

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Mariana Carvalho Ribeiro

**Análise e melhoria dos processos de uma
empresa industrial gráfica e estudo da
viabilidade de implementação de um sistema
de AGVs**

outubro de 2022



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Mariana Carvalho Ribeiro

**Análise e melhoria dos processos de uma
empresa industrial gráfica e estudo da
viabilidade de implementação de um sistema
de AGVs**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial

Ramo: Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Francisco Pereira Moreira

outubro de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

No final desta etapa quero deixar o meu agradecimento a todos aqueles que me ajudaram a concretizar este objetivo.

Ao Professor José Francisco Pereira Moreira, orientador desta dissertação, pela disponibilidade e apoio prestado no decorrer deste projeto.

Aos Professores Luís Dias e Nuno Octávio Fernandes, por me ajudarem na elaboração da simulação, no *software* SIMIO.

À Carla Rocha, por ter-me orientado da melhor forma possível durante o estágio, por ter ouvido as minhas ideias, por toda a disponibilidade que sempre demonstrou, mas acima de tudo por ser uma boa pessoa que se importa com os outros. O meu mais sincero obrigada!

À Andrea Carneiro, pela disponibilidade e atenção que dispensou comigo no decorrer do estágio.

Aos trabalhadores da Lidergraf, que me trataram sempre com respeito e que me responderam a todas as minhas questões, em especial aos trabalhadores das máquinas Bolero e Lithoman.

A todos os meus amigos e familiares, que em algum momento me perguntaram pela minha dissertação com interesse. A todos aqueles com quem passei mais de 5 minutos a conversar sobre a dissertação, o meu obrigada! Mas, realço e deixo o meu mais sincero agradecimento, a todas as pessoas para as quais liguei, em algum momento ao longo destes meses, para pedir conselhos ou para me ouvirem. Sem vocês muito possivelmente nada disto seria possível.

À minha irmã, Marlene Ribeiro, por ter acreditado em mim desde o primeiro dia em que disse que queria estudar e por ter-me ajudado quando mais precisei. Na lotaria dos irmãos eu não conseguia ter tido mais sorte.

Aos meus pais, Clementina Carvalho e Alfredo Ribeiro, pela educação que me deram e por me terem ajudado a tornar-me uma pessoa mais resiliente. Obrigada à minha mãe que compreendeu, apoiou e motivou a minha decisão de estudar desde o início. É um privilégio ser tua filha!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

Análise e melhoria dos processos de uma empresa industrial gráfica e estudo da viabilidade de implementação de um sistema de AGVs

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial, ramo de Gestão Industrial, e foi realizada na empresa Lidergraf. O principal objetivo era estudar os processos internos, identificando eventuais oportunidades de melhoria, e análise à viabilidade económica e funcional da implementação de um sistema de AGVs na fábrica.

A metodologia de investigação foi a Investigação-Ação, pelo que se iniciou o estágio com um diagnóstico da situação atual da empresa e o aprofundamento do conhecimento do processo produtivo. Realizou-se uma análise multimomento aos trabalhadores das principais máquinas do edifício 2, e um levantamento de dados cronometrados de trabalhadores e equipamentos.

Tendo por base o conhecimento dos processo e os dados obtidos, foi possível identificar desperdícios associados a *stocks* e esperas na produção de uma revista mensal na máquina de acabamento. A análise dos tempos produtivos da máquina e das tarefas realizadas pelos trabalhadores permitiu redefinir o modo operatório da produção e normalizar o trabalho. Esta melhoria permitiu reduzir um trabalhador ao processo e aumentar a produtividade.

Foi igualmente realizada uma simulação, no *software* SIMIO, dos transportes realizados no edifício. A partir da simulação definiram-se cenários de estudo de forma a obter as taxas de utilização de um AGV para diferentes condições, nomeadamente, para a situação atual para uma situação de rota definida e para a situação de acréscimo de 50% da produção atual.

Adicionalmente, realizou-se um estudo de viabilidade económica da adoção de um AGV tendo em conta cada um dos possíveis cenários e os orçamentos iniciais fornecidos pelas empresas. Verificou-se que o prazo de retorno do investimento seria, no mínimo, de 6 anos e 2 meses.

PALAVRAS-CHAVE

AGV, Desperdícios *Lean*, Normalização do trabalho, Simulação, Viabilidade económica.

Analysis and improvement of the processes of an industrial printing company and study the feasibility for the implementation of an AGV system

ABSTRACT

This dissertation was developed in the context of a master's in industrial engineering, industrial management branch, and took place in a company called Lidergraf. The main objective was to study the internal processes, identify opportunities for improvement and assess the economic and functional viability of implementation of an AGV system.

The research methodology used was action research, therefore the internship started with a diagnosis of the current situation and the analysis of the production processes. A multi moment analysis, of the workers of the most important machines in building 2 took place, and timed data collected for both machines and workers.

Based on the data collected and the knowledge of the processes, it was possible to identify wastes associated with stocks and waiting in the production of a monthly magazine in the finishing machine. The analysis of the production times of the machine and tasks executed by the workers enabled to redefine the production operating mode and standardize the work. This improvement allowed for one less worker and led to an increase in productivity.

A simulation was also conducted, using the SIMIO software, for the required transportations within the building. Based on the simulation, case studies were defined in order to obtain the AGV utilization rates under different conditions, namely, for the current setting, for a defined fixed path, and lastly for a scenario where production increases by 50%.

Additionally, an economic viability study was done for adoption an AGV system, taking into account each one of the possible scenarios and the initial budgets provided by companies. It was found that the smallest investment return period would be 6 years and 2 months.

KEYWORDS

AGV, Lean Wastes, Standard Work, Simulation, Economic Viability

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão da literatura.....	6
2.1 <i>Lean Production</i>	6
2.1.1 Casa TPS.....	6
2.1.2 MUDA, MURA, MURI	8
2.1.3 Princípios da filosofia <i>Lean</i>	9
2.2 Melhoria contínua.....	10
2.2.1 Kaizen	10
2.2.2 Indicadores de desempenho.....	11
2.2.3 Ciclo PDCA.....	13
2.2.4 Padronização ou normalização do trabalho	14
2.2.5 Mapeamento dos processos.....	14
2.2.6 Diagrama de esparguete	16
2.2.7 Value Stream Mapping	16
2.3 Análise Multimomento.....	18
2.4 Automated Guided Vehicle.....	20
2.4.1 Vantagens e desvantagens da implementação de um AGV	20

2.4.2	Tipos de AGV.....	22
2.4.3	Sistemas de navegação do AGV.....	25
2.4.4	Viabilidade económica da implementação de um AGV	30
2.5	Simulação Industrial.....	31
3.	Apresentação da empresa.....	34
3.1	História da empresa	34
3.1.1	Missão, visão e valores.....	35
3.1.2	Estrutura organizacional da empresa	35
3.2	Descrição do sistema produtivo.....	36
3.2.1	Processos e máquinas.....	37
3.2.2	Análise dos roteiros da empresa.....	43
3.2.3	Fluxograma do Edifício 2	44
4.	Análise da situação atual da empresa	45
4.1	Análise da produção da revista A.....	45
4.2	Análise Multimomento.....	50
4.3	Mapeamento dos Processos.....	57
4.4	Cadência dos transportes de saída de máquinas	60
4.5	Transporte de semiacabados para as máquinas Bolero e Tempo22	63
4.6	Rotas internas	65
5.	Propostas de melhoria e implementação	67
5.1	Produção da revista A	67
5.1.1	Sugestão para redução dos tempos de espera.....	67
5.1.2	Teste 1	69
5.1.3	Teste 2	70
5.1.4	Resultados finais	71
5.2	Simulação no SIMIO para implementação de um AGV	72
5.2.1	Explicação do modelo.....	72
5.2.2	Taxa de utilização do equipamento – Cenário 1	76
5.2.3	Taxa de utilização do equipamento – Cenário 2	77

5.2.4	Taxa de utilização do equipamento – Cenário 3	79
5.2.5	Taxa de utilização do equipamento – Cenário 4	80
5.2.6	Considerações finais sobre a viabilidade do equipamento	81
6.	Conclusões.....	85
6.1	Considerações finais	85
6.2	Sugestões de trabalho futuro.....	86
	Referências Bibliográficas	88
	Anexos	91
	Anexo 1 – Lista de tarefas da rota do armazém.....	92
	Anexo 2 – Rota da expedição.....	93
	Apêndices	94
	Apêndice 1 – Percentagem de ocorrência dos roteiros da fábrica entre janeiro de 2018 e dezembro de 2021.....	95
	Apêndice 2 – Fluxograma do edifício 2	96
	Apêndice 3 – Dados dos transportes de paletes de semiacabado para as máquinas bolero e tempo22	97
	Apêndice 4 – PowerPoint sobre iniciativa na produção da revista A apresentado à Lidergraf.....	99
	Apêndice 5 – A3 da revista A.....	104
	Apêndice 6 – Dados para simulação industrial no SIMIO	105
	Apêndice 7 – Resultados das simulações do cenário 1	108
	Apêndice 8 – Resultados das simulações do cenário 2.....	110
	Apêndice 9 – Resultados das simulações do cenário 3.....	112
	Apêndice 10 – Resultados das simulações do cenário 4.....	114
	Apêndice 11 – Velocidade de deslocação dos trabalhadores	116
	Apêndice 12 – Orçamento inicial das empresas para implementação de um AGV.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS	7
Figura 2 - Representação de MUJDA, MURA e MURI do Lean Institute Brasil	8
Figura 3 - Ciclo PDCA.....	13
Figura 4 – Símbolos utilizados num VSM	17
Figura 5 - Exemplo de VSM	18
Figura 6 - Exemplos de sistemas de AGVs.....	20
Figura 7 - Exemplo de AGV de reboque	22
Figura 8 - Exemplo de AGV de carga unitária	23
Figura 9 - Exemplo de AGV de empilhador	23
Figura 10 - Exemplo de AGV piggyback	24
Figura 11 - Exemplo de AGV Underride	24
Figura 12 - Ilustração de um sistema de navegação indutivo	26
Figura 13 - Ilustração de um sistema de navegação ótica	26
Figura 14- Ilustração de um sistema de navegação com fita magnética.....	27
Figura 15 - Ilustração de um sistema de navegação laser	28
Figura 16 - Ilustração de um sistema de navegação por GPS	28
Figura 17 - Ilustração de um sistema de navegação natural	29
Figura 18 - Fachada da Lidergraf em Vila de Conde.....	34
Figura 19 - Estrutura organizacional.....	36
Figura 20 - Layout do edifício 1	37
Figura 21 - Layout do edifício 2	37
Figura 22 - Máquina de impressão rotativa (Lithoman)	39
Figura 23 - Máquina de alcear e agrafar (Tempo22)	40
Figura 24 - Máquina de alcear e colar (Bolero)	41
Figura 25 - Máquina de alcear e colar (Acoro).....	42
Figura 26 - Máquina de alcear e coser (Ventura).....	42
Figura 27 - Máquina de embalar (Onyx)	43
Figura 28 - Percentagem agregada de ocorrência dos roteiros da fábrica	43
Figura 29 - Fluxograma dos roteiros das máquinas do edifício 2.....	44
Figura 30 - Layout da Bolero com a disposição dos trabalhadores na produção da revista A.....	46

Figura 31 - Representação esquemática dos tempos de produção do 4º trabalhador na produção da revista A na máquina Bolero	48
Figura 32 - Balote e alceadora de entrada automática da máquina da Bolero	48
Figura 33 - Representação esquemática dos tempos do 2º trabalhador na produção da revista A na Bolero	49
Figura 34 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Lithoman	51
Figura 35 - Percentagem de ocorrência de tarefas do trabalhador de fim de linha da Lithoman	53
Figura 36 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Bolero.....	54
Figura 37 - Percentagem de ocorrência de tarefas do LEN da Bolero	55
Figura 38 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Tempo22	56
Figura 39 - Representação esquemática dos tempos produtivos das alceadoras automáticas	64
Figura 40 - Diagrama de esparguete da Bolero durante a troca de paletes da alceadora.....	65
Figura 41 – Sequência de Operações da sugestão 1: produção da revista A na máquina Bolero.....	67
Figura 42 - Sequência de Operações da sugestão 2: produção da revista A na máquina Bolero.....	68
Figura 43 - Ciclo PDCA da melhoria da produção da revista A	68
Figura 44 - Sequência de Operações após teste 1: produção da revista A na máquina Bolero.....	69
Figura 45 – Instrução de trabalho na linha de saída da Bolero na produção da revista A	70
Figura 46 - Adaptação colocada na máquina da Bolero	71
Figura 47 - Modelo do SIMIO das interações do edifício 2.....	73
Figura 48 - Processo do SIMIO no server da Lithoman.....	74
Figura 49 - Processo do SIMIO no server colunas	75
Figura 50 - Modelo do SIMIO do edifício 2 do cenário 2	78
Figura 51 - Análise SWOT à implementação de um AGV	84

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Explicação dos 7 desperdícios do Lean	9
Tabela 2 - Principais símbolos de um fluxograma. Adaptado de (Madison, 2005).....	15
Tabela 3 - Evolução histórica da Lidergraf.....	34
Tabela 4 - Máquinas do edifício 2	44
Tabela 5 - Tempos do fim da linha da Bolero na produção da revista A.....	47
Tabela 6 - Tempos adjacentes da produção na Bolero da revista A.....	47
Tabela 7 - Tempos de início de linha da Bolero na produção da revista A.....	49
Tabela 8 - Tempos de reposição de palete com semiacabado na Bolero	49
Tabela 9 - Mapeamento dos processos de informação da Lithoman	57
Tabela 10 - Mapeamento dos processos de materiais da Lithoman.....	58
Tabela 11 - Mapeamento dos processos de informação da Bolero	59
Tabela 12 - Mapeamento dos processos de materiais da Bolero.....	59
Tabela 13 - Cadência de saída de paletes da Lithoman	61
Tabela 14 - Cadência de saída de paletes da Bolero.....	61
Tabela 15 - Cadência de saída de paletes da Tempo22	62
Tabela 16 - Tempos recolhidos no teste 1 da melhoria na produção da revista A.....	69
Tabela 17 - Tempos recolhidos no teste 2 da melhoria na produção da revista A.....	71
Tabela 18 - Funções dos objetos da simulação.....	73
Tabela 19 - Dados dos resultados das simulações do cenário 1	76
Tabela 20 - Dados dos resultados das simulações do cenário 2	78
Tabela 21 - Dados dos resultados das simulações do cenário 3	79
Tabela 22 - Dados dos resultados das simulações do cenário 4	80
Tabela 23 - Análise financeira do investimento	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AGV - *Automated Guided Vehicle*

BCSD - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável

CIP – *Press Ink Pre-Setting*

EVA - *Ethylene Vinyl Acetate*

FO – Folha de Obra

FSC – *Forest Stewardship Council*

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IDI - Investigação Desenvolvimento e Inovação

JIT - *Just-in-time*

LEN – Líder de Equipa Natural

LPR - Radar de Posicionamento Local

MDO – Mão-de-obra

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA – *Plan-do-check-act*

PEFC - *Programme of Endorsement for Forest Certification Schemes*

PUR - Poliuretano reativo

ROI – *Return On Investment*

SIPOC - *Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers*

SWOT - *Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats*

TPS - *Toyota Production System*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work in process*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O mercado é atualmente mais generalizado, havendo uma maior facilidade de entrada de novas empresas, pelo que as organizações necessitam de pensar e repensar os seus processos internos de forma a não se tornarem vulneráveis perante os seus concorrentes. As organizações pretendem entregar ao mercado produtos de qualidade, com reduzidos custos e margens de lucro apelativas.

Na indústria gráfica o mercado não apresenta qualquer barreira à entrada de novas empresas nem eventualmente à saída de empresas do setor, e estas vendem produtos semelhantes, pelo que se pode considerar que as empresas deste setor estão a atuar num mercado de concorrência perfeita. O mercado de concorrência perfeita tem como uma das suas principais características, o facto de as empresas serem tomadoras de preço (Krugman et al., 2012). Isto significa que existem no mercado muitos consumidores e muitas empresas que interagem entre si, e que não conseguem a título individual influenciar o preço a que os seus produtos são vendidos ou comprados no mercado (Krugman et al., 2012). Logo, existe uma margem reduzida da variação de preço, para determinados produtos, que a empresa pode pedir aos seus consumidores, porque se a empresa colocar os seus preços acima dos preços do mercado perde clientes, se colocar os preços abaixo do mercado perde lucro, podendo até geral prejuízo.

As organizações, que atuam no mercado de concorrência perfeita, para conseguirem aumentar os seus lucros poderão diminuir os custos internos da produção dos seus produtos. Uma forma de o realizar, sem perder qualidade nos produtos que desenvolvem é, estudar e melhorar os seus processos internos, com o objetivo de procurar reduzir ou eliminar, desperdícios que não gerem valor ao produto (Dinis Carvalho, 2021), ou seja, eliminar ou reduzir os desperdícios *Lean* (Melton, 2005). Empresas que consigam diminuir ao mínimo possível os seus desperdícios, apresentarão um fluxo de trabalho contínuo e mais consistente.

As empresas pretendem atingir a excelência operacional, ou seja, querem ser melhores que os seus concorrentes na capacidade de resposta e na criação de melhorias na produtividade (Rai et al., 2006). Para que isto seja possível os colaboradores e decisores das organizações precisam de ter um profundo conhecimento dos seus processos internos, para os melhorar de forma a obter uma boa coordenação

entre os mesmos e menos desperdícios. Uma melhoria dos processos internos permite que os custos operacionais da empresa diminuam e, conseqüentemente, os ganhos aumentem.

Desde 2011 que as empresas industriais encontram-se a vivenciar a quarta revolução industrial, também designada por indústria 4.0 (Douaioui et al., 2018; Yavas & Ozkan-Ozen, 2020), e, como as anteriores, pressupõe avanços tecnológicos. Estes avanços estão relacionados com produtos e serviços inteligentes, fábricas inteligentes, veículos autônomos e soluções tecnológicas, como *Big Data*. Os avanços nas tecnologias da indústria 4.0 permitem a comunicação em tempo real, para monitorizar e atuar em sistemas físicos (Douaioui et al., 2018). Esses sistemas comunicam e cooperam entre si e com os humanos, o que permite a descentralização e a tomada de decisão (Douaioui et al., 2018).

Estas novas abordagens tecnológicas permitem uma melhor coordenação e interligação entre os diferentes processos que ocorrem em simultâneo para o funcionamento de uma organização. Uma fábrica que consiga implementar as tecnologias digitais utilizadas na indústria 4.0 e sistemas de automatização é uma fábrica mais inteligente que consegue fornecer processos de produção flexíveis e adaptáveis que têm a capacidade de resolver problemas em contextos complexos (Radziwon et al., 2014).

As soluções encontradas pelas empresas, para melhorar os seus processos internos, podem estar relacionadas com as automatizações que devem resultar na otimização da fábrica, na redução de mão-de-obra desnecessária e de desperdícios de recursos que possam existir (Radziwon et al., 2014).

Numa fábrica uma parte dos processos estão dependentes da logística interna, ou seja, dos transportes internos e necessários à natural atividade da fábrica, para garantir que cada máquina possui os materiais e informações que precisa para produzir, para colocar em prática o JIT (Ohno, 1988). Esses transportes devem ser coordenados de forma a minimizar o desperdício que eles representam (Melton, 2005).

A Lidergraf compreende que os transportes internos requerem movimentação e transportes o que constitui um desperdício, porque estas atividades não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente. Neste sentido pretende-se avaliar e analisar se a implementação de um veículo autónomo traria vantagens ao funcionamento da área fabril.

1.2 Objetivos

O presente projeto de investigação pretende rever alguns processos numa empresa da indústria de impressão gráfica, tendo em vista a redução de desperdícios associados a atividades de movimentação e transportes entre postos de trabalho. O principal objetivo desta dissertação é a realização de um estudo da viabilidade económica e funcional da implementação de um Automated Guided Vehicle (AGV).

Com o desenvolvimento deste objetivo espera-se os seguintes resultados:

- Reduzir os desperdícios de movimentação, transporte e esperas;
- Reduzir o WIP;
- Aumentar a produtividade e diminuir custos;
- Melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores.

1.3 Metodologia de investigação

Com a definição dos objetivos de pesquisa foi necessário estabelecer um plano de ações e definir uma metodologia de investigação. Optou-se pela metodologia de Investigação-Ação (*Action-Research*), uma vez que o estudo desenvolveu-se num contexto prático onde o foco era resolver problemas reais identificados na organização. Uma das características da Investigação-Ação é o facto de se tratar de uma metodologia de pesquisa, que é prática e aplicada (Coutinho et al., 2009). Pretendeu-se abordar sistematicamente o problema, e simultaneamente que a intervenção fosse alicerçada em considerações teóricas (O'Brien, 1998). Nesse sentido, esta metodologia pareceu adequada, uma vez que resulta numa combinação entre a teoria e a prática, com uma base auto-avaliativa das possíveis alterações a efetuar.

Para o desenvolvimento desta metodologia criou-se um ambiente participativo e colaborativo entre o investigador, os responsáveis organizacionais e os trabalhadores para identificar possibilidades de melhorias.

O processo é iterativo e cíclico, até se descobrir uma solução final que se adapte à organização e resolva os problemas encontrados (O'Brien, 1998). No final de um ciclo avalia-se as alterações e os resultados obtidos com o intuito de verificar a necessidade de efetuar novos ciclos. Os ciclos posteriores têm métodos aperfeiçoados e a interpretação dos dados é realizada à luz das experiências anteriores (Coutinho et al., 2009).

Esta metodologia tem como princípio “learning by doing”, ou seja, “aprender fazendo”, e apresenta cinco fases:

- Diagnóstico: Efetua-se um levantamento de dados e uma análise crítica da situação atual de uma organização ou um sistema produtivo específico, de modo a identificar possíveis problemas ou oportunidades de melhoria.
- Planeamento de ações: Realiza-se um estudo sobre as possíveis soluções para os problemas inumerados e efetua-se uma proposta de melhoria dos processos atuais com vista a solucionar os problemas encontrados.
- Implementação de ações: Coloca-se em prática o planeamento efetuado anteriormente.
- Avaliação de resultados: Executa-se uma avaliação comparativa dos indicadores de desempenho, iniciais e finais, do sistema produtivo que foi alvo de uma alteração, com vista a compreender se ocorreram melhorias reais nos processos com as alterações efetuadas.
- Especificação da aprendizagem: Ocorre uma avaliação e reflexão dos principais resultados obtidos ao longo de todo o processo de investigação, e avalia-se o estado dos problemas.

Para uma pesquisa inicial recorreu-se a dados secundários, contudo estes dados podem ser uma fonte útil para responder às perguntas de pesquisa (Saunders et al., 2007), utilizando como fontes livros, jornais, artigos, teses e casos de estudo. Porém para a dissertação foram recolhidos também dados primários para correlacionar com os dados secundários.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos. O primeiro capítulo apresenta um enquadramento do projeto, os objetivos a alcançar na empresa, a metodologia de investigação e a estrutura do documento.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica, sendo abordados os tópicos fundamentais do projeto, nomeadamente os relacionados com AGVs, assim como sobre *Lean* e sobre conceitos de simulação.

No terceiro capítulo é realizada uma apresentação da empresa e o modo de funcionamento atual da organização em que este projeto se desenvolveu.

No quarto capítulo efetua-se uma análise crítica aos processos atuais da empresa e à sua atividade diária.

No quinto capítulo procede-se à apresentação e implementação de propostas de melhoria nos processos do *gemba*, bem como um estudo e análise de dados para a implementação de um sistema de AGVs no segundo edifício da empresa.

No último capítulo apresentam-se as conclusões ao projeto desenvolvido e efetuam-se algumas propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Lean Production*

A filosofia de produção *Lean* desenvolveu-se no pós Segunda Guerra Mundial, inspirando-se nas práticas existentes na empresa japonesa Toyota, nomeadamente no Toyota Production System (TPS), tendo como pioneiros Taiichi Ohno (1912-1990), Shingeo Shingo (1909-1990) e Eiji Toyoda (1913-2013). Nessa época as empresas japonesas do setor automóvel não tinham capacidade de competir com as empresas ocidentais, que produziam com base nas técnicas de Frederick Taylor (1856-1915) e Henry Ford (1863-1947). A produção em massa não era viável para empresas que tinham procura variável, quantidades encomendadas mais pequenas e falta de recursos. Por isso no Japão, as empresas começaram a pensar em formas de reagir ao mercado de forma flexível e rápida, com o objetivo de conseguirem competir com as empresas ocidentais.

Lean production é uma ideologia de gestão (Womack et al., 1990) que abrange um conjunto de técnicas que, quando combinadas, permitem maximizar o valor para o consumidor enquanto se reduzem os custos, através da eliminação sucessiva dos desperdícios ao longo de todo o processo produtivo.

Lean production é definida por três elementos-chave o propósito, o processo e as pessoas. A maior força de resistência nas indústrias é a aversão das pessoas pela mudança e, neste sentido, em *Lean* é fundamental que todos os colaboradores tenham um propósito comum, ou seja, um objetivo que vincule todas as pessoas na organização, de forma que os processos sejam realizados de modo correto e sem constrangimentos.

2.1.1 Casa TPS

Lean é baseada no modelo TPS, que pode ser representado pela Casa TPS, com a intenção de representar uma interligação entre as partes que precisam de trabalhar como um todo.



Figura 1 - Casa TPS
(Balle, 2018)

Esta “casa” está assente em dois pilares fundamentais que são o *Just-in-time* (JIT) e o *Jidoka*.

Produzir de acordo com o JIT significa produzir no momento necessário e nas quantidades solicitadas, ou seja, significa fazer apenas e somente o que é efetivamente requerido. Para que isso aconteça os processos produtivos terão de estar desenhados e implementados de forma que componentes e materiais essenciais chegam aos locais onde são indispensáveis apenas quando são precisos. Desta forma não há desperdício no processo, a qualidade dos produtos é consistente e há um fluxo de produção contínuo e uniforme. Uma empresa que estabeleça este tipo de fluxos em todo o processo produtivo, pode aproximar-se do estado ideal de inventário zero, o que é extremamente difícil de alcançar (Ohno, 1988).

Jidoka é uma palavra japonesa que significa automatização. É um método que pretende de forma rápida e automática identificar problemas que podem gerar produção defeituosa. Neste caso as máquinas dispõem de mecanismos de paragem automática caso alguma anomalia ocorra (Dinis Carvalho, 2021). Desta forma os operadores detetam os sinais, sonoros ou luminosos, e podem efetuar as correções e ajustes necessários.

Conforme ilustrado, os objetivos situam-se ao nível da cobertura da “casa TPS”, e são genericamente a melhor qualidade dos produtos, preços de produção mais baixos, *lead time* mais pequeno, melhor segurança e melhor moral dos trabalhadores. Tal só é possível atingir quando se consegue produzir com maior fluidez e eliminar desperdícios dos processos organizacionais.

No centro desta representação, encontram-se as pessoas, o trabalho em equipa e a redução dos desperdícios, tudo isto correlacionado com a melhoria contínua da organização.

Na base da Casa TPS estão presentes conceitos como Gestão Visual, Processos estáveis e normalizados e Produção nivelada ou *Heijunka*. Estes conceitos representam os alicerces da casa, sendo por isso, críticos para o sucesso da implementação da filosofia *Lean*, mas o mais importante é a forma como estes elementos se relacionam e se reforçam uns aos outros (Liker, 2004).

2.1.2 MUDA, MURA, MURI

A filosofia *Lean* tem três “inimigos” que as empresas devem ter em atenção no desenvolvimento dos seus processos e nos seus planeamentos. Esses inimigos são chamados dos 3M's, MUDA (desperdício), MURA (inconsistência) e MURI (sobrecarga).

Todos estes conceitos têm um impacto negativo na produção a curto, médio ou longo prazo e, nesse sentido, deve-se procurar identificá-los na organização e tentar eliminá-los ou minimizá-los, de forma constante. Ou seja, as empresas devem procurar de forma constante, formas de terem a capacidade e a carga bem distribuídas, por máquinas e pessoas, sem sobrecarga, sem variações e sem desperdícios.

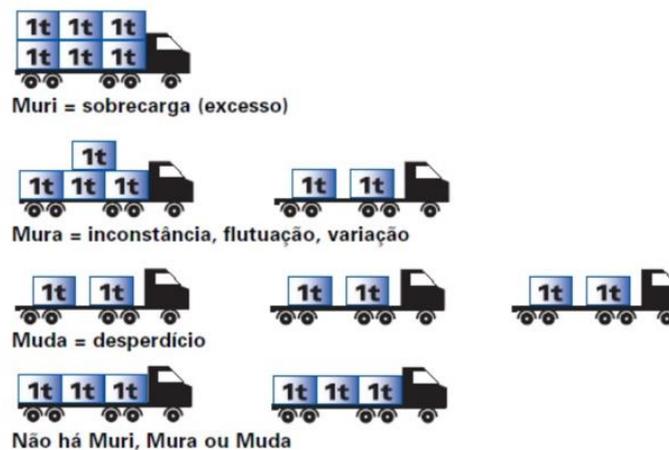


Figura 2 - Representação de MUDA, MURA e MURI do *Lean Institute Brasil*

MUDA é uma palavra Japonesa que significa desperdício, podendo ser entendida como tudo o que não acrescenta valor aos produtos (Dinis-Carvalho, 2010), mas que se materializa em custos produtivos para a empresa, tornando-a menos competitiva no mercado.

Foram classificados sete desperdícios, que consomem recursos às empresas, são eles a: Sobreprodução, Espera, Transporte, Inventário, Processamento excessivo, Movimentos e Defeitos (Melton, 2005). Estes desperdícios podem ser explicados brevemente pela seguinte tabela.

Tabela 1 - Explicação dos 7 desperdícios do *Lean*

Desperdício	Explicação
Sobreprodução	Ocorre quando se produz mais do que a procura ou antes de ser necessário.
Espera	Acontece com pessoas ou máquinas sempre que aguardam por componentes, informação ou pelo término do ciclo da máquina.
Transporte	Existe sempre que há a movimentação de componentes e produtos dentro das instalações ou entre instalações.
Inventário	É todo o produto à espera na fábrica, incluído o <i>work in process</i> (WIP).
Processamento excessivo	É a execução de tarefas que não acrescentam valor para o cliente, mas são necessárias devido à maneira como o processo se encontra atualmente estruturado.
Movimentos	Advém de deslocações de pessoas sem produto com o intuito de recolher material, ferramentas, informação ou para executar tarefas.
Defeitos	Inclui todo o trabalho e retrabalho ligado à produção de defeitos, sucata e reaproveitamento de defeitos.

MURA significa inconstância ou variabilidade. Está relacionado com o desequilíbrio na produção e as variações na carga de trabalho, podendo estas ser temporais, maior ou menor procura, nas máquinas ou em pessoas. Pode ser eliminado através de uma implementação do conceito JIT e da produção puxada (Pinto, 2012).

MURI é todo o tipo de sobrecarga que pode existir numa organização, essa sobrecarga pode ser visível nas pessoas ou nos equipamentos. Pode ser eliminado através de uma normalização do trabalho e dos processos (Pinto, 2012).

2.1.3 Princípios da filosofia *Lean*

Como referido anteriormente um dos objetivos da filosofia *Lean* é a eliminação de todas as operações que representam custos para a empresa, mas que não acrescentam valor ao produto.

O *Lean* encontra-se assente em cinco princípios: Identificar Valor, Identificar a Cadeia de valor, Criar Fluxo, Produção puxada e Melhoria contínua (Womack & Jones, 1996). Com base nestes princípios são mais facilmente identificados os processos que não acrescentam valor ao produto e são, por isso, um custo sem retorno para a fábrica. A partir destes princípios é possível identificar como devem os colaboradores agirem e pensarem com base num objetivo comum.

O ponto de partida para a filosofia *Lean* é a definição de valor. Pode-se identificar valor a partir do ponto de vista do cliente, no que diz respeito às especificações do produto (Womack & Jones, 1996), ou seja, o valor de um produto são as funcionalidades e características que os clientes esperam num dado produto a um dado preço.

No contexto *Lean*, a cadeia de valor é o conjunto de todas as etapas e ações necessárias à satisfação dos pedidos do cliente (Pinto, 2012), ou seja, à criação de um produto ou serviço. Para identificar a cadeia de valor é necessário definir e mapear todos os processos necessários, os que criam e não criam valor ao produto.

Para otimizar toda a cadeia, deve ser reduzido o desperdício de todas as etapas do processo, sendo para isso necessário criar fluxo (Melton, 2005).

Criar fluxo é executar todos os processos de modo contínuo e sem interrupções, apenas com as atividades que acrescentam valor e com as atividades que não acrescentam valor, mas são extremamente necessárias.

Produção puxada ou sistema *pull* (puxado) significa que uma operação é executada apenas quando a operação seguinte precisa do item anterior. Como a entrega de um produto ao cliente é a última operação de um sistema, o fluxo de todos os itens do processo devem ser ajustados à procura (Dinis Carvalho, 2021).

O último princípio é a melhoria contínua, isto significa, a procura por perfeição. Este é o princípio mais relacionado com o capital humano da empresa. A produção *Lean* é um modelo de organização do trabalho, onde os trabalhadores assumem uma posição de pensadores (Alves et al., 2012), ajudando os supervisores a eliminar desperdícios. Isto deve-se verificar ao longo dos anos continuamente para se atingir a perfeição.

2.2 Melhoria contínua

Nesta secção apresentam-se algumas ferramentas *Lean* que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de projetos de melhoria contínua dentro das organizações.

2.2.1 Kaizen

Kaizen é uma palavra japonesa que significa mudar para melhor, está por isso relacionado com a melhoria contínua. As melhorias devem ser realizadas em todas as áreas de uma organização,

envolvendo todos os colaboradores, todos os dias. Para o Kaizen as melhorias podem ser pequenas, mas são resultado de um esforço contínuo.

O Kaizen é uma das ferramentas *Lean* que tem como principal objetivo solucionar problemas e eliminar desperdícios, de forma a aumentar a qualidade dos produtos, diminuir os custos produtivos e melhorar o desempenho organizacional (Singh & Singh, 2009).

Este conceito atribui uma grande importância aos operadores, considerando-os agentes com grande capacidade de encontrar problemas, ou seja, desperdícios e desenvolver ideias para os eliminar. De forma a tornar a organização mais competitiva, simultaneamente tornando os trabalhadores mais participativos, capacitados e satisfeitos no local de trabalho (Singh & Singh, 2009).

2.2.2 Indicadores de desempenho

Indicadores de desempenho são um conjunto de medidas que as empresas utilizam de forma a controlar e avaliar a sua performance ao longo do tempo. Os indicadores medidos e a avaliação dos mesmos determinam ou condicionam ações diárias da empresa, bem como a estratégia global da mesma quando estes são analisados de forma integrada entre si.

Alguns dos indicadores de desempenho utilizados na indústria são:

- Tempo de ciclo

Tempo de ciclo é o período de tempo que decorre entre a produção de duas peças consecutivas ou duas tarefas consecutivas, numa estação de trabalho ou sistema produtivo. Indica de quanto em quanto tempo sai uma peça de uma máquina, célula ou posto de trabalho.

- OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

O OEE é um indicador desenvolvido no âmbito do TPS e é utilizado para medir a eficácia da utilização efetiva da capacidade dos equipamentos, ou seja, das máquinas presentes no *gemba*.

O OEE é determinado pela seguinte equação:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Velocidade} \times \text{Qualidade}$$

A disponibilidade é obtida pelo quociente entre o tempo de funcionamento ou tempo real de operação (tempo de turno menos as paragens previamente planeadas, como pausas de almoço, e as paragens não planeadas, como avarias e *setups*) e o tempo de abertura ou tempo de operação previsto ou tempo planeado de produção (tempo de turnos menos as paragens planeadas). Este fator demonstra o impacto das paragens devidas a avarias e a *setups* realizados ao longo da produção.

A velocidade ou desempenho é calculada dividindo a multiplicação do tempo de ciclo ideal e o número de peças produzidas por tempo de funcionamento. Este fator demonstra o impacto das perdas de velocidade por parte do equipamento por desgaste do mesmo ou por utilização de materiais inapropriados.

A qualidade é obtida pela razão entre a quantidade de peças boas e a quantidade total produzida. O fator demonstra o impacto dos defeitos produzidos.

- Taxa de utilização do equipamento

A taxa de utilização do equipamento é a relação entre o tempo que a máquina se encontra em utilização pelo tempo em que a mesma máquina está disponível para ser utilizada. Pode-se também definir como sendo a relação entre as peças que a máquina produz por hora de trabalho e o número de peças que a máquina tem capacidade de produzir nessa hora de trabalho.

- Horas-homem trabalhadas

Horas-homem trabalhadas pode ser calculado somando o total de horas que os diferentes operadores trabalharam num dado produto, dia ou máquina, ou pode ser calculado multiplicando o número de trabalhadores atribuído a uma tarefa pelo tempo que esta demora a ser executada.

- Produtividade

Um dos indicadores de desempenho de produção mais importante para a indústria é a produtividade.

A produtividade é calculada dividindo um *output* por um *input*, ou seja, é a relação entre a produção (e.g. bens que foram produzidos) e os fatores de produção utilizados nessa produção (pessoas, máquinas, matéria-prima, componentes, entre outros).

A produtividade é tanto melhor quanto maior for a utilização eficiente dos recursos utilizados na fabricação dos bens.

Podemos calcular produtividade de diferentes formas, uma das mais utilizadas é a divisão entre os resultados obtidos, ou seja, uma taxa de produção ou um número de peças produzidas, pelo tempo despendido ou horas-homem trabalhadas nessa produção. Assim, a produtividade daria um valor de peças por horas ou horas-homem trabalhadas.

Pode-se ainda determinar produtividade em termos monetários, determinando o valor económico dos *outputs* e dos *inputs*, desta forma o valor determinado seria o dinheiro gerado por cada euro investido.

- *WIP (Work In Process)*

O WIP é referente à quantidade de artigos que iniciaram o seu processo produtivo, mas ainda não o terminaram, é, por isso, a quantidade de artigos em curso na fábrica, estes artigos podem estar em movimentação ou parados.

2.2.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA foi inicialmente desenvolvido por Walter Shewhart e aperfeiçoado e divulgado por William Edwards Deming. O ciclo *Plan, Do, Check, Act* está recorrentemente associado à melhoria contínua, pois permite controlar e definir uma estratégia para os objetivos que se pretende atingir, sendo dinâmico e simples de aplicar.

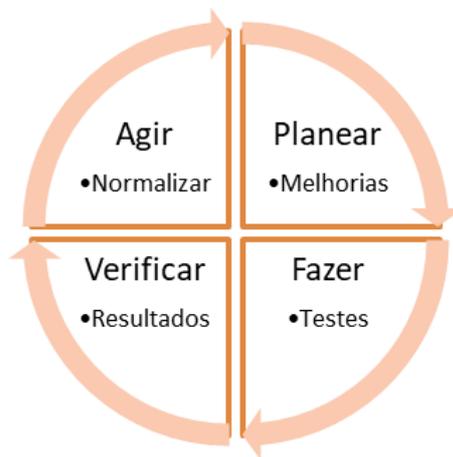


Figura 3 - Ciclo PDCA

Este método é composto por 4 fases que devem ser desenvolvidas ciclicamente até se alcançar um objetivo. Com os resultados obtidos é expectável que a organização obtenha aprendizagem sobre os processos e planeie novas experiências para o mesmo problema ou outros encontrados.

1. *Plan* (Planear) – encontrar um problema ou um desperdício numa operação e definir as melhorias a implementar, isto é, uma nova forma de efetuar as operações.
2. *Do* (Fazer) – executar as melhorias conforme planeado, ou seja, efetuar um teste da nova abordagem.
3. *Check* (Verificar) – avaliar os resultados obtidos.
4. *Act* (Agir ou atuar) – Refletir sobre os resultados e tomar decisões. Se os resultados foram favoráveis normalizar as novas operações. Caso os resultados não cumprem os objetivos voltar a planejar novas alterações.

2.2.4 Padronização ou normalização do trabalho

Padronização ou normalização do trabalho é um método utilizado após o estudo dos processos de produção atuais, com o propósito de eliminar ou reduzir os desperdícios. Quando se efetua uma melhoria é conveniente elaborar uma norma do novo procedimento e treinar os operadores para a nova forma de realizar a tarefa. A norma é a melhor maneira, conhecida até ao momento, de efetuar uma determinada tarefa ou processo.

Realizar normas para as tarefas e processos permite um melhor controlo das ações, resultados mais consistentes e funcionam como base para a formação dos colaboradores. As normas devem ser breves e visuais, ou seja, de fácil compreensão e conseqüentemente de mais rápida assimilação.

Caso não se efetue uma uniformização de operações, em outras palavras, uma norma padrão dos trabalhos que foram melhorados, há uma maior probabilidade de o processo voltar a apresentar os mesmos desperdícios (Feld, 2001) com o passar do tempo.

2.2.5 Mapeamento dos processos

Uma parte importante de análise nas empresas para a tomada de decisões de melhoria dos processos, passa por um estudo dentro das áreas produtivas da indústria. Pois existe uma circulação de materiais, recursos e informação entre máquinas, células, armazéns e edifícios.

Um processo pode ser definido como qualquer atividade ou conjunto de atividades que se inicia com um *input*, adiciona valor ao mesmo e fornece um *output* a um cliente. Assim, um processo é entendido como um fluxo de trabalho, com *inputs* e *outputs* claramente definidos e tarefas que dependem umas das outras numa sucessão lógica. Nesta visão, os processos têm um início e final bem determinados (Gonçalves, 2000).

Para se efetuar a análise correta de todas estas interações internas é fundamental conhecer e registar todos os fluxos dentro de cada processo, desde a sua origem ao seu destino. Assim os decisores terão conhecimento de um mapa operacional interno da empresa, isto significa ter um profundo conhecimento dos processos operacionais da organização, sejam eles fluxos de informação, materiais ou pessoas. Deste modo efetuar melhorias de qualidade dos processos torna-se mais fácil depois de estes se encontrarem mapeados.

Para se efetuar um correto mapeamento é fundamental observar e registar documentalmente a forma atual de realizar todas as operações, de forma descritiva e realista, para ter a possibilidade de estudar e melhorar os procedimentos.

Ao longo dos anos várias foram as técnicas elaboradas para se identificar de forma gráfica e esquemática as etapas da produção, sequência, tempos produtivos e não produtivos, para se reduzirem os desperdícios e tornar os processos mais fluidos e sem constrangimentos. Deste modo, a organização obtém um conhecimento mais claro sobre os processos e as interações entre processos da empresa, sejam estas de materiais, informação ou pessoas.

Algumas das técnicas mais conhecidas atualmente de mapeamento dos processos são o fluxograma, o SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers*) e o mapofluxograma. Todas estas técnicas têm um custo de elaboração relativamente baixo e fornecem importantes informações aos colaboradores sobre o modo atual de funcionamento.

O fluxograma é uma representação esquemática de fácil interpretação e visualização de um processo ou de um conjunto de processos, onde cada símbolo representa uma etapa, decisão ou operação. As etapas, nesta representação, podem seguir-se em sequência ou paralelamente.

Tabela 2 - Principais símbolos de um fluxograma. Adaptado de (Madison, 2005)

Símbolo	Descrição
	Início e fim de um processo
	Uma ação ou operação ou atividade
	Ponto de decisão, revisão ou inspeção
	Armazenamento
	Espera, atraso, gargalos ou problemas de equipamento que resultaram em paragem
	Transporte
	Setas indicativas da direção do fluxo

O SIPOC é uma técnica que possibilita visualizar o processo tendo em conta 5 categorias e as interações entre essas categorias, nomeadamente, fornecedores (internos ou externos), entradas, processo, saídas e clientes (internos ou externos). Este mapeamento é elaborado com 5 colunas que têm como título os

nomes das categorias anteriores, isto pressupõe que um processo ou transformação necessita de uma entrada que só é possível através de um fornecedor e resulta numa saída que será consumida por um cliente. Debaixo das colunas escrevem-se palavras-chaves das interações do processo.

Um mapofluxograma é uma técnica onde se elabora um fluxograma em um mapa do local onde o processo ocorre, pode ser um mapeamento mais complexo que os anteriores em termos de interpretação, contudo fornece indicações de localização.

2.2.6 Diagrama de esparguete

O diagrama de esparguete é uma ferramenta de diagnóstico que permite efetuar um estudo dos movimentos e transportes efetuados num determinado processo produtivo.

Este inicia-se com a planta da unidade produtiva a analisar, o analista desenha nessa planta uma linha que representa todos os deslocamentos efetuados por um ou mais trabalhadores ao longo de um determinado espaço temporal (Feld, 2001).

A elaboração do diagrama de esparguete é simples, e dá ao analista informações importantes como: o número de fluxos, o número de fluxos interrompidos, o número de movimentações, o número de transportes de produtos e a distância da deslocação.

Com o diagrama espera-se identificar deslocamentos desnecessários, ou seja, desperdícios. Tendo como finalidade alterar as rotas de movimentação interna ou o *layout* da unidade produtiva e procurar automatizações facilitadoras do trabalho, com vista a aumentar a eficiência do processo em estudo.

2.2.7 Value Stream Mapping

A análise da cadeia de valor (*value stream*) é considerada uma boa metodologia, para uma análise criteriosa e sistemática, das atividades que criam e entregam valor aos clientes e *stakeholders*.

Uma das técnicas do *Lean production* que tem como principal objetivo identificar os vários tipos de desperdício existentes na organização, e delinear os vários passos para a sua eliminação é o *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento do fluxo de valor (Rother & Shook, 1999).

O VSM é uma ferramenta de diagnóstico pois permite representar os fluxos de materiais e de informação, ao longo de toda a cadeia de abastecimento, desde os fornecedores de matérias-primas até à expedição do produto final ao cliente, de forma a descobrir onde se encontram os problemas de fluidez dentro do processo. (Rother & Harris, 2001)

Para elaborar o VSM devemos começar por agrupar os produtos finais em famílias, conforme os processos, etapas e equipamentos similares pelos quais os produtos atravessam. Deve-se começar por mapear a família de produtos que têm associado um maior potencial de ganho, mas que necessita de ser melhorado (Pinto, 2012). Deve-se iniciar o mapeamento pela expedição e os processos produtivos e de informação, passando seguidamente para as informações relativas aos fornecedores e informações trocadas com os mesmos.

O VSM deve indicar o número de pessoas a trabalhar no processo e em cada posto, e informações relevantes como, por exemplo, o tempo de ciclo de cada tarefa, o tempo de *setup* das máquinas, o *stock* entre tarefas ou postos e informações de turnos.

Com todas estas informações pode-se avaliar a fluidez do sistema através de indicadores de desempenho, e calcular quais os postos de trabalho ou as interações entre os postos a melhorar.

Na figura 4 é possível verificar alguns dos símbolos utilizados num VSM e na figura 5 apresenta-se um exemplo de um VSM.

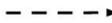
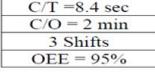
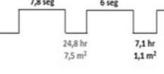
	External customer or supplier		Supermarket
	Load Leveling		External flow of materials
	Working Cell		Kanban post board
	External transport / Frequency daily		Pushed production flow
	Process / Quantity of Operators		Pulled output stream
	Stock		Manual information flow
	Production Kanban		Electronic information flow
	Process data and characteristics		Processing Time Standby Time Occupied zone

Figura 4 – Símbolos utilizados num VSM

(Kyrillos et al., 2021)

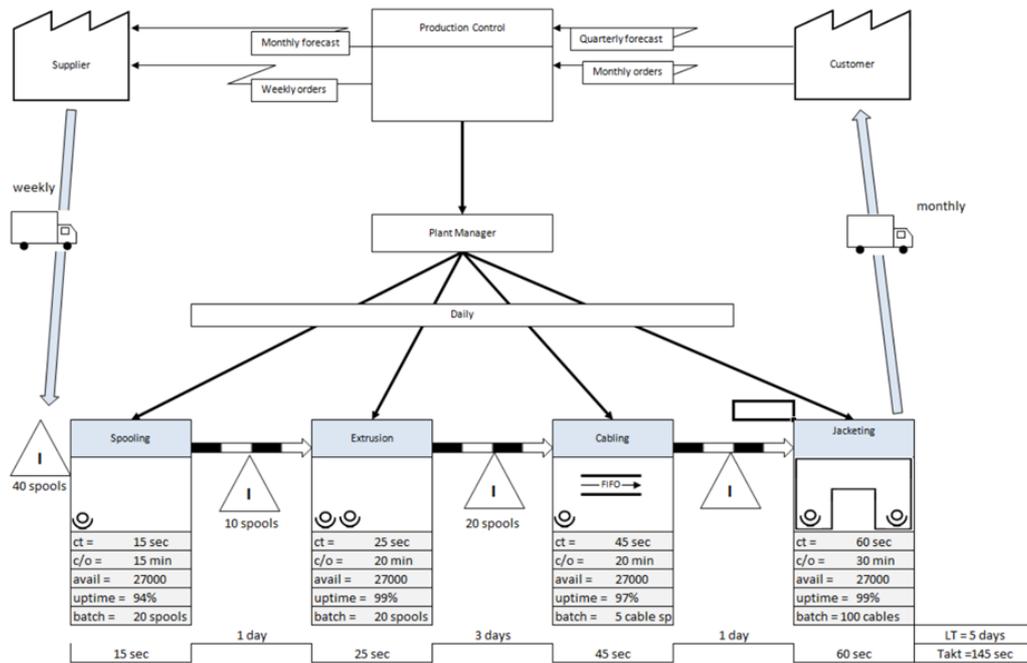


Figura 5 - Exemplo de VSM
(BreezeTree, n.d.)

2.3 Análise Multimomento

No setor industrial é fundamental as empresas terem tempos padronizados dos diferentes trabalhos produtivos, para poderem gerir com eficácia os seus recursos. Neste sentido pode-se recorrer a técnicas estatísticas de medições de trabalho de diferentes tarefas, para se determinar os tempos de execução dos processos. Para efetuar a determinação destes tempos padronizados, a medição dos tempos pode ser efetuada por diferentes técnicas, uma dessas técnicas é a amostragem do trabalho.

A amostragem do trabalho é um método baseado nas leis das probabilidades, onde se considera que uma amostra ocasional retirada de uma população tende a apresentar uma distribuição igual à da população. Assim a amostragem do trabalho pretende efetuar uma mensuração sobre uma amostra e utilizar esses dados para realizar inferências sobre a totalidade da população (Peinado & Graeml, 2007). A utilização deste método é fácil e menos dispendiosa, uma vez que não necessita de uma observação contínua e pode-se concretizar estudos a diferentes máquinas e pessoas em simultâneo.

A análise multimomento é uma técnica estatística, proveniente da amostragem do trabalho, que, de uma forma simples, permite mensurar a proporção de tempo consumido pelos trabalhadores em cada atividade do seu dia a dia.

Inicialmente, define-se um conjunto de operações que um ou mais trabalhadores podem executar, num dado trabalho ou período de tempo. No chão de fábrica efetua-se um conjunto de observações instantâneas, de cada trabalhador a analisar, durante diferentes dias e ao longo de cada dia.

Para que o resultado seja válido é necessário que o controlo seja efetuado seguindo alterações constante no trajeto percorrido pela pessoa que se encontra a recolher os dados, e que o horário da observação seja aleatório, para que os trabalhadores não fiquem condicionados no seu comportamento.

A partir desta análise, é possível determinar a percentagem de tempo que os trabalhadores utilizam em atividades que acrescentam valor ao produto, e as que devem ser repensadas, de forma a serem eliminadas ou reduzidas, uma vez que não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente.

Para se obter dados estatisticamente válidos, ou seja, uma representação adequada da população que se quer estudar, é necessário conhecer o número de observações a efetuar. Para determinar esse número utiliza-se a seguinte equação:

$$n = \frac{Z^2 \times p \times (1 - p)}{\varepsilon^2}$$

Sendo:

n : Número de observações

p : Probabilidade de ocorrência da tarefa na população

Z : Nível de confiança de acordo com a tabela da distribuição normal

ε : Margem de erro máximo tolerado

Para um intervalo de confiança de 95% e uma margem de erro de 5%, pela tabela da distribuição normal o nível de confiança é 1,96. A equação anterior tem um máximo, de observações necessárias, uma vez que quando p aumenta, $1 - p$ diminui, e vice-versa, logo o máximo é atingido para a probabilidade de ocorrência igual a 0,5. Substituindo todos estes valores na equação temos que:

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{0,05^2} = \frac{3,8416 \times 0,25}{0,0025} = \frac{3,8416 \times 0,25}{0,0025} = 384,16$$

Logo, ao efetuar-se 384 observações sabe-se que os resultados terão uma margem de erro de 5%. De salientar que, caso haja um conhecimento prévio da probabilidade de ocorrência, pode não ser necessário efetuar as 384 observações, ter-se-ia de substituir a probabilidade na fórmula anterior.

2.4 Automated Guided Vehicle

Com a evolução tecnológica novas alternativas de transporte na logística interna e externa foram desenvolvidas, pelo que muitas empresas estão a recorrer a avaliações às suas áreas produtivas para determinar a utilidade e a necessidade de uma possível implementação de um veículo autónomo. Neste sentido, recorreu-se a pesquisas sobre os modelos de AGVs existentes, tal como as suas principais aplicações e vantagens associadas.

Os veículos guiados automaticamente são robôs autónomos e móveis que se deslocam sem a intervenção humana (Vis, 2006), com o intuito de transportar bens e materiais, e são integrados num processo automatizado e programados para comunicar com outros robôs.



Figura 6 - Exemplos de sistemas de AGVs
(SSI Schaefer, 2020)

A tecnologia por detrás do funcionamento de AGVs apesar de estar em constante estudo e melhoramento, não é recente. Os primeiros AGV apareceram em 1953 na América como resultado da modificação de um veículo de reboque (Ullrich, 2015). O desenvolvimento e a procura do mercado por este equipamento foram inicialmente impulsionados pela indústria automóvel.

Atualmente, esta tecnologia e os veículos de transporte são procurados por diferentes tipos de indústrias, tanto para a fábrica como para armazéns e centros de distribuição, bem como em ambientes internos e externos (Vis, 2006). Verificando-se deste modo, uma evolução dos sistemas de navegação e dos sistemas de segurança dos equipamentos disponíveis no mercado, sendo estes mais fáceis de implementar e mais económicos, havendo um crescimento do mercado de AGVs (Grand View Research, n.d.).

2.4.1 Vantagens e desvantagens da implementação de um AGV

Implementar um sistema AGV no *gamba* de uma indústria, apesar do custo inicial, apresenta algumas vantagens, como:

- Redução dos custos de mão-de-obra: O primeiro dos custos que se reduz com a implementação de um AGV é o custo de mão-de-obra diretamente imputada aos transportes (Benevides, 2021). Permite a libertação dos colaboradores de trabalhos perigosos, repetitivos ou pesados (Wang et al., 2018) e a realocação dos mesmos a atividades mais gratificantes e intelectuais (Cronin et al., 2019) que acrescentem mais valor ao produto.
- Flexibilidade: Os AGVs com sistemas de navegação mais recentes conseguem ser facilmente reprogramados e adaptados (Wang et al., 2018), tanto ao nível da sequência operacional como do ambiente operacional (Le-Anh & De Koster, 2006). Para além da própria forma do veículo permitir por vezes desempenhar diferentes tarefas.
- Maior controlo das atividades: Obtém-se mais facilmente informações sobre o WIP da fábrica, uma vez que todas as movimentações dos veículos são monitorizadas, o que resulta também numa maior clareza dos processos logísticos internos (Ullrich, 2015).
- Custos energéticos menores: Os AGVs realizam as movimentações pré-definidas e previsíveis, o que resulta numa melhor coordenação desses transportes e movimentos realizados. Isto torna estes veículos mais eficientes do que os veículos operados manualmente no que diz respeito à utilização de energia. Estudos apontam que veículos movidos a bateria, como os AGVs, têm vantagens económicas, ambientais e técnicas, em comparação com as frotas de transporte convencionais (Bechtsis et al., 2017; Schmidt et al., 2015).
- Qualidade e segurança do deslocamento: Os AGVs são veículos que permitem o transporte dos produtos sem os danificar (Ullrich, 2015) o que confere ao transporte qualidade. De forma a garantir a segurança do próprio AGV e do meio ambiente onde este se desloca, estes equipamentos são construídos com dispositivos de segurança (Benevides, 2021) que permitem detetar colisões (esta deteção acontece através de sensores de obstáculos incorporados no veículo), possuem avisos sonoros e visuais e um controlo manual para casos de emergência.
- Aumento da produtividade e da eficiência: Todas estas vantagens resultam num aumento da produtividade, uma vez que há uma melhoria na organização dos fluxos de material e informação, o que aumenta também a eficiência de alocação de recursos, como pessoas (Wang et al., 2018).

Apesar de todas estas vantagens associadas aos AGVs, estes equipamentos apresentam, de um modo geral, algumas desvantagens, como: o custo inicial, que pode ser considerado elevado, custo de manutenção, o desaconselhamento para tarefas que sejam mais esporádicas (Benevides, 2021) e a

possibilidade de avarias que podem colocar o veículo fora de serviço por alguns períodos até que o problema seja identificado e retificado, conseguindo parar ou constranger o normal funcionamento de uma fábrica ou centro logístico.

2.4.2 Tipos de AGV

Atualmente existem no mercado e em desenvolvimento vários tipos de AGVs e com vários tipos de *designs*. Para se escolher o AGV mais adequado é fundamental identificar as tarefas que este irá desenvolver (Lynch et al., 2018), a partir das tarefas nomeamos o melhor veículo para as executar. Neste sentido e tendo em conta a indústria gráfica e a situação em específico não iremos aprofundar as características de AGVs de exterior (capacidades de carga de 3 toneladas, que podem transportar contentores) e AGVs de passageiros (capacidade de transportar pessoas, similar a um autocarro).

Alguns dos AGVs industriais existentes no mercado, para utilização em chão de fábrica, encontram-se a seguir.

Veículos de reboque

AGVs transportadores de carga através de reboques que estão presentes na parte traseira do veículo. Um veículo de reboque pode ser considerado também um veículo multi-carga e pode recolher cargas adicionais enquanto transporta uma carga previamente atribuída o que fará aumentar o rendimento de um sistema produtivo (Le-Anh & De Koster, 2006; Vis, 2006). Este tipo de AGV é mais comum no transporte de produtos e componentes entre estações de trabalho ou pontos de armazenamento, podem transportar variadas cargas, como paletes ou caixas, tudo depende do formato dos seus atrelados.



Figura 7 - Exemplo de AGV de reboque
(Ullrich, 2015)

Veículos de Carga Unitária

Existem vários veículos de carga unitária, eles são todos os veículos que têm uma plataforma e a possibilidade de carregar e descarregar itens em locais devidos para o efeito. Como o nome indica, estes veículos só conseguem realizar o carregamento de uma carga de cada vez (Vis, 2006) e são mais adequados para cargas de tamanho médio a pequeno (Lynch et al., 2018). Dependendo do *design* podem transportar diferentes tipos de mercadoria.



Figura 8 - Exemplo de AGV de carga unitária
(Alstef Group, n.d.-c)

- Veículo com garfos e capacidade igual a empilhadores

Este tipo de AGV, é um veículo de carga unitária que foi desenvolvido para transportar itens colocados em paletes, este transporte ocorre ao nível do solo e em altura, e o equipamento tem a capacidade de carregar e descarregar as paletes (Lynch et al., 2018). São em tudo semelhantes a porta paletes elevatórios e empilhadores (Ullrich, 2015) que, normalmente são conduzidos por um trabalhador, sendo também capazes de operar em *conveyors* e/ou estantes. As capacidades de peso transportado e elevação dependem dos fornecedores e da necessidade da tarefa que vão executar.



Figura 9 - Exemplo de AGV de empilhador
(Alstef Group, n.d.-a)

- AGV Piggyback

Veículo de transporte de paletes ou caixas, mas com aptidão para recolher carga lateralmente (Ullrich, 2015). Estes equipamentos, por norma, têm a altura de transferência limitada e, podem não ter capacidade elevatória. Uma das vantagens deste tipo de equipamentos é que conseguem operar em espaços mais pequenos (Ullrich, 2015).



Figura 10 - Exemplo de AGV *piggyback*
(Alstef Group, n.d.-a)

- AGV Underride

Este tipo de AGV é mais utilizado para transportar cargas que contêm rodas, para isso o equipamento contém uma plataforma que, quando o mesmo está em baixo da carga, levanta e executa o transporte. Este equipamento já se encontra em utilização em alguns hospitais (Ullrich, 2015), mas podem executar funções industriais.



Figura 11 - Exemplo de AGV *Underride*
(Ullrich, 2015)

Após identificar as tarefas a serem realizadas pelo AGV e depois de escolher o melhor tipo de robô para o efeito, passa-se à seleção do sistema de navegação e de sensores do AGV mais adequado tendo em conta o ambiente em que este irá operar (Lynch et al., 2018).

2.4.3 Sistemas de navegação do AGV

Um AGV para se deslocar de um local para outro, dentro de um edifício, necessita de sistemas de informação que indiquem ao veículo a sua posição atual e o caminho a seguir para chegar à posição pretendida. Os sistemas de informação que fornecem estas informações ao AGV são chamados de sistemas de navegação do AGV. Existem vários tipos de navegação que proporcionam ao veículo diferentes tipos de flexibilidade de movimentos, isto porque o trajeto que o AGV pode percorrer pode ser fixo ou livre (Vis, 2006) dependendo do tipo de sistema de navegação. Assim, pode-se dividir os sistemas de navegação em 3 tipos: fechada, híbrida e aberta.

Navegação Fechada

Sistemas de navegação fechada são sistemas cujos percursos dos AGVs são determinados previamente por fios no solo ou marcações no chão (Vis, 2006) e não possuem a capacidade de evitar obstáculos.

As técnicas de navegação fechada são:

- Navegação indutiva

A navegação indutiva, ou sistema filoguiado, foi a primeira tecnologia a ser utilizada para guiar um veículo ao longo dos transportes executados. Neste tipo de navegação são colocados fios elétricos no chão, o que produz um campo magnético no meio envolvente. A emissão deste fluxo magnético é captada por sensores presentes no AGV que ajusta a sua posição consoante as variações do campo magnético detetadas, e permite adaptar a velocidade do veículo (De Ryck et al., 2020).

Apesar deste tipo de navegação permitir elevada precisão nos movimentos realizados pelo AGV e um controlo preciso da posição do veículo, não é flexível a mudanças no layout das instalações (Lee & Yang, 2012) e requer tempo para a sua instalação, uma vez que é necessário aplicar um fio elétrico no subsolo.

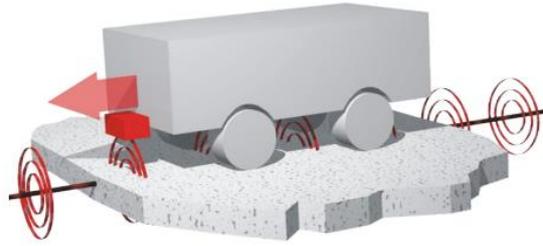


Figura 12 - Ilustração de um sistema de navegação indutivo
(Ullrich, 2015)

- Navegação ótica

A navegação ótica consiste na colocação, no chão, de uma fita adesiva colorida ou uma linha marcada a tinta, esta marcação cria um contraste de cores. O AGV possui sensores óticos ou fotossensores que leem as marcações e a partir dessa leitura gera-se o movimento das rodas do veículo (Ullrich, 2015).

Este tipo de navegação é mais barato, uma vez que não é necessário abrir e cortar o pavimento para se colocar a fita, esta encontra-se à superfície e permite uma grande precisão de movimentos. Contudo esta técnica não fornece ao AGV flexibilidade de movimentos nem flexibilidade de mudanças de processos. Para além disso a fita adesiva, ou a linha marcada a tinta, podem ser facilmente danificadas o que gera problemas de funcionamento porque o AGV deixará de identificar o percurso.

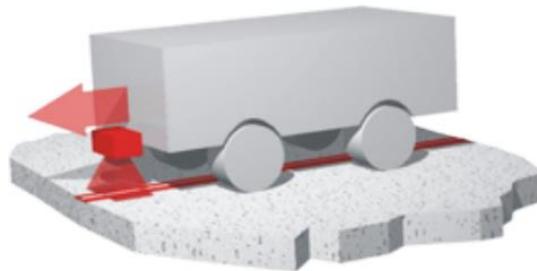


Figura 13 - Ilustração de um sistema de navegação ótica
(Ullrich, 2015)

- Fita magnética

Em tudo semelhante aos anteriores sistemas. Os percursos são marcados na superfície do chão por uma fita magnética e o AGV possui sensores magnéticos que detetam o campo magnético, resultando no movimento do veículo ao longo do percurso definido (De Ryck et al., 2020).

Esta tecnologia é simples de implementar e é mais fácil alterar os percursos que os métodos anteriores, mas não possui grande flexibilidade de movimentos do AGV e a fita magnética pode também ser danificada com o tempo.

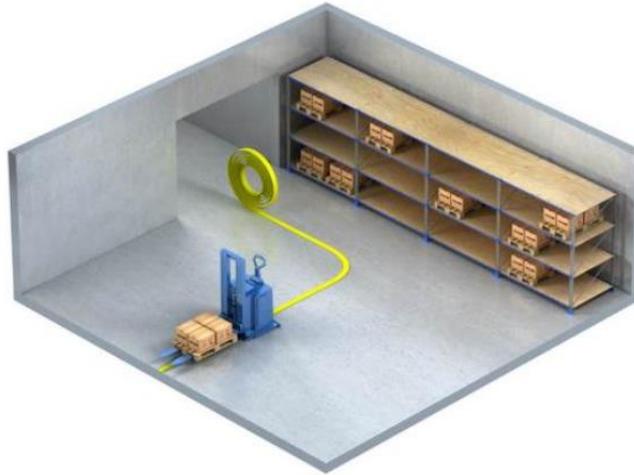


Figura 14- Ilustração de um sistema de navegação com fita magnética
(ASAP Rental Automation, n.d.)

Navegação Híbrida

Sistemas de navegação híbrida são semelhantes aos sistemas de navegação fechada, no sentido em que o percurso é igualmente pré-definido por marcas artificiais, contudo os sistemas são mais evoluídos e os AGVs têm a capacidade de se desviarem da rota para contornar obstáculos, ou seja, os veículos possuem sensores que permitem detetar os constrangimentos no percurso pré-definido.

Navegação Aberta

Sistemas de navegação aberta são sistemas mais recentes em que o AGV tem conhecimento do mapa virtual do meio envolvente em que se desloca e pode realizar os transportes navegando livremente nesse ambiente fabril.

As técnicas de navegação aberta são:

- Laser

O sistema de navegação por laser baseia-se na triangulação laser. Existem vários dispositivos no edifício que têm associadas coordenadas geográficas conhecidas. Esses dispositivos e o AGV possuem um emissor laser e um scanner que emitem e refletem feixes laser, estas interações de emissão e reflexão de feixe laser permite determinar a distância, ângulo e posição do AGV em relação ao alvo. As coordenadas de saída são marcadas num controlador de bordo e a localização do AGV é calculada para a sua navegação (Lee & Yang, 2012).

Este método de navegação é flexível, uma vez que é relativamente fácil alterar a posição dos dispositivos e os caminhos pré-definidos. Contudo é uma tecnologia mais cara que as anteriormente mencionadas, é difícil de pôr em prática em áreas amplas e está sujeita a erros do ponto de vista posicional do AGV caso um dos alvos não consiga emitir ou refletir feixes laser.

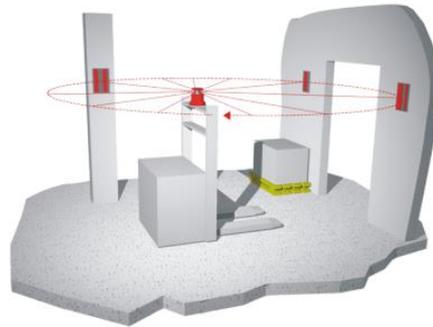


Figura 15 - Ilustração de um sistema de navegação laser
(Ullrich, 2015)

- GPS

O sistema de navegação por GPS utiliza satélites, com posições conhecidas no meio envolvente do veículo, que emitem sinais que são detetados pelo recetor de GPS no AGV, possibilitando o cálculo da distância a cada satélite. Esta informação é utilizada para determinar a posição absoluta do recetor utilizando a trilateração como processo de posicionamento. Pelo menos quatro satélites têm de ser visíveis para possibilitar a navegação (De Ryck et al., 2020).

Este método de navegação é bastante flexível e adaptável a mudanças de *layouts* e de processos. Contudo para utilizar esta tecnologia é preciso uma linha de visão clara para o céu o que é difícil de conseguir em ambientes fabris (Ullrich, 2015). Pode-se utilizar como alternativa, um Radar de Posicionamento Local (LPR) na fábrica em vez de satélites (De Ryck et al., 2020).

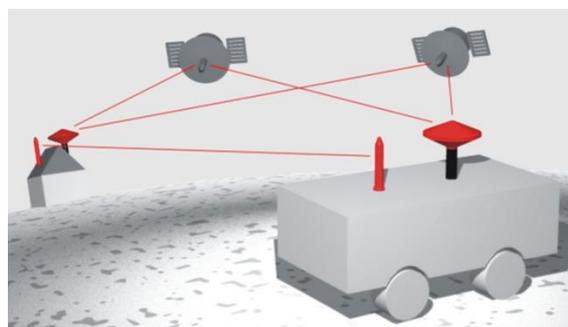


Figura 16 - Ilustração de um sistema de navegação por GPS
(Ullrich, 2015)

- Natural ou controlo

O sistema de navegação natural ou de controlo, utiliza um laser específico – *Lidar Detection and Ranging* (LiDar), que analisa o ambiente e reconhece paredes, pilares e outras estruturas fixas presentes no ambiente envolvente, permitindo desta forma determinar a posição do AGV. O veículo requer um mapa interno do ambiente, o laser mapeia o ambiente desconhecido, medindo distâncias a diferentes objetos (De Ryck et al., 2020).

Este é um método de fácil adaptação e flexível pois não é necessário alterar o edifício para implementar esta navegação e nenhuma infraestrutura extra é necessária para o correto funcionamento do robô (De Ryck et al., 2020), contudo a navegação do AGV é pouco precisa, o método é sensível à reflexão dos materiais, objetos transparentes podem não ser detetados e o custo dos sensores é elevado.

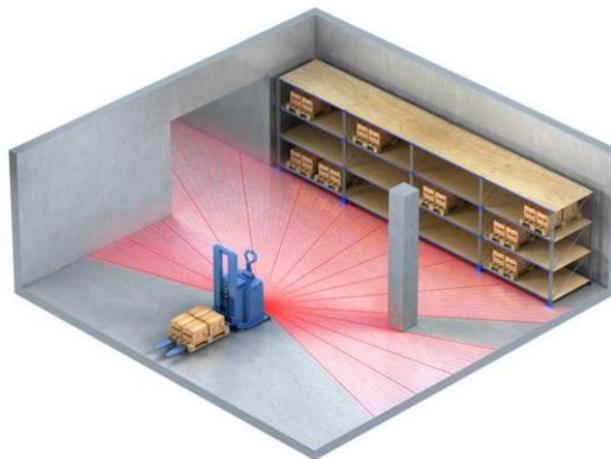


Figura 17 - Ilustração de um sistema de navegação natural
(ASAP Rental Automation, n.d.)

- Visão guiada

O sistema de navegação de visão guiada é semelhante ao anterior, a diferença está na forma de rastrear o meio envolvente. Neste método a rastreabilidade do meio envolvente ocorre através de uma câmara presente no AGV que permite fornecer nuvens de pontos 3D, construindo o ambiente onde este circula (De Ryck et al., 2020). Desta forma o veículo consegue deslocar-se sabendo se o ponto a seguir se encontra ocupado ou não e realiza os movimentos necessários para executar o transporte.

Este método é também de fácil adaptação e flexível a alterações do meio e de processos. Mas não é um método com muita precisão do movimento e as imagens da câmara são sensíveis à luminosidade (De Ryck et al., 2020).

2.4.4 Viabilidade económica da implementação de um AGV

Um fator importante na implementação de qualquer equipamento novo numa empresa é a avaliação económica do projeto. Isto é, se o projeto a curto, médio ou longo prazo traz vantagens económicas para a organização.

Para realizar uma análise económica de um projeto pode-se comparar os custos do investimento em automatização com os custos dos métodos de produção atuais (Wilson, 2015), determinando o momento a partir do qual o investimento começa a gerar um retorno financeiro positivo, ou seja, o valor investido é inferior ao valor economizado, chamado de Retorno do Investimento ou ROI (Ullrich, 2015; Wilson, 2015). O ROI também pode ser entendido como uma relação entre o custo do capital investido e as receitas que esse capital gerará. Esta relação pode ser dada num determinado período de tempo ou de forma cumulativa ao longo da vida útil do investimento (Ullrich, 2015).

Para realizar a análise financeira de um projeto de automatização, Wilson (2015) explica uma forma de realizar as considerações de um investimento a partir de uma análise financeira que intitulou de “rápida”. Nesta análise realiza-se um levantamento da poupança dos custos em mão-de-obra (MDO), que diretamente realizam as tarefas atuais de funcionamento das operações, e compara-se essa poupança ao custo do investimento em automatização.

$$\text{Poupança esperada} = \text{Total de horas de MDO economizadas} \times \text{Custo por hora de MDO}$$

Assim o período de retorno é calculado dividindo o custo estimado de aquisição do equipamento pela poupança esperada (Wilson, 2015). Nesta avaliação financeira outros custos ou poupanças diretos, óbvios e de fácil contabilização, podem ser considerados nos cálculos.

Numa análise posterior e mais detalhada do investimento, devem ser tidos em conta outros custos de implementação da automatização, como por exemplo manutenções, custo residual do equipamento, entre outros, e outras poupanças que podem resultar da implementação do projeto, deve-se realizar um estudo de cada uma dessas possíveis poupanças a partir de uma análise da situação atual e da previsão da situação após automatização (Wilson, 2015). Alguns dos possíveis fatores a estudar são:

- Aumento da qualidade do produto;
- Aumento da segurança;
- Aumento da flexibilidade da produção.
- Aumento da fiabilidade da operação;

- Aumento da produtividade;
- Redução dos custos de fabricação;
- Redução da rotatividade da mão-de-obra e do absentismo;
- Redução de espaço ocupado no chão de fábrica.

Mesmo com uma análise financeira da automatização é necessário ter em consideração que alguns fatores podem influenciar a tomada de decisão da concretização do investimento, nomeadamente a posição competitiva da empresa, as exigências dos clientes, a flexibilidade da automatização para eventos futuros, entre outros aspetos.

Por norma as empresas têm definido um ROI máximo para os seus investimentos de acordo com as suas políticas internas (Ullrich, 2015; Wilson, 2015).

2.5 Simulação Industrial

Uma boa forma de se efetuar uma análise sobre a implementação de um AGV é recorrendo a uma ferramenta de simulação industrial.

A simulação industrial consiste na utilização de um *software* que permite criar um sistema ou processo industrial de forma a experimentar ou testar novas abordagens de funcionamento nesse processo ou sistema ao longo do tempo (Banks, 1998). Assim é possível comparar diretamente a nova abordagem com a atual, podendo, desta forma, tirar conclusões acerca da viabilidade da implementação de um diferente modo operatório do processo.

Para que isso seja possível é preciso criar um modelo que represente o sistema atual, ou seja, é necessário criar uma réplica dos vários processos com as suas características e funções, para depois se criarem possíveis cenários, isto é, formas de executar a simulação e analisar os diferentes comportamentos do modelo e verificar qual a melhor alternativa. Nesta abordagem é condição fundamental o conhecimento profundo do sistema atual que se pretende estudar para se realizar uma simulação industrial.

Um sistema pode ser definido como sendo um conjunto de elementos distintos que exercem entre si uma interação ou interdependência, sendo possível existir sistemas dentro de outros sistemas, os limites de cada sistema devem ser claramente definidos.

Um modelo é uma representação de um sistema real ou sistema atual e nele devem ser abordados apenas os aspectos fundamentais da realidade para uma melhor análise (Banks, 1998; Hillier & Lieberman, 2010).

Simular possíveis alterações aos processos industriais tem vantagens quando comparado com a implementação no ambiente industrial sem simulação. Algumas dessas vantagens são:

- A possibilidade de estudar o comportamento de um sistema sem ter de o construir, reduzindo assim maus investimentos em infraestruturas (Banks, 1998; Ullrich, 2015);
- A possibilidade de testar e analisar vários cenários (Banks, 1998) e dessa forma prever os resultados reais existindo a possibilidade de comparação dos diferentes cenários;
- A simulação não requer que o sistema seja alterado no mundo real, ou seja, não será necessário existir tempos de paragem para testar novas abordagens;
- É possível simular horas, dias, semanas ou anos de atividade de uma indústria em um sistema em poucos minutos;
- Os custos de realizar uma simulação são muitas vezes menores que os custos de uma implementação real de uma nova abordagem (Banks, 1998; Ullrich, 2015);
- A simulação quando comparada com as ferramentas analíticas (modelos matemáticos) é mais simples de desenvolver e implementar e permite incorporar com mais rigor, os fenómenos de natureza aleatória.

No entanto esta abordagem apresenta algumas desvantagens, como:

- A simulação exige muito tempo. Quanto maior a complexidade do modelo, e o grau de precisão pretendido, mais tempo será necessário e mais dispendiosa será a simulação;
- Pode exigir um elevado poder de computação. Existem problemas muito complexos que poderão exigir supercomputadores;
- Os dados necessários à construção do modelo podem ser difíceis de obter;
- Não pode ser considerada uma ciência exata.

Para analisar a implementação de um AGV, realizar uma simulação é uma boa abordagem, uma vez que o custo de implementação de um equipamento sem um estudo da utilização do mesmo pode ser mais dispendioso que a construção e análise de uma modelação. O *software* escolhido deve ter algumas funcionalidades como veículos autónomos com capacidade de transportar material e componentes que

tenham a capacidade de recriar o funcionamento de máquinas e de locais de espera. Com a simulação pode ser estudado o número de AGVs necessários no modelo, a taxa de utilização de cada veículo, a melhor rota a seguir entre uma origem e um destino, a capacidade do AGV, entre outros fatores.

O SIMIO é um *software* de simulação de fácil utilização e intuitivo, possui objetos inteligentes que imitam uma variedade de máquinas, robôs, veículos, clientes, entre outras, o que permite construir num único passo animação e lógica no modelo e existe a possibilidade de visualizar o modelo em 2D e 3D (Simio, n.d.). O SIMIO tem a capacidade de executar um modelo interativo e um modelo experimental. O modelo interativo é útil para a construção do modelo porque permite executá-lo com formas animadas. No modelo experimental é possível realizar experiências e analisar o impacto no desenvolvimento do sistema.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1 História da empresa

A LiderGraf, Artes Gráficas, SA é uma empresa gráfica, fundada em março de 1994, atualmente situada em Vila do Conde. Ao longo desta dissertação será mencionada como Lidergraf.

Na empresa trabalham 134 pessoas divididas em 2 fábricas e 3 regiões, estando toda a parte produtiva e administrativa em Vila de Conde, e duas delegações comerciais, em Lisboa e Barcelona.



Figura 18 - Fachada da Lidergraf em Vila de Conde

A Lidergraf é uma marca de referência em Portugal no setor gráfico, e procura afirmar-se a nível europeu. Alguns dos momentos mais importantes da história da empresa estão referenciados na tabela 3.

Tabela 3 - Evolução histórica da Lidergraf

Ano	Acontecimento
1994	Criação da Lidergraf Lda
1997	Instalação da primeira máquina plana de grande formato
1999	Alteração para Lidergraf SA e Certificação da Qualidade
2001	Mudança de instalações, edifício 1 de Vila de Conde com área fabril de 4000m ² e instalação da primeira rotativa
2006	Certificação Ambiental
2007	Construção do edifício 2 de Vila do Conde
2008	Licença Ambiental 92/2008 e Certificação PEFC e FSC (Certificação do produto)
2010	Membro BCSD (Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável)
2011	Aquisição de uma máquina de alta produção a cores e primeira colaboração com o Instituto Kaizen para melhoramento dos processos e procedimentos

2013	Criação da Delegação de Lisboa
2014	Colaboração com o Instituto Kaizen para melhoramento dos processos e procedimentos
2017	Colaboração com o Instituto Kaizen para melhoramento dos processos e procedimentos
2018	Certificação IDI
2019	Criação da Delegação de Barcelona
2021	Certificado EU Ecolabel (Certificação do produto de impressão rotativa)

3.1.1 Missão, visão e valores

A Lidergraf tem como missão oferecer soluções, produtos gráficos e serviços a um preço justo e com absoluta responsabilidade social, ambiental e ética. Pretendendo que no presente e futuro sejam considerados a melhor empresa gráfica aos olhos de clientes, colaboradores, fornecedores e investidores. A Lidergraf definiu os valores e princípios que identificam a organização e que podem concretizar a missão e a visão da empresa, esses valores são:

Empenho – ser interessado, dedicado e diligente na execução.

Inquietude – ser inconformado com o *status quo* e ser atraído por tudo o que é novo e promover a mudança e evolução.

Abertura – ser recetivo ao mundo, às pessoas e às ideias. Transparente e sincero na forma como os aborda.

3.1.2 Estrutura organizacional da empresa

A nível organizacional a Lidergraf encontra-se subdividida em diferentes departamentos, mas todos trabalham de forma integrada para garantir o bom funcionamento da empresa. A figura abaixo apresenta a estrutura organizacional atual da empresa.

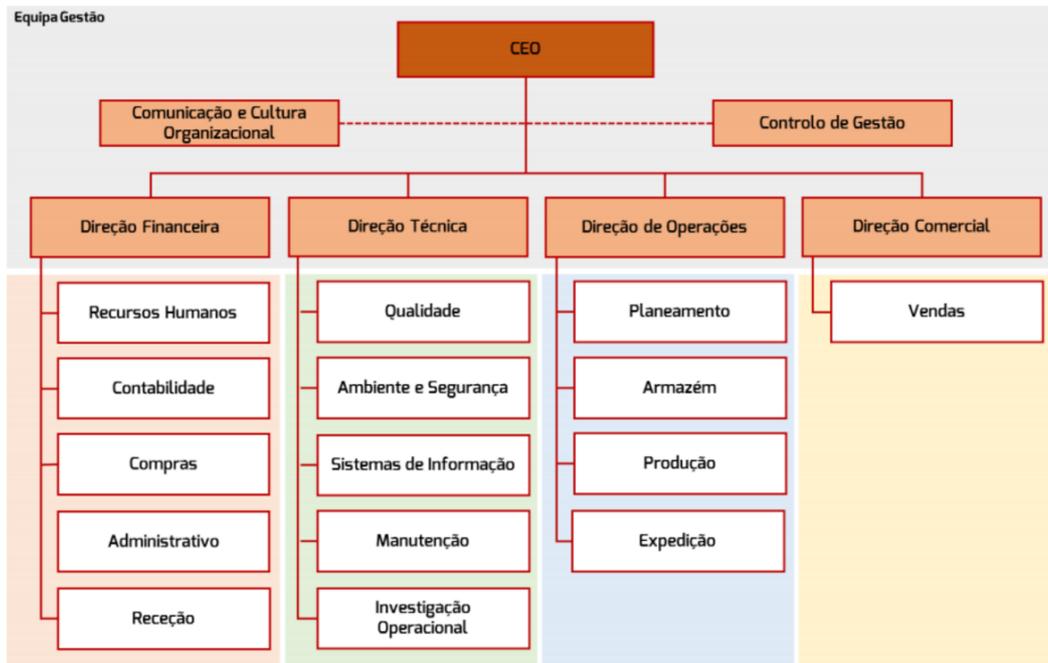


Figura 19 - Estrutura organizacional

Na área fabril a Lidergraf funciona por equipas alocadas a máquinas, cada máquina tem um Líder de Equipa Natural, que a empresa denominou de LEN. O LEN coordena o trabalho da equipa de acordo com as capacidades de cada trabalhador e do planeamento. O LEN é o operador com maior conhecimento da máquina, com capacidade de preparar e corrigir erros da máquina de forma autónoma. Em cada máquina existe ainda o segundo homem, que para a empresa são os trabalhadores que têm maior capacidade de trabalho na máquina a seguir aos LENs.

A fábrica da Lidergraf trabalha a 3 turnos rotativos, das 7h-15h30, das 15h30-00h e 00h-7h, durante 5 dias por semana.

3.2 Descrição do sistema produtivo

A área fabril da Lidergraf encontra-se dividida em dois edifícios, tendo em conjunto uma área de 12.500m² inseridos numa área total de 35.300m². Estes dois edifícios partilham entre si os setores de produção.

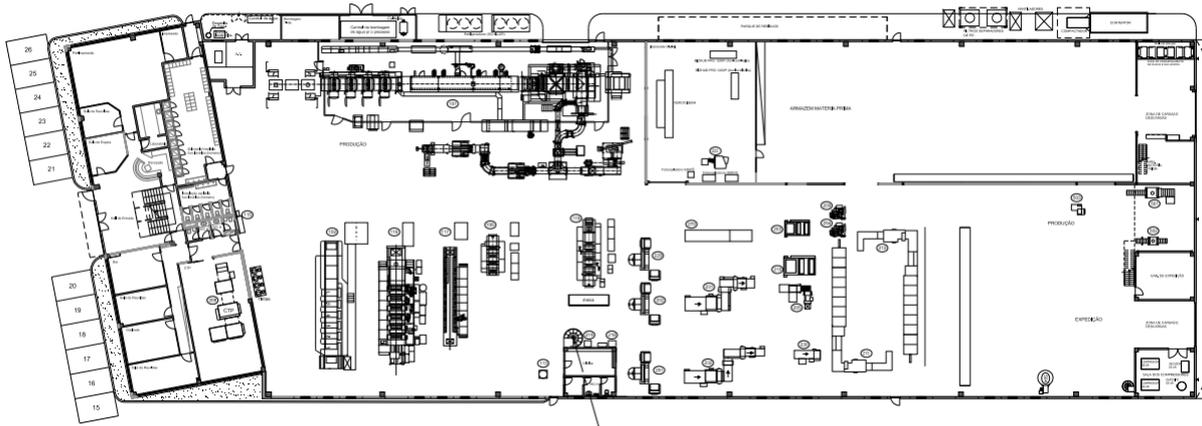


Figura 20 - *Layout* do edifício 1

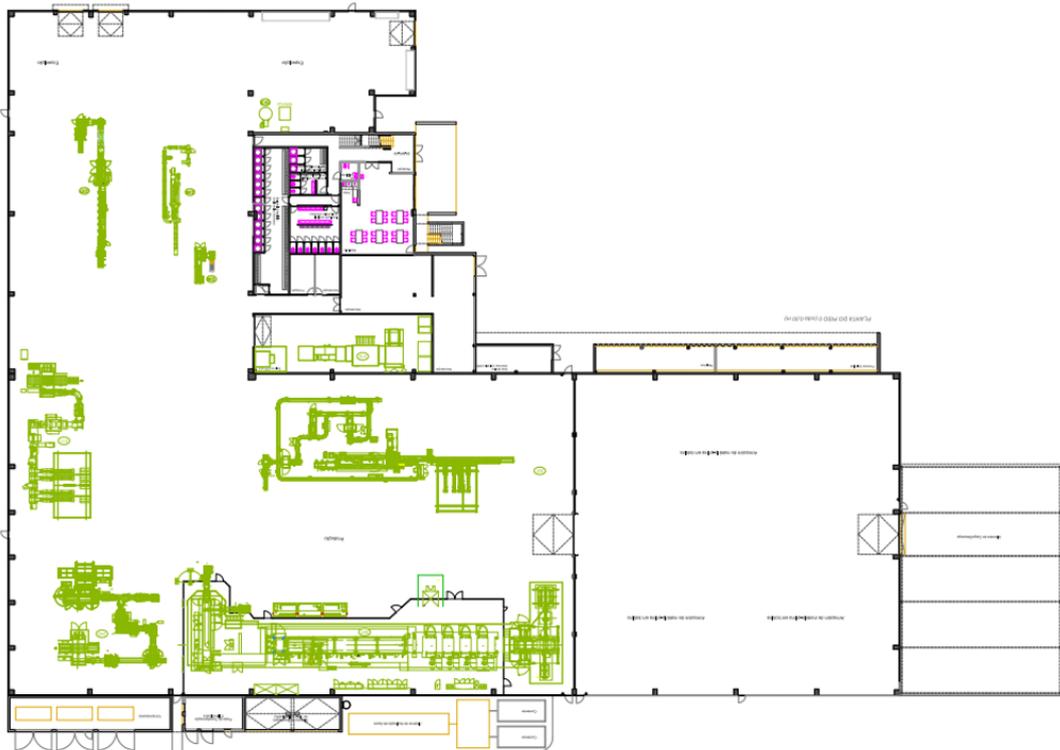


Figura 21 - *Layout* do edifício 2

O negócio da Lidergraf é a impressão e acabamento de diferentes tipos de produtos, nomeadamente folhetos publicitários, catálogos, brochuras, revistas e livros.

Os produtos mais produzidos na Lidergraf são folhetos da máquina rotativa, revistas agrafadas e brochuras coladas.

3.2.1 Processos e máquinas

Quando uma Folha de Obra (FO) é aberta pela equipa comercial da empresa, esta tem todas as indicações do roteiro do produto, bem como indicação das matérias-primas e dos componentes a utilizar

para cada operação. Após o cliente enviar as artes finais do produto a equipa da pré-impressão prepara os ficheiros para, posteriormente se efetuar a gravação das chapas que irão seguir para as máquinas de impressão.

Numa FO deve constar o tipo de impressão, rotativa, offset ou digital, bem como o tipo de acabamentos, colar, agrafar, embalar ou coser, presentes em cada componente do produto, ou seja, nos cadernos, que constituem o interior do artigo, e a capa, que constitui o exterior do artigo. É com base nesta informação que a equipa do planeamento efetua o planeamento para a alocação dos recursos às máquinas, ou seja, componentes necessários para a produção, como, por exemplo, o tipo de papel, o tempo de utilização de cada máquina a cada produto e os recursos humanos necessários para cada FO.

O chão da fábrica da Lidergraf está dividido em 3 grandes secções: armazém e expedição, impressão e os acabamentos.

Impressão

A Lidergraf tem 3 tipos de impressão:

- Offset

É um processo de impressão indireto, onde a impressão presente na chapa metálica é passada para um cilindro da máquina que, posteriormente faz a impressão no papel. Isto ocorre com base na repulsão entre água e gordura (tinta). A empresa tem 3 máquinas *offset*, estando todas localizadas no edifício 1. Cada máquina de *offset* necessita de 2 trabalhadores.

- Rotativa (*Heatset*)

É um processo de impressão também indireto, tal como na impressão *offset*, mas o papel é alimentado na máquina através de uma bobine. A máquina tem a capacidade de impressão, secagem (numa estufa), dobra e corte em linha e consegue realizar a impressão simultaneamente nas duas faces do papel. Este tipo de impressão é mais utilizado para trabalhos de grande tiragem.

A empresa tem duas máquinas de impressão rotativa, uma no edifício 1, a M600, e uma no edifício 2, a Lithoman.

A M600 é uma máquina rotativa com capacidade até 16 páginas A4, permite uma tiragem de 55 mil exemplares por hora, opera com 3 trabalhadores e é uma máquina mais antiga e mais pequena que a Lithoman.

A Lithoman é uma máquina rotativa com capacidade até de 48 páginas A4, permite uma tiragem de 45 mil exemplares por hora e opera, por norma, com 4 trabalhadores.



Figura 22 - Máquina de impressão rotativa (*Lithoman*)

- Digital

É um processo de impressão direto, onde a impressão é realizada com recurso a um computador que contém um ficheiro digital e uma impressora que realiza a impressão do ficheiro digital diretamente no papel. As máquinas de impressão digitais encontram-se apenas no edifício 1.

Acabamentos

Há um conjunto de tarefas e máquinas imputadas à secção dos acabamentos:

- Corte

São realizados os cortes no papel necessários de acordo com as indicações da FO. As máquinas que executam esta operação são as guilhotinas, estas máquinas encontram-se no edifício 1.

- Corte e vinco

São realizados os cortes e vincos no papel necessários de acordo com as indicações da FO, tendo a capacidade de realizar picote ao longo do artigo. As máquinas que executam esta operação são as máquinas de corte e vinco, estas máquinas estão presentes no edifício 1.

- Dobra

As máquinas de dobra, presentes apenas no edifício 1, são utilizadas para formarem cadernos dobrados a partir das folhas de papel maior. Um caderno é constituído por um conjunto de páginas, por norma 4,8,12,16,24 e 32. Estes cadernos são necessários para as operações seguintes.

- Agrafar

As máquinas de agrafar primeiro realizam a operação de alcear os cadernos, ou seja, colocar um caderno dentro de outro e assim sucessivamente. Por fim colocam a capa no produto e agrafam-no para de seguida a mesma máquina realizar o corte do excesso do produto, através das guilhotinas trilaterais presentes na máquina. Estes restos de papel vão para o sistema da apara de papel que tem ligação entre o exterior da fábrica e diferentes máquinas no interior.

A empresa tem três máquinas que fazem este trabalho, duas no edifício 1, duas ST300, e uma no edifício 2, a Tempo22. A tempo22 é uma máquina mais nova, com uma capacidade produtiva maior e necessita para operar de 2 trabalhadores. Na tempo22 os cadernos podem entrar na alceadora de forma automática, basta que tenham vindo da Lithoman em forma de balote.



Figura 23 - Máquina de alcear e agrafar (Tempo22)

- Brochar (colar)

As máquinas de brochar são as máquinas que alceiam os cadernos lado a lado construindo um bloco que é fixado com cola à capa. Estas máquinas também fazem o corte trilateral do excesso do produto no fim da linha e estes excessos vão para o sistema da apara. Nesta operação é necessário os operadores

terem atenção à quantidade e qualidade de cola disposta em cada tipo de produto, por causa da qualidade e durabilidade das revistas e/ou livros.

Por norma, os cadernos são colocados na máquina no início da linha, na alceadora, para depois a máquina colocar os cadernos lado a lado, em bloco, e posteriormente dispor a cola e a capa. As máquinas têm um número limite de cadernos que podem alcear, pelo que, por vezes, o mesmo artigo tem a necessidade de entrar duas vezes na mesma máquina para alcear a totalidade de cadernos que um produto contém. Quando isto acontece as máquinas de brochar tem um Alimentador de Blocos, que é uma parte da máquina que consegue inserir na linha um conjunto de cadernos já alceado, que já tem uma espessura considerável. Desta forma a máquina consegue na linha juntar este bloco aos restantes cadernos que faltam para constituir o produto final.

Para executar esta operação a empresa tem duas máquinas no edifício 2, a Acoro e a Bolero.

A Bolero é uma máquina mais nova com uma capacidade de 8 mil exemplares por hora e permite alimentar até 12 cadernos na alceadora, 4 podem ser colocados de forma automáticos com uma máquina e os restantes são manuais, e apresenta um sistema na alceadora que impede a máquina de avançar se um caderno diferente estiver para entrar, este sensor chama-se asir. Esta máquina tem a capacidade de utilização de dois tipos de cola, EVA e PUR, que depende da resistência que se pretende conferir ao produto. Por fim, consegue realizar dois tipos de corte, o corte trilateral e o corte bilateral, este último é utilizado em artigos cuja capa possua badana.



Figura 24 - Máquina de alcear e colar (Bolero)

A Acora tem uma capacidade de 5 mil exemplares por hora e de alcear 10 cadernos todos de forma manual, esta máquina só tem capacidade para utilização de um tipo de cola, EVA.



Figura 25 - Máquina de alcear e colar (Acoro)

- Coser

Os cadernos podem ser alceados e cosidos a fio numa máquina situada no edifício 2, a Ventura. Quando os cadernos vão a esta máquina, depois de estarem em bloco, precisam de entrar numa máquina para realizar a colagem da capa.



Figura 26 - Máquina de alcear e coser (Ventura)

- Embalar

Os livros e revistas ainda podem ser embalados em plástico caso o cliente o solicite, para realizar essa operação recorre-se à máquina Onyx, encontra-se no edifício 2.



Figura 27 - Máquina de embalar (Onyx)

3.2.2 Análise dos roteiros da empresa

Como um produto pode seguir inúmeros caminhos no chão de fábrica, porque pode passar por diferentes operações, em conjunto com a empresa, optou-se por efetuar uma análise dos roteiros mais usuais para concentrar os estudos da dissertação no edifício que se apresenta com mais movimentos e transportes. Analisou-se as FO do período de tempo entre janeiro de 2018 e dezembro de 2021. Os resultados estão representados na figura abaixo, de forma simplificada.

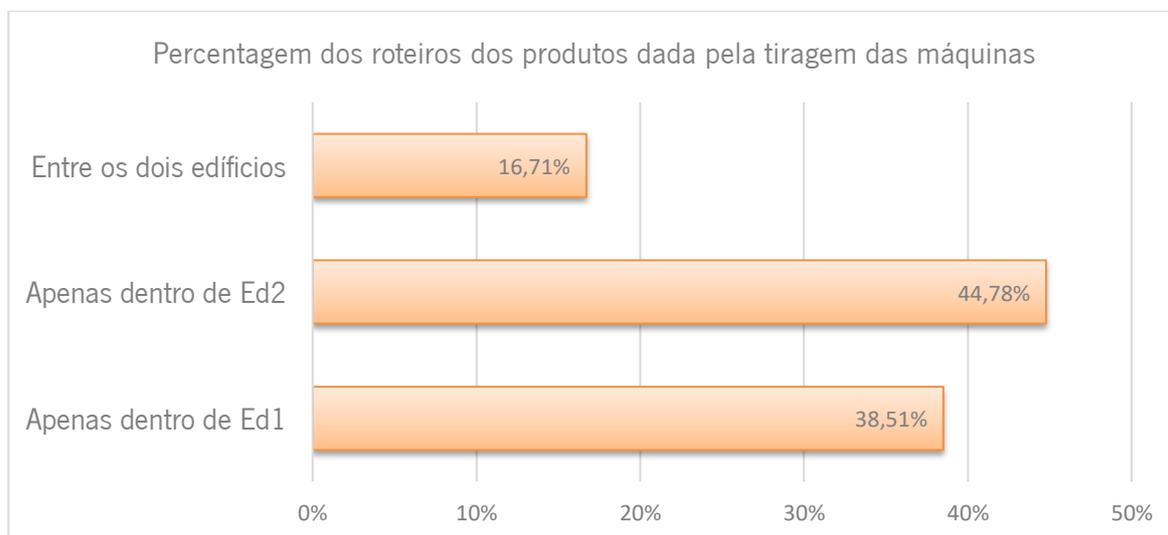


Figura 28 - Percentagem agregada de ocorrência dos roteiros da fábrica

Uma vez que é no edifício 2 que ocorre um maior fluxo de materiais e que este edifício é o maior, a dissertação e o estudo de melhorias será mais direcionado para este edifício bem como para as máquinas e processos aqui presentes.

3.2.3 Fluxograma do Edifício 2

As máquinas que estão alocadas ao edifício 2 são definidas de forma sucinta na tabela abaixo.

Tabela 4 - Máquinas do edifício 2

Máquina	Especialidade
Lithoman	Máquina de impressão rotativa
Bolero	Máquina de alcear e colar
Acoro	Máquina de alcear e colar
Tempo22	Máquina de alcear e agrafar
Ventura	Máquina de alcear e coser
Onyx	Máquina de embalar

Os processos executados pelas máquinas do edifício 2 estão representados, de forma simplificada, no fluxograma abaixo. No Apêndice 2 – Fluxograma do edifício 2 encontra-se o fluxograma completo.

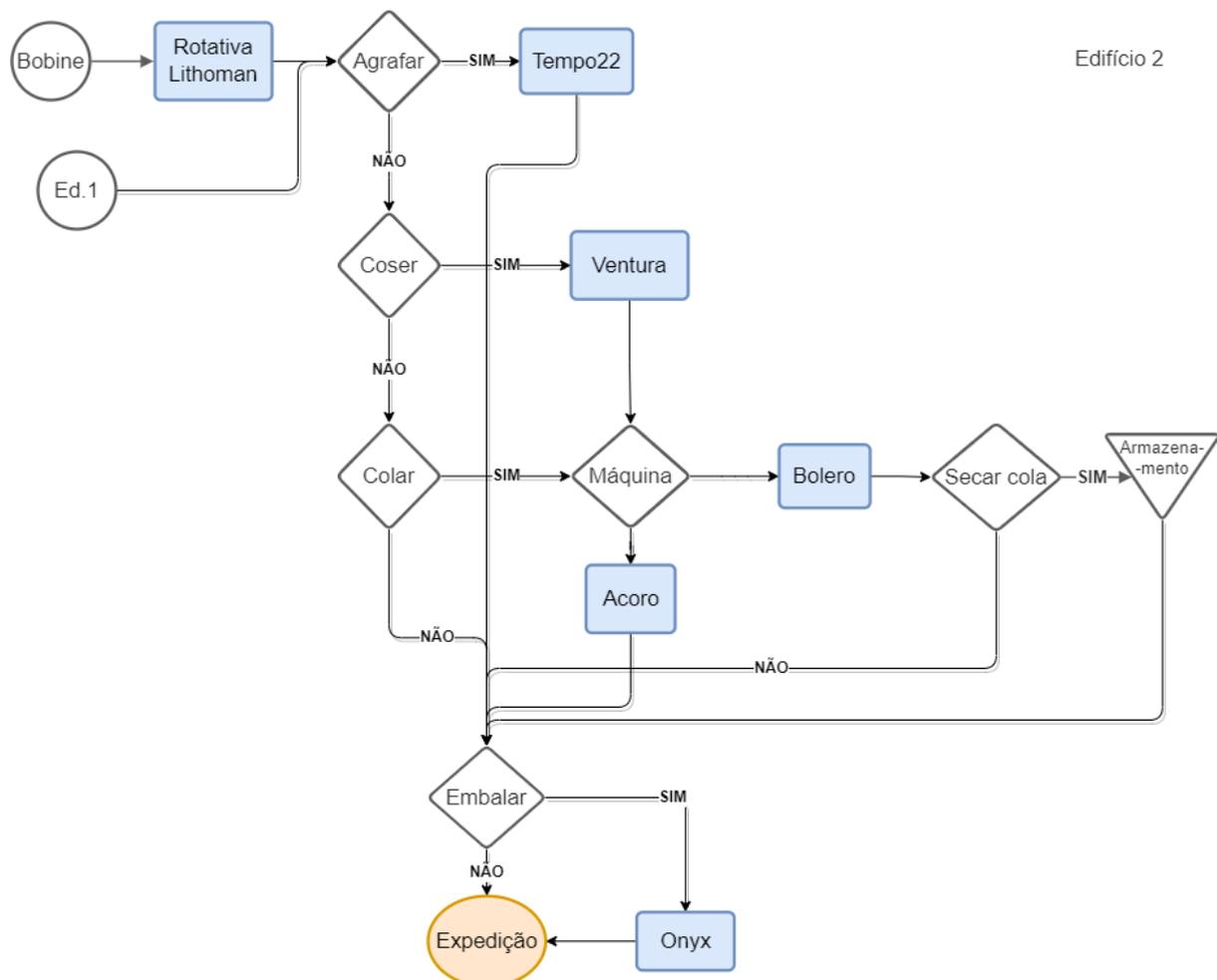


Figura 29 - Fluxograma dos roteiros das máquinas do edifício 2

4. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DA EMPRESA

4.1 Análise da produção da revista A

A produção da revista A tem uma forte relevância para a empresa porque é uma revista com uma tiragem elevada, produzindo-se um grande número de unidades por FO, e é uma revista colada de produção mensal.

A revista A é composta por uma capa, dois cadernos (que entram na máquina de forma automática), e duas monofolhas, uma das quais com metade do tamanho da revista. Esta composição requer alguns cuidados especiais ao longo do processo de produção na máquina Bolero, como a velocidade de produção.

Na Bolero, a revista A tem uma operação distinta das restantes revistas. Essa operação é a colocação dos maços (produto final), que saem da máquina, dentro de caixas. Depois coloca-se de novo as caixas, já com o produto final dentro, na linha para passar na máquina que coloca a fita cola e, posteriormente, no robô que compõe a palete de caixas.

Quando a palete se encontra completa um operador retira-a da linha de saída e faz a etiquetagem de todas as caixas na palete, de forma a colocar o máximo de etiquetas visíveis, seguidamente faz o transporte para a expedição. Desta forma, esta FO mensal é a única produção que não sai da máquina com a palete completa para seguir o seu destino, expedição ou armazenamento para secagem de cola PUR, para conferir resistência ao produto.

A produção da revista A na máquina Bolero é realizada à velocidade de 5 mil exemplares por hora, devido às características do produto. Este trabalho é realizado com 5 pessoas, normalmente esta máquina tem apenas 3 colaboradores. Os trabalhadores efetuam as seguintes tarefas, ver figura 30:

- Trabalhador 1: colocar produto no início da máquina de forma manual, isto é, diretamente na alceadora;
- Trabalhador 2: colocar produto no início da máquina com auxílio de um equipamento, que possui a capacidade de levantar mil cadernos de uma só vez;
- Trabalhador 3: colocar as capas na máquina, confirmar a qualidade do produto e resolver problemas na máquina, este trabalhador é sempre o LEN da máquina;
- Trabalhador 4: colocar os maços de revistas em caixas;

- Trabalhador 5: etiquetar as caixas na palete, levar a palete com produto final à expedição e montar caixas para *stock*.

Os dois operadores que estão no fim da linha não são, por norma, trabalhadores habituais da máquina, pelo que não têm conhecimentos específicos do funcionamento da Bolero, não podendo ajudar os restantes trabalhadores em caso de paragens ou avarias da máquina.

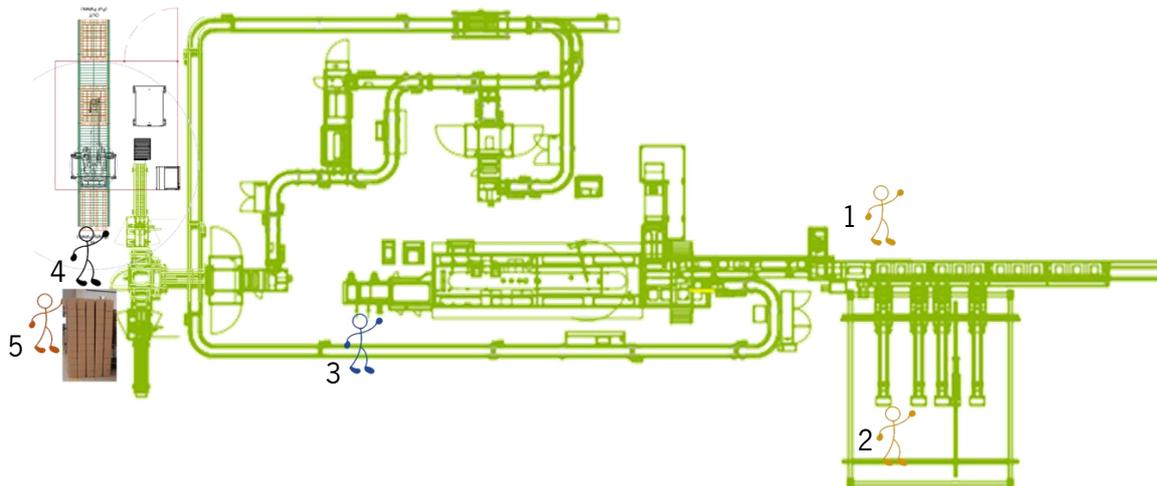


Figura 30 - *Layout* da Bolero com a disposição dos trabalhadores na produção da revista A

Uma vez que eram atingidas grandes quantidades de caixas montadas à espera, e estas constituíam *stock*, e *stock* é um dos desperdícios *Lean*, foram retirados alguns tempos na produção desta revista.

Esses tempos foram recolhidos a diferentes pessoas e diferentes equipas. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos da máquina existente, nem de outros abrandamentos regulares ao longo do processo.

Na tabela seguinte encontram-se alguns dos tempos recolhidos, aos trabalhadores do fim da linha de produção da revista A na Bolero.

No tempo de fazer uma caixa, foi considerado o tempo desde que se pega na caixa desmontada, até que se coloca num determinado lugar, que pode ser na linha ou na mesa (junto à saída da máquina que forma os maços de revista, os trabalhadores nesta produção dispõem de uma mesa para colocar caixas e outros materiais necessários) ou num lote para *stock* (caixas montadas são colocadas umas em cima das outras, formando colunas que os trabalhadores deixam no chão quando já não têm espaço na mesa).

No tempo de colocar o produto na caixa desde que pega na caixa já montada, foi considerado o tempo desde que pega na caixa da mesa ou do *stock* até que empurra para a mesma seguir para colagem de fita cola. Na prática esta é a tarefa do 4º trabalhador na produção.

No tempo de colocar o produto na caixa desde que pega nas revistas, foi considerado o tempo desde que o trabalhador pega no maço, ou parte do maço, que terá de colocar na caixa, até que empurra para a mesma seguir para colagem de fita cola. Isto significa que é uma parte da tarefa do 4º trabalhar da produção, que não considera o tempo de montagem da caixa ou de ir buscar a caixa já previamente montada.

Tabela 5 - Tempos do fim da linha da Bolero na produção da revista A

Tempo em segundos	Fazer uma caixa	Colocar o produto na caixa desde que pega na caixa já montada	Colocar o produto na caixa desde que pega nas revistas	Caixas gastas em 1 minuto
Média	8	18	10	3
Moda	8	15	8	3
Mínimo	5	11	5	2
1º Quartil	7	14	8	3
2º Quartil	8	17	10	3
3º Quartil	9	21	12	4
Máximo	20	43	25	5
nº observações	41	43	42	10

Quando a palete sai da máquina o 5º trabalhador tem de efetuar a etiquetagem e transportar a palete, esses tempos encontram-se na tabela seguinte. De realçar que os tempos de transportes da palete são de trabalhos que têm a mesma deslocação, saída de linha da bolero para expedição.

Tabela 6 - Tempos adjacentes da produção na Bolero da revista A

Tempo em segundos	Etiquetar caixas na palete	Transporte da palete da bolero para expedição	Transporte de retorno da expedição para bolero
Média	381 (6 min 22 seg)	80	49
Moda	—	65	51
Mínimo	276 (4 min 36 seg)	45	22
1º Quartil	312 (5 min 11 seg)	58	44
2º Quartil	390 (6min 30seg)	65	49
3º Quartil	451 (7 min 31 seg)	82	52
Máximo	480 (8 min)	362	72
nº observações	7	26	25

A partir destes dados podemos realizar uma representação dos tempos produtivos e de espera dos trabalhadores de fim de linha. Tendo em atenção que estes tempos não consideram pequenas paragens de máquina, nem abrandamentos da mesma, o que é usual ocorrer, a representação esquemática abaixo também não considera tais ocorrências.

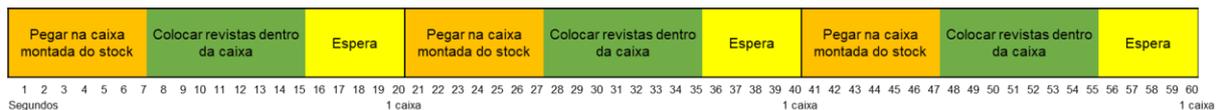


Figura 31 - Representação esquemática dos tempos de produção do 4º trabalhador na produção da revista A na máquina Bolero

Pelos dados iniciais da produção desta revista, o 4º trabalhador passa cerca de 7 segundo a pegar na caixa em *stock*, 8 segundo a colocar as revistas na caixa e a arrastar a caixa para a máquina da fita cola e 5 segundos em espera.

Pela atual configuração da paleta deste produto, se a máquina não tiver numa paragem, sairá uma paleta a cada 22 minutos. Pelo que o 5º trabalhador passa certa de 6 minutos e meio a colocar etiquetas na paleta e 2 minutos a realizar o transporte da mesma à expedição. Conclui-se que o trabalhador passa os restantes 13 minutos e meio a montar caixas para *stock*. Em cada minuto consegue montar cerca de 7 caixas.

Os tempos associados ao 2º trabalhador, ou seja, ao trabalhador que efetua a reposição dos cadernos em balotes na alceadora, encontram-se na tabela 7. Um balote é uma forma de armazenamento dos cadernos quando estes saem da Lithoman. Um balote é constituído pelos cadernos, por duas placas de madeira, uma no início e outra no fim, e por uma fita a prender e dar suporte ao balote.



Figura 32 - Balote e alceadora de entrada automática da máquina da Bolero

Sempre que um trabalhador coloca um balote, tem de se retirar a fita e as placas de madeira para posteriormente ajustar os cadernos do balote, para ficarem o mais próximo possível. A operação colocar o balote contabiliza o tempo decorrente entre pegar no balote da paleta e colocá-lo na máquina. A operação ajustar o balote contabiliza o tempo desde cortar a fita até terminar o ajuste dos cadernos.

Tabela 7 - Tempos de início de linha da Bolero na produção da revista A

Tempo em segundos	Colocar 1 balote na alceadora	Ajuste de 1 balote na máquina	Tempo entre reposições de balotes
Média	30	61	439 (7 min 19 seg)
Moda	23	75	—
Mínimo	19	27	284
1º Quartil	24	51	368
2º Quartil	30	60	410 (6 min 50 seg)
3º Quartil	33	70	452
Máximo	51	88	763
nº observações	23	18	15

Pela informação na tabela e tendo em conta que nesta produção existem dois cadernos que entram na máquina da Bolero em balote, é possível representar esquematicamente o tempo do 2º trabalhador quando a produção está a decorrer de acordo com a figura abaixo.

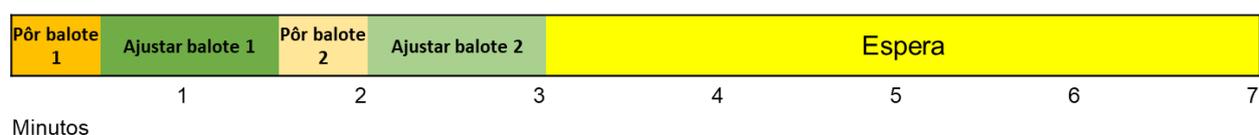


Figura 33 - Representação esquemática dos tempos do 2º trabalhador na produção da revista A na Bolero

Quando o trabalhador termina a paleta de semiacabado tem de ir repor a paleta, os tempos destas reposições encontram-se na tabela seguinte. Os trabalhadores colocam uma paleta junto à máquina e outra paleta imediatamente atrás dessa paleta, para depois fazerem a reposição, segundo eles, mais rapidamente em caso de as paletes de semiacabado se situarem armazenadas num local mais afastado da máquina.

Tabela 8 - Tempos de reposição de paleta com semiacabado na Bolero

Tempo em segundo	Transporte de semiacabado para bolero	Transporte de porta paleta para ir buscar semiacabado	“Arrastar” paleta de 2ª fila
Média	49	33	18
Moda	49	25	—
Mínimo	14	4	12
1º Quartil	31	25	16
2º Quartil	49	32	18
3º Quartil	57	45	20
Máximo	108	55	25
nº observações	32	25	5

Por norma uma palete de semiacabado contém 14 balotes, pelo que é necessário cerca de 1 hora e 30 minutos para o trabalhador trocar a palete de semiacabado.

Realizando uma média das últimas duas FO desta produção, à data da análise inicial dos tempos, pode-se afirmar que as horas-homem trabalhadas na Bolero nesta produção são cerca de 113 horas e 3 minutos.

4.2 Análise Multimomento

Realizou-se uma análise multimomento aos equipamentos que apresentam maior taxa de utilização dentro do edifício 2. Esta análise teve como intuito ficar a conhecer as tarefas dos funcionários de cada máquina e a relevância dessas tarefas no tempo total produtivo.

Neste sentido, foram realizadas análise às máquinas Lithoman, Bolero e Tempo22. Uma vez que estas apresentaram durante o ano de 2021 uma taxa de utilização, de 47%, 32% e 8% respetivamente, de acordo com dados fornecidos pela empresa. Sendo que estas taxas de utilização são inferiores aquilo que seriam num ano normal (i.e., efeito da pandemia), pois em 2021 ocorreu uma redução de trabalho. Estas máquinas têm recolha de dados produtivos, por parte da empresa e têm a capacidade de terminar a produção com uma palete completa. As restantes máquinas têm a necessidade de um operador no fim de linha para montar a palete (Acoro, Ventura e Onyx).

Todas as análises Multimomento foram realizadas em mais que um dia, a diferentes tipologias de trabalho e diferentes equipas, para que os dados fossem o mais próximo possível dos valores reais. As observações registadas correspondem ao número de pessoas alocadas à máquina no momento da observação. Foram agrupadas as observações que ao longo dos dias tenham resultado num somatório inferior ou igual a 5, por serem tarefas que podem ser consideradas necessárias, mas esporádicas, e para que os gráficos apresentados fossem mais perceptíveis, essas tarefas apresentam a designação “outras tarefas”.

Análise multimomento da Lithoman

A análise efetuada aos trabalhadores da Lithoman ocorreu durante 7 dias. De realçar que a Lithoman, por norma, trabalha com 4 operadores.

Pode-se resumir a distribuição do trabalho da rotativa, Lithoman, da seguinte forma:

- O primeiro trabalhador encontra-se por norma no início da máquina, a efetuar a preparação da bobine para entrar na máquina, e efetua o *setup* da parte da máquina que incorpora na linha a bobine.
- Os dois trabalhadores junto à zona de verificação do produto e ajuste da máquina. Nesta análise este ajuste à máquina é realizado junto aos “terminais gráficos” incorporados na máquina, que intitulamos na recolha de dados como “mexer no computador”. São nestes terminais gráficos que estes dois trabalhadores efetuam o acerto das tintas, dobras, tensões, entre outros. Estes trabalhadores realizam inclusive a limpeza da máquina e as trocas de chapas para início da produção.
- O trabalhador que se encontra no fim de linha, efetua o *setup* da linha de saída da máquina e faz os devidos ajustes da parte final da máquina ao longo da produção, realiza os transportes das paletes e coloca produto na paleta, quando o produto não vai para a parte automática por questões de qualidade.

A figura abaixo apresenta os dados da análise efetuada à Lithoman.

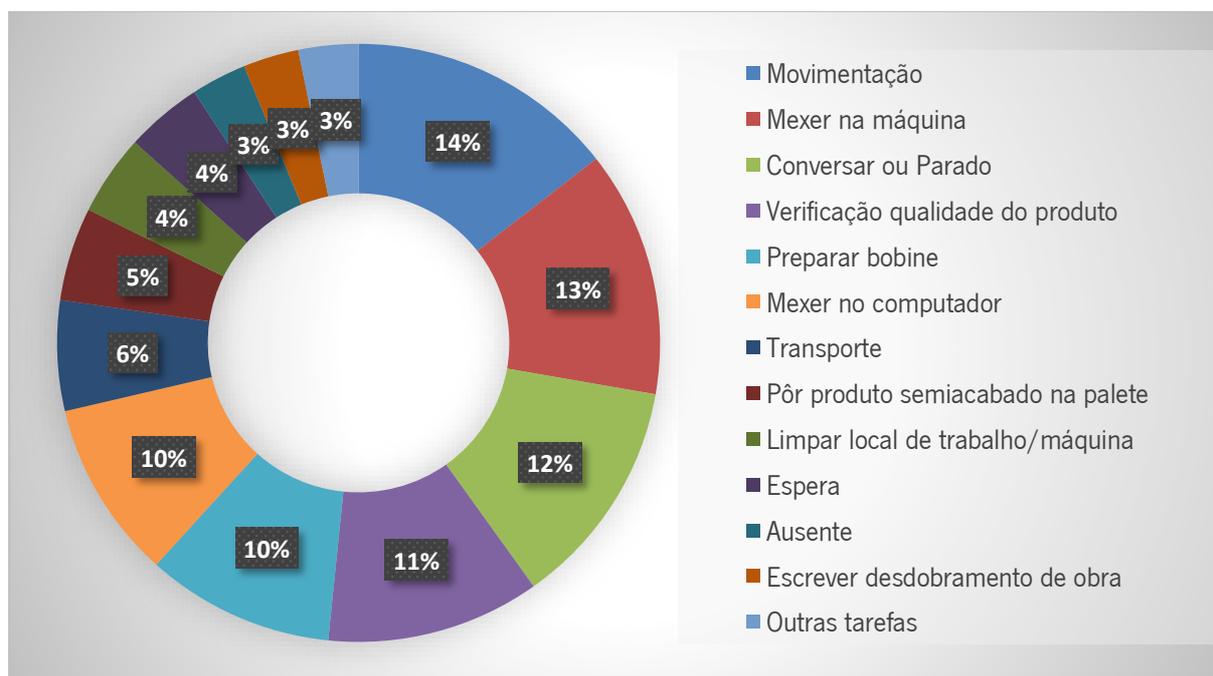


Figura 34 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Lithoman

Pelos resultados obtidos podemos verificar que a movimentação é a tarefa mais frequente. Isto pode ser justificado pelo facto de esta ser a maior máquina da empresa, e pelo motivo de que sempre que há mudanças de trabalho ou um problema a resolução requer uma movimentação dos operadores. O local onde o trabalhador se encontra quando a máquina se encontra em *run* não é, normalmente, o mesmo

sítio onde o operador resolverá problemas de máquina ao longo da produção, nem onde realiza o *setup* dos trabalhos.

Quando a máquina Lithoman se encontra em produção estabilizada, esta tem poucas operações manuais, o que justifica os tempos não produtivos dos operadores, como conversar ou estar parado e a ausência dos trabalhadores no local de trabalho. Os funcionários encontram-se no local para se certificarem de que a máquina não tem variações, nem ruturas de banda, ou seja, de papel ao longo da máquina, mas naturalmente encontram-se parados ou a conversar uns com os outros. Conversar, abarca igualmente a passagem de testemunho entre turnos, nomeadamente indicando ao próximo trabalhador o estado atual das operações.

As esperas pressupõem espera por produto, estando por isso mais relacionado com os tempos de espera por produto no fim da linha, quando os trabalhadores por motivos de qualidade do produto pegam nos maços e colocam-no na paleta à mão, em vez de ser a máquina a efetuar essa operação.

Na Lithoman verifica-se a realização da tarefa transporte 6% do tempo de trabalho, em que a máquina se encontra em utilização. Estes transportes podem ser de produto acabado ou semiacabado, bem como de paletes necessárias para a produção e são normalmente efetuados pelo trabalhador de fim de linha. Em determinados trabalhos esta é a principal tarefa do operador durante o tempo em que a máquina já se encontra a produzir constantemente.

Para se estudar melhor o impacto das tarefas do trabalhador de fim de linha no total da máquina, realizou-se uma análise desse trabalhador com as mesmas características que a anterior. Esta análise decorreu durante 4 dias e obteve-se os seguintes resultados.

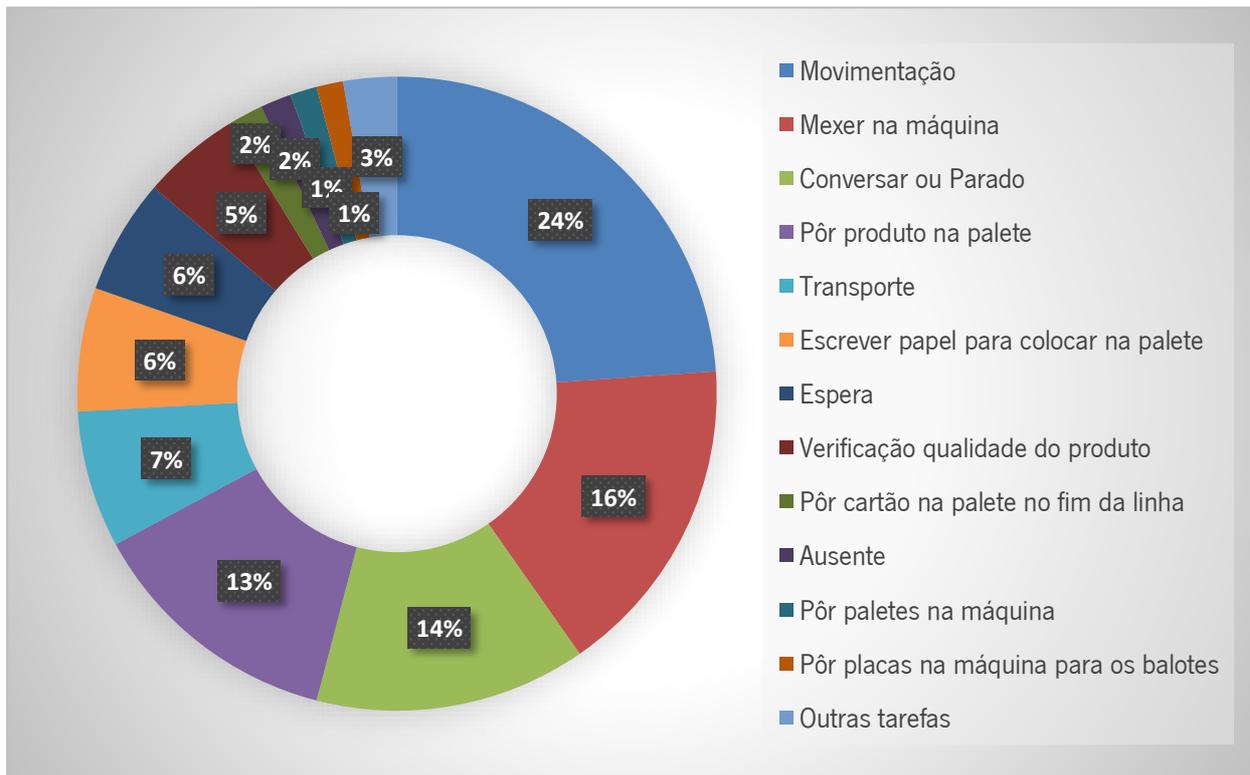


Figura 35 - Percentagem de ocorrência de tarefas do trabalhador de fim de linha da Lithoman

Denota-se um aumento percentual das tarefas como movimentação e conversar, ou estar parado, porque quando o trabalhador não se encontra a colocar o produto na paleta tende a ir ter com os colegas enquanto espera pela paleta, ou os colegas vêm ter com o trabalhador.

A atividade de transporte foi observada em 7%, sendo que, por vezes, o trabalhador encontra-se à espera da saída da paleta, ou à espera pela saída dos maços da linha de produção, para completar a paleta. O que faz com que as esperas representem 6% do total.

De realçar que as tarefas deste trabalhador mais relevantes, são relacionadas com o *setup* da linha de saída da máquina, verificação da qualidade do produto na saída, transportar as paletes para os locais indicados na FO, escrever o desdobramento da folha de obra associada a cada paleta e registar as quantidades retiradas.

Análise multimomento da Bolero

A análise Multimomento da Bolero, cujos resultados se encontram na figura abaixo, foi efetuada antes de qualquer alteração no processo efetuado relativamente à revista A, esta análise ocorreu durante 9 dias.

Esta máquina possui um robô no fim de linha a colocar os maços ou caixas nas paletes, pelo que por norma os trabalhadores não têm de efetuar esta tarefa. Aconteceu por vezes os trabalhadores estarem

a efetuar essa tarefa, segundo eles, porque o robô não teria capacidade de satisfazer a velocidade da máquina, ou porque os trabalhadores se encontravam a realizar a amostra lidergraf. Isto é, uma amostra, que os trabalhadores retiram da produção, que fica na empresa para serem efetuados testes de qualidade, nomeadamente resistência do produto.

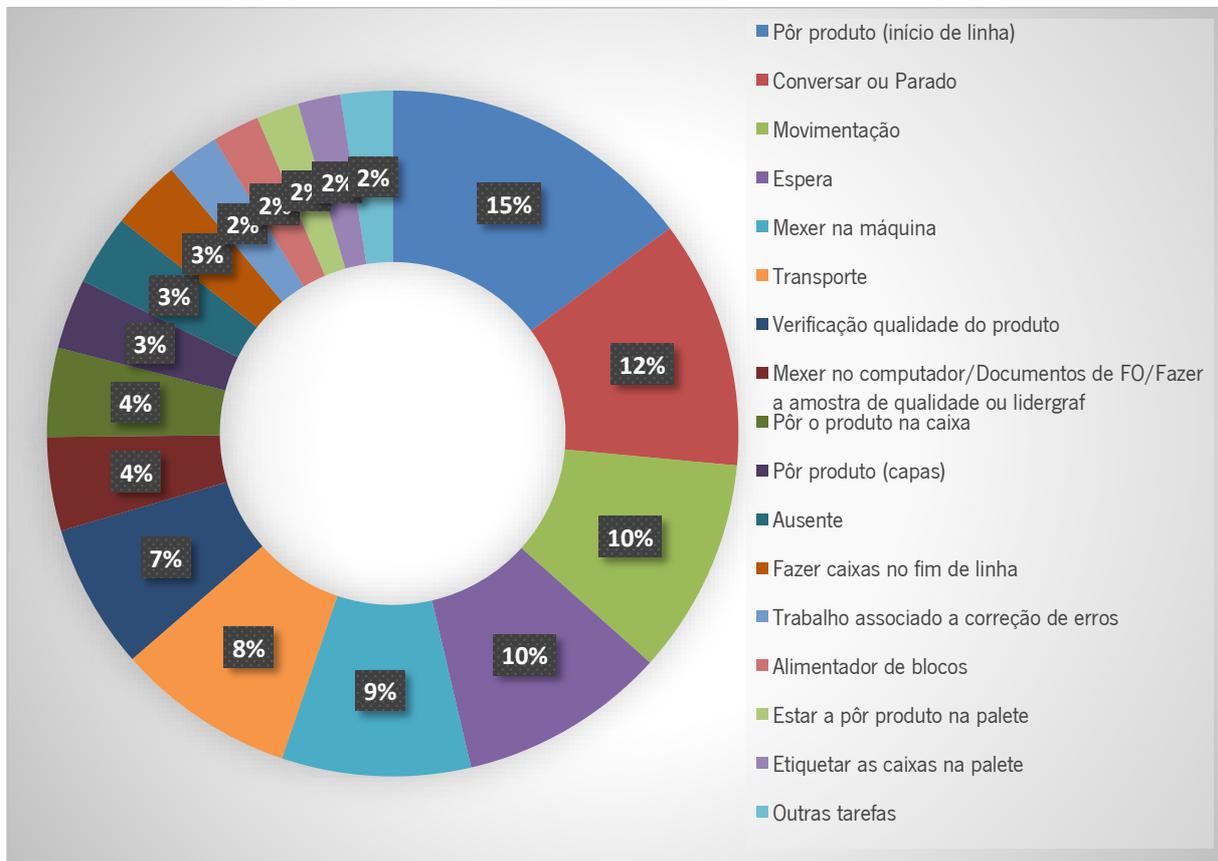


Figura 36 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Bolero

Pelos dados obtidos pode-se inferir que a tarefa que requer mais tempo nas produções da máquina Bolero é a alimentação da máquina com produto. A segunda tarefa é conversar ou estar parado, o que pode ser justificado com o facto de as equipas terem sido alteradas pouco tempo antes desta análise e ser perceptível uma descoordenação em algumas tarefas e, pelo motivo de que algumas equipas quando ocorria uma paragem, que requer correção, o LEN efetua as devidas correções. A restante equipa, por falta de conhecimento ou por a correção não necessitar de mais pessoas, não ajuda, ficando parados. A tarefa conversar ou parado foi agrupada porque é complicado no terreno desagrupar as duas atividades. O transporte representa 8% do tempo dos trabalhadores. Esta tarefa não tem um elemento destacado para a sua realização, dependendo de equipa para equipa e de trabalho para trabalho. A tarefa transporte nesta máquina por vezes acarreta problemas, porque há LENs que não gostam de efetuar o transporte para não ficarem afastados da máquina, pelo risco de serem produzidos produtos com defeitos. Pelo

que o LEN retira a palete, posicionando-a junto à máquina, à espera do melhor momento para um trabalhador levar a mesma à expedição, ou permanecendo em espera até ao fim da produção. Sendo realizados os transportes posteriormente por outro elemento da equipa, enquanto se realiza a limpeza da máquina e *setup* da produção seguinte.

Pelo facto do LEN ser a pessoa que efetua o transporte com regularidade (em algumas equipas) e por ser um elemento que tem como principais atividades colocar capas na máquina, afinar a máquina, corrigir erros, supervisionar e coordenar o trabalho dentro da equipa (tarefas difíceis de mensurar), efetuou-se uma análise a estes trabalhadores.

A análise ao LEN da Bolero ocorreu durante 7 dias e apresenta os resultados abaixo.

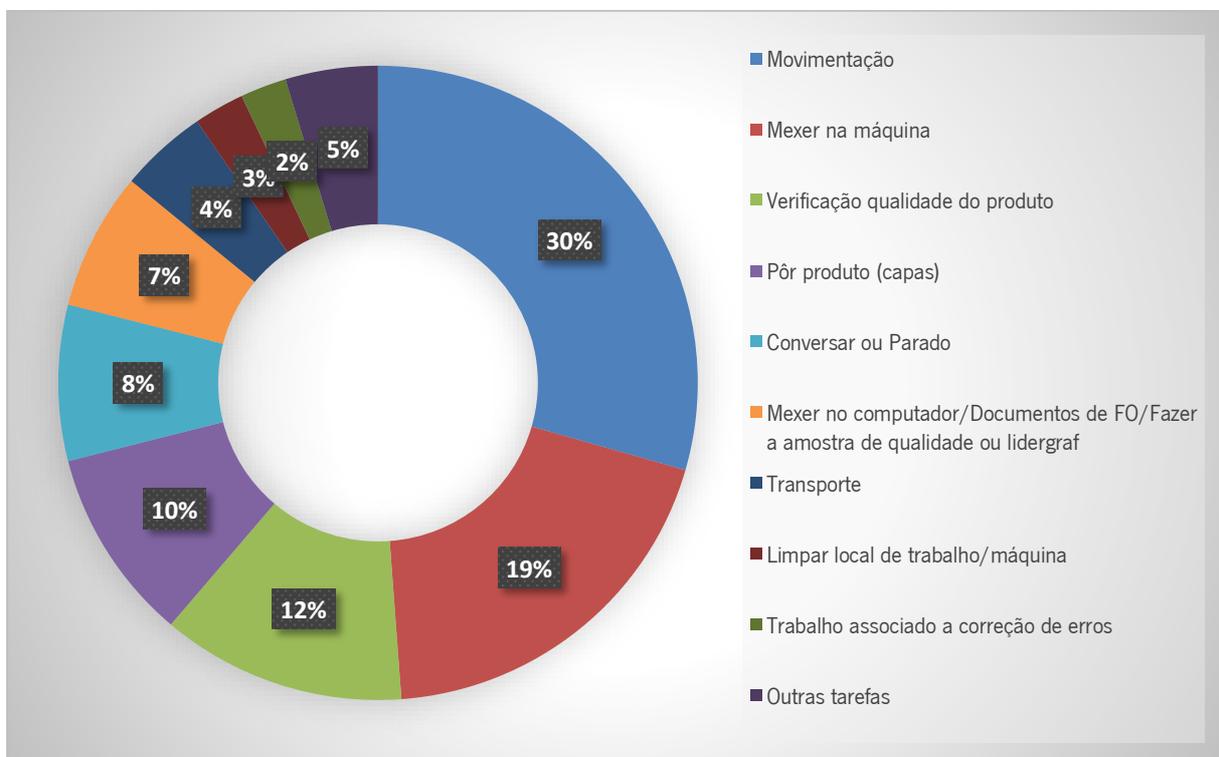


Figura 37 - Percentagem de ocorrência de tarefas do LEN da Bolero

As tarefas movimentação e mexer na máquina constituem praticamente 50% do trabalho do LEN da Bolero, isto pode ser justificado porque o trabalhador coloca as capas num local da máquina. Para verificar o produto desloca-se, normalmente ao fim da máquina. Para afinar a máquina tem de se deslocar ao longo da máquina. Ou seja, para realizar as suas tarefas requer previamente uma deslocação de um local para outro. Podendo ser classificado como um desperdício *Lean*, mas necessário. O transporte representa 4% do seu tempo.

Análise multimomento da Tempo22

Por fim, a análise à máquina tempo22 ocorreu durante 4 dias. Esta máquina necessita de 2 operadores, normalmente o LEN que executa, as correções de afinação da máquina e verifica a qualidade do produto, alimenta a máquina com cadernos ou capas e realiza o transporte de produto acabado para a expedição. O outro trabalhador está encarregue de alimentar a máquina com os cadernos e efetuar o transporte de semiacabado para o início da linha.

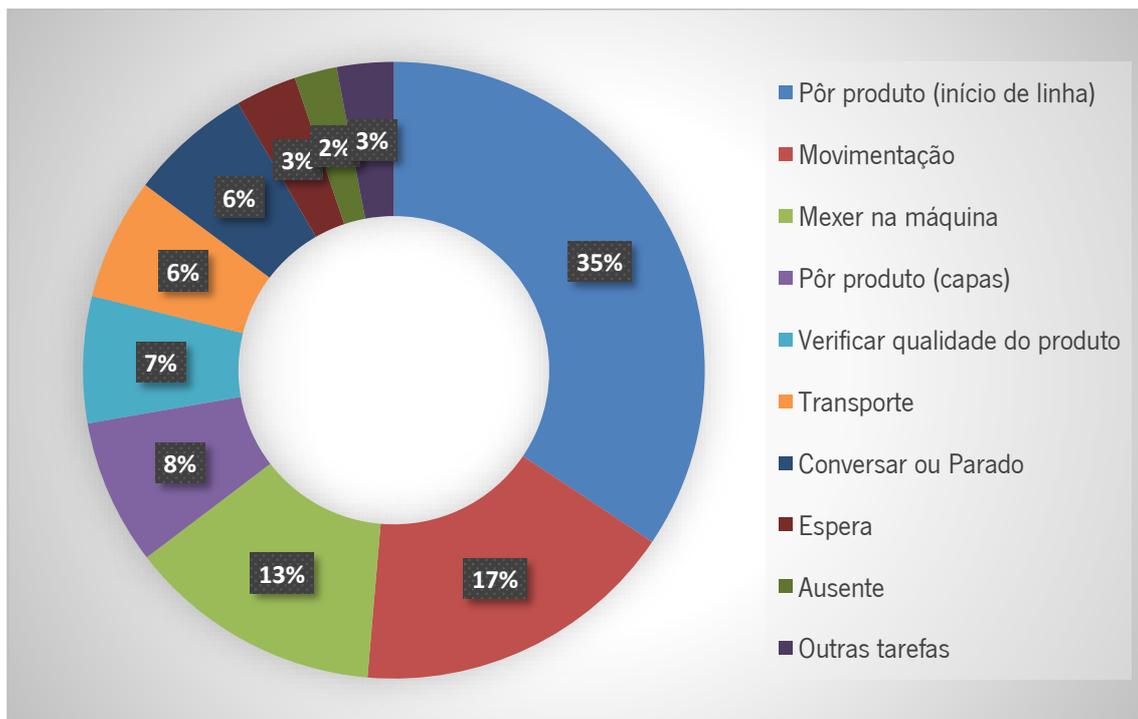


Figura 38 - Percentagem de ocorrência de tarefas na Tempo22

Podemos concluir pelos resultados que esta é a máquina que apresenta menor percentagem na tarefa denominada “conversar ou Parado”, isto pode dever-se ao facto de todos os trabalhadores serem necessários à colocação do produto na alceadora da máquina quando esta está em *run*. Verifica-se no *gamba* uma boa coordenação das tarefas dos trabalhadores, bem como uma carga de trabalho equilibrada.

O transporte representa 6% do tempo de produção da máquina. De realçar que nesta máquina, tal como na Bolero, por vezes o transporte da palete de produto não é realizado logo que a palete se encontra finalizada, porque o LEN pode encontrar-se ocupado, podendo a palete ter de aguardar, por um momento mais oportuno.

4.3 Mapeamento dos Processos

Realizou-se um mapeamento dos processos de duas das máquinas no edifício 2, a Lithoman e a Bolero. Esse mapeamento foi realizado numa sala num grande quadro, com *post its*, e foram resumidos os dados para tabelas. Através do mapeamento das operações pretendeu-se identificar fluxos de transporte complementares aos processos.

Realizou-se o mapeamento dando mais relevância às entradas e saídas, do ponto de vista da informação e materiais e respetivos fluxos de informação e transportes. Foram também identificados alguns constrangimentos ao longo dos processos.

Em todos os mapeamentos abaixo os fornecedores e os clientes são internos, ou seja, chefias e trabalhadores de outras máquinas e departamentos.

Tabela 9 - Mapeamento dos processos de informação da Lithoman

Entradas			Saídas	
Informação	Constrangimento	Fluxos	Informação	Fluxos
Planeamento: papel, chapas, previsões, entradas, local, produto acabado ou semiacabado	Planeamento com alterações constantes	Sistema de informação	Identificação das paletes: FO e quantidade	Operador identifica a paleta com um papel
FO: provas de cor, maquete, outros		Circuito interno de saco de folhas de obra	Registos das picagens da FO: tempos, velocidade e quantidade	Sistema de informação
CIP		Sistema de informação		
Informações da chefia		Pessoas: telefone ou presencial		
Informações do departamento de manutenção		Pessoas: telefone ou presencial		
Distribuição das paletes (produto acabado)		Pessoas: presencial		
Recolha de dados (tempo total previsto, quantidade ok e não ok prevista, velocidade da máquina, tipo de papel)		Sistema de informação		

A empresa encontra-se a repensar o processo de saída de informação das paletes, de forma que não tenha de ser o operador a identificar a paleta, quando esta sai da máquina, com um papel que se pode

perder ou danificar. Para além de fazer com que o trabalhador, da máquina seguinte, procure os papéis de cada palete para verificar qual o conjunto de paletes necessária para a produção.

Tabela 10 - Mapeamento dos processos de materiais da Lithoman

Entradas			Saídas	
Material	Constrangimento	Fluxos	Material	Fluxos
Papel (bobine)	Tempo de acondicionamento do papel e danos no papel	Empilhador de bobines (Armazém)	Produto acabado	Porta paletes para expedição
Chapas	Riscos nas chapas	Abastecimento das chapas no CIP. Carrinho das chapas é movimentado pelo operador	Produto semiacabado	Porta paletes para uma coluna pré-definida pelo planeamento. Depois pode ser levada para o edifício 1 se a for para a ST300
Tintas		Empilhador de garfos (Armazém)	Sobras das bobines	Empilhador de bobines (Armazém)
Consumíveis da máquina		Rota de supermercados avançados. Empilhador de garfos (Armazém)	Chapas usadas	Carrinho das chapas é movimentado pelo operador
			Cartões das bobines	Empilhador de garfos (Armazém)
			Resíduos químicos	Empilhador de garfos (Armazém)
			Casquilhos	Empilhador de garfos (Armazém)
			Apara de papel	Sistema da apara
			Produto NOK	Empilhador de bobines (Armazém)
			Manta Branca	Empilhador de bobines (Armazém)
			Outros: panos, luvas, lixo orgânico	Empilhador de garfos (Armazém)

No decorrer do processo de produção da Lithoman, este apresenta três possíveis máquinas para saída de produto, nomeadamente, Avanti para balotes, Cohiba para maços cintados ou manual para maços. O processo manual é utilizado, segundo os trabalhadores, quando existem problemas com a máquina Cohiba ou Avanti que interferem com a qualidade do produto.

Tabela 11 - Mapeamento dos processos de informação da Bolero

Entradas			Saídas	
Informação	Constrangimento	Fluxos	Informação	Fluxos
Planeamento	Planeamento com alterações constantes	Sistema de informação	Identificação das paletes: FO e quantidades	Operador identifica a palete com um papel
Folha de obra		Circuito interno de saco de folhas de obra	Registos das picagens da FO: tempos, velocidade e quantidade	Sistema de informação
Informações da chefia		Pessoas: telefone ou presencial		
Informações do departamento da manutenção		Pessoas: telefone ou presencial		
Distribuição das paletes (produto acabado)		Pessoas: presencial		
Recolha de dados (tempo total previsto, quantidade ok e não ok prevista, velocidade da máquina, tipo de papel)		Sistema de informação		

Tal como na Lithoman o processo da Bolero de identificação das paletes já está a ser repensado pela empresa. Conclui-se ainda que alguns dos constrangimentos gerados nos processos advêm do planeamento ser muito volátil e por vezes ser alterado de uma hora para a outra, muito devido ao não envio atempado das artes finais por parte dos clientes.

Tabela 12 - Mapeamento dos processos de materiais da Bolero

Entradas			Saídas	
Material	Constrangimento	Fluxos	Material	Fluxos
Caderno		Porta paletes da coluna para a máquina	Produto acabado	Porta paletes para expedição
Capas	Retrabalho de análise de qualidade	Empilhador de garfos do ED1 para ED2 (Armazém) depois porta paletes da coluna para a máquina	Produto semiacabado	Porta paletes para uma coluna pré-definida pelo planeamento
Cola		Empilhador de garfos (Armazém)	Produto NOK	Empilhador de bobines (Armazém)
Consumíveis da máquina		Empilhador de garfos (Armazém)	Resíduos: cola	Empilhador com garfos (Armazém)
Caixas		Porta paletes	Amostras	Rota da expedição com carrinho

Na Bolero existem alguns constrangimentos ao longo do processo produtivo, nomeadamente no *setup* da máquina, devido a alterações do planeamento e retrabalho associado ao corte bilateral do produto.

Em ambos os fluxos de materiais, associados a estas máquinas, verifica-se um conjunto de transportes com porta-paletes e empilhador de garfos e de bobines (realizados pelos trabalhadores do armazém), como resultado do processo de fabricação da máquina ou como necessidade para a realização do mesmo.

4.4 Cadência dos transportes de saída de máquinas

Para verificar a necessidade e utilidade de um AGV para a empresa foram retirados alguns tempos e dados sobre o funcionamento das máquinas Lithoman, Bolero e Tempo22, bem como do edifício 2 onde o veículo iria circular.

Estas máquinas para além de serem as que apresentam taxas de utilização mais elevadas, têm recolha de dados através de sistemas de informação e, são as que os equipamentos que têm a capacidade de terminar a produção com o produto em paletes, prontas a serem transportadas.

A partir dos roteiros das máquinas, retirados pela soma da tiragem de cadernos, podemos concluir que 59% de tudo que a Lithoman produz é produto acabado e 41% é produto semiacabado. O produto semiacabado que se encontra nas colunas/linhas de armazenamento ao longo do edifício, que seguirá a produção, em outras máquinas, é dividido em 79% para a Bolero e 21% para a Tempo22. Pelos dados de 2021 a percentagem de FO que passou pela Bolero com cola PUR foi de 59% e sem cola PUR 41%.

O edifício 2 tem capacidade de 380 lugares para paletes armazenadas nas colunas/linhas presentes, ao longo do edifício, próximo das máquinas. As linhas estão numeradas e são utilizadas por paletes com produto semiacabado e com produto acabado com cola PUR. Este produto final é o único que se encontra nas linhas de armazenamento, porque está em espera para consolidar a cola e conferir resistência ao artigo. Os restantes produtos acabados deslocam-se para a expedição onde esperam para serem enviados para clientes.

Para verificar a cadência de saída de paletes das máquinas Bolero e Lithoman, foi medido o tempo entre duas saídas consecutivas de paletes na mesma máquina. Os tempos foram retirados em diferentes produtos, em vários dias e em todas as equipas. Posteriormente, os tempos foram organizados por classes e determinou-se a média de cada classe.

Tabela 13 - Cadência de saída de paletes da Lithoman

Classe (Min)	Média das ocorrências da classe	Quantidade de ocorrências	Porcentagem	Porcentagem acumulada
9 a 15	00:13:42	21	39%	39%
16 a 20	00:17:56	15	28%	67%
21 a 25	00:22:32	8	15%	81%
26 a 30	00:28:51	4	7%	89%
31 a 35	00:33:55	1	2%	91%
36 a 40		0	0%	91%
41 a 45		0	0%	91%
46 a 50		0	0%	91%
51 a 55	00:52:18	1	2%	93%
56 a 60	00:58:38	2	4%	96%
mais de 60	01:34:19	2	4%	100%
Total		54		

Conforme ilustrado na tabela anterior, 67% das paletes saem da Lithoman em intervalos de menos de 20 minutos, podendo, no entanto, demorar mais de 60 minutos. No *gamba* podemos verificar que isso acontece quando ocorre uma rutura da banda ou quando se trocam as chapas nas mudanças de cadernos.

Tabela 14 - Cadência de saída de paletes da Bolero

Classe (Min)	Média das ocorrências da classe	Quantidade de ocorrências	Porcentagem	Porcentagem acumulada
10 a 15	00:12:32	3	7%	7%
16 a 20	00:17:15	2	5%	12%
21 a 25	00:23:17	13	31%	43%
26 a 30	00:28:29	6	14%	57%
31 a 35	00:33:48	8	19%	76%
36 a 40	00:38:02	2	5%	81%
41 a 45	00:41:45	1	2%	83%
46 a 50	00:49:15	4	10%	93%
51 a 55	00:51:11	1	2%	95%
56 a 60		0	0%	95%
mais de 60	02:10:32	2	5%	100%
Total		42		

Na bolero, em 57% dos casos sai uma paleta em intervalos de menos de 30 minutos, podendo eventualmente demorar mais de 60 minutos em caso de avaria da máquina ou troca de trabalhos com limpeza e *setup*.

A Tempo22 trabalha mais de noite, pelo que se utilizou os dados do sistema informático. Recorreu-se a informação do tempo total que cada FO esteve em funcionamento na máquina, e a informação da planificação do número de paletes do produto final. Com a divisão desses dois valores obtém-se uma média do tempo de saída entre cada paleta neste equipamento.

Tabela 15 - Cadência de saída de paletes da Tempo22

Tempo (min)	Quantidade de ocorrências	Percentagem	Percentagem acumulada
26	10	2%	2%
31	5	1%	3%
32	145	31%	34%
35	10	2%	37%
36	15	3%	40%
37	5	1%	41%
38	27	6%	47%
39	83	18%	65%
40	15	3%	68%
43	21	5%	72%
44	15	3%	75%
51	10	2%	78%
53	16	3%	81%
59	5	1%	82%
60	6	1%	83%
61	10	2%	86%
62	10	2%	88%
63	22	5%	92%
72	15	3%	96%
82	12	3%	98%
87	4	1%	99%
179	4	1%	100%
Total	465	100%	

A partir dos dados analisados de todas as FO de 2022 da máquina Tempo 22, e tendo em conta o número de FO (34) e de paletes analisadas (465), pode-se inferir que os dados obtidos são representativo da realidade. Pelas informações fornecidas é possível afirmar que em 65% dos casos sai uma paleta em intervalos de menos de 39 minutos, tal como demonstra a tabela 15, acima.

4.5 Transporte de semiacabados para as máquinas Bolero e Tempo22

As paletes com semiacabado chegam às máquinas Bolero e Tempo22 através de porta-paletes, operados pelos trabalhadores da respetiva máquina. Quando estes produtos entram na alceadora da máquina de forma automática, os trabalhadores colocam junto à máquina a paleta, com os cadernos que estão a utilizar, e uma paleta com o mesmo produto imediatamente atrás. No decorrer da produção quando os componentes da primeira paleta acabam, os trabalhadores passam a paleta detrás para a frente, arrastando-a. Posteriormente realizam o transporte de outra paleta de semiacabado de uma coluna de armazenamento, para o local imediatamente atrás da paleta que irá ser utilizada. Esta operação ocorre ao longo da produção sempre que a paleta em utilização termina.

Segundo os trabalhadores, coloca-se uma paleta imediatamente atrás (2ª fila), em espera, para ser arrastada, para o caso das paletes de semiacabado se encontrarem numa coluna distante da máquina, e não dar tempo de realizar o transporte atempado para abastecê-la.

Acontece que desta forma uma paleta com produto semiacabado, isto é, cadernos, realiza um transporte a mais do número de transportes que poderia realizar, o transporte adicional é o de “arrastar”, aumentando os transportes e os movimentos dos trabalhadores.

Pode-se inferir, dos dados retirados no *gemba* (apêndice 3), que colocar um balote na alceadora demora 30 segundos, ajustá-lo de forma que os cadernos fiquem colados uns nos outros demora 60 segundos, e arrastar a paleta de segunda fila demora 18 segundos. Estes tempos foram considerados idênticos para a máquina Bolero e Tempo22, pois são tarefas que não estão dependentes da velocidade nem do tipo de equipamento.

Na Bolero um balote é consumido a cada 404 segundos, logo 6 minutos e 44 segundos, o que significa que uma paleta com 14 balotes (é o que normalmente leva uma paleta retirada da Lithoman) é consumida em 1 hora e 34 minutos, em média. O transporte de ir buscar a próxima paleta e trazê-la é realizado em 68 segundos. Pelo que na Bolero arrastar a paleta de 2ª fila e ir buscar uma nova paleta demora 86 segundos, ou seja, perto de um minuto e meio.

Na Tempo22 um balote é consumido a cada 419 segundos, logo 6 minutos e 59 segundos, o que significa que uma paleta com 14 balotes é gasta em 1 hora e 38 minutos, em média. O transporte de ir buscar a próxima paleta e trazê-la é realizado em 43 segundos. Arrastar a paleta de 2ª fila e ir buscar uma nova paleta demora 61 segundos. A Tempo22 tem uma velocidade maior que a da Bolero, mas

apresenta tempos relativamente próximos porque tem tempo de paragens relacionados com problemas no equipamento que fazem a máquina parar para pequenos arranjos ao longo da produção.

Sabendo que a Bolero e a Tempo22 têm 4 alceadoras automáticas e que cada alceadora automática tem capacidade, em termos médios para 2 a 3 balotes, dependendo do número de cadernos que cada balote detém, pode-se representar esquematicamente e simplificando estas operações das duas máquinas, figura 39. Arredondando os valores anteriores e considerando que uma máquina demora 7 minutos a consumir um balote.



Figura 39 - Representação esquemática dos tempos produtivos das alceadoras automáticas

Prolongando a representação esquemática durante 3 horas na bolero, porque apresenta tempos de transporte maiores, é possível verificar que arrastar a paleta não traz benefícios ao trabalhador, pelo contrário. Atrasa ao longo do tempo a coordenação do trabalho, ou seja, faz aumentar o tempo necessário para que a tarefa volte a apresentar os tempos produtivos da figura anterior, são necessário 35 minutos. Como as alceadoras automáticas têm capacidade para, pelo menos, 2 balotes e os trabalhadores colocam no início da FO a máquina completa, no decorrer das 3 horas de esquema, não se verifica o consumo dos 2 balotes que estão à espera já na máquina, isto significa que a máquina não parará por falta de cadernos para alcear.

Elaborou-se um diagrama de esparguete para verificar os movimentos realizados pelo trabalhador na troca das paletes. Este diagrama foi realizado num dia em que estavam a ser utilizadas apenas duas das 4 alceadoras disponíveis na máquina Bolero e apenas durante o período de tempo em que o trabalhador terminou a paleta em utilização, arrastou a que se encontrava em 2ª fila e foi realizar o transporte da próxima paleta para 2ª fila. Na figura 40 é possível observar as paletes em utilização (A), as paletes em 2ª fila (B) e a zona onde são colocadas, geralmente, as paletes de semiacabado em espera (C).

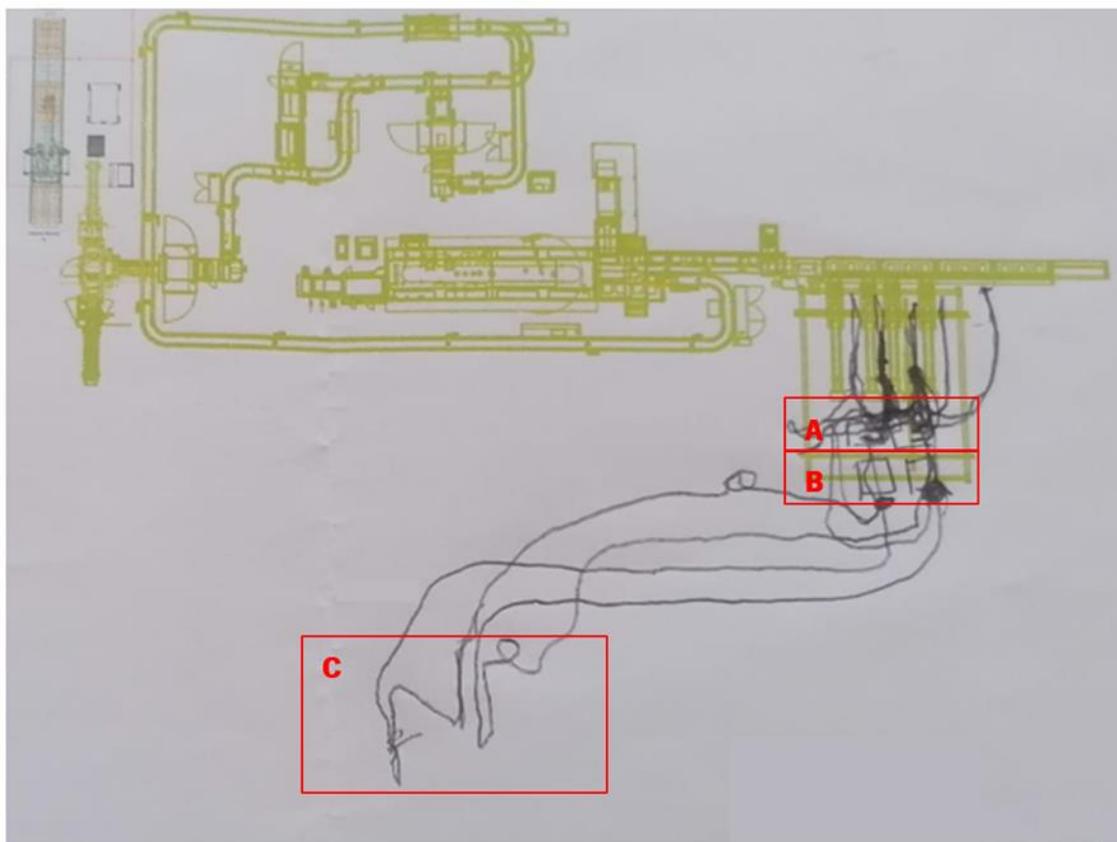


Figura 40 - Diagrama de esparguete da Bolero durante a troca de paletes da alceadora

4.6 Rotas internas

Existem duas rotas que se realizam todas as manhãs, uma realizada pelos trabalhadores da expedição (rota da expedição) e outra realizada pelos LENs dos trabalhadores do armazém.

A rota da expedição tem como objetivo recolher os exemplares que serão posteriormente distribuídos para as bibliotecas nacionais, e os exemplares que constituem a amostra lidergraf, que são utilizados para realizar testes de qualidade ao produto e para guardar como amostra, em caso de necessidade futura.

Esta rota tem pontos de paragens definidos e pode ser realizada por qualquer trabalhador, existindo marcas identificadoras ao longo do *Layout* que assinalam os pontos de recolha.

A rota do armazém é uma rota efetuada pelo LEN de manhã para coordenar as tarefas a serem realizadas durante o dia, funciona como uma planificação do dia da equipa do armazém. O LEN faz uma ronda pelos dois edifícios e leva consigo a lista de tarefas da rota do armazém (anexo 1), nesta lista é apresentado o conjunto de pontos a verificar nos edifícios. O trabalhador anota o estado da situação, ou

seja, indica se as máquinas necessitam de tintas, cola, paletes, bobines, entre outros; retirar as necessidades dos supermercados das máquinas, isto é, leva consigo o que foi gasto para saber o que tem de repor em cada máquina, como luvas e diluentes, entre outros; confirmar se os armazéns exteriores têm os produtos corretamente armazenados e se os contentores da apara estão cheios.

A descrição detalhada desta rota encontra-se definida com base num conjunto de tarefas. Não seguindo por isso, uma ordem coordenada com pontos específicos na empresa. O que pode levar os LENs a esquecerem-se de verificar certos parâmetros.

Esta rota permite ao LEN confirmar se as tarefas estão a ser corretamente realizadas pela equipa e planificar os transportes a realizar no dia (transportes de empilhador de garfos e de bobines), uma vez que verificam a área fabril e o planeamento da produção do dia.

5. PROPOSTAS DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO

5.1 Produção da revista A

5.1.1 Sugestão para redução dos tempos de espera

Como se verificou pelos dados anteriores fazer uma caixa e pegar numa caixa já montada tem uma diferença de cerca de 1 segundo. Por isso, se hipoteticamente a pessoa que está a colocar os maços nas caixas fizer a caixa, não terá uma perda de tempo acentuada. Desta forma reduzir-se-ia o *stock* de caixas montadas junto à linha de saída da bolero e o operador 5 ficaria com apenas duas operações, que se realizavam apenas durante aproximadamente 9 minutos a cada 22 minutos, pelo que poder-se-ia reduzir um operador ao processo produtivo desta revista nesta máquina, bastando para isso haver uma redistribuição destas operações pelos restantes operadores. Foram apresentadas duas sugestões para efetuar essa redistribuição:

Sugestão 1: O trabalhador da linha de saída (trabalhador 4) realiza as operações de montagem da caixa e coloca o maço dentro da caixa, enviando-a para a máquina de colocar fita cola.

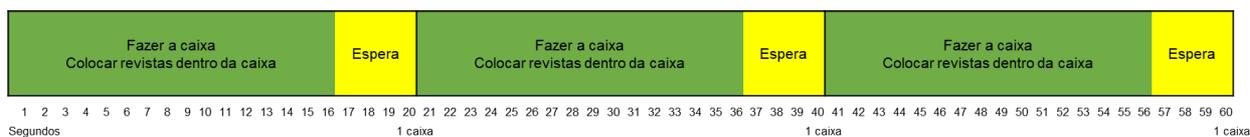


Figura 41 – Sequência de Operações da sugestão 1: produção da revista A na máquina Bolero

As tarefas que ficariam por efetuar seria a de etiquetar as caixas na palete e a de levar a palete à expedição, o que demora em média 2 minutos, ida e volta, e ocorre a cada 22 minutos. A sugestão é que essa tarefa seja efetuada pelo operador que se encontra a alimentar a alceadora com os balotes, uma vez que tem tempo suficiente para efetuar a deslocação.

Etiquetar as caixas da palete poderá ser efetuada pelos trabalhadores da máquina em conjunto, ou seja, o trabalhador que está a abastecer a alceadora com os balotes e o LEN. Ou poderá ser efetuada pelo pessoal da expedição, que invés de estar à espera que cada palete saia da máquina para etiquetar, poderia etiquetar um conjunto de paletes ao mesmo tempo, ou etiquetar apenas quando a palete chegasse à expedição, efetuando outras tarefas no tempo restante.

Sugestão 2: O trabalhador da linha de saída (trabalhador 4) realiza as operações de montar caixa, coloca o maço dentro da caixa e etiqueta a caixa, enviando-a depois para a máquina da fita cola.

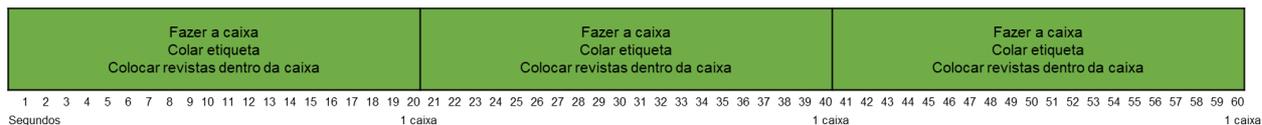


Figura 42 - Sequência de Operações da sugestão 2: produção da revista A na máquina Bolero

Faltaria apenas a tarefa de levar a palete à expedição, que tal como proposto na sugestão 1, ficaria a cargo do operador que se encontra na alceadora automática.

No trabalho de campo foram levantados alguns problemas que impossibilitaria a implementação da sugestão 2. Nomeadamente o facto de se considerar que todas as etiquetas teriam de estar visíveis na palete e de que a fita cola poderia fazer refletir o código de barras quando a etiqueta é colocada primeiro que a fita cola.

Também se verificou no trabalho de campo que a rotação do robô da saída não é igual para todas as caixas, pelo que para colocar as etiquetas visíveis seria necessário umas vezes colocar as etiquetas do lado esquerdo da caixa e outras vezes do lado direito. Tal tornaria a operação mais complicada para o trabalhador que se encontra na saída da máquina. Contudo, atualmente já estão a ser enviadas ao cliente duas caixas por fiada sem as etiquetas estarem visíveis.

A partir das sugestões e problemas identificados, em conjunto com a empresa definiu-se um conjunto de ações futuras que podem ser resumidas na figura seguinte através do ciclo PDCA.

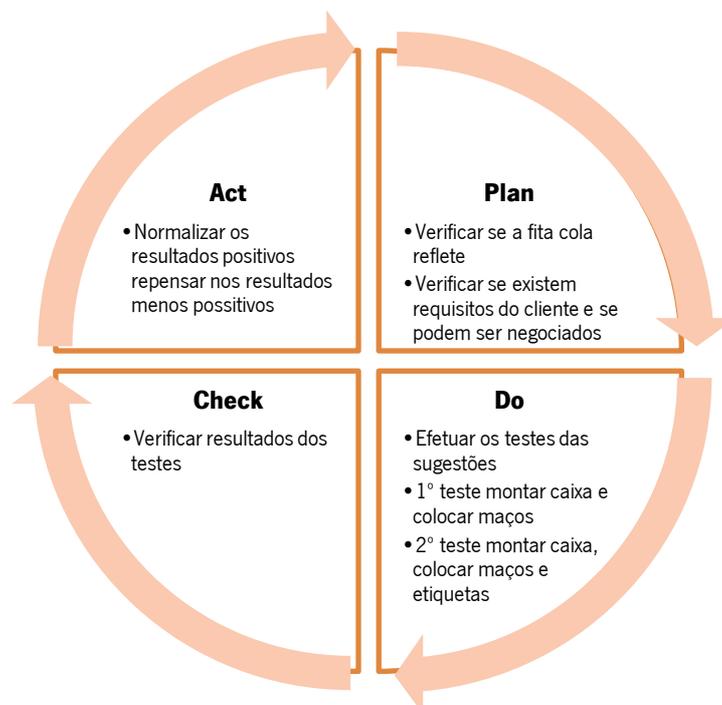


Figura 43 - Ciclo PDCA da melhoria da produção da revista A

Verificou-se que as etiquetas são todas iguais e impressas na empresa, não existindo no contrato com o cliente, que as etiquetas têm de estar todas para fora, mas constando do caderno de encargos, que o mesmo cliente entregou há uns anos. A equipa comercial da empresa entrou em conversações com o cliente para verificar a abertura do mesmo ao ajuste deste caderno de encargos relativamente ao tema das etiquetas. Efetuaram-se teste que provam que o código de barras não é refletido pela fita cola quando se efetua a picagem.

5.1.2 Teste 1

O primeiro teste efetuado foi de acordo com a sugestão 1. Pelo que se reduziu uma pessoa ao longo do processo produtivo e a etiquetagem das caixas na palete foi efetuada pela expedição.

Os dados recolhidos ao longo da produção foram compilados de equipas diferentes e não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

Tabela 16 - Tempos recolhidos no teste 1 da melhoria na produção da revista A

Tempo em segundos	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa	Tempo de ciclo da máquina
Média	16	22
Moda	16	22
Mínimo	10	20
1º Quartil	14	21
2º Quartil	16	22
3º Quartil	18	22
Máximo	30	24
nº observações	78	50

O teste determinou o fim do *stock* de caixas e os trabalhadores conseguiram facilmente adaptar-se a trabalhar com menos uma pessoa na produção desta revista.

O trabalhador da linha de saída fica com 7 segundos de espera, o que não era esperado pelos dados iniciais, porque a determinação do tempo de ciclo da máquina teve mais observações, neste teste do que na formalização da sugestão.

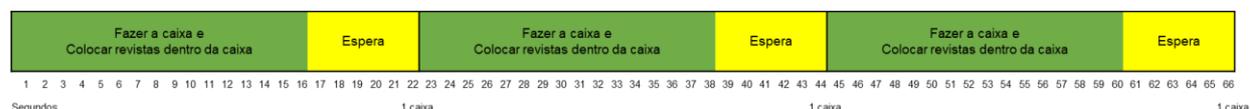


Figura 44 - Sequência de Operações após teste 1: produção da revista A na máquina Bolero

As horas-homem trabalhadas na produção desta FO na Bolero foram 96 horas. Para comparar com a média anterior temos de considerar a etiquetagem das paletes. Esta FO produz 47 paletes pelo que o tempo total de etiquetagem destas paletes é de aproximadamente 4 horas e 42 minutos, uma vez que etiquetar uma paleta demora cerca de 6 minutos. Logo, pode-se deduzir que para as mesmas operações, com o novo método operativo utilizou-se 100 horas-homem e 42 minutos. Logo obteve-se uma redução de 12 horas-homem e 21 minutos.

5.1.3 Teste 2

O segundo teste efetuado foi de acordo com a sugestão 2, portanto, a etiquetagem das caixas foi realizada pelo trabalhador na linha de saída. Este teste foi possível porque o cliente autorizou que mais caixas fossem com algumas etiquetas viradas para dentro da paleta.

A partir da análise ocular ao robô foi possível verificar que o lado que maximizava as etiquetas visíveis era o direito, pelo que se normalizou a configuração do robô para este trabalho e explicou-se aos funcionários que teriam de colocar sempre a etiqueta do lado direito. Para essa normalização colocou-se uma instrução de trabalho junto ao robô e à linha de saída da máquina, como demonstra a figura 45.

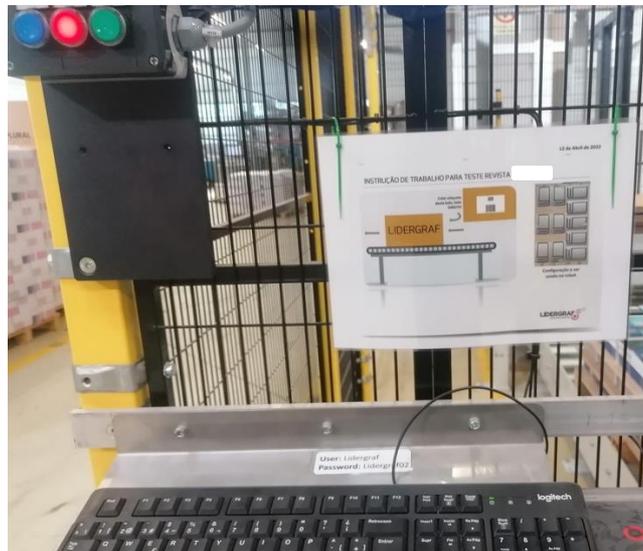


Figura 45 – Instrução de trabalho na linha de saída da Bolero na produção da revista A

Na tabela abaixo verificamos os dados do teste, efetuado após habituação do operador ao trabalho, com as mesmas condições de recolha de dados que os anteriores.

Tabela 17 - Tempos recolhidos no teste 2 da melhoria na produção da revista A

Tempo em segundos	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa + etiquetar caixa	Tempo de ciclo da máquina
Média	21	22
Moda	21	22
Mínimo	16	19
1º Quartil	20	21
2º Quartil	21	22
3º Quartil	22	22
Máximo	35	50
nº observações	64	59

O teste 2 foi bem-sucedido, e o mesmo foi possível verificar no *gemba* e nos dados retirados. De início verificou-se uma maior dificuldade na colagem da etiqueta, porque o rolo de etiquetas não estava num local de fácil acesso ao trabalhador. Pelo que, no início do teste, se tornou óbvia a necessidade de colocar algo junto à máquina que facilitasse a retirada da etiqueta por parte do trabalhador. O responsável dos acabamentos teve a ideia de utilizar, para esse efeito um rolo de uma máquina de fita cola, que já não funcionava, como demonstrado na figura 46.



Figura 46 - Adaptação colocada na máquina da Bolero

Esta ideia permitiu que o trabalhador conseguisse realizar o trabalho mais agilmente.

As horas-homem trabalhadas, na produção desta FO na Bolero, foram 104 horas e 51 minutos, o que representa uma redução de 8 horas-homem e 12 minutos.

5.1.4 Resultados finais

As alterações sugeridas foram bem sucessivas e demonstraram uma redução das horas-homem trabalhadas nas duas FO analisadas durante os testes efetuados. No entanto mantém-se uma variação das horas necessárias para produzir esta revista na máquina. Mas pode-se afirmar que a variação das

horas-homem trabalhadas não está dependente do trabalhador retirado do processo (5 trabalhador), nem do trabalhador do fim da linha produtiva (trabalhador 4), porque, como anteriormente referido, estes trabalhadores não são normalmente da máquina, pelo que não podem ajudar em caso de paragem por afinação ou correção de erros ligados com a máquina. Logo pode-se concluir que as variações dos tempos produtivos na revista não estão atualmente relacionados com os operários, mas sim com questões relacionadas com o próprio equipamento,

O novo método irá permitir uma redução média de 10 horas-homem e 17 min por FO. Uma vez que a revista é produzida mensalmente, num ano verificar-se-á uma redução de aproximadamente 123 horas-homem e 18 minutos. Estas horas serão alocadas a outras tarefas relacionadas com acabamentos, tarefas que estes trabalhadores normalmente executam.

Apesar do novo modo operatório ser melhor que o anterior, é necessário ter em atenção que esta passou a ser uma função mais desgastante, pelo que se recomendou a rotação dos trabalhadores ao longo do horário de trabalho para diminuir a fadiga.

De realçar que esta alteração permitiu que a paleta saísse da máquina já finalizada, ou seja, em condições de ser transportada para o próximo posto sem necessidade de intervenções adicionais, que não sejam o transporte.

5.2 Simulação no SIMIO para implementação de um AGV

Recorreu-se à simulação para avaliar a possível implementação de um AGV no chão de fábrica do edifício 2 da empresa. A simulação foi realizada no *software* SIMIO. Os tempos entre as saídas de paletes das máquinas não são constantes, pretendendo-se avaliar a necessidade de aumentar o *buffer* de cada máquina para a possibilidade de ter duas paletes em espera, caso ocorra a saída de paletes em duas máquinas em simultâneo. Tenciona-se verificar qual seria a taxa de utilização de um AGV em caso de implementação na fábrica, tal como as horas trabalhadas e distância percorrida.

5.2.1 Explicação do modelo

O SIMIO fornece uma simulação da realidade, com base na interação entre os objetos presentes no *software* e em dados estatísticos, pelo que se recorreu aos dados dos sistemas da empresa e a dados recolhidos no local. Efetuou-se uma simulação do funcionamento do edifício 2, nomeadamente das máquinas que possuem maior taxa de utilização e que apresentam saída de paletes finalizadas. A

empresa pretendia estudar com maior detalhe estas máquinas. Desta forma elaborou-se o modelo inicial com base no funcionamento atual da empresa.

Começou-se por definir os objetos a atribuir a cada máquina, bem como os caminhos de ligação entre os diferentes objetos, tendo por base o fluxograma do sistema produtivo do edifício 2, figura 47.

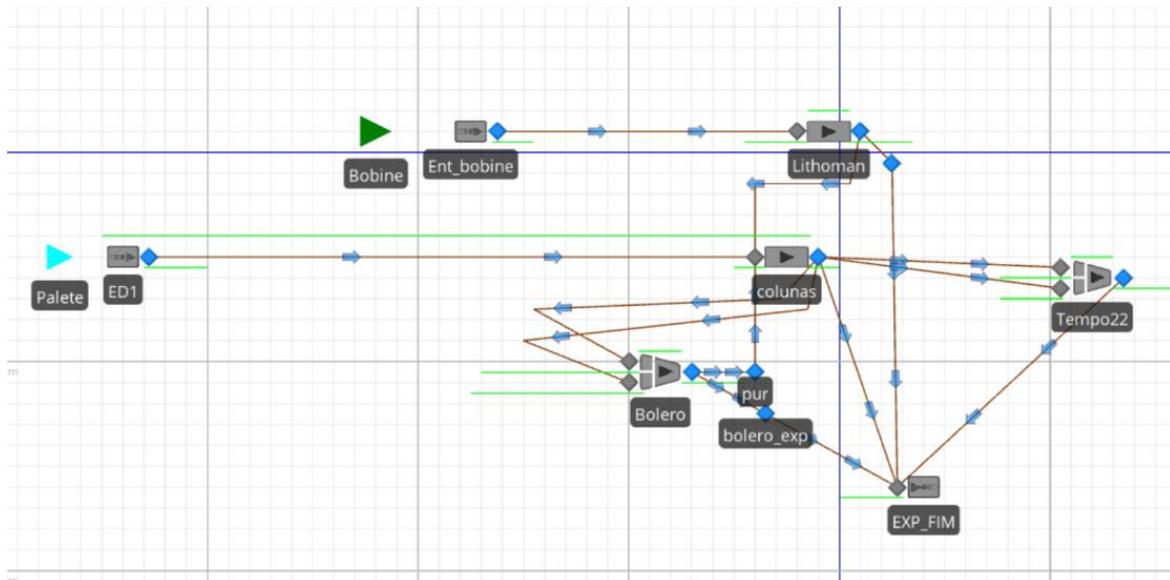


Figura 47 - Modelo do SIMIO das interações do edifício 2

Posteriormente identificou-se pelos dados, retirados no *gamba*, as funções a utilizar em cada objeto de forma a representar de forma real os tempos de processamento ou tempos de entrada de cada bobine para a Lithoman ou paquete do edifício 1. Todos os dados se encontram de forma resumida na tabela seguinte.

Tabela 18 - Funções dos objetos da simulação

Objeto	Nome	Função de tempo de processamento / entre entradas [medida de tempo]
Source	Entrada Bobine	Random.Discrete(28,0.39,36,0.67,46,0.81,58,0.89,68,0.91,106,0.93,118,0.96,190,1) [minutos]
Source	Entrada ED1	12 [horas]
Server	Lithoman	Random.Discrete(13.70,0.39,17.93,0.67,22.53,0.81,28.85,0.89,33.92,0.91,52.30,0.93,58.63,0.96,94.32,1) [minutos]
Server	Colunas	Random.Discrete(0.50,0.21,1,0.33,2,0.43,4,0.47,5,0.63,6,0.73,7,0.86,9,0.87,10,0.90,17,0.93,25,1) *(ModelEntity.ContadorB_number==0)+Random.Discrete(1,0.14,2,0.58,4,0.73,6,0.85,16,0.87,18,0.89,27,0.93,54,1)*(ModelEntity.ContadorB_number>0) [dias]
Combiner	Bolero	Random.Discrete(12.53,0.07,17.25,0.12,23.28,0.43,28.48,0.57,33.80,0.76,38.03,0.81,41.75,0.83,49.25,0.93,51.18,0.95,130.53,1) [minutos]

Combiner	Tempo22	Random.Discrete(26,0.02,31,0.03,32,0.34,35,0.37,36,0.40,37,0.41,38,0.47,39,0.65,40,0.68,43,0.72,44,0.75,51,0.78,53,0.81,59,0.82,60,0.83,61,0.86,62,0.88,63,0.92,72,0.96,82,0.98,87,0.99,179,1) [minutos]
Vehicle	AGV	2 [metros por segundos] (Alstef Group, n.d.-b; Swisslog, n.d.)

Os valores colocados na distribuição do *source* da entrada de bobines foram calculados com base no tempo de processamento da Lithoman, ou seja, multiplicou-se os dados por 2, uma vez que a Lithoman apresenta taxa de utilização de 47%. A cadência de entrada de paletes do edifício 1 para o 2 foi calculada de forma que as máquinas Bolero e Tempo22 apresentem taxas de utilização próximas à realidade, 32% e 8% respetivamente. Contudo os valores da simulação têm uma diferença de taxa de utilização das máquinas de até 5%. Não se considerou constituir uma diferença significativa, uma vez que as taxas de utilização atual das máquinas estão diminuídas pelo efeito da pandemia.

No *server* da Lithoman definiu-se um processo, figura 48, em que se estabelece que a bobine se altera para uma imagem e cor igual à paleta e são criadas paletes com base numa função discreta, nomeadamente Random.Discrete(1,0.23,2,0.85,3,0.92,4,1). Esta função foi calculada com base nos dados informáticos em conjunto com os dados recolhidos no *gemba*, principalmente o número de paletes que cada FO gerou, e informaticamente o número de bobines consumidas, para determinar uma relação, ou seja, a quantidade de paletes que podem ser produzidas por bobine gastas, ver apêndice 6.

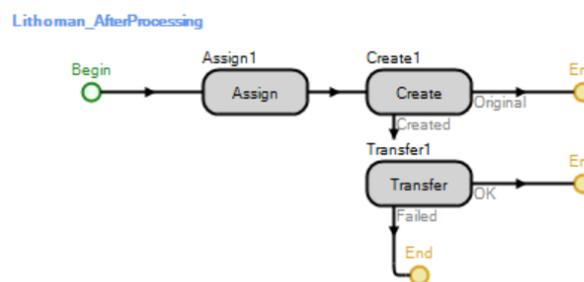


Figura 48 - Processo do SIMIO no *server* da Lithoman

As entidades que saem da Lithoman apresentam duas possibilidades de caminho, expedição e colunas, dependendo se são produto acabado ou semiacabado, respetivamente. No modelo recorreu-se ao peso dos caminhos para orientar as entidades. Foi atribuído ao caminho que resulta na expedição um peso de 59, e um peso de 41 ao caminho das colunas, resultado da percentagem de produtos finais e semiacabados que a máquina produz, dados verificados no *software* da empresa.

Para que nas colunas de armazenamento fossem distinguidos os produtos finais, com cola PUR, dos produtos semiacabados, atribuiu-se às entidades (paletes) a característica de um contador, que está

associado à saída da Bolero, onde é atribuído um número à entidade através de um processo, o que passa a ser indicativo de que as entidades que contêm um número são produtos finais (ModelEntity.ContadorB_number).

Quando as entidades se encontram no *server* designado de colunas, estas apresentam a possibilidade de seguir caminho para a Bolero, a Tempo22 e a expedição. Por isso, o *server* das colunas apresenta um processo em que decide o caminho das entidades.

Este processo, figura 49, começa por dividir as entidades que são produto final das que são produto semiacabado, através da função *decide*, onde consta uma condição que reflete esta divisão (ModelEntity.ContadorB_number > 0). Caso a entidade seja de produto final esta segue para a expedição. Os produtos semiacabados são divididos tendo em conta a percentagem que segue para a máquina bolero (79%) e para a máquina Tempo22 (21%), isto acontece no *decide* 4. Como as duas máquinas são representadas por um *combiner* o processo avalia a fila de espera do *MemberInputBuffer* (fila de baixo) destas máquinas através dos *decide* 5 (Bolero.MemberInputBuffer.Contents >= 1 e Tempo22.MemberInputBuffer.Contents >= 1). Assim, caso estas filas não apresentem entidades, serão dirigidas para essas filas de espera. No caso de a condição ser verdadeira e a fila do *MemberInputBuffer* apresentar entidades em espera, o processo ainda irá avaliar a fila do *ParentInputBuffer* (fila de cima) pelos *decide* 6 e 8 (Bolero.ParentInputBuffer.Contents==0 e Tempo22.ParentInputBuffer.Contents==0), se esta fila não apresentar entidades estas irão viajar para esse local de espera, caso contrário irão para a fila do *MemberInputBuffer*. Estas condições garantem que as entidades não irão todas para uma das filas deixando a outra vazia o que impossibilitaria a continuação da produção no modelo.

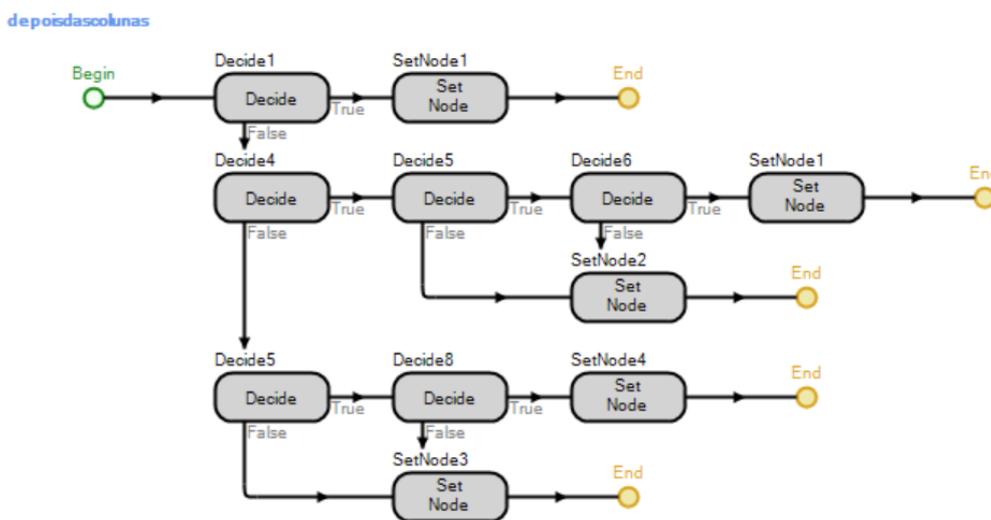


Figura 49 - Processo do SIMIO no *server* colunas

Depois da máquina Bolero o caminho a seguir é atribuído à entidade através do peso dos caminhos. O peso de 59 foi atribuído ao caminho com destino às colunas, por ser a percentagem que apresenta colocação de cola PUR na máquina, e o peso 41 ao caminho com destino à expedição, produtos que não utilizam cola PUR, dados verificados no *software* da empresa.

Os caminhos no modelo apresentam as distâncias do edifício 2, ver apêndice 6. As máquinas Bolero e Tempo22 estão representadas por um *combiner* devido à razão entre as entradas e as saídas que estas máquinas apresentam, ver apêndice 6. Optou-se por este objeto no modelo por ser mais importante neste estudo as cadências das máquinas do que o funcionamento das mesmas.

5.2.2 Taxa de utilização do equipamento – Cenário 1

O primeiro cenário a estudar foi um cenário simples, considerou-se a taxa de utilização das máquinas igual à atual, e a utilização do AGV apenas nas deslocações entre máquinas e a expedição. Desta forma o veículo seguiria apenas 3 possíveis rotas definidas, ou seja, Lithoman-Expedição, Bolero-Expedição e Tempo22-Expedição. Todos os restantes transportes seriam realizados por porta paletes à semelhança da atualidade.

Com o modelo inicial e a configuração do AGV para percorrer esses 3 caminhos estabelecidos, correu-se o modelo 50 vezes, para diminuir o erro, e durante 8.760 horas que corresponde a 365 dias, retirou-se os seguintes dados agregados.

Tabela 19 - Dados dos resultados das simulações do cenário 1

Nome do Objeto	Descrição	Média	Mínimo	Máximo
Bolero	Taxa de utilização (%)	37,39	36,55	38,27
Bolero	Número máximo de paletes na saída	1,00	1,00	1,00
Bolero	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,06	0,05	0,08
Bolero	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,58	0,56	0,59
Tempo22	Taxa de utilização (%)	12,53	11,84	13,10
Tempo22	Número máximo de paletes na saída	1,00	1,00	1,00
Tempo22	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,06	0,04	0,08
Tempo22	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,73	0,71	0,76
Lithoman	Taxa de utilização (%)	49,58	48,65	50,63
Lithoman	Número máximo de paletes na saída	1,00	1,00	1,00
Lithoman	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,06	0,07
Lithoman	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,39	0,38	0,39
Colunas	Taxa de utilização (%)	75,29	73,03	77,15
Colunas	Número médio de paletes	286,09	277,52	293,17
AGV	Dist. total percorrida AGV em transportes (km)	2 492	2 457	2 537

AGV	Tempo em transporte do AGV (h)	346,07	341,21	352,37
AGV	Taxa de utilização do AGV em transportes (%)	3,95	3,90	4,02

Pelos dados é possível verificar que as taxas de utilização das máquinas estão um pouco acima da taxa de utilização atual, como anteriormente referido. As máquinas nunca possuíram, em espera, mais que uma palete, e essa paleta nunca esperou mais que 5 minutos para ser deslocada para a expedição. Portanto, com a implementação de um AGV neste cenário, o *buffer* (espaço destinado ao armazenamento temporário da paleta) das máquinas na saída de paletes não seria necessário ser aumentado.

Neste cenário é possível verificar ainda que a taxa de utilização das colunas destinadas ao armazenamento intermédio das paletes é de 75% em média.

Caso a empresa optasse por um AGV, que realizaria apenas estas deslocações com taxas de utilização dos equipamentos semelhantes às atuais, o veículo apresentaria uma taxa de utilização de 4%, isto porque trabalharia durante 346 horas ao longo de um ano, em média. A distância que este AGV realizaria nestas deslocações em transporte seria em média de 2.492km, aproximadamente.

5.2.3 Taxa de utilização do equipamento – Cenário 2

Num segundo cenário experimental, optou-se por considerar uma rota circular para o AGV, para verificar os metros que o mesmo realizaria ao longo de um ano. Manteve-se o modelo inicial no que diz respeito a todas as funções e tempos, alterando apenas os caminhos de ligação entre máquinas definindo um roteiro para o veículo.

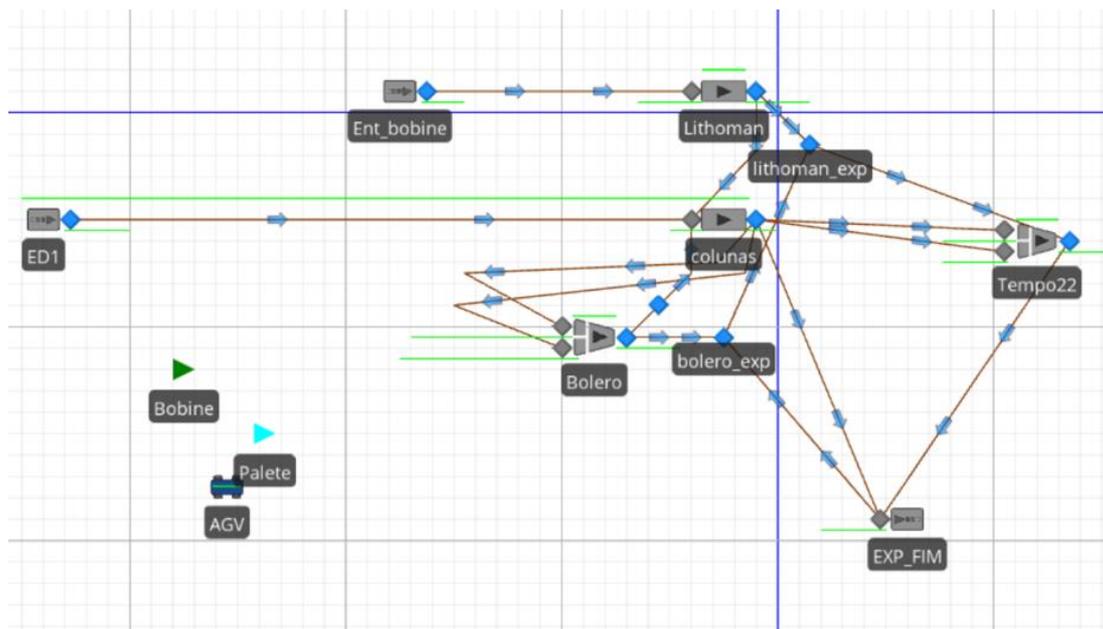


Figura 50 - Modelo do SIMIO do edifício 2 do cenário 2

Tal como no cenário anterior correu-se o modelo 50 vezes durante 8.760 horas. Obteve-se os resultados da tabela 20.

Tabela 20 - Dados dos resultados das simulações do cenário 2

Nome do Objeto	Descrição	Média	Mínimo	Máximo
Bolero	Taxa de utilização (%)	37,29	36,20	38,77
Bolero	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Bolero	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,01	0,01	0,01
Bolero	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,58	0,56	0,59
Tempo22	Taxa de utilização (%)	12,62	11,96	13,20
Tempo22	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Tempo22	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,08	0,06	0,11
Tempo22	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,73	0,71	0,76
Lithoman	Taxa de utilização (%)	49,47	47,83	50,42
Lithoman	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Lithoman	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,10	0,10	0,11
Lithoman	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,38	0,38	0,39
Colunas	Taxa de utilização (%)	75,48	73,26	78,88
Colunas	Número médio de paletes	286,82	278,39	299,76
AGV	Distância total percorrida pelo AGV em transportes (km)	63 072	63 072	63 072
AGV	Tempo em transporte do AGV (h)	8 760	8 760	8 760
AGV	Taxa de utilização do AGV em transportes (%)	100,00	100,00	100,00

Todos os dados retirados são semelhantes aos resultados do cenário 1, menos os dados referentes ao veículo autónomo. De realçar que neste cenário o AGV iria percorrer ao longo de um ano, em média, 63.072 Km em movimentos e transportes.

5.2.4 Taxa de utilização do equipamento – Cenário 3

Neste cenário considerou-se que o AGV teria uma liberdade de deslocação ao longo do edifício, sem rotas definidas. Isto é, ao modelo inicial da simulação colocou-se o veículo a realizar todas as deslocações existentes entre máquinas, colunas e expedição.

Correu-se a simulação nas mesmas condições que as simulações anteriores, ou seja, 50 vezes durante 8.760 horas.

Tabela 21 - Dados dos resultados das simulações do cenário 3

Nome do Objeto	Descrição	Média	Mínimo	Máximo
Bolero	Taxa de utilização (%)	37,40	36,15	38,95
Bolero	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Bolero	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,06	0,08
Bolero	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,58	0,57	0,59
Tempo22	Taxa de utilização (%)	12,55	11,80	13,12
Tempo22	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Tempo22	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,05	0,08
Tempo22	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,73	0,71	0,75
Lithoman	Taxa de utilização (%)	49,43	48,32	50,43
Lithoman	Número máximo de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Lithoman	Tempo máximo de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,07	0,09
Lithoman	Tempo médio entre saídas de paletes da máquina (h)	0,38	0,38	0,39
Colunas	Taxa de utilização (%)	75,34	72,73	77,94
Colunas	Número médio de paletes	286,28	276,38	296,16
AGV	Distância total percorrida AGV em transportes (km)	4 502	4 445	4 551
AGV	Tempo em transporte do AGV (h)	625,23	617,40	632,14
AGV	Taxa de utilização do AGV em transportes (%)	7,14	7,05	7,22

Todos os resultados deste cenário são semelhantes aos anteriores, em termos de taxa de utilização de máquinas e colunas. Também não seria necessário aumentar o *buffer* das máquinas. No que diz respeito à taxa de utilização do AGV, com um veículo de livre circulação e capacidade para realizar todas as deslocações de interação das máquinas do edifício 2, esta apresenta um acréscimo em relação ao cenário 1, sendo agora de 7,14%, ou seja, trabalharia 625 horas anuais, em média.

Relativamente às deslocações em transporte, o AGV percorreria ao longo de um ano, em média, 4.502 Km.

5.2.5 Taxa de utilização do equipamento – Cenário 4

Como os dados iniciais apresentavam a influência da pandemia, decidiu-se elaborar um cenário onde as taxas de utilização de cada máquina tivessem um aumento de pelo menos 50%. Ou seja, a Lithoman com taxa de utilização de 70,5%, a Bolero com 48% e a Tempo22 com 16% (valores pretendidos). Neste cenário o veículo realiza também todas as deslocações existentes entre as máquinas do edifício, as colunas e a expedição.

Para que isso fosse possível, efetuou-se a alteração da função de distribuição de entrada de bobines no sistema. Tendo em conta os tempos de processamento da Lithoman (Random.Discrete(13.70,0.39,17.93,0.67,22.53,0.81,28.85,0.89,33.92,0.91,52.30,0.93,58.63,0.96,94.32,1), tal como na elaboração do modelo, foram mantidas as percentagens da distribuição discreta. No entanto recorreu-se à soma de uma constante (8) de forma que as taxas de utilização das máquinas fossem o pretendido. Pelo que a função de entrada de bobines no sistema passou a ser: Random.Discrete(22,0.39,26,0.67,31,0.81,37,0.89,42,0.91,61,0.93,67,0.96,103,1). O valor de 8 foi obtido por tentativas, até se alcançarem valores de taxas de utilização das máquinas semelhantes com o inicial previsto.

Correu-se a simulação 50 vezes durante 8.760 horas e obteve-se os resultados visíveis na tabela 22.

Tabela 22 - Dados dos resultados das simulações do cenário 4

Nome do Objeto	Descrição	Média	Mínimo	Máximo
Bolero	Taxa de utilização (%)	49,66	47,95	51,04
Bolero	Número máximo. de paletes na saída da máquina	1,00	1,00	1,00
Bolero	Tempo máximo. espera da paleta na saída (h)	0,07	0,06	0,08
Bolero	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,58	0,57	0,59
Tempo22	Taxa de utilização (%)	16,70	15,95	17,55
Tempo22	Número máximo de paletes na saída	1,00	1,00	1,00
Tempo22	Tempo máximo. de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,05	0,08
Tempo22	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,73	0,72	0,75
Lithoman	Taxa de utilização (%)	73,56	72,36	74,75
Lithoman	Número máximo de paletes na saída	1,00	1,00	1,00
Lithoman	Tempo máximo. de espera da paleta na saída (h)	0,07	0,07	0,09
Lithoman	Tempo médio entre saídas de paletes (h)	0,38	0,38	0,39
Colunas	Taxa de utilização (%)	98,17	97,75	98,61

Colunas	Número médio de paletes	373,04	371,47	374,73
AGV	Dist. total percorrida AGV em transporte (km)	6 443	6 393	6 494
AGV	Tempo em transporte do AGV (h)	894,83	887,91	901,97
AGV	Taxa de utilização do AGV em transportes (%)	10,21	10,14	10,30

As taxas de utilização obtidas estão relativamente perto do pretendido para a elaboração do cenário. Mesmo com este aumento de utilização das 3 máquinas, em nenhuma delas se verificou um aumento do número máximo de paletes à espera, e nunca mais de 5 minutos e 24 segundos para a mesma ser deslocada para o local pretendido, expedição ou colunas/linhas de armazenamento. Conclui-se que não será necessário aumentar o *buffer* das máquinas na saída de paletes, nem num cenário onde se aumentou a utilização das máquinas.

Neste cenário verifica-se uma taxa de utilização das colunas destinadas ao armazenamento intermedio das paletes de 98%, em média.

Neste cenário otimista, a implementação de um AGV com capacidade de livre circulação, teria uma taxa de utilização de 10,21%, ou seja, trabalharia 895 horas anuais, em média. A distância que este AGV realizaria nestas deslocações em transporte seria em média de 6.443km.

5.2.6 Considerações finais sobre a viabilidade do equipamento

Para realizar uma análise da viabilidade do investimento num equipamento do tipo AGV, recorreu-se a pedidos de orçamentos a diferentes empresas. Com o propósito de realizar um estudo económico inicial de comparação entre custo de aquisição do equipamento e poupança de mão-de-obra esperada.

Para uma comparação de custos recorreu-se ao valor de custo/hora de um trabalhador. Este valor encontra-se definido pela empresa para análise dos seus investimentos, é de 10€/hora, tendo em conta o salário mais baixo de um operário e os respetivos encargos para a organização.

Neste estudo excluiu-se o cenário 2 por ser um cenário irrealista para um trabalhador, uma vez que nenhum operador vai-se deslocar numa rota definida mesmo que não tenha de realizar transporte de paletes.

Recorreu-se aos dados cronometrados no *gemba*, para descobrir a velocidade de deslocação dos trabalhadores que realizam os transportes de paletes no edifício 2. Com esses dados determinou-se que os operadores se deslocam em média a 0,78 metros/segundo, ver apêndice 11.

Tabela 23 - Análise financeira do investimento

	Cenário 1		Cenário 3		Cenário 4	
	AGV	Operadores	AGV	Operadores	AGV	Operadores
Distância percorrida em transporte (km)	2 492	2 492	4 502	4 502	6 443	6 443
Tempo em transporte (h)	346	887	625	1 603	895	2 294
Custos (€)	55 000	8 874	224 000	16 032	224 000	22 944
Retorno do investimento	55000/8874 = 6 anos e 2 meses		224000/16032 = 14 anos		224000/22944 = 9 anos e 9 meses	

Uma empresa espanhola forneceu um orçamento para o cenário 1, isto é, um AGV com caminho definido por marcações no solo, mas com capacidade de detetar obstáculos e pessoas enquanto realiza a deslocação. O valor do AGV para as deslocações do cenário 1 é de 55.000,00€. Este valor tem incluído o transporte, a programação e a montagem do robô na fábrica.

O veículo possui uma autonomia de 8 horas e uma velocidade de deslocação de 0,5 metros por segundo. Esta velocidade é inferior à utilizada na simulação, o que significa que com uma implementação deste AGV a taxa de utilização e o tempo em transporte serão maiores que as indicadas na simulação.

O retorno do investimento é de 6 anos e 2 meses, pelo que a decisão de investimento será estratégica a longo prazo. Contudo, este retorno poderá ser diminuído caso a empresa pondere a definição de caminhos fixos para todos os deslocamentos existentes na fábrica. Essa definição teria de ser estudada e ponderada, mas o retorno de um AGV com caminhos fixos, que realizaria todos os deslocamentos presentes no cenário 3 seria de 3 anos e 5 meses (55000/16032).

Caso o estudo e definição de todos os caminhos possíveis se demonstre complexo. A empresa poderá adicionar ao cenário 1 as deslocações de saída das paletes da Bolero que vão secar a cola nas linhas de armazenamento e as deslocações de saída da Lithoman, com produto semiacabado, para as colunas de armazenamento. Para realizar esta nova análise a empresa teria de definir o local exato de descarregamento dessas paletes, o que atualmente não está padronizado. Porém, esta incorporação de dois deslocamentos diminuiriam o retorno do investimento.

Uma empresa francesa contactada para um pedido de orçamento de um AGV, para os cenários 3 e 4, forneceu um valor de 224.000,00€ para a compra de um veículo e 326.000,00€ para a compra de dois veículos. Estes valores têm em conta os custos de estudo dos circuitos, transporte, instalação, assistência, *software* e formação para a utilização do equipamento.

Este veículo possui uma autonomia máxima de 8 horas e uma velocidade de deslocação de 2 metros por segundo, como utilizado na simulação inicial.

Os retornos do investimento para o cenário 3 é de 14 anos e para o cenário 4 é de 9 anos e 9 meses. Estes retornos são a longo prazo, pelo que a decisão de investimento terá de ser estratégica e alinhada com as metas a longo prazo da empresa. A viabilidade económica do investimento poderá ser aumentada caso o veículo realize mais tarefas que ocorrem no edifício.

Pelos dados que dispomos para realizar o investimento a empresa poderia primeiro colocar todas as máquinas com a capacidade de terminar a produção com a palete pronta a realizar o deslocamento. Ou incorporar neste estudo a totalidade das máquinas do edifício 2, mesmo que estas necessitem de um operador de fim de linha a terminar a produção na paleta. Essa paleta, em vez de ser levada ao local de destino ficaria junto à linha final à espera do AGV, o trabalhador realizaria esse mini deslocamento em vez do deslocamento à expedição, isto para as máquinas Acoro, Ventura e Onyx. Assim, a taxa de utilização de um veículo livre aumentaria e o período de retorno do investimento diminuiria.

Seria vantajoso para a empresa estudar os movimentos e transportes que os trabalhadores da expedição realizam quando se encontram a fazer o carregamento de um camião. A execução desta tarefa é realizada por vários trabalhadores, e por norma, demoram um tempo considerável. Podendo esta tarefa estar agregada às funções do AGV, os trabalhadores da expedição obteriam mais tempo para outras tarefas. Esta incorporação de funções ao AGV faria diminuir o período de retorno do investimento.

Apesar dos dados calculados é importante analisar esta possível automatização de um modo integrado e abrangente, pelo que se desenvolveu uma análise *SWOT* para ponderar a totalidade dos fatores positivos e negativos do investimento.

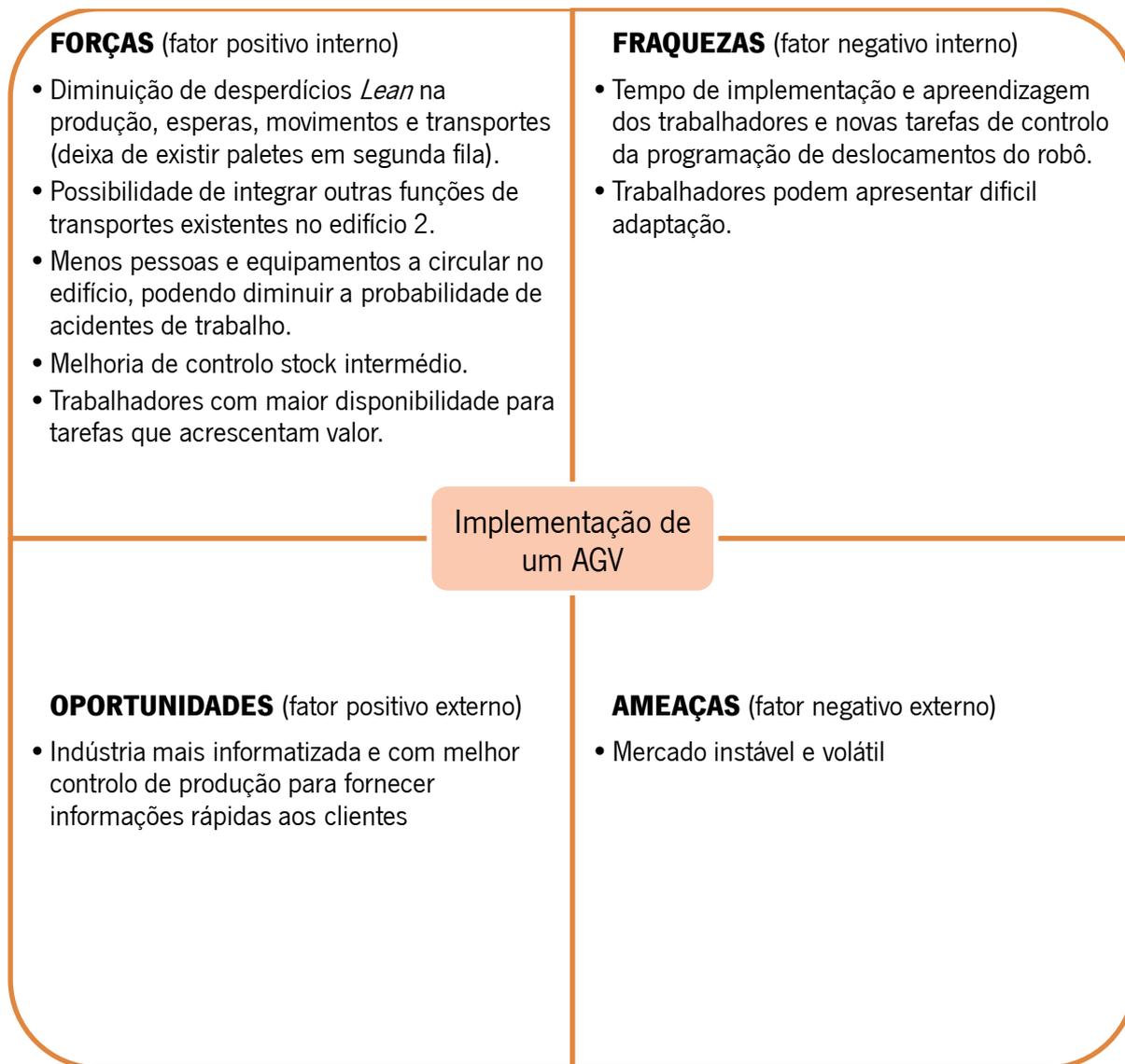


Figura 51 - Análise *SWOT* à implementação de um AGV

6. CONCLUSÕES

6.1 Considerações finais

O desenvolvimento da dissertação na Lidergraf teve como principal objetivo, o estudo dos processos para análise da viabilidade económica e funcional da implementação de um AGV, que realizasse os transportes internos de produto acabado e semiacabado da fábrica, uma vez que esses transportes, e movimentos associados, constituem desperdícios *Lean*.

Efetuiu-se um estudo a todo o processo e interações existentes entre as máquinas na fábrica. Tal permitiu concluir que o edifício 2 é o que possui maior fluxo de produtos entre máquinas, logo com maiores necessidades de transporte de paletes.

Recorreu-se à recolha de dados quantitativos sobre o *gemba* do edifício 2, de forma a adquirir conhecimento fundamental e detalhado sobre os processos internos. Procedeu-se à recolha de dados cronometrados das tarefas desempenhadas pelos trabalhadores e pelas máquinas, determinaram-se tempos de ciclo e duração dos transportes, entre outros. Efetuou-se uma análise multimomento aos trabalhadores para se compreender e analisar a percentagem de tempo despendido pelos mesmos em tarefas que não acrescentam valor aos produtos, como os transportes, movimentos e esperas.

Com os dados retirados de todos os processos das três principais máquinas do edifício 2 (Lithoman, Bolero e Tempo22), verificou-se que, uma importante produção na Bolero, não terminava no fim da linha da máquina. Isto é, os trabalhadores realizavam a tarefa de etiquetagem das caixas depois da paleta sair da máquina. Alterou-se então o modo operatório de forma a que se registasse menos esperas nas tarefas dos operários. Tal resultou na redução de um trabalhador no processo produtivo desta revista. Esta alteração realizou-se de forma faseada, de modo a testar as sugestões e a preparar os trabalhadores para o novo modo operatório.

A alteração do modo operatório da produção, com vista à diminuição dos desperdícios *Lean* e à saída de paletes finalizadas e prontas a serem transportadas da máquina, permitiu que fossem economizadas 123 horas-homem ao longo de um ano. Estas horas equivalem a uma poupança de cerca de 1.230€ anuais. Analisando os resultados obtidos com a melhoria implementada, verifica-se que foi possível reduzir custos produtivos, eliminar desperdícios e melhorar a eficiência do processo.

Para a análise da viabilidade funcional de um AGV, que realizaria o transporte de paletes de entrada e de saída das máquinas, efetuou-se uma simulação do funcionamento atual da fábrica no *software* SIMIO.

Recorreu-se à elaboração de diferentes cenários, com o objetivo de verificar a taxa de utilização do veículo caso realizasse mais tarefas ou caso a produção aumentasse. Com esta análise foi possível estimar as taxas de utilização do equipamento em caso de implementação, bem como a distância percorrida e o tempo de funcionamento do robô. Uma conclusão comum aos vários cenários é a não necessidade de aumentar o espaço de espera da paleta das máquinas, uma vez que pelas simulações nunca se encontra mais que uma paleta em espera para a realização do transporte.

Para analisar a viabilidade económica do AGV solicitou-se a algumas empresas orçamentos envolvendo a aquisição, transporte e implementação dos veículos nas instalações da empresa. Efetuou-se então uma comparação entre os custos de mão-de-obra, utilizados atualmente nos transportes, e os investimentos requeridos na nova solução. Verificou-se que no cenário 1, onde se realiza apenas o transporte entre as saídas das máquinas e a zona de expedição, o período de retorno de investimento seria de 6 anos e 2 meses, com uma taxa de utilização de 4%. No cenário 3, AGV com trajeto livre a realizar transportes de entrada e saída das máquinas, existiria retorno de investimento ao fim de 14 anos, com uma taxa de utilização de aproximadamente 7%. No cenário 4, com o sistema a realizar todos os transporte na eventualidade da produção da fábrica aumentar 50%, o período de retorno de investimento cifrar-se-ia em pouco menos de 10 anos, com uma taxa de utilização de cerca de 10%.

A decisão da empresa deve, portanto, ser baseada na estratégia de longo prazo, devendo estar alinhada com os objetivos dos acionistas para o futuro do negócio. A solução que demonstra ser mais económica para a empresa, é baseada num AGV com caminho definido e com sensores que detetam pessoas e obstáculos ao longo da sua deslocação, uma vez que apresenta o menor período de retorno do investimento.

Caso a empresa opte por realizar a compra do equipamento recomenda-se o ajuste de tarefas dos trabalhadores de cada máquina, bem como tempos de limpeza e organização do trabalho e *setup* já definidos pela empresa.

6.2 Sugestões de trabalho futuro

Face às modestas taxas de utilização obtidas no estudo da viabilidade funcional do AGV, sugere-se o estudo do alargamento das funções deste sistema de transporte, aumentando dessa forma a utilização do mesmo e diminuindo o período de retorno do investimento. Uma possibilidade seria a expansão do transporte via AGV das saída de todas as máquinas existentes no edifício 2 para a zona de expedição,

em contraste com o transporte apenas das máquinas que conseguem terminar a produção com a palete finalizada.

Para o AGV com capacidade de navegação fechada, mas com sensores de obstáculos, seria benéfico a empresa definir mais dois caminhos fixos, de forma a tornar o investimento mais atrativo. Esses caminhos seriam Lithoman-colunas de armazenamento e Bolero-colunas de armazenamento, ou seja, o AGV ficaria responsável por todas as deslocações de saída das máquinas Lithoman, Bolero e Tempo22.

Veículos com capacidade de navegação aberta e tomada de decisão, poderão ter a habilidade suficiente para reorganizar as paletes na expedição, de forma a auxiliar os trabalhadores desta secção no carregamento de camiões. Adicionalmente, o transporte de paletes do edifício 1 para o edifício 2, poderia auxiliar os trabalhadores do armazém, sendo necessário definir um local onde os empilhadores devem deixar as paletes, para o AGV posteriormente as transportar.

Os trabalhadores têm optado por não colocar os cadernos das revistas em maços, no fim da linha da Lithoman, preferindo realizar essa tarefa à mão, pois a máquina danifica determinados produtos, riscando-os. Uma eventual análise estruturada causa-efeito, seguida de uma possível solução, facilitaria o uso do equipamento o que permitiria que todos os trabalhos da Lithoman saíssem com a palete finalizada e nas devidas linhas de saída.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alstef Group. (n.d.-a). AGV & AMR range. Retrieved September 28, 2022, from <https://alstefgroup.com/intralogistics-solutions/our-products/agv-amr/agv-amr-range/>
- Alstef Group. (n.d.-b). AGV & AMR range. Retrieved July 20, 2022, from <https://alstefgroup.com/intralogistics-solutions/our-products/agv-amr/agv-amr-range/>
- Alstef Group. (n.d.-c). BAGXone High-speed AGV. Retrieved September 28, 2022, from <https://alstefgroup.com/baggage-handling/baggage-handling-products/bagxone-agv/>
- Alves, A. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *The Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- ASAP Rental Automation. (n.d.). How does AGV navigation work? Retrieved September 28, 2022, from <https://www.asap-rental.com/how-does-agv-navigation-work-asap-rental-china/>
- Balle, M. (2018). TPS, o Thinking People System - Lean Enterprise Institute. <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/tps-the-thinking-people-system/>
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. A Wiley-Interscience publication.
- Bechtsis, D., Tsolakis, N., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2017). Sustainable supply chain management in the digitalisation era: The impact of Automated Guided Vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3970–3984. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.057>
- Benevides, C. (2021). The Advantages and Disadvantages of Automated Guided Vehicles. <https://www.conveyco.com/advantages-disadvantages-automated-guided-vehicles-agvs/>
- BreezeTree. (n.d.). Software de mapeamento de fluxo de valor. Retrieved January 4, 2022, from <https://www.breezetreer.com/vsm/>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009). *Investigação-Ação: Metodologia Preferencial nas práticas educativas*.
- Cronin, C., Conway, A., & Walsh, J. (2019). State-of-the-art review of autonomous intelligent vehicles (AIV) technologies for the automotive and manufacturing industry. 30th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2019. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2019.8904920>
- De Ryck, M., Versteijhe, M., & Debrouwere, F. (2020). Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. *Journal of Manufacturing Systems*, 54, 152–173. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2019.12.002>
- Dinis-Carvalho, J. (2010). Cultura “Lean” nas Organizações Portuguesas. *Revista EGIUM*, 1–3. <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/outros/Cultura Lean em Portugal.pdf>
- Dinis Carvalho, J. (2021). *Melhoria Contínua nas Organizações*. Lidel.
- Douaioui, K., Fri, M., Mabrouk, C., & Semma, E. A. (2018). The interaction between industry 4.0 and smart logistics: Concepts and perspectives. 2018 International Colloquium on Logistics and Supply Chain Management, LOGISTIQUA 2018, 128–132. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA.2018.8428300>
- Feld, W. M. (2001). *Lean manufacturing – Tools, techniques, and how to use them*. CRC press.

[https://doi.org/10.1016/s0278-6125\(01\)80022-4](https://doi.org/10.1016/s0278-6125(01)80022-4)

- Gonçalves, J. E. L. (2000). As empresas são grandes coleções de processos. *Revista de Administração de Empresas*, 40(1), 6–9. <https://doi.org/10.1590/s0034-75902000000100002>
- Grand View Research. (n.d.). Automated Guided Vehicle Market Size Report, 2030. Retrieved June 30, 2022, from <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/automated-guided-vehicle-agv-market>
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introduction To Operations Research* (Ninth Edit). McGraw-Hill.
- Krugman, P., Wells, R., Ray, M., & Anderson, D. (2012). *Microeconomics in Modules* (2nd ed.). Worth Publishers.
- Kyrillos, S. L., Nascimento, R. J. do, Ollitta, U., & Saccomano, J. B. (2021). Value Stream Mapping (VSM) Applied to a Company of the Metal-Mechanic in 4.0 Industry Context. *Revista FSA*, 18(7), 18–36. <https://doi.org/10.12819/2021.18.7.2>
- Le-Anh, T., & De Koster, M. B. M. (2006). A review of design and control of automated guided vehicle systems. *European Journal of Operational Research*, 171(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2005.01.036>
- Lee, S. Y., & Yang, H. W. (2012). Navigation of automated guided vehicles using magnet spot guidance method. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(3), 425–436. <https://doi.org/10.1016/J.RCIM.2011.11.005>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Lynch, L., Neue, T., Clifford, J., Coleman, J., Walsh, J., & Toal, D. (2018). Automated Ground Vehicle (AGV) and sensor technologies-A review. *Proceedings of the International Conference on Sensing Technology, ICST, 2018-Decem*, 347–352. <https://doi.org/10.1109/ICSENST.2018.8603640>
- Madison, D. (2005). *Process Mapping, Process Improvement, and Process Management: A Practical Guide For Enhancing Work And Information Flow*. Paton Professional. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=VyBwmZc1HIC&oi=fnd&pg=PT5&ots=ynoz8GCTp&sig=_uHlidZ4noXrrgTc-vt6JesuKns&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/CHERD.04351>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *Faculty of Information Studies. University of Toronto*, 1–15. <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Peinado, J., & Graeml, A. R. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)*. UnicenP.
- Pinto, J. P. (2012). *Pensamento Lean*. Lidel, 364.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*, 69, 1184–1190. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.03.108>
- Rai, A., Patnayakuni, R., & Seth, N. (2006). Firm Performance Impacts of Digitally Enabled Supply Chain

- Integration Capabilities. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 30(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/25148729>
- Rother, M., & Harris, R. (2001). *Creating continuous flow : an action guide for managers, engineers and production associates*. Lean Enterprise Institute.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. In Lean Enterprise Institute Brookline.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students*. In Pearson. https://www.researchgate.net/publication/330760964_Research_Methods_for_Business_Students_Chapter_4_Understanding_research_philosophy_and_approaches_to_theory_development
- Schmidt, J., Meyer-Barlag, C., Eisel, M., Kolbe, L. M., & Appelrath, H. J. (2015). Using battery-electric AGVs in container terminals – Assessing the potential and optimizing the economic viability. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 99–111. <https://doi.org/10.1016/J.RTBM.2015.09.002>
- Simio. (n.d.). *Simio Software Products for Simulation and Production Scheduling*. Retrieved July 1, 2022, from <https://www.simio.com/software/>
- Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: A Review of literature. *Journal of Operations Management*, VIII(2), 51.
- SSI Schaefer. (2020). *AUTOMAÇÃO COM VEÍCULOS AUTOMATICAMENTE GUIADOS (AGVS)*. <https://www.ssi-schaefer.com/pt-pt/automation-automated-guided-vehicles-708768>
- Swisslog. (n.d.). *Automated Guided Vehicles AGV for Material Handling*. Retrieved July 20, 2022, from <https://www.swisslog.com/en-us/products-systems-solutions/transport/agv-automated-guided-vehicles>
- Ullrich, G. (2015). *Automated guided vehicle systems. A primer with Practical Applications*. Springer Heidelberg.
- Vis, I. F. A. (2006). Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. *European Journal of Operational Research*, 170(3), 677–709. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2004.09.020>
- Wang, T. M., Tao, Y., & Liu, H. (2018). Current Researches and Future Development Trend of Intelligent Robot: A Review. *International Journal of Automation and Computing* 2018 15:5, 15(5), 525–546. <https://doi.org/10.1007/S11633-018-1115-1>
- Wilson, M. (2015). *Implementation of Robot Systems. An introduction to robotics, automation, and successful systems integration in manufacturing*. Elsevier Inc.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. Simon & Schuster.
- Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101864. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2020.101864>

ANEXOS

ANEXO 2 – ROTA DA EXPEDIÇÃO



Especificação EP.64
Versão de 28-11-2018

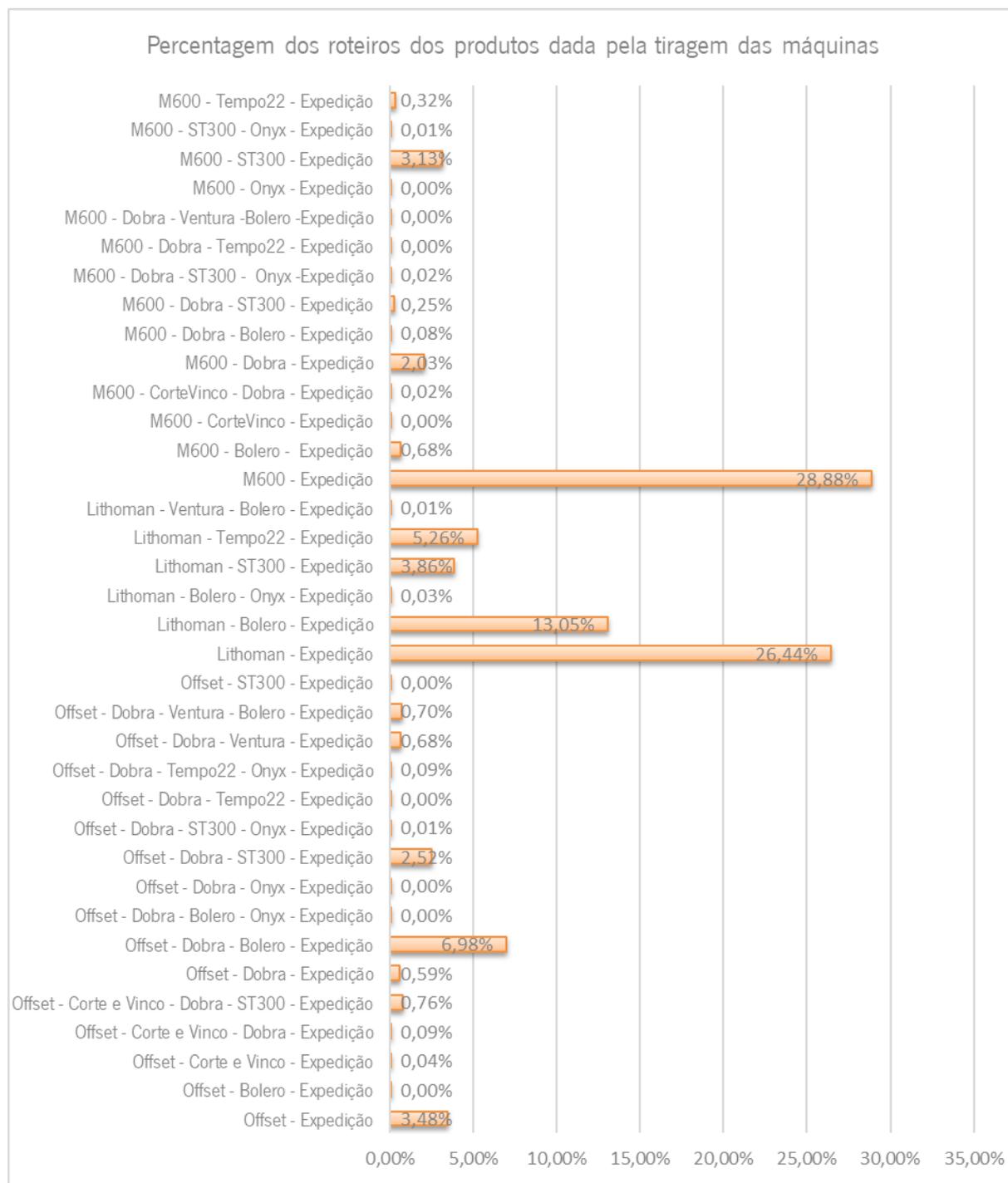
Circuito Interno de Fluxo Materiais - Expedição

EQUIPA EXPEDIÇÃO	RECOLHA DO MATERIAL NOS PONTOS DE RECOLHA 1XDIA - 9h
-----------------------------	---

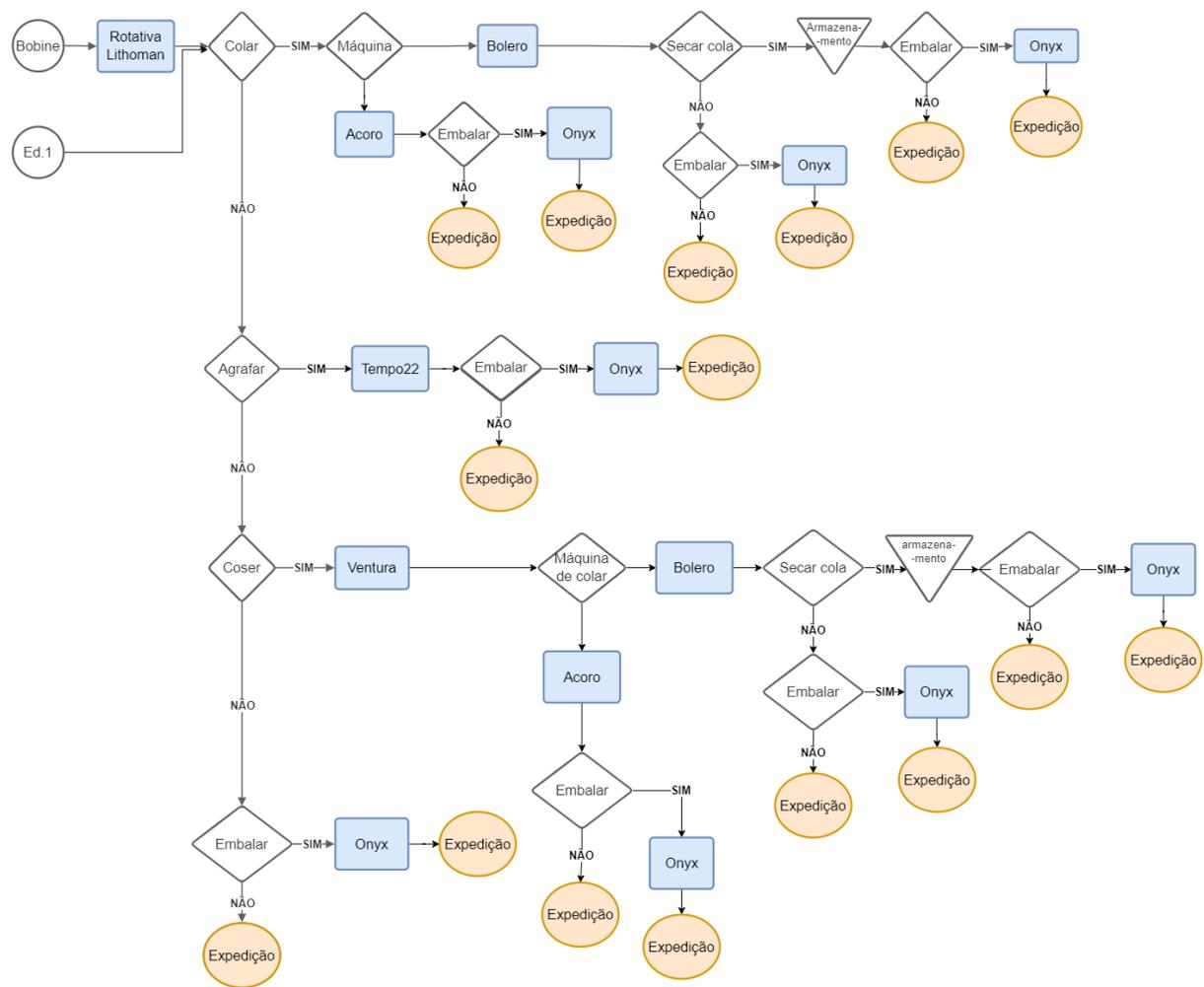
PONTOS DE RECOLHA	Materiais a recolher
Lithoman	Nº EXEMPLARES: → LIVRO ESCOLAR → 2 EXEMPLARES → OUTROS TRABALHOS → 4 EXEMPLARES → BIBLIOTECA NACIONAL → 11 EXEMPLARES → AMOSTRA LIDERGRAF – APENAS ROTATIVA → PULL TEST – BOLERO
Bolero	
Acoro	
Tempo 22	
ST300	
M600	
	Materiais a entregar
Piso 0 – Laboratório	Exemplares para PULL TEST
Piso 1 - Operações	Operações: Exemplares para portfolio
Piso 1 – Departamento Comercial	Sacos FO's para arquivo

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – PERCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DOS ROTEIROS DA FÁBRICA ENTRE JANEIRO DE 2018 E DEZEMBRO DE 2021



APÊNDICE 2 – FLUXOGRAMA DO EDIFÍCIO 2



APÊNDICE 3 – DADOS DOS TRANSPORTES DE PALETES DE SEMIACABADO PARA AS MÁQUINAS BOLERO E TEMPO22

Tempo em segundos	Tempo de colocar Balotes na alceadora automática	Tempo de ajuste dos balotes quando já estão colocados na máquina	Transporte de semiacabado de 2ª fila para posição de utilização ("arrastar" palete)
Média	30	61	21
Moda	23	75	
Mínimo	19	27	8
1º Quartil (25%)	24	51	16
2º Quartil (50%)	30	60	18
3º Quartil (75%)	33	70	23
Máximo	51	88	50
nº de observações	23	18	25

Tempo em segundos	Transporte de produto semiacabado para o início da máquina Bolero	Transporte de porta-palete em vazio (Bolero)	Tempo entre reposições de Balotes na alceadora da Bolero
Média	40	31	404
Moda	39	25	420
Mínimo	14	4	200
1º Quartil (25%)	26	23	351
2º Quartil (50%)	39	29	387
3º Quartil (75%)	52	43	426
Máximo	76	55	763
nº de observações	22	18	28

Tempo em segundos	Transporte de produto semiacabado para o início da máquina Tempo22	Transporte de porta-paleta em vazio (Tempo22)	Tempo entre reposições de Balotes na alceadora da Tempo22
Média	27	18	511
Moda	17	13	414
Mínimo	15	7	183
1º Quartil (25%)	20	13	303
2º Quartil (50%)	25	18	419
3º Quartil (75%)	35	24	638
Máximo	49	31	1687
nº de observações	23	21	18

Palete com 14 balotes	Bolero	Tempo22
Segundos	14*404=5656	14*419=5866
Minutos	94	98
	1h34m	1h38m

APÊNDICE 4 – POWERPOINT SOBRE INICIATIVA NA PRODUÇÃO DA REVISTA A APRESENTADO À LIDERGRAF



Ponto de situação do estágio

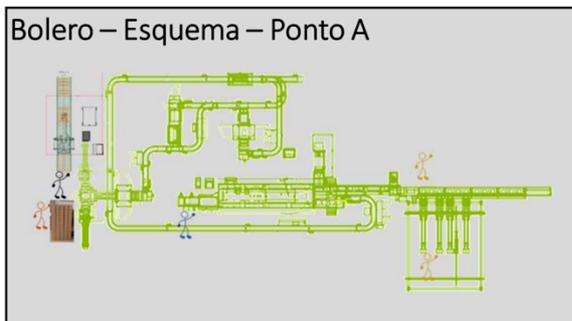
22/02/2022 Mariana Ribeiro PG 42970

1

Revista

Bolero:	2 a colocar produto no início da máquina	2 cadernos em maços
5 Trabalhadores	1 a colocar capas, confirmar produto e a resolver problemas na máquina	2 cadernos em balotes
Velocidade da máquina 5 mil exemplares/hora	1 a colocar os maços em caixas	
	1 a fazer caixas, etiquetar caixas na paleta já terminada e levar a paleta com produto final à expedição	

2



3

Situação atual:

	Colocar o produto na caixa desde que pegu na caixa já montada		Colocar o produto na caixa desde que pegu nas revistas	Etiquetar caixas na paleta	Caixas que gastam em 1 minuto
	Fazer 1 caixa				
Média (seg)	8	18	10	381 (6 min e 22 seg)	3
Moda (seg)	8	15	8		3
Mínimo (seg)	5	11	5	276 (4 min e 36 seg)	2
1º Quartil (25%)	7	14	8	312 (5 min e 11 seg)	3
2º Quartil (50%)	8	17	10	390 (6 min e 30 seg)	3
3º Quartil (75%)	9	21	12	451 (7 min e 31 seg)	4
Máximo (Seg)	20	43	25	480 (8 min)	5
nº de observações	41	43	42	7	10

* Estes dados foram recolhidos a diferentes pessoas e diferentes equipas. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

4

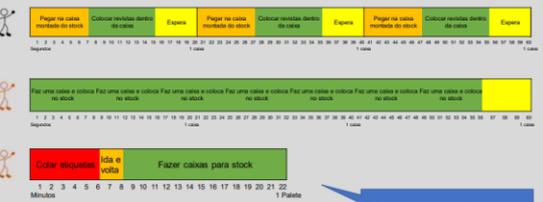
Situação atual:

	Transporte da paleta da bolero para expedição	Transporte de retorno da expedição para a bolero	Soma
Média (seg)	80	49	128 (2 min e 8 seg)
Moda (seg)	65	51	116 (1 min e 56 seg)
Mínimo (seg)	45	22	67
1º Quartil (25%)	58	44	102
2º Quartil (50%)	65	49	114
3º Quartil (75%)	82	52	134
Máximo (Seg)	362	72	434
nº de observações	26	25	

* Estes dados foram recolhidos a diferentes, equipas, dias e produtos acabados.

5

Situação atual:



6

Situação atual:

	Colocar 1 balote na alceadora	Ajuste de 1 balote na máquina	Tempo entre reposições de balotes na alceadora
Média (seg)	30	61	439 (7 min e 19 seg)
Moda (seg)	23	75	368
Mínimo (seg)	19	27	284
1º Quartil (25%)	24	51	368
2º Quartil (50%)	30	60	410 (6 min e 50 seg)
3º Quartil (75%)	33	70	452
Máximo (Seg)	51	88	763
nº de observações	23	18	15

* Estes dados foram recolhidos a diferentes, equipas, dias e produtos acabados.

7

Situação atual:

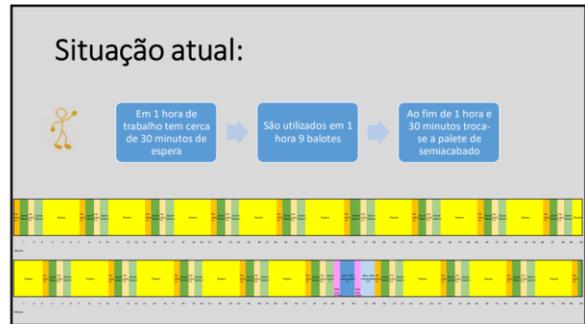
	Transporte de semiacabado para bolero	Transporte de porta paleta para ir buscar semiacabado	"Arrastar" paleta de 2ª fila
Média (seg)	49	33	18
Moda (seg)	49	25	
Mínimo (seg)	14	4	12
1º Quartil (25%)	31	25	16
2º Quartil (50%)	49	32	18
3º Quartil (75%)	57	45	20
Máximo (Seg)	108	55	25
nº de observações	32	25	5

* Estes dados foram recolhidos a diferentes, equipas, dias e produtos acabados.

8



9



10



11

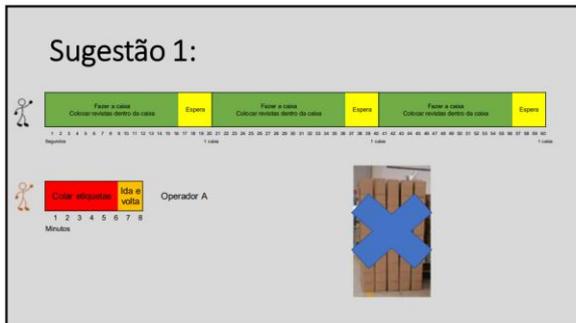
Simulação:

	Forma hipotética	Forma atual
Soma das médias (seg)	18	18
Soma das modas (seg)	16	15
Soma dos máximos (seg)	45	43
Soma dos mínimos (seg)	10	11

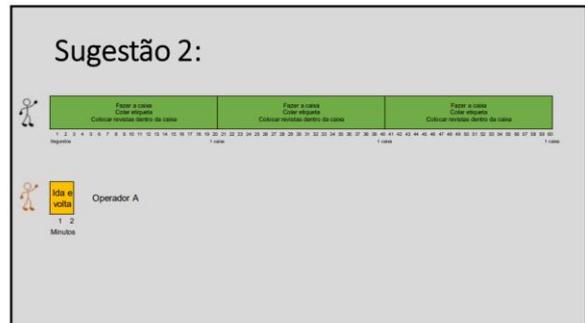
→ Uma pessoa a fazer as duas tarefas demora mais MEIO SEGUNDO (0,45 seg.) do que duas pessoas a fazer as duas tarefas, em média.

* Forma hipotética: Fazer 1 caixa e colocar produto na caixa pela mesma pessoa.

12



13



14

- ### Possíveis soluções:
- 1ª Solução**
 - Tempo de reposição de balotes é superior a 7 minutos por balote
 - Trabalhador poderia etiquetar a paleta e levar a mesma à expedição
 - Com o auxílio do trabalhador que colocar as capas e confirma o produto
 - 2ª Solução**
 - Trabalhador que coloca maços na caixa juntar às suas funções colar a etiqueta
 - Paleta saia do robô já finalizada
 - Transporte para a expedição ser efetuado pelo trabalhador que abastece os balotes
 - 3ª Solução**
 - Trabalhador que coloca maços na caixa juntar às suas funções colar a etiqueta
 - Paleta saia do robô já finalizada
 - Transporte para expedição ser efetuado por um AGV

15

- ### Problemas:
- 1º** Todas as etiquetas têm que ficar visíveis
 - 2º** A fita cola faz refletir o código de barras quando a etiquetas é colocada primeiro que a fita cola

16

Ações futuras a efetuar:

- 1º Verificar se as etiquetas são todas iguais
- 2º Se é um requisito do cliente irem as etiquetas todas viradas para fora da palete, de forma visível
- 3º Verificar se com fita cola as etiquetas refletem quando se efetua a leitura do código de barras
- 4º Verificar na prática a melhor forma de colar a etiqueta, de forma a esta tarefa ser efetuada pelo trabalhador na linha, antes da paletização, e de forma a conservação da etiquetas e código de barras

17

Ações efetuadas:

- 1º Verificar se as etiquetas são todas iguais
As etiquetas são todas iguais e são impressas na TNT da empresa
- 2º Se é um requisito do cliente irem as etiquetas todas viradas para fora da palete, de forma visível
Não há uma especificação escrita do cliente

18

Ações efetuadas:

- 3º Verificar se com fita cola as etiquetas refletem quando se efetua a leitura do código de barras
O código de barras não é refletido.

Dificuldade de ler o código de barrar APENAS quando a pelicula de plástico está irregular e larga.

Arrancar fita cola pode deixar o código de barras ilegível

19

Testes para leitura de código de barras



20



Ponto de situação do estágio

30/03/2022

Mariana Ribeiro
PG 42970

21

Sugestão 1 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa (Manhã)	Tempo de ciclo da máquina (Manhã)
Média (segundos)	17	22
Moda (segundos)	17	22
Mínimo (seg)	10	20
1º Quartil (25%)	14	21
2º Quartil (50%)	16	22
3º Quartil (75%)	19	22
Máximo (Seg)	30	24
nº de observações	39	30

*Estes dados foram recolhidos na equipa da manhã. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

22

Sugestão 1 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa (Tarde)	Tempo de ciclo da máquina (Tarde)
Média (segundos)	15	22
Moda (segundos)	16	22
Mínimo (seg)	10	20
1º Quartil (25%)	14	21
2º Quartil (50%)	15	22
3º Quartil (75%)	17	22
Máximo (Seg)	19	24
nº de observações	39	20

*Estes dados foram recolhidos na equipa da tarde. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

23

Sugestão 1 – Resultados do teste



24

Sugestão 1 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa (Total)	Tempo de ciclo da máquina (Total)
Média (segundos)	16	22
Moda (segundos)	16	22
Mínimo (seg)	10	20
1º Quartil (25%)	14	21
2º Quartil (50%)	16	22
3º Quartil (75%)	18	22
Máximo (Seg)	30	24
nº de observações	78	50

*Estes dados foram recolhidos a diferentes pessoas e equipas. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

25

Sugestão 1 – Resultados do teste

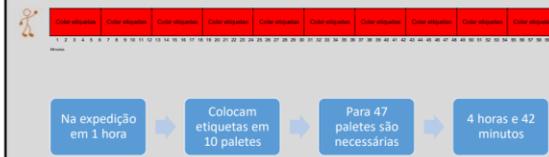
26

Sugestão 1 – Resultados do teste

Horas Homem trabalhadas na Bolero	
1ª	112:51:00
2ª	113:15:00
Média	113:03:00
Teste	96:00:00
Diferença	17:03:00

27

Sugestão 1 – Resultados do teste



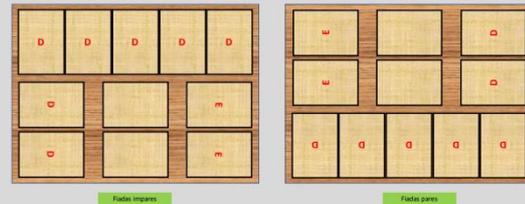
28

Sugestão 1 – Resultados do teste



29

Esquema palete - fiadas



30

LIDERGRAF
SUSTAINABLE PRINTING



Ponto de situação do estágio

13/04/2022

Mariana Ribeiro
PG 42970

31

Sugestão 2 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa + etiquetar caixa (Manhã)	Tempo de ciclo da máquina (Manhã)
Média (seg)	22	22
Moda (seg)	21	22
Mínimo (seg)	18	21
1º Quartil (25%)	20	21
2º Quartil (50%)	21	22
3º Quartil (75%)	22	22
Máximo (Seg)	35	25
nº de observações	24	24

*Estes dados foram recolhidos na equipa da manhã. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

32

Sugestão 2 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa + etiquetar caixa (Tarde)	Tempo de ciclo da máquina (Tarde)
Média (seg)	21	23
Moda (seg)	20	22
Mínimo (seg)	16	19
1º Quartil (25%)	20	21
2º Quartil (50%)	21	22
3º Quartil (75%)	22	22
Máximo (Seg)	30	50
nº de observações	40	35

*Estes dados foram recolhidos na equipa da tarde. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

33

Sugestão 2 – Resultados do teste

	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa + etiquetar caixa (Total)	Tempo de ciclo da máquina (Total)
Média (seg)	21	22
Moda (seg)	21	22
Mínimo (seg)	16	19
1º Quartil (25%)	20	21
2º Quartil (50%)	21	22
3º Quartil (75%)	22	22
Máximo (Seg)	35	50
nº de observações	64	59

*Estes dados foram recolhidos a diferentes pessoas e equipas. Não se considerou tempos de espera por produto, nem pausas, nem abrandamentos de máquina existente ao longo do processo.

34

Sugestão 2 – Resultados do teste



Horas Homem trabalhadas na Bolero	
Média anterior a alterações	113:03:00
Teste 1 - Bolero	96:00:00
Teste 1 - Etiquetar	04:42:00
Teste 1 - dia 17/03	100:42:00
Teste 2 - dia 12/04	104:51:00

*Média tem em conta as últimas DUAS FO antes das alterações

*Menos 12 horas e 21 minutos

*Menos 8 horas e 12 minutos

35

APÊNDICE 5 – A3 DA REVISTA A

A3

Diminuição das H/Homem - Bolero

DATA INÍCIO: Fev 2022 DATA ATUAL: Mai 2022 DATA FIM: Jul 2022



SUSTAINABLE PRINTING

1. DESCRIÇÃO DO OBJETIVO: GO NO GO

DIMINUIR O NÚMERO DE HORAS HOMEM TRABALHADAS NA PRODUÇÃO DA REVISTA; DIMINUIR O TEMPO DE ESPERAS DOS OPERADORES; ELIMINAR O STOCK DE CAIXAS MONTADAS.

4. ANÁLISE DE DESVIOS E CAUSAS: GO NO GO

- O QUINTO TRABALHADOR ESTAVA ALOCADO À MÁQUINA PORQUE TINHA QUE LEVAR A PALETE À EXPEDIÇÃO, ETIQUETAR AS CAIXAS NA PALETE QUANDO ESTA SAÍDA DA ROBÔ DA BOLERO E FAZER CAIXAS PARA STOCK.
- COLAR ETIQUETA NAS CAIXAS ANTES DA FITA COLA PODERIA FAZER REFLETIR CÓDIGO DE BARRAS
- TEMPO DE PEGAR CAIXA EM STOCK E COLOCAR O MAÇO – TEMPO DE COLOCAR OS MAÇOS = TEMPO DE PEGAR A CAIXA DE STOCK ENTÃO : 15-8 = 7 SEG O QUINTO TRABALHADOR NÃO NECESSITAVA DE FAZER STOCK DE CAIXAS

7. ATUALIZAÇÃO DO PLANO DE AÇÕES: GO NO GO

- TESTAR PRODUÇÃO COM O TRABALHADOR DA LINHA A EFETUAR A COLAGEM DE ETIQUETAS

2. ANÁLISE ESTADO ATUAL: GO NO GO

5 TRABALHADORES NA PRODUÇÃO DA REVISTA NA BOLERO
HORAS HOMEM TRABALHADAS: 113H03M

DADOS	
Tempo de produzir uma caixa	8 seg
Tempo de colocar maço dentro da caixa	8 seg
Tempo de pegar caixa em stock e colocar o maço	15 seg
Caixas gastas por minuto	3 caixas
Horas homem trabalhadas na bolero	113 horas
Tempo de espera do operador por minuto	15 seg

5. DESENHO DE SOLUÇÕES: GO NO GO

-TERMINAR COM STOCK ILIMITADO DAS CAIXAS
-REALIZAR A PRODUÇÃO COM 4 TRABALHADORES TRABALHADOR DE FIM DE LINHA:

Fazer a caixa Colar etiqueta Colocar revista dentro da caixa	Fazer a caixa Colar etiqueta Colocar revista dentro da caixa	Fazer a caixa Colar etiqueta Colocar revista dentro da caixa

-LEVAR PALETE À EXPEDIÇÃO FICA À RESPONSABILIDADE DO TRABALHADOR NO INÍCIO DA LINHA, TRABALHADOR DOS BALOTES.
-TESTAR SE A FITA COLA REFLETE CÓDIGO DE BARRAS

8. CONFIRMAÇÃO DE OBJETIVOS: GO NO GO

Teste 2	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa + etiquetar caixa	Tempo de ciclo da máquina
Média (seg)	21	22
Moda (seg)	21	22
Mínimo (seg)	16	19
Máximo (seg)	35	50

HORAS HOMEM TRABALHADAS: 104H 51MIN

3. DEFINIÇÃO ESTADO ALVO: GO NO GO

REDUÇÃO DE UM TRABALHADOR NA PRODUÇÃO DA REVISTAS NA BOLERO
TEMPO DE ESPERA DO OPERADOR NO FIM DE LINHA (EM MÉDIA) = 0 SEG/MIN

6. TESTE DE SOLUÇÕES: GO NO GO

Teste 1	Tempo de fazer caixa + colocar produto na caixa	Tempo de ciclo da máquina
Média (seg)	16	22
Moda (seg)	16	22
Mínimo (seg)	10	20
Máximo (seg)	30	24

COLARAS ETIQUETAS FICOU A CARGO DA EXPEDIÇÃO NO TESTE 1
HORAS HOMEM TRABALHADAS : 96H
COLARAS ETIQUETAS PELA EXPEDIÇÃO : 4 HORAS E 42 MINUTOS
TOTAL DE HORAS HOMEM TRABALHADAS PARA AS MESMAS OPERAÇÕES = 100 HORAS E 42 MINUTOS
REDUÇÃO DE 12 HORAS E 21 MINUTOS

9. LIÇÕES APRENDIDAS: GO NO GO

- PARA A SOLUÇÃO FUNCIONAR O ROBÔ DE SAÍDA TEM QUE TER UMA PADRONIZAÇÃO DE COLOCAÇÃO DAS CAIXAS
- FITA COLA NÃO FAZ REFLETIR O CÓDIGO DE BARRAS
- PELO BEM ESTAR DA COORDENAÇÃO DAS EQUIPAS É IMPORTANTE O ENVOLVIMENTO DE TODOS OS RESPONSÁVEIS NOS TESTES EFETUADOS

APÊNDICE 6 – DADOS PARA SIMULAÇÃO INDUSTRIAL NO SIMIO

Algumas das medidas apresentadas de seguidas foram definidas por médias, porque existem vários pontos onde uma paleta pode ser colocada nas linhas de armazenamento.

De	Para	Distância (metros)
Bolero	Expedição	55
Lithoman	Expedição	97
Tempo22	Expedição	54
Linhas de armazenamento	Expedição	70
Linhas de armazenamento	Tempo22	31
Linhas de armazenamento	Lithoman	43
Linhas de armazenamento	Bolero	40

No *gamba*, verificou-se em diferentes dias as paletes que existiam em espera, onde se apurava o dia em que a paleta foi colocada no local e se o produto era acabado ou semiacabado.

Número de dias das paletes nas colunas de armazenamento	Número de paletes com produto semiacabado	Percentagem	Percentagem acumulada
0	59	21%	21%
1	33	12%	33%
2	27	10%	43%
4	12	4%	47%
5	46	16%	63%
6	26	9%	73%
7	37	13%	86%
9	3	1%	87%
10	10	4%	90%
17	7	3%	93%
25	20	7%	100%

Número de dias das paletes nas colunas de armazenamento	Número de paletes com produto final (cola PUR)	Percentagem	Percentagem acumulada
1	14	14%	14%
2	42	43%	58%
4	15	15%	73%
6	11	11%	85%
16	2	2%	87%
18	2	2%	89%
27	4	4%	93%
54	7	7%	100%

Realizou-se uma análise às entradas de bobines na máquina Lithoman por FO e contabilizou-se o número de paletes que a mesma FO gerou. Para a relação ser representativas da realidade analisou-se um número de FO que a soma de paletes geradas (691) garantiu que se analisou-se 59% de paletes de produto acabado(410, em 6 FO) e 41% de paletes semiacabadas (281, em 7 FO).

Número de paletes geradas por bobine	Quantidade de FO em que se verificou	Percentagem	Percentagem acumulada
1	3	23%	23%
2	8	62%	85%
3	1	8%	92%
4	1	8%	100%
Total	13	100%	

Nas máquinas Bolero e Tempo22 quando sai uma paleta de produto final esta é constituída por produtos que contém uma capa e um conjunto de cadernos. Cada caderno e cada capa tem uma paleta correspondente a um artigo. Neste sentido recorreu-se aos dados informáticos para determinar uma relação entre a entrada de paletes em máquina e a saída de paletes. Recorreu-se aos dados do ano de 2021, desagregados por tiragens por máquina, ou seja, por quantidades por trabalho.

Iniciou-se a análise pela determinação do número de cadernos que normalmente entra na máquina Bolero, quando esta se encontra a trabalhar com FO. Pelas observações no *gemba* a máquina em média trabalha com 5 cadernos e 1 capa, logo 6 entradas.

Descrição	Nº de cadernos na máquina Bolero
Mínimo	1
Máximo	10
Média	5
Moda	4
Total de observações	25

Segundo os trabalhadores uma configuração que estes normalmente utilizam para a paletização é 16 livros ou revistas por maço, 13 maços por fiada e 10 fiadas por paleta. O que resulta em 2.080 exemplares por paleta, na Bolero. Também, por indicação de diferentes trabalhadores da Lithoman e por visualização no *gemba*, sabe-se que o produto semiacabado da Lithoman sai, por norma, em balotes com 500 cadernos e são colocados 14 balotes numa paleta, logo 7.000 cadernos por paleta. Estes dois

valores serão utilizados como referência para determinar a relação entre o número de paletes que entram e que saem da Bolero durante a produção.

Tiragem da Bolero em 2021	Número de FO	%	Média da tiragem	Paletes de produto acabado	Paletes produto semiacabado	Relação entre entrada e a saída de paletes	Relação entre entrada e saída e o número de FO
1001-5000	205	29%	4000,5	2	6	3,1	639,5
5001-10000	150	21%	7499,5	4	12	3,3	499,2
10001-20000	84	12%	14999,5	7	18	2,5	209,7
20001-100000	104	15%	59999,5	29	54	1,9	194,7
100001-9999999	14	2%	150000	72	132	1,8	25,6
Total	717	100%					1568,7

Com estes dados sabe-se que para sair uma paleta na bolero são necessárias duas paletes a entrar ($1.568,7/717=2,19$).

Pelas observações no *gamba* a Tempo22 trabalhou com 2 entradas, umas vezes com 1 caderno e 1 capa outras vezes com 2 cadernos sem capa. Pelo que nesta análise se consideraram 2 entradas como sendo o valor médio de entradas de componentes na máquina para esta iniciar a produção.

Normalmente a configuração da paletização da Tempo22 é 50 revistas por maço, 13 maços por fiada e 11 fiadas por palete, o que resulta em 7.150 revistas por palete.

Tiragem da Tempo22 em 2021	Número de FO	%	Média da tiragem	Paletes de produto acabado	Paletes produto semiacabado	Relação entre entrada e a saída de paletes	Relação entre entrada e saída e o número de FO
1001-5000			4000,5				
5001-10000			7499,5				
10001-20000			14999,5				
20001-100000	65	67%	59999,5	8	18	2,3	146,3
100001-9999999	19	20%	150000	21	44	2,1	39,8
Total	97						186,1

Pelo dados sabe-se que para sair uma paleta na Tempo22 são necessárias duas paletes a entrar ($186,1/97=1,92$).

APÊNDICE 7 – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO 1

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic Type	Average	Minimum	Maximum	Half Width	Standard Deviation
Combiner	Bolero	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	37,39	36,55	38,27	0,12	0,42
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	37,39	36,55	38,27	0,12	0,42
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	3 275,11	3 201,92	3 352,04	10,51	36,78
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	62,61	61,73	63,45	0,12	0,42
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	5 484,89	5 407,96	5 558,08	10,51	36,78
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,06	0,05	0,08	0,00	0,01
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,58	0,56	0,59	0,00	0,01
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,18	2,18	2,18	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,21	0,21	0,21	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	12,53	11,84	13,10	0,09	0,31
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	12,53	11,84	13,10	0,09	0,31
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	1 098,00	1 037,50	1 147,60	7,80	27,31
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	87,47	86,90	88,16	0,09	0,31
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	7 662,00	7 612,40	7 722,50	7,80	27,31
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,06	0,04	0,08	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,73	0,71	0,76	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,98	2,98	2,98	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,43	0,43	0,43	0,00	0,00
Server	colunas	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	75,29	73,03	77,15	0,30	1,04
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Average	286,09	277,52	293,17	1,13	3,95
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Maximum	347,80	330,00	365,00	2,67	9,36
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	49,58	48,65	50,63	0,14	0,48
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	49,58	48,65	50,63	0,14	0,48
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	4 343,39	4 261,93	4 435,23	12,03	42,12
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	50,42	49,37	51,35	0,14	0,48
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	4 416,61	4 324,77	4 498,07	12,03	42,12
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,06	0,07	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,39	0,38	0,39	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	1,57	1,57	1,57	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Object]	Travel	DistanceTraveled	Total (kms)	2 492	2 457	2 537	6	21
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	3,95	3,90	4,02	0,01	0,03
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Percent	96,05	95,98	96,10	0,01	0,03
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Total (Hours)	8 413,93	8 407,63	8 418,79	0,83	2,91
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Percent	3,95	3,90	4,02	0,01	0,03
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Total (Hours)	346,07	341,21	352,37	0,83	2,91

APÊNDICE 8 – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO 2

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic Type	Average	Minimum	Maximum	Half Width	Standard Deviation
Combiner	Bolero	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	37,29	36,20	38,77	0,17	0,58
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	37,29	36,20	38,77	0,17	0,58
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	3266,99	3171,47	3396,25	14,50	50,75
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	62,71	61,23	63,80	0,17	0,58
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	5493,01	5363,75	5588,53	14,50	50,75
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,58	0,56	0,59	0,00	0,01
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,18	2,18	2,18	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,21	0,21	0,21	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	12,62	11,96	13,20	0,07	0,25
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	12,62	11,96	13,20	0,07	0,25
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	1105,44	1047,65	1156,67	6,21	21,74
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	87,38	86,80	88,04	0,07	0,25
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	7654,56	7603,33	7712,35	6,21	21,74
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,08	0,06	0,11	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,73	0,71	0,76	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,98	2,98	2,98	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,43	0,43	0,43	0,00	0,00
Server	colunas	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	75,48	73,26	78,88	0,30	1,05
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Average	286,82	278,39	299,76	1,14	3,98
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Maximum	346,68	331,00	377,00	2,87	10,05
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	49,47	47,83	50,42	0,15	0,53
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	49,47	47,83	50,42	0,15	0,53
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	4333,36	4190,22	4417,22	13,32	46,63
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	50,53	49,58	52,17	0,15	0,53
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	4426,64	4342,78	4569,78	13,32	46,63
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,10	0,10	0,11	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,38	0,38	0,39	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	1,57	1,57	1,57	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Object]	Travel	DistanceTraveled	Total (kms)	63 072	63 072	63 072	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Percent	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Total (Hours)	8760,00	8760,00	8760,00	0,00	0,00

APÊNDICE 9 – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO 3

Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic Type	Average	Minimum	Maximum	Half Width	Standard Deviation
Bolero	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	37,40	36,15	38,95	0,16	0,57
Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	37,40	36,15	38,95	0,16	0,57
Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	3276,05	3166,39	3411,69	14,37	50,31
Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	62,60	61,05	63,85	0,16	0,57
Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	5483,95	5348,31	5593,61	14,37	50,31
Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,06	0,08	0,00	0,01
Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,58	0,57	0,59	0,00	0,01
Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,18	2,18	2,18	0,00	0,00
Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,21	0,21	0,21	0,00	0,00
Tempo22	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	12,55	11,80	13,12	0,08	0,28
Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	12,55	11,80	13,12	0,08	0,28
Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	1099,39	1033,30	1149,30	6,90	24,16
Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	87,45	86,88	88,20	0,08	0,28
Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	7660,61	7610,70	7726,70	6,90	24,16
Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,05	0,08	0,00	0,01
Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,73	0,71	0,75	0,00	0,01
Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,98	2,98	2,98	0,00	0,00
Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,43	0,43	0,43	0,00	0,00
colunas	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	75,34	72,73	77,94	0,31	1,09
colunas	Processing	Content	NumberInStation	Average	286,28	276,38	296,16	1,18	4,14
colunas	Processing	Content	NumberInStation	Maximum	346,86	328,00	363,00	2,57	9,00
colunas	Processing	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lithoman	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	49,43	48,32	50,43	0,13	0,46
Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	49,43	48,32	50,43	0,13	0,46
Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	4330,18	4232,69	4417,82	11,59	40,57
Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	50,57	49,57	51,68	0,13	0,46
Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	4429,82	4342,18	4527,31	11,59	40,57
Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00
Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,07	0,09	0,00	0,00
Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,38	0,38	0,39	0,00	0,00
Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	1,57	1,57	1,57	0,00	0,00
Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00
AGV[1]	[Object]	Travel	DistanceTraveled	Total (kms)	4 502	4 445	4 551	8	28
AGV[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	7,14	7,05	7,22	0,01	0,04
AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Percent	92,86	92,78	92,95	0,01	0,04
AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Total (Hours)	8134,77	8127,86	8142,60	1,11	3,88
AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Percent	7,14	7,05	7,22	0,01	0,04
AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Total (Hours)	625,23	617,40	632,14	1,11	3,88

APÊNDICE 10 – RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES DO CENÁRIO 4

Object Type	Object Name	Data Source	Category	Data Item	Statistic Type	Average	Minimum	Maximum	Half Width	Standard Deviation
Combiner	Bolero	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	49,66	47,95	51,04	0,18	0,62
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	49,66	47,95	51,04	0,18	0,62
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	4349,84	4200,42	4470,72	15,43	54,03
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	50,34	48,96	52,05	0,18	0,62
Combiner	Bolero	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	4410,16	4289,28	4559,58	15,43	54,03
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,06	0,08	0,00	0,00
Combiner	Bolero	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,58	0,57	0,59	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,18	2,18	2,18	0,00	0,00
Combiner	Bolero	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,21	0,21	0,21	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	16,70	15,95	17,55	0,10	0,36
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	16,70	15,95	17,55	0,10	0,36
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	1463,22	1397,08	1537,65	8,92	31,21
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	83,30	82,45	84,05	0,10	0,36
Combiner	Tempo22	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	7296,78	7222,35	7362,92	8,92	31,21
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,05	0,08	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,73	0,72	0,75	0,00	0,01
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	2,98	2,98	2,98	0,00	0,00
Combiner	Tempo22	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,43	0,43	0,43	0,00	0,00
Server	colunas	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	98,17	97,75	98,61	0,06	0,20
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Average	373,04	371,47	374,73	0,21	0,75
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Maximum	380,00	380,00	380,00	0,00	0,00
Server	colunas	Processing	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	73,56	72,36	74,75	0,15	0,51
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Percent	73,56	72,36	74,75	0,15	0,51
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeProcessing	Total (Hours)	6444,27	6338,46	6548,15	12,81	44,85
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Percent	26,44	25,25	27,64	0,15	0,51
Server	Lithoman	[Resource]	ResourceState	TimeStarved	Total (Hours)	2315,73	2211,85	2421,54	12,81	44,85
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Maximum	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	Content	NumberInStation	Minimum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	0,07	0,07	0,09	0,00	0,00
Server	Lithoman	OutputBuffer	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Average (Hours)	0,38	0,38	0,39	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Maximum (Hours)	1,57	1,57	1,57	0,00	0,00
Server	Lithoman	Processing	HoldingTime	TimeInStation	Minimum (Hours)	0,23	0,23	0,23	0,00	0,00
Vehicle	AGV[1]	[Object]	Travel	DistanceTraveled	Total (kms)	6 443	6 393	6 494	7	26
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	10,21	10,14	10,30	0,01	0,04
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Percent	89,79	89,70	89,86	0,01	0,04
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeIdle	Total (Hours)	7865,17	7858,03	7872,09	1,03	3,61
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Percent	10,21	10,14	10,30	0,01	0,04
Vehicle	AGV[1]	[Resource]	ResourceState	TimeTransporting	Total (Hours)	894,83	887,91	901,97	1,03	3,61

APÊNDICE 11 – VELOCIDADE DE DESLOCAÇÃO DOS TRABALHADORES

Obser.	Transporte entre Bolero e expedição (seg)	Transporte entre Lithoman e expedição (seg)	Transporte entre Tempo22 e expedição (seg)
1	58	85	47
2	68	98	54
3	72	87	60
4	65	101	72
5	59	114	39
6	64	103	49
7	74	144	60
8	86	144	80
9	70	131	71
10	97	117	71
11	90	98	92
12	61	106	100
13	50	89	75
14	48	80	94
15	45	97	94
16	70	100	112
17	111	97	77
18	362	98	89
19	65	84	82
20	90	93	75
21	56		83
22	52		
23	85		
24	56		
25	64		
26	60		
27	51		
28	60		
29	78		
30	120		
Média	80	103	75

De	Para	Distância (m)	Tempo médio de transporte pelos trabalhadores (seg)	Velocidade de transporte dos operadores (m/seg)
Bolero	Expedição	55	80	0,69
Lithoman	Expedição	97	103	0,94
Tempo22	Expedição	54	75	0,72
Média da velocidade de transporte dos operadores				0,78

APÊNDICE 12 – ORÇAMENTO INICIAL DAS EMPRESAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM AGV

Duas empresas responderam ao pedido de orçamentação de uma AGV. Segue as respostas fornecidas por email.

O primeiro email diz respeito a um AGV com capacidade de se deslocar livremente. Anexado ao email foi enviado um documento com as características do veículo.

Hi Mariana,

Find below a first budgetary approach which will have to be confirmed by a specification

We have taken into account the data that you have communicated to us, the approximate distances and the rates:

Maximum output rates :

- Lithoram : 4.38p/h
- Bolero : 4.89p/h
- Tempo22 : 2.28p/h

Transfer of pallets between a conveyor and an intermediate stock.

Pallets to be handled on the 800x1200mm side

Products considered as stable and not overflowing (to be validated)

Maximum weight : 1000 kg

Opening time of the site : 24 hours on 7 days.

Calls via automaton

Floor : check the conformity

Estimated need:

Depending on the speed and especially the distance, we estimate [2 AGV type GL 8.1](#), but I give you the budget price for [1 AGVs type GL 8.1](#) (see attached brochure)



[Budget including the automatic battery change: 224 000 € HT \(±10%\) for 1 AGV . and for 2: 326 000€H.T\(±10%\)](#)

Including the software : AGV MANAGER (its parameter setting, automaton tests), the circuit study, the tests, the installation on site, the deployment on site, the assistance after setting in exploitation, the transport, the training

Remaining at your disposal,

Best Regards

O segundo email diz respeito a um AGV com capacidade de deslocação fixa, mas com sensores que detetam obstáculos e pessoas. No primeiro email de resposta consta um orçamento mínimo, para o caso proposto. Anexado ao email foi enviado um documento com as características do veículo.

Bom dia Mariana:

Eu sou [REDACTED], da empresa [REDACTED]. Estávamos a falar na sexta-feira ao telefone.

Em anexo está uma oferta genérica da nossa AGV com todos os dados técnicos.

Velocidade de avanço: 0,5 m/s

Duração da bateria: 8 horas

Tempo de carga da bateria: 2-3 horas

Tal projecto custa aproximadamente 50K euros.

Analisei ligeiramente o plano e os pontos de captura/descarga, não o tomei em consideração nesta citação. Preciso de conhecer o volume de produção (paletes/hora) por linha, velocidades reais de produção. Com isto posso dizer-lhe se são necessários 1 ou 2 AGV.

Se tiver alguma dúvida, por favor não hesite em contactar-me.

Com os melhores cumprimentos:

O segundo orçamento enviado pela mesma empresa está elaborado de acordo com o cenário 1.

11. Valoración económica

Importe del proyecto **55.000 €**

<i>Ud</i>	<i>Concepto</i>
1	<i>Dispositivo AGV</i>
1	<i>Batería adicional</i>
200	<i>Metros de línea</i>
20	<i>Códigos de barras</i>
3	<i>Zonas de captura individual</i>
3	<i>Zona de dejada individual</i>
1	<i>Botonera</i>

Condiciones

<i>Montaje y Programación</i>	<i>Incluido</i>
<i>Transporte</i>	<i>Incluido</i>
<i>Plazo Entrega del Material</i>	<i>A convenir</i>
<i>Garantía</i>	<i>1 Año en piezas, salvo elementos de desgaste</i>
<i>Impuestos</i>	<i>I.V.A. No incluido</i>