos oito alimentadores operados por quatro colaboradores e no segundo nível o AGV entregue as caixas vazias fechadas (Figura 21 - B) e estas cheguem de alguma forma (sistema automatizado) aos quatro colaboradores dos mesmos alimentadores. O terceiro nível destina-se às caixas vazias de cartão que continuarão a chegar ao colaborador de forma manual e dinâmica. Atendendo a que cada caixa tem dimensão 600x500x314 [mm], a estrutura deverá ter pelo menos 5460 mm de comprimento (d1 na Figura 22), sendo que atualmente tem 6250 mm.

A largura total da estrutura é de 1700 mm que inclui o local para o operador colocar a caixa e efetuar o suas tarefas não comprometendo a ergonomia.



Figura 21 - Caixas de produto acabado (A) e caixa vazia fechada (B).

A estrutura dinâmica para aplicar no AGV deverá ter dimensões de 1200x500 [mm] e a altura tem de ser em conformidade com a altura do segundo nível (d4 na Figura 22).

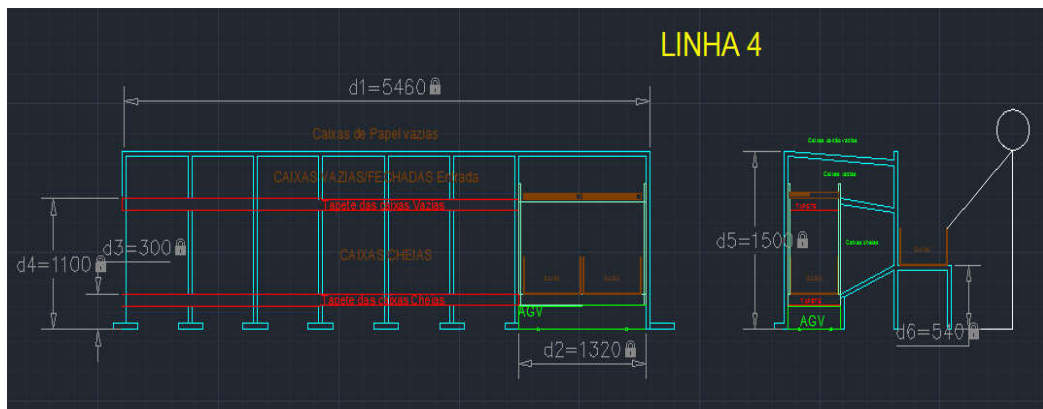


Figura 22 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 4.

Na linha 4, o AGV tem de ser bidirecional e andar na lateral (omnidirecional ou de outro modo semelhante e mais económico, Figura 23). Este transporta 2 caixas cheias no primeiro nível de altura, um peso não superior a 12 kg e duas caixas vazias no segundo nível de altura. Foi solicitado a verificação das hipóteses existentes para o AGV carregar as caixas de produto acabado e descarregar as caixas vazias em simultâneo fazendo a paragem fora da estrutura (exemplo linha 7 e 8, Figuras 24 e 26) ou encostar debaixo da estrutura (exemplo linha 4, Figura 23).

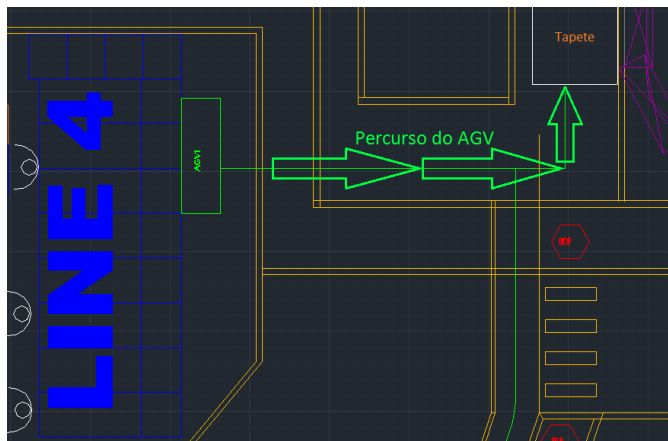


Figura 23 - Representação do percurso do AGV 1 na linha 4.

Linha 7

Estrutura dinâmica/AGV

Na linha 7 é necessária também uma estrutura dinâmica com oito alimentadores para a mesma dimensão das caixas da linha 4, atualmente possui 5740 mm.

A largura total da estrutura é de 2200 mm (pode ir até ao 2400 mm, d6 na Figura 24), com o local para operador colocar a caixa.

Tal como referido no caso da linha 4, a estrutura da linha 7 também deverá ter três níveis de altura sendo dois deles automatizados.

Na linha 7 o acoplamento entre o AGV e a estrutura deverá ser feito do lado esquerdo como mostram as Figuras 24 e 25.

A estrutura para aplicar no AGV deverá ter dimensões de 1800x500 [mm], dimensão adequada para transportar 3 caixas.

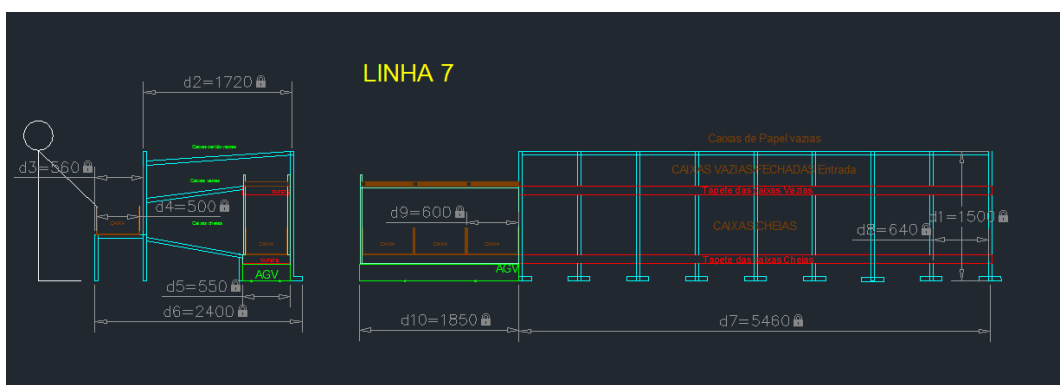


Figura 24 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 7.

Na linha 7, o AGV tem de ser bidirecional e transportar 3 caixas sendo a dimensão da caixa a mesma que a da linha 4. Foi solicitado verificar as hipóteses existentes para o AGV carregar as caixas de produto acabado e descarregar as caixas vazias em simultâneo efetuando esse processo do lado esquerdo da estrutura (Figura 25).

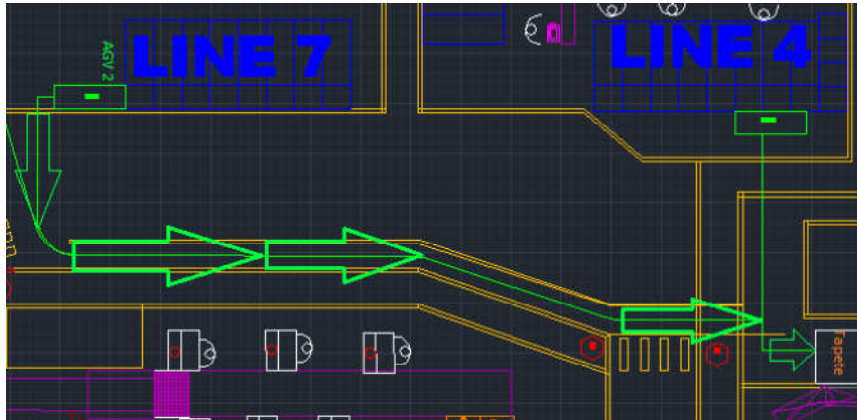


Figura 25 - Representação do percurso do AGV 2 na linha 7.

Linha 8

Estrutura dinâmica/AGV

Na linha 8 a estrutura deverá ser semelhante à da linha 7, mudando apenas o local de acoplamento entre AGV e estrutura (neste caso o AGV passa para o lado direito da estrutura) como se pode ver nas Figuras 26 e 27.

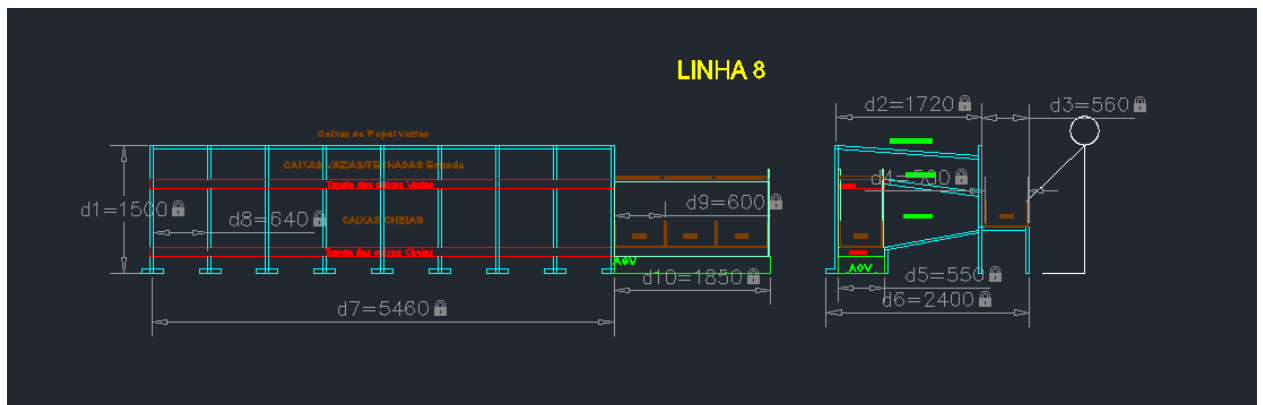


Figura 26 - Estrutura dinâmica a implementar na linha 8.

Na linha 8, o AGV deverá ser semelhante ao da linha 7 mudando apenas a zona de paragem, passando assim para o lado direito da estrutura (Figura 27).

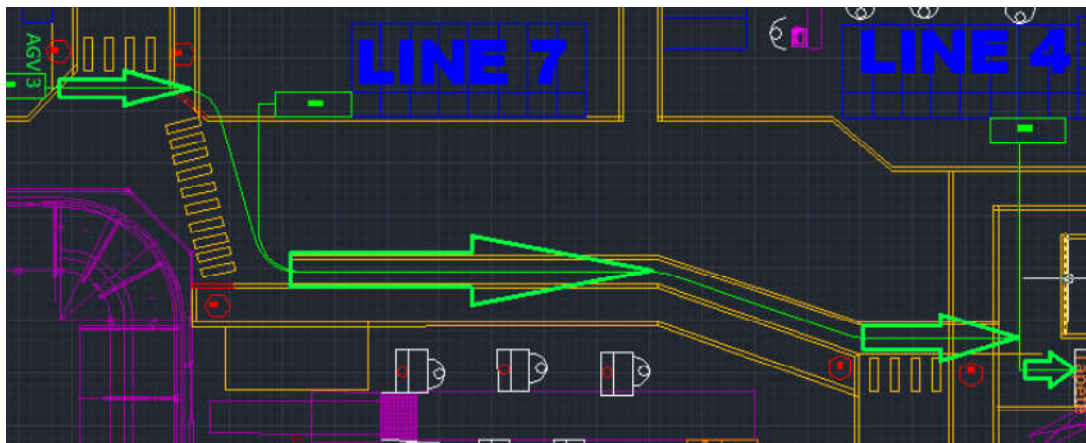


Figura 27 - Representação do percurso do AGV 3 na linha 8.

Na Figura 28 surge o *layout* completo das linhas 4, 7 e 8, apresentando simultaneamente os percursos a efetuar pelos três AGVs a implementar.

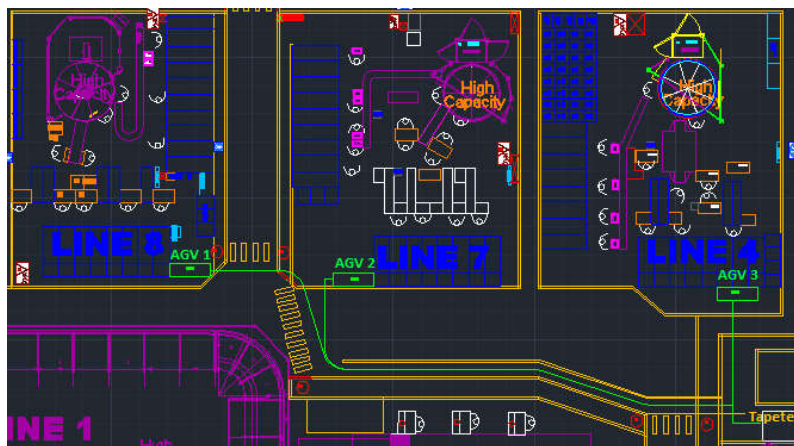


Figura 28 - *Layout* geral da fase inicial.

De forma a otimizar todo o processo destas três linhas de produção, foi necessário encontrar um sistema automatizado para a colocação das caixas vazias no AGV. Atualmente, existe disponível no mercado este tipo de sistemas. No entanto, da pesquisa efetuada verificou-se que nenhum desses sistemas era adequado à movimentação de caixas vazias (Figura 21 - B) que se encontram em paletes (Figura 29), mas sim de outros materiais, como por exemplo a despaletizadora que surge a Figura 30.



Figura 29 - Palete de caixas vazias, fechadas a colocar no AGV (A - caixa vazia e fechada).



Figura 30 - Exemplo de despaletizadora disponível no mercado (ipla, 2018).

Tendo como base o sistema da Figura 30, uma das hipóteses colocadas foi o carregamento do AGV com caixas vazias através de um tapete automatizado com a altura do segundo nível da estrutura do AGV, em simultâneo com o descarregamento no tapete das caixas de produto acabado (Figura 21 - A). Esta hipótese permitiria uma otimização do tempo, dado que o AGV não iria fazer outra paragem. Na Figura 31 surge o *layout* adequado, no qual se pode verificar a presença da paleta dos vazios do lado esquerdo do robô (a roxo) que retirará as caixas vazias da paleta para um tapete automatizado (tapete vazios) que por sua vez colocará essas caixas no segundo nível da estrutura acoplada ao AGV. O “Tapete” tem a função de transportar as caixas de produto acabado que se encontram no primeiro nível da estrutura acoplada ao AGV para o armazém de expedição.

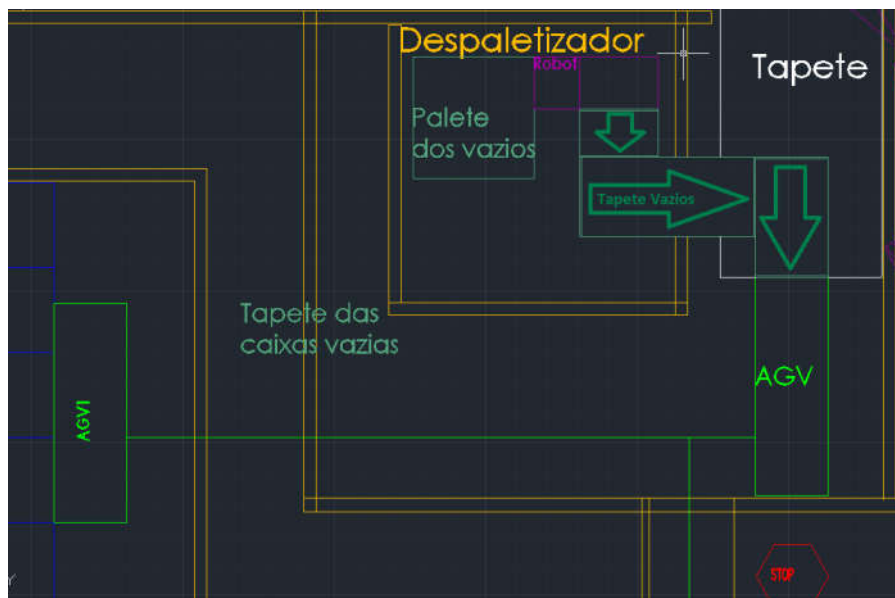


Figura 31 - Layout com despaletizadora - opção 1.

Outra possibilidade seria o AGV passar pelo local onde se encontraria a despaletizadora e aí fazer o seu carregamento (Figura 32), o que iria implicar mais uma zona de paragem aumentando assim o tempo de ciclo do AGV. No entanto, esta abordagem teria como vantagem o facto de as operações nos tapetes (“Tapete dos vazios” e “Tapete”) serem menos complexas, uma vez que no “Tapete” seria apenas necessário o acionamento do mecanismo do primeiro nível da estrutura do AGV, efetuando apenas a operação de transferência das caixas de produto acabado e no “Tapete dos vazios” seria apenas necessário o acionamento do mecanismo do segundo nível da estrutura, efetuando somente a transferência das caixas vazias para o AGV.

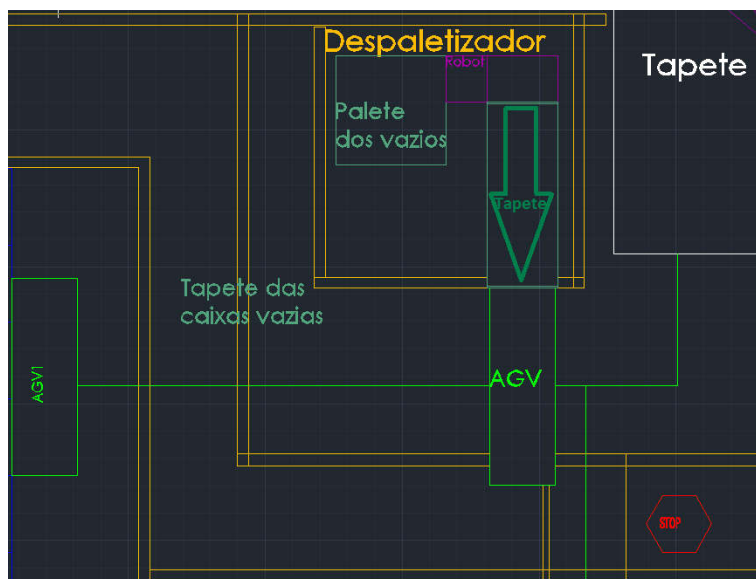


Figura 32- Layout com despaletizadora - opção 2.

Em síntese, a implementação de AGVs para a recolha de produto acabado e reposição de caixas vazias só é possível com a implementação da despaletizadora, uma vez que na sua ausência apenas é possível implementar o AGV para a recolha de produto acabado.

Após a definição das especificações dos AGVs e respetivas estruturas dinâmicas foram contactados vários fornecedores e discutidos todos esses aspetos em função das operações a efetuar pelos AGVs pretendidas pela empresa. Como resultado de várias análises e trocas de opiniões verificou-se que a implementação de três AGVs não era suficiente para responder às necessidades das linhas de produção. Por outro lado, a reposição das caixas vazias não seria possível, dado ser um projeto que requeria mudanças muito significativas envolvendo custos elevados, sendo economicamente desfavorável. Desta forma, decidiu-se que a implementação dos AGVs seria apenas para a recolha do produto acabado. Esta conclusão resulta de a existência de apenas um percurso para os três AGVs não ser suficiente para evacuar todas as caixas das linhas de produção, assim como a quantidade de caixas por cada AGV ser reduzida e de apenas existir um tapete de evacuação para o armazém de expedição o que torna o processo complicado não sendo possível dois AGVs em simultâneo efetuarem a descarga das caixas de produto acabado.

Nesta fase, foi solicitado aos fornecedores contactados o orçamento para a implementação dos três AGVs guiados por fita magnética no pavimento (preço da montagem, colocação no local, software de cada AGV); do carregamento das baterias dos AGVs a efetuar de preferência na zona da estrutura dinâmica (local onde o AGV vai estar mais tempo parado, linhas 4, 7 e 8); dos custos das estruturas dinâmicas a implementar nas três linhas de produção, sendo que dois teriam de ser automatizados; e das estruturas para montar nos AGVs de modo a possuírem dois níveis de altura.

Efetuiu-se um novo *layout* de modo a aumentar o número de caixas de produto acabado por AGV e avaliar a possibilidade de colocação de um segundo tapete para o armazém de expedição.

4.3.2 Segunda Fase da Implementação

Atendendo às considerações anteriormente referidas efetuaram-se alterações à informação contida na Tabela 4, surgindo a Tabela 5 com a informação atualizada. A diminuição da velocidade do AGV para valores inferiores a 1 m/s (linha 4 - 0,45 m/s - linha mais próxima do ponto de descarga, Tapete; linha 7 - 0,5 m/s; linha 8 - 0,65 m/s) levou a um aumento muito significativo do tempo de ciclo tornando a implementação inviável, pelo que se decidiu aumentar simultaneamente o número de caixas por atrelado.

Esta última alteração levaria à necessidade de aumentar o tamanho da estrutura acoplada ao AGV, diminuindo o espaço livre destinado ao percurso dos AGVs. Por outro lado, atendendo à existência de apenas um circuito e somente um ponto de descarga (Tapete) para os três AGVs, o tempo de paragem de cada AGV em cada linha de produção dependeria do tempo necessário ao percurso do AGV que estivesse a efetuar a operação de entrega de caixas de produto acabado no momento, o que resultaria num aumento do tempo de ciclo de cada AGV. Assim, decidiu-se avaliar a possibilidade de obtenção de um maior espaço na planta da

empresa, o que foi conseguido permitindo verificar a possibilidade de obtenção de dois percursos distintos para os três AGVs e a implementação de mais um tapete para transportar o produto acabado até ao armazém de expedição. Nesta situação, a colocação de um segundo ponto de descarga (Ponto de descarga 2) e a existência de mais um percurso para os três AGVs, permitia a alteração da percentagem do tráfego, passando as linhas 7 e 8 para 90% e a linha 4 para 60%, dado que é o local mais próximo do ponto de descarga podendo o AGV passar mais tempo parado, uma vez que precisa de menos tempo para efetuar o percurso (Tabela 5).

Tabela 5 - Parâmetros considerados no estudo da fase 2 do cálculo do número de AGVs.

Linha	Cxs./h	Dist. total (m)	Cxs./AGV	Paragens	Tempo de paragem (s)	Vel. AGV (m/s)	Tráfego (%)	Tempo de ciclos/h (s)	Nº de AGV/ Linha
4	90	14	3	2	15	0,45	60	3055	0,85
7	90	52	4	2	15	0,5	90	3350	0,93
8	90	68	4	2	15	0,65	90	3365	0,93

Na Figura 33 é apresentado o novo *layout* já com os dois percursos para os três AGVs e os dois pontos de descarga. Os valores numéricos a branco que surgem na figura são as distâncias de segurança em milímetros entre os AGVs e os *small trains*. Destaca-se o facto de esta nova abordagem permitir o aumento de uma caixa por atrelado de AGV.

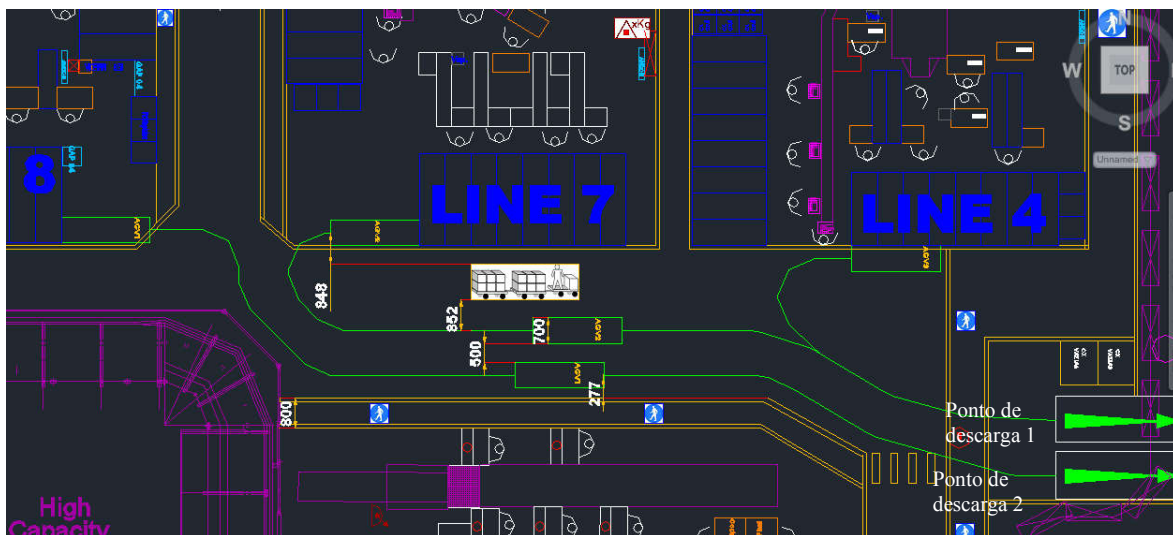


Figura 33 - Layout com passagens definidas para os AGVs.

A análise das especificações dos AGVs e estruturas dinâmicas por parte dos fornecedores e a visita dos mesmos à empresa para avaliarem o local de implementação levou às considerações que são referidas de seguida.

Os fornecedores, conhecendo agora o local e tendo em atenção a configuração do *layout*, curvas a efetuar pelos AGVs, zonas de paragem e possíveis paragens de emergência calcularam a velocidade possível dos AGVs e o valor obtido foi de 0,35 m/s. Como pode ser verificado pela Tabela 6, esta velocidade leva a um aumento no número de AGVs por linha (valores superiores a um, nas linhas 7 e 8), sendo necessário analisar/alterar novamente os restantes parâmetros (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros definidos e obtidos pelos fornecedores após visita à Faurecia.

Linha	Cxs./h	Dist. total (m)	Cxs./AGV	Paragens	Tempo de paragem (s)	Vel. AGV (m/s)	Tráfego (%)	Tempo de ciclos/h (s)	Nº de AGV/Linha
4	90	14	3	2	15	0,35	60	3500	0,97
7	90	52	4	2	15	0,35	90	4464	1,24
8	90	68	4	2	15	0,35	90	5607	1,56

Os tempos de ciclo de trabalho, tempo de paragem e tempo de carregamento da bateria do AGV (carregamento *online*) indiciavam a necessidade de aumentar o número de caixas de produto acabado por AGV para oito. O tempo de funcionamento dos AGVs tem de ser definido para a situação que implica um maior número de horas de trabalho, ou seja, três turnos contínuos, embora, atualmente as linhas 7 e 8 trabalhem os três turnos e a linha 4 apenas dois turnos. O tempo total de paragem das linhas de produção para os 3 turnos em funcionamento contínuo é de aproximadamente 8100 segundos, incluindo o tempo de mudança de turno, lanche e almoço. O tempo de carregamento *online* do AGV é de 10800 segundos, pelo que o tempo de paragem total não é suficiente para o carregamento do mesmo.

A Tabela 7 mostra o efeito do tempo de carregamento *online* no número de AGVs por linha, sendo que o tempo de ciclos por hora aumenta 112,5 segundos. O tempo de carregamento de bateria por hora (t1) é de 450 segundos, o tempo de paragem das linhas de produção por hora (t2) é de 337,5 segundos e Δt é a diferença entre t1 e t2.

Tabela 7 - Efeito do tempo de carregamento online no número de AGVs por linha.

Linha	Tempo de carregamento de baterias/h (t1) (s)	Tempo de paragem das linhas de produção/h (t2) (s)	Δt (s)	Tempo de ciclos/h (s)	Nº de AGV/Linha
4	450	337,5	112,5	3612,5	1,05
7	450	337,5	112,5	4576,3	1,3
8	450	337,5	112,5	5719,6	1,6

Em alternativa é possível efetuar a troca de baterias pelo método convencional existente em equipamentos elétricos, a qual terá de ser efetuada por um colaborador. Este método não foi solicitado desde o início pelo facto de implicar a existência de um local apropriado para o armazenamento das baterias e seus carregadores. Esta situação além de ter custos associados, nomeadamente baterias extras e um espaço padronizado de acordo com as normas de higiene e segurança, próximo dos circuitos dos AGV, implica ainda tempo gasto nas operações de mudança das mesmas.

Atendendo às considerações anteriormente referidas, a correta implementação dos três AGVs implica os valores dos parâmetros que se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores dos parâmetros para a implementação otimizada dos três AGVs.

Linha	Cxs./h	Dist. total (m)	Cxs./AGV	Paragens	Tempo de paragem (s)	Vel. AGV (m/s)	Tráfego (%)	Δt (s)	Tempo de ciclos/h (s)	Nº de AGV/Linha
4	90	14	8	2	15	0,35	23	112,5	3536	0,98
7	90	52	8	2	15	0,35	58	112,5	3576	1,0
8	90	68	8	2	15	0,35	73	112,5	3569	0,99

A implementação de AGVs com capacidade para 8 caixas implicaria dimensões de 2000x1200 [mm] no caso do transporte de caixas num só nível de altura, o que era impossível devido à falta de espaço. No caso de estruturas com dois níveis de altura, o tamanho da estrutura já iria diminuir, mas não permitiria a entrega das caixas vazias às linhas de produção pelo AGV.

Em síntese, a implementação dos três AGVs de fita magnética estaria associada a várias alterações, nomeadamente a colocação do segundo ponto de descarga, os dois percursos dos AGVs, um local padronizado de carregamento das baterias e a colocação da estrutura dinâmica automatizada nas linhas de produção levando a custos elevados devido à sua elevada complexidade.

Atendendo à importância e a todos os custos envolvidos neste projeto, seria adequado efetuar ensaios antes de proceder à implementação propriamente dita. Esses ensaios não se apresentavam de fácil execução, uma vez que era necessária uma preparação prévia do local relativamente elaborada, incluindo a colocação da fita magnética e a programação do software, tudo isto envolvendo custos adicionais sem retorno garantido para empresa.

Todo o conhecimento adquirido ao longo deste estudo permitiu verificar o estado da arte relativamente aos AGVs e a outros equipamentos mais avançados existentes atualmente no mercado, nomeadamente os *Autonomous Mobile Robots*.

4.3.3 Terceira Fase da Implementação

No sentido de avaliar a possibilidade de implementação de AMRs na empresa foi contactado um fornecedor deste tipo de equipamentos e enviada a informação anteriormente usada no contacto com os fornecedores dos AGVs, presente na Tabela 4. Para além disso, foi questionada a possibilidade de utilizar um AMR para ensaios na empresa de modo a facilitar a percepção das tarefas a efetuar.

Após troca de informação com o fornecedor de modo a esclarecer questões relacionadas com aspetos do funcionamento do AMR e das tarefas a desempenhar, nomeadamente relativas ao peso das caixas a transportar, tempo de autonomia e modo de carregamento das baterias o fornecedor enviou uma proposta. A questão do peso a transportar pelo AMR é um fator importante dado que a capacidade máxima destes equipamentos é de 500 kg e no caso do AMR ser adequado à carga a transportar, a escolha do modelo depende desse valor.

A proposta enviada pelo fornecedor incluía as seguintes especificações:

- valores de *renting*;
- três AMRs;
- solução com duas baterias por unidade;
- três unidades de estação de carga elétrica automática;
- uma unidade de sistema de gestão de frota (fundamental, visto os equipamentos partilharem o mesmo espaço da fábrica).

Para além disso, o fornecedor disponibilizou-se para trazer o equipamento para realizar os dois ensaios solicitados, sendo que um dos ensaios permitia verificar o tempo de ciclo do AMR entre a linha de produção e o ponto de descarga e o outro verificar a possibilidade de um colaborador realizar o trabalho em duas linhas de produção em simultâneo.

Os requisitos solicitados pelo fornecedor para efetuar os ensaios na empresa foram a preparação de uma estrutura para colocação das caixas de produto acabado, neste caso para quatro caixas sobrepostas duas a duas, um computador ou um *tablet* para ligar à própria rede do AMR disponibilizando um *dashboard* simples a criar pelo fornecedor no *setup* da prova de conceito para seleção da missão a executar.

De modo a agendar os ensaios preparou-se a estrutura em madeira solicitada com os quatro pontos de fixação a acoplar no AMR (Figura 34).

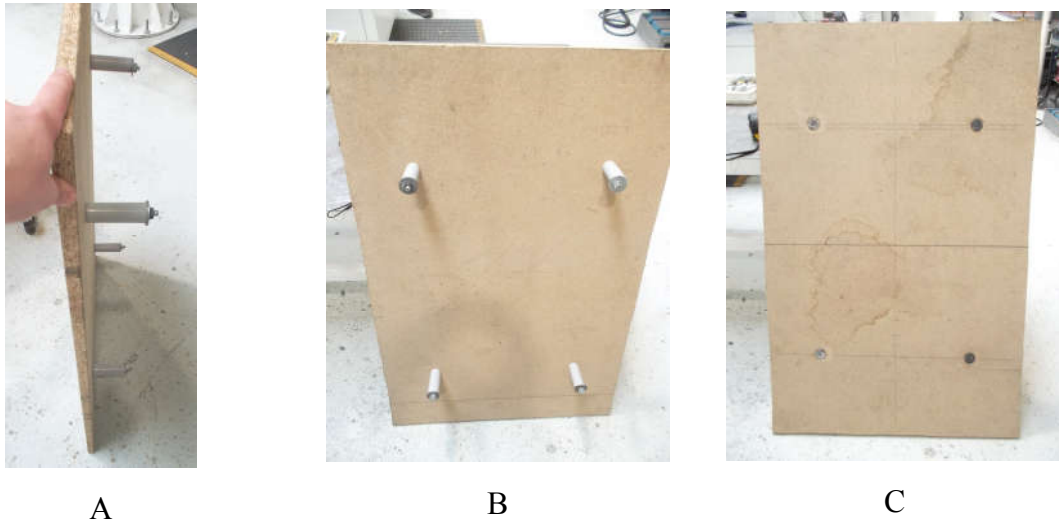


Figura 34 - Estrutura para os ensaios do AMR na Faurecia (A - vista lateral, B - parte inferior e C - parte superior).

No dia dos ensaios foi necessário acoplar a estrutura em madeira ao AMR trazido pelo fornecedor (Figura 35), fazer todo o varrimento da zona onde o AMR iria operar de forma a existir um *layout* definido pelo seu próprio *software* onde apenas o fornecedor iria dar permissão ao AMR para operar nas zonas pretendidas. Assim, desta forma o AMR só circularia pelas zonas definidas e em caso de necessidade (existência de um objeto no trajeto do AMR) poderia circular pelas zonas que foram definidas como trajetos alternativos.



Figura 35 - AMR preparado para ensaios.

Após a preparação prévia, foram iniciados os ensaios tendo sido propostas as missões seguintes:

Ensaio 1 - *Pick* posição A → Entrega (ponto de descarga) → *Pick* posição A

Neste ensaio o AMR teve dois pontos de paragem, o *Pick* posição A (zona junto à linha 8, linha de produção) e a Entrega (ponto de descarga) e transportou quatro caixas (Figura 36). Foi possível verificar que o AMR efetuou o trabalho de acordo com o requerido.



Figura 36 - Ensaio 1 do AMR.

Ensaio 2 - *Pick* posição A → *Pick* posição B → Entrega (ponto de descarga) → *Pick* posição A

Neste ensaio o AMR teve três pontos de paragem, o *Pick* posição A (zona junto à linha 8), o *Pick* posição B (zona junto à linha 7) e a Entrega (ponto de descarga) e transportou doze caixas (Figura 37). Foi possível verificar que apenas um colaborador conseguiu colocar todas as caixas de produto acabado que saíam das linhas 8 e 7 no AMR e que este com um peso aproximado de 144 kg efetuou o percurso de forma eficaz.



Figura 37 - Ensaio 2 do AMR.

Um dos aspetos importantes a considerar nos AMR é a autonomia das baterias. A ficha técnica refere a possibilidade de existência de duas baterias, opção pretendida para a Faurecia, correspondentes à autonomia por bateria de 10 horas ou 15 quilómetros de trabalho em

esforço, sendo necessário em média 1 hora e 45 minutos para o seu carregamento, ou seja, um total de 3 horas e 30 minutos por AMR (2 baterias). Este tempo de carregamento, poderá ser uma limitação à implementação, indo ao encontro do que acontecia com os AGVs anteriormente referidos.

O AMR utilizado nos ensaios efetuados possuía no início a bateria 100% carregada. Os ensaios duraram 8 horas, compreendendo a programações e definições dos percursos (2 horas), assim como as operações de teste. No final dos ensaios verificou-se que ainda existia uma autonomia de 50%, o que se mostrou desempenho interessante para o trabalho a efetuar.

Após verificação no local do desempenho do AMR usado nos ensaios, das necessidades concretas da empresa em termos de segurança, especificações do local e das operações a efetuar pelo AMR, o fornecedor enviou um orçamento final incluindo um AMR do modelo mais adequado, com duas baterias, uma câmara *topview*, uma estação de carga elétrica automática e uma interface I/O por *bluetooth*. A câmara *topview* serve para antecipar paragens caso um operador ou outro componente surja à frente do AMR e não seja detetado pelo *laser* do mesmo, por exemplo um operador inclinado, situação na qual o AMR só deteta as pernas e a câmara antecipa a deteção, uma vez que se encontra focalizada para cima, levando o AMR a desviar-se. A interface I/O por *bluetooth* serve para prever cenários de simples integração dos AMRs com os semáforos, transmitindo um sinal digital aos semáforos que se traduz num sinal luminoso que irá fornecer aos condutores dos comboios logísticos a informação de paragem ou passagem do respetivo comboio.

Atendendo a que ambos os ensaios correram como era pretendido e os custos envolvidos, decidiu-se avançar com a implementação de um AMR para a linha 8 de modo a confirmar na prática se as operações pretendidas eram efetuadas com 100% de eficácia.

Visto que na Faurecia a interação entre máquina e pessoa não é possível, por questões de segurança, houve necessidade de continuar a pensar numa estrutura dinâmica para a linha 8, onde o primeiro AMR será implementado, mas mais económica e menos automatizada que no caso anteriormente definido para os AGVs. No entanto, o estudo dessa nova estrutura dinâmica já não faz parte do trabalho desenvolvido ao longo deste projeto.

No caso de se confirmar o bom desempenho do AMR que será implementado na linha 8, serão posteriormente implementados os restantes AMRs nas linhas 7 e 4.

5 Conclusão e Perspetivas Futuras

O presente trabalho realizado no departamento Controlo de Produção e Logística da Faurecia - Assentos de Automóvel, Lda. permitiu a continuação da implementação de ações de melhoria contínua no âmbito do Sistema de Excelência Faurecia, ou seja, metodologias *Lean*, designadamente 5S, sistema *kanban*, filosofia *just-in-time*, *poka-yoke*, *hoshin*, *standardized work* e *layout*.

A missão da empresa para 2018 incluía a transformação digital como um dos pilares essenciais. Este projeto inseriu-se nesse âmbito, de modo que foi avaliada a possibilidade de automatização e evacuação de três linhas produção de apoios de cabeça em assentos de automóveis, que incluiu estudos com AGVs e AMRs.

O processo iniciou-se com o estudo de implementação de AGVs e das estruturas dinâmicas necessárias para efetuar as operações entre AGV e linha de produção, nomeadamente a transferência de caixas de produto acabado. Nesse sentido, foi necessário elaborar um documento com várias informações de forma a servir de base no contacto com possíveis fornecedores. Nesse documento constavam para cada linha de produção, as dimensões do espaço da fábrica, das caixas a serem transportadas pelo AGV, esboços exemplificativos do tipo de estrutura pretendida, entre outros aspetos.

Após troca de informação e discussão com fornecedores foi possível verificar que a implementação dos três AGVs de fita magnética estaria associada a várias alterações, nomeadamente à colocação de um segundo ponto de descarga, dois percursos para os AGVs, um local padronizado de carregamento das baterias e a colocação da estrutura dinâmica automatizada nas linhas de produção implicando custos elevados devido à sua elevada complexidade.

Atendendo à importância e a todos os custos envolvidos neste projeto, seria adequado efetuar ensaios antes de proceder à implementação propriamente dita. Esses ensaios não se apresentaram de fácil execução, uma vez que era necessária uma preparação prévia do local relativamente elaborada, incluindo a colocação da fita magnética e a programação do *software*, tudo isto envolvendo custos adicionais sem retorno garantido para a empresa.

Todo o conhecimento adquirido ao longo deste estudo permitiu verificar o estado da arte relativamente aos AGVs e outros equipamentos mais avançados existentes atualmente no mercado, nomeadamente os AMRs. No sentido de avaliar a possibilidade de implementação de AMRs na empresa foi contactado um fornecedor deste tipo de equipamentos e enviada a informação necessária e questionada a possibilidade de utilizar um AMR para ensaios na empresa de modo a facilitar a perceção das tarefas a efetuar.

Atendendo a que foi possível efetuar os ensaios com o AMR e que estes correram como pretendido, assim como os custos envolvidos, decidiu-se avançar com a implementação de um AMR para a linha 8 de modo a confirmar na prática que as operações pretendidas eram efetuadas com 100% de eficácia.

Por aspetos relacionados com segurança, será necessária uma estrutura dinâmica para a linha onde o primeiro AMR será implementado, mas mais económica e menos automatizada que no caso anteriormente definido para os AGVs. No entanto, o estudo desta nova estrutura dinâmica já não faz parte do trabalho desenvolvido ao longo deste projeto, mas será efetuado no futuro próximo.

No caso de se confirmar o bom desempenho do AMR com a estrutura dinâmica adequada que será implementado na linha 8, serão posteriormente implementados os restantes AMRs nas linhas 7 e 4.

Referências Bibliográficas

- Black, J. T. et Hunter, S. L. (2013). Lean Manufacturing Systems and Cell Design. Society of Manufacturing Engineers Dearborn, Michigan.
- Colin, J. M. et al, 2017. Basic principles of KANBAN, França.
- Colin, J. M. et al, 2013. 5S Methodology. Faurecia Documentation, França.
- Faurecia, & Regulations, A. s. G. (2011). A Global Automotive Player - Registration
- Jacobs, F. R. et Chase, R. B. (2018). Operations and Supply Chainmanagement. Mc Graw Hill Education, New York.
- Kesterson, R. K. (2015). The Basic of Hoshin Kanri. CRC Press, London.
- Macedo, B. A. S. (2011). Estudo de Implementação de um Kanban de Produção. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Marques, J. P. C. P. S. (2014). A Aplicação de Dispositivos Poka-Yoke na Melhoria do Processo Produtivo. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, Coimbra, 1 vol.
- Monden, Y. (2012). TOYOTA Production System An Integrated Approach to Just-In-Time, Fourth Edition. Institute of Industrial Engineers, CRC Press, London.
- Ohno, T. (1997), O Sistema Toyota de Produção. Porto Alegre.
- Rocha, R. P. (2001). Estado da Arte da Robótica Móvel em Portugal. Departamento de Engenharia Eletrotécnica da Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Rodrigues, M. S. (2014). Entendendo, aprendendo e desenvolvendo, Sistema de Produção. Elsevier Editora Ltda.
- Santos, F. N. (2008). Optimização de processos e tempos de produção” na FAURECIA, Assentos para Automóvel, Lda. 1º Relatório de Progresso, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Ullrich, G. (2015). Automated Guided Vehicle Systems, A Primer with Practical Applications. Springer (em Inglês).
- Womack, J. P. et Jones, D. T. et Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World. Rawson Associates (em Inglês).

Webgrafia

<http://www.faurecia.com/en>. Entreprise technologique & leader mondial de l'industrie automobile (página internet oficial), França.

<https://www.portal-gestao.com/artigos/6005-ferramentas-e-metodologias-do-lean-thinking.html>. Ferramentas e metodologias do Lean Thinking (página de internet oficial), Portugal.

<http://www.lean-fabrika.cz/ca/terminology/poka-yoke-444738#.XArAe2j7TIV>. Management Consultants (página da internet oficial), Rússia.

<https://www.5stoday.com/what-is-5s/>. What is 5S (página de internet oficial), EUA.

<https://www.leanti.com.br/artigos/5/aplicacao-de-alguns-principios-do-kanban-em-lean-ti.aspx>. Aplicação de alguns princípios de Kanban em Lean TI (página da internet oficial), Brasil.

<https://www.linkedin.com/pulse/entenda-o-que-%C3%A9-hoshin-kanri-desdobramento-da-julia-thomas-cuellar/?originalSubdomain=pt>. Entenda o que é Hoshin Kanri (página internet oficial), EUA.

<https://asti.es/en/agvs#easybots>. Automatismos e Sistemas de Transporte Interno (página internet oficial), Espanha.

<https://www.cmayor.es/>. PROVEEDOR INTEGRAL DE SERVICIOS LOGÍSTICOS (página internet oficial), Espanha.

http://www.ipla.es/74016_fr/D%C3%A9palettisation-et-empilement-de-caisses-vides/. Industrial Automation (página internet oficial), Espanha.

<https://www.mobile-industrial-robots.com/en/>. The future in motion (página internet oficial), Dinamarca.

<https://www.crossco.com/blog/difference-between-agvs-and-mobile-robots>. The Difference Between AGVs and Mobile Robots (página internet oficial), Espanha.