



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tiago Manuel Vieira da Silva Santos

Contribuição para o melhoramento
da gestão operacional de uma
linha de fabrico de garrafas de gás



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Tiago Manuel Vieira da Silva Santos

Contribuição para o melhoramento
da gestão operacional de uma
linha de fabrico de garrafas de gás

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Sílvio do Carmo Silva

DECLARAÇÃO

Nome: Tiago Manuel Vieira da Silva Santos

Endereço eletrónico: tiagomanuelvsantos@gmail.com

Telefone: 916495472

Número do Bilhete de Identidade: 13373800

Título da dissertação: Contribuição para o melhoramento da gestão operacional de uma linha de fabrico de garrafas de gás

Orientador: Professor Doutor Sílvio do Carmo Silva

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

1. DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão do presente projeto de dissertação sobressai a certeza de que foram muitas as pessoas que deram um contributo, direto ou indireto, ao longo do percurso da sua realização. Para essas pessoas deixo o meu sincero agradecimento.

Ao Professor Doutor Sílvio do Carmo Silva pela constante disponibilidade e pela dedicação. Pela sua sábia e rigorosa orientação que me permitiram obter um tamanho crescimento, tanto a nível académico, pessoal como profissional. Foi realmente um privilégio.

A toda a organização que é a AMTROL-ALFA e a todos as pessoas que a constituem por me receberem de forma excepcional. Por me proporcionarem o perfeito ambiente empresarial para desenvolver o projeto. Diz-se que “a ALFA é uma escola”, e de facto foi uma escola. Votos de muito sucesso para a organização AMTROL-ALFA.

Ao Engenheiro Pessoa Santos, por me conceder este projeto, pela total disponibilidade de recursos e pelo seu aconselhamento.

Ao Engenheiro Manuel Lopes, pela orientação dada, pelo seu apoio constante ao longo do projeto e por me confiar autonomia e responsabilidades que contribuíram para o meu crescimento profissional.

Aos meus colegas da AMTROL-ALFA, pela forma como me acolheram como em mais lado nenhum poderia ter sido. Pela total disponibilidade que sempre demonstraram, pelo fantástico ambiente de trabalho e pelo excelente companheirismo só ao alcance de ótimas pessoas.

A toda a minha Família o meu eterno e profundo agradecimento. Aos meus pais por tudo fazerem acontecer. Pelo apoio constante, por estarem sempre presentes em todas as fases, não só do projeto, mas da vida. À minha namorada pela motivação e por me fazer acreditar mesmo nos momentos mais difíceis. Por estar de forma incondicional sempre a meu lado, desejando sempre o melhor.

RESUMO

A presente dissertação resulta de um projeto de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial desenvolvido na empresa AMTROL-ALFA Metalomecânica, S.A., em Guimarães, Portugal. Incidiu sobre a análise e funcionamento de uma linha de produção de garrafas de gás procurando dar um contributo para a sua melhoria operacional. O problema principal a resolver foi aumentar a fiabilidade das quantidades produzidas face às encomendadas de cada referência de garrafa. A falta de fiabilidade cria prejuízos importantes. O prejuízo tende a ser maior quando a falta de garrafas compromete a data planeada de expedição e/ou obriga à reposição das garrafas em falta. Neste caso pode ser necessário interromper a produção na linha para completar encomendas. Esta realidade é motivada por produção de artigos não conformes que têm de ser repostos, por ações de reparação e por processos de contagem e controlo de quantidades pouco fiáveis. Depois de realizar uma breve revisão da literatura sobre ferramentas e técnicas de produção *lean*, relevantes ao projeto, foi feita uma análise exaustiva ao processo produtivo e processos auxiliares de reparação de artigos não conformes e de contagem de garrafas. Na sequência desta, foram dadas contribuições para a melhoria destes processos.

Como metodologia de ação-investigação conjugou-se as metodologias *KATA* – usada na empresa – e *Action Research*. Foi assim possível identificar as condições atuais dos processos, possibilitando, não só, identificar os problemas que impossibilitavam o bom funcionamento da linha, como também, identificar processos geradores de dificuldades que estavam diretamente ligados ao trabalho em curso – *work-in-process* (WIP) - e à linha de fabrico.

Como propostas de melhoria realmente implementadas, referem-se: 1) a implementação de um sistema de contadores de artigo na linha, 2) um sistema para a manipulação e transporte de peças reparadas, 3) o arranjo do posto de reparação e 4) o estudo da razão pela qual existia trabalho em curso fora da linha. Foi ainda proposto um sistema de requisições de materiais para reposição de artigos perdidos devido a não conformidades. Embora não tivesse sido implementado, poderá funcionar como um poderoso complemento no controlo de artigos rejeitados e conseqüentemente no controlo das quantidades a repor se necessário.

PALAVRAS-CHAVE

Controlo de Produção, Trabalho em curso – WIP, Linha de produção, Garrafas de gás, *lean manufacturing*

ABSTRACT

The present dissertation was developed under the scope of the master project in “Engenharia e Gestão Industrial” at the AMTROL-ALFA Metalomecânica, S.A., company in Guimarães, Portugal. The project is focused in improving the operation of a manufacturing line for steel gas cylinders. The main problem to solve was to improve the reliability of the number of gas cylinders manufactured for each customer order. When the manufactured quantity do not match, i.e., is lower than the quantity ordered, several costs may be incurred. First the shipping date for the order is likely to be delayed. Second, new manufacturing line runs need to be set for manufacturing a few more gas cylinders. This not only disturbs the customer order, as well as the manufacturing line and, many times, other orders that supposedly should follow without interruption. The problem sometimes is a virtual one and results from unreliable counting process. So, after a brief review of the literature on lean manufacturing tools and techniques relevant to the project a thorough study of the manufacturing operations and auxiliary processes, such as the gas cylinders counting and parts repairing, was conducted and improvement proposals put forward.

KATA – used by the company – and Action Research methodologies were used for analysis, problem identification and improvement proposals generation. Some of these, which had been implemented included: 1) a system of automatic counters in the line, 2) a system for handling and transport of parts of gas cylinders to repair, 3) the organization of the parts of gas cylinders repair workstation and a study of the sources of excessive work-in-process in certain parts of the production line. It was also proposed a system for ordering the production of new parts to replace defectives parts not repairable.

KEYWORDS

Production control, work-in-process, lean manufacturing, steel gas cylinders

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xviii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e motivação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia da investigação	3
1.4 Organização e estrutura da dissertação.....	6
2. Apresentação da empresa	9
2.1 Identificação da AMTROL-ALFA.....	9
2.2 História da AMTROL-ALFA	10
2.3 Produtos da empresa.....	11
2.4 Mercado	14
2.5 Visão, missão e valores	14
3. Revisão da literatura.....	17
3.1 Metodologias de investigação	17
3.1.1 Filosofia <i>KATA</i>	17
3.1.2 <i>Action Research</i>	22
3.2 Inteligência emocional.....	24
3.3 <i>Lean manufacturing</i>	25
3.3.1 Evolução histórica	26
3.3.2 <i>Toyota Production System</i>	29
3.3.3 <i>Principles of lean thinking</i>	30
3.3.4 Sete tipos de desperdícios.....	31

3.4	Ferramentas <i>lean</i>	32
3.4.1	Gestão visual.....	32
3.4.2	<i>Poka-Yoke</i>	33
3.4.3	<i>Standardized work</i>	34
3.4.4	<i>Kaizen</i>	35
3.4.5	Ciclos PDCA.....	36
3.4.6	<i>Milk-run</i>	37
4.	Descrição e análise da situação atual.....	39
4.1	Produtos	39
4.2	Planeamento da produção, da qualidade e dos processos.....	41
4.2.1	Introdução	41
4.2.2	Planeamento da produção	42
4.2.3	Controlo de qualidade.....	45
4.2.4	Planos de processo do produto.....	47
4.3	Processos geradores de abastecimento da linha de produção	47
4.3.1	Corte de discos (Corte de chapa)	47
4.3.2	Fabrico de acessórios.....	49
4.4	Processo de produção de garrafas de gás.....	50
4.5	Processos e postos auxiliares da linha de produção	60
4.5.1	Contagem de garrafas	60
4.5.2	Posto de reparação e fluxo de reparados	65
4.5.3	<i>Changeover</i>	66
4.6	Análise crítica dos processos de reparação e de contagem de garrafas.....	68
4.6.1	Contagem de garrafas	68
4.6.2	Posto de reparação e fluxo de reparados	71
4.6.3	Tratamento da sucata e reparados	75

5.	Contribuição para a melhoria dos processos de reparação e contagem de garrafas.....	79
5.1	Sistema de contadores	79
5.1.1	Levantar a condição atual	80
5.1.2	Estudar os melhores locais para a colocação dos contadores e a colocação dos mesmos.....	80
5.1.3	Fazer uma avaliação dos contadores e a sua gestão	82
5.1.4	Perceber os ganhos na contagem de garrafas.....	85
5.1.5	Perceber a influência que a sucata tem nas contagens e apresentar uma solução.....	85
5.1.6	Elaborar uma solução para obter as contagens funcionais	88
5.1.7	Alterações operacionais na linha.....	90
5.2	Manipulação de peças e arranjo do posto de reparação.....	91
5.3	Sistema de requisições.....	97
5.4	Análise de perturbações e variação do WIP na linha de produção	100
5.4.1	Balanceamento e variações de fluxo	100
5.4.2	Impacto do desequilíbrio e perturbações do fluxo	104
5.4.3	Perdas e consequências.....	108
5.4.4	Propostas de ação para a melhoria do funcionamento do sistema	110
6.	Análise dos resultados	113
6.1	Sistema de contadores	113
6.2	Sistema de carrinhos.....	119
6.3	Sistema de requisições.....	120
6.4	Melhoria do funcionamento do sistema.....	121
7.	Conclusões	123
7.1	Conclusões	123
7.2	Trabalho futuro.....	127
	Referências Bibliográficas	129
	Anexo I – Formulário de registo das contagens por encomenda	131

Anexo II – Gráficos dos tempos de atendimento medidos	132
Anexo III – Tabela da qual resultam os valores do número de mudanças	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de <i>Action Research</i> Fonte: (Coughlan & Coughlan, 2002)	3
Figura 2 – Sequência de ciclos da <i>Action Research</i> Fonte: (Coughlan & Coughlan, 2002)	4
Figura 3 – Ciclo PDCA.....	5
Figura 4 – Logo tipo de empresa.....	9
Figura 5 – Disposição dos polos e das fábricas da AMTROL-ALFA	9
Figura 6 - Acontecimentos marcantes na história da AMTROL-ALFA	10
Figura 7 – Exemplo de uma garrafa tradicional de GPL	12
Figura 8 – Exemplo de uma garrafa descartável.....	12
Figura 9 – Exemplar de uma garrafa híbrida	12
Figura 10 – Exemplar de uma garrafa COMET	13
Figura 11 - Exemplar de uma garrafa XLITE.....	13
Figura 12 – Mercado de atuação da AMTROL-ALFA	14
Figura 13 – Papéis do aprendiz e do <i>coach</i>	18
Figura 14 – Resumo do <i>Improvement Kata</i> Fonte: (Rother, 2009).....	19
Figura 15 - Cartão de perguntas diárias	21
Figura 16 – Folha de registos dos ciclos PDCA	21
Figura 17 – Sequência de ciclos de <i>Action Research</i> Fonte: (Gava, Spinola, Tonini, & Medina, 2012).....	24
Figura 18 – Casa TPS	29
Figura 19 – Etapas do ciclo PDCA	36
Figura 20 – Esquema de <i>milk run</i> Fonte:(SILU, 2012)	37
Figura 21 - Modelos de garrafas de gás produzidas na linha de fabrico estudada.	39
Figura 22 - Componentes de uma garrafa de gás	40
Figura 23 - Exemplo de uma bolacha.....	40
Figura 24 - Exemplo de uma válvula	41
Figura 25 - Etapas: da negociação à produção de garrafas.....	42
Figura 26 - Síntese do processo de planeamento da produção	43
Figura 27 – Diagrama de Gantt referente à preparação dos acessórios e dos discos	44
Figura 28 - Bobina de aço aplicada numa prensa de corte de chapa Fonte:(Technology, 2009)	45
Figura 29 - Esquematização de uma prensa de corte Fonte:(Groover, 2002).....	48

Figura 30 - Funcionamento do corte de discos	49
Figura 31 - Operações no fabrico de acessórios.....	49
Figura 33 - Transportador de correntes Fonte: (SembGroup, 2016).....	51
Figura 34 - Aparação de coquilhas na base	51
Figura 32 - Representação esquemática da linha de produção	52
Figura 35 – Transportador de coquilhas	53
Figura 36 - Entrada no tanque de desengorduramento das coquilhas e dos acessórios	53
Figura 37 - Posto de soldadura dos pés	54
Figura 38 – Prensa PH15	54
Figura 39 - Soldadura da bolacha à coquilha.....	55
Figura 40 - Soldadura por arco submerso Fonte: (Infosolda, 2013)	55
Figura 41 - A garrafa de gás resultante do encaixe das duas conquilhas compostas - superior e inferior.	56
Figura 42 – Soldadura Circunferencial.....	57
Figura 43 - Acabamento e ultimação da garrafa	58
Figura 44 - Garrafas pintadas em caminho para a estufa.....	59
Figura 45 - Colocação das garrafas pintadas no transportador de correntes.	59
Figura 46 – Momento 1, Acessórios marcados a acabar e paragem das prensas de embutir ..	62
Figura 47 – Momento 2, colocação da “coquilha de marcação” e reinício das prensas.....	63
Figura 48 - Enquadramento do posto de reparação de coquilhas adjacente à linha de produção	66
Figura 49 - Identificação das etapas na linha de produção segundo a Tabela 1	69
Figura 50 - Esquematisação do processo de encaixe e do desfasamento entre as linhas	70
Figura 51 - Enquadramento do posto de reparação de coquilhas adjacente à linha de produção	72
Figura 52 - Transporte e colocação de coquilhas com pés junto do posto de reparação.....	73
Figura 53 - Colocação coquilhas com bolacha e gola junto do posto de reparação.....	73
Figura 54 - Garrafas reparadas à espera de serem recolocadas na linha	74
Figura 55 - Colocação das coquilhas junto do posto de inspeção pelo inspetor.....	75
Figura 56 - Diagrama de causa-efeito para avaliação dos desperdícios	75
Figura 57 - Explicação da prática quando se deteta um defeito numa gola na linha de montagem	77
Figura 58 - Explicação da prática quando se deteta um defeito numa gola na linha de montagem	78

Figura 59 - Localização e identificação dos contadores na linha.....	81
Figura 60 – Contador Mecânico.....	81
Figura 61 – Contador pneumático	81
Figura 62 - Esquematização de parte da linha de produção onde foram realizados os testes .	83
Figura 63 - Resultados do teste 1	83
Figura 64 - Resultados do teste 2	84
Figura 65 – Quadro destinado ao preenchimento dos valores de sucata.....	87
Figura 66 - Comunicação da sucata na linha de montagem	88
Figura 67 - Posição do novo contentor na linha de montagem.....	91
Figura 68 - Esquema da movimentação de material junto do posto de reparação	92
Figura 69 - Carrinhos construídos	93
Figura 70 - Diferença entre transportar antes (esq.) e o atualmente (dir.).....	94
Figura 71 - Manuseamento das coquilhas no posto de inspeção	94
Figura 72 - Diferença entre transportar coquilhas com pés antes (esq.) e atualmente (dir.) ...	95
Figura 73 - Instrução de trabalho para o posto de reparação e todos os postos envolventes...	96
Figura 74 - Fluxos de informação da informação da sucata e da informação das requisições	98
Figura 75 - Presença de “WIP” – trabalho em curso - fora da linha	100
Figura 76 - Ilustração das coquilhas inferiores antecedendo o posto de encaixe	101
Figura 77 - Gráfico dos tempos de atendimento medidos para a soldadura de bolacha	102
Figura 78 - Tempos de atendimento para cada um dos postos de trabalho estudados.....	103
Figura 79 - Supressão do posto de soldadura de bolachas funcionando como transportador	105
Figura 80 - Tempos de atendimento para as operações automatizadas	106
Figura 81 - Esquematização do corte de fluxo originado pela paragem da máquina AR12 & AR11.....	107
Figura 82 - Diferença entre os fluxos nas linhas devido ao corte de fluxo	107
Figura 83 - Folha de registo das contagens e da sucata.....	131
Figura 84 - Tempos de atendimento medidos para o posto de soldadura de golas	132
Figura 85 - Tempos de atendimento medidos no posto de soldadura de pés.....	133
Figura 86 - Tempos de atendimento medidos para o posto de encaixe	133
Figura 87 – Tabela da qual resultam os valores do número de mudanças estimadas	134

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Etapas do processo de contagem de garrafas.....	62
Tabela 2 - Excesso de capacidade e consequências	104
Tabela 3 - Número de garrafas não produzidas por tempo de paragem.....	109
Tabela 4 - Custos com a linha por tempo de paragem	110
Tabela 5 - Custos de operação da linha	114
Tabela 6 - Total de mudanças estimadas para os dias úteis estimados	114
Tabela 7 - Poupanças da eliminação do processo de contagem de garrafas.....	115
Tabela 8 - Custos de operação da linha por tempo do <i>changeover</i>	116
Tabela 9 – Custos consoante o número de <i>changeovers</i>	116
Tabela 10 - Custos de operação da linha	117
Tabela 11 – Número de garrafas não produzidas.....	117
Tabela 12 – Custos agregados de <i>changeovers</i> e de garrafas não produzidas.....	118
Tabela 13 – Custos de operação da linha.....	121
Tabela 14 – Custos das paragens da linha de produção	122

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AR – *Action Research*

BOM – *Bill of Material*

CAP – Controlo da Atividade Produtiva

DPP - Departamento de Processo e Produto

GM – General Motors

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

IE – Inteligência Emocional

JIT – *Just in Time*

MRP - *Material Requirements Planning*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PDP - Programa Diretor de Produção

PP – Planeamento da Produção

SDCA - *Standardize-Do-Check-Act*

TCP – Tempo de Ciclo Planeado

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

WIP – *Work in Process*

1. INTRODUÇÃO

O presente projeto de dissertação de mestrado, inserido no âmbito do curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial – MIEGI – da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, foi desenvolvido na empresa AMTROL-ALFA, em Guimarães, Portugal.

O trabalho realizou-se na Secção de Montagem da Fábrica #2, organizada em duas secções funcionais, nomeadamente uma de Montagem e outra de Acabamento.

Neste capítulo faz-se o enquadramento do projeto na empresa, referem-se as motivações para a sua realização, definem-se objetivos a alcançar, fazendo-se também referência à metodologia de trabalho-investigação utilizada. Na última secção deste capítulo descreve-se a organização da dissertação.

1.1 Enquadramento e motivação

Devido à concorrência global as empresas têm de ser ágeis e organizadas para um bom posicionamento competitivo e sustentabilidade empresarial. Manter a organização competitiva e flexível, capaz de inovar e de produzir uma grande variedade de produtos, é uma vantagem contribuinte para o sucesso e sustentabilidade de uma empresa industrial (Starkov, Pogromsky, & Rooda, 2011). É necessário um esforço continuado para a excelência na qualidade e na satisfação do cliente assim como no uso dos recursos de produção. Tal esforço requer e concretiza-se através de um processo de gestão industrial de melhoria contínua (Jaca, Viles, Jurburg, & Tanco, 2013). Para tal pode recorrer-se a novas técnicas e filosofias de engenharia e gestão industrial.

Uma atividade importante para assegurar elevados níveis de performance industrial e contribuir para a excelência das empresas industriais é o controlo da atividade produtiva - CAP. O controlo da atividade produtiva é uma atividade de gestão operacional que procura assegurar que os objetivos estratégicos de uma empresa são de facto atingidos, não só ao nível do uso eficiente dos recursos, mas também na garantia da qualidade dos produtos e do serviço ao cliente. No cerne do CAP está a adoção de procedimentos de encaminhamento e acompanhamento do trabalho ou produção e do controlo dos trabalhos em curso de fabrico, i.e., *work-in-process* (WIP)”. O WIP é não só crítico, para uso dos recursos como para a satisfação do cliente. O WIP deve ser controlado e distribuir-se equilibradamente pelos centros de trabalho com vista a

assegurar a sua permanente alimentação e utilização e o cumprimento dos prazos de entrega. As prioridades de lançamento em fabrico dos trabalhos e a garantia da qualidade dos produtos durante o processo contribuem fortemente para alcançar estes objetivos e a qualidade do serviço ao cliente, por exemplo através de nível elevado de satisfação das encomendas nos prazos acordados. Neste contexto o combate e o controlo de não conformidades, i.e. artigos não conformes com as especificações funcionais e de qualidade, devem ser implementados de forma a evitar atrasos e perturbações do normal fluxo de materiais e funcionamento do sistema de produção, devido à necessidade da sua reparação ou reposição.

Devido à importância do WIP, da sua monitorização em tempo real e implementação imediata de ações de correção perante perturbações dos fluxos de materiais, incluindo aquelas devidas às não conformidades, o objetivo deste projeto a desenvolver na AMTROL-ALFA Metalomecânica SA (AA) incide sobre a melhoria do funcionamento de uma linha de produção de garrafas de aço para gás com uma focagem no controlo da atividade de produção em geral e em particular do seu trabalho em curso de fabrico, i.e. WIP, a par de medidas tendentes a facilitar o processo de gestão e reposição de artigos ou componentes não conformes.

1.2 Objetivos

Portanto, o principal objetivo do projeto é melhorar a gestão operacional de uma linha de fabricação de garrafas de gás, i.e. garrafas de aço para gás. Este objetivo traduz-se na criação de um processo de controlo e gestão do trabalho em curso de fabrico (WIP) na linha, de forma a garantir que a quantidade de garrafas de cada encomenda seja assegurada com rigor na data prevista de expedição e evitar perturbações no fluxo normal de produção da linha, resultantes e.g. de falta de algumas garrafas. Evita-se assim, adiar a expedição do produto fabricado e encomendado até à reposição de garrafas não conformes ou necessitando de retificação, processos geralmente muito onerosos para a empresa e perturbadores do normal funcionamento do sistema de produção.

No contexto do objetivo principal do trabalho equacionam-se outros objetivos complementares e auxiliares nomeadamente:

- Procedimentos e normalização do tratamento de não conformes e retrabalhos;
- Melhoramento da gestão visual da linha de produção de garrafas de gás;
- Avaliação do funcionamento dos processos e respetivos postos de trabalho;
- Inserção de práticas de gestão industrial adequadas e melhoradas;

- Melhoramento de processos de transferência de informação na linha de produção;
- Estudo de processos relevantes e influencias do trabalho em curso.

O projeto de investigação apoia-se nas metodologias *KATA* e *Action Research (AR)*.

1.3 Metodologia da investigação

A metodologia de investigação utilizada no desenvolvimento deste projeto de dissertação explora de forma integrada a metodologia *AR* e a metodologia *KATA*, implementada na empresa como via para a melhoria contínua. Estas são algo semelhantes. Segundo Mike Rother, a *KATA* assenta numa visão ou direção que se quer seguir. Por outro lado, a *AR* atua sobre a resolução e investigação de um problema específico (Coughlan & Coughlan, 2002), de natureza prática.

Ao aplicar a metodologia *KATA*, após definida a visão, é necessário estudar a condição atual do sistema para posteriormente definir a condição alvo (Rother, 2015) Note-se que a condição alvo não deve ser confundida com a visão. Esta é alcançada através da identificação de várias condições alvo, distribuindo-se numa escala temporal mais ampla.

Para atingir as condições alvo lida-se com variados obstáculos ou problemas sobre os quais incide a *KATA* (Rother, 2015). É na abordagem à resolução destes problemas que as metodologias *KATA* e *AR* se intercetam.

A implementação da *AR* como metodologia de investigação compreende três fases, duas das quais, ciclicamente repetidas num processo de melhoria contínua, i.e. fase 2 e 3 conforme se ilustra na Figura 1 (Coughlan & Coughlan, 2002).

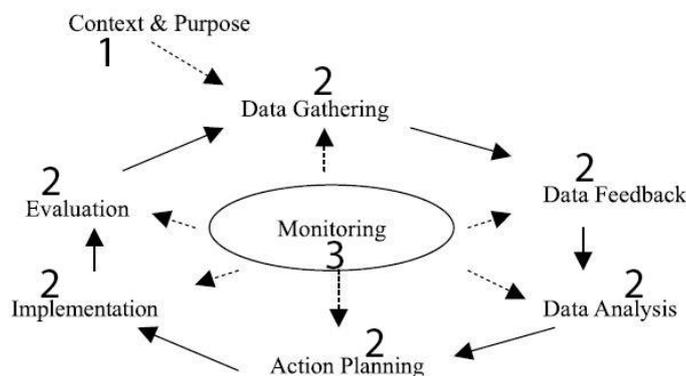


Figura 1 – Ciclo de *Action Research* Fonte: (Coughlan & Coughlan, 2002)

Podemos dizer serem as fases:

1. Análise de contexto e objetivo;

2. Ação, compreendendo seis passos, i.e., recolha de dados, *feedback* dos dados, análise dos dados, planear a ação, implementar e avaliar a ação;
3. Monitorização da ação, processo iterativo que avalia o progresso de ciclo a ciclo - Figura 2.

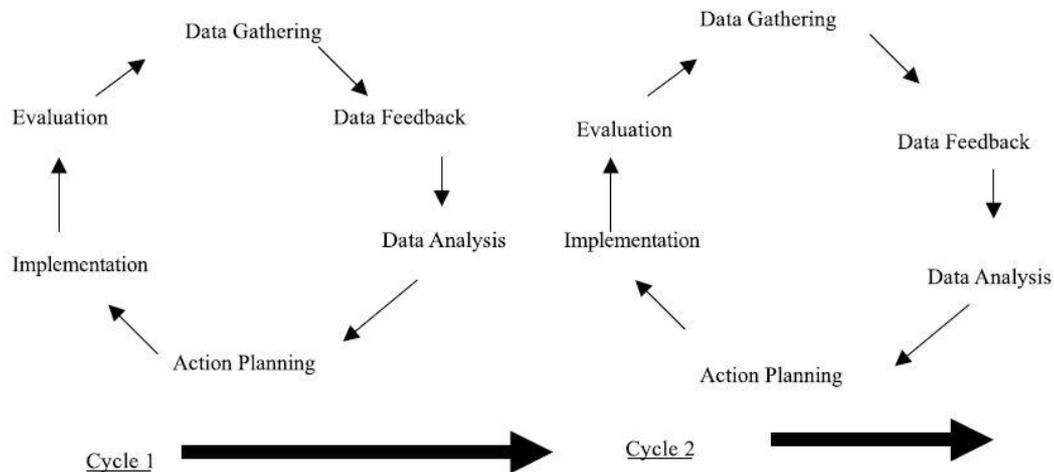


Figura 2 – Sequência de ciclos da Action Research Fonte: (Coughlan & Coughlan, 2002)

A repetição dos ciclos deve ser executada passando pelas três fases principais, que conseqüentemente levará a uma aprendizagem contínua. Cada ciclo pode ser diferente do anterior ou até de outros ciclos. Uns poderão ser mais curtos ou mais longos do que outros. Podemos enquadrar o projeto como um grande ciclo composto por pequenos ciclos.

A implementação da metodologia *KATA* assenta na ação repetida da roda de Deming ou ciclo PDCA, *PLAN - DO - CHECK - ACT*, (Rother, 2015), Figura 3. A sua aplicação permite melhoria dos processos através da identificação sucessiva de erros e sua correção num processo de melhoria e aprendizagem contínuas (Rother, 2015).

Mike Rother refere semelhanças notórias da metodologia *KATA* com a *AR* realçando algumas características importantes:

- Tanto na metodologia *KATA* como na *AR* são usados ciclos na sua aplicação;
- As atuações envolvem a participação das pessoas do processo;
- Na tentativa de atingir a condição alvo e ultrapassar os obstáculos, com ações, adquire-se cada vez mais conhecimento, pois trabalha-se no território desconhecido;

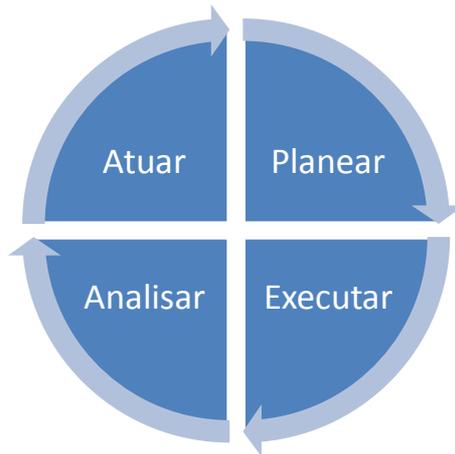


Figura 3 – Ciclo PDCA

Os proveitos desejados da *AR* não se restringem apenas a soluções para problemas pontuais, mas abarcam também a importância de extrair conhecimento (Coughlan & Coughlan, 2002).

A abordagem *KATA* passa pelo esforço diário, direcionado para uma determinada condição. Trabalhando em condições imprevisíveis e desafiantes, envolve o comprometimento como forma de atingir algo, não apenas de reagir aos problemas. A reação é necessária mas por si só não é suficiente. Assim, uma porção de cada dia de trabalho deve envolver o esforço em atingir o próximo passo. Através desta energia entra-se no caminho do desconhecido que força a aprendizagem e adaptação (Rother, 2015).

Assim, a forma como o trabalho foi desenvolvido enquadra-se em ambas as metodologias.

Recorreu-se à metodologia *KATA*, praticada na empresa, onde primeiramente foi identificada a condição alvo e posteriormente executados pequenos ciclos PDCA diários, como forma de aprendizagem e como alavanca para atingir a condição desejada partindo de uma condição atual.

Concomitantemente a metodologia *AR* foi aplicada, pois houve uma recolha e análise de dados, como houve na definição da condição atual, de onde surgiram oportunidades de melhoria. Seguidamente houve a elaboração de propostas de melhoria, i.e. foram planeadas as ações de melhoria a tomar no sentido de se atingir os objetivos da dissertação, ou uma condição alvo. Aliado está o facto de ao longo deste processo o autor da presente dissertação ter tido um papel ativo juntamente com as pessoas intervenientes nos processos estudados.

Uma das semelhanças, referidas atrás, entre as metodologias refere-se à essencial intervenção das pessoas do processo. Ao longo da realização do presente projeto, esta componente assumiu especial relevância na medida em que só uma eficaz interação com os operadores é que permitiu

obter deles uma colaboração importante sem a qual a realização deste projeto não seria possível. Para tal, muito contribuiu a Inteligência Emocional (IE) referida como “a forma como os líderes gerem as suas emoções e as suas relações com os outros” (Goleman, Boyatzis, & McKee, 2002). Aplicando as metodologias *KATA* e *AR*, a título de exemplo, a condição alvo e uma pergunta de investigação surgiram na realização deste projeto:

- Condição alvo:
 - Conhecer e controlar o WIP da linha de produção de forma evitar roturas em postos ou ramos da linha e a falta de materiais necessários ao cumprimento das quantidades e dos prazos de entrega das encomendas;
- Pergunta de investigação:
 - Como controlar e medir o WIP e alimentação dos postos de trabalho na linha de fabricação de garrafas de gás para assegurar o cumprimento das quantidades e prazos de entrega das encomendas?

1.4 Organização e estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos.

Neste capítulo de introdução (**capítulo 1**) é feito o enquadramento do projeto e sua motivação, são definidos os objetivos, é explicada de forma breve a metodologia da investigação utilizada e, por fim, é elaborada a organização da dissertação.

A apresentação da empresa é realizada no capítulo a seguir – **capítulo 2**, onde é identificada a empresa e relatada a sua história. São igualmente referidos os produtos da empresa, identificado o mercado de atuação e a sua visão, missão e valores.

No **capítulo 3** faz-se uma breve revisão da literatura relevante à realização da dissertação. Primeiramente são descritas as metodologias *KATA* e *Action Research*. No subcapítulo seguinte é feita uma alusão à inteligência emocional. Seguidamente é introduzida a filosofia *lean manufacturing* relevante ao trabalho realizado onde se inclui a sua evolução histórica, a definição do *Toyota Production System*, os princípios do *lean thinking* – pensamento *lean* - e por fim, é feita uma referência aos sete tipos de desperdícios da filosofia *lean*, assunto relevante na avaliação de processos operatórios nas linhas de fabrico. Posteriormente, e finalizando o capítulo, são revistos conceitos das ferramentas *lean* que funcionaram como potentes mais-

valias ao longo do projeto. Esta revisão inclui as ferramentas *lean*: gestão visual, *poka-yoke*, *standardized work*, *kaizen*, ciclos PDCA e por fim, *milk-run*.

No **capítulo 4** é feita uma descrição do sistema produtivo e uma análise da situação atual. São identificados também os produtos e componentes fabricados no sistema produtivo. Segue-se a explicação da atividade exercida e relevante na produção de garrafas de gás, do departamento de planeamento da produção e do departamento de controlo da qualidade. Por fim, são introduzidos os planos de processo do produto destacando a sua importância no processo de produção. Posto isto, são explicados processos geradores de abastecimento da linha de produção, mais concretamente, o corte de discos e o fabrico de acessórios que fornecem os discos e os acessórios, respetivamente. Seguidamente é explicado o processo da produção de uma garrafa de aço para gás, doravante referidas como garrafas de gás, assim como os processos adjacentes e auxiliares à produção de garrafas, relevantes ao trabalho realizado, nomeadamente os de reparação de artigos e componentes não conformes.

Explicado o sistema produtivo, faz-se uma análise e avaliação crítica ao funcionamento dos principais processos estudados neste projeto.

O **capítulo 5** é dedicado à apresentação e descrição da implementação das propostas de melhoria operacional focadas nos objetivos do trabalho. A primeira é relativa à implementação de contadores de artigos em curso, i.e., WIP, na linha de produção. Segue-se uma proposta, alusiva a um sistema de carrinhos destinado a facilitar o transporte de coquilhas, principalmente para reparação e reposição, no fabrico de garrafas de aço, terminando com uma proposta referente à aplicação de um sistema de requisições de material adicional para a produção devido a artigos não conformes e com um estudo e análise de perturbações e variação do WIP na linha.

No **capítulo 6** é feita uma análise dos resultados obtidos na sua implementação.

O **capítulo 7** apresenta as conclusões do trabalho e propostas de trabalho futuro.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 Identificação da AMTROL-ALFA

A AMTROL-ALFA Metalomecânica, S.A, empresa onde foi realizado este projeto de investigação, situa-se em Brito, no concelho de Guimarães e tem o logótipo apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Logo tipo de empresa

Esta empresa é atualmente a maior produtora europeia e a maior exportadora do mundo de garrafas de gás transportáveis.

O espaço fabril da empresa ocupa mais de 80.000m² encontrando-se dividida em vários polos e fábricas, tal como representado na Figura 5: a Fábrica #1, Fábrica #2, Fábrica #3, Fábrica #4, Fábrica #5, mais recentemente, Fábrica #6, os Serviços de Serralharia, Manutenção Mecânica e Elétrica, Armazéns e a área Técnica Administrativa.

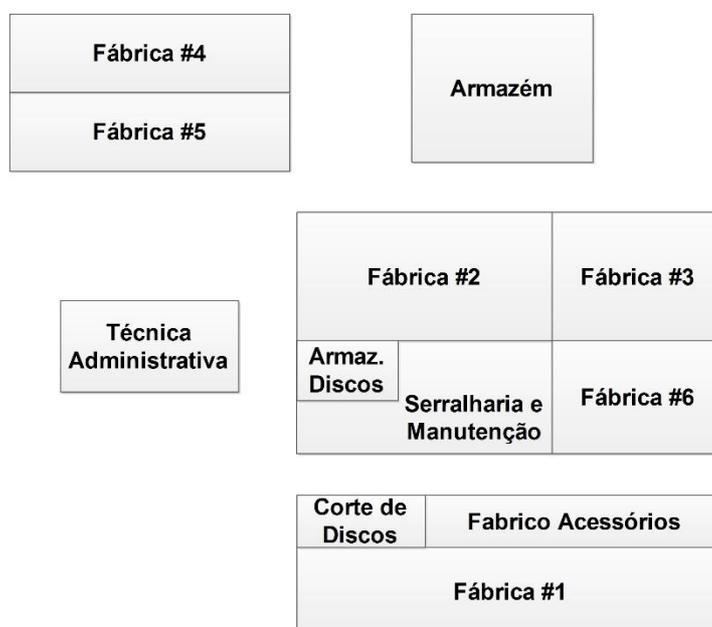


Figura 5 – Disposição dos polos e das fábricas da AMTROL-ALFA

Para além das unidades fabris, a AMTROL-ALFA possui nas suas instalações cantina, gabinete médico, balneários e ainda uma sala equipada para a realização de formações e programas de sensibilização/prevenção.

A empresa é atualmente, composta por cerca de 500 colaboradores.

2.2 História da AMTROL-ALFA

O começo da história da AMTROL-ALFA remete para o ano de 1962, onde obtinha o nome de Petróleo Mecânica Alfa, S.A., após a fusão da SACOR com a SCHWELM EISENWERK MULLER GmbH, ocupando instalações provisórias, também na cidade de Guimarães, sendo composta por nove colaboradores e com sede em Lisboa.

Foi no ano de 1966 que se dá um grande investimento levando à construção de instalações fabris próprias e mais capazes, no local onde atualmente se encontra a empresa. Esta mudança coincide com o início do fabrico de garrafas para gás de petróleo liquefeito – GPL.

Mais tarde, em 1990, a empresa portuguesa, COMANOR – produtora de garrafas GPL desde 1956 – adquire a Petróleo Mecânica Alfa, S.A., nascendo assim o grupo COMANOR-ALFA.

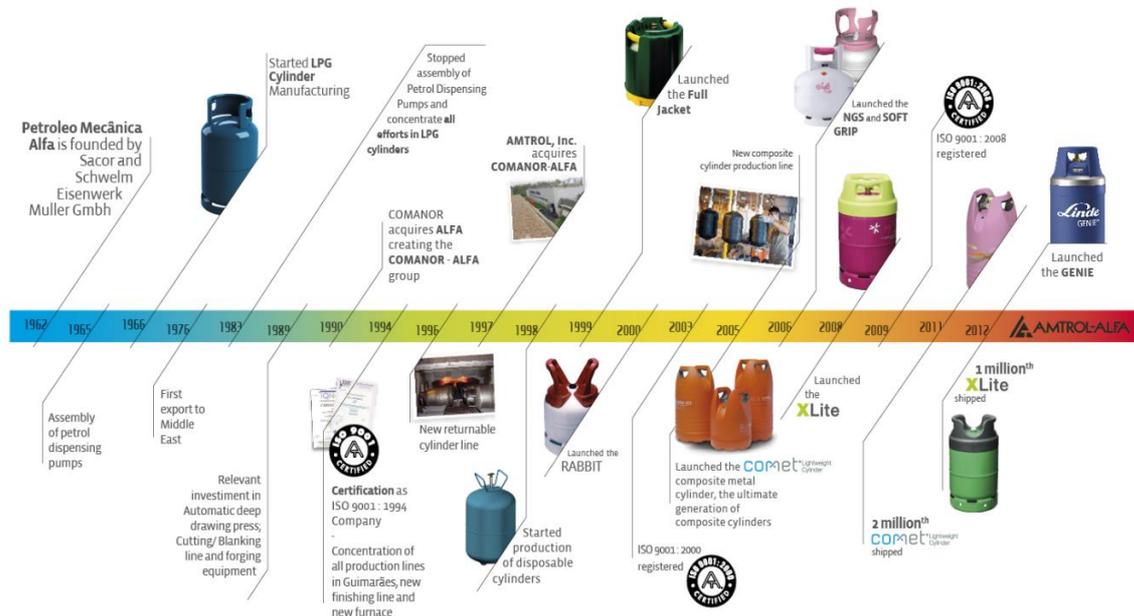


Figura 6 - Acontecimentos marcantes na história da AMTROL-ALFA

Em 1996 a integração dos processos produtivos da COMANOR – Companhia de Manufacturas Metálicas do Norte, S.A., levou a que houvesse um aumento favorável, tanto das instalações como também do equipamento disponível e da mão-de-obra.

Um ano mais tarde, mais propriamente, em julho de 1997, a empresa norte americana AMTROL-INC – líder na produção de reservatórios e tecnologia de controle de expansão em sistemas de água, ventilação de aquecimento e ar condicionado – compra a AMTROL-ALFA, até então denominada grupo COMANOR-ALFA.

Em 1998 foram erguidas novas instalações fabris com o objetivo de produzir garrafas descartáveis para gases técnicos.

A Figura 6 pretende demonstrar alguns acontecimentos que marcam a história da AMTROL-ALFA.

Já em 2015, é inaugurada uma nova fábrica – Fábrica #6, completando assim, mais uma etapa na expansão da empresa.

2.3 Produtos da empresa

A AMTROL-ALFA segue uma filosofia de constante inovação na procura de satisfazer totalmente as necessidades dos seus clientes. Assim, têm três abordagens fundamentais para o crescimento:

- Produtos Diferenciados
- Produtos Inovadores
- Produtos Personalizados – “*Marketing One-to-One*” do produto

Criar produtos diferenciados, não é torná-los diferentes, mas incrementar atributos que os clientes realmente valorizem e que façam gerar um valor acrescentado para o produto. Estes atributos, que os clientes consideram serem uma mais-valia, surgem do estudo exaustivo do mercado e das suas necessidades. Possibilitam assim à AMTROL-ALFA, personalizar os produtos, negociá-los e personalizá-los para satisfação dos clientes.

A gama de produtos da AMTROL-ALFA é constituída por cinco tipos de garrafas, diferenciando-se entre eles pela sua geometria, finalidade e composição:

- **Tradicionalis** - As garrafas tradicionais são as mais comumente utilizadas, podendo ter entre três litros e centro e trinta e quatro litros sendo compostas apenas por aço, Figura 7.



Figura 7 – Exemplo de uma garrafa tradicional de GPL

- **Descartáveis** – As garrafas descartáveis são principalmente usadas em equipamentos médicos, em ar condicionado, indústria de construção e em balões de hélio. Como o próprio nome indica são apenas usadas uma vez. A Figura 8 representa um exemplo de uma garrafa descartável.



Figura 8 – Exemplo de uma garrafa descartável

- **Híbridas** – As garrafas denominadas Híbridas, foram criadas através da constatação de que o mercado necessitava e requeria uma garrafa “mais transportável”. Assim sendo, são da mesma forma garrafas de aço, mas com asas em plástico, Figura 9.



Figura 9 – Exemplar de uma garrafa híbrida

- **COMET** – As garrafas COMET, ficaram conhecidas aquando do lançamento e diversificada propaganda pelos modelos “k6” – Figura 10 - da Repsol e pelo “Pluma”

da Galp. A sua criação foi um grande passo evolutivo no que à fabricação de garrafas para gás diz respeito. Pela primeira vez conseguiu-se aliar o peso reduzido à resistência, tanto ao impacto como a fatores atmosféricos, à sua segurança mantendo-se esteticamente muito atraente.



Figura 10 – Exemplar de uma garrafa COMET

- **XLITE** - As garrafas denominadas XLITE são a última geração de garrafas produzidas na AMTROL-ALFA. Com um grande avanço tecnológico estas garrafas têm metade do peso das normais. Além disto, são aplicadas asas não escorregadias e totalmente ergonômicas que proporcionam uma dimensão estética ao produto. São 100% recicláveis, sendo um produto amigo do ambiente, que aliás é um dos valores que a empresa valoriza. A Figura 11 apresenta um exemplar de uma garrafa XLITE, demonstrando também uma aplicação possível facilitadora do seu transporte.



Figura 11 - Exemplar de uma garrafa XLITE

2.4 Mercado

A AMTROL-ALFA sendo a maior produtora da Europa de garrafas de aço para gás e a maior exportadora do mundo tem de estar presente em todos os continentes. Com especial presença no continente Europeu e Africano, a empresa exporta para mais de 80 países, podendo-se verificar na Figura 12.

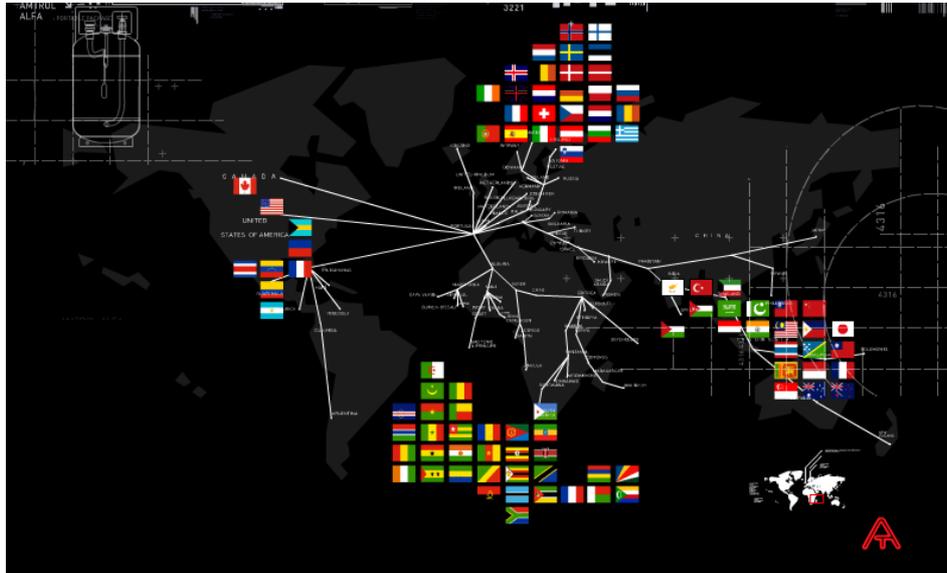


Figura 12 – Mercado de atuação da AMTROL-ALFA

Dos maiores clientes destacam-se marcas conceituadas, tais como:

- Repsol – Portugal, Espanha, França
- Cepsa – Espanha
- Linde Group
- Sonagás - Angola
- Siplec - França
- Galp – Espanha/Portugal
- Disa – Espanha
- Calor – Reino Unido, Irlanda, Polónia

2.5 Visão, missão e valores

A visão da AMTROL-ALFA visa a continuidade da liderança do mercado mundial assente numa estratégia de aplicação intensa de recursos garantindo a constante inovação e qualidade

dos seus produtos procurando incessantemente a excelência, que aliás a caracteriza, tendo como um dos grandes lemas “*creating value through innovation*”.

A AMTROL-ALFA atua no mercado não tendo uma garrafa padrão, mas sim, cada cliente tem a sua garrafa. Assim, pretende garantir a completa satisfação dos seus clientes, que conseqüentemente garantirá os resultados pretendidos. Para isso, procura construir uma relação de confiança e respeito com os seus clientes.

Os valores da AMTROL-ALFA passam pelo respeito e preocupações ambientais e legais, englobam também a integração social da comunidade onde a empresa está inserida. A cultura interna da empresa visa o respeito pelos seus colaboradores, inculcando um espírito de cooperação, integração e harmonia entre os seus colaboradores.

3. REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo apresenta a revisão da literatura que foi essencial e fulcral para o desenvolvimento deste projeto de investigação e que permitiu atingir os objetivos definidos.

3.1 Metodologias de investigação

3.1.1 Filosofia KATA

A metodologia KATA utilizada no decorrer deste projeto é, segundo Soltero (2012a), mais do que uma mera metodologia: é uma filosofia onde se incute ao colaborador a ideia de que não existem limites no que à melhoria diz respeito, desde que este saiba onde está e para onde quer ir.

O mesmo autor relaciona a filosofia KATA com a filosofia *Lean*, relatando que por muitos anos a melhoria contínua foi alcançada por muitas empresas, no entanto não se conseguindo prosperar e manter. Inicialmente surgiu a *total quality control* seguida da *total quality management* (TQM) baseada em princípios robustos que ainda assim levaram muitas empresas a falhar. Posteriormente surge o *Lean* como uma resposta para a procura da melhoria contínua, que vem sendo seguida há muitos anos. Recentemente Mike Rother descobriu o método de melhoria continua por de trás da *Toyota*, que no seu livro *The Toyota Kata* descreve este método como também aprofunda como o KATA difunde o hábito da melhoria através da prática diária dessa mesma melhoria (Soltero, 2012b).

Soltero vai mais longe e recomenda o trabalho de Rother a todos os praticantes de *Lean*, defendendo a força que um regime, de prática diária da melhoria, apresenta (Soltero, 2012b).

Na implementação e na prática do KATA, há dois importantes papéis a desempenhar (Rother, 2013), Figura 13:

- **Coach (Treinador)** – *Coaching KATA*
- **Aprendiz** – *Improvement KATA*

O *Coaching KATA* (Figura 13) é, em suma, um padrão ou processo que o treinador segue no sentido de ensinar ao aprendiz uma determinada rotina – *Improvement KATA*. (Soltero, 2012a)

O *Improvement KATA* (Figura 13) segundo Mike Rother (2013) é um padrão de quatro passos que visa adquirir de forma sistemática, científica e criativa, hábitos que fará com que os praticantes sejam mais eficazes em alcançar determinadas objetivos em condições dinâmicas e complexas.

Assim, o papel do aprendiz é usar o padrão do *Improvement KATA* para atingir a condição alvo.

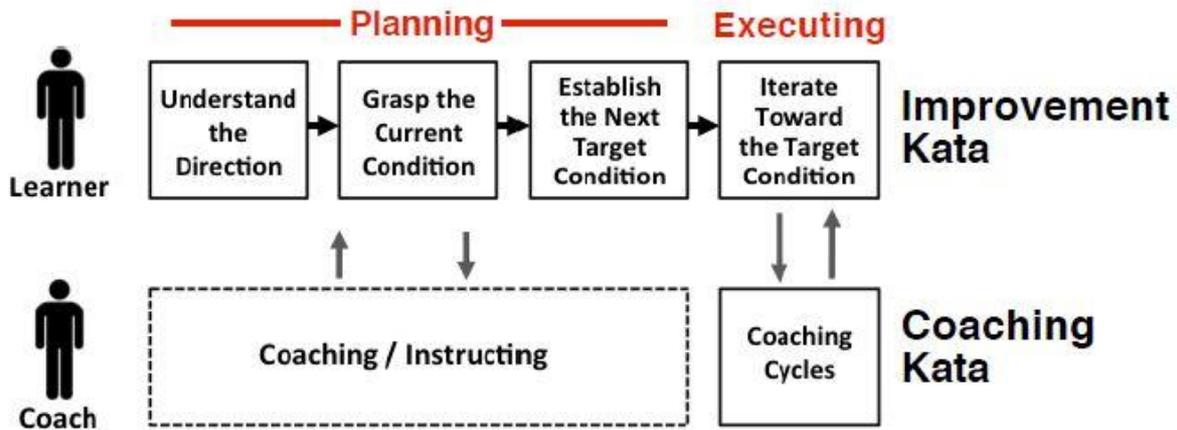


Figura 13 – Papéis do aprendiz e do coach

Além dos dois principais intervenientes no processo, há outros dois a destacar (Rother, 2013):

- **O 2nd (segundo) Coach** – Normalmente alguém acima do *Coach* a nível hierárquico e também, de preferência, com mais experiência na prática do *Improvement KATA*. É responsável pela eficiência do *Coach* em ensinar o aprendiz.
- **Membros da Equipa** – Normalmente são os operadores dos quais o aprendiz é responsável, estes terão de entender o trabalho que está a decorrer e operar no sentido de se atingir a condição alvo.

A primeira etapa para implementar o *Improvement KATA* é a definição da condição alvo. Reverol destaca a importância em não confundir “alvo” com “condição alvo”. Um alvo é um ganho, normalmente um ganho numérico. Uma “condição alvo” por outro lado é a forma como se pretende que determinado processo opere (Reverol, 2012).

O aprendiz aplicando o *Improvement KATA* irá fazer um caminho no sentido de atingir a condição alvo. Pelo caminho enfrentará obstáculos que impedirão de atingir a condição alvo, no entanto será o desbloqueamento destes obstáculos que levará à aprendizagem. Esta fase é considerada por Mike Rother (2015), a zona de aprendizagem.

Em suma, a aplicação da metodologia *KATA* compreende quatro fundamentos e que estão exemplificados na Figura 14 (Rother, 2009):

1. Tendo uma **visão** ou direção definidas;
2. Com o levantamento e estudo da condição atual;
3. É definida uma **condição alvo** no sentido da visão definida;
4. Avançando passo a passo no sentido da condição alvo encontra-se obstáculos onde se tem de trabalhar e dos quais se aprende – através de **Ciclos PDCA**.

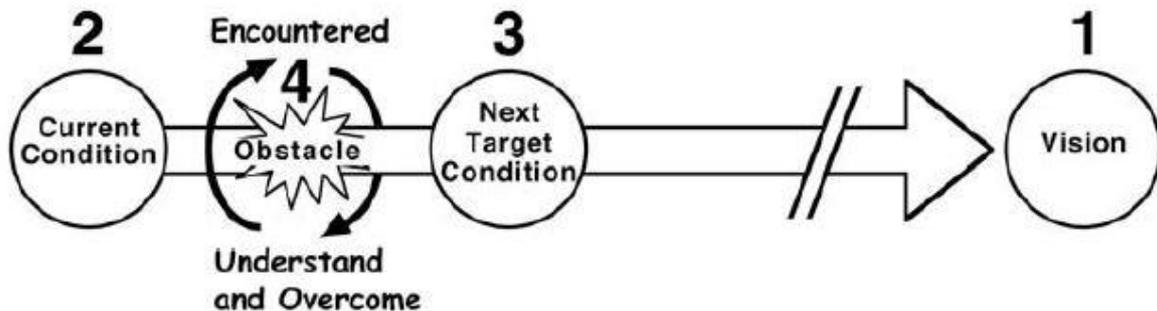


Figura 14 – Resumo do *Improvement Kata* Fonte: (Rother, 2009)

A definição da condição alvo é relevante para um processo de melhoria e gestão eficaz. Não se recomenda que se avance na melhoria sem que uma condição alvo seja definida. Assim, assegura-se que o esforço das pessoas está focado nas necessidades atuais e não em várias ideias e opiniões sobre “o que se pode fazer” (Rother, 2009).

A condição alvo descreve um estado futuro que se deseja atingir e pretende responder a perguntas como (Rother, 2009):

- Como deve este processo operar?
- Qual o padrão normal pretendido?
- Que situação se quer a um ponto específico no futuro?
- Onde se quer estar a seguir?

É com a aplicação iterativa dos ciclos PDCA que se irá atingir a condição alvo. Estes ciclos deverão ser repetidos até se atingir esta condição.

A aplicação de ciclos PDCA é um processo de experimentação e um método científico que consiste em formular hipóteses e depois testar com a informação obtida através de observação direta (Rother, 2009).

Mike Rother (2013) destaca três pontos fundamentais sobre os ciclos PDCA:

- **Resultados imprevisíveis** são um grande ponto dos ciclos PDCA que ajuda a aprender e a melhorar; Quando uma hipótese é refutada é quando se ganha uma nova visão que ajuda a aprender, a adaptar e a inovar.
- **Rápidas e regulares experimentações** traduzem-se em mais quantidade, mais barato e seguro de aprender. Se é com os erros que se aprende, então quer-se que esses erros ocorram o mais cedo possível. Alguns dos melhores conhecimentos advêm de curtos e frequentes ciclos PDCA.
- **Cada passo não trará um benefício quantificável**, é a condição alvo que é mensurável e que trás benefícios. Os passos que se tomam é o esforço para chegar à condição alvo.

O *Improvement KATA* é um conjunto de ações tomadas em resposta a cinco questões básicas (Reverol, 2012):

- Qual é a condição alvo?
- Qual a condição atual?
- Que obstáculos o impedem de atingir a sua condição alvo?
- Qual o seu próximo passo?
- Que aprendeu com o seu último passo?

Assim o *Coach* faz estas perguntas diariamente nos ciclos PDCA do *KATA* ao aprendiz –Figura 15

O que se procura com estas perguntas diárias, é incentivar o aprendiz a ter uma prática diária na procura da melhoria. Para isso, o aprendiz regista diariamente, mediante o que experienciou, dados que responderão às perguntas feitas pelo *Coach*. O aprendiz regista as respostas às perguntas numa folha organizada da seguinte forma como ilustra a Figura 16.

A.C.E.S. COACH

As 5 Questões

- 1) Qual é a condição-alvo? (desafio)
- 2) Qual é a condição actual?
- 3) Que obstáculos o impedem de atingir a sua condição-alvo?
----- (Vire o cartão)----->
- 4) Qual é o seu próximo passo? Que obstáculos está a abordar? Quais as suas expectativas?
- 5) Quando podemos ir e ver o que aprendemos com o passo que vai ser dado?

Reflectir Sobre o Último Passo Dado

Porque não sabe realmente qual o resultado de um passo será !

- 1) Qual foi o seu último passo?
- 2) Quais eram as expectativas?
- 3) Que obstáculo estavas a lidar?
- 4) O que aconteceu na realidade?
- 5) O que aprendeu?

----->
Vire o Cartão (4)

Figura 15 - Cartão de perguntas diárias

REGISTO DE CICLOS PDCA PDCA CYCLES RECORD					Fábrica Nº: Plant nº:	
Processo: Process					Condição alvo nº : Target condition nº:	
Data Date	PASSO Step	Tipo Type	Quais as suas expectativas? What do you expect?	O que aconteceu? What happened ?	Variação Fluctuation	O Que Aprendemos What We Learned

Figura 16 – Folha de registos dos ciclos PDCA

Concluindo é por meio de pequenos e rápidos ciclos PDCA que se opera. Estes ciclos são conduzidos pelo *Coach* que tenta incutir rotinas ao aprendiz e desta forma atingir a condição alvo.

3.1.2 *Action Research*

Mike Rother (2015) refere que ao se tentar atingir a condição alvo entra-se no campo de descoberta e aprendizagem. Concomitantemente Coughlan e Coughlan (2002) relatam a metodologia *AR* como uma forma de tomar medidas e adquirir conhecimento através das mesmas, realçando as seguintes características ou aspetos da *AR*:

- **Investigação em ação, em detrimento de investigação sobre ações** - a *AR* utiliza uma abordagem científica no sentido de resolver os problemas juntamente com aqueles que lidam diretamente com os mesmos. Opera-se por meio de ciclos com etapas definidas: recolha de dados, *feedback* dos dados, análise dos dados, planear a ação a tomar, implementar e avaliar;
- **Participativa** – Contrastando com a investigação tradicional onde os membros do sistema são objeto de estudo, na *AR* estes mesmos membros participam ativamente no processo cíclico descrito na primeira premissa;
- **Investigação concomitante com ação** – O intuito é adquirir conhecimento científico simultaneamente à tomada de ações, tornando o processo mais eficaz;
- **Sequência de eventos e uma abordagem para a resolução de problemas** – Caracteriza-se por uma sequência de eventos inseridos em ciclos definidos de: aglomeração de dados, análise desses mesmos dados, planear e executar a ação e posteriormente avalia-la, levando a mais recolha de dados - momento em que se inicia um novo ciclo, Figura 17. Definida como uma abordagem de resolução de problemas, é a aplicação de um método científico de procura de ações e experimentação para problemas que requerem solução envolvendo no processo a colaboração, não só, dos investigadores, como também, dos restantes colaboradores.

Estes passos dos ciclos relacionam-se em primeira instância com os dados e depois com a tomada de ações. Seguidamente descrevem-se os passos (Coughlan & Coughlan, 2002):

- **Data gathering** (recolha de dados): Para o investigador estes dados surgem do envolvimento no dia-a-dia da organização. Não tendo uma forma específica de recolha de dados, poderá surgir através da observação, da resolução de problemas, de decisões tomadas ou de entrevistas. O cerne é estar envolvido nas dinâmicas da empresa.

- **Data feedback** (*feedback* dos dados): Basicamente nesta etapa o investigador utiliza os dados recolhidos e elabora um relatório, ou seja, agrega toda a informação de forma a facilitar a posterior análise.
- **Data analysis** (análise dos dados): O cerne da análise de dados é que deve ser executado juntando o investigador e os membros da empresa. Esta abordagem é baseada no pressuposto de que os elementos da empresa conhecerão melhor a organização e como esta opera. Os critérios e as ferramentas utilizadas na análise deverão ir de encontro aos propósitos da investigação e aos objetivos que se pretende atingir.
- **Action Planning** (planear a ação): Esta deve ser, novamente, uma etapa efetuada em conjunto. Juntamente, decide-se quem faz o quê dentro de um calendário ajustado. Como parte do planeamento há algumas questões que terão de ser respondidas:
 - O que precisa de ser mudado?
 - Em que partes da organização?
 - Que tipo de mudanças são necessárias?
 - Que apoios são precisos?
 - Qual o compromisso que é necessário?
 - Como a resistência será combatida?
- **Implementation** (Implementação): É implementada a ação planeada. Isto engloba proceder às mudanças desejadas e seguir o planeamento estipulado em colaboração com membros da organização.
- **Evaluation** (Avaliação): Envolve fazer uma reflexão sobre os ganhos da ação tomada, pretendidos e não pretendidos, e rever o processo de forma a que o planeamento e a implementação do próximo ciclo possa beneficiar com a experiência deste ciclo. A avaliação é a chave para a aprendizagem. Sem a avaliação, as ações poderão ser continuamente tomadas independentemente do sucesso ou do fracasso. Os erros são ineficazes e aumentam a frustração.

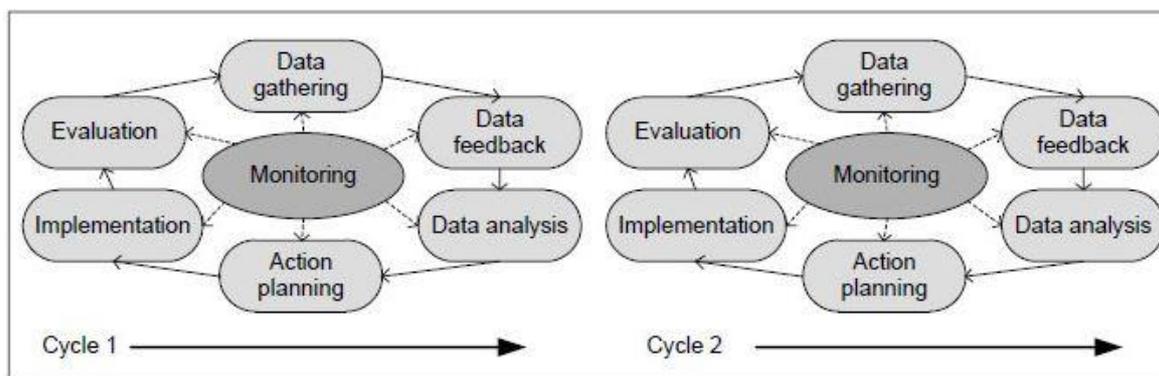


Figura 17 – Sequência de ciclos de Action Research Fonte: (Gava, Spinola, Tonini, & Medina, 2012)

3.2 Inteligência emocional

Por vezes na elaboração de projetos são usados argumentos, que não sendo, de facto, metodologias científicas, aproximando-se mais de formas de interação humana e social, comumente associados às “*soft skills*” e que assumem um papel importante no decorrer dos projetos influenciando o seu sucesso.

Goleman et al., (2002) consideram que a Inteligência Emocional (IE) possui quatro domínios com uma relação “dinâmica” entre eles, nomeadamente autoconsciência, autodomínio, consciência social e gestão de relações:

1. **Autoconsciência** – Capacidade para ler as próprias emoções e de reconhecer os seus efeitos; Os autoconscientes estão sintonizados com os seus sinais interiores e são capazes de se aperceber como os sentimentos influenciam o seu próprio comportamento e o desempenho profissional.
2. **Autodomínio** – Esta capacidade engloba o autodomínio emocional – controlar impulsos e emoções destrutivas – a transparência, a capacidade de adaptação, de realização e de iniciativa e otimismo.
3. **Consciência Social** – Destacam-se a empatia – apreender as emoções dos outros estando ativamente interessado nas questões que os preocupam, a consciência organizacional – captar as redes de decisão e as políticas que atravessam a organização – e o espírito de serviço.
4. **Gestão de Relações** – A capacidade orientada para a gestão de relações englobam a adoção de uma liderança inspiradora, a influência – dominar um conjunto de táticas de persuasão – a capacidade para desenvolver os outros, ser capaz de funcionar de

catalisador para a mudança, realizar uma gestão de conflitos que proporcione a criação de laços sendo o estímulo principal do espírito de equipa e colaboração.

Aparentemente é possível constatar que nunca foi encontrado um líder que dominasse todas estas competências (Goleman et al., 2002). Não existindo uma fórmula para uma liderança eficiente, havendo variados caminhos para a excelência, os líderes poderão ter estilos pessoais muito diferentes. Normalmente, os mais eficazes dominam pelo menos uma competência em cada um dos quatro domínios fundamentais da inteligência emocional (Goleman et al., 2002).

Concordando com Daniel Goleman et al., James Borg – psicólogo e consultor de gestão – destaca, no seu livro *Persuasão* (Borg, 2008), duas qualidades que ajudam a melhorar o processo de comunicação: a empatia e a sinceridade. Ligadas a estes dois atributos estão dois tipos de inteligência, a interpessoal e a intrapessoal. A primeira é a capacidade de compreender as outras pessoas a segunda é a capacidade de olhar para os nossos próprios pensamentos, sentimentos e emoções e ter consciência das nossas ações. O autor destaca também que a soma da empatia e sinceridade, juntas, resultam numa persuasão produtiva.

3.3 *Lean manufacturing*

Invariavelmente poder-se-ia começar a falar de *Lean* começando pela máquina que mudou o mundo apresentada por Womack, Jones, & Roos (1990), que além de fazer uma retrospectiva do que foi a produção anterior ao *Lean Manufacturing*, com a produção artesanal passando pela produção em massa relata a perspectiva dos três autores sobre o *Lean Manufacturing*. O termo “*Lean*” nasce pela mão do investigador John Krafcik, classificando como usando menos de tudo comparativamente à produção em massa – metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço fabril, metade do investimento em maquinaria, metade do tempo dispensado pela engenharia para desenvolver um produto (James P. Womack et al., 1990).

Womack et al., caracterizam o *Lean Manufacturing* como sendo uma combinação da produção artesanal e em massa enquanto evita o alto custo do primeiro e a rigidez do último. A derradeira definição de *Lean*, surge no mesmo livro como sendo um modelo de produção orientado para a completa satisfação do cliente baseado na garantia da qualidade, no controlo de quantidades e eliminação de desperdícios, procurando diminuir os custos de produção e aumentar a produtividade.

Taiichi Ohno na sua obra - *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* - (Ohno, 1988), segundo Wilson (2009) inclui três citações que definem o *Lean Manufacturing*:

- A base do *Toyota Production System* é a eliminação absoluta do desperdício;
- O objetivo é a redução de custos;
- Após a Segunda Guerra Mundial, a nossa principal preocupação era como produzir produtos de enorme qualidade. Contudo, após 1955, a questão passou a ser como fazer a quantidade necessária.

3.3.1 Evolução histórica

De 1900 até à Segunda Guerra Mundial

No início do século vivia-se nos Estados Unidos uma época de crescente imigração e migração em massa. Criando uma necessidade de grande mobilidade das pessoas, tendo sido a origem da ideia de Henry Ford de desenvolver um automóvel de baixo custo para o qual o mercado estaria garantido (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Henry Ford, ao elaborar a produção em massa no sentido de preencher a lacuna sentida pela sociedade acabou com a tradição da produção artesanal. A chave da produção em massa consistiu no desenvolvimento de ferramentas de precisão e com partes permutáveis (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Ford ao querer tomar partido das vantagens das “Economias de Escala” e satisfazer a população criou o Modelo T – que era considerado o “carro das massas” (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Entretanto no Japão, o empresário Sakichi Toyoda tinha como base de negócio, fiação e tecelagem, assente nos avançados teares automáticos. Em 1929, Sakichi vende as patentes aos Platts Brothers por £100,000 (cem mil libras) supostamente com a intenção de que estes fundos ajudassem o seu filho, Kiichiro, a realizar a sua visão de produzir automóveis. Há algumas versões como a de Taiichi Ohno na sua obra - *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (Ohno, 1988) – acrescidas de romantismo que citam que nos seus últimos dias Sakichi disse a seu filho: “*I served our country with the loom. I want you to serve it with automobile*” (“Eu servi o nosso país com o tear. Quero que tu o sirvas com o automóvel”) (Holweg, 2007).

Nesta época o mercado automóvel era dominado pelas empresas americanas Ford e General Motors (*GM*) com as suas subsidiárias instaladas no Japão em 1920. Ao mesmo tempo a Toyoda lutava contra grandes dificuldades económicas e contra lutas de propriedade após a morte de Sakichi em 1930. Apesar de tudo, a força de Kiichiro, ajudado por novas leis japonesas implementadas em 1930, prevaleceu e este começou a desenvolver o seu modelo de automóvel ao qual chamaria Model AA, utilizando alguns componentes da Ford e da GM. É nesta altura, que em termos de simplificação e significado a empresa passou a chamar-se Toyota. Anos antes da Segunda Guerra Mundial se iniciar, em 1935 e 1936 começou a produção de automóveis e camiões, respetivamente. No ano seguinte, em 1937, a empresa é formalmente formada e denominada Toyota Motor Company (Holweg, 2007).

Pós Segunda Guerra Mundial

Após a Segunda Guerra Mundial, o cenário era radicalmente diferente entre os Estados Unidos e o Japão. Considerava-se que havia um grande mercado e conseqüentemente elevada procura. Apesar das políticas de produção em massa demonstrar bastantes desperdícios, o facto da economia pós-guerra estar sólida, também muito devido à Segunda Guerra Mundial e à produção massiva que fora necessária, a elevada procura e os elevados volumes de produção compensavam os gastos, tornando a Ford rentável (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Nesta altura ao contrário de outros países que lutavam pela reconstrução, nos Estados Unidos os fabricantes vendiam, basicamente, tudo que produziam (J. K. Liker & Lamb, 2000).

O falecimento de Henry Ford em 1947 foi um grande revés e um grande marco no futuro da empresa. O seu filho, Henry Ford II tomou conta da empresa, mas cedo se percebeu que não tinha o comprometimento com a produção que tinha seu pai (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Ao mesmo tempo, o mercado automóvel vinha a sofrer alterações. Os automóveis tornavam-se mais complexos e cada vez mais a orientação era de servir diferentes clientes (J. K. Liker & Lamb, 2000). O Modelo T obteve um grande sucesso, no entanto, a evolução, a procura e a melhoria económica das nações levou a criação de novos modelos.

Esta diversificação criava, ao tipo de produção praticada pela Ford, dificuldades acrescidas na coordenação do fluxo dos componentes dos automóveis (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Para colmatar estas dificuldades, que aliás era extensível aos restantes fabricantes americanos, estes tentaram adaptar a produção em massa à produção em grandes lotes e a processos automáticos mais rápidos. O que aconteceu foi um desastre, com um incontável número de

inventário e de desperdícios, o que levou os americanos a voltar à raiz e ficar-se pela produção em massa, porque esta foi um sucesso (J. K. Liker & Lamb, 2000).

No Japão, e com a derrota, o cenário pós-guerra era o oposto do vivido nos Estados Unidos. A economia japonesa enfrentava sérias dificuldades de sustentabilidade. O país estava numa fase de reconstrução financeira que afetou todo o mercado. A Toyota enfrentou assim dificuldades financeiras, não conseguindo vender os carros que pretendia (Holweg, 2007).

Posteriormente e conseqüentemente dá-se uma divisão na empresa que leva à saída de Kiichiro da empresa. Posto isto, o seu primo Eiji Toyoda tornou-se diretor de produção. Este foi em 1950 para os Estados Unidos com o intuito de estudar os métodos americanos de produzir (Holweg, 2007).

Nesta altura, com a Toyota em dificuldades financeiras o objetivo da empresa seria produzir com qualidade, custos reduzidos e com flexibilidade. Principalmente evitando desperdícios e excesso de inventário que só se traduzia em dinheiro estático (Holweg, 2007).

O grande impulsionador da produção de grande variedade e em volumes pequenos e principalmente de forma económica foi Taiichi Ohno. Este engenheiro mecânico foi o grande mestre da filosofia *just-in-time* (Holweg, 2007).

Ohno identificou duas grandes falhas lógicas nos modelos americanos (Holweg, 2007):

- Produzir em grandes lotes leva a que seja necessário uma grande quantidade de inventário o que aumenta uso de capital e do armazém, culminando com um grande número de defeitos;
- Incapacidade do sistema para acomodar as preferências dos consumidores pela diversidade.

Foi a partir de 1948 que Ohno começou a montar um sistema híbrido, utilizando elementos fundamentais do sistema de produção de Ford e fundindo-os com o seu sistema engenhoso e com ideias originais. Este sistema foi adaptado para fazer face às exigências do mercado japonês, que era diferente do mercado americano (Holweg, 2007).

O sistema que Ohno começou a elaborar, ou seja, foi um processo contínuo de experimentação e de desenvolvimento, veio a chamar-se de *Toyota Production System* – TPS.

Do *Toyota Production System* surgem várias ferramentas tais como: 7 desperdícios, *standardized work*, 5S, *Single minute exchange of die* - SMED, Gestão visual (Art of Lean, 2006).

3.3.2 Toyota Production System

Por décadas a Toyota vinha tendo sucesso na aplicação e no desenvolvimento do TPS. Os trabalhadores vinham de forma eficaz aprendendo, com o trabalho do dia-a-dia, os métodos do processo. No entanto, com a prática em ensinar, ficou claro que este ensinamento não teria fim. Assim, Fujio Cho, discípulo de Ohno desenvolveu uma simples representação, à qual denominou Casa TPS – Figura 18 (J. K. Liker & Lamb, 2000).



Figura 18 – Casa TPS

A escolha por uma estrutura similar a uma casa justifica-se com o facto de uma casa ser um sistema estrutural. Ou seja, uma casa só é resistente se o telhado, os pilares e os alicerces forem igualmente resistentes. Uma falha em qualquer um torna a casa mais frágil (J. K. Liker & Lamb, 2000).

O telhado que é representativo dos objetivos: melhor qualidade, menos custos com um *lead time* menor (J. K. Liker & Lamb, 2000).

Existem dois pilares que sustentam a casa: *Just in Time (JIT)* e *Jidoka* (produzir com qualidade).

O conceito por detrás do *JIT* é produzir e entregar os componentes certos e necessários na quantidade certa, no momento certo, utilizando o mínimo de recursos possível (Art of Lean, 2006).

O pilar *Jidoka* foca-se em dois aspetos (Art of Lean, 2006):

- **Produzir com qualidade no processo** – Instala o paradigma que é melhor parar a máquina ao primeiro sinal de problema do que continuar a produzir, pois, só vai gerar desperdício. Passa por uma automatização das máquinas, que ao primeiro sinal de problemas deverão ser capazes de parar automaticamente sem a intervenção do operador;
- **Permitir separar o homem da máquina em ambientes de produção** – Quando uma máquina possui a capacidade de parar caso seja detetado algum problema, não é necessário utilizar um operador para monitorizar a máquina. Em vez disso, fica livre para realizar operações de maior valor acrescentado.

Concluindo, para Liker (2000) o TPS não é apenas um conjunto de ferramentas *lean*. Mas sim, um sofisticado sistema de produção em que todas as partes contribuem para um todo. Este todo mantém o foco no encorajamento e motivação para as pessoas continuarem a melhorar o processo onde trabalham (Art of Lean, 2006).

3.3.3 *Principles of lean thinking*

No seu livro - *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*(J.P. Womack & Jones, 2010) – dois dos autores da obra “*The Machine That Changed the World*” (James P. Womack et al., 1990) apresentaram os cinco princípios que servem de base para a implementação de um sistema *lean*:

- **Valor** – O valor pelo qual o cliente final está disposto a pagar é necessariamente crítico. Especificar de forma precisa o valor traduz-se em avaliar e dialogar o que o cliente considera que acrescenta valor ao produto, mediante um produto específico com as características específicas;
- **Identificação da cadeia de valor** – Passa por identificar toda a cadeia de valor de um produto, ou de uma família de produtos desde as matérias-primas até ao momento em que o produto chega “às mãos” do cliente. Usualmente a avaliação da cadeia de valor mostra três tipos de ações executadas durante esta: as que invariavelmente acrescentam

valor; as que não acrescentam valor mas que não poderão ser evitadas com o corrente processo ou tecnologia; e as que não acrescentam valor que devem ser imediatamente evitadas ou eliminadas;

- **Fluxo contínuo** – Fazer com que as atividades que acrescentam valor operem num fluxo contínuo de produção, do início ao fim, sem que haja interferências sobre o efeito de desperdício, privilegiando a produção em pequenos lotes;
- **Sistema Pull** – Projetar e produzir o que o cliente quer apenas quando o cliente quer. Ao deixar que seja o cliente a definir quando se produzir, previne desperdícios com produtos acabados, inventários ou até que o produto se torne obsoleto;
- **Perfeição** – A visão deve estar centrada na busca da perfeição, na procura dos “zero defeitos”. Ao implementar os princípios anteriores, esperam-se melhorias. Estes princípios devem ser sistematicamente e continuamente implementados e melhorados, gerando assim um processo de melhoria contínua.

3.3.4 Sete tipos de desperdícios

O principal foco de Taiichi Ohno aquando do desenvolvimento do *Toyota Production System* era eliminar o desperdício (Holweg, 2007). Em concordância com Ohno (1988), Liker & Meier (2006) definem mesmo que o *Lean Manufacturing* é uma filosofia de produção que procura encurtar o tempo entre a encomenda do cliente e o produto acabado entregue ao cliente, através da eliminação do desperdício. Considera que, o desperdício é tudo que não contribua para a transformação do produto de acordo com as especificações dos clientes.

Segundo Ohno (1988), Holweg (2007), Liker & Meier (2006) e Melton (2005), existem sete principais tipos de desperdício:

- **Excesso de produção** – Considerado por Ohno como o desperdício fundamental uma vez que é causador da maioria dos outros desperdícios. Representa produzir mais do que é preciso, antes de ser preciso;
- **Espera** – Quando equipamentos ou produto esperam para serem processados, não se está a acrescentar qualquer valor para o cliente;
- **Transporte** - Mover *Work in Process* (WIP) num processo de produção de um posto para outro não acrescenta valor ao produto para o cliente;

- **Sobreprocessamento ou processamento incorreto** – Utilizar inadequadamente as ferramentas, ou possuir ferramentas desajustadas ou a projeção errada do produto;
- **Excesso de inventário** – Excesso de matéria-prima, WIP ou produto acabado que poderá tornar o produto obsoleto, ou até danificá-lo; possuir inventário a ocupar espaço no armazém, tudo isto acarreta elevados custos;
- **Movimentação desnecessária** - Qualquer movimento que o operador tiver de realizar durante o seu trabalho que não acrescente valor ao produto é considerado desperdício. Este desperdício pode também ser a forma de excessiva movimentação de informações ou decisões;
- **Defeitos** – São erros durante o processo que leva a gerar não conformidades, que terão de ser repostas, que embora possam ser reparadas significa desperdício de m-d-o, tempo e esforço.

No entanto, há autores que acrescentam um oitavo desperdício (J. Liker & Meier, 2006; J. K. Liker & Lamb, 2000):

- **Não utilizar a criatividade do funcionário** – Não incentivar, ou não ouvir os funcionários leva a que haja perda de tempo, de ideias, de habilitações, de melhorias e até de aprendizagem.

3.4 Ferramentas *lean*

As ferramentas *lean* são métodos, mecanismos e técnicas que ajudam a alcançar os objetivos diretamente ligados aos princípios do *lean*.

Tyagi et al., (2015) define que identificado o principal princípio do *Lean Thinking* – o valor, a aplicação das ferramentas *lean* irá identificar e eliminar desperdícios que não acrescentam valor ao produto numa lógica do consumidor e da própria empresa.

As ferramentas que seguidamente são apresentadas fazem parte de um conjunto que constitui as ferramentas *lean*.

3.4.1 Gestão visual

A gestão visual é um sistema de melhoria de uma organização que pode ser usada em todas as e quaisquer organizações que possibilita a melhoria do desempenho ao longo de toda a empresa.

O intuito é apresentar da forma mais “visual” possível informação sobre a missão, os objetivos e desempenho para que os operadores usem o seu esforço focando-se no melhor desempenho possível. A implementação de sistemas de gestão visual gera uma nova dimensão aos processos e aos sistemas (Pinto, 2014).

Proporciona aprendizagem aos operadores que estes poderão usar no seu trabalho (Liff & Posey, 2004). Ao mesmo tempo auxilia a evitar desperdícios através do acompanhamento dos processos (Pinto, 2014).

3.4.2 *Poka-Yoke*

A definição de um sistema *Poka-Yoke* é verdadeiramente clara, sendo consensual e transversal. Liker & Meier (2006) definem o sistema *Poka-Yoke* como uma técnica de apoio aos operadores na deteção e prevenção de erros. Traduzido do “*mistake proofing*” ou “*error proofing*” significa exatamente “à prova de erros” ou “à prova de enganar”.

Shingo & Dillon (1989) caracterizam o *Poka-Yoke* como sendo um dispositivo de deteção física, que previne os defeitos de ocorrerem além de desempenhar uma inspeção cem por cento informativa. Citam também que se deva utilizar o termo “*mistake proofing*” em vez do termo mais comumente utilizado “*fool-proofing*”, “à prova de idiotas”, justificando que até os melhores trabalhadores cometem erros inadvertidamente.

Defeitos contínuos irão continuar a ser produzidos até que ocorra uma intervenção a nível humano ou mecânico; e o controlo *poka-yoke* é sempre a forma mais eficaz que se pode utilizar. Em todos os casos a implementação de um sistema *poka-yoke* é baseada na análise de custos/benefícios. No entanto, é o controlo mais eficaz em muitos casos (Shingo & Dillon, 1989).

Shingo & Dillon (1989) citam que existem três tipos de controlo *poka-yoke*:

- *Contact Method* – Identifica o defeito dependendo se existe ou não contacto entre a máquina e o produto. Além de se usar a modificação das formas e dimensões do produto para facilitar a deteção de defeito, também é comum utilizar-se diferentes cores;
- *Fixed-value Method* – Determina se um determinado número de movimentos é feito;
- *Motion-step Method* – Determina se os passos ou movimentos estabelecidos do processo são executados.

Shingo & Dillon acrescentam também que um sistema *poka-yoke* por si só não é um sistema de inspeção, mas um método de detetar defeitos ou erros que poderá ser usado para complementar uma função de inspeção.

Liker & Meier (2006) vão mais longe e acrescentam que é baseado na filosofia de que as pessoas não cometem erros intencionalmente ou operam de forma errada, mas por várias razões os erros ocorrem. Contrariamente a maior parte das empresas que ligam os erros a “erro humano”, a filosofia inerente à *Toyota Way* assume do princípio que um erro é uma falha do sistema e dos métodos que são usados para desempenhar o trabalho. “*Quite simply, errors occur because the current method allows them!*” – “Muito simples, os erros ocorrem porque o método atual os permite!”.

3.4.3 *Standardized work*

Para Pinto (2014), uniformizar, standardizar, padronizar, significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas. Destaca também as vantagens, entre elas, o aumento da previsibilidade dos processos, redução de desvios e menores custos.

Liker & Meier (2006) destacam a importância do *standardized work* – trabalho padrão / padronizado - como sendo o ponto de partida para a melhoria contínua. O estabelecimento de processos standardizados é a chave para criar um desempenho consistente.

Os mesmos autores defendem que a criação de processos standardizados é baseada na definição, clarificação (tornando visível) e consistente utilização dos métodos que asseguram a melhor possibilidade de resultados. É encontrar cientificamente o melhor padrão de atuação para executar uma tarefa e manter esse padrão.

Imai (2012) então complementa que tendo os padrões no lugar e os trabalhadores efetuando os seus trabalhos de acordo com estes padrões e sem anomalias, o processo está sob controlo. O próximo passo consiste em ajustar o pensamento geral da empresa e elevar os padrões a níveis mais elevados. Imai (2012), completa a teoria de Liker & Meier (2006) de que o trabalho padrão é a partida para a melhoria contínua, identificando cinco aspetos chave em que os padrões se baseiam:

- Os padrões representam a melhor, mais fácil e segura forma de operar;
- Os padrões oferecem a melhor forma de preservar o “*know-how*” e a perícia;

- Os padrões providenciam uma forma de medir o desempenho;
- Os padrões demonstram a relação entre a causa e o efeito;
- Os padrões são a base para manutenção – operar segundo os padrões - e para a melhoria.

Os padrões de manutenção estão associados ao ciclo SDCA (*STANDARDIZE-DO-CHECK-ACT*) e os de melhoria aos ciclos PDCA (*PLAN-DO-CHECK-ACT*). O ciclo PDCA é extremamente importante para alcançar a melhora contínua, no entanto sem o ciclo SDCA a criar “terreno firme” o alcance da melhoria pretendida pode ficar comprometido (Pinto, 2014). Só após a uniformização ser estabelecida e seguida devidamente, estabilizando o processo atual é que se deve passar para o ciclo PDCA (Imai, 2012).

3.4.4 *Kaizen*

A filosofia organizacional de sistemas produtivos para melhoria contínua no contexto do *lean production* é referida em japonês pelo termo *Kaizen*. Esta filosofia tem subjacente o processo de aplicar melhorias incrementais, independentemente de quanto pequenas sejam, com o foco em alcançar o objetivo do *lean manufacturing* de eliminação de todos os desperdícios que acrescentam custos sem acrescentar valor. Assim o *Kaizen* é uma filosofia que se esforça no sentido da perfeição e sustenta o *Toyota Production System* diariamente (J. Liker, 2003).

Kaizen implica melhorias que devem envolver todas as pessoas da organização – gestores e operadores – tendo em vista a melhoria da eficiência e eficácia dos processos e por consequência a economia da empresa. A filosofia *Kaizen* assume que a nossa forma de vida – sendo no trabalho, na vida social ou em nossas casas – deve manter o foco no constante esforço pela melhoria. Imai (2012) também define seis conceitos básicos e sistemas que a gestão necessita aprender para poder aplicar uma estratégia *Kaizen*:

- *Kaizen* e gestão (manter e melhorar);
- Processo versus resultado;
- Seguindo o plano dos ciclos PDCA (*PLAN-DO-CHECK-ACT*);
- Colocando a qualidade primeiro;
- “Falar” com os dados recolhidos;
- O próximo processo é o cliente.

3.4.5 Ciclos PDCA

Esta ferramenta foi introduzida no Japão por W. Edwards Deming em 1950 (Pinto, 2014).

O primeiro plano de *Kaizen* estabelece o ciclo PDCA (*PLAN-DO-CHECK-ACT*) como veículo que assegura a continuidade do *Kaizen* na perseguição da política de manutenção e melhoria dos padrões, sendo um dos conceitos mais importantes do processo (Imai, 2012).

As etapas do ciclo são as seguintes e estão ilustradas na Figura 19:

- **Plan** – planejar as ações a serem tomadas para aplicar uma melhoria;
- **Do** – aplicar o plano anteriormente definido;
- **Check** – Avaliar e analisar as ações tomadas;
- **Act** – Realizar e standardizar os novos processos para prevenir a ocorrência do erro original, ou para definir os objetivos para novas melhorias.

A importância do ciclo PDCA alcança o nível de continuidade permanente. Para isso, o pensamento deverá ser sempre de nunca estar satisfeito com o estado atual, procurando imediatamente definir objetivos para nova melhoria. A gestão assume um papel crucial na sua implementação, visto que por vezes os operadores tendem a manter-se nos padrões atuais não tendo iniciativa para melhorar as condições (Imai, 2012).

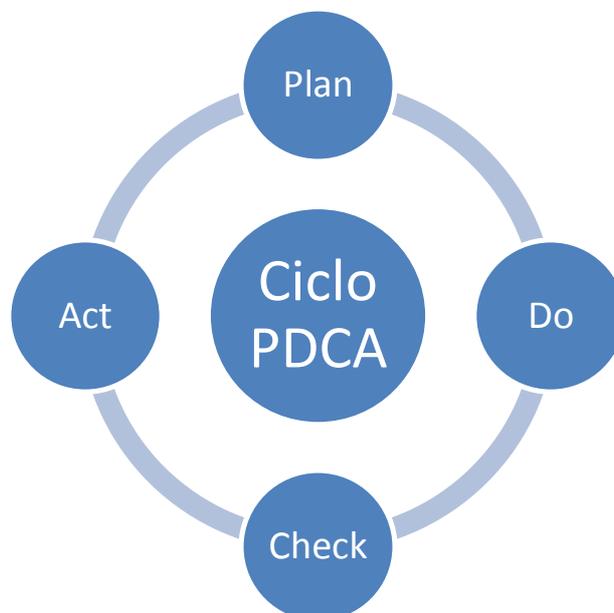


Figura 19 – Etapas do ciclo PDCA

Pinto (2014) destaca a sua importância para a melhoria contínua, primeiramente caracterizando como uma ferramenta simples e poderosa e que está no centro da filosofia de melhoria contínua. Realça também, a importância ao nível do cliente, em que as suas necessidades e exigências devem re-alimentar, continuamente, os padrões do fornecedor. Caso contrário, o fornecedor nem garante qualidade aos seus clientes nem alcança os seus objetivos.

3.4.6 *Milk-run*

O *milk run* é um procedimento cíclico de abastecimento de material com o objetivo de entregar material no momento certo, com a quantidade certa e onde é necessário (Brar & Saini, 2011). A Figura 20 pretende ilustrar o funcionamento de sistema *milk run*.

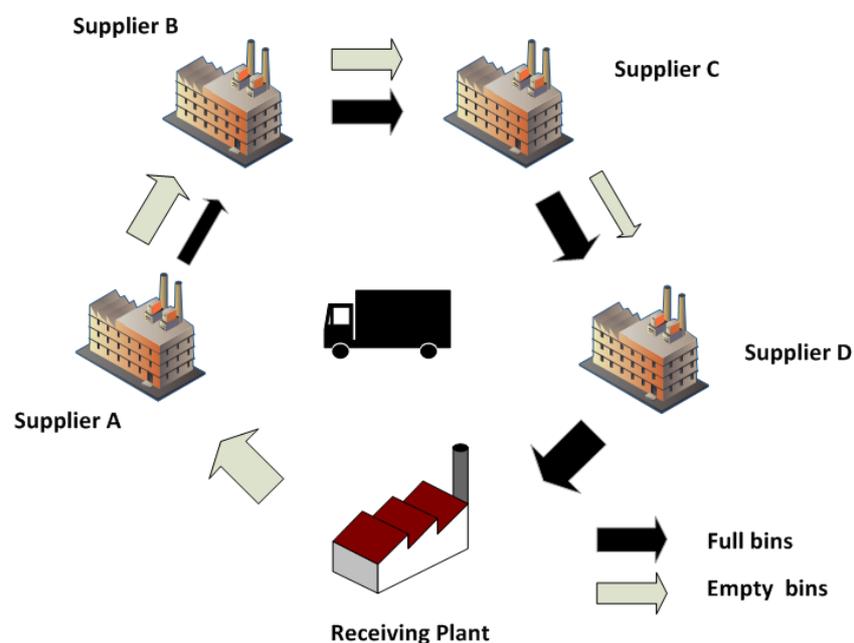


Figura 20 – Esquema de *milk run* Fonte:(SILU, 2012)

O *milk run* é assim, um método de recolha de recursos que a um determinado período de tempo visita fornecedores seguindo as rotas pré-estabelecidas para recolher peças ou produtos e entrega-los no ponto de partida (Brar & Saini, 2011).

O *milk-run* é frequentemente usado na logística interna para transportar matérias-primas, produtos acabados, e desperdício entre as linhas de produção e os armazéns (Brar & Saini, 2011).

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

No presente capítulo é feita uma descrição do sistema produtivo em que se insere o projeto e é elaborado o levantamento e análise da situação atual, tendo em conta que é uma das fases da metodologia *KATA*.

4.1 Produtos

Na fábrica onde decorreu o projeto de dissertação, Fábrica #2, a produção de garrafas de aço para gás restringe-se a dois tipos de garrafas tradicionais:

- Garrafas para GPL – Figura 21 – (a);
- Garrafas para Refrigerantes e Gases Técnicos – Figura 21 – (b).



Figura 21 - Modelos de garrafas de gás produzidas na linha de fabrico estudada.

Em termos de linha de fabrico os dois modelos passam pelos mesmos processos, sendo fabricados com componentes idênticos e similares. A Figura 22 identifica o nome dos componentes constituintes de uma garrafa de gás.

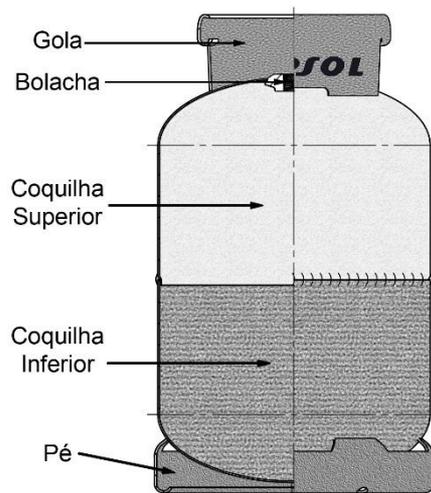


Figura 22 - Componentes de uma garrafa de gás

Convém clarificar que a bolacha, Figura 23, é um disco de aço, soldado à coquilha superior onde posteriormente será colocada a válvula.



Figura 23 - Exemplo de uma bolacha

Identificados os componentes seguem-se as definições de cada um:

- **Gola** – A gola é o acessório soldado na coquilha superior da garrafa. Esta tem como funções, servir de pega para o transporte da garrafa e não menos importante, proteger a válvula – componente inserido na linha de acabamento – e a bolacha de sofrer danos através do impacto;
- **Bolacha** – Juntamente com a gola, é soldada na coquilha superior da garrafa, mais precisamente no furo que a coquilha superior adquire numa fase do processo. Posteriormente é roscada a válvula na bolacha;
- **Coquilha Superior** – Como o próprio nome indica é processada na linha de coquilhas superiores, onde é furada e rebaixada, na sua base, facilitando o encaixe e servindo de junta da soldadura circunferencial que a irá soldar à coquilha inferior. Juntamente com a coquilha inferior formam o corpo da garrafa;

- **Coquilha Inferior** – Processada na linha de coquilhas inferiores, onde é aparada e onde é soldado o pé da garrafa. Formando a outra parte do corpo da garrafa, é encaixada e soldada, via soldadura circunferencial, à coquilha superior;
- **Pé** – Soldado à coquilha inferior, o pé tem como função dar estabilidade à garrafa mantendo-a na posição pretendida de utilização.

Como foi citado anteriormente, a válvula - Figura 24 - é colocada na bolacha por meio de roscagem. Embora seja adicionada à garrafa só na linha de acabamento é igualmente um acessório. A válvula tem como principal função permitir ou não a saída do gás aquando da utilização da garrafa.



Figura 24 - Exemplo de uma válvula

No fim da linha de montagem o aspeto da garrafa entregue ao acabamento é similar ao da Figura 21.

4.2 Planeamento da produção, da qualidade e dos processos

4.2.1 Introdução

A Figura 25 ilustra o fluxo de informação e de material gerado desde a iniciação de negociações até à produção da garrafa.

O sistema produtivo, não só da fábrica em questão – Fábrica #2 – mas também das restantes fábricas é similar.

Após o sucesso nas negociações com os clientes, o departamento comercial faz chegar aos restantes departamentos – o de planeamento, o de produto & processo e o da qualidade – informação detalhada sobre a encomenda, para que a partir deste ponto, cada departamento possa executar a sua tarefa corretamente. Estas tarefas serão esclarecidas no decorrer deste capítulo.

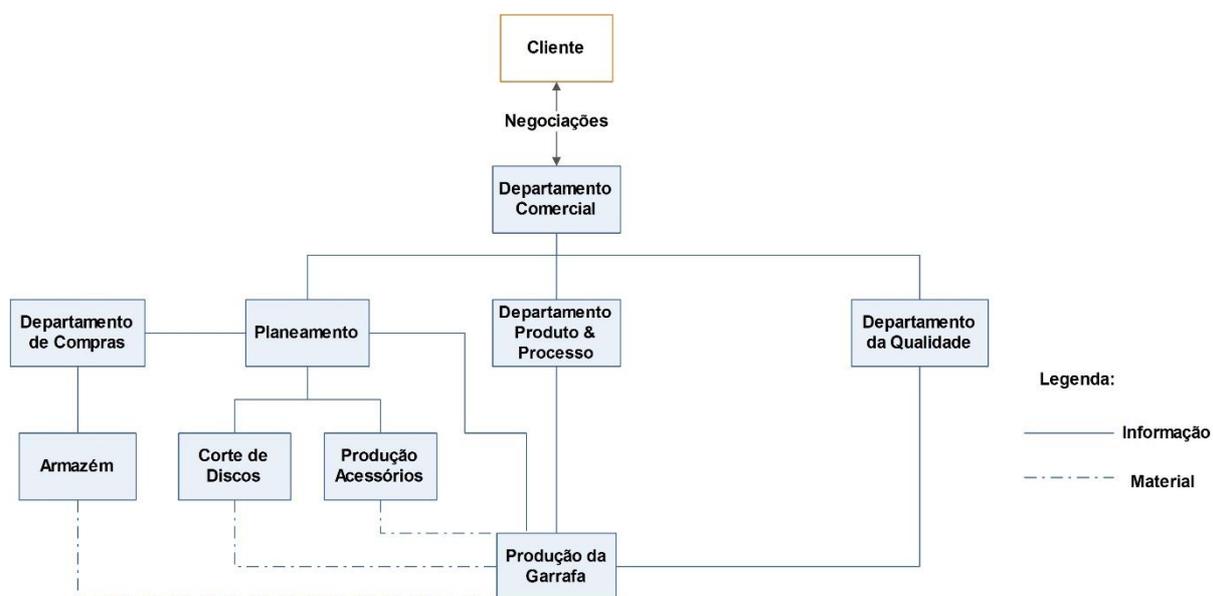


Figura 25 - Etapas: da negociação à produção de garrafas

Cada departamento irá gerar informação conforme as suas responsabilidades. Poderá ser necessário que esta informação seja utilizada por outros departamentos, sendo assim transferida, como é o caso relativo ao planeamento que fará chegar informação ao departamento de compras por forma a que este, fazendo uso da informação recebida possa atuar segundo as suas obrigações.

Esta estrutura está concebida para que o fluxo de materiais e de informação sejam realizados de uma forma célere e eficaz sem que haja falhas.

4.2.2 Planeamento da produção

Antes do começo da produção propriamente dita, o Planeamento da Produção (PP) prepara todos os materiais necessários para a produção e assegura o seu abastecimento atempado e coordenado ao sistema de produção, objeto de estudo neste trabalho e constituído por uma linha complexa de fabrico de garrafas de aço.

Assim, o PP tem um papel importante e necessário em todo o processo produtivo, sendo o garante de que a produção é exequível dentro dos prazos pretendidos e acordados com o cliente.

O PP baseia-se em três aspetos: a consulta, a previsão (ou *forecast*) e principalmente a encomenda. A consulta e a previsão estão interligadas e são complementares. A primeira consiste na indicação do comercial, responsável por negociar com o cliente, de que uma encomenda de garrafas de gás é previsível. A previsão, como por exemplo, a quantidade e

possivelmente um intervalo de datas. Finalmente com a encomenda, confirmam-se prazos, quantidades e toda a logística de fornecimento é definida.

As encomendas e previsões permitem estabelecer o Programa Diretor de Produção (PDP). A partir deste é aplicado o mecanismo MRP – “*Material Requirements Planning*”, através das nomenclaturas dos artigos, i.e., BOM – “*Bill of Material*”, determinando-se as necessidades de materiais para cada encomenda de garrafas incluída no PDP.

O PP tem de garantir que, aquando do início programado da produção das garrafas relativas a uma encomenda, estejam reunidos todos os materiais constituintes e necessários para a produção. Para tal, há materiais, nomeadamente acessórios e discos, com programas de planeamento de produção próprios, que têm de ser produzidos e preparados antes do início da produção. Uma síntese do processo de planeamento da produção é ilustrada na Figura 26. A figura mostra a existência de três tipos distintos de materiais que são necessários à produção das garrafas: os Acessórios, os Discos e Outros Materiais (adquiridos pelas compras).

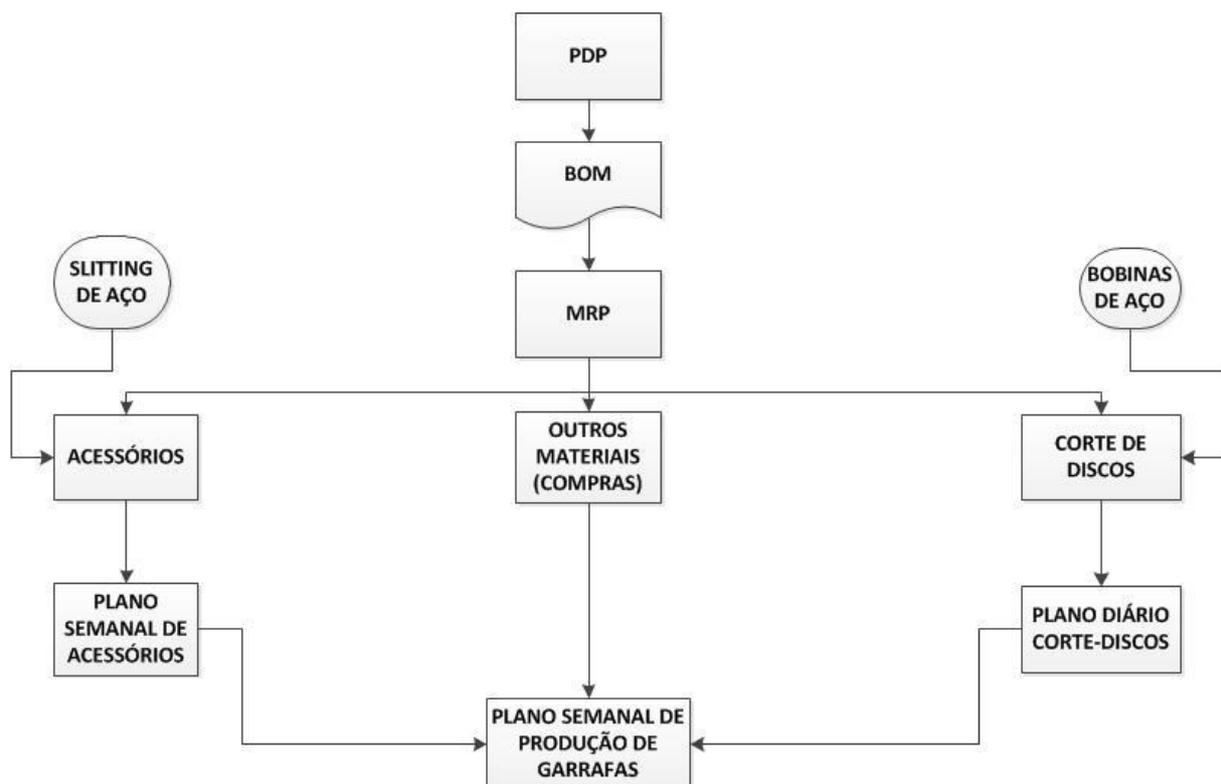


Figura 26 - Síntese do processo de planeamento da produção

A preparação dos acessórios é feita com um *lead time* de aproximadamente duas semanas, i.e. dez dias. Ou seja, o aço é encomendado duas semanas antes do início previsto da produção da garrafa. A entrega deste demora aproximadamente uma semana. Após estar nas instalações da

fábrica, tem mais uma semana para a preparação dos acessórios necessários e suficientes para a produção da garrafa - Figura 27. Esta preparação dos acessórios é regida por um programa semanal, sendo que neste, são agregados o maior número possível de acessórios similares para minimizar o número de mudanças de série, mantendo sempre como visão a data do início do fabrico de cada garrafa.

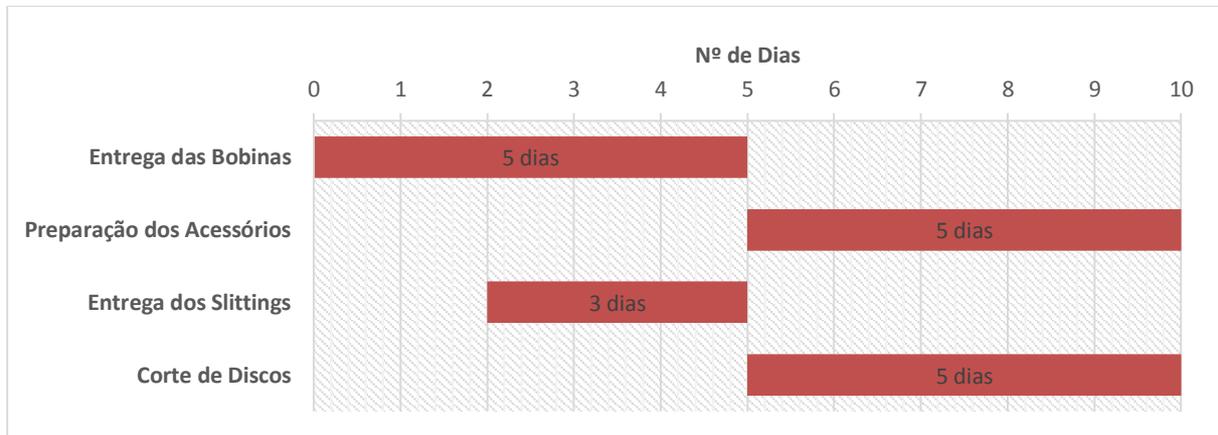


Figura 27 – Diagrama de Gantt referente à preparação dos acessórios e dos discos

Relativamente ao corte de discos, dado que a entrega é efetuada, em média, num prazo de três dias úteis, visto só ser necessário o transporte das bobinas de aço desde os portos (locais onde permanecem) até à empresa. Não é necessário encomendar com tempo prévio tão alargado, no entanto, é fundamental garantir que as bobinas de aço, Figura 28, estejam na empresa uma semana antes do fabrico se iniciar, tal como sucede com os “*Slittings*” de aço para os acessórios, que não são mais que bobinas mais apropriadas para os acessórios e portanto é uma nomenclatura usada na empresa. No entanto, contrariamente aos acessórios, o corte de discos não se rege por um plano semanal, mas sim por um plano diário, devendo-se ao facto de esta operação ser executada de forma mais célere do que o fabrico dos acessórios.

Para além dos acessórios e do corte de discos, há ainda outros materiais necessários garantir para se fabricar determinada garrafa. Estes materiais, entre outros, englobam as bolachas a ser soldadas, os fios de soldadura, tintas, pó de zinco e até paletes. Este grupo é então constituído por materiais que são adquiridos pelo departamento de compras, não necessitando de nenhuma preparação prévia.



Figura 28 - Bobina de aço aplicada numa prensa de corte de chapa Fonte:(Technology, 2009)

Juntamente a este trabalho, o planeamento da produção procura fazer o bom uso dos recursos e da linha. Assim, procura reduzir os tempos de *setup* das máquinas, eliminar mudanças demoradas associadas ao tipo de garrafa, como por exemplo, das prensas, dos transportadores e das cabines de pintura.

Podemos dizer que o planeamento da produção tem como tarefa geral garantir que cada encomenda é exequível com a qualidade desejada, dentro dos prazos estabelecidos, através de um uso racional, eficiente e económico dos recursos de produção, i.e. máquinas, equipamentos e instalações, além naturalmente dos recursos humanos.

4.2.3 Controlo de qualidade

Quando são definidas as quantidades a produzir, ou seja, o número de garrafas a entregar ao cliente, dependendo destas e concomitantemente da norma pela qual se rege a construção da garrafa, há a necessidade de incrementar as garrafas que irão ser usadas para ensaios destrutivos operados pelo departamento da qualidade. Assim, o número de garrafas a serem produzidas na montagem é o somatório entre as que serão entregues ao cliente e as ensaiadas destrutivamente.

É importante salientar que o número de garrafas a ensaiar, bem como, a frequência ou divisão de lotes é dependente da norma de construção. A norma mais usada é a norma europeia, EN 1442:2006, no entanto, existem muitas outras normas.

Os ensaios destrutivos são compostos por ensaios mecânicos – ensaios de tração e dobragem, por ensaio de rotura e por ensaios radiográficos (Raio-X) e macrográficos. O primeiro ensaio mecânico consiste em utilizar provetes (parte retangular específica da garrafa a ser ensaiada),

com a finalidade de avaliar se os valores de limite elástico, tensão de rotura e alongamento estão dentro dos padrões específicos para o material. O ensaio de dobragem, utilizando novamente provetes, é basicamente colocar os provetes - de forma curva - entre dois rolos mecânicos aos quais gradativamente se vai aumentando a carga. O ensaio é finalizado quando o provete passa a ter uma forma reta em vez da forma inicial, curva.

Quanto ao ensaio de rotura ou de rebentamento, este consiste em aumentar a pressão no interior da garrafa, através da introdução de água, até ao seu rebentamento. No final, são registados alguns valores, tais como, a pressão de rotura, a capacidade da garrafa, a expansão volumétrica e o fator de conversão. Posto isto, os dados recolhidos são analisados e comparados com os valores regidos nas normas. Há também uma avaliação visual a ser feita, pois, a área onde se deu a fratura da garrafa não poderá levar à fragmentação desta, mas também não poderá ser paralela aos seus cordões de soldadura.

Os ensaios radiográficos e macrográficos têm como objetivo garantir que as soldaduras respeitam as normas de construção, quer pela sua qualidade, quer também, pela sua segurança.

O radiográfico não é mais do que sujeitar a garrafa a um varrimento de uma máquina raio - x. É assim possível verificar se o cordão de soldadura está conforme o requisito normal. Aceitando-se a garrafa após este teste, passa-se para o macrográfico. Neste, um teste mais laboratorial, corta-se um pedaço à volta da soldadura, posteriormente, faz-se um polimento da área, e por fim realiza-se um ataque químico através do uso de água destilada, iodo de metaloide e iodo de potássio. Feito isto, coloca-se a amostra no microscópio, no sentido de verificar as diferenças de contraste entre o material depositado e a própria soldadura.

Note-se que estes dois últimos ensaios não são executados de forma tão frequente ao longo da produção da garrafa comparativamente aos ensaios anteriores explicados. A título de exemplo, na norma EN 1442:2006, o ensaio raio-x e o macrográfico são requeridos no início do fabrico ou em paragens superiores a 4 horas.

Realizando-se estes ensaios, é possível garantir que a garrafa cumpre todos os requisitos presentes na norma, tanto em termos de qualidade, como também, em termos de segurança.

É relevante salientar, que ao longo da linha há uma série de postos de controlo visual sendo mais um elemento preponderante na garantia da qualidade e segurança da garrafa.

4.2.4 Planos de processo do produto

O desenvolvimento de planos de processo de produção começa no Departamento de Processo e Produto (DPP), após a aprovação dos modelos de garrafas. O plano de processo de uma garrafa é um documento que inclui todas as informações relativas à sua produção (cliente, datas, forma de expedição, destinos, dimensões, materiais, cuidados a ter, aspetos, todos os componentes constituintes da garrafa, tipos de soldadura e outros). É o documento de base ao processo produtivo, logística e expedição das garrafas de gás para o cliente. Em particular, nele se inclui toda a informação necessária para a fabricação das garrafas segundo as especificações e normas, nomeadamente processos operatórios e meios principais e auxiliares a usar, assim como informação relevante ao controlo de qualidade e embalagem para efeitos de expedição. Para cada encomenda de um cliente há um plano de processo de produto associado.

A disponibilização dos planos de processo para consulta é realizada pelos responsáveis pela fábrica. O DPP coloca o plano de processo no sistema informático para ser impresso em partes de acordo com as necessidades e utilidade nas diferentes fases do processo de fabrico e controlo. Assim as partes respetivas são enviadas para três fases da montagem e duas do acabamento. As fases na montagem, são as correspondentes às prensas hidráulicas, à soldadura das bolachas e à soldadura circunferencial. No acabamento as fases são a pintura e a de aplicação de válvulas. A falta da informação necessária e da impressão do plano impossibilitava a fabricação levando à paragem dos postos de trabalho e eventualmente de toda a linha de produção.

No sentido de fiabilizar e onerar menos este processo está atualmente em fase de implementação um processo que recorre ao uso de “*tablets*” para se poder aceder à informação de processo por via eletrónica.

4.3 Processos geradores de abastecimento da linha de produção

4.3.1 Corte de discos (Corte de chapa)

A encomenda das bobines de aço para o corte de discos é uma das etapas iniciais do processo produtivo. Para além desta tarefa, a secção de planeamento da produção comunica também a quantidade de discos a serem cortados para determinada encomenda. A quantidade de discos cortada é sempre feita em excesso e não na quantidade exata de cada encomenda. Isto deve-se ao facto de caso haja alguma deformação durante o fabrico de algum disco, não seja necessário refazer o lote. Seria dispendioso a nível monetário, principalmente com a perda de tempo que

seria para a linha de produção que estaria parada à espera, bem como, para a seção de corte de chapa.

Convém referir que não é comunicado, à linha de produção de garrafas, o número exato de discos que foram efetivamente cortados para a encomenda, mas apenas um valor aproximado.

Assim, após a entrega das bobinas de aço na fábrica, e na data prevista, é feito o corte de discos na seção de corte de chapa. Esta é composta por duas prensas de corte, sendo que uma é adequada para o corte de aço mais fino e outra para todo o tipo de espessura do aço.

Na figura seguinte, Figura 29, pode-se perceber o funcionamento das prensas de corte. Estas executam o processo de punçoamento ou “*blanking*” – processo de corte no qual uma peça de metal é removida de uma peça maior. Sendo a parte removida a peça desejada – onde usando um punção para exercer a força necessária e uma matriz com as dimensões e forma desejadas, obtém-se então o disco.

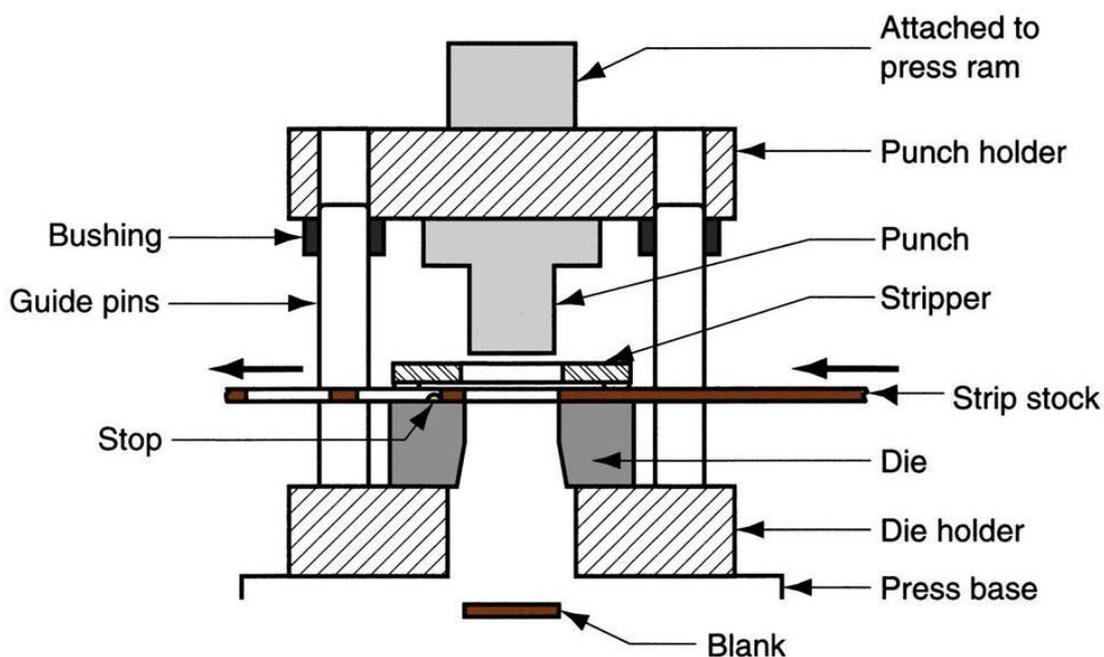


Figura 29 - Esquemática de uma prensa de corte Fonte:(Groover, 2002)

Neste caso em particular, o punção da prensa é móvel, sendo que a matriz fica fixa. Este facto deve-se à tentativa de economizar e maximizar o aproveitamento da bobina de aço.

Assim, apresenta-se o funcionamento do corte de discos, demonstrando na figura seguinte, Figura 30, um esquema deste.

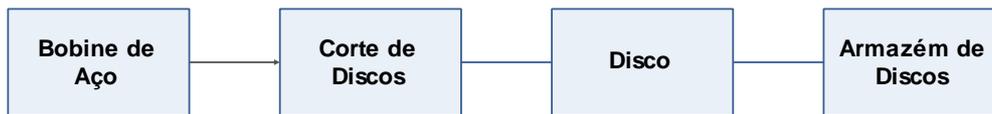


Figura 30 - Funcionamento do corte de discos

Após o corte dos discos, estes são armazenados num espaço destinado a esse propósito, denominado, armazém de discos.

4.3.2 Fabrico de acessórios

O fabrico dos acessórios, nomeadamente pés e golas, é feito de forma autónoma e portanto retém duas linhas só para este propósito. Nestas duas, são feitos acessórios que irão abastecer todas as cinco fábricas da empresa. Tal como demonstrado anteriormente, é regido pelo programa do planeamento. Assim, aquando do início da produção terá de ser garantido o seu abastecimento à linha de produção.

O planeamento também é responsável pela aquisição dos *slittings* de aço que irão ser utilizados nos acessórios. Assim, a primeira operação nos acessórios é o desenrolar das bobinas de aço seguindo-se a marcação dos acessórios - Figura 31.

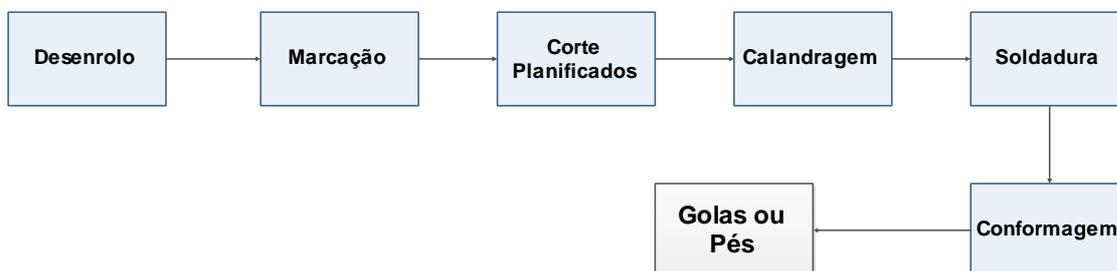


Figura 31 - Operações no fabrico de acessórios

Em todas as garrafas produzidas é imperativo que haja uma marcação, seja do número de série, do nome da empresa fabricante, das taras ou até da rosca da bolacha. Esta marcação pode surgir tanto na gola – situação maioritariamente ocorrente – como no pé, ou até, mas menos frequente, no disco. Estas gravações são efetuadas nestas duas linhas.

A gravação dos acessórios é de extrema importância, não só para que o cliente não obtenha números de série repetidos ou até em falta, bem como, para os operadores da linha de produção de garrafas que durante o fabrico vão-se guiando por estes números para terem a certeza que estão a produzir o necessário. Portanto, os operadores da linha de produção de garrafas dão como certo que os acessórios marcados provenientes do processo de fabrico de acessórios, são

fornecidos em número exato. Dado que é essencial no processo de contagem de garrafas, de modo a tentar garantir que não faltem garrafas para satisfazer a encomenda.

Para além do abastecimento dos acessórios marcados e dos não marcados (se a marcação estiver presente nos discos, só os que irão dar origem às coquilhas superiores é que a contêm), o fabrico de acessórios ainda fornece um número de segurança de acessórios que supostamente teriam de ser marcados. Este número em excesso tem como principal objetivo, prevenir que caso haja algum defeito ou alguma deformação nos acessórios já marcados, estes possam ser substituídos pelos fornecidos – que ainda não foram marcados – que posteriormente, se necessários, serão marcados à mão.

Feitas as gravações nos acessórios, é necessário corta-los. Essa é a próxima etapa do processo, o corte dos planificados.

As golas e os pés requerem processos de conformação e soldadura. A calandragem é o processo que dá a forma desejada aos acessórios.

Assim obtêm-se os acessórios que são fornecidos à linha de fabricação de garrafas.

4.4 Processo de produção de garrafas de gás

Visto que a estudo incidiu sobre a linha de fabricação de garrafas de gás dos modelos ilustrados na Figura 21, a explicação do funcionamento da secção fabril onde se insere esta linha, pertencente à #Fábrica 2, será pormenorizada e aprofundada. Será também descrito de forma sucinta o processo de acabamento.

O diagrama de blocos da Figura 34 representa a linha de fabricação envolvendo processos diversos incluindo encaixe e montagem por soldadura.

No início de cada fabrico, são fornecidos pelo armazém à linha de fabrico os discos em chapa para o fabrico das coquilhas das garrafas. Estes são colocados numa estrutura, que recorrendo a alimentadores automáticos vão abastecendo as prensas.

Note-se que existem dois ramos da linha que confluem posteriormente num que se prolonga até ao acabamento (ver Figura 34). Assim, e para referências futuras, o ramo da linha que se inicia na prensa PH10 (Prensa Hidráulica 10), é designado por linha de Coquilhas Inferiores; aquele que se inicia nas prensas PH20 ou PH05 é designado por linha de Coquilhas Superiores.

Os alimentadores automáticos colocam os discos na matriz ou molde da prensa e seguidamente o punção da prensa desce e molda o disco com as formas e dimensões pretendidas através de um processo de embutissagem. O material embutido que sai das prensas diretamente para o transportador de correntes - Figura 32 - é denominado de coquilha.



Figura 32 - Transportador de correntes Fonte: (SembGroup, 2016)

Até aqui as duas linhas funcionam de forma idêntica. A partir deste ponto têm formas distintas de funcionar como se descreve abaixo.

Começando pela linha de coquilhas inferiores, as coquilhas após saírem das prensas são conduzidas pelo transportador da linha e dele retiradas para a máquina AR13, onde são aparadas na base, Figura 33, para facilitar o encaixe com as coquilhas superiores, para posterior soldadura.



Figura 33 - Aparação de coquilhas na base

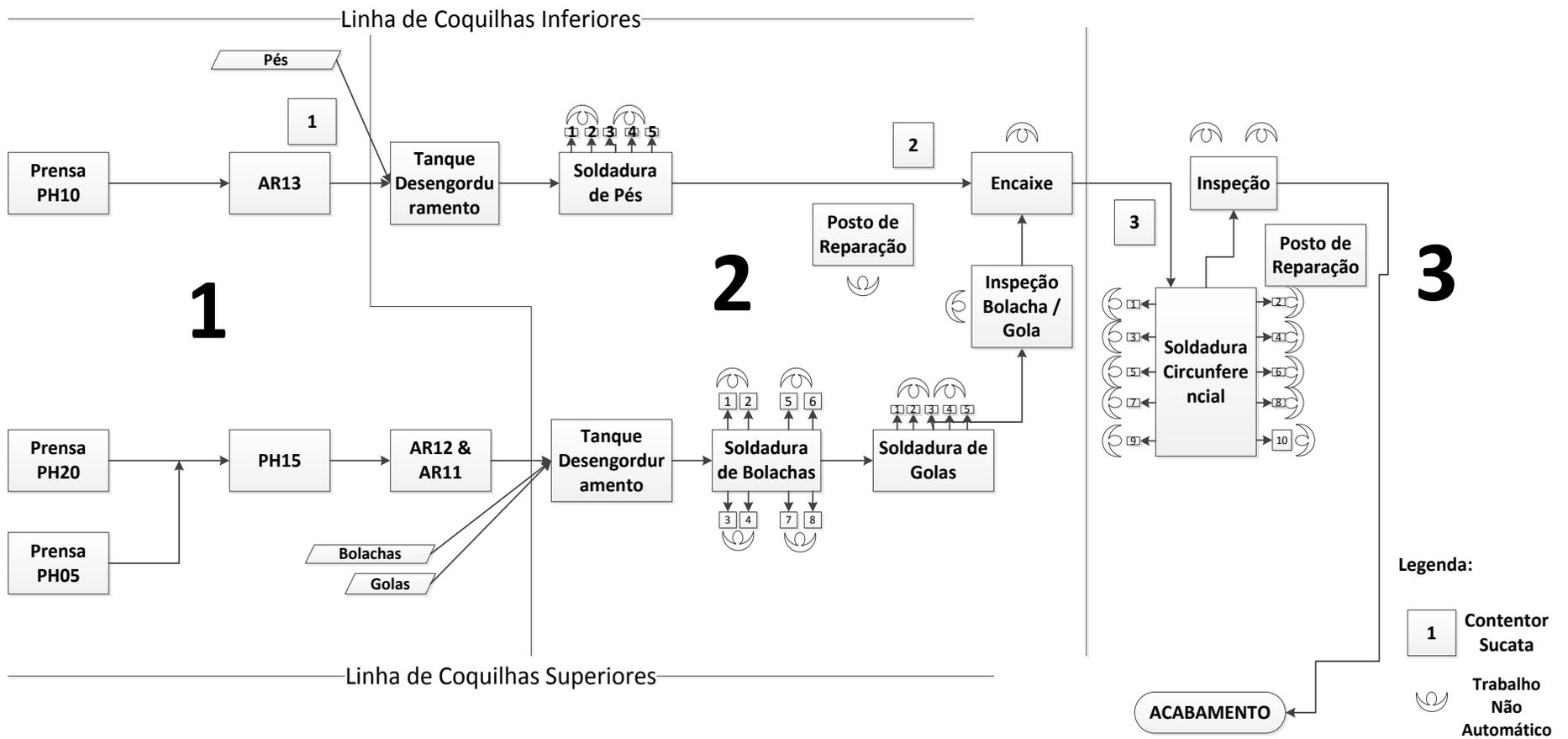


Figura 34 - Representação esquemática da linha de produção

Depois de aparadas as coquilhas são recolocadas no transportador, Figura 35, passando pelo tanque de desengorduramento e limpeza.



Figura 35 – Transportador de coquilhas

Os acessórios, neste caso, os pés são introduzidos no tanque de desengorduramento neste ponto do processo, Figura 36.



Figura 36 - Entrada no tanque de desengorduramento das coquilhas e dos acessórios

No posto de soldadura de pés – Figura 37, composto por cinco máquinas, são soldados os pés às coquilhas por soldadura MAG - *Metal Active Gas*. Esta soldadura tem como principais características, o uso de um eletrodo consumido no processo de soldadura por ação de um gerador elétrico num processo de fusão protegido por um gás, neste caso é dióxido de carbono – CO₂. O gás protege a soldadura da influência de gases atmosféricos.

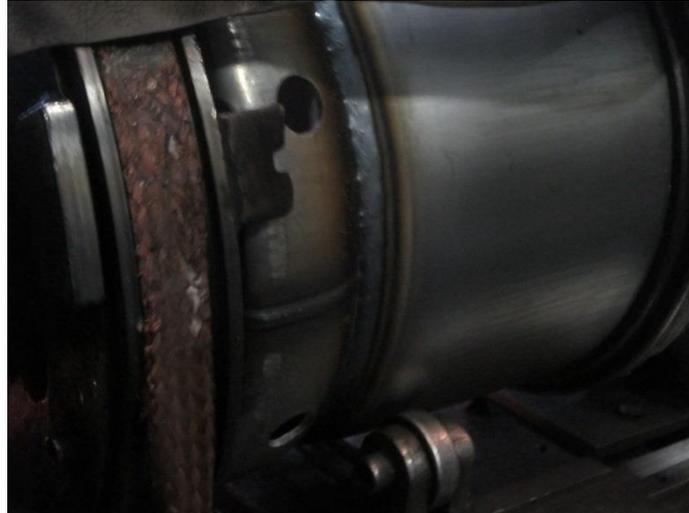


Figura 37 - Posto de soldadura dos pés

Depois da soldadura do pé faz-se o encaixe da coquilha superior com a inferior.

A coquilha superior, obtida após a embutissagem do disco na Prensa PH20 ou PH05, passa pela prensa PH15 - Figura 38 - onde é furada na sua parte superior para a fixação de outro acessório, i.e., a bolacha.

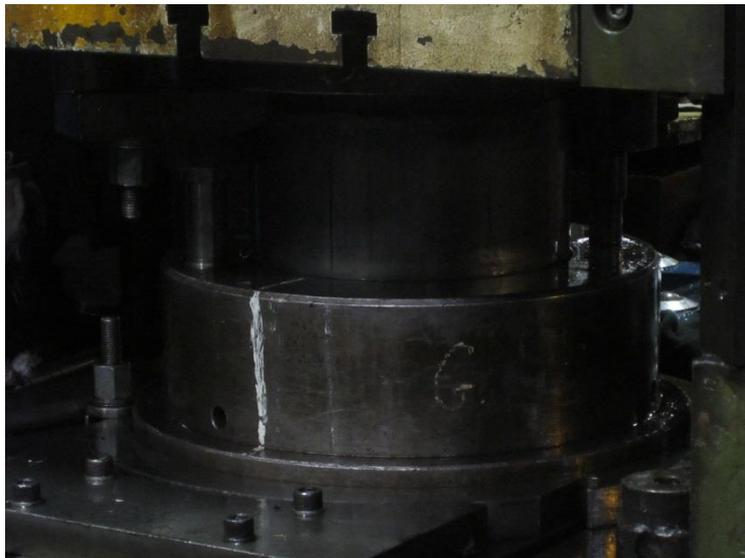


Figura 38 – Prensa PH15

Para facilitar o encaixe das duas coquilhas e assegurar uma boa soldadura, a base da coquilha superior é rebaixada pela máquina de rebaixar onde passa a seguir. À semelhança do que se faz com a coquilha inferior a superior passa depois pelo tanque de desgorduramento para limpeza desta. Aqui são também introduzidas as bolachas, acessório onde se roscará as válvulas das garrafas e as golas para pega e proteção das válvulas, que se vão soldar à coquilha superior. Três postos de soldadura executam a

soldadura das bolachas (Figura 39), por arco submerso (Figura 40), que usa um eletrodo de arame coberto por uma porção de fluxo granulado.



Figura 39 - Soldadura da bolacha à coquilha

O fluxo granulado ajuda a controlar e a manter o arco de soldadura na junta, fundindo-se parcialmente durante o processo com a formação de uma camada – escória – que serve de proteção contra a ação atmosférica, principalmente protegendo o metal de solda que fora solidificado e depois removida no final do processo.

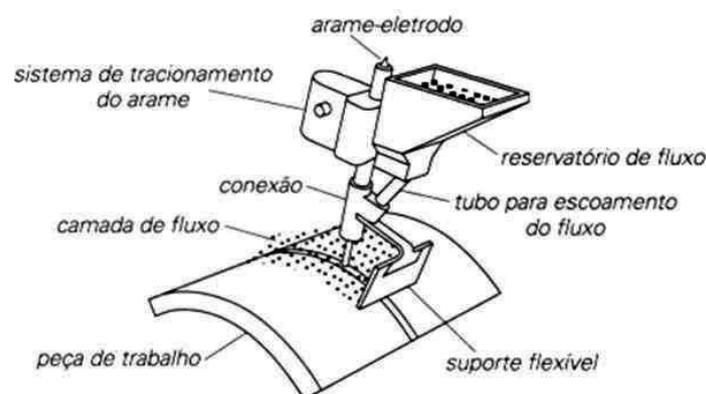


Figura 40 - Soldadura por arco submerso Fonte: (Infosolda, 2013)

Das vantagens da utilização do processo de soldadura de arco submerso destaca-se a rapidez de soldadura, a ausência de perda de material, a possibilidade de reutilização do fluxo de soldadura, boas propriedades mecânicas e não menos importante o acabamento dos cordões de solda.

Após a soldadura da bolacha, o posto a seguir, constituído por cinco máquinas de soldar, faz a soldadura de gola, obtendo-se uma coquilha superior composta com a bolacha e gola.

No posto de inspeção, a seguir, as coquilhas, são minuciosamente inspecionadas para assegurar a conformidade das soldaduras com as normas de segurança e qualidade.

Nesta área existe um posto auxiliar de reparação que, não fazendo parte integrante da linha de produção, perante soldaduras não conformes passíveis de reparação procede à sua reparação “*off-line*” devolvendo as coquilhas reparadas à linha de produção.

A junção das duas linhas dá-se a seguir na operação de encaixe, Figura 41. Uma soldadura circunferencial dá-se no posto a seguir e a sua qualidade depende da qualidade do encaixe. Esta soldadura, Figura 42, é delicada e exigente, já que não conformidades aqui geradas obrigam a uma perda muito onerosa da fabricação, quer em matéria-prima quer em valor acrescentado.



Figura 41 - A garrafa de gás resultante do encaixe das duas coquilhas compostas - superior e inferior.

O posto de soldadura circunferencial. Tem dez máquinas de soldadura por arco submerso como acima descrito. A soldadura consiste na criação de um cordão de soldadura na junta que se forma com o encaixe das coquilhas, dando origem à garrafa. Também aqui existe um posto auxiliar de reparação que, não fazendo parte integrante da linha de produção, perante soldaduras não conformes passíveis de reparação procede à sua reparação “*off-line*” devolvendo, agora as garrafas soldadas e reparadas à linha.

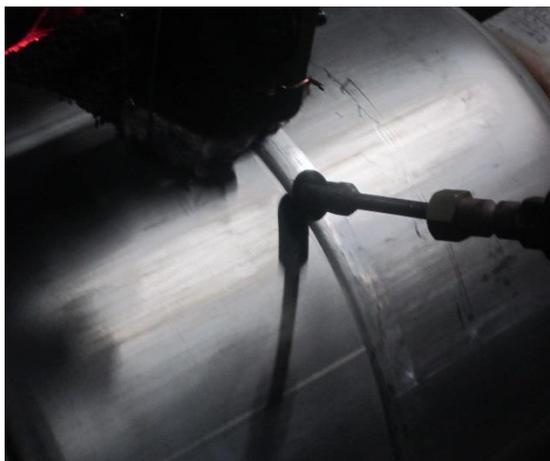


Figura 42 – Soldadura Circunferencial

É imperativo garantir que não há nenhuma não conformidade com a soldadura, tanto em termos de estrutura, segurança e também de acabamento. Posteriormente à saída do posto de soldadura circunferencial é efetuada uma inspeção visual focada nesta mesma soldadura, embora também sejam revistas as outras soldaduras e acessórios. Tal se deve ao facto de ser o último posto da montagem, sendo que a partir deste ponto começa o acabamento.

O acabamento começa com o tratamento térmico, em forno a 900 ° C que assegura as propriedades físicas e mecânicas requeridas às garrafas e zonas soldadas.

Seguidamente todas as garrafas passam por um ensaio hidráulico. Este consiste em pressurizar as garrafas com água até à pressão definida de ensaio no sentido de verificar se há alguma fuga no corpo. Caso seja visível algum derrame no corpo da garrafa de água ou até de uma espécie de espuma, a garrafa é rejeitada.

Nas bolachas das garrafas conformes são enroscados pendurais que permitem que a garrafa siga num transportador aéreo. Primeiro para o posto de limpeza e preparação de superfície por granalhagem, que consiste na projecção de partículas abrasivas, e depois para os restantes processos de acabamento, incluindo pintura.

Os processos de acabamento que se seguem, esquematicamente representados na Figura 43, salvo raras exceções, têm a finalidade de aplicar uma camada de proteção contra a corrosão e ultimar a garrafa.

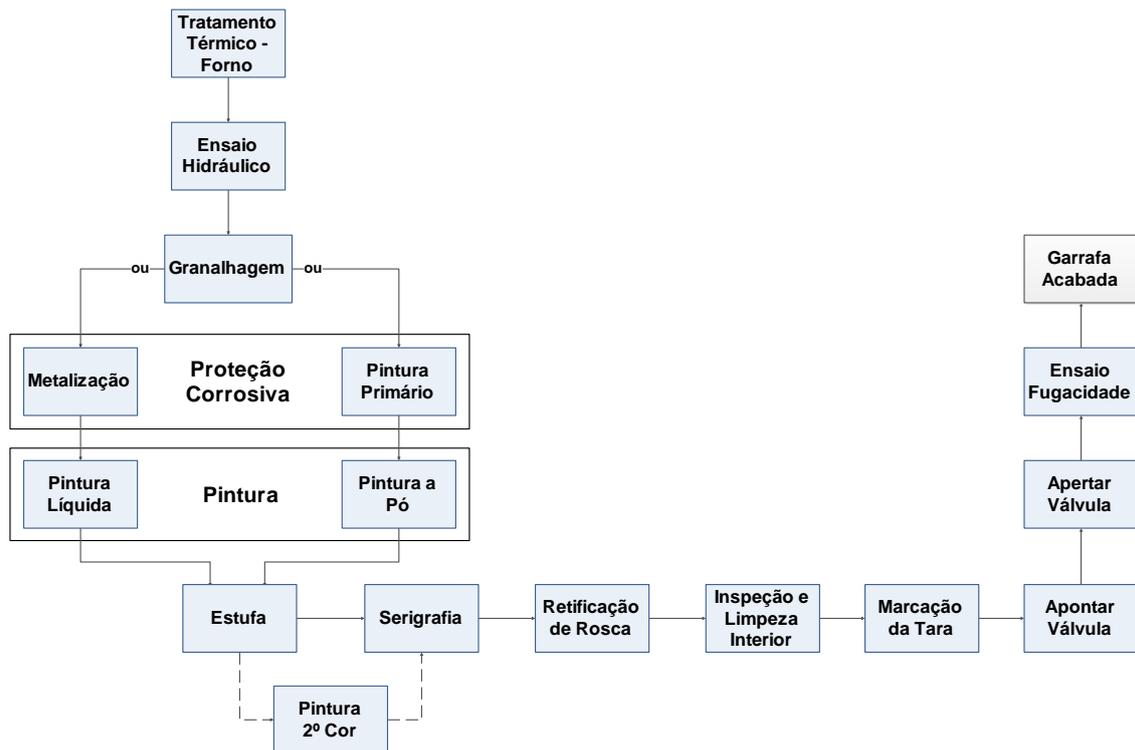


Figura 43 - Acabamento e ultimateção da garrafa

Existe a pintura com primário e a metalização. O primário é usado quando o acabamento que o sucede é a pintura a pó, por outro lado a metalização, efetuada utilizando pó de zinco, é executada quando o acabamento é feito com tinta líquida. Como tal, a próxima etapa é a da pintura e como foi citado há duas formas de pintar as garrafas. A pintura por tinta líquida, não é mais do que projeção de tinta na direção das garrafas comumente usada em outras indústrias como a de automóveis. A pintura com tinta em pó, consiste na projeção de partículas de um polímero termoendurecível através de um jato de ar comprimido contra as garrafas a pintar às quais o pó fica agarrado. A utilização de cada tipo de pintura relaciona-se mais com as especificações do cliente, porém é pertinente fazer notar que os grãos de pó projetados que não ficam no corpo da garrafa poderão ser posteriormente utilizados, o que não se sucede na pintura com tinta líquida.

Após serem pintadas as garrafas entram na estufa, Figura 44. O objetivo é que o pó ou a tinta líquida adiram ao corpo e que formem uma camada uniforme e brilhante. Caso a garrafa a produzir tenha mais do que uma cor, então a segunda cor é pintada nesta fase.



Figura 44 - Garrafas pintadas em caminho para a estufa

Logo de seguida existe um robot industrial que retira as garrafas do transportador aéreo e as recoloca no transportador de correntes. O efeito dos pendurais é possível de verificar tanto na Figura 44, como na Figura 45.



Figura 45 - Colocação das garrafas pintadas no transportador de correntes.

Segue-se a esta operação a serigrafia. Esta consiste na impressão dos logos e desenhos que o cliente pretender ver gravado no corpo circular da garrafa. É feita através da utilização de uma tela previamente preparada na qual a tinta irá vazar e assim ficar impressa na garrafa.

Após isto, o pendural no qual a garrafa ía pendurada, é retirado por um operador onde seguidamente, esta passa pelo posto onde existe a máquina de passar macho, que tem o objetivo de limpar a rosca e detetar alguma inconformidade. Logo a seguir, um operador faz o controlo visual do interior da garrafa, onde utiliza também um pequeno aspirador para retirar algumas impurezas e até mesmo humidade que poderá ter permanecido.

O próximo posto é o da marcação de tara, onde a garrafa é pesada, é feito o coeficiente também do peso da válvula e gravada a tara utilizando-se um punção para o efeito. Seguidamente a garrafa passa para o apontar e para o aperto de válvula, onde é colocada a válvula na garrafa e apertada. Finalmente, na realização do ensaio de fugacidade é inserido na garrafa azoto ou propano, dependendo da finalidade para a qual a garrafa está a ser produzida. Este ensaio consiste em mergulhar as garrafas no interior de um tanque com água e através de controlo visual verificar se existe algum tipo de fuga no corpo da garrafa. As garrafas conformes passam para a fase da expedição.

As garrafas poderão ser expedidas a granel, em paletes ou em *casiers*. São portanto, colocadas conforme serão enviadas para o cliente.

4.5 Processos e postos auxiliares da linha de produção

4.5.1 Contagem de garrafas

Na apresentação do processo de fabrico de acessórios – [subcapítulo 4.3.2 – Fabrico de acessórios](#) – referiu-se a importância dos acessórios marcados que constituem a garrafa, nomeadamente para o controlo da produção e para o processo de contagem de garrafas que os operadores da linha de produção executam. Independentemente do acessório da garrafa que vem marcado, o procedimento de contagem de garrafas é o mesmo, apenas alterando-se para cada caso o acessório marcado que será contabilizado.

Assim, antes de aprofundar a explicação do processo de contagem de garrafas, é pertinente relembrar, que o que está na base do processo de contagem de garrafas é confiar que o número de acessórios marcados, entregues pelo fabrico de acessórios na linha de produção, são fornecidos nas quantidades exatas de forma a satisfazer a encomenda. A título de exemplo, tome-se uma encomenda de mil unidades e o acessório marcado a gola. Então os operadores da linha de produção presumem que foram entregues exatamente mil golas marcadas, necessárias para as mil garrafas que terão de produzir.

Continuando o exemplo, o fabrico de acessórios fornece sempre, e neste caso além das mil golas marcadas, golas sem qualquer numeração, rondando uma quantidade de meia dúzia. O destino destas golas sem marcação, é serem soldadas em garrafas denominadas “garrafas sem marcação”, que posteriormente caso seja necessário a sua utilização, as golas serão marcadas à mão. Concluindo, o fabrico de acessórios para este exemplo, forneceria mil golas marcadas e ainda aproximadamente seis golas sem numeração.

É também relevante citar que as máquinas possuem contadores internos, i.e. contadores que fazem parte do sistema da máquina, que embora uns sejam mais precisos de que outros, estes não são utilizados de forma relevante mas apenas como valores relativos.

É necessário realçar que não há um padrão de trabalho na contagem das garrafas já produzidas, ou seja, sendo três turnos cada um utiliza o seu método, o método que acha mais correto. Tanto para que não falem garrafas, como também para não produzir material a mais, nomeadamente coquilhas, isto porque, material que seja feito a mais terá de ir para a sucata. O facto de a linha ser longa, originando um tempo longo em curso de fabrico dos artigos, leva a que por vezes, seja difícil a fluência de informação, nomeadamente ao nível da transmissão da informação sobre a sucata, ao longo da linha.

Na base das contagens está que os operadores continuam a executar todas as fases de fabrico até que os acessórios marcados acabem, dado que, se pressupõe que os acessórios são fornecidos na quantidade necessária para cada encomenda. Por isso os operadores não se preocupam com a contagem destes componentes.

Problemas ocorrem quando os acessórios não são fornecidos nas quantidades necessárias, se caírem acessórios dentro dos tanques de desengorduramento ou devido à rejeição de componentes por defeitos de fabricação, e.g. soldadura dos acessórios nas coquilhas para formar a garrafa. Os problemas agravam-se se estas rejeições não forem devidamente contabilizadas para reposição ou ainda, se não houver componentes em excesso suficientes, para reposição imediata dos artigos, i.e. componentes para fabricação de garrafas ou mesmo garrafas já montadas. Isto origina faltas que vão provocar perturbações sérias de funcionamento e cumprimentos dos objetivos de produção, nomeadamente da quantidade de garrafas necessárias para satisfazer cada encomenda. Atenuam-se estes problemas tentando recuperar peças defeituosas, e.g. golas para soldar a coquilhas. Exemplos são a resoldadura de golas a coquilhas, depois de devidamente desfeita a soldadura original, geralmente por corte em postos de reparação. De facto, há uma prática corrente que é, no caso do componente marcado ser a gola, caso mais frequente, esta poder ser cortada da coquilha ou da garrafa onde já fora soldada e voltar novamente ao posto de soldadura de golas, sendo que neste caso específico não é necessário dar a gola como sucata, mas o resto dos componentes, i.e. coquilha e bolacha.

A Tabela 1, contendo as etapas do processo de contagem de garrafas servirá de quadro de apoio para as próximas explicações sobre esse processo.

Tabela 1 – Etapas do processo de contagem de garrafas

	Linha Coquilhas Superiores	Linha Coquilhas Inferiores
Etapa		
1	Colocar “Coquilha de Marcação”	Colocar “Coquilha de Marcação”
2	Iniciar Prensa Coquilhas Superiores	Iniciar Prensa Coquilhas Inferiores
3	Soldar Golas em Todas as Coquilhas	
4	Deixar Encaixar Tudo - Para saber o que se tem a mais e de que lado da linha	
5	Contar Golas Restantes	Contar Pés até Coquilha Marcada
6	Colocar Omeras a "0"	Colocar Omeras a "0"
7	Parar Prensa Coquilhas Superiores	Para Prensa Coquilhas Inferiores

Os operadores, quando veem que os acessórios marcados estão a acabar, param o embutimento nas prensas, que para efeitos explicativos considera-se o momento 1 representado pela Figura 46. Como se pararam as prensas de embutir o que irá acontecer é que irá haver um espaço na linha sem coquilhas, ou seja, sem trabalho em curso.

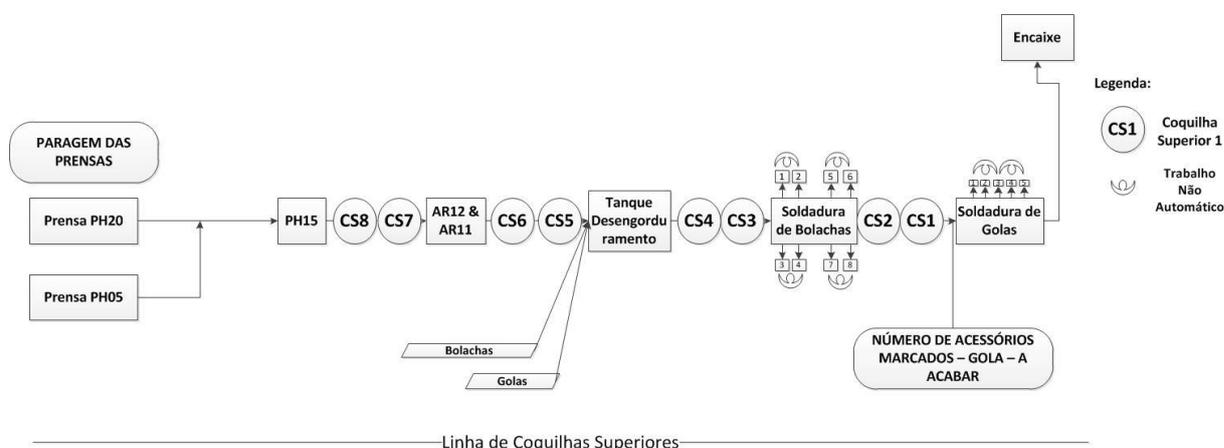


Figura 46 – Momento 1, Acessórios marcados a acabar e paragem das prensas de embutir

Nessa altura, momento 2, ilustrado pela Figura 47, coloca-se a chamada “coquilha de marcação” – coquilha colocada do avesso, i.e. colocada com a base para cima, servindo meramente para marcar um ponto da linha de produção - em que o intuito dela é separar o material que foi processado antes da paragem das prensas e o que foi posteriormente processado quando se reiniciou as prensas de embutir. As coquilhas que irão ser produzidas seguidamente ao reinício das prensas serão com o intuito de soldar a estas as golas que ainda restarem, tal como se poderá perceber de seguida. A “coquilha de marcação” é normalmente introduzida à entrada do tanque de desengorduramento.

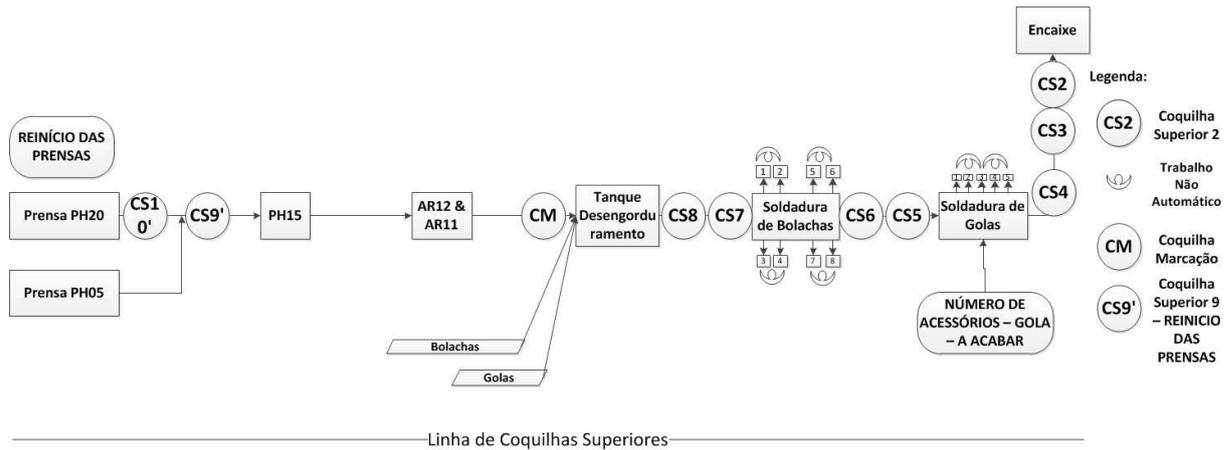


Figura 47 – Momento 2, colocação da “coquilha de marcação” e reinício das prensas

Nesta altura têm-se então, coquilhas a sair das prensas de embutir, antes da “coquilha de marcação”, e coquilhas depois, que estão a passar pelos postos de soldadura.

Concluídas as duas primeiras etapas, seguindo o raciocínio do quadro de apoio – Tabela 1, o passo seguinte é esperar que todas as coquilhas que estão depois da “coquilha de marcação” passem pelo posto de soldadura de golas. Assim, irão restar as golas que faltarão soldar para finalizar a encomenda e que serão soldadas às coquilhas que estão antes da “coquilha de marcação”, lembrando que os operadores deduzem que as golas vêm em número exato do fabrico de acessórios.

Após isto, deixam o material todo – coquilhas com pés e coquilhas com bolacha e gola - escoar até ao posto de encaixe, permitindo assim que se obtenha a diferença entre as coquilhas inferiores e coquilhas superiores existentes – etapa 4 segundo o quadro de apoio, Tabela 1. Posto isto, o que os operadores fazem é contar, como referido anteriormente, os acessórios que restam soldar, sabendo então quantos discos irão ser necessários embutir nas prensas que entretanto foram iniciadas novamente aquando da etapa 2. O passo seguinte é colocar os contadores internos das máquinas AR 11 & AR12 e AR13 a zero, que no quadro estão identificadas como “Omeras” – nome industrial dado a estas máquinas. Visto que têm em consideração que estes contam mais ou menos corretamente, irão servir como referência para contar os discos que se determinou que seriam necessários para os acessórios que sobraram.

Desde que os discos são embutidos até as coquilhas chegarem novamente aos postos de soldadura são cerca de 10 minutos.

Todo este processo de contagem, na sua totalidade pode demorar uma hora, dependendo sempre do material que falta compensar ou até mesmo da altura em que se começa o processo de contagem das garrafas, terminando quando se iniciará o *changeover* da linha.

Note-se que os operadores não têm preocupações de contagem de coquilhas ou garrafas em relação ao número que deve satisfazer cada encomenda. Assumem que as há ou em número exato ou suficiente. Compete à gestão assegurar-se de que não faltam, tendo em conta os rejeitados. Mas isso exige um processo de controlo destes rejeitados e rigor nas contagens. Mas tal aparentemente não está a ser bem feito. De facto é frequente haver coquilhas em número insuficiente para satisfazer cada encomenda face aos rejeitados, além das perturbações de funcionamento da linha que estes ou a falta de componentes provocam. Em particular, esta falta pode requerer atrasar substancialmente a entrega de uma encomenda para repor as quantidades em falta que têm de ser fabricadas em situações de exceção, ou em pequenas séries ou integradas noutras séries de garrafas.

De forma a clarificar o procedimento segue um exemplo representativo.

O seguinte exemplo tem como pressupostos:

- Encomenda de dez mil unidades (10 000)
- O acessório marcado é a gola

A contagem das garrafas começa quando os operadores veem que faltam cerca de cem golas para soldar. Posto isto, vão iniciar as prensas de embutir colocando uma “coquilha de marcação” na frente do material que vai ser embutido e irá percorrer também a linha. Ao mesmo tempo, e tendo parado a soldadura de golas, vão esperar que todas as coquilhas já com golas cheguem ao encaixe e façam par com coquilhas com pés. Assim, esta parte da linha fica limpa. O que vão fazer de seguida é contar as golas restantes, que para o exemplo, afinal não eram exatamente cem, mas eram efetivamente oitenta. Do lado da linha de coquilhas inferiores que normalmente tem já algumas coquilhas com pés soldados à espera de coquilhas com golas para encaixar, os operadores irão contar essas coquilhas já com pés, mais as coquilhas até à coquilha marcada que para o exemplo são sessenta ao todo.

O que temos então até ao momento?

- Oitenta (80) golas por soldar;
- Sessenta (60) coquilhas na linha de coquilhas inferiores;

Isto quer dizer então que...

- Terão de ser embutidas oitenta (80) coquilhas superiores para soldar as golas que faltam;
- Terão de ser embutidas vinte (20) coquilhas inferiores para soldar os pés que faltam;

Portanto, e sendo a Omera, a máquina que tem o contador interno mais fiável, os operadores colocam este a “0” (zero) tanto do lado da linha superior como inferior. Na linha de coquilhas superiores, quando este contador chegar a oitenta, ou mais precisamente oitenta e três, com três coquilhas de segurança para as prensas, para as Omeras e podem começar a fazer o *changeover* dessas mesmas máquinas. O mesmo se passa na linha de coquilhas inferiores, quando o contador da Omera atinge as vinte ou vinte e duas coquilhas, os operadores para esta máquina, bem como, as prensas e começam também a mudança.

É desta forma que, os operadores, tentam garantir que nunca faltará produzir nenhuma garrafa para satisfazer a encomenda, como também, que não se produzirá coquilhas a mais.

4.5.2 Posto de reparação e fluxo de reparados

Na descrição do processo de produção de garrafas de gás, [secção 4.4 – Processo de produção de garrafas de gás](#), referiu-se existirem postos auxiliares de reparação de soldaduras nas garrafas, adjacentes às linhas, Figura 34. Nesta secção descreve-se a sua necessidade, funcionamento e fluxos de materiais nestes postos.

Começa-se por referir o posto de reparação de coquilhas antes do seu encaixe Figura 48.

O posto de reparação de coquilhas apoia os postos de soldadura de bolachas, de golas e de pés, como resposta a não conformidades detetadas pelo posto de inspeção, Figura 34. É relevante referir que não há um operador a tempo inteiro neste posto, visto que, a necessidade de reparação não é contínua. Assim o mesmo operador dá também apoio ao acabamento conforme as necessidades.

montagem. Visto que, e tal como descrito anteriormente – [subcapítulo 4.4 Processo de produção de garrafas de gás](#) - ou é utilizada a prensa PH20 ou a PH05 para embutir os discos. A prensa que está parada num determinado fabrico é mudada com alguma antecedência, estando por isso preparada quando se inicia o *setup* da linha.

Posto isto, é somente necessário fazer a mudança da prensa da linha de coquilhas inferiores, a PH10. Esta prensa é preparada pela equipa da serralharia, que aliás é extensível a todas as prensas. As ARs, i.e. as Omeras – AR 12&AR11 e AR13 - começam sensivelmente ao mesmo tempo a serem mudadas pelos operadores responsáveis. Estas são as máquinas, a par das prensas, que mais tempo demoram a serem preparadas para outros fabricos. Se os discos e as coquilhas forem relativamente semelhantes ao fabrico anterior então a mudança, em média, demora entre vinte e cinco a trinta minutos. Caso contrário, se os discos e as coquilhas forem consideravelmente diferentes, então pode demorar até uma hora ou mais.

As restantes máquinas, basicamente as de soldar, são mudadas pelos próprios operadores que além de fazerem o *setup* destas são também responsáveis pela sua manutenção e cuidado. O tempo que estas demoram a mudar não é mais do que 10 minutos, mesmo em casos mais adversos.

Um aspeto relevante na mudança, principalmente relativo às “Omeras”, é que é imperativo que após se embutir uma ou duas coquilhas teste, estas sejam rebaixadas e aparadas e seja testado o seu encaixe. Um operador do departamento da qualidade pega nessas coquilhas teste e leva-as para verificar se estas estão conforme o pretendido, tendo como foco a altura tanto do rebaixo como da apara. Caso não se verifique que estejam dentro dos padrões deverão ser embutidas outras coquilhas e ajustadas as ARs para que estas possam ser aceites. Se ainda assim, não forem consideradas conformes, passarão pelo mesmo processo até que as máquinas estejam a funcionar devidamente. Esta prática acarreta a dispensa de tempo, que dependendo das afinações que sejam necessárias pode chegar à dezena ou duas dezenas de minutos.

Concluídos estes testes, pode-se então começar a produção de uma nova encomenda.

4.6 Análise crítica dos processos de reparação e de contagem de garrafas

Nesta secção pretende-se elaborar uma análise dos processos de fabrico, incidindo nos relacionados com o trabalho em curso, WIP, com a reparação de garrafas e com o tratamento de não conformes.

Esta avaliação crítica permitirá levantar obstáculos e problemas que servirão de componentes, de especial relevo, para se atingir os objetivos definidos.

4.6.1 Contagem de garrafas

O presente subcapítulo é uma análise crítica ao processo de contagem de garrafas atrás referido no [subcapítulo 4.5.1 – Contagem de Garrafas](#).

Antes de desenvolver a análise do processo de contagem de garrafas, é relevante salientar a sua importância. É esta contabilização que permite assegurar que as garrafas montadas são suficientes para satisfazer a encomenda do cliente. Geralmente planeia-se a produção para assegurar o cumprimento das quantidades necessárias, tendo em conta as não conformidades, mas frequentemente há excesso de peças, e.g. coquilhas, e não raro, falta delas e, por conseguinte, falta de garrafas. Neste caso é indispensável produzir as que faltam obrigando a custos elevados de produção e de planeamento. De facto, é necessário programar esta produção, com possíveis perturbações de programas de produção já realizados, mas sobretudo fazer a preparação da linha, dito *changeover*, para produção e reposição das garrafas em falta. Os custos advêm dos custos de operação da linha, que englobam os tempos de preparação da linha, para mudança de série, com perdas de eficiência do uso da m-d-o e perda de produção, assim como, de todo o processo de planeamento para reposição das quantidades.

Tal como foi referido anteriormente, a contagem das garrafas é indispensável para verificar se cumprem as quantidades da encomenda. Esta contagem é necessária principalmente para assegurar que, não há garrafas em falta para satisfazer a encomenda, mas também, para evitar produzir a mais, quer garrafas quer componentes delas. Qualquer excesso é visto como perda de materiais e de trabalho realizado.

O foco da análise incide no tempo que é despendido para contar as garrafas, na facilidade com que os erros de contagens poderão surgir e também sobre a necessidade de estabelecer um método normalizado de atuação a ser executado por todos os turnos

De forma a facilitar e a simplificar a análise do processo de contagem das garrafas, é utilizado o quadro de apoio –Tabela 1, onde constam as etapas do processo de contagem de garrafas e uma ilustração, Figura 49, do *layout* de parte da linha de montagem, onde constam os números referentes a cada uma das etapas servindo de referência para perceber em que partes da linha ocorrem.

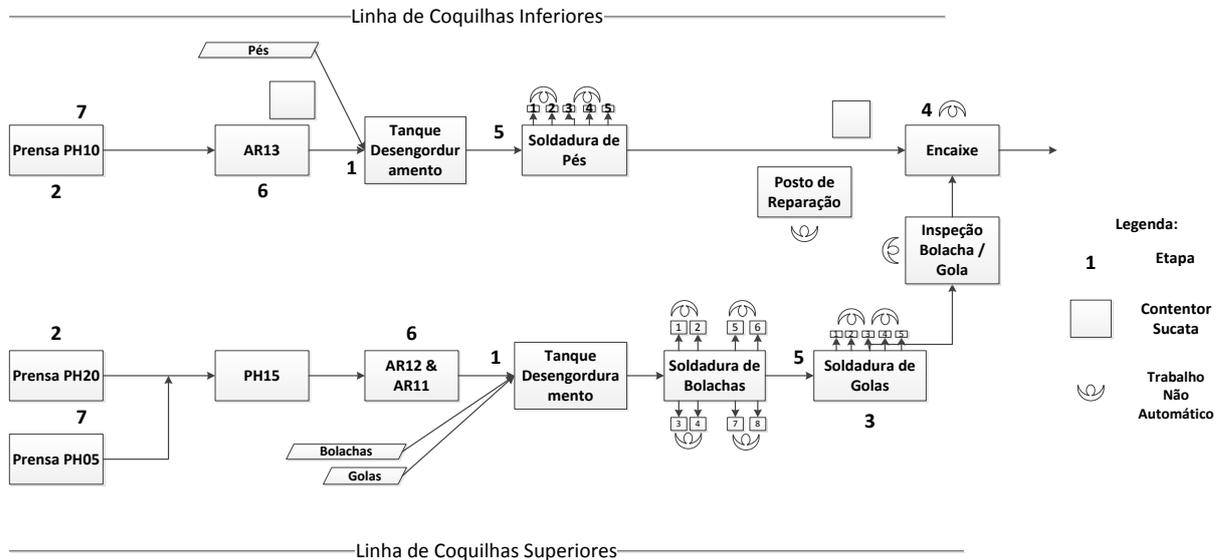


Figura 49 - Identificação das etapas na linha de produção segundo a Tabela 1

O facto de a linha de montagem ser longa e o fluxo do material ser demorado – aproximadamente uma hora e um quarto desde que o material entra na linha até que sai – dificulta a contagem. Ao colocar a “coquilha de marcação” à entrada dos tanques de desengorduramento – etapa 1 segundo o quadro de apoio e a Figura 49, embora do lado das coquilhas inferiores haja apenas uma operação antes do encaixe – soldadura de pés – tal não acontece do lado das coquilhas superiores, onde existem a soldadura de bolachas, a soldadura de golas e a inspeção. Só havendo material a chegar ao posto encaixe, na junção das duas linhas, é que é possível realizar o encaixe, tal é perceptível na Figura 50 onde Coquilha A, superior, é encaixada com a Coquilha A’, inferior, o mesmo acontecendo com as B e B’. E assim sucessivamente com as restantes, e.g. D,C e E etc.. Portanto é necessário haver a alimentação de coquilhas de um e do outro lado da linha para se manter a continuidade do processo, havendo normalmente algum desfasamento ou esperas do material de um dos lados pelo material do outro. Ou seja, observa-se um tempo de espera, traduzido em tempo não produtivo, visto que só posteriormente à utilização pelo encaixe de todas as coquilhas superiores com gola existentes, é que se irá contar as golas que sobraram.

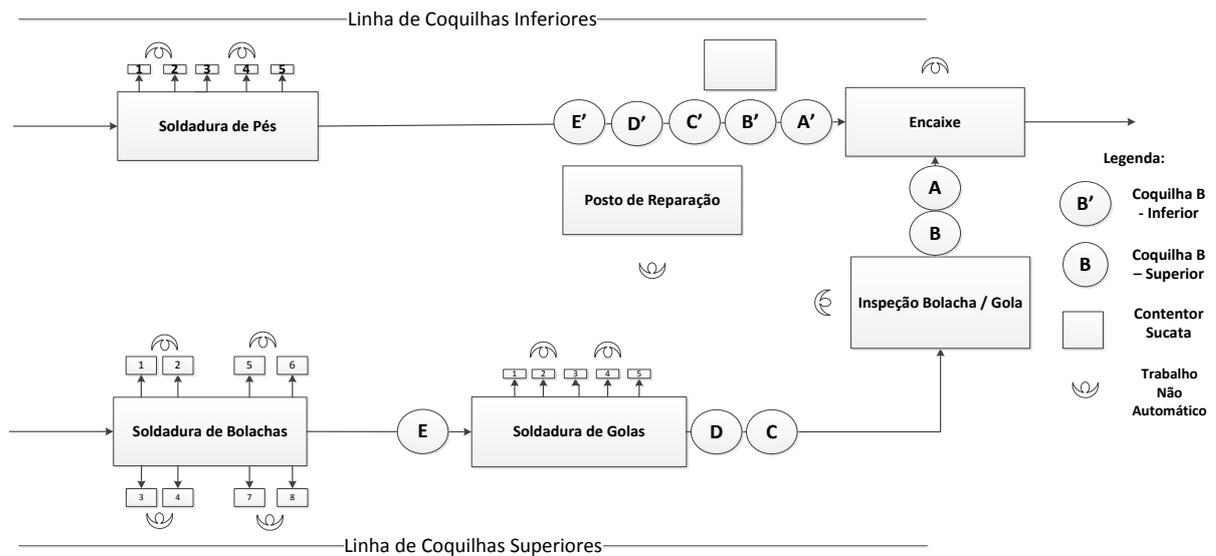


Figura 50 - Esquematização do processo de encaixe e do desfaseamento entre as linhas

Após a contabilização dos acessórios que sobraram e necessariamente das coquilhas inferiores com pés que ainda não foram encaixadas, tal como foi descrito anteriormente e identificada como etapa 6 no quadro de apoio –Tabela 1, os contadores internos das Omeras são colocados a zero. Esta é a melhor forma que os operadores encontraram para contar as coquilhas que irão ser embutidas e que estão em falta, às quais serão soldadas as golas que sobraram.

Este processo, no entanto, é sensível a erros. Atendendo à Figura 49, e analisando o percurso entre as Omeras, identificadas na figura como etapa 6, e as prensas de embutir – etapa 7, há uma certa distância e um certo tempo entre elas. Ou seja, o contador interno da Omera, até poderá contabilizar o número exato de coquilhas que faltam colmatar, no entanto, nesse momento já existem uma série de coquilhas entre a Omera e as prensas que terão necessariamente de ir para a sucata traduzindo-se em custos a adicionar.

Este processo de contagem de produção, dito contagem de garrafas, leva a que, frequentemente sejam cometidos alguns erros, devido à fragilidade que apresenta não só por ser um processo de contagem sujeito a uma grande probabilidade de ocorrência de erro humano, como também pelo facto de não haver um processo padrão e generalizado para todos os turnos.

Assim, o que leva a que ocorram erros no processo de contagem de garrafas são:

- Os operadores das linhas de produção assumem que os acessórios marcados fornecidos pelo fabrico de acessórios vêm em número exato para satisfazer a

encomenda. Portanto, quaisquer erros na contagem de acessórios, e.g. golas, originam concomitantemente erros na contagem das garrafas;

- Se cair algum acessório marcado dentro do tanque de desgorduramento vai originar falhas na contagem de garrafas;
- A falha na comunicação de peças defeituosas que foram rejeitadas e consequentemente colocadas na sucata é suficiente para originar erros nas contagens;
- A contagem avulso feita pelo operador é sujeita a erros;
- O facto de a linha ser longa é também um aspeto que leva a erros;
- Como explicado em cima, a distância entre as Omeras e as prensas facilmente origina coquilhas a mais que terão como destino a sucata;
- Não há um padrão de operação, não havendo a transferência de informação entre os turnos, nomeadamente, da quantidade de garrafas produzidas ou do número de sucata.

Concluindo, após a recolha de dados – trabalhando sob os ciclos PDCA da metodologia *KATA* - que culminaram nesta avaliação fica patente que o processo atual de contagem de garrafas frequentemente leva a que sejam cometidos erros. Sejam esses erros por não haver coquilhas em número suficiente para satisfazer a encomenda, devido aos rejeitados, ou por outro lado, por sobraem coquilhas no final da encomenda o que é perceptível é que estes acontecimentos levam a que se cometam atrasos na entrega da encomenda, nomeadamente se for necessário a reposição de quantidades em falta de garrafas ou até pelo processo de contagem de garrafas em si que absorve tempo de produção traduzindo-se em custos de linha e de m-d-o que poderiam ser evitados.

4.6.2 Posto de reparação e fluxo de reparados

No intuito de resolver o problema de gestão dos trabalhos em curso, i.e. WIP, que foi proposto como tarefa principal deste projeto, foi possível observar na prática, por aplicação da metodologia *KATA*, nomeadamente nos ciclos PDCA, que uma das grandes dificuldades em controlar o WIP e consequentemente a contagem de garrafas produzidas para cada encomenda, se devia principalmente à falta de procedimentos e padrões normalizados de atuação no processo de reparação e contagem do WIP daqui decorrentes.

Inserido no processo de reparação, e após uma análise do fluxo de materiais e do trabalho em torno do posto de reparação, ficou claro que não existe um modo de atuação padrão, verificando-se uma circulação desorganizada das coquilhas e um manuseamento das coquilhas difícil, exigente e ergonomicamente impróprio para os operadores, além de lacunas nos procedimentos operatórios e de segurança.

A análise, inserida num dos passos dos ciclos *KATA*, a este processo, descrito no [subcapítulo 4.5.2 - Posto de reparação e fluxo de reparados](#), levou a constatar que o posto de reparação recebe as peças para reparar de outros postos, i.e., soldadura de bolachas - 1, soldadura de golas - 2, soldadura de pés - 4 e posto de inspeção - 3, Figura 51. As peças são levadas para o posto de reparação, à mão, pelo respetivo operador da máquina onde surgem as defeituosas. As peças ou coquilhas reparadas são colocadas na linha manualmente, de forma algo livre, sem uma definição clara do local, indicado, Figura 51, com os índices 1', 2', 3' e 4'. Portanto, o operador reparador recebe peças de quatro locais diferentes, colocando-as, depois de as reparar, uma a uma no transportador da linha.

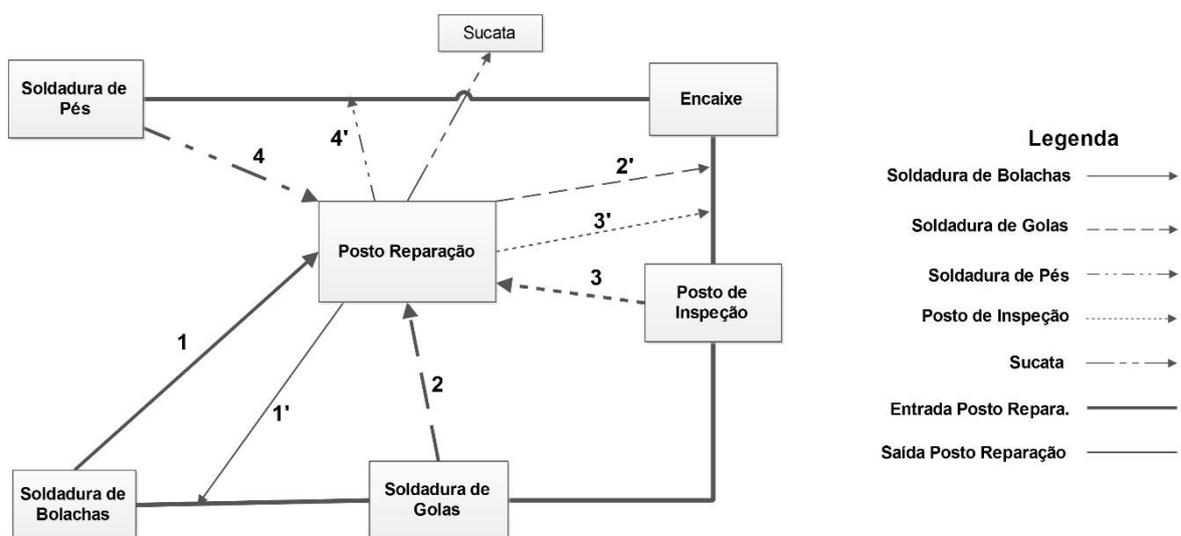


Figura 51 - Enquadramento do posto de reparação de coquilhas adjacente à linha de produção

A desorganização no manuseamento e circulação do material é clara, como se pode verificar pelas figuras, Figura 52 e Figura 53. As peças para reparar no posto de reparação, são colocadas junto do posto, no chão da fábrica, de forma bastante caótica.



Figura 52 - Transporte e colocação de coquilhas com pés junto do posto de reparação



Figura 53 - Colocação coquilhas com bolacha e gola junto do posto de reparação

A situação leva a:

- Uma menor segurança para os operadores da área;
- Uma desorganização da área;
- Que não se apliquem os procedimentos corretos e eficientes de operação e manuseamento;
- Falhas na transferência de informação.

Um outro aspeto que surgiu da análise levada a cabo foi a forma como são transportadas as coquilhas para reparar. Tornou-se claro que há aspetos que impedem ou dificultam a organização na área. Exemplos, são:

- Número reduzido de coquilhas transportadas pelos operadores de cada vez, conseqüente do facto de serem transportadas à mão e a peso;
- Conseqüente excesso de deslocações realizadas pelos operadores;
- Demasiado tráfego, devido ao facto de haver quatro pontos de onde provêm as coquilhas para reparar;
- Estando o transportador cheio, o reparador quando vai colocar as coquilhas reparadas de volta à linha coloca-as no chão para serem posteriormente recolocadas na linha, Figura 54.



Figura 54 - Garrafas reparadas à espera de serem recolocadas na linha

A Figura 55 mostra a forma desorganizada como o operador do posto de inspeção coloca as coquilhas defeituosas junto de si, para posteriormente as levar uma a uma ao posto de reparação.

Há vários aspectos notados aquando da análise do posto de inspeção, Figura 55, nomeadamente para este operador em questão. Em particular realçam-se dois:

- A existência de um desnível acentuado entre o transportador, onde verifica as coquilhas, e o local onde as coloca para posteriormente levar ao posto de reparação, que obriga a um esforço exagerado e naturalmente a fadiga rápida;

- O uso de apenas um braço para carregar as coquilhas do posto de inspeção ao posto de reparação obriga a uma duplicação das distâncias de movimentação, cerca de 10 metros por coquilha (5 de ida e 5 de volta.).



Figura 55 - Colocação das coquilhas junto do posto de inspeção pelo inspetor

Recorrendo à avaliação dos sete desperdícios (Muda) fica claro que neste sector há três desperdícios fundamentais – Movimentações e manuseamento do material, defeitos e deslocações desnecessárias dos operadores, que estão expressos na Figura 56.

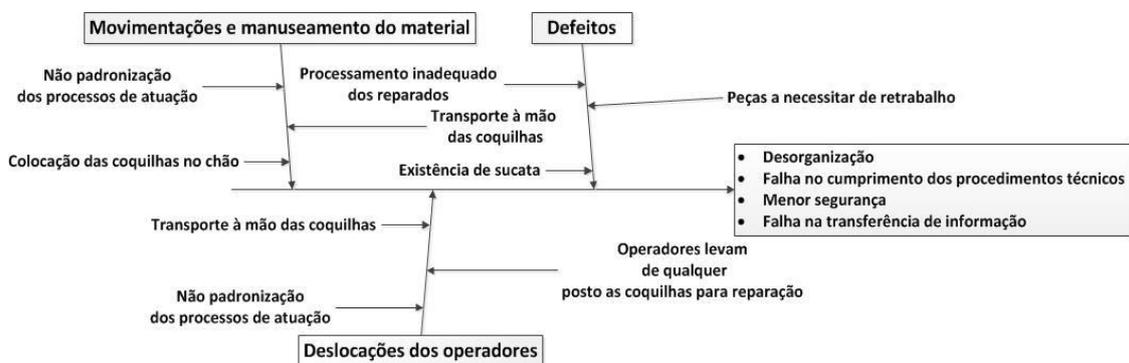


Figura 56 - Diagrama de causa-efeito para avaliação dos desperdícios

Concluindo, após a análise, ficou patente que não há um processo de atuação apropriado e formalmente estudado para transporte e manuseamento de coquilhas a reparar e reparadas e operação do posto de reparações, havendo desperdícios e perturbações de funcionamento consideráveis.

4.6.3 Tratamento da sucata e reparados

A seguinte análise elaborada com o propósito de examinar a forma como é feito o tratamento da sucata e dos reparados surge do desenvolvimento e do trabalho contínuo realizado através da metodologia KATA. Surge também como um complemento do

processo de contagem das garrafas na medida em que há a hipótese de existirem variáveis que estando parcialmente ocultas poderão estar a afetar, diretamente e indiretamente, as contagens e os números finais para satisfazer a encomenda.

Assim, através do estudo aprofundado da linha de produção, incidindo no fluxo dos materiais, nomeadamente da sucata, nos processos que gerem e fazem transferir a informação e no tratamento dessa informação, a evolução nos ciclos do *KATA*, levou a identificar cinco variáveis que influenciam as contagens, são elas:

- Sucata da Montagem
- Garrafas Sem Número
- Sucata no Acabamento
- Golas Cortadas
- Coquilhas em Sobre

Algumas até estão relacionadas entre si. A primeira, sucata da montagem, influencia a contagem na medida em que, muito embora, essa sucata seja comunicada nas folhas de produção diárias, a preencher por cada chefe de linha no fim do respetivo turno, não é comunicada para que haja um acesso de forma célere a esta informação por quem estiver na fábrica, nomeadamente os chefes e operadores de linha dos outros turnos. Resumindo, não é tida em conta pelos restantes turnos, o que leva a que não saibam a quantidade de material que terão de repor devido á sucata existente nos turnos anteriores. Esta informação, caso fosse comunicada de forma eficaz, permitiria que se evitassem erros por falta de produto que não foi produzido de forma a colmatar a quantidade que foi para a sucata. É importante realçar que atualmente existe um quadro para o efeito colocado no chão de fábrica.

Anteriormente, foi referenciado, tanto nas marcações executadas no fabrico de acessórios, como similarmente, na contagem das garrafas, que para além de acessórios com marcações, eram produzidos cerca de meia dúzia destes sem marcações, que eram soldados em garrafas que ficariam “sem número” que posteriormente, se necessário, essa numeração seria marcada à mão. Estas garrafas não são contabilizadas para entregar ao cliente, caso contrário daria um número superior de garrafas existentes face às garrafas que efetivamente serão para entregar ao cliente. Como não são incluídas para entregar ao

cliente, mas no entanto podem ser marcadas à mão, é imperativo comunicar quantas garrafas sem número foram produzidas.

Mais ainda, e analisando a Figura 57, pôde-se verificar que a prática, quando um defeito é numa gola, é extrair a gola à respetiva garrafa e posteriormente soldar uma nova gola ao corpo da garrafa. Quando o defeito é noutra componente da garrafa, extrai-se igualmente a gola da garrafa para ser soldada a uma nova garrafa. Portanto a mesma gola é soldada em duas coquilhas distintas sem que isso seja anotado e controlado.

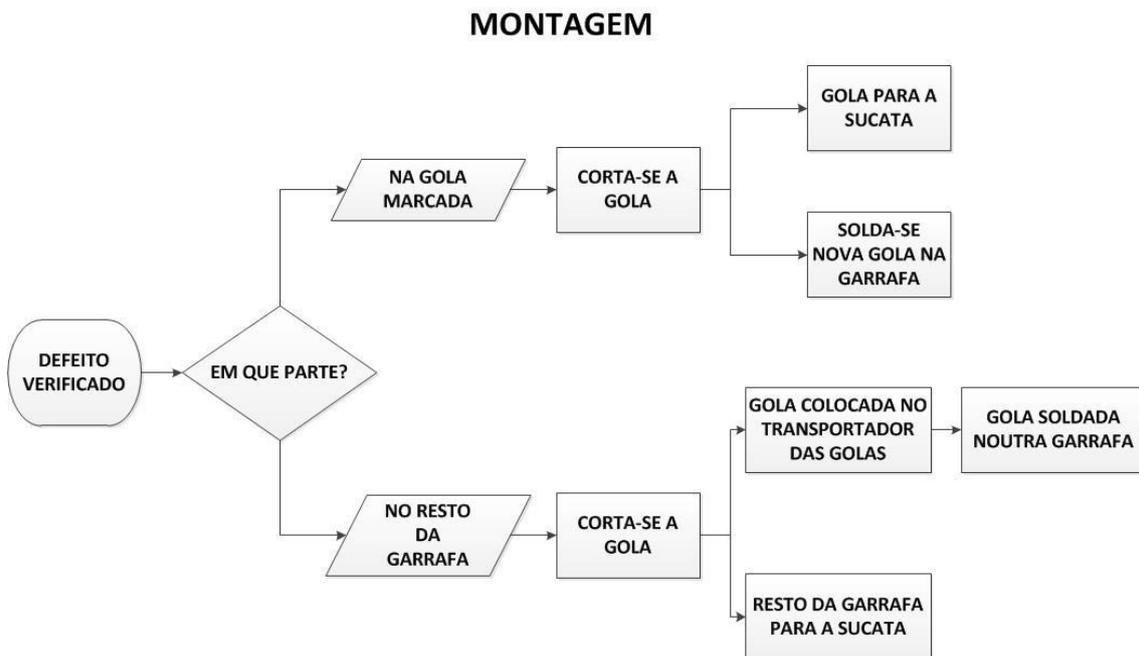


Figura 57 - Explicação da prática quando se deteta um defeito numa gola na linha de montagem

A sucata do acabamento está relacionada com a utilização dos acessórios sem número, como também das golas cortadas.

O que podemos retirar da Figura 58 é que se o defeito detetado no acabamento estiver presente na gola marcada, então é usada uma das que não são marcadas no fabrico de acessórios, soldando-a à garrafa à qual foi retirada a gola com defeito. Caso o defeito seja detetado em qualquer outro componente da garrafa, corta-se igualmente a gola. A partir daqui há duas hipóteses possíveis; se a montagem já acabou de produzir a mesma garrafa que está agora no acabamento, então é usada uma das garrafas que se produz a mais sem número, ou seja sem gola, caso contrário, a gola volta novamente à soldadura de golas onde é soldada a outra coquilha. Ou seja, temos aqui dois aspetos. Um é que se a gola retorna à linha de montagem e não é comunicado o que acontece é que os operadores estarão a soldar duas vezes a mesma gola, dando pois, contabilizando duas garrafas

produzidas na vez de uma. O segundo aspeto é que se soldar uma gola numa garrafa “sem marcação” e esta ação não for comunicada, o que se entende é que não foi nenhuma garrafa para a sucata. O que não é verdade, tendo em conta que houve realmente uma garrafa que foi dada como produzida, na linha de montagem, para satisfazer a encomenda que realmente foi para a sucata e que foi substituída por uma “sem numeração” – garrafa sem qualquer numeração que não é contabilizada na produção da linha de montagem como necessária para a encomenda.

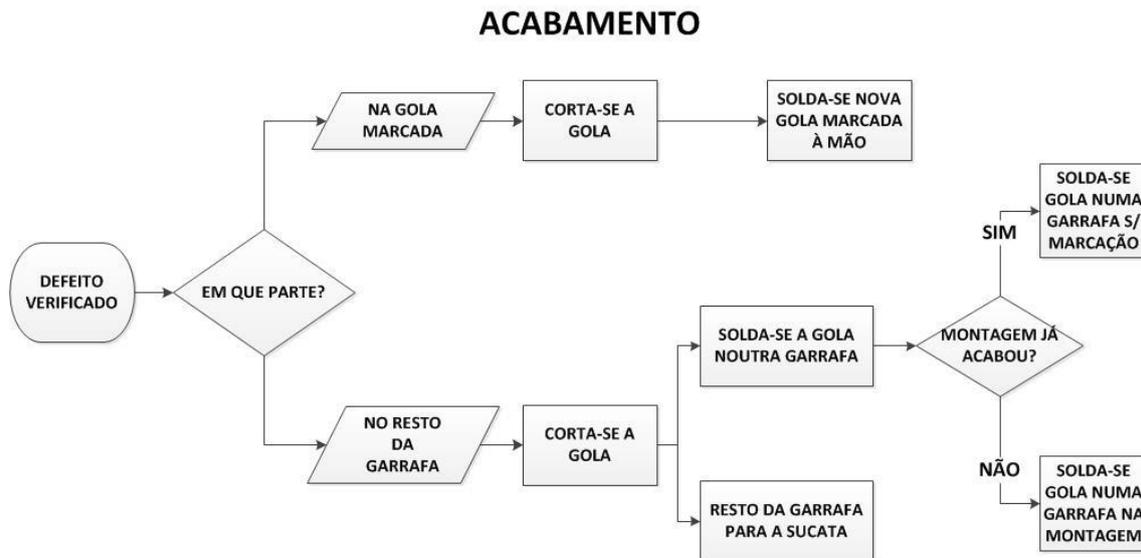


Figura 58 - Explicação da prática quando se deteta um defeito numa gola na linha de montagem

5. CONTRIBUIÇÃO PARA A MELHORIA DOS PROCESSOS DE REPARAÇÃO E CONTAGEM DE GARRAFAS

Nesta secção pretende-se relatar a contribuição dada para a análise e melhoria dos processos de fabrico e gestão dos trabalhos em curso de fabrico, i.e., o *WIP*. Esta contribuição incide principalmente sobre o *WIP* e sobre procedimentos operatórios na linha de fabricação de garrafas e está alinhada com os objetivos deste projeto de dissertação.

Uma fase de particular importância e incidência é a fase de reparação de garrafas com o seu fluxo de *WIP*, dito fluxo de reparados. Pretende-se dar contribuição para a melhoria e normalização do processo de reparação e de fluxo de materiais e procedimentos de contagem de garrafas decorrentes dos processos reparatórios. Este aspeto é necessário para o controlo mais eficaz e organizado de número de garrafas produzidas.

A reparação implica aproveitamento de garrafas não conformes e a separação das garrafas e materiais, e.g. coquilhas, não conformes, referidas como sucata. Estes aspetos complementares do controlo dos trabalhos em curso de fabrico são pontos que requerem tratamento cuidado, devido à influência encadeada na contagem do *WIP* e por conseguinte na das garrafas que são encaminhadas para o acabamento.

Estas contribuições para o sistema produtivo são elaboradas no âmbito da metodologia *KATA*, integrando as condições atuais e os objetivos – condição alvo - que se pretende atingir neste projeto.

5.1 Sistema de contadores

No presente subcapítulo pretende-se apresentar uma contribuição para a melhoria do processo de contagem de garrafas.

O desenvolvimento desta proposta esteve inserido na prática da metodologia *KATA*, como tal, serão enunciados de seguida os passos mais relevantes que fizeram do progresso até chegar à proposta final:

- 1) Levantar a condição atual;
- 2) Estudar os melhores locais para a colocação dos contadores;
- 3) Colocar os contadores nos locais pré-definidos;

- 4) Fazer uma avaliação dos contadores e sua gestão;
- 5) Perceber os ganhos na contagem de garrafas;
- 6) Perceber a influência que a sucata tem nas contagens;
- 7) Elaborar uma solução para obter as contagens funcionais;
- 8) Alterações operacionais na linha.

5.1.1 Levantar a condição atual

A condição atual relacionada com a contagem de garrafas e com o controle do WIP foi levantada e apresentada no [subcapítulo 4.5.1 – Contagem de garrafas](#). A definição da condição atual do processo fica completa com a análise crítica, presente no [subcapítulo 4.6.1 – Contagem de garrafas](#).

O estudo da condição atual do processo é importante para a definição da condição alvo – Conhecer o WIP e obter uma contagem de garrafas.

5.1.2 Estudar os melhores locais para a colocação dos contadores e a colocação dos mesmos

Após a definição das condições atual e alvo o passo seguinte indicou ser necessário utilizar contadores de forma a garantir uma contagem fiável da produção e do trabalho em curso, e atingir os objetivos do projeto.

Definido o modo e os meios de contar e contabilizar o trabalho em curso, foi necessário definir os locais de contagem e colocação dos contadores tendo em conta as vantagens das alternativas equacionadas. Estes locais estão identificados na Figura 59 de acordo com a legenda como C1 – para o contador 1, C2 – para o contador 2 e C3 para o contador 3.

Como se pode verificar pela figura seguinte, foram posicionados três contadores com o objetivo de contarem todo o trabalho, que por eles passa ou seja, coquilhas, em dois dos locais definidos. Os contadores 2 e 3 são contadores mecânicos, Figura 60, e o contador 1 é pneumático, Figura 61.

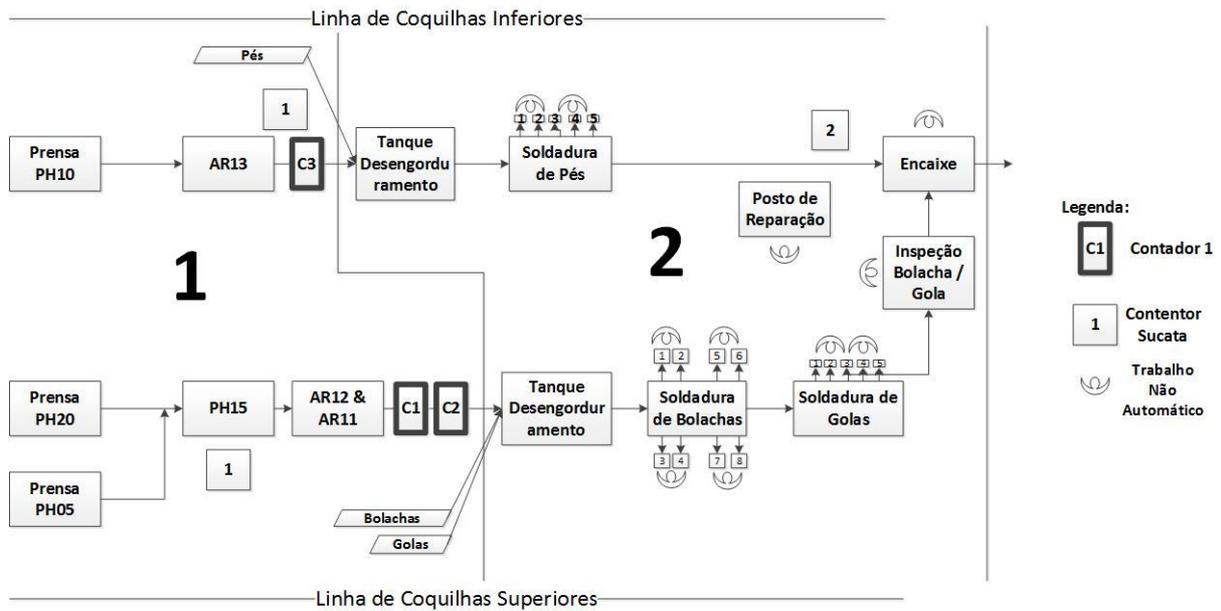


Figura 59 - Localização e identificação dos contadores na linha



Figura 60 – Contador Mecânico

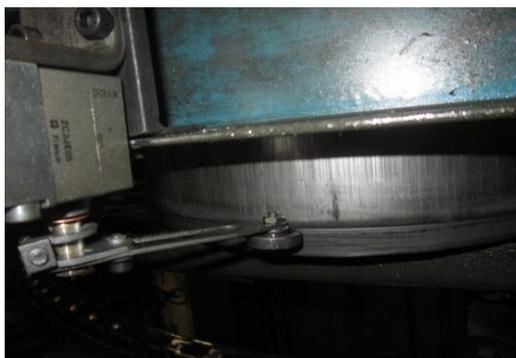


Figura 61 – Contador pneumático

Após a implementação dos contadores, surgiu o obstáculo que impedia o contador 2 de obter as leituras corretas. Tal devia-se a alguma turbulência, à acumulação exagerada de coquilhas e de por vezes ao desajuste dos reguladores dos transportadores. No entanto, foram tomadas medidas corretivas que consistiam em fazer o ajuste correto da largura do transportador para

cada tamanho das coquilhas e como se verificou que a aglomeração de coquilhas só acontecia em momentos concretos, definiu-se como medida parar a máquina AR12&AR11 nesses momentos, visto que não gerava perda de *output* na linha.

Por outro lado, o contador pneumático mostrou-se bastante eficaz nas leituras.

O posicionamento dos contadores teve em conta vários aspetos nomeadamente:

- A parte inicial da linha de montagem, como se pode comprovar na análise feita ao processo de contagem de garrafas, é o local mais crítico da linha;
- Os contadores contam todas as coquilhas que entram no tanque de desengorduramento, ou seja, as coquilhas que seguem para os postos de soldadura;
- Certeza que se embutiu, aparou e rebaixou coquilhas suficientes para satisfazer a encomenda.

Estando os contadores colocados e a funcionar, o próximo passo foi fazer a gestão dos contadores, analisar a “reação da linha” e como os operadores os usariam.

5.1.3 Fazer uma avaliação dos contadores e a sua gestão

A avaliação levada a cabo nos contadores, foi por meio de:

- Preenchimento de folhas diárias com as contagens;
- Testes com pequenas quantidades.

O preenchimento de folhas diárias foi um dos processos implementados, efetivamente necessário.

Como foi dito anteriormente na explicação do processo de contagem, as máquinas têm contadores incorporados. Um dos requisitos do estudo de contagem foi avaliar a fiabilidade destes contadores. Por outro lado, os contadores 1 e 2, que foram colocados, faziam a mesma contagem, aumentando por isso a fiabilidade da contagem. Criaram-se assim condições, para fiabilizar o processo de contagem. Procedeu de modo a que no fim de cada turno, as contagens dos contadores colocados e dos contadores incorporados nas máquinas fossem comparadas tendo em conta os registos de garrafas e coquilhas não conformes e reparadas. Foram notados certos padrões nos contadores inseridos nas máquinas, como por exemplo, o facto de ocasionalmente contarem duas vezes, ou então, a coquilha que saía da máquina iria para a sucata e mesmo assim o contador da máquina contava o ciclo. Assim, foi adicionado um campo para

o preenchimento da sucata de cada máquina. O formulário de preenchimento encontra-se no [Anexo I](#).

Após estar elaborado o formulário para o registo das contagens diárias, procedeu-se à realização de testes com pequenas quantidades de coquilhas para testar, novamente, o comportamento de cada contador.

Os testes consistiram, a uma determinada altura da encomenda, em contar exatamente o número de discos que se iria embutir, i.e. a quantidade de discos com que se iria abastecer as prensas. Assim, após introduzir os discos, esperava-se que todos estes chegassem aos contadores colocados passando por todas as máquinas, como se pode observar na Figura 62.

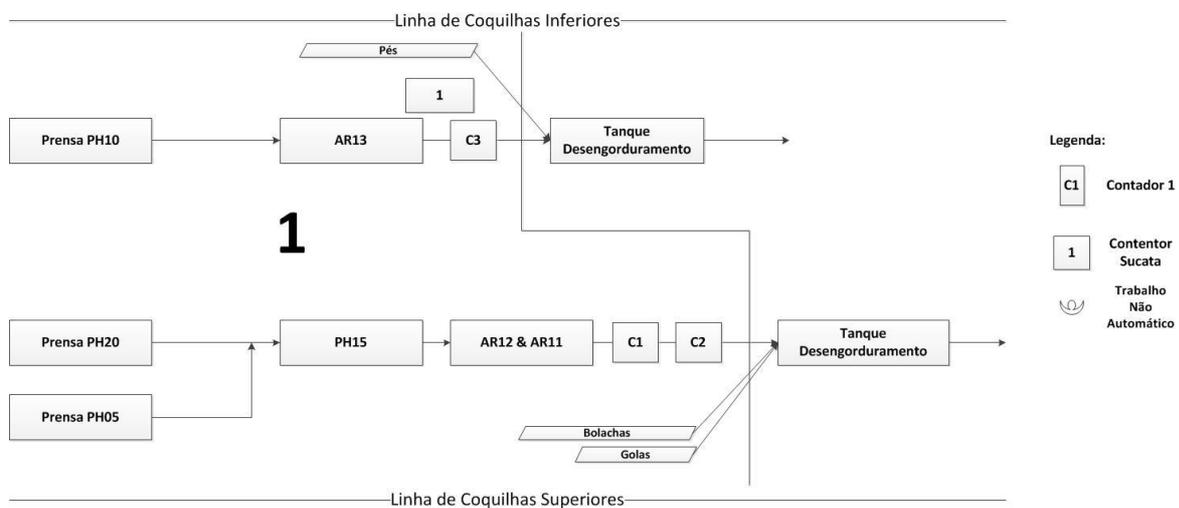


Figura 62 - Esquematização de parte da linha de produção onde foram realizados os testes

Fizeram-se dois testes, com coquilhas de garrafas com capacidades diferentes, tendo-se obtido os seguintes resultados:

- **Teste 1 – Coquilha de garrafa de 26L, Figura 63:**



Figura 63 - Resultados do teste 1

Concluído o teste, foi-se apurar as causas de algumas leituras não estarem corretas:

- **Prensa PH10** – Foram executados ciclos manuais devido a problemas na prensa;

- **AR 13** – Caíram três coquilhas ao serem aparadas, o que leva a que se tenham de colocar novamente no tapete para serem corretamente aparadas;
- **PH15** – O robot incorporado num braço mecânico não agarrou a coquilha para colocar na prensa de furar, ou seja, a prensa fez um ciclo em “vazio”;
- **AR 12 & AR11** – Os braços que pegam nas coquilhas não agarram a coquilha, logo elas tiveram de ser colocadas à mão.

O teste 2 foi executado com uma coquilha de uma garrafa de 14L, teoricamente mais complicada de ser processada ao longo dos mecanismos automáticos devido a ser bastante pequena.

- **Teste 2 – Coquilha de garrafa de 14L, Figura 64**

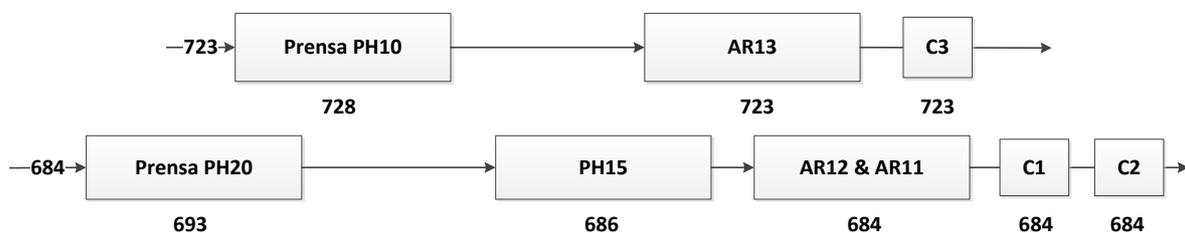


Figura 64 - Resultados do teste 2

Concluído o teste, procedeu-se à apuração das causas que levaram a algumas leituras não estarem corretas:

- **Prensa PH10** – Novamente tiveram de fazer ciclos manuais devido a problemas na prensa;
- **Prensa PH20** – Sem razão aparentemente visível, a prensa contou duas vezes alguns ciclos de embutissagem;
- **PH15** – Novamente, o braço mecânico que abastece a prensa de furar não agarrou duas coquilhas, tendo a prensa executado dois ciclos em “vazio”.

Após a realização dos dois testes e fazendo uma análise aos resultados, conclui-se que:

- Os contadores internos das máquinas, de uma forma ou de outra, não são fiáveis;
- Que a colocação dos contadores no final desta porção da linha automatizada foi a melhor opção, pois, todos os erros que poderão surgir nesta fase, acontecem sempre antes de passarem nos contadores colocados;

- Os contadores colocados na linha contaram corretamente todas as coquilhas produzidas a partir dos discos introduzidos nas prensas de embutir.

Finalizados os testes e continuando a gestão das contagens dos contadores, procedeu-se à fase de avaliação dos benefícios de obter as contagens corretas e controlar a produção em curso.

5.1.4 Perceber os ganhos na contagem de garrafas

Após se perceber que as contagens dos contadores introduzidos eram fiáveis, fez-se a avaliação e enumeração dos ganhos resultantes:

- Antecipação mais fiável do *changeover* da linha no final de cada encomenda, com eliminação da contagem manual de garrafas;
- Conhecimento muito mais fiável do número de garrafas montadas;
- Melhor controlo da quantidade de garrafas a montar;
- Mais rigor nas quantidades entregues ao acabamento face às quantidades de encomenda;
- Evitar a fabricação de coquilhas em excesso.

Os ganhos que foram enunciados não só garantiam o controlo e o conhecimento do WIP a qualquer altura da encomenda, como também garantiam que não havia custos extra inerentes á necessária reposição de garrafas, bem como, às coquilhas sobradas e mais ainda, fiabilizando o processo de mudança de série, sem custos adicionais de preparação para reposição de garrafas. Este benefício foi de facto um benefício considerável.

Em geral um melhor funcionamento da linha foi alcançado.

No entanto a problemática dos rejeitados e de reparação de garrafas tinha uma certa influência nas contagens, não permitindo que se gerasse um sistema de contagem eficaz. Assim, o passo seguinte foi procurar avaliar e resolver a influência negativa desta problemática nas contagens e tentar encontrar soluções.

5.1.5 Perceber a influência que a sucata tem nas contagens e apresentar uma solução

No [subcapítulo 4.6.3 – Tratamento da sucata e reparados](#), procedeu-se a uma análise crítica dos processos de tratamento da sucata e de reparados em vários pontos da linha. Esta análise possibilitou que se percebesse a influência que estes processos e a sucata em si tinham nas contagens.

Com isto, pretende-se alcançar uma contagem fiável, sem interferências e sem variáveis ocultas a influencia-las.

Recapitulando, no [subcapítulo 4.6.3 – Tratamento da sucata e reparados](#), expôs-se cinco variáveis que influenciavam as contagens, são elas:

- Sucata na Montagem;
- Garrafas Sem Numeração;
- Sucata no Acabamento;
- Coquilhas Sobradas;
- Golas Cortadas.

Após o estudo destas variáveis e de possíveis soluções, elaboraram-se algumas medidas que pretendiam erradicar os erros que advinham destas variáveis.

Sucata na Montagem

Foram equacionadas duas dimensões de análise e geração de soluções, nomeadamente obstáculos e ações a executar. Um procedimento repetido para vários aspetos observados.

Foram observados alguns aspetos diferenciados, nomeadamente a sucata propriamente dita e as garrafas sem numeração.

Sucata

- **Obstáculos** – A quantidade que era transcrita para a folha diária de produção poderia não corresponder à realidade; Não havia uma forma padrão de onde colocar a sucata efetiva; Os diferentes turnos não preenchiam os valores de sucata no mesmo local.
- **Ações** – Foi indicado para se colocar a contabilização da sucata no quadro destinado a esse propósito no fim de cada turno; Foi indicado para separar por encomendas utilizando uma “/”, no sentido de separar também por encomenda a sucata - Figura 65.

DIA	TURNO	TIPO DE SUCATA						GARRAFA
		DISCO	PE	GL	CQ + PE	CQ + BL	CQ + BL + GL	
SEGUNDA	1ª				1			
	2ª					1		5
	3ª					1/2		2/3
TERÇA	1ª							
	2ª	5			3	5		3
	3ª				2	2		9
QUARTA	1ª	10			3	10		6
	2ª	7	5		1	3		2
	3ª							
QUINTA	1ª							
	2ª							
	3ª							
SEXTA	1ª							
	2ª							
	3ª							
TOTAL SEMANAL								

Figura 65 – Quadro destinado ao preenchimento dos valores de sucata

Garrafas Sem Numeração

- **Obstáculos** – Não há um padrão para a comunicação do número de garrafas sem número, logo, nem todos os turnos comunicam quantas garrafas sem numeração foram montadas.
- **Ações** – Foi solicitado que todos os turnos quando acabam uma encomenda, caso produzam garrafas sem numeração, anotem a quantidade nas folhas diárias de produção.

Sucata no Acabamento

Também aqui foram observados alguns aspetos diferenciados, nomeadamente rejeição de garrafas e coquilhas em sobra.

Rejeição de garrafas

- **Obstáculos** – Não é comunicado quando uma garrafa é rejeitada no acabamento e lhe é extraída algum elemento desta. Sendo este elemento devolvido à montagem.
- **Ações** – Foi solicitado que quando uma garrafa fosse rejeitada no acabamento e se extraísse o elemento marcado e o devolvido à montagem, esta ação fosse referida na folha diária de produção.

Coquilhas em sobra

- **Obstáculos** – Não há o levantamento das coquilhas que sobram.

- **Ações** – A aplicação dos contadores é uma ação no sentido de não haver coquilhas sobradas.

A Figura 66 pretende ilustrar como, com estes ajustes, passa a funcionar a comunicação de sucata

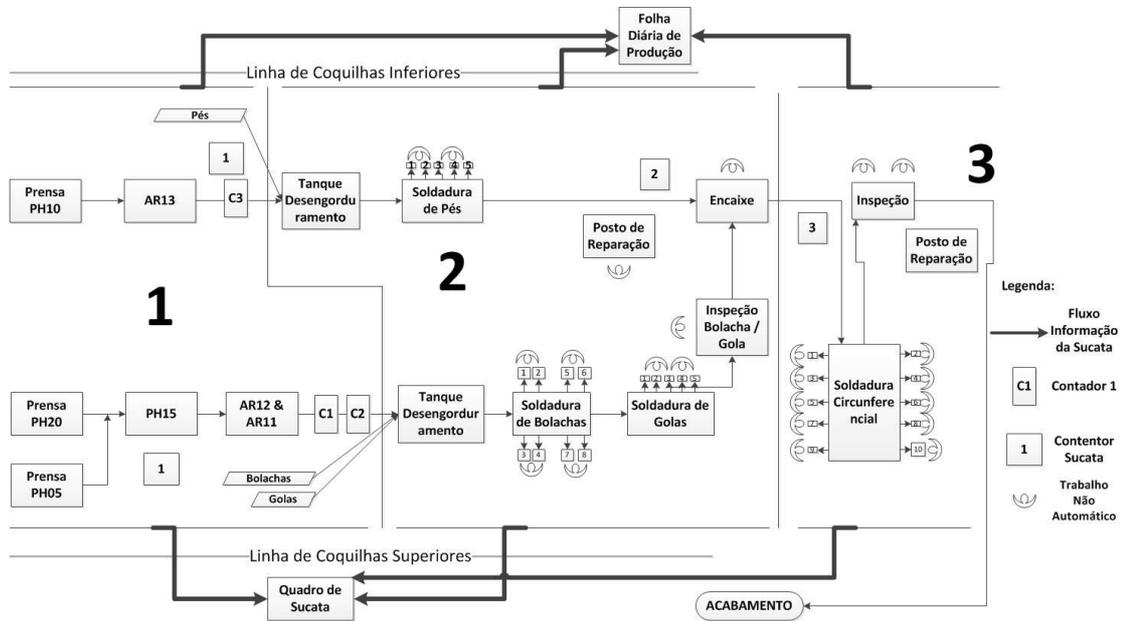


Figura 66 - Comunicação da sucata na linha de montagem

Após perceber-se a influência da sucata nas contagens e se ter colmatado alguns processos que levavam a que se cometessem erros, o passo seguinte foi delinear um plano para obter as contagens de forma funcional.

5.1.6 Elaborar uma solução para obter as contagens funcionais

O que se pretende com este passo, é elaborar uma solução que permita usar as contagens dos contadores de forma a conhecer o WIP, ou trabalho em curso, e fazer a contagem de garrafas no fim da encomenda, garantindo que se satisfaz a encomenda.

As garrafas produzidas podem ser obtidas pela expressão seguinte:

$$\text{Garrafas montadas} = \text{Registo dos Contadores} - [(\text{GSN} + \text{ACA} + \text{SM}) + \text{GE}]$$

Onde:

GSN: Garrafas sem numeração

ACA: Acessório cortado no acabamento

SM: Sucata da montagem

GE: Garrafas para ensaio

Esta expressão pretende calcular as garrafas montadas e entregues ao acabamento, que satisfaçam a quantidade da encomenda.

A inclusão das garrafas para ensaio, como foi explicado no [subcapítulo 4.2.3 – Controlo de qualidade](#), é devido ao facto de, serem incluídas nas garrafas a montar, i.e, mais do que as que são entregues ao acabamento e posteriormente ao cliente, e, portanto destinadas aos ensaios realizados pelo departamento da qualidade.

Portanto, as garrafas efetivamente úteis montadas excluem as destinadas a ensaio, i.e:

$$\textit{Garrafas \u00fasteis montadas} = \textit{Registo dos Contadores} - (G\textit{SN} + A\textit{CA} + S\textit{M})$$

A expressão pode ser aplicada a toda a encomenda ou noutras circunst\u00e2ncias, sendo pertinente o uso no final de cada turno e at\u00e9 no final de cada dia de produ\u00e7\u00e3o. Para isso \u00e9 necess\u00e1rio retirar da f\u00f3rmula a contabiliza\u00e7\u00e3o das garrafas sem numera\u00e7\u00e3o montadas, visto que estas s\u00f3 s\u00e3o montadas ao finalizar a encomenda:

$$\begin{aligned} &\textit{Garrafas \u00fasteis montadas por turno ou por dia excluindo as sem numera\u00e7\u00e3o} \\ &= \textit{Registo dos Contadores} - (A\textit{CA} + S\textit{M}) \end{aligned}$$

Ao utilizar a contagem registada nos contadores e conseq\u00fcentemente a express\u00e3o anterior, possibilita que o processo de contagem de garrafas que era utilizado ao finalizar cada encomenda deixe de fazer sentido, visto que, a qualquer momento se consegue saber as garrafas montadas, bem como, as que faltam montar. Fica patente que a escolha do local para os contadores foi o melhor, isto porque, com os contadores t\u00eam-se a certeza do n\u00famero de coquilhas que passou por eles, e agora facilmente se consegue contabilizar a sucata da montagem, bem como, algum acess\u00f3rio extra\u00eddo no acabamento. Outro facto que foi importante foi a coloca\u00e7\u00e3o dos contadores no pr\u00f3ximo do in\u00edcio da linha, que \u00e9 o local que ao mesmo tempo, de forma mais c\u00e9lere, indica se se tem na linha – trabalho em curso – coquilhas suficientes para satisfazer a encomenda.

Com esta melhoria implementada, h\u00e1 tr\u00eas ganhos substanciais que se podem relatar:

- Deixa de ser necess\u00e1rio recorrer ao processo demorado da contagem de garrafas no fim de cada encomenda, antecipando-se assim o *changeover* da linha de produ\u00e7\u00e3o e com isto ganha-se mais tempo. Tempo este que contabiliza os custos inerentes aos custos de opera\u00e7\u00e3o da linha, como tamb\u00e9m os custos de m-d-o;

- Há a garantia de que, concomitantemente, se montou e se entregou, ao acabamento, as garrafas necessárias para satisfazer a encomenda. Com isto, evita-se que falem garrafas para entregar ao cliente e conseqüentemente que seja necessário repô-las, obrigando a um processo penoso de reposição destas garrafas em falta, incluído o *changeover*, novamente, para o tipo de garrafa em questão que acarreta os custos de operação da linha e os custos de m-d-o;
- Não há coquilhas a sobrar deste processo.

Conclui-se assim que a implementação dos contadores permitiu benefícios, não só ao nível monetário, como também operacional.

No [subcapítulo 5.3 – Sistema de Requisições](#) é apresentada uma proposta de melhoria que visa funcionar como complemento da implementação dos contadores, facilitando o fluxo de informação, nomeadamente da sucata.

5.1.7 Alterações operacionais na linha

Por fim, foram feitos ajustes operacionais na linha com o intuito de melhorar o ganho com a implementação dos contadores, bem como, melhorar a gestão operacional da linha.

Os ajustes foram os seguintes:

- Tratar tudo por encomenda;
- Colocar um novo contentor de sucata na área 1, Figura 67, do lado da linha de coquilhas superiores.

Até aqui, toda a contabilização de garrafas ou de sucata era tida em conta apenas por turno. Não fazia sentido que continuasse assim, visto que, o que se pretendia era garantir que se satisfizesse a encomenda de forma eficiente.

Este ajuste foi uma mudança de filosofia, ou seja, os turnos e os respetivos operadores passariam a operar não para o seu turno, mas para trabalhar, em conjunto, para a encomenda. Neste ponto, foi necessário alguma flexibilidade, visto tratar-se, como referido de uma mudança de filosofia e até da forma de operar.

O novo contentor, como ilustra a Figura 67, foi colocado junto da prensa de furar PH15. O motivo da colocação de mais um contentor de sucata, neste caso, referente à linha de coquilhas superiores, é o intuito de facilitar a recolha da sucata nesta porção da linha, como também, principalmente, fazer uma separação entre a sucata que é da linha de coquilhas inferiores e a

que é da linha de coquilhas superiores. Como esta parte da linha é toda automatizada, separar a sucata facilita posteriormente a leitura e a reposição do que foi para a sucata.

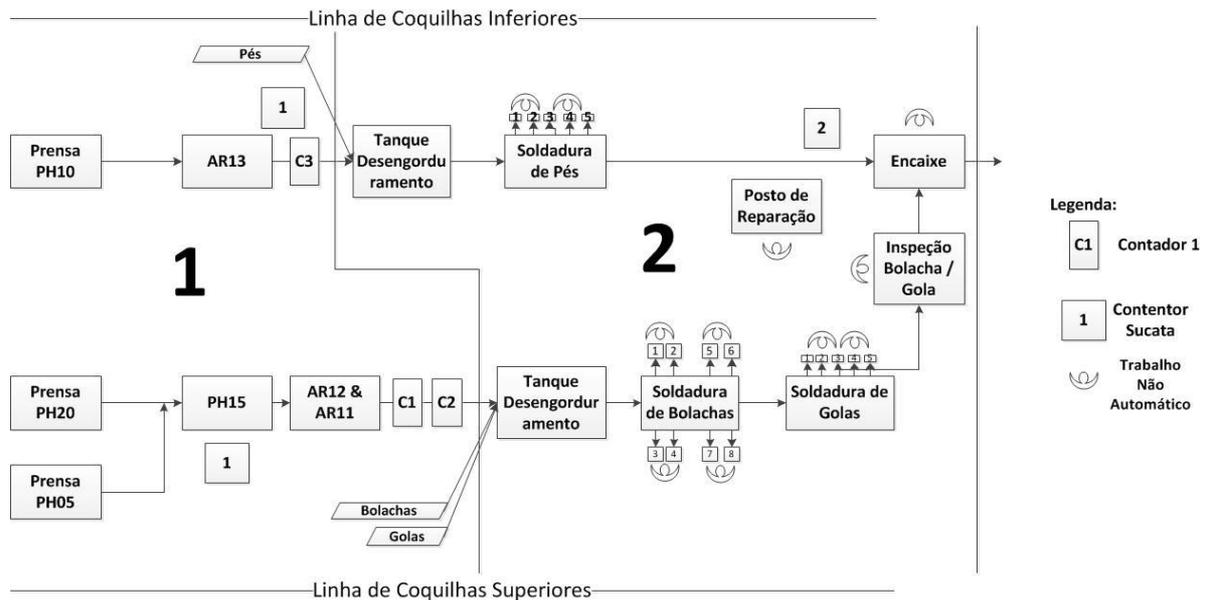


Figura 67 - Posição do novo contentor na linha de montagem

5.2 Manipulação de peças e arranjo do posto de reparação

Tal como foi referido anteriormente, concluiu-se, através do desenvolvimento de trabalho contínuo aplicado à metodologia *KATA*, nomeadamente no levantamento e análise da condição atual, que um dos grandes entraves à correta leitura do WIP na linha, além do processo de contagem acima referido, era o facto de não haver controlo nem normalização no tratamento dos reparados, i.e. peças não conformes para a fabricação de garrafas, principalmente coquilhas com componentes já soldados.

Portanto sobressai a necessidade de também melhorar este processo. Esta melhoria deve incidir em vários aspetos sendo de realçar os seguintes objetivos:

- Assegurar o fornecimento de informação necessária ao processo de reparação;
- Proporcionar maior segurança aos colaboradores;
- Evitar a existência de não conformidades detetadas nas inspeções;
- Criar condições ergonómicas e de organização para melhoria do posto de reparação;
- Criar um processo simples facilitador do manuseamento do material.

A contribuição para a melhoria deve explorar duas vertentes:

1. A do fluxo de materiais de reparação;
2. A do arranjo e arrumação do posto de reparação.

Em relação à primeira vertente propõem-se duas medidas a aplicar para a reparação de coquilhas superiores:

- Na linha de coquilhas superiores, todo o material que for identificado como contendo algum defeito, será retirado da linha apenas no posto de inspeção, já que é aqui que os defeitos devem ser detetados Figura 68 - 1;
- Todo o material reparado proveniente da linha de coquilhas superiores, salvo coquilhas com bolachas, será devolvido ao transportador, antes do posto de inspeção, Figura 68 - 1''.

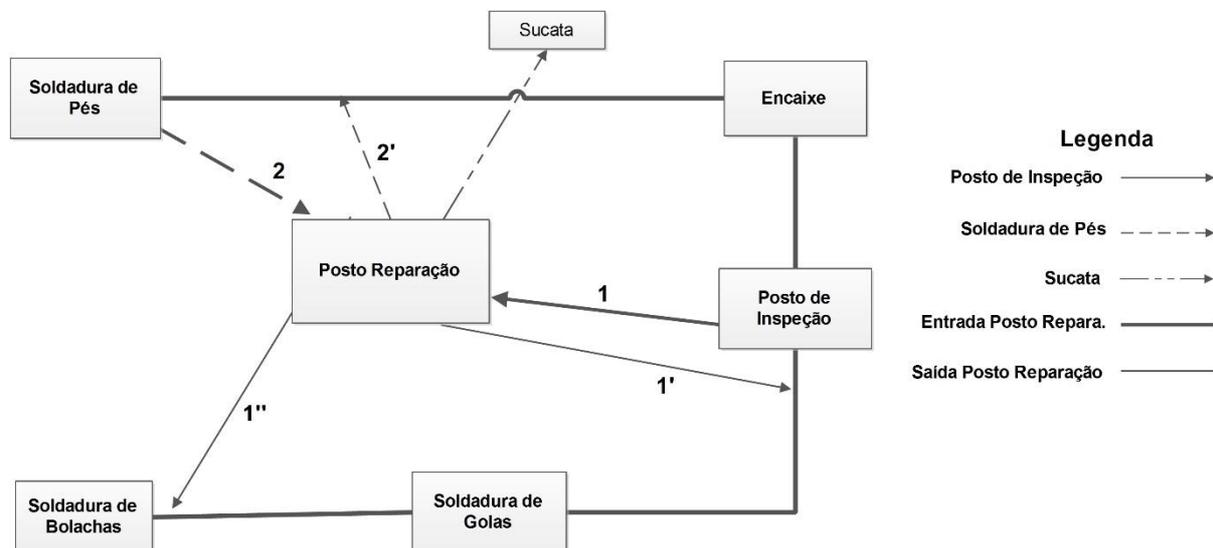


Figura 68 - Esquema da movimentação de material junto do posto de reparação

As duas medidas têm o objetivo de reduzir o fluxo de material destinado à reparação e reparado e ao mesmo garantir que a reparação produz componentes ou garrafas conformes. Tal é garantido por haver apenas um ponto de saída das peças a reparar, i.e. a saída do posto de inspeção, e um de entrada das reparadas, nomeadamente a entrada do mesmo posto. Esta entrada garante que as peças reparadas passarão novamente no posto de inspeção, Figura 68 - 1'. No entanto, tendo em conta que às coquilhas somente com bolacha, terão de ser soldadas as golas, estas serão devolvidas na saída do posto de soldadura de bolachas onde de seguida seguem para o posto de soldadura de golas, Figura 68 - 1''. Assegura-se assim, que estas coquilhas também serão sujeitas a inspeção.

Relativamente à linha de coquilhas inferiores, nomeadamente à soldadura de pés, a medida proposta é retirar as coquilhas para reparar neste ponto de soldadura e quando reparadas recolocá-las no transportador imediatamente a seguir ao posto de soldadura de pés, Figura 68 - 2'.

Em relação à segunda vertente, i.e. arranjo e arrumação do posto de reparação propõe-se a introdução de um sistema que elimine o material deixado no chão pelos operadores, tanto para ser reparado, como já reparado e melhorar o funcionamento do posto de reparação. Este sistema deverá ter em conta os objetivos acima referidos, nomeadamente o de alcançar uma maior segurança para os trabalhadores, assegurar um processo eficaz de inspeção de reparados e melhoria do arranjo do posto.

Para implementar esta proposta foram desenhados e construídos carrinhos, Figura 69, de transporte e manipulação das peças a reparar, i.e. coquilhas superiores e inferiores com componentes soldados.



Figura 69 - Carrinhos construídos

Os carrinhos foram elaborados com o intuito de transportar as coquilhas entre o posto de reparação e os restantes postos. Foram construídos com material existente na fábrica e por isso os seus custos foram reduzidos.

Os carrinhos têm subjacente a técnica *Poka-Yoke*, típica de ambientes de produção *lean*, que tanto a nível do uso de cores, bem como, a sua geometria e funcionamento garantem que são

usados de forma sistemática e simples para o específico propósito para que foram concebidos, reforçando assim a sua aplicação e utilidade.

A nível ergonómico houve uma melhoria substancial, atualmente, os operadores não têm a necessidade de transportar as coquilhas à mão. Melhor ainda, quando fazem a deslocação, fazem-no levando consigo cinco ou seis coquilhas contrariamente ao que acontecia antes, que levavam duas coquilhas e que é possível de comparar na Figura 70.



Figura 70 - Diferença entre transportar antes (esq.) e o atualmente (dir.)

Levantando novamente a questão ergonómica e lembrando que o operador do primeiro turno do posto de inspeção trabalha apenas com uma mão, os carrinhos vieram eliminar esforço desnecessário para o trabalhador. Como se pode ver na Figura 71, o operador deixou de ter de colocar as coquilhas junto a si, no chão, e levá-las uma a uma ao posto de reparação.



Figura 71 - Manuseamento das coquilhas no posto de inspeção

Quanto ao material que é entregue proveniente do posto de soldadura de pés, com esta melhoria as coquilhas já não são “lançadas” para a proximidade do posto de reparação. Em vez disso, vão empilhadas nos carrinhos para esse propósito. Deixam também de ser entregues à mão, o

que limitava, também, o número de peças transportadas. Esta alteração no manuseamento das coquilhas pode ser vista na Figura 72, sendo a parte esquerda a prática anterior e consequentemente a parte direita a prática que é atualmente utilizada.



Figura 72 - Diferença entre transportar coquilhas com pés antes (esq.) e atualmente (dir.)

A implementação das medidas propostas permitiu melhorias importantes de funcionamento e de uso de recursos, nomeadamente na produção, no fluxo de materiais e na utilização e arrumação de espaço fabril, como se pretendia. Acresce ainda que as melhorias são conseguidas com custos muito reduzidos. Além dos ganhos objetivos resultantes da implementação das medidas são de referir benefícios ao nível de:

- Gestão visual e estética do espaço;
- Segurança dos operadores;
- Melhoramento ao nível ergonómico;
- Redução de deslocações;
- Alívio da carga de trabalho;
- Cumprimento de normas fabris.

Para que fique claro qual o papel de cada uns dos intervenientes neste processo e como devem atuar foi elaborado uma Instrução de Trabalho, Figura 73.

INSTRUÇÃO ESPECÍFICA

Instrução Trabalho – Inspeção de Golas / Bolachas / Pés e Reparação

*FAB - Fabricação Instrução Específica para a Inspeção de Golas, Bolachas, Pés e Posto de Reparação 1 06-10-2015
Tiago Santos (FAB) Doc Em verificação Pessoa Santos (FAB)*

1 – Objetivo

Eliminar trabalho desnecessário e organizar os processos correspondentes ao trabalho de reparação

2 – Âmbito

Enloba o Posto de Inspeção de Golas / Bolachas e o Posto de Reparação

3 – Instrução de Trabalho

Os operadores deverão seguir as indicações abaixo descritas.

3.1 – Coquilhas com Bolachas e Golas Soldadas

3.1.1 Coquilha com Bolacha

1. Verificar algum defeito na soldadura da **bolacha**
2. Caso verifique um defeito – Identificar o local do defeito e colocar a coquilha no transportador

3.1.2 Coquilha com Gola

1. Verificar algum defeito na soldadura da **gola**
2. Caso verifique um defeito – Identificar o local do defeito e colocar a coquilha no transportador

3.1.3 Coquilha com Pé

1. Verificar algum defeito ao soldar o **pé** na coquilha
2. Caso verifique um defeito – Colocar a coquilha com pé dentro do carrinho amarelo
3. Abastecer o carrinho até conter 6 coquilhas com pés
4. Transportar o carrinho cheio até ao Posto de Reparação
5. Posicionar outro carrinho amarelo para abastecer

3.1.4 Posto de Inspeção

1. Verificar a existência de algum defeito ou de alguma sinalização nas coquilhas
2. Caso verifique um defeito – Colocar a coquilha no carrinho amarelo
3. Abastecer o carrinho até conter 6 coquilhas
4. Transportar o carrinho cheio até ao Posto de Reparação
5. Posicionar outro carrinho amarelo para abastecer

3.2 – Posto de Reparação

3.2.1 Reparação de Coquilhas com Gola e/ou com Bolacha

1. Retirar as coquilhas do carrinho amarelo
2. Reparar as coquilhas
3. Identificar o defeito reparado no quadro para esse fim
4. Colocar as coquilhas reparadas no carrinho verde
5. Abastecer o carrinho até conter 6 coquilhas
6. Colocar as coquilhas reparadas no transportador antes do posto de inspeção

3.2.2 Reparação de Coquilhas com Pé

1. Retirar as coquilhas do carrinho amarelo
2. Reparar as coquilhas
3. Identificar o defeito reparado no quadro para esse fim
4. Colocar as coquilhas reparadas no carrinho verde
5. Abastecer o carrinho até conter 6 coquilhas
6. Colocar as coquilhas reparadas no transportador imediatamente a seguir ao posto de soldadura de pés

Cópia Controlada n.º
Detentor:
Mod. 1, rev.1

Edição n.º 1, de
27-02-2015

Elaborado:
Tiago Santos

Aprovado:

Inválido se Impresso

Figura 73 - Instrução de trabalho para o posto de reparação e todos os postos envolventes

5.3 Sistema de requisições

A proposta seguidamente apresentada tem como principal objetivo funcionar como uma ferramenta complementar à melhoria, anteriormente apresentada, do sistema de contadores.

Além do propósito principal, existem outros objetivos que se pretende atingir com a implementação desta melhoria:

- Melhorar a comunicação da sucata;
- Tratar a sucata como forma de requisito;
- Alcançar uma forma mais célere de comunicação da informação da existência de sucata;
- Pretender que a existência de sucata “não saia da linha de produção”;
- Implementar e utilizar um sistema “*Pull*”;
- Implementar um sistema de “*milk-run*”.

Em suma, o que se pretende implementar é uma solução que permita:

- Elaborar um sistema de requisições;
- Tornar a sucata uma requisição à linha para com o embutimento de discos;
- Elaborar um levantamento das requisições periodicamente ao longo do turno.

O sistema funcionará, portanto, por meio de requisições. Pensando concretamente, quando uma coquilha vai para a sucata isto quer dizer que terá de ser embutido mais um disco no início da linha de forma a não gerar um déficit de coquilhas. E quando uma garrafa vai para a sucata isto implica que se tenha de utilizar mais dois discos, um em cada linha – coquilhas superiores e inferiores – para, novamente, colmatar os dois discos, em forma de coquilha, que foram para a sucata. O que se pretende aqui, é que quando ocorre alguma das situações anteriores, seja comunicada, de forma mais rápida possível, ao início da linha, que necessitam de introduzir mais uma quantidade de discos para igualar a quantidade de coquilhas que foi para a sucata. Este abastecimento de discos pode ser executado a qualquer altura, mas de preferência no final da encomenda.

A Figura 74 pretende ilustrar o fluxo de informação das requisições, o caminho que essa informação tomará, acrescentando ao já existente fluxo de informação da sucata, como também a localização dos postos de requisições que serão os seguintes:

- **Área 1** – Junto ao quadro onde se encontram os planos de processo do produto;

- **Área 2** – Junto ao posto de reparação, que como explicado anteriormente é o operador deste posto o responsável por colocar o material na sucata referente a esta área específica;
- **Área 3** – Junto ao posto de reparação desta área, que como existe um responsável pela área 3, basicamente pela soldadura circunferencial, é este operador o indicado para preencher a requisição.

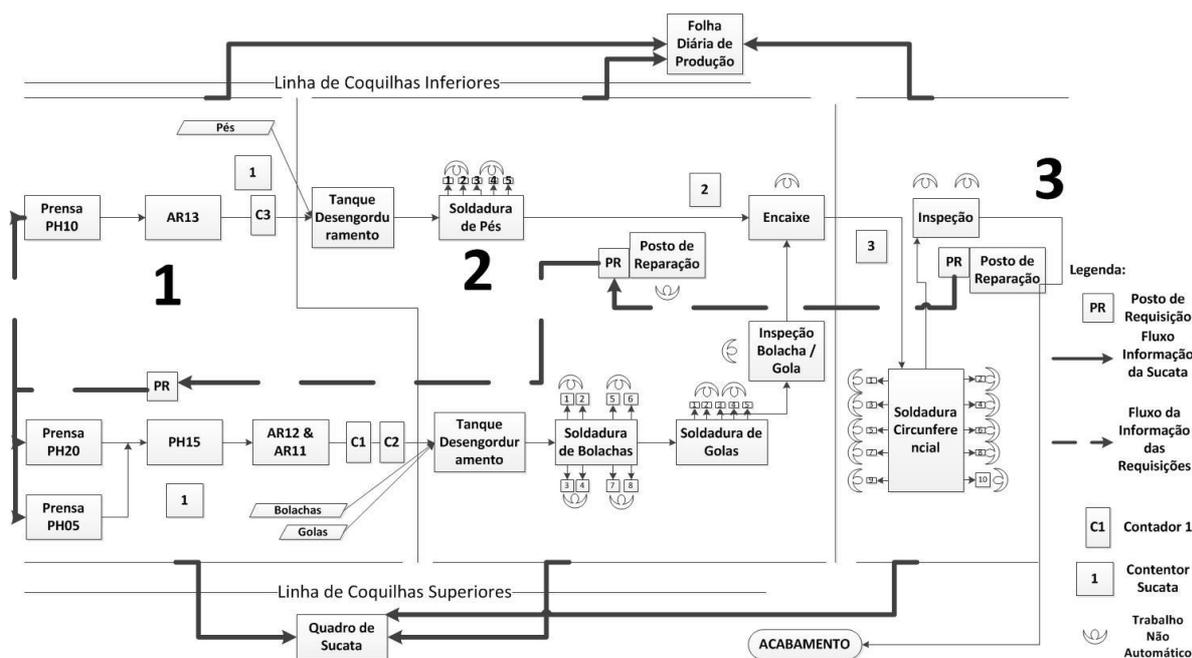


Figura 74 - Fluxos de informação da sucata e da informação das requisições

De seguida explica-se os passos desde a geração da informação para as requisições, até ao tratamento que esta terá. Assim, os passos são os seguintes:

- Ao enviar para a sucata, seja uma coquilha, ou duas – caso seja uma garrafa – os operadores farão o preenchimento de uma requisição;
- O operador que é responsável pela área 2 não possui um posto específico para trabalhar, apenas tem de garantir o bom funcionamento desta área. Como tal, é o operador mais indicado para fazer o processo de “*milk-run*” pelos três postos de requisições, entregando as respetivas requisições aos operadores das prensas de embutir;
- O operador que faz o “*milk-run*” fá-lo numa lógica híbrida, i.e. sempre que possível num período nunca superior a uma hora. Quando a encomenda estiver para ser finalizada, i.e. entre uma e meia hora de ser concluída o operador executa-o periodicamente nunca excedendo um intervalo de meia hora;

- No final os operadores das prensas, saberão exatamente o número de discos que terão de embutir garantindo assim que nunca haverá um défice de coquilhas / garrafas para satisfazer a encomenda.

Na [secção 5.1.6 Elaborar uma solução para obter as contagens funcionais](#), procedeu-se à elaboração de uma fórmula que visa calcular exatamente as garrafas produzidas. Essa mesma fórmula – apresentada de seguida – não sofre qualquer alteração, visto que o que era tido como sucata da montagem, como sistema de requisições não o deixa de ser. Apenas por questão de nomenclatura, pode-se alterar as variáveis.

Portanto, a fórmula apresentada anteriormente é:

$$\textit{Garrafas \acute{u}teis montadas} = \textit{Contadores} - (\textit{ACA} + \textit{SM})$$

ACA: Acessório cortado no acabamento

SM: Sucata da montagem

Trocando apenas a variável da sucata da montagem fica:

$$\textit{Garrafas \acute{u}teis montadas} = \textit{Contadores} - (\textit{ACA} + \textit{CR})$$

CR: Coquilhas requisitadas

Com a implementação desta proposta, o que se pretende alcançar é:

- A garantia de que a sucata é comunicada eficazmente;
- Uma visão completa, por parte dos colaboradores das prensas, do resto da linha, facilitando o seu trabalho;
- Mais uma forma de garantir que se produziu o suficiente para satisfazer a encomenda, e para não ter coquilhas sobradas no fim do fabrico.

A presente proposta é mais uma forma de melhorar a gestão operacional da linha e de controlar e conhecer o WIP da linha de produção. Conjugada com a proposta da implementação do sistema de contadores, pretende ser uma poderosa ferramenta a ser utilizada pelos operadores a qualquer momento da encomenda facilitando o seu trabalho.

5.4 Análise de perturbações e variação do WIP na linha de produção

5.4.1 Balanceamento e variações de fluxo

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, e tendo em conta que um dos seus principais objetivos é controlar e conhecer o WIP, constatou-se a presença de um número significativo de material fora da linha, mais precisamente de coquilhas superiores. Estas coquilhas eram retiradas do transportador, por este estar cheio, e colocadas no chão de forma a não parar a produção, nomeadamente a soldadura de golas, ou seja, o local deste acontecimento era precisamente antes do posto de encaixe – coquilhas identificadas por “WIP”, como ilustra a Figura 75.

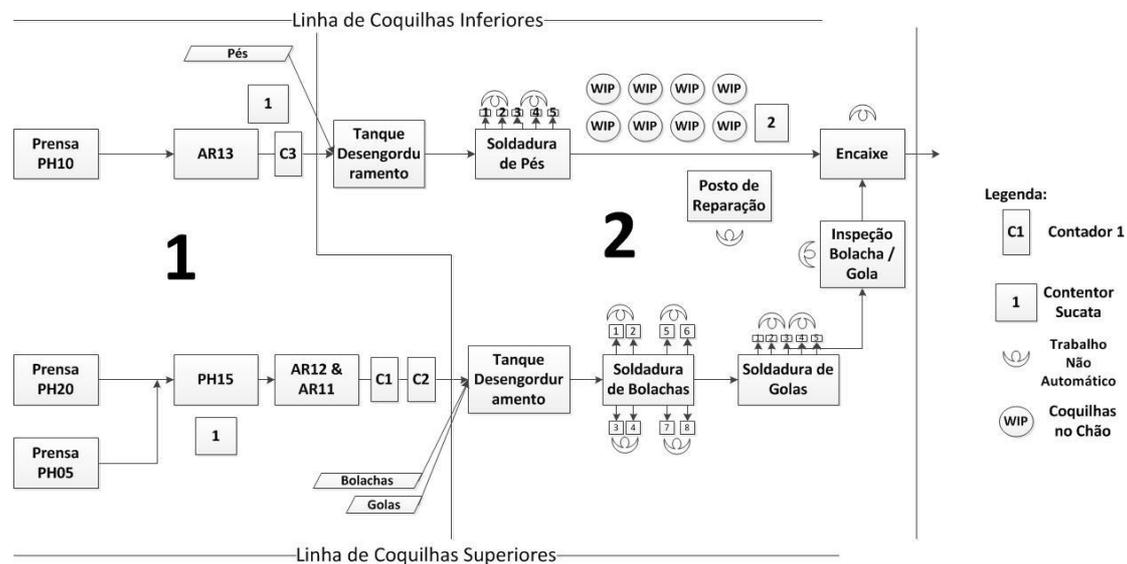


Figura 75 - Presença de “WIP” – trabalho em curso - fora da linha

Inserido na prática da melhoria contínua, nomeadamente na metodologia KATA, ao longo do percurso feito que culmina numa contribuição para a melhoria, foram tomados os seguintes passos:

- Avaliação do Problema;
- Avaliação dos Resultados;
- Análise de Perdas / Consequências;
- Possíveis Melhorias / Atenuantes.

Avaliação do Problema

Assim, definiu-se que um próximo passo relevante para estudar o trabalho em curso, i.e. o WIP, seria perceber a razão que levava a que fossem colocadas naquele local as coquilhas.

Inserido neste passo procedeu-se ao estudo do balanceamento do sistema de produção, neste caso as linhas de coquilhas superiores e inferiores. O balanceamento do sistema de produção pretende garantir um equilíbrio de cargas pelos postos de produção do sistema, com o intuito de possibilitar uma adequada utilização desse sistema e um ajustamento apropriado à produção da procura (Carmo-Silva, 2010).

As operações automáticas, a parte da linha que começa nas prensas de embutir – PH20 ou PH05 e PH10 – até à saída do tanque de desengorduramento estavam dentro dos padrões pretendidos, i.e. dentro do tempo de ciclo.

A conclusão que se tirou foi a possibilidade de existir um estrangulamento da linha, i.e. existir um *bottleneck* ou um posto gargalo i.e., um recurso de produção cuja capacidade de produção não permite responder às necessidades do mercado (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2015). Este posto gargalo faria com que o balanceamento, ou equilíbrio da linha não existisse.

Esta tese surge na constatação de uma quantidade exagerada de coquilhas inferiores precedendo o posto de encaixe. Concomitantemente, há um défice de coquilhas superiores antecedendo o posto de encaixe. A Figura 76 pretende ilustrar este acontecimento.

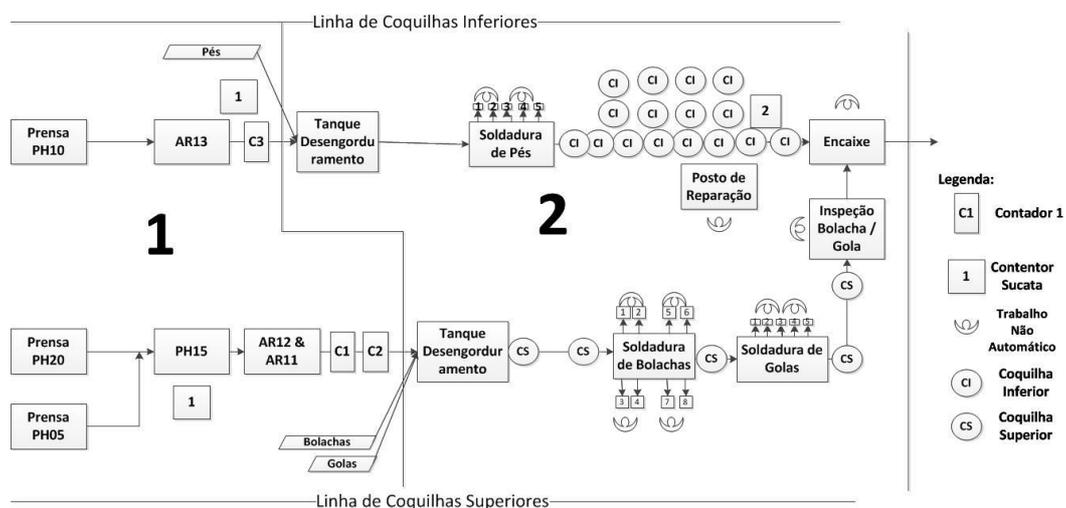


Figura 76 - Ilustração das coquilhas inferiores antecedendo o posto de encaixe

Para comprovar tal teoria, procedeu-se à medição do tempo de atendimento de cada posto de trabalho que requer operação manual – soldadura de bolachas, soldadura de golas, soldadura de pés e encaixe. O tempo de atendimento não é mais do que um tempo de serviço, que, porém,

está sujeito a acontecimentos previstos mas não controláveis. Este tempo determina efetivamente o intervalo de tempo que demora a ser colocada uma coquilha no transportador após a soldadura. Como ilustra na Figura 77, este tempo está dividido por seis coquilhas, que são exatamente os postos que estão a operar em simultâneo.

Nota para a ausência do posto de inspeção justificada pelo facto de efetivamente não haver qualquer operação nas coquilhas que passam no transportador, ou seja, não há na realidade uma ação executada sobre a coquilha, apenas a visualização de defeitos.

As medições foram feitas usando a metodologia KATA, ou seja, usando as técnicas de metodologia para avaliação de postos de trabalho. Um exemplo do resultado é mostrado na Figura 77. Os restantes estão presentes em [Anexos II](#).

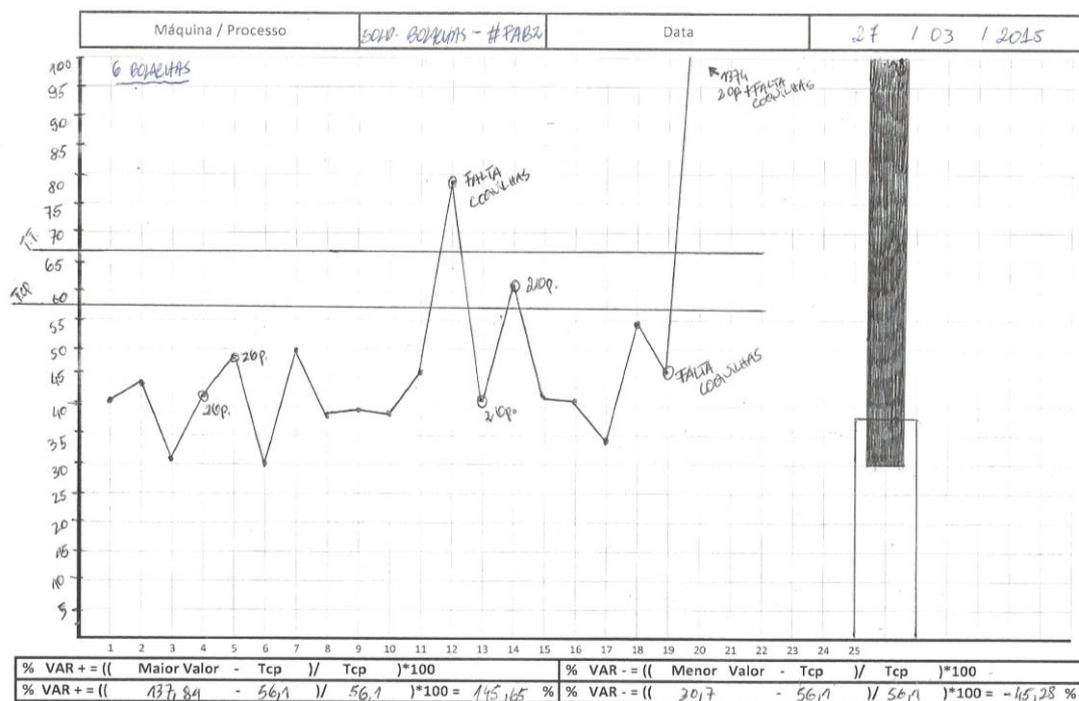


Figura 77 - Gráfico dos tempos de atendimento medidos para a soldadura de bolacha

O gráfico é desenhado à mão, como recomenda a metodologia KATA, como forma de realizar uma avaliação enquanto se desenha o gráfico.

O gráfico apresenta vinte pontos, ou seja, o número de medições que se efetuou. As linhas horizontais no gráfico são o tempo de ciclo planeado (TCP em 56,1s no gráfico) de 9,35s e o *takt time* (T.T. em 66s gráfico) de 11s. Neste caso estes valores são multiplicados por seis vezes, i.e. pelo número de máquinas a operar, visto que se está a trabalhar seis coquilhas ao mesmo tempo.

O tempo de ciclo planeado não é mais do que o tempo de ciclo da linha, i.e., é o tempo de execução planeado do posto de trabalho mais lento, que determina o ritmo máximo possível nas condições atuais. O *takt time* é determinado a partir da procura conjugando o tempo de produção disponível e a procura a satisfazer nesse tempo. Neste caso em concreto, em que a empresa trabalha apenas por encomenda, é determinado como base no tempo planeado para a produção da encomenda na linha de produção, determinado pelo serviço de planeamento da produção, e o número de unidades a produzir, i.e., a quantidade da encomenda do cliente.

Na Figura 77 pode-se observar uma coluna do lado direito, contendo uma parte com preenchimento e outra sem.

A parte que está sem preenchimento, parte da coluna mais grossa, assinala no seu máximo o “mínimo repetido”, o menor número que é repetidamente medido, significando o tempo estimado para cada conjunto de tarefas do operador. Neste caso o tempo de atendimento que em circunstâncias normais de trabalho seria medido, e que por este facto é o tempo que se considera.

A parte com preenchimento representa a amplitude, ou a flutuação do processo, que vai desde o mínimo valor medido até ao máximo.

É também comum apresentar algumas notificações no gráfico de acontecimentos que foram relevantes para as medições.

Os resultados das medições são apresentados de seguida na Figura 78:

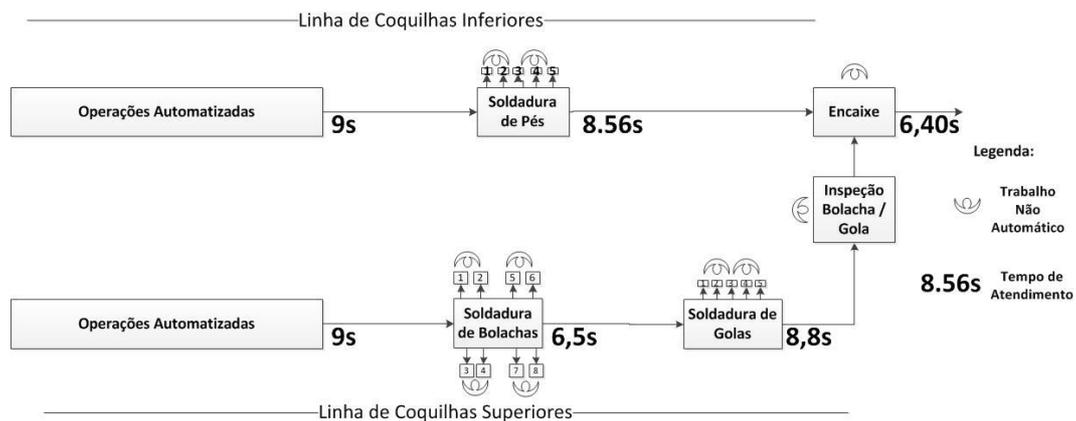


Figura 78 - Tempos de atendimento para cada um dos postos de trabalho estudados

5.4.2 Impacto do desequilíbrio e perturbações do fluxo

Fazendo uma análise dos resultados há conclusões que se tiram logo à partida.

A linha, ou as linhas de coquilhas superior e inferior, não estão necessariamente balanceadas, ou equilibradas. Ou seja, e lembrando o conceito – balanceadas requer um equilíbrio das cargas pelos postos de trabalho – apesar de as medições estarem dentro do tempo de ciclo da linha, não há um equilíbrio visível. Nota-se que na soldadura de bolacha há um excesso de capacidade, que é revisto na Tabela 2, inclusive com apenas três operadores a trabalhar – seis postos efetivos de soldadura.

Tabela 2 - Excesso de capacidade e consequências

Operações	Excesso de capacidade	Consequência
Soldadura de bolachas em relação às operações automáticas	28 %	1) Incapacidade de abastecer o posto de soldadura de bolachas num fluxo contínuo
Soldadura de bolachas em relação à soldadura de golas	26 %	2) Nenhuma

- 1) O excesso de capacidade em 28 % significa que aproximadamente a cada 3/4 coquilhas há a incapacidade de abastecer o posto de soldadura de bolachas. Este aspeto fundamental é também perceptível pela visualização do gráfico da Figura 77, onde se pode notar que em determinados momentos o tempo de atendimento era elevadíssimo devido exatamente ao facto de não existirem coquilhas para soldar as bolachas.
- 2) Relacionando diretamente os dois postos de soldadura, bolachas e golas, não há nenhuma consequência apesar do excesso de capacidade da soldadura de bolachas. Mas o que acontece com o posto de soldadura de bolachas, que também se sucede com o posto de soldadura golas, é que, devido à incapacidade das operações automáticas abastecerem este posto adequadamente, fará com que igualmente não seja possível abastecer a soldadura de golas num fluxo contínuo, devido ao défice de capacidade das operações automáticas, que influencia assim todos os postos que as sucedem.

Há um dado importante que se pode levantar analisando estas duas consequências, é o fato de gerarem imediatamente perdas de *output*, comprometendo a taxa de *output*, i.e. o volume de produto produzido por unidade de tempo. (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2010)

Uma nota importante é que o tempo de soldadura seja de que acessório for – bolachas, pés ou golas – é dependente da dimensão e da forma deste. Ou seja, os tempos de atendimento mais baixos registados, relativamente aos outros postos de soldadura, na soldadura de bolachas podem dever-se a esse fato. No entanto, não invalida de forma alguma a análise elaborada.

Para facilitar a próxima análise é retirado o posto de soldadura de bolacha, visto que, estando em excesso de capacidade nunca será motivo de problemas relacionados com os constrangimentos da linha. Assim, toma-se este posto apenas como um transportador da linha, tal como é representado na Figura 79.

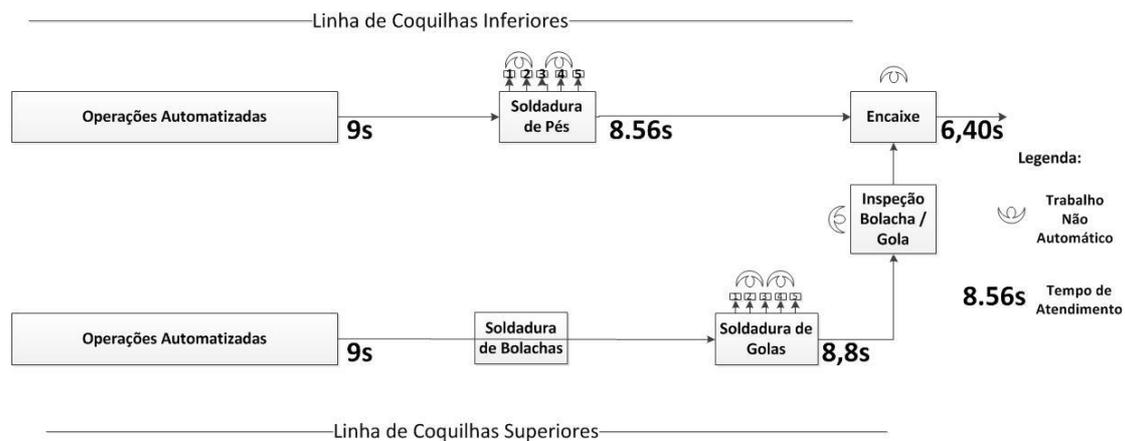


Figura 79 - Supressão do posto de soldadura de bolachas funcionando como transportador

O que se pode constatar pela figura anterior é que, analisando os postos de soldadura mais lentos, e fazendo uma comparação entre os dois, a diferença dos tempos de atendimento entre eles não é suficiente para causar os constrangimentos na linha. Estando-se a falar de décimas de diferença, estas podem ter sido causadas por erros de medição.

Posto isto, fica claro que não é o tempo de atendimento dos postos de trabalho que está a causar constrangimentos na linha, que consequentemente causa a lotação dos transportadores e a presença das coquilhas inferiores fora dos transportadores da linha.

Atendendo ao ponto da situação da análise, o passo seguinte foi verificar o fluxo das operações da parte automatizada da linha – Operações Automáticas na Figura 79.

Análise das Operações Automáticas

Para realizar a análise das operações automáticas é utilizada a Figura 80.

Observando a figura seguinte percebe-se que a parte da linha contendo apenas operações automáticas estava atuando de acordo com o pretendido. Ou seja, estavam a operar de forma a permitir o correto balanceamento dos postos de trabalho entre si.

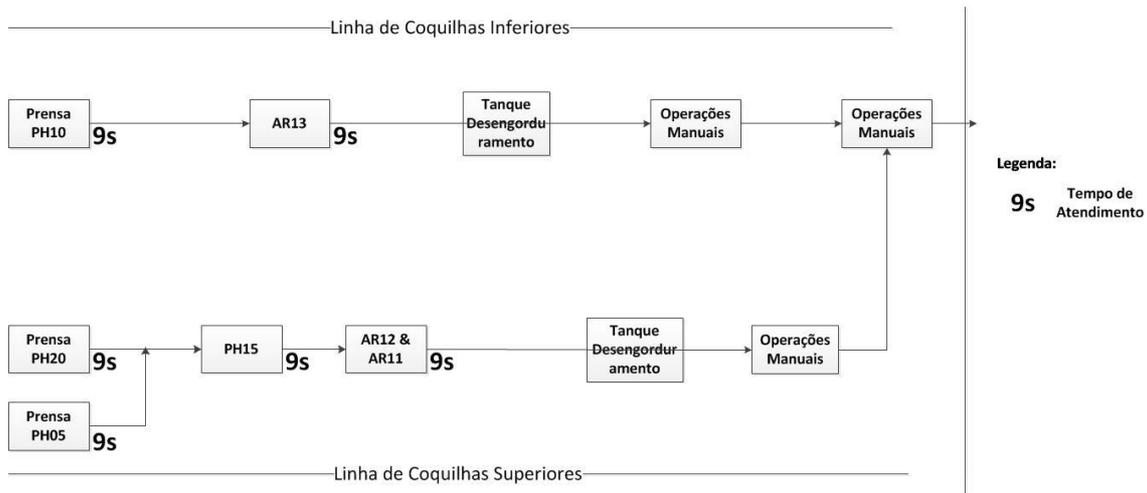


Figura 80 - Tempos de atendimento para as operações automatizadas

Fazendo um balanço da análise até aqui efetuada, conclui-se que, em termos de tempo de atendimento, tanto as operações automáticas, bem como, as operações manuais, por si só, não são o fator que estava a originar o acumular de trabalho em curso, ou WIP, na parte da linha já identificada anteriormente.

O passo seguinte foi portanto observar o modo operacional da linha, mais concretamente a forma como decorria e fluía a produção das garrafas.

Quase de imediato constatou-se um aspeto que foi determinante para justificar o acumular das coquilhas. Na AR12 & AR11 – máquina de rebaixar – a ocorrência de avarias era bastante frequente e por vezes a sua reparação demorada. Este aspeto era suficiente para haver a tal acumulação.

Como demonstra a Figura 81, ao avariar e conseqüentemente parar a AR12 & AR11 o fluxo de material deixa de existir a partir desse ponto. Este acontecimento vai originar exatamente o que demonstra a Figura 76 anteriormente apresentada.

Posto isto, encontrou-se a causa que leva ao acumular de coquilhas, ou de trabalho em curso na linha de coquilhas inferiores antes do encaixe. Vendo bem, este amontoar de material poderia, em certa parte, ser evitado, para isso bastaria simplesmente parar igualmente a linha de coquilhas inferiores, nomeadamente a soldadura de pés, quando uma avaria fosse detetada.

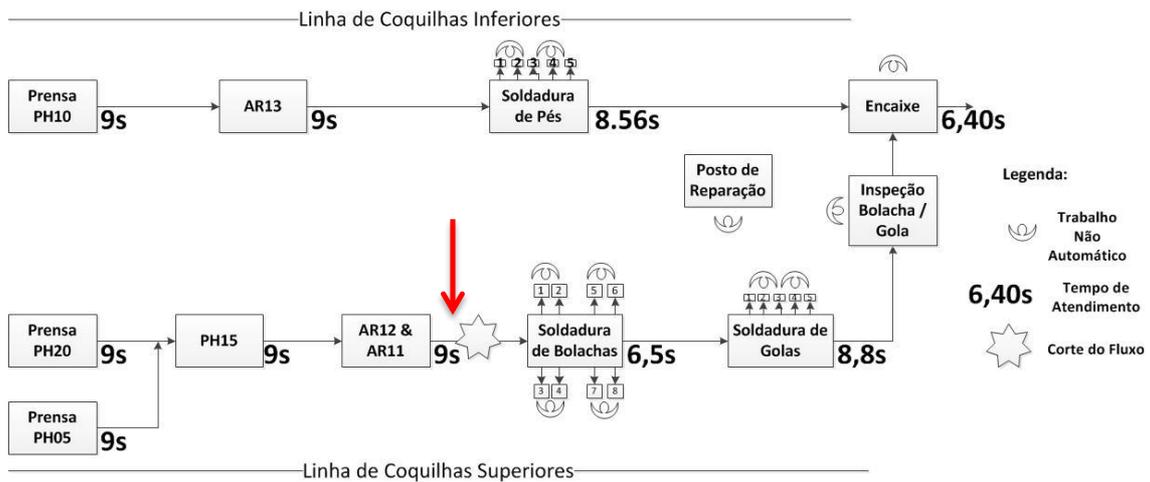


Figura 81 - Esquematização do corte de fluxo originado pela paragem da máquina AR12 & AR11

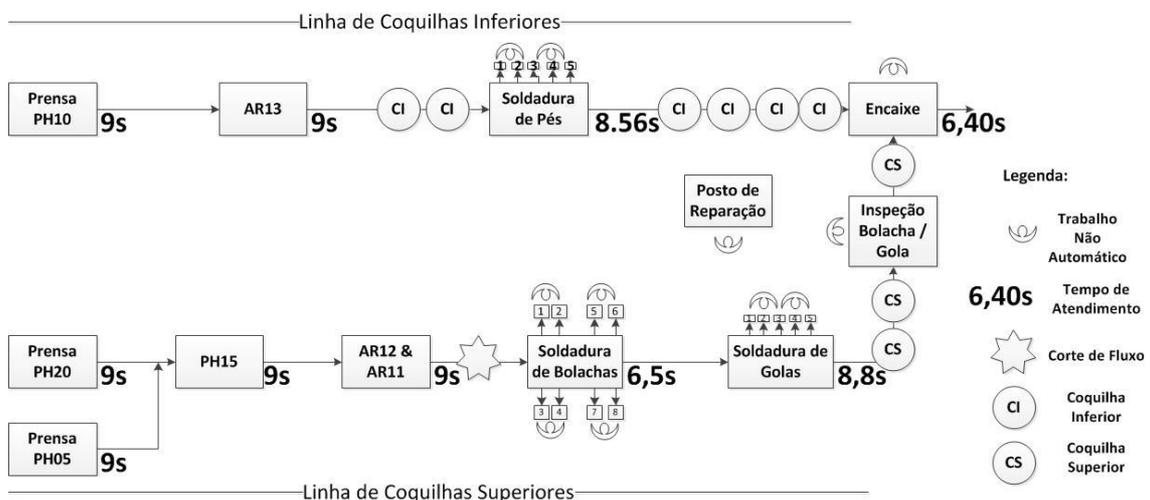


Figura 82 - Diferença entre os fluxos nas linhas devido ao corte de fluxo

Este aspeto fica patente na Figura 82. Se a dada altura o posto de encaixe só receber coquilhas inferiores, devido a não haver fluxo de coquilhas superiores devido à avaria da máquina, as coquilhas inferiores vão-se acumular no transportador antes do encaixe. E como ficou claro anteriormente, se o transportador ficar lotado as coquilhas começam a ser colocadas no chão. Assim sendo e como não há coquilhas superiores para se realizar o encaixe, e tendo em conta os tempos de atendimento da soldadura de golas e da soldadura de pés, visto que da soldadura de bolacha como se verificou atrás não tem qualquer influência é exatamente idêntico parar a linha de coquilhas inferiores. Não parando naquele tempo, basicamente o que acontece é que os operadores ficam parados quando a linha de coquilhas superiores voltar a produzir, ficando à espera que a linha seja equilibrada quanto ao número de coquilhas para realizar o encaixe.

5.4.3 Perdas e consequências

Tendo ficado claro o que originava a acumulação de trabalho em curso, *WIP*, procedeu-se à determinação das perdas e das consequências que advém do constrangimento:

- **Perdas de *output*** – Perdas diretas de *output*;
- **Perdas extensíveis a toda a linha incluindo montagem e acabamento** – As perdas de *output* e o tempo perdido no posto gargalo – neste caso a AR 12 & AR11 – é tempo perdido para todo o sistema (Courtois et al., 2015);
- **Perdas de m-d-o** – Haverá um desaproveitamento da m-d-o e conseqüentemente um custo com esta enquanto estiver parada;
- **Perdas de custos de linha** – Os custos de linha total para encomenda serão maiores quanto maior for o tempo não produtivo existente;
- **Perdas de margem na venda da garrafa** – Os custos de linha e os custos de m-d-o, estão incluídos no valor de margem de lucro na venda das garrafas. Quanto maiores forem esses custos, menores serão as margens;
- **Operar acima do *takttime*** – Dependendo do tempo não produtivo que existir, não necessariamente muito tempo, o que irá acontecer é que a linha toda irá operar a um tempo de ciclo acima do *takttime*, comprometendo por isso os prazos de entrega;
- **Atrasos na encomenda** – Como não se consegue operar dentro do *takttime* o que irá acontecer é que já não se irá produzir a quantidade necessária para o tempo que estava estipulado, o que levará a atrasos na encomenda e conseqüentemente atrasos de entrega ao cliente;
- **Custos logísticos/transporte:** Pode ocorrer que o levantamento de garrafas acabadas esteja planeada para um determinado dia, chegando a transportadora as garrafas não estão prontas, ou seja, a transportadora não levará nenhuma carga;
- **Custos de imagem perante o cliente** – A imagem perante o cliente fica afetada devido aos atrasos;
- **Custos de horas extra** – Há a possibilidade recorrer a horas extra para tentar cumprir os prazos de entrega, no entanto estas horas extras acarretam necessariamente custos;

- **Atraso das encomendas subsequentes** – Se há um atraso na encomenda que está em curso, também haverá atrasos nas encomendas posteriores, que poderá levar a perdas e consequências similares, num processo em cascata;
- **Ajuste do departamento de planeamento** – O departamento de planeamento de produção poderá ser obrigado a reformular todo o planeamento que estava estipulado, o que influenciará diretamente as encomendas que estariam agendadas;
- **Existência de sucata / retrabalho** – Nos postos de soldadura de bolachas e golas, apesar do atraso ainda pode ocorrer a existência de coquilhas para a sucata e de retrabalhos, o que ainda atrasará mais, não estando assim o posto gargalo “protegido”.

Há dois cálculos de custos que se pode executar que facilmente explicam algumas perdas:

- **Cálculo de garrafas perdidas** – Este cálculo é representativo da consequência das paragens. O cálculo de garrafas perdidas pode ser feito do seguinte modo utilizando a seguinte fórmula. Os valores são apresentados na Tabela 3 consoante o tempo de paragem.

$$N^{\circ} \text{ garrafas não produzidas} = (TP * 60) / TC$$

TP: Tempo de paragem (minutos)

TC: Tempo de ciclo = 9,35s

Tabela 3 - Número de garrafas não produzidas por tempo de paragem

Tempo de Paragem (minutos)	Nº de garrafas não produzidas
15	96
45	288
120	770
180	1155

- **Cálculo de perdas de custos com m-d-o e com a linha** – Já frisado anteriormente, independentemente do local de paragem, todos os postos de trabalho consequentes, a uma dada altura, ficarão parados o tempo que houve a avaria. Assim sendo os custos com a linha são os apresentados na Tabela 4:

Custo de linha = 54 € / hora = 0.90€ / minuto

Custos de m-d-o = 177 / hora = 2.95€ / minuto

Tabela 4 - Custos com a linha por tempo de paragem

Tempo de Paragem (minutos)	Custos com a linha (€)
15	57,75
45	173.25
120	462
180	693

Estes custos são relativos à linha estando parada, ou seja, os custos de linha e de m-d-o continuam presentes.

Se for necessário recorrer a horas extra para colmatar os atrasos, então contabiliza-se além dos custos da tabela anterior, os custos com a linha do tempo necessário para a reposição do tempo perdido anteriormente.

5.4.4 Propostas de ação para a melhoria do funcionamento do sistema

Excluindo a substituição por uma nova máquina, devido a óbvios custos excessivos de investimento, podemos pensar em medidas que melhorem a situação e reduzam a incidência dos problemas encontrados.

É invariável e imperativo que a única proposta de ação absoluta para colmatar este dilema seja assegurar a **fiabilidade de todos os postos de trabalho**. Somente esta garantia se traduz num cenário totalmente eficaz do funcionamento do sistema que se pretende que alcance:

- **Balanceamento planeado;**
- **Zero avarias;**
- **Zero defeitos.**

Estes aspetos devem ser o principal foco de atuação, porque só assim é suprimido de forma eficaz este problema. Sendo a proposta de ação primordial e essencial para a melhoria do funcionamento do sistema, surgem assim um conjunto de medidas que se preveem indispensáveis:

- **Estabilizar o fluxo e os tempos de atendimento** - Em cada posto o tempo de atendimento deve ser imperativamente de nove segundos;

- **Aplicar medidas de socorro imediato perante perturbações** - com sinalização a vermelho e com a contagem de vezes que cada posto ultrapassa o tempo de ciclo (em média, cada duas garrafas consecutivas);
- **Reduzir as paragens da linha** – As paragens da linha de produção devem ser diminuídas até zero e os tempos de paragem a segundos, em vez de minutos;
- **Melhoria da manutenção preventiva** – Uma boa manutenção preventiva ajuda a diminuir a frequência com que a máquina avaria.

Não sendo, por vezes, possível aplicar estas melhorias corretivas, é possível, no entanto, aplicar melhorias interventivas de forma a minimizar os custos.

Assim propõe-se:

- **Horas extra** – Como já foi referido, pode-se recorrer a horas extra para tentar colmatar ou minimizar as perdas;
- **Trabalho conjunto** – Sendo um problema que afeta, não só a linha de produção, mas toda a cadeia de valor é essencial que haja uma natureza de cooperação entre os departamentos. Para isso é imperativo que haja equipas multidisciplinares onde cada departamento se faz representar e que trabalhem no sentido de resolução de problemas.
- **Otimização dos postos que seguem o posto gargalo** – Consiste em otimizar os postos de trabalho que seguem o posto gargalo. Anteriormente foi identificada como perda ou consequência o fato de existir sucata e retrabalhos. Se ambos os desperdícios forem suprimidos haverá um aproveitamento máximo de todo o fluxo de material que é processado no posto gargalo.

Concluindo, há a constatação de perdas em forma de custos avultados provenientes da frequência com que a máquina de rebaixar, AR12&AR11, avaria. Perdas estas que são extensíveis não só a toda a linha de produção, mas também a toda a cadeia de valor.

Resolvendo este problema, a atitude não deveria ser de relaxamento. Pelo contrário deveria ser no sentido de melhorar progressivamente, ou seja, praticar a melhoria continua no sentido de alcançar a fiabilidade de todos os postos de trabalho que culmina a resolução efetiva do problema.

Há portanto, uma oportunidade de melhoria para este problema que tantos custos acarreta.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Fazendo um balanço dos resultados o que se pode concluir à partida é que houve uma melhoria operacional da linha, que se traduz em vários benefícios incluindo o financeiro.

6.1 Sistema de contadores

Pode-se listar os ganhos resultantes da aplicação dos contadores:

- **Controlo e gestão do WIP** – Um dos resultados em forma de melhoria que está no cerne tanto dos objetivos da proposta, bem como, do projeto de mestrado;
- **Eliminação do processo de contagem de garrafas** – Ao eliminar-se o processo de contagem de garrafas que era executado pelos operadores, além de permitir poupanças monetárias traduz-se no alcance do controlo e na gestão do WIP que era um dos principais objetivos;
- **Há uma padronização de atuação nos processos extensível a todos os turnos** – Atualmente os turnos trabalham e operam da mesma forma e em concordância quanto à gestão operacional da linha e do controlo do WIP;
- **Há um tratamento direcionado para satisfazer a encomenda e não apenas para os turnos** – Abandonou-se a questão de verificar todos os processos por turno, em vez disso, atualmente trabalha-se em conjunto no sentido de concluir a encomenda sem que haja falhas;
- **Evita-se a falta de garrafas** – Atualmente, assente no controlo do WIP, é possível evitar a falta de garrafas montadas para satisfazer a encomenda, o que se traduz em ganhos substanciais e que apontam para resultados positivos, face ao que se sucedia, em que por vezes a necessidade de repor garrafas tornava-se um processo penoso a nível monetário;
- **Evita-te também que sobrem coquilhas** – Igualmente, por via do controlo do WIP, o resultado é que não há a sobra de coquilhas após finalizar a produção de uma encomenda.

No que se refere ao aspeto financeiro, seguidamente, é elaborada uma análise das poupanças.

Ao eliminar o processo de contagem de garrafas, há um aumento do aproveitamento do tempo de operação, este tempo pode ser exprimido em poupanças monetárias, porque efetivamente consegue-se antecipar o *changeover* da linha de produção.

Primeiramente apresenta-se os custos de operação da linha, Tabela 5 – os custos de linha e os custos de m-d-o - tanto por hora de trabalho, como por minuto:

Tabela 5 - Custos de operação da linha

	Hora	Minuto
Custo de Linha	54,00 €	0,90 €
Custos m-d-o	177,00 €	2,95 €

Através da recolha de dados procedeu-se ao cálculo do número de *changeovers* da linha, visto que como anteriormente explicado, o processo de contagem de garrafas acontece sempre antes de finalizar cada encomenda e principalmente em cada encomenda.

A tabela de onde resultam os valores do número de mudanças é apresentada em [Anexo III](#), de seguida mostra-se (Tabela 6) os valores totais estimados, tanto do número de mudanças na linha, como dos dias úteis em que ocorreram:

Tabela 6 - Total de mudanças estimadas para os dias úteis estimados

Total Mudanças Estimadas	Total Dias Úteis Estimados
367	229

Esta estimativa é feita devido a não se possuir dados suficientes para determinar quantos *changeovers* foram efetivamente realizados num período de um ano fabril. Assim, tendo em conta, cerca de sete meses e mantendo a frequência de mudanças, calculou-se uma estimativa anual, ou seja, para os restantes quatro meses. Não se contabilizou o mês de agosto porque este não é considerado no calendário fabril, estando a empresa encerrada nesse período.

Anteriormente, na análise da situação atual do processo de contagem de garrafas, salientou-se que este processo poderia durar até cerca de uma hora. Como tal, e não havendo um tempo padrão para a execução deste processo, procedeu-se à avaliação de vários cenários, sendo o cenário mais favorável de quinze minutos e o pior cenário de uma hora. Entre estes incluiu-se cenários médios, de trinta e quarenta e cinco minutos. A Tabela 7 apresenta os resultados das poupanças que advém de eliminar o processo de contagem de garrafas, para os vários cenários, já mencionados, e para uma perspetiva anual.

Tabela 7 - Poupanças da eliminação do processo de contagem de garrafas

Tempo para Contagem Garrafas (Minutos)	15	30	45	60
Poupança	57,75 €	115,50 €	173,25 €	231,00 €
Poupança Anual	21.194,25 €	42.388,50 €	63.582,75 €	84.777,00 €
Poupança Média Anual	52.985,63 €			

Analisando os resultados, pode-se concluir que por cada quinze minutos que se gasta no processo de contagem de garrafas, gastam-se 57,75€. Por outro lado, ao se suprimir esta necessidade, este gasto torna-se em poupança. Isto quer dizer que, para cada quinze minutos que iriam ser gastos, como não foram, poupou-se 57,75€. No extremo oposto, o pior cenário – pelo prisma do processo de contagem de garrafas – de demorar cerca de uma hora, a poupança por cada vez que se exclui este cenário é de 231,00€.

Claramente, durante todo o ano, o processo de contagem de garrafas não demora sempre o mesmo tempo. No entanto, foi elaborada a análise assente nessa teoria precisamente para se perceber as poupanças para os diferentes cenários.

Por fim, é apresentada uma poupança média anual, tendo em conta a poupança anual respetiva a cada cenário. Sendo assim, a poupança média anual ascende aos 52.985,63€.

Uma outra análise quantitativa ao nível monetário que se pode elaborar é a determinação do custo de produzir garrafas para repor numa encomenda que supostamente já estaria completa. No entanto o cálculo é imprevisível, visto que é composta por várias variáveis:

- **Tempo de contagem de garrafas** – Este dado até pode ser suprimido visto que com o sistema de contadores deixa de ser necessário, no entanto, era uma variável a ter em conta;
- **Changeover (mudança de fabrico)** – O tempo que demora o *changeover* da linha para a preparar para produzir o tipo de garrafas que se irá repor;
- **Momento do *changeover*** – Se o *changeover* da linha para produzir as garrafas que faltam acontecer no final de outra encomenda, então pode-se contabilizar apenas um. Caso aconteça a meio de outra encomenda então terão de ser contabilizados dois – um para a encomenda da qual se tem de repor as garrafas e um para a encomenda que estava em curso até então;

- **Número de garrafas a repor** – Tendo em conta o número de garrafas que é necessário produzir para reposição, irá determinar quanto tempo será necessário para as produzir. Esse tempo necessário é traduzido em custos de operação da linha – custos de linha e de m-d-o.

Recorrendo novamente à Tabela 5 que contém os custos de operação de linha. Utilizando novamente variados cenários, visto que a duração do *changeover* não é sempre a mesma, apresenta-se, na Tabela 8, os custos por cada um para diferentes intervalos de tempo:

Tabela 8 - Custos de operação da linha por tempo do *changeover*

Tempo para o <i>Changeover</i> (Minutos)	25	45	60	75
Custos com o Tempo do <i>Changeover</i>	96,25 €	173,25 €	231,00 €	288,75 €
Custo Médio Tempo do <i>Changeover</i>	197,31 €			

Fazendo uma análise similar à anterior, no melhor cenário – vinte e cinco minutos - os custos de uma mudança são de 96,25€. Contrariamente, no pior cenário, os valores ascendem a 288,75€. Assim, a média atinge custos de 197,31€.

Caso se verifique a situação explicada anteriormente, relativa ao momento em que é feita a mudança da linha para fazer a reposição, se esta for feita a meio de outra encomenda então estes custos apresentados a cima serão o dobro, ou seja, contabiliza-se dois *changeovers* – Tabela 9.

Tabela 9 – Custos consoante o número de *changeovers*

Tempo para o <i>changeover</i> (Minutos)	25	45	60	75	Médio
Custo por <i>changeover</i>	96,25 €	173,25 €	231,00 €	288,75 €	197,31 €
Custos de 2 <i>changeovers</i>	192,50 €	346,50 €	462,00 €	577,50 €	394,62 €

O número de garrafas a produzir para a reposição pode variar muito, no entanto, estabelece-se os custos por cada garrafa que terá de repor. Para auxiliar os cálculos são apresentados - Tabela 10 - novamente os custos de operação da linha, incluindo os custos por segundo:

Tabela 10 - Custos de operação da linha

	Hora	Minuto	Segundo
Custo de linha	54,00 €	0,90 €	0,02 €
Custos m-d-o	177,00 €	2,95 €	0,05 €
TOTAL	231,00 €	3,85 €	0,06 €

Tendo em conta a Tabela 10 e o tempo de ciclo da linha – 9.35s – calcula-se o custo por cada garrafa:

$$\begin{aligned} \text{Custo de produção por garrafa} &= TC * \text{Custos operacionais por segundo} \\ &= 9.35 * 0.06 = 0.561 \text{ €} \end{aligned}$$

TC: Tempo de Ciclo

Assim, o custo das garrafas que se irá produzir é:

$$\begin{aligned} \text{Custo de produzir garrafas} \\ &= \text{Custa de produção por garrafa} * \text{Quantidade de garrafas} \end{aligned}$$

Como tal pode-se definir uma equação final para o custo operacional da linha conforme as garrafas que se terão de produzir:

$$\begin{aligned} \text{Custos operacionais da linha} \\ &= \text{Custo de produzir garrafas} + (\text{Custo do changeover} * N^o \text{ de changeovers}) \end{aligned}$$

É também relevante salientar que enquanto decorrem os *changeovers* para reposição de garrafas existe tempo não produtivo que se traduz em garrafas que não foram produzidas. Seguidamente, na Tabela 11, são apresentadas para cada cenário o número de garrafas que não foram produzidas e os custos associados.

Tabela 11 – Número de garrafas não produzidas

Tempo para o changeover (minutos)	25	45	60	75	Médio
Número de garrafas não produzidas	160	288	385	481	328
Custo de garrafas não produzidas	90 €	162 €	216 €	270 €	184 €

$$\text{Garrafas não produzidas} = \frac{\text{Tempo para o } \textit{changeover} * 60 \text{ segundos}}{TC}$$

Para a definição dos custos de “garrafas não produzidas” na Tabela 11, usa-se a equação anterior que calcula o custo de produção por garrafa.

Custos garrafas não produzidas

= *Garrafas não produzidas * Custo de produção por garrafa*

= *Garrafas não produzidas * 0.561€*

É possível também agregar o custo dos *changeovers* para reposição de garrafas, com o custo de perda de produção, i.e. perdas com garrafas não produzidas devido ao tempo utilizado nos *changeovers*. Assim, consoante o número de *changeovers* e o tempo despendido neles determina-se que (Tabela 12):

Tabela 12 – Custos agregados de *changeovers* e de garrafas não produzidas

Tempo para o <i>changeover</i> (minutos)	25	45	60	75	Médio
Custo por <i>changeover</i>	96,25 €	173,25 €	231,00 €	288,75 €	197,31 €
Custos por 2 <i>changeovers</i>	192,50 €	346,50 €	462,00 €	577,50 €	394,62 €
Custo de garrafas não produzidas	90 €	162 €	216 €	270 €	184 €
Custos agregados para 1 <i>changeover</i>	186,25 €	335,25 €	447 €	558,75 €	381,31 €
Custos agregados para 2 <i>changeovers</i>	372,50 €	670,50 €	894 €	1117,50 €	762,62 €

Note-se que perante a situação em que é necessário recorrer a dois *changeovers* é necessário contabilizar duas vezes o custo de garrafas não produzidas, pois são os intervalos de tempo em que não se irá produzir garrafas devido à realização dos ditos *changeovers*. Assim, para determinar os custos agregados recorre-se à seguinte equação, que, a título de exemplo, serão calculados os “custos agregados para 2 *changeovers*” de 25 minutos.

Custos agregados

$= (\text{Custo de garrafas não produzidas} * n^{\circ} \text{ de changeovers})$

$+ (\text{Custo por changeover} * n^{\circ} \text{ de changeovers})$

$= n^{\circ} \text{ de changeovers} (\text{Custo de garrafas não produzidas} + \text{Custo por changeover})$

A título de exemplo, têm-se:

*Custos agregados para 2 changeovers (25 minutos) = 2 * (90 + 96.25) = 372.50 €*

Esta análise contabilística dos resultados pretende demonstrar as poupanças inerentes à aplicação dos contadores. Facilmente se percebe que evitar estes custos se traduzirá em poupanças para a empresa, juntando as poupanças calculadas no presente capítulo com a eliminação do processo de contagem de garrafas serão ganhos significativos para a empresa.

Posteriormente e no sentido de aprofundar a análise vai depender de cada situação e de cada momento, tendo como base as variáveis anteriormente definidas.

Estes custos apresentados associados à falta de garrafas para satisfazer cada encomenda e conseqüentemente à sua reposição vão gerar outros custos e outros gastos devido à propagação em cascata nas diferentes fases da cadeia de valor, estendendo-se às fases de planeamento técnico, administrativo e financeiro.

6.2 Sistema de carrinhos

O resultado mais marcante da aplicação do sistema de carrinhos foi a forma como de momento se processa todo o material para reparação. Identifica-se de seguida o efeito resultante da implementação do sistema de carrinhos:

- **Padrão em todos os turnos** – Atualmente há um padrão de atuação em todos os turnos, i.e. operam todos da mesma forma, o que facilita a transferência de informação e melhoria na organização;
- **Padrão em todos os postos de trabalho envolventes** – Contrariamente ao que acontecia antigamente, em que cada posto de trabalho tratava o material sem procedimentos formais estabelecidos, hoje todos os postos de trabalho operam de forma estruturada, pensada e idêntica, para se atingir níveis elevados de desempenho, não só nos seus postos mas em todos os envolventes;
- **Eliminação / Atenuação de desperdícios** – A implementação do sistema de carrinhos veio eliminar nuns casos e reduzir noutros os desperdícios. Em particular os

desperdícios relativos às movimentações e manuseamento do material e à deslocação dos operadores foram mitigados;

- **Aumento da segurança** – O facto de não existir material no espaço fabril e de os operadores não necessitarem de transportar as coquilhas à mão teve um impacto positivo na segurança e higiene no trabalho;
- **Aumento na fluidez do fluxo de reparados** – Com a padronização e com a eliminação de desperdícios, a fluidez do fluxo de reparados ficou bastante melhorada. Atualmente não há coquilhas “perdidas” ou espalhadas. Pelo contrário, há a noção clara da fase em que estão as coquilhas, se necessitam de reparação, se não necessitam, para onde devem ir, etc.;
- **Melhoramento de condições ergonómicas** – Com o sistema de carrinhos as condições ergonómicas e de agilidade de manipulação e transporte foram consideravelmente melhoradas. Os carrinhos facilitam aos operadores o acesso, levantamento e colocação das coquilhas nos transportadores, assim como a sua manipulação e transporte sem que seja necessário transportá-las à mão. Em particular o trabalho do operador do primeiro turno do posto de inspeção, cuja deficiência lhe permite usar apenas uma mão, foi bastante facilitado, permitindo que alcançasse um desempenho muito bom;
- **Manuseamento de material facilitado** – Os próprios carrinhos facilitam o transporte das coquilhas, aumentam o número de coquilhas a transportar e impede que se tenha de as colocar no chão da fábrica;
- **Organização da área** – Toda esta área envolvente do posto de reparação, atualmente, opera de forma organizada. Todo o material está organizado e adequadamente identificado, o fluxo deste material dá-se de forma organizada.

Em suma, os resultados foram os esperados e foram contributivos para controlar e fazer a gestão do WIP. Esta melhoria, foi também alavanca facilitadora para a implementação das outras melhorias.

6.3 Sistema de requisições

Muito embora a implementação da proposta de requisições tenha sido estudada e analisada o autor não dispôs de oportunidade temporal para a implementar. No entanto, é possível de forma razoável fazer previsões sobre os resultados esperados.

A implementação do sistema de requisições, como citado anteriormente, visa complementar a melhoria do sistema de contadores. Com base nisso, o que se propõe na melhoria de um sistema de requisições é principalmente a comunicação eficaz e célere da sucata, culminando com a reposição de discos necessários para fazer face ao défice de coquilhas que foram para sucata. Sumariamente, e de forma convicta que os resultados serão os esperados, o resultado primordial desta melhoria ao ser implementada, irá ser mais uma garantia de que não faltarão garrafas para satisfazer a encomenda.

O resultado essencial que se espera será apoiado por uma comunicação visual eficaz da sucata, porque esta informação não passará por fases intermediárias, mas será diretamente comunicada à parte inicial da linha responsável por gerir o *input* na linha.

Esta forma direta fará com que a transferência de informação sobre a sucata seja de forma célere e em curtos espaços de tempo.

6.4 Melhoria do funcionamento do sistema

Com a elaboração deste conjunto de ações, [subcapítulo 5.4.4 – Propostas de ação para a melhoria do funcionamento do sistema](#), o que se pretende é que seja dado um forte contributo ao nível da fluidez da linha de montagem, como de todo o sistema.

O resultado que se espera é que com esta melhoria sejam criados mecanismos de atenuação de falhas ou erros durante a produção das garrafas.

Além disso, pode-se recorrer aos dados calculados anteriormente no [subcapítulo 6.1 – Sistema de contadores](#), e perceber os custos inerentes às paragens da linha que conseqüentemente leva a perdas substanciais e imediatas de *output*. Assim, apresentando novamente os custos de operação de linha – Tabela 13 – calcula-se os custos resultantes de paragens de produção, incluindo os custos por ter os recursos parados e por não estar a produzir qualquer garrafa – Tabela 14.

Tabela 13 – Custos de operação da linha

	Hora	Minuto	Segundo
Custo de linha	54,00 €	0,90 €	0,02 €
Custos m-d-o	177,00 €	2,95 €	0,05 €
TOTAL	231,00 €	3,85 €	0,06 €

Tabela 14 – Custos das paragens da linha de produção

Tempo de paragem da linha de produção (minutos)	25	45	60	75	90	Médio
Custos por paragem	96,25 €	173,25 €	231 €	288,75 €	346,5 €	227,15 €
Custo de garrafas não produzidas	90 €	162 €	216 €	270 €	324 €	212,4 €
Custos resultantes das paragens da linha de produção	186,25 €	335,25 €	447 €	558,75 €	670,5 €	381,31€

Para o cálculo do “Custo de garrafas não produzidas” usou-se exatamente o custo por garrafa amplificado ao tempo de paragem. Tal como já se tinha realizado anteriormente no [subcapítulo 6.1 – Sistema de contadores](#).

Prevê-se assim uma parte dos custos gerados pela paragem da linha que conseqüentemente se traduzirá em poupanças que são os resultados que realmente se esperam.

Muito embora, a existência de coquilhas superiores fora do transportador possa ser facilmente revista, bastando quando uma das linhas, seja de coquilhas superiores ou inferiores, parar, ou seja haver uma avaria numa das máquinas automatizadas, a outra linha parar também. Porque como se mostrou na apresentação da proposta, só se realiza o encaixe das coquilhas quando há efetivamente coquilhas dos dois tipos, superior e inferior.

No entanto, este acontecimento possibilitou alcançar um problema que poderia estar oculto. Assim, a contribuição desta melhoria e conseqüentemente os resultados que se esperam é que sejam efetuadas medidas, tanto no sentido de balancear a linha, como também permitir que se mantenham os padrões pretendidos e necessários da capacidade de produção e concomitantemente do cumprimento dos prazos estipulados.

7. CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as conclusões do projeto de dissertação em Engenharia e Gestão Industrial realizado na AMTROL-ALFA.

Abordam-se os objetivos alcançados e de que forma foram atingidos, bem como, são revistos alguns obstáculos que surgiram no decorrer deste projeto de investigação. Por fim apresenta-se uma linha de orientação para trabalhos futuros a desenvolver.

7.1 Conclusões

Os principais objetivos do projeto foram melhorar o funcionamento do processo produtivo e o controlo da produção de garrafas de gás numa linha de produção, com incidência na análise e redução da variação dos trabalhos em curso de fabrico (WIP). Em particular procurou-se avaliar e reduzir o impacto das perturbações no funcionamento da linha e no cumprimento de prazos e quantidades de entrega de cada encomenda. As perturbações são causadas principalmente por 1) avarias de equipamento crítico, pela 2) criação de produtos não conformes e ainda por 3) erros de contagem. O objetivo surgiu da constatação de que frequentemente havia falta ou excesso de produção sendo por isso frequente a necessidade de preparações não previstas da linha para a fabricação de algumas unidades, em vários milhares a satisfazer, ou a reparação de um número não desprezível de unidades não conformes ou simplesmente a sua reposição quando não recuperáveis.

O trabalho foi desenvolvido tendo sido dadas contribuições diversas capazes de atenuar os efeitos das perturbações ou reduzi-las substancialmente permitindo em última instância, como se pretendia fazer, um melhor uso do sistema de produção e aumentar a fiabilidade do processo de controlo com vista ao cumprimento das quantidades de encomenda, nos prazos estabelecidos.

Houve inicialmente um estudo aturado, seguido de análise crítica, do funcionamento do sistema de produção, dos processos de planeamento da produção da linha, dos processos de contagem de garrafas, da abordagem à reparação de não conformes e reposição de unidades não reparáveis. Fez-se também uma análise de procedimentos operatórios para arranque, i.e. “*changeover*” da linha de produção perante falta de algumas unidades para perfazer encomendas e ainda das formas de atuação perante avarias de equipamento principal da linha. Este estudo e análise crítica levaram a elaboração e implementação de algumas propostas de

melhoria da operacionalidade do sistema de produção distribuindo-se essencialmente por duas dimensões:

1. A da conceção de equipamentos auxiliares, nomeadamente para transporte e manipulação de coquilhas para reparação e respetiva devolução às linhas;
2. E o desenvolvimento de procedimentos de monitorização e controlo dos trabalhos em curso de fabrico, incluindo a integração dos reparados.

Elaborada a análise crítica percebeu-se que o processo de contagem de garrafas executado pelos operadores não era eficaz, visto que ocorriam erros que conduziam à falta de garrafas destinadas a satisfazer cada encomenda ou à sobra de componentes, e.g., coquilhas. Ressaltou também que o tratamento dos reparados, i.e. garrafas em curso de fabrico não conformes sujeitas a reparação, nomeadamente junto do posto reparação e a transferência de informação sobre a sucata assumiam um papel preponderante para garantir o controlo e gestão do WIP. Procedeu-se então, à aplicação de contadores na linha. Estes contadores permitem contar todas as unidades de artigo em curso, i.e. coquilhas. Primeiramente definiu-se os locais mais apropriados para colocar os contadores. Posteriormente à aplicação destes, fez-se uma avaliação com o intuito de perceber o que realmente contavam e a sua eficácia e continuamente uma gestão dos mesmos.

Através da análise elaborada anteriormente, que ressaltava o papel do tratamento dos reparados e da transmissão de informação sobre a sucata fez-se uma análise sobre a forma como estes processos influenciavam as contagens e conseqüentemente a leitura do trabalho em curso efetivo.

Concluiu-se portanto, que havia a necessidade de implementar um processo de contagem de garrafas sólido e eficiente e que permitisse assegurar o cumprimento das quantidades pedidas pelo cliente, evitando claramente o processo penoso de reposição das garrafas caso houvesse de facto algumas em falta. Este processo teria de ser padronizado tendo em conta que haveria uma mudança de mentalidade, passando-se a operar para a encomenda, relacionando o trabalho de turnos e não para cada turno de forma praticamente independente. Esta mudança de paradigma de atuação foi algo complicado de inculcir, tendo em conta os anos de trabalho sob a mesma forma. Foi necessária a criação de elos de confiança e de respeito com os operadores para que fossem aceites as mudanças. Destaca-se o papel crucial que a inteligência emocional, concretamente através do aprofundamento literário, deteve no contornamento deste obstáculo. Muito contribuiu também a cooperação do gestor de fábrica que foi essencial no

desbloqueamento de certas posições. Não menos importante, foi o contributo, o esforço e a dedicação dos operadores da linha, que apesar de tudo foram os grandes intervenientes neste processo.

Assente no objetivo principal e no decorrer do desenvolvimento das metodologias, *KATA* e *Action Research*, surgiram aspetos amplamente ligados ao controlo e gestão do trabalho em curso. Estes aspetos passaram pela constatação, já citada, da influência da sucata, i.e. artigos não conformes perdidos, como também da observação de certos processos e acontecimentos sobre o WIP.

Surge assim, a necessidade de complementar o alcance do objetivo primordial com a reorganização e padronização de processos adjacentes à linha de produção, como a manipulação de peças na zona envolvente do posto de reparação, como também, a standardização de processos de transmissão de informação sobre a sucata.

Para isso, procedeu-se à conceção de um sistema de carrinhos e de um ajustamento, culminado na padronização, da forma de operar, melhorando-se a organização, a transferência de informação sobre a sucata e o manuseamento de peças para reparar.

A conclusão é que as propostas de melhoria referidas se alinharam com os objetivos do trabalho que, na opinião do autor do trabalho, foram alcançados. Realça-se um acréscimo substancial de organização e de espaço, resultante do arrumo proporcionado pelo sistema de manipulação e transporte de coquilhas proposto, baseado em carrinhos concebidos pelo autor. É pertinente salientar que o facto de recorrer a técnicas *lean* como o sistema *poka-yoke* e a gestão visual permitiu facilitar, tanto a utilização simples e sistemática dos carrinhos, como também, a perceção de qualquer operador ou pessoa no local do propósito dos carrinhos através da identificação de cores.

Inerente e complementar ao sistema de contadores, percebeu-se que a fluidez e a rápida transferência de informação sobre a sucata sofriam por vezes alguns erros. Como tal, elaborou-se uma solução sob um sistema de requisições. Esta melhoria emprega a implementação de um sistema *milk run* que é levado a cabo por um operador. Sucintamente este operador percorre três zonas identificadas da linha de montagem, fazendo um levantamento da sucata e da respetiva requisição e entrega no início da linha, onde ocorre o embutimento dos discos das prensas. Estas requisições operam requisitando a introdução de coquilhas na linha de produção de forma a colmatar as que foram para a sucata.

Muito embora não tenha havido disponibilidade temporal para implementar esta melhoria, já havia sido feita uma análise e a sua aplicação estava em estudo.

Como citado anteriormente, houve a constatação de processos e acontecimentos que visavam o trabalho em curso, nomeadamente a presença de coquilhas superiores fora da linha, i.e. fora dos transportadores. Portanto o que se fez primeiramente foi elaborar uma avaliação do problema, sob a forma do estudo do balanceamento da linha e dos postos de trabalho, concluindo-se que os postos de trabalho manuais não eram o fator que desencadeava a presença de trabalho em curso fora da linha. Seguidamente elaborou-se uma avaliação das operações automáticas, novamente através do balanceamento dos postos e posteriormente da observação do curso dos trabalhos. Relativamente ao balanceamento, este não acarretava problemas, mas o que se constatou ao observar o funcionamento desta porção da linha de montagem, foi que havia uma máquina que registava avarias frequentemente e que poderia ser o fator pelo qual havia coquilhas fora do transportador. Posto isto, fez-se uma avaliação e análise das perdas e consequências que advinham deste acontecimento. Estas perdas ou consequências traduziam-se em penosos custos para a empresa, bem como, as consequências eram extensíveis a toda a linha de produção – montagem e acabamento – e também a toda a empresa, nomeadamente ao departamento de planeamento que com os atrasos teria de ajustar o planeamento de produção estipulado. São propostos procedimentos que podem reduzir as perdas referidas. Embora não tenha havido tempo suficiente para a sua implementação, foi apresentado um estudo aprofundado que poderá ser relevante para levar a empresa a atuar.

O autor no decorrer do desenvolvimento do presente projeto de dissertação assume a passagem por um processo de aprendizagem exponencial e significativo.

Ao autor foi possível aplicar conceitos e metodologias que até então eram apenas teóricos. O contacto com o ambiente industrial e profissional proporcionou ao autor uma aprendizagem ao nível de formas de trabalhar, de ritmos industriais e de formas de pensamento. A inserção neste ambiente possibilitou desenvolver competências a nível social, como é o caso da IE, a nível técnico, destacando-se novas metodologias, nomeadamente, a *KATA*, e ferramentas *lean*. Não menos importante foi a aprendizagem ao longo da escrita da dissertação, em que o autor fomentou o rigor científico, a análise crítica e assertiva e a capacidade de autodisciplina.

7.2 Trabalho futuro

A AMTROL-ALFA como empresa líder do mercado, assente numa visão de melhoria contínua e inovação irá com toda a certeza continuar na busca por melhorias que permitam manter ininterruptamente a excelência e a liderança.

Pretende-se assim que continuamente sejam melhorados, pela empresa, todos os processos de melhoria implementados. Os processos que em que não houve a possibilidade de serem implementados, que sejam objeto de estudo para posteriormente sejam aplicados.

Assim, crê-se que estas melhorias servirão também para a base de futuras melhorias.

Pensa-se que seria benéfico a aplicação de contadores em locais que se denotem relevantes, como é o caso da linha de acabamento.

O abastecimento de discos em números exatos seria pertinente na medida da avaliação do *input* na linha de montagem. Igualmente, o número de acessórios por cada caixote também seria um dado, novamente do *input*, que facilitaria o trabalho operacional da linha.

Num cômputo geral, o trabalho futuro na linha de montagem passará pela informatização total de todos os processos. Será um agente facilitador na operação dos processos incluídos na linha de produção, como facilitará o manuseamento e recolha de informação referentes a toda a linha de montagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Art of Lean, I. (2006). Basic TPS Handbook. Retrieved from http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf [Acedido em 01 2016]
- Borg, J. (2008). *Persuasão*. Cruz Quebrada: Academia do Livro.
- Brar, G. S., & Saini, G. (2011). *Milk run logistics: literature review and directions*. Paper presented at the Proceedings of the World Congress on Engineering.
- Carmo-Silva, S. (2010). *Textos e elementos de apoio - Organização de sistemas de produção I - V01.10*. Braga: Publicação Interna, Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220-240. doi:doi:10.1108/01443570210417515
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2015). *Gestão da Produção - Para uma gestão industrial ágil criativa e cooperante* (7ª ed.). Paris, França: Lidel.
- Gava, V. L., Spinola, M. d. M., Tonini, A. C., & Medina, J. C. (2012). The 3C cooperation model applied to the classical requirement analysis. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*, 9, 235-264.
- Goleman, D., Boyatzis, R., & McKee, A. (2002). *Primal Leadership* (G. Valente Ed. 4º ed.): grávida.
- Groover, M. P. (2002). *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems* (2ª ed.): Wiley.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. doi:10.1016/j.jom.2006.04.001
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy, Second Edition*: McGraw-Hill Education.
- Infosolda. (2013). Processo Arco Submerso. Retrieved from <http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/processos/156-processo-arco-submerso-caracteristicas.html> [Acedido em 01 2016]
- Jaca, C., Viles, E., Jurburg, D., & Tanco, M. (2013). Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study. *International Journal of Production Research*, 52(6), 1755-1770. doi:10.1080/00207543.2013.848482
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2010). Supplement H: Measuring Output Rates. Retrieved from http://wps.pearsoned.co.uk/ema_ge_krajewski_opsmgmt_9/140/35881/9185592.cw/index.html [Acedido em 01 2016]
- Liff, S., & Posey, P. A. (2004). *Seeing is Believing: How the New Art of Visual Management Can Boost Performance Throughout Your Organization*: AMACOM.
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*: McGraw-Hill Education.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*: McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Lamb, T. (2000). *Lean Manufacturing Principles Guide*. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan.
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662-673. doi:<http://dx.doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Taylor & Francis.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A Filosofia das Organizações Vencedoras* (6ª ed.): LIDEL.
- Reverol, J. (2012). Creating an Adaptable Workforce: Using the Coaching Kata for Enhanced Environmental Performance. *Environmental Quality Management*, 22(2), 19-31.
- Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*: McGraw-Hill Education.
- Rother, M. (2013). *Improvement Kata Handbook*: Mike Rother.
- Rother, M. (2015). *Improvement Kata and Coaching Kata - Practice Guide* (Vol. 1.0): Mike Rother.
- SembGroup. (2016). Transportadores de correntes. Retrieved from <http://sembgrouplogistica.com/produtos/transportadores-de-correntes-table-e-flex-top> [Acedido em 01 2016]
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*: Taylor & Francis.
- SILU, S. (2012). Lean Logistics Planning. Retrieved from <http://www.silu.asia/index.php/Index/Page/classid/29/?l=en> [Acedido em 01 2016]
- Soltero, C. (2012a). Creating an adaptable workforce: Using the improvement Kata for enhanced environmental performance. *Environmental Quality Management*, 21(3), 47-56. doi:10.1002/tqem.20326
- Soltero, C. (2012b). Rediscovering the kata way. (Cover story). *Industrial Engineer: IE*, 44(11), 28-33.

- Starkov, K. K., Pogromsky, A. Y., & Rooda, J. E. (2011). Performance analysis for tandem manufacturing lines under variable structure production control method. *International Journal of Production Research*, 50(8), 2363-2375. doi:10.1080/00207543.2011.564671
- Technology, B. G. T. S. (2009). Os telhados aplicaram a bobina/folhas de aço galvanizadas DX51D+Z, metal DC01 baixo. Retrieved from <http://portuguese.prepaintedsteelcoils.com/sale-2229782-roofs-applied-dx51d-z-galvanized-steel-coil-sheets-dc01-base-metal.html> [Acedido em 01 2016]
- Tyagi, S., Cai, X., Yang, K., & Chambers, T. (2015). Lean tools and methods to support efficient knowledge creation. *International Journal of Information Management*, 35(2), 204-214. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.12.007>
- Wilson, L. (2009). *How To Implement Lean Manufacturing*: McGraw-Hill Education.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2010). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2ª Edição ed.): Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.

ANEXO II – GRÁFICOS DOS TEMPOS DE ATENDIMENTO MEDIDOS

Primeiramente é apresentado na Figura 84 os tempos de atendimentos medidos para o posto de soldadura de golas.

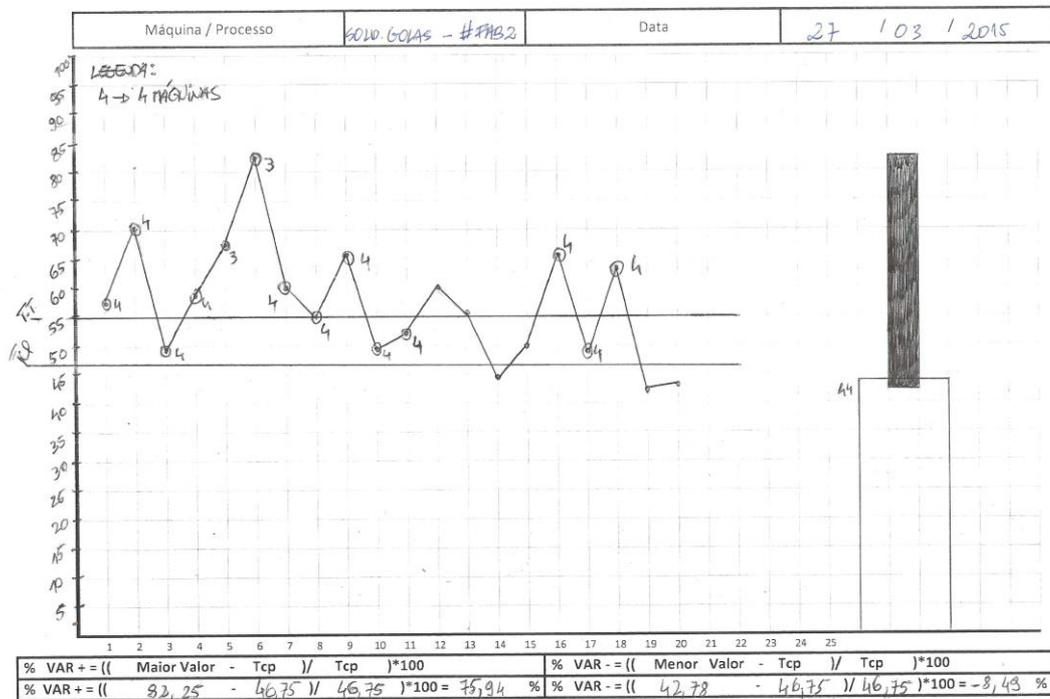


Figura 84 - Tempos de atendimento medidos para o posto de soldadura de golas

Seguidamente é apresentado o gráfico contendo os tempos de atendimento do posto de soldadura de pés - Figura 85.

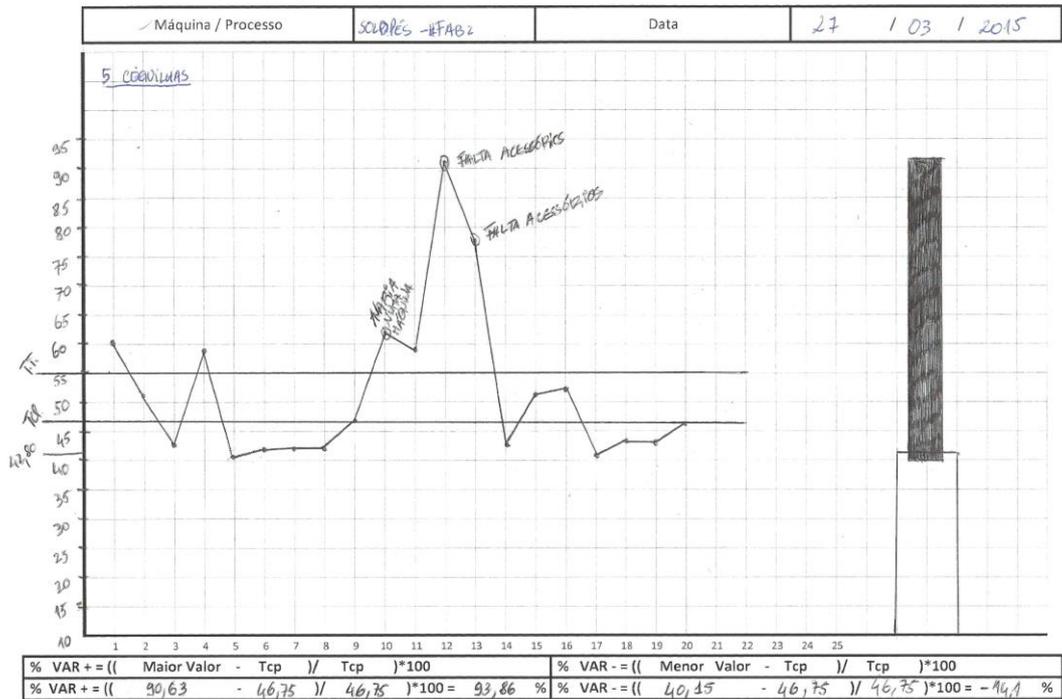


Figura 85 - Tempos de atendimento medidos no posto de soldadura de pés

Por fim são apresentados na Figura 86, os tempos de atendimento medidos para o posto de encaixe.

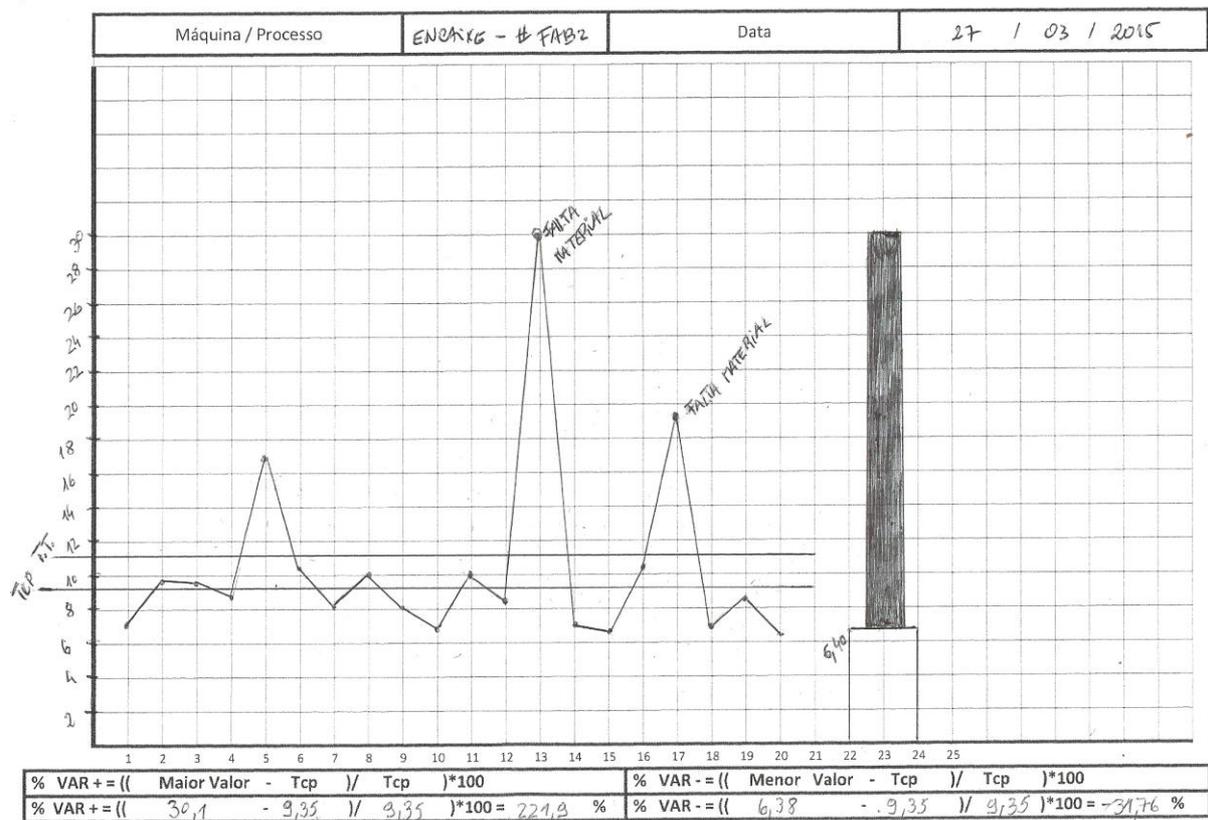


Figura 86 - Tempos de atendimento medidos para o posto de encaixe

ANEXO III – TABELA DA QUAL RESULTAM OS VALORES DO NÚMERO DE MUDANÇAS

A tabela seguinte, Figura 87, representa a tabela que deu origem aos valores estimados do número de mudanças.

Semana	Ínicio	Fim	Mudanças	Dias Trabalho na Semana	
50	08-12-2014	13-12-2014	8	5	
51	15-12-2014	20-12-2014	7	5	
52	22-12-2014	27-12-2014	2	2	
1	29-12-2014	03-01-2015	2	2	
2	05-01-2015	10-01-2015	4	5	
3	12-01-2015	17-01-2015	10	5	
4	19-01-2015	24-01-2015	4	5	
5	26-01-2015	31-01-2015	7	5	
6	02-02-2015	07-02-2015	13	5	
7	09-02-2015	14-02-2015	3	5	
8	16-02-2015	21-02-2015	7	3	
9	23-02-2015	28-02-2015	7	5	
10	02-03-2015	07-03-2015	6	5	
11	09-03-2015	14-03-2015	6	5	
12	16-03-2015	21-03-2015	11	5	
13	23-03-2015	28-03-2015	11	5	
14	30-03-2015	04-04-2015	3	4	
15	06-04-2015	11-04-2015	7	4	
16	13-04-2015	18-04-2015	11	5	
17	20-04-2015	25-04-2015	18	5	
18	27-04-2015	02-05-2015	5	4	
19	04-05-2015	09-05-2015	6	5	
20	11-05-2015	16-05-2015	5	5	
21	18-05-2015	23-05-2015	9	5	
22	25-05-2015	30-05-2015	13	5	
23	01-06-2015	06-06-2015	7	5	
24	08-06-2015	13-06-2015	6	5	
25	15-06-2015	20-06-2015	10	5	
26	22-06-2015	27-06-2015	7	5	
		Total Mudanças	215	134	Total Dias de Trabalho
Estimativa	01-09-2014	07-12-2014		70	
	30-06-2015	31-07-2015		25	
		Total Mudanças Estimadas	367,4253731	229	Total Dias úteis Estimados
			367		

Figura 87 – Tabela da qual resultam os valores do número de mudanças estimadas