



Lean 6-Sigma no processo de gestão produtivo de uma Metalomecânica

Carlos Alberto Gandarela Machado de Sousa

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Viana do Castelo para obtenção do Grau de Mestre em Gestão das Organizações, Ramo de Gestão de Empresas

Orientada por: Prof. Doutor Manuel Rui Alves

Viana do Castelo, Outubro de 2013



Lean 6-Sigma no processo de gestão produtivo de uma Metalomecânica

Aluno: Carlos Alberto Gandarela Machado de Sousa

Orientador: Prof. Doutor Manuel Rui Alves

Viana do Castelo, Outubro de 2013

Resumo

Lean 6-Sigma é uma abordagem, composta pelas metodologias de trabalho 6-Sigma e Lean, que visa melhorar a qualidade e eliminar os desperdícios numa organização.

Este estudo pretendeu descrever a implementação desta abordagem numa PME na área da metalomecânica, que vive num ambiente cada vez mais competitivo e agressivo, sendo exigida uma constante adaptação às novas exigências dos clientes e uma melhoria contínua dos processos.

Por conseguinte, o objetivo principal deste trabalho consistiu na adoção destas novas metodologias de trabalho para otimizar recursos existentes, eliminar desperdícios e consequentemente tornar a empresa mais competitiva.

A implementação desta filosofia passou por uma análise de diagnóstico inicial à empresa, verificando as obras que sistematicamente tinham problemas na rentabilidade e escolhendo aquelas que se entendeu serem mais importantes para o futuro próximo da empresa.

A nível metodológico e como fio condutor aplicou-se a abordagem DMAIC: definiu-se o problema - "Fase Definição"; determinou-se a localização do problema - "Fase Medição"; determinaram-se as causas de cada problema - "Fase Análise"; avaliaram-se as soluções para cada problema encontrado - "Fase Melhoria"; finalmente foram criadas condições para se garantir o sucesso das ações implementadas - "Fase Controlo".

O estudo indica que, a nível operacional, o uso das ferramentas Lean permite obter resultados mais rapidamente, implementando medidas mais simples. O estudo permite ainda concluir que o método de trabalho implementado permitiu o aumento de rentabilidade e produtividade; a diminuição e eliminação de desperdícios; logo um aumento da competitividade da empresa.

Palavras-chave: Qualidade; Lean 6-Sigma; Otimização de Recursos; Melhoria continua

Abstract

Lean 6-Sigma is an approach, consisting of the working methodologies 6-Sigma and Lean, which aims to improve quality and eliminate waste in an organization.

This study aimed to describe the implementation of this approach in an SME in the field of metalworking industry. This SME lives in an increasingly competitive and aggressive environment. Therefore, it is required to constantly adapt to changing customer requirements and to the continuous improvement of processes.

Hence, the main objective of this study consisted in adopting these new work methodologies in order to optimize the existing resources, eliminate waste and thus make the company more competitive.

The implementation of this philosophy has gone through an analysis of an initial diagnosis to the company by checking out the works that systematically had problems in profitability; and choosing those who were seen as more important to a near future of the company.

At the operational level, we have applied the DMAIC approach: we have defined the problem - "Phase Define"; we have determined the location of the problem - "Phase Measure"; we have determined the causes of each problem - "Phase Analyse"; we have evaluated the solutions to each problem found - "Phase Improve"; finally, we have created the conditions to ensure the success of the actions which were taken - "Phase Control".

The results show this working method has substantial advantages at the operational level, resulting in increased profitability and productivity, as well as the reduction and elimination of waste, hence an increase in competitiveness.

Keywords: Quality; Lean 6-Sigma; Resources Optimization; Continuous Improvement

Resumen

Lean 6-Sigma es un enfoque, compuesto por las metodologías de trabajo 6-Sigma y Lean, lo que pretende mejorar la calidad y eliminar los residuos en una organización.

Este estudio tuvo como objetivo describir la aplicación de este enfoque en una PME en el ámbito de la industria del metal. Esta vive en un entorno cada vez más competitivo y agresivo, y está obligado a adaptarse constantemente a las cambiantes necesidades de los clientes y la mejora continua de los procesos.

Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio consistía en la adopción de estas nuevas metodologías de trabajo con el fin de optimizar los recursos existentes, eliminar los residuos y consecuentemente hacer que la empresa sea más competitiva.

La aplicación de esta filosofía ha pasado por un análisis de un diagnóstico inicial de la empresa, por el control de las obras que tenían sistemáticamente los problemas de la rentabilidad, y la elección de los que considera más importante para un futuro próximo de la empresa.

A nivel metodológico y cómo hilo hemos aplicado el enfoque DMAIC: hemos definido el problema - "Fase Define ", se ha determinado la ubicación del problema - "Fase Measure", hemos determinado las causas de cada problema - "Fase Analyse", hemos evaluado las soluciones a cada problema encontrado - "Fase Improve" y, por último, hemos creado las condiciones para garantizar el éxito de las acciones que fueron tomadas - "Fase Control".

El estudio indica que, a nivel operativo, el uso de instrumentos Lean permite obtener resultados más rápidos a través de la aplicación de medidas sencillas. El estudio demuestra también que el método de trabajo implementado permitió una mayor rentabilidad y productividad, así como la reducción y eliminación de los residuos, por lo tanto, un aumento de la competitividad de la empresa.

Palabras clave: Calidad, Lean 6-Sigma, Optimización de Recursos, Mejora Continua

Dedicatória

À minha Família,
E em especial, à Rute, à Leonor e à Rosarinho.

Agradecimentos

Ao Prof. Doutor Manuel Rui Alves, orientador do Projeto, pelo apoio, disponibilidade, formação e partilha de conhecimentos proporcionada durante a implementação do Projeto.

Aos colaboradores da empresa MCR, que interpretaram os novos métodos de trabalho e assimilaram estes novos conhecimentos.

Agradeço também à MCR, como empresa, pela oportunidade que permitiu a realização deste Projeto.

Lista de Abreviaturas

PME – Pequena e média Empresa

DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar

APCER – Associação Portuguesa de certificação

NP EN ISO 9001 – Norma internacional de referência para a certificação de sistema de gestão da qualidade

NE – Cliente em estudo

S CX ELEV – Peça do projeto 1

GER – Peça do projeto 2

TQM – Gestão da Qualidade Total

BB – Black belt (Cinturão negro), denominação de um dos membros de um programa 6 sigma

GB – Green Belt, denominação de um dos membros de um programa 6 sigma

SIPOC – Fornecedores, Entrada, Processos, Sidas e Clientes (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers)

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise dos modos de falha e seus efeitos)

TPS – Toyota production System

JIT – Just in Time

VSM – Value Stream Mapping

TVM – Time Value Map

MP – Matéria-prima

ERP – Enterprise Resource Planning (Sistema de informação integrado)

Índice Geral

Resumo.....	i
Abstract	ii
Resumen.....	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
1 Introdução	1
1.1 Apresentação da empresa MCR.....	1
1.2 Oportunidade para o projeto	2
1.3 Caracterização dos problemas.....	2
1.4 Método seguido no projeto	3
1.5 Trabalho desenvolvido.....	4
1.6 Gestão da qualidade e metodologias aplicadas	4
1.7 Casos de estudo industriais.....	5
1.7.1 Empresa Motorola	5
1.7.2 Empresa SKF	6
1.7.3 Empresa Ericsson	6
1.7.4 Empresa Volvo	7
1.7.5 Empresa BAE Systems	8
1.7.6 Empresa Maytag Corporation	8
1.7.7 Empresa Northrop Grumman.....	9
1.7.8 Empresa Lockheed	9
1.8 Organização do trabalho.....	10
2 Métodos e ferramentas usadas	11
2.1 Metodologia 6 Sigma	11

2.1.1	Conceito DMAIC.....	12
2.1.1.1	Fase Definição (Define)	13
2.1.1.2	Fase Medição (Measure)	13
2.1.1.3	Fase Análise (Analyze)	14
2.1.1.4	Fase Melhoria (Improve)	14
2.1.1.5	Fase Controlo (Control)	15
2.2	Metodologia Lean Manufacturing	16
2.2.1	Sistema Toyota de Produção (TPS)	16
2.2.2	O pensamento Lean e seus princípios.....	17
2.2.3	Lean Manufacturing	18
2.2.4	Ferramentas Lean Manufacturing	20
2.2.4.1	O VSM.....	20
2.2.4.2	O 5S	20
2.2.4.3	Trabalho Padronizado	22
2.2.4.4	Gestão visual.....	22
2.2.4.5	Kaizen	23
2.2.4.6	Poka-Yoke	23
2.3	Ferramentas da Qualidade.....	24
2.3.1	Diagrama de Pareto	25
2.3.2	Diagrama de causa e efeito	26
2.3.3	Fluxograma	28
2.3.4	Cartas de controlo.....	29
3	Resultados	30
3.1	Levantamento da situação na MCR.	30
3.1.1	Levantamento da situação inicial e escolha dos projetos.....	30
3.2	Resultados do projeto 1 Peças S CX EL	31
3.2.1	Fase Definição (Define)	32
3.2.1.1	Problem statements.....	32
3.2.1.2	Análise inicial das obras em estudo	32
3.2.1.3	Goal statements.....	33

3.2.1.4	Ficha do Projeto (Project Charter)	34
3.2.1.5	SIPOC do projeto	35
3.2.2	Fase Medição (Measure)	36
3.2.2.1	Recolha de dados	36
3.2.2.2	Caracterização da situação atual.	37
3.2.2.3	Caracterização dos desvios por processos.	38
3.2.3	Fase Análise (Analyse)	45
3.2.3.1	Mapeamento dos processos e determinação de tempos excessivos	45
3.2.3.2	Aplicação do diagrama de Espinha de Peixe a todos os processos.....	48
3.2.4	Fase Melhoria (Improve)	63
3.2.4.1	Apresentação de soluções para cada problema observado	63
3.2.5	Fase Controlo (Control)	73
3.2.5.1	Apresentação do sistema de controlo de processo e ações implementadas	73
3.2.5.2	Avaliação do impacto do projeto na empresa	75
3.3	Resultados do projeto 2 Peças Ger	76
3.3.1	Fase Definição (Define)	77
3.3.1.1	Problem statements.....	77
3.3.1.2	Análise inicial das obras em estudo.	77
3.3.1.3	Goal statements.....	78
3.3.1.4	Ficha do Projeto (Project Charter)	79
3.3.1.5	SIPOC do projeto	80
3.3.2	Fase Medição (Measure)	81
3.3.2.1	Recolha de dados	81
3.3.2.2	Caracterização da situação atual.	82
3.3.2.3	Caracterização dos desvios por processos	83
3.3.3	Fase Análise (Analyse)	91
3.3.3.1	Mapeamento dos processos e determinação de tempos excessivos	91
3.3.3.2	Aplicação do diagrama de Espinha de Peixe a todos os processos.....	94
3.3.4	Fase Melhoria (Improve)	94
3.3.4.1	Apresentação de soluções para cada problema observado	94
3.3.5	Fase Controlo (Control)	94
3.3.5.1	Apresentação do sistema de controlo de processo e ações implementadas	94

3.3.5.2	Avaliação do impacto do projeto na empresa.....	97
4	Resumos globais e comentários.....	98
4.1	Resultados obtidos	98
4.2	Comentários e perspectivas de trabalhos futuros	100
5	Referências Bibliográficas.....	102

Índice de Figuras

Figura 1: Instalações da MCR, em Viana do Castelo.....	1
Figura 2: Método Lean 6-Sigma DMAIC (reproduzido de Lean Sigma Institute (2004)).....	3
Figura 3: Evolução do sistema de gestão da qualidade até Lean 6-Sigma (adaptado de Furterer (2009)).....	11
Figura 4: Diagrama de Pareto (adaptado de Furterer (2009)).....	25
Figura 5: Diagrama de Causa-Efeito ou Ishikawa (reproduzido de Indústria Hoje (2013))	27
Figura 6: Simbologia usada num fluxograma (adaptado de Lucinda (2010)).....	28
Figura 7: Carta de controlo tipo (adaptado de AEPortugal (2004)).....	29
Figura 8: Peça S CX EL.....	31
Figura 9: Gráfico com a estrutura dos custos da obra orçamentada.....	33
Figura 10: Ficha do projeto peças S CX EL	34
Figura 11: SIPOC do projeto peças S CX EL	35
Figura 12: Gráfico com distribuição dos tempos de execução média das obras.....	36
Figura 13: Gráfico ilustrativo com a percentagem de desvios	39
Figura 14: Diagrama de Pareto ilustrativo com a percentagem de influência de cada processo.....	40
Figura 15: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de fabrico	41
Figura 16: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de transportes	41
Figura 17: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de movimentação interna das peças	42
Figura 18: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de limpeza de peças	43
Figura 19: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de montagem de componentes auxiliares	43
Figura 20: Mapeamento do processo.....	45
Figura 21: Mapeamento do processo (VSM).....	46
Figura 22: Time Value Map	47
Figura 23: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Corte de Materiais	48
Figura 24: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Quinagem de barras	49
Figura 25: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Pré Montagem	49

Figura 26: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Furação	50
Figura 27: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Soldadura	50
Figura 28: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte de e para a galvanização	51
Figura 29: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte de e para a Carpintaria.....	51
Figura 30: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte para o cliente	52
Figura 31: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de descarga de matéria-prima	52
Figura 32: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo entre operações....	53
Figura 33: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de Armazenamento	53
Figura 34: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de limpeza depois de galvanização	54
Figura 35: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de limpeza antes da galvanização	54
Figura 36: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de montagem de rodas de nylon e casquilhos	55
Figura 37: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de montagem de chapas galvanizadas + (Parafusos+f+a)	55
Figura 38: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de preparação de caixas de componentes soltos.....	56
Figura 39: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de Embalamento...56	
Figura 40:Diagrama de Pareto ilustrativo com as causas principais dos problemas.....	62
Figura 41: Gráfico com o histórico de fabrico inicial	74
Figura 42: Gráfico com o histórico de fabrico Atual	74
Figura 43: Gráfico com histórico de fabrico durante o projeto.....	75
Figura 44: Exemplos Gráficos peças Ger	76
Figura 45: Gráfico com a estrutura dos custos da obra orçamentada.....	78
Figura 46: Ficha do projeto peças Ger	79
Figura 47: SIPOC do projeto peças Ger	80
Figura 48: Gráfico com distribuição dos tempos de execução média das obras	81
Figura 49: Gráfico ilustrativo com a percentagem de desvios	84

Figura 50: Diagrama de Pareto ilustrativo com a percentagem de influência.....	85
Figura 51:Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de fabrico	86
Figura 52: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de movimentação interna de peças	87
Figura 53: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo limpeza de peças	88
Figura 54: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de montagem de componentes auxiliares	89
Figura 55: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de transportes	90
Figura 56:Mapeamento do processo.....	91
Figura 57: Mapeamento do processo (VSM).....	92
Figura 58: Time Value Map	93
Figura 59: Gráfico com o histórico de fabrico Inicial	96
Figura 60: Gráfico com o histórico de fabrico atual.....	96
Figura 61: Gráfico com histórico de fabrico durante o projeto.....	97

Índice de Tabelas

Tabela 1: Análise das obras em estudo	32
Tabela 2: Distribuição das horas de execução por etapas do processo.....	36
Tabela 3: Comparação de tempos por operação entre o orçamentado e o real	37
Tabela 4: Resumo dos tempos previstos e o real	37
Tabela 5: Comparação dos desvios por operação entre o orçamentado e o real.....	38
Tabela 6: Percentagem ordenada dos desvios por processo.....	38
Tabela 7: Percentagem de influência por processo	39
Tabela 8: Caracterização do desvio do processo de fabrico	40
Tabela 9: Caracterização do desvio do processo de transportes	41
Tabela 10: Caracterização do desvio do processo de movimentação interna de peças	42
Tabela 11: Caracterização do desvio do processo de limpeza de peças	42
Tabela 12: Caracterização do desvio do processo de montagem de componentes auxiliares	43
Tabela 13: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Fabrico.....	57
Tabela 14: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Transportes .	58
Tabela 15: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Movimentação interna de peças.....	58
Tabela 16: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Limpeza de peças	59
Tabela 17: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Montagem de componentes auxiliares	59
Tabela 18: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Embalamento	60
Tabela 19: Resumo de causas potenciais para todos os processos	61
Tabela 20: Número das causas dos principais potenciais problemas para todos os processos.....	62
Tabela 21: Número das causas potenciais e problemas observados	63
Tabela 22: Número das causas potenciais e problemas observados	64
Tabela 23: Número das causas potenciais e problemas observados	65
Tabela 24: Número das causas potenciais e problemas observados	67
Tabela 25: Número das causas potenciais e problemas observados	67

Tabela 26: Resumo com as soluções a implementar para cada problema	70
Tabela 27: Evolução dos resultados	73
Tabela 28: Dados iniciais.....	73
Tabela 29: Dados finais	73
Tabela 30: Dados finais de melhorias	75
Tabela 31: Análise das obras em estudo	77
Tabela 32: Distribuição das horas de execução por etapas do processo.....	81
Tabela 33: Comparação de tempos por operação entre o orçamentado e o real	82
Tabela 34: Comparação dos desvios por operação entre o orçamentado e o real.....	83
Tabela 35: Percentagem dos desvios por processo	84
Tabela 36: Percentagem de influência por processo	84
Tabela 37: Caracterização do desvio do processo de fabrico	85
Tabela 38: Caracterização do desvio do processo movimentação interna de peças	86
Tabela 39: Caracterização do desvio do processo de limpeza das peças	88
Tabela 40: Caracterização do desvio do processo de montagem de componentes auxiliares	89
Tabela 41: Caracterização do desvio do processo de transportes.....	90
Tabela 42: Evolução dos resultados	94
Tabela 43: Dados iniciais.....	95
Tabela 44: Dados finais	95
Tabela 45: Dados finais de melhorias	97

1 Introdução

1.1 Apresentação da empresa MCR.

A MCR. é uma empresa familiar, situada em Viana do Castelo do ramo da metalomecânica e conta atualmente com cerca de 35 colaboradores.



Figura 1: Instalações da MCR, em Viana do Castelo

Esta empresa iniciou a sua atividade em 1982 dedicando-se ao fabrico de construções metálicas, estruturas metálicas diversas e equipamentos para apoio a unidades industriais, bem como à manutenção e reparação industrial e naval e ao fabrico de peças diversas em série.

Desde o ano 2000 a empresa encontra-se certificada pela APCER segundo a norma NP EN ISO 9001.

O seu crescimento tem sido elevado, caracterizado também pelo elevado nível de exigência dos seus clientes.

Ao longo destes anos a empresa tem estado associada a vários projetos em empresas de áreas de atividade tão distintas como a indústria automóvel, indústria da celulose, indústria de granitos, construção naval, construção civil, tratamentos de águas, serviços municipalizados, operadores portuários, transportes marítimos, pesca, indústria de fundição, indústria de galvanização, indústria têxtil e mais recentemente à indústria das renováveis.

Esta empresa caracteriza-se por ter um sistema produtivo que assenta na produção por encomenda e tem o mercado interno como destino principal dos seus produtos, tendo nos últimos anos realizado obras para o mercado externo, sempre associado a clientes que têm presença internacional.

Fruto da diminuição de trabalho e da crise instalada desde 2008 o mercado de obras por empreitadas diminuiu abruptamente, e a empresa teve de procurar novos mercados iniciando desde 2010 a produção em série de diversas peças metálicas para um novo cliente.

1.2 Oportunidade para o projeto

No âmbito deste projeto muitas oportunidades de melhoria foram identificadas em diversas áreas da empresa, tendo surgido a possibilidade de estudar várias destas oportunidades.

Destas, foram selecionadas as que reuniam um grau de importância mais elevado e que simultaneamente seriam exequíveis no período dedicado ao projeto.

Dada a diversidade de áreas e aspetos considerados no projeto de trabalho, entendeu-se escolher um projeto que fosse suficientemente abrangente para envolver a implementação das melhorias necessárias para uma maior eficiência operacional.

O mix de produção da empresa é neste momento de 35% para obras diversas ou de empreitada; e é de 65% para obras de produção em série com entregas periódicas e incluem um mix diversificado de componentes, que acabam por ser transversais a toda a estrutura.

A realização deste tipo de obras veio colocar desafios enormes a toda a organização, obrigando a uma redefinição e reorganização do método de trabalho.

Uma das áreas onde se identificou um maior potencial de melhoria foi no fabrico.

Fruto deste mix de produção decidiu-se seleccionar dois projetos específicos do cliente NE, visto serem obras com peso relativo na vida quotidiana da empresa e fazerem parte de um conjunto de obras com valor estratégico para o futuro.

A questão principal e grande oportunidade para este projeto é que, para garantir a sua sobrevivência, a empresa tem dois caminhos a seguir; ou tem de abdicar de margens de lucro que outrora deram para contrabalançar com situações menos positivas, ou tem de alterar o seu método de produção e eliminar todos os desperdícios de vária ordem.

1.3 Caracterização dos problemas

O presente trabalho foi desenvolvido com um objetivo global de aumento da produtividade, de eliminação de desperdícios e de aumento de competitividade face à concorrência.

Atualmente, a empresa revela alguns problemas entre os quais se podem destacar os seguintes:

- Diversas obras não são geradoras de lucro, mas sim de prejuízo.
- Perda de competitividade face à concorrência.
- Falta de produtividade dos colaboradores.
- Custos elevados para o tipo de obras existentes.
- Tempos de fabrico demasiado elevados em relação ao estimado em determinado tipo de obras e no cliente NE em particular.
- Perda de lucro em relação a anos anteriores.
- Layout desajustado aos processos de fabrico e tipo de obras atuais.

1.4 Método seguido no projeto

O presente trabalho foi precedido de pesquisa bibliográfica e também de análise e contato com diversos trabalhos em curso na MCR. Em reuniões tidas com a administração decidiu-se quais seriam os projetos de maior interesse e foram selecionados os que reuniam um grau de importância mais elevado e que simultaneamente seriam exequíveis no período dedicado ao projeto.

O diagnóstico iniciou-se com a identificação das obras mais representativas e que simultaneamente não estivessem a ser geradoras de valor acrescentado de acordo com as expectativas da administração.

Chegou-se então à conclusão que iriam ser elaborados dois projetos distintos para dois tipos de obras que assumem importância vital no contexto atual da empresa.

Projeto 1 – Peças S CX ELEV.

Projeto 2 – Peças GER.

Para ambos os projetos usou-se o método da filosofia *Lean 6Sigma DMAIC*, que significa “Define/Measure/Analyze/Improve/Control”, ou seja, definir/medir/analisar/melhorar/controlar.

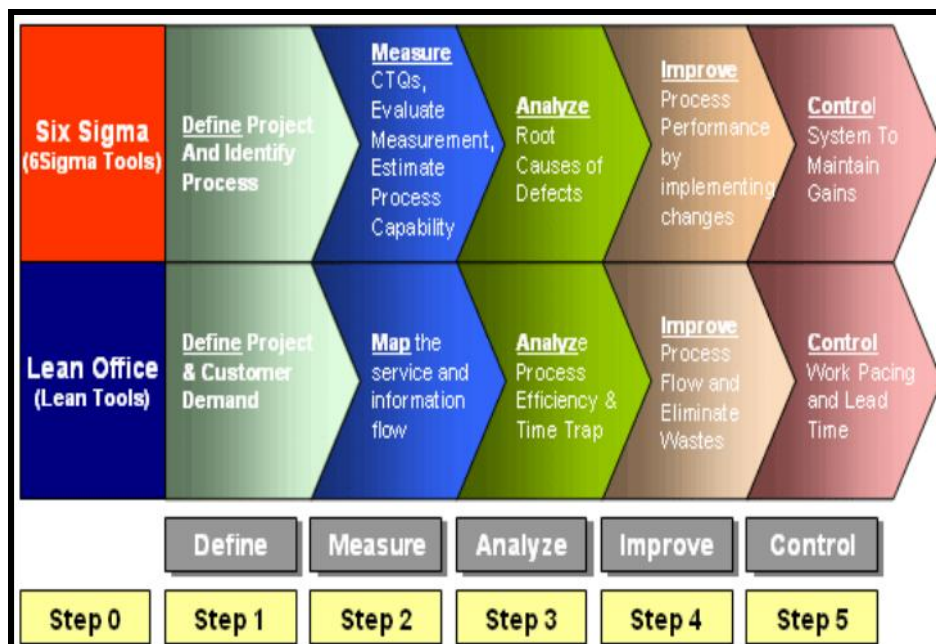


Figura 2: Método Lean 6-Sigma DMAIC (reproduzido de Lean Sigma Institute (2004))

Iniciou-se uma abordagem de observação da existência de fluxos de produção, de fluxos materiais, e de informação.

Os dados foram alcançados através do levantamento do processo produtivo e mapeamento do mesmo com o objetivo claro de identificação dos problemas e de algumas oportunidades de melhoria.

Este acompanhamento permitiu a detecção e localização de desperdícios/problemas para cada projeto.

Concluída esta fase passou-se à fase de realização de propostas sobre ações de melhoria e foram feitas as definições das soluções a implementar.

Na última fase foram elaboradas ferramentas para garantir o sucesso das ações implementadas.

1.5 Trabalho desenvolvido

Este trabalho teve como pontos de relevo durante a sua execução os seguintes itens:

- Levantamento inicial e mapeamento do processo produtivo.
- Definição das ações de melhoria.
- Implementação das ações de melhoria
- Implementação de um programa de 5S em diversas zonas do espaço fabril.
- Otimização e arrumação de espaços.
- Alteração de posicionamento de diversas etapas físicas dos processos.
- Melhoramento, otimização e informatização do sistema de compras de materiais.
- Aplicação de 5S no escritório, organizando melhor os espaços existentes, arquivos de diversas referências, eliminação de documentação obsoleta, e criação de arquivos compartilhados em rede.

1.6 Gestão da qualidade e metodologias aplicadas

A sociedade atual avalia a qualidade como um dado garantido de um produto ou de um serviço e considera este fator como essencial para a evolução e sobrevivência das empresas.

A evolução das condições económicas provoca uma revitalização industrial e conseqüentemente a evolução de programas da qualidade (Tushar & Shrivastava, 2008).

Periodicamente surgem novos programas ou reciclam-se outros que passam a ter destaque na área da qualidade. A ISO 9001:2008 como norma geral de gestão e organização das operações, e o *Lean 6 Sigma* como modelo de aplicação geral para resolução de problemas e implementação de melhorias são, na nossa perspectiva, os de maior destaque.

1.7 Casos de estudo industriais

A literatura consultada refere diversos casos em que as metodologias abordadas neste estudo foram alvo de aplicação em diversas organizações a nível mundial e existem inúmeros casos de sucesso dos quais podem-se destacar os seguintes exemplos: Motorola, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Johnson & Johnson, Kodak, Navistar, Polaroid, Sony, Toshiba, entre outros (Pande, 2001).

Apresentamos em seguida, com base em Pande (2001), o caso da empresa Motorola que foi a criadora do programa Seis Sigma. Seguidamente, reportamo-nos ao estudo realizado por Schon (2006), em que esta analisa a forma como três grandes empresas multinacionais suecas abordaram os seus programas Seis Sigma, chegando à conclusão que os vários fatores culturais característicos de cada organização e o ambiente local onde estão inseridos influenciaram a maneira como os programas foram implementados. Apresentam-se também outros casos de empresas que adotaram o Lean 6-Sigma e que foram estudadas por Furterer (2009).

1.7.1 Empresa Motorola

Atualmente a existência e o sucesso desta empresa está intimamente ligado ao 6 Sigma.

Em finais dos anos 80 e início dos anos noventa do século 20, a Motorola atravessava uma crise profunda e estava com diversos problemas como a falta de qualidade dos seus produtos, elevadas despesas operacionais e perda de quota de mercado para as empresas japonesas e acima de tudo tinham como fator principal o descontentamento dos seus clientes.

Os gestores de topo classificavam a qualidade dos seus produtos como péssima e precisavam de uma nova abordagem que os trouxesse novamente à liderança do negócio.

Então após uma análise os seus concorrentes mais diretos (empresas japonesas) a Motorola concluiu que era preciso mudar todos os aspetos do negócio para voltar a conquistar quota de mercado e o reconhecimento dos clientes, nascendo assim o programa Seis Sigma.

Este programa ofereceu à Motorola um método de comparação de performance da empresa com as necessidades e expectativas dos clientes (medida Sigma) e os objetivos traçados em termos de qualidade (objetivo Sigma) (Pande, 2001).

O Seis Sigma passou a fazer parte integrante da cultura da empresa e foi apoiada pela administração e adotada por todos os colaboradores. Inicialmente os objetivos traçados eram de proporcionar melhorias nos processos industriais, mas hoje em dia são aplicados em diferentes áreas, como marketing, compras, contabilidade, entre outras, sempre com a mesma meta de continuamente reduzir defeitos e custos relacionados à baixa qualidade.

A implementação do Seis Sigma foi considerada um sucesso, sendo reconhecido através da atribuição de diversos prémios a nível internacional o Seis Sigma foi consolidado como uma eficiente ferramenta de gestão da qualidade.

1.7.2 Empresa SKF

Esta empresa é o principal fornecedor mundial de produtos, e serviços associados com rolamentos e vedações (SKF, 2005).

Decorria o ano de 2002 e a gestão da divisão de carros decidiu avançar com o programa Seis Sigma, e após 2 anos de estudo decidiram avançar com uma iniciativa denominada de grupo lançar.

Devido ao programa de TQM (gestão da qualidade total) iniciado em 1990, a empresa tinha já ações bem-sucedidas de Seis Sigma em algumas de suas unidades. A experiência acumulada do programa TQM, associadas a melhorias alcançadas com outros programas de qualidade, foram a base para planejar o "grupo lançar" do Seis Sigma.

Existiram dificuldades associadas ao planeamento do programa Seis Sigma; a duração do programa, o conteúdo da formação e o de encontrar a pessoa certa para ensinar os BBs (Black belts) e GBs (Green Belts).

Um ano depois do lançamento do projeto do "grupo lançar" os gestores compreendiam na plenitude o conceito Seis Sigma e escolhiam sempre os projetos mais importantes com vista a cumprir os objetivos traçados (Schon, 2006).

As informações sobre todos os projetos realizados e em curso são armazenadas numa base de dados para que todos os BBs, GBs e alguns dirigentes tenham acesso.

Antes de iniciar qualquer projeto o interveniente tem de consultar a base de dados do grupo.

A empresa espera que as poupanças com a implantação do projeto Seis Sigma sejam pelo menos três vezes maior do que o custo do projeto.

Na altura do estudo a empresa ainda não tinha implementado o Seis Sigma em toda a organização, estimando-se que seria necessário mais um ano até que o Seis Sigma fosse implementado em todo o Grupo SKF.

1.7.3 Empresa Ericsson

A Ericsson é a maior fornecedora de sistemas móveis no mundo (Ericsson, 2005) e foi fundada em 1876, e tem a sede em Estocolmo. O programa Seis Sigma foi introduzido pela primeira vez na Unidade de Negócio de Transportes Envio & Redes em Borås (Suécia).

Fruto de aposta de outras empresas neste tipo de programas, o conselho de produção da Ericsson fez um estudo piloto para avaliação da aplicação de programas de qualidade noutras empresas e a sua possível aplicação na empresa.

O estudo refere que outras empresas alcançaram excelentes resultados com a aplicação de programas idênticos ao Seis Sigma e com base nisto lançaram um programa piloto denominado de QIP em Janeiro de 1995. O programa iniciou-se com quatro experiências piloto em Borås, mas devido a inúmeros problemas encontrados o programa nunca foi lançado a nível de grupo e terminou no ano de 1996.

Ainda em 1996 foi possibilitado a quatro colaboradores da Ericsson um programa de formação Black Belt na empresa ABB na Suíça, para adquirirem competências e as introduzirem na empresa.

A empresa esperava uma economia de aproximadamente 54.000 euros por cada projeto realizado, mas os resultados obtidos ao longo dos tempos superaram os inicialmente traçados.

Segundo um funcionário da empresa de nome Hayhanen, a implementação do Seis Sigma na Ericsson foi incremental, A estratégia de divulgação do Seis Sigma Ericsson foi a de permitir que os resultados "falassem por si" e por ter sido executada de forma voluntária.

Outra característica da implementação do Seis Sigma na Ericsson foi a maneira como os Black Belts passaram os conhecimentos para o terreno, eles não trabalharam a tempo inteiro nesta função, (como ocorre na cultura americana), e a maioria dos BBs formados regressaram as suas funções no terreno para introdução das novas competências.

Outro fator de sucesso foi o fato de ter havido o comprometimento da gestão de topo da fábrica de Boras em todo este processo.

Os resultados dos projetos são apresentados aos restantes elementos através de bases de dados sendo também apresentados aos vários grupos de gestão e enviados às partes interessadas na Ericsson. As Informações sobre projetos bem-sucedidos são comunicadas ao grupo, através da intranet ou newsletters da empresa.

O colaborador Hayhanen refere que os ganhos obtidos inicialmente com a aplicação do Seis Sigma foram fundamentais para o sucesso a nível global e que o programa não estará plenamente executado até que cada colaborador na organização não esteja formado e familiarizado com o Seis Sigma (Schon, 2006).

1.7.4 Empresa Volvo

Esta empresa foi fundada em 1927 em Gotemburgo na Suécia e passou a ser detida na totalidade pela Ford a partir de 1999 (Volvo,2005),

Os grandes mercados da empresa são os E.U.A., Suécia, Reino Unido e Alemanha, tem a sede localizada na Suécia (onde produz os componentes vitais), mas as grandes fábricas e instalações de produção estão localizados na Bélgica, Holanda, África do Sul, Tailândia e Malásia.

O diretor de implementação do programa Seis Sigma na Volvo de nome Ebbe Sharin, refere que a introdução do programa começou em Janeiro de 2000 quando a Ford decidiu expandir a filosofia por todas as suas unidades. A Ford exigiu à Volvo uma implementação rápida desta metodologia, e a providenciar uma lista com os projetos Seis Sigma para as diversas fábricas.

Até esta fase, apenas o diretor tinha conhecimentos abrangentes em Seis Sigma, mas os restantes colaboradores não tinham os conhecimentos necessários e não sabiam que projetos é que iriam selecionar. Ocorreram então problemas sobre a tomada de decisões e sobre que projetos é que deveriam avançar.

A Ford não aceitava atrasos no andamento deste programa mas impedia a Volvo de avançar com iniciativas e estudos próprios. De acordo com Ebbe Sharin, muitos desses problemas eram

causados pela diferença de cultura na empresa, referindo que a sob a perspectiva Sueca as metas eram vistas como objetivos desejáveis que estavam sujeitos a ajustamentos sempre que necessário.

Já sob a perspectiva americana o não alcançar uma meta estabelecida é encarado como algo inaceitável. Os colaboradores da Volvo não aceitaram muito bem estas mudanças, visto algumas unidades da empresa já estavam envolvidas em programas de melhoria de qualidade e não viam vantagens na implementação do Seis Sigma.

A empresa tinha como objetivos para cada programa implementado uma poupança na ordem dos 200.000 euros e melhorias globais na ordem dos 70%. Os resultados dos diversos projetos foram divulgados por toda a organização através da Intranet da empresa e de boletins informativos.

1.7.5 Empresa BAE Systems

Esta empresa americana ligada ao setor de construção aeronáutica iniciou o processo de implementação de Lean 6 Sigma com o intuito de melhorar o seu desempenho através da eliminação de desperdícios, minimização de variações nos processos e garantir a sua posição no mercado (Sheridan et al., 2000 apud Furterer, 2009).

Iniciaram esta abordagem com o cruzamento de técnicas Lean a os programas de qualidade 6 Sigma (já implementados no período em que pertencia ao grupo General Electric).

As iniciativas lançadas foram: (1) eventos Kaizen, (2) criação de células individuais de produção, (3) aplicação de sistema de produção Pull e implementação no chão da fábrica, (4) produção de pequenos lotes, (5) Criação de anti erros, (6) Criação de equipas multidisciplinares.

A implementação de programas estatísticos e o recurso a BB na liderança das equipas de trabalho foram também muito importantes no sucesso do programa. Como resultados globais, esta empresa obteve melhorias de produtividade em cerca de 97%, e os prazos de entrega a cliente melhoraram cerca de 90%. O valor acrescentado bruto cresceu 112% em 5 anos; os trabalhos em curso diminuíram cerca de 70%; a fiabilidade dos produtos aumentou 300%; e tiveram zero dias de não produção no ano de 1999 (Sheridan et al., 2000 apud Furterer, 2009).

1.7.6 Empresa Maytag Corporation

Decorria o ano de 1990 quando esta empresa decidiu implementar uma nova linha de produção recorrendo à metodologia Lean 6 Sigma. Com esta abordagem eles conseguiram rentabilizar o espaço disponível na fábrica usando apenas um terço do espaço que normalmente era usado noutras linhas de produção. Esta empresa conseguiu uma redução de custos de produção em 55%. O esforço realizado por esta companhia permitiu a poupança de milhões de dólares (Dubai quality group et al., 2003 apud Furterer, 2009).

1.7.7 Empresa Northrop Grumman

Esta empresa americana ligada ao setor de construção aeroespacial iniciou esta implementação com uma abordagem ao pensamento Lean e mais tarde evoluíram para o programa 6 Sigma. Esta empresa usava uma combinação de um programa de resolução de problemas denominado de Workout (desenvolvido pela General Electric), com técnicas Lean e eventos Kaizen. O uso de métodos e estratégias 6 sigma foi divulgado nas equipas de produção como um programa global e não com uma formação isolada e inconsequente. O processo de formação recorria ao Workout, treinos Kaizen e abordagem DMAIC entre outros. A empresa recorreu a especialistas BB e integrou-os nas equipas de trabalho. A estratégia passava por ficar 4 a 5 dias nas fases de definição e medição, e 30 dias nas restantes fases do processo DMAIC; no final era feito um pós treino para assimilação dos conhecimentos (Silverstein et al., 2002 apud Furterer, 2009).

1.7.8 Empresa Lockheed

Esta companhia teve uma abordagem diferente. Embora usando o programa Lean 6 Sigma, ela separava a sua aplicação na prática em função dos objetivos do projeto e dos problemas a trabalhar. Com esta abordagem eles reduziram custos, aumentaram a sua competitividade, aumentaram a satisfação dos clientes e criaram produtos de alta qualidade (Kandebo et al., 1999 apud Furterer, 2009).

1.8 Organização do trabalho

Este trabalho foi organizado em cinco capítulos.

Inicia-se com um capítulo introdutório onde é apresentada resumidamente a empresa onde este trabalho foi realizado, os problemas a tratar e o tipo de abordagem usada para a resolução dos problemas. Apresentam-se também casos de estudo industriais que reportam casos reais com problemas idênticos aos tratados neste trabalho.

No capítulo 2 faz-se uma abordagem à melhoria contínua da gestão da qualidade, sendo feita uma revisão bibliográfica sobre os métodos e as ferramentas usadas para a resolução dos assuntos abordados neste trabalho.

O corpo principal do trabalho é tratado no capítulo 3, onde são apresentados os projetos realizados, apresentando para cada um dos projetos a metodologia usada e os resultados obtidos, ou seja, onde se caracterizam, analisam e se definem os problemas a tratar e onde são descritas as ações e soluções tomadas para a resolução dos problemas.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões do projeto realizado e apresentam-se perspectivas para trabalhos futuros realizados nesta área.

No último capítulo são apresentadas as referências bibliográficas.

2 Métodos e ferramentas usadas

A Figura 3 mostra a evolução da qualidade ao longo dos tempos.

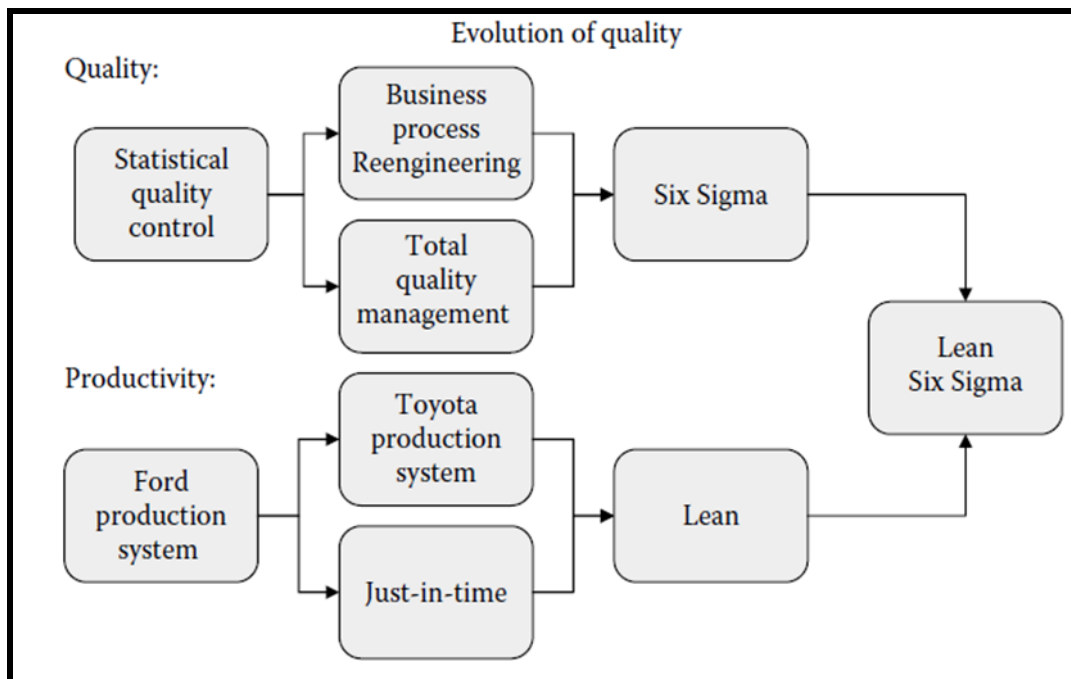


Figura 3: Evolução do sistema de gestão da qualidade até Lean 6-Sigma (adaptado de Furterer (2009))

2.1 Metodologia 6 Sigma

A literatura aponta para o nascimento do programa 6-Sigma, em 1987, no Setor de Comunicações da Motorola (Pande, 2001; Werkema, 2002; Werkema, 2006). O objetivo era conseguir que a empresa enfrentasse a concorrência, reduzindo o número de defeitos para tão baixo quanto 3.4 partes por 1 milhão de oportunidades e diminuindo os custos de qualidade (Kumaravadeivel & Natarajan, 2011). Esta nova abordagem 6-Sigma seria vista como o programa responsável pelo sucesso da organização a partir de 1988. Consequentemente, outras empresas como a Sony, Texas Instruments, General Electric Company, SKF, Volvo, Ericsson começaram a implementar o programa e a ter muito sucesso. A divulgação dos enormes ganhos financeiros alcançados por todas estas empresas gerou um crescente interesse pela abordagem 6-Sigma, a qual passou a ser vista como uma nova fórmula para o sucesso empresarial, a metodologia da qualidade por excelência (Pande, 2001; Werkema, 2002; Werkema, 2006).

Pande (2001: xi) define 6-Sigma como “Um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial.” O autor apresenta três características deste sistema: (1) é um sistema orientado pela compreensão das necessidades do cliente; (2) é um sistema rotineiro e metódico que se baseia no uso disciplinado de factos, dados e análise estatística; (3) é um sistema que presta atenção à gestão, melhoria e reinvenção dos processos empresariais.

Werkema (2002; 2006) refere também o caráter rigoroso, disciplinado e altamente quantitativo desta estratégia e identifica o seu principal objetivo, a sua meta e a sua filosofia; respetivamente (1) o aumento drástico do lucro das empresas através da redução de custos, da melhoria da qualidade de produtos e processos, e do aumento da satisfação de clientes e consumidores; (2) chegar muito próximo a zero defeito – 3,4 defeitos para cada milhão de operações realizadas; (3) defender o aperfeiçoamento contínuo dos processos e da diminuição de variabilidade, na busca de zero erros. Werkema (2002; 2006) salienta ainda a importância do profundo comprometimento da alta administração da organização, de equipas lideradas por especialistas do 6-Sigma (nomeadamente os Black Belts e os Green Belts) e de as decisões terem de ser tomadas projeto por projeto e baseadas não só em dados e métricas quantificáveis, mas também na metodologia estruturada do DMAIC.

Para Antony e Banuelas (2002) uma implementação bem-sucedida desta metodologia implica (1) o comprometimento da gestão de topo, visto dar a ideia a toda a estrutura organizacional da importância deste assunto; (2) a formação de colaboradores, se possível especializados, na abordagem 6-Sigma; (3) a mudança da cultura organizacional, devendo todos os elementos da organização estar focados na melhoria contínua para poderem transmitir a todos os interessados na atividade da empresa esta cultura; (4) que os benefícios adquiridos com o 6-Sigma sejam transformados em linguagem financeira e assim todos os colaboradores possam perceber qual o impacto das medidas implementadas na empresa.

Os mesmos autores referem que o 6-Sigma pode ser visto como vertente de negócio e vertente estatística. Como negócio a metodologia é usada para aumentar a rentabilidade, para reduzir os custos de qualidade e para melhorar a eficiência de todas as operações que satisfaçam ou mesmo excedam as expectativas dos clientes. Em termos estatísticos, a ferramenta é um termo que refere 3.4 defeitos por milhões de oportunidades onde sigma é um termo usado para representar o processo de variação média.

2.1.1 Conceito DMAIC

Como vimos anteriormente, Werkema (2002; 2006) salienta a importância de, numa abordagem 6-Sigma, as decisões terem de ser baseadas no método DMAIC. Werkema (2006) afirma mesmo que a utilização deste método para o desenvolvimento dos projetos de melhoria é um dos segredos do sucesso do 6-Sigma. Este método é constituído por cinco fases, nomeadamente: a Fase Definição; a Fase Medição; a Fase Análise; a Fase Melhoria; e a Fase Controlo.

2.1.1.1 Fase Definição (Define)

Esta fase é essencial para o desenvolvimento de um bom projeto 6-Sigma e é a mais importante para o cliente. Nesta fase define-se o problema e as características críticas de qualidade. Idealmente, o tema do projeto 6-Sigma pode ser definido através de quatro perguntas: (1) Qual é o problema a ser trabalhado neste projeto? (2) Quem são as partes interessadas pelo problema? (3) Qual o objetivo que se pretende alcançar? (4) Qual é o impacto económico do projeto na empresa? A Ficha do Projeto (Project Charter) e o SIPOC são ferramentas essenciais a serem utilizadas nesta fase do método DMAIC (Brook, 2006; Pande, 2001; Werkema, 2001).

Werkema (2002) refere que a Ficha do Projeto tem como objetivo principal a identificação sumária do projeto em si. Segundo Brook (2006) é utilizada para resumir o que foi definido nesta fase do projeto. Assim, nesta ficha constam o nome do projeto; a empresa onde vai ser executado; quem são os intervenientes no projeto, com identificação dos membros da equipa; a descrição do projeto e do problema a trabalhar; e também a importância do problema no contexto da empresa. Devem também ser identificados quais os resultados que são esperados e quais vão ser as métricas usadas. Finalmente, esta ficha contém ainda a calendarização das ações estabelecidas no projeto (Brook, 2006; Werkema, 2001).

O SIPOC é um fluxograma mais informativo. Cada uma das letras da sigla é a inicial das palavras inglesas Supplier (fornecedores), Inputs (entradas), Process (Processo), Output (produtos obtidos na saída) e Customer (consumidores). Esta ferramenta permite visualizar o principal processo envolvido no projeto; mostra claramente quem são os intervenientes no processo; e como estes se relacionam (Brook, 2006; Furterer, 2009; Pande, 2001; Werkema, 2001).

2.1.1.2 Fase Medição (Measure)

Esta fase tem essencialmente dois princípios chave. Por um lado, estabelecer métricas e sistemas de medição: decidindo quais os elementos que são Críticos para a Qualidade (CTQ – Critical to Quality); determinando como estes devem ser medidos; e verificando se o sistema de medição é fiável e capaz de fornecer dados corretos e precisos que refletem o problema, em que as variações possam ser removidas e controladas, deixando apenas as variações naturais ou típicas. Por outro lado, compreender os atuais níveis de performance em detalhe (Brook, 2006; Furterer, 2009; Knowles, 2011; Pande, 2001).

Furterer (2009) e Pande (2001) sugerem que nesta fase para melhor traçar o perfil da situação atual podemos recorrer a ferramentas como o SIPOC ou o mapeamento do processo. Este mapeamento permite verificar o conhecimento existente sobre o processo, sendo possível descrever as atividades principais, os seus limites e os parâmetros do produto final, os parâmetros do produto durante o processo e os parâmetros do processo. De acordo com alguns autores como Werkema (2002), o mapeamento do processo pode ser eventualmente uma ferramenta a utilizar na fase Análise, após ter sido definido qual é o processo gerador do problema central do projeto.

2.1.1.3 Fase Análise (Analyze)

Segundo Knowles (2011), as ações a realizar nesta fase vão depender dos resultados da Fase Medição. Para Brook (2006) esta fase não segue uma sequência lógica, funcionando nas palavras do autor como uma caixa de ferramentas composta tanto por ferramentas como por técnicas. Estes recursos são utilizados para alcançar os três grandes objetivos da Fase Análise: (1) analisar a cadeia de valor: estabelecendo os passos do processo que criam valor para o cliente, compreendendo quais os elementos do processo que acrescentam valor e reduzindo o valor não-acrescentado; (2) analisar as causas prováveis dos desvios: compreendendo todas as causas potenciais dos desvios através de brainstorming e de análises causa efeito, determinando quais as causas que são principais e mais frequentes e as que ocorrem de forma isolada, com recurso, por exemplo, a diagramas de Pareto, e estabelecendo possíveis relações entre estas; (3) desenvolver a adequação do processo (Furterer, 2009; Knowles, 2011).

Para além das ferramentas já mencionadas, Werkema (2002) sugere que nesta fase se utilize as ferramentas FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) e FTA (Árvore de Falhas).

Pande (2001) reforça a ideia de Brook (2006) de esta fase não seguir uma sequência rígida, pois salienta que em qualquer altura desta fase pode-se rever o mapa do processo e as atividades que lhe acrescentam ou não valor.

2.1.1.4 Fase Melhoria (Improve)

Nesta fase desenvolvem-se, seleccionam-se e implementam-se, com riscos controlados, as melhores soluções que permitem melhorar o processo produtivo, reduzindo a taxa de defeitos e a variabilidade dos processos. Quatro perguntas podem idealmente orientar as ações a levar a cabo nesta fase: (1) Quais são todas as soluções possíveis?; (2) Que soluções podem ser mais viáveis? (3) Quais os riscos que podem advir da implementação das soluções? (4) Quando, onde e como serão as soluções implementadas? (Brook, 2006).

Furterer (2009) e Knowles (2011) referem ainda que outras ações desta fase passam por dar formação a quem estiver envolvido na implementação do novo processo; promover testes piloto; conseguir feedback dos envolvidos; e comparar o processo anterior com o atual.

O sucesso desta fase baseia-se em dados estatísticos apurados pelos sistemas de medição desenvolvidos na Fase Medição, desde que, após validação com gráficos e outras técnicas estatísticas adequadas, demonstrem melhorias relativamente aos recolhidos na fase 2 (Brook, 2006).

As ferramentas que podem assumir bastante utilidade nesta fase são, por exemplo, Testes de Hipótese, Brainstorming e FMEA (Brook, 2006; Knowles, 2006; Werkema, 2002).

2.1.1.5 Fase Controlo (Control)

Nesta fase o objetivo consiste em assegurar que as soluções implementadas se tornam parte integrante do processo para que assim as melhorias verificadas se mantenham, mesmo após a conclusão do projeto DMAIC. O estabelecimento de um sistema permanente de avaliação e de controlo (que pode ser criado de raiz ou adaptado daquele em utilização) é essencial para garantir a estabilidade do processo. Salienta-se a importância de garantir o não-retorno ao passado e evitar a ocorrência de mudanças imprevistas (Brook, 2006; Furterer, 2011; Knowles, 2011). Furterer (2009) sugere que os objetivos desta fase abrangem ainda a medição dos resultados obtidos da formação e da implementação das soluções (devendo-se voltar à Fase Medição se os resultados desejados não forem atingidos); a gestão das mudanças a uma escala maior; a identificação de oportunidades onde o mesmo processo possa ser replicado na organização; e o desenvolvimento de planos futuros de melhoria.

As ferramentas a utilizar nesta fase incluem, devido à sua utilidade, cartas de controlo, histogramas, SPC – statistical process control, entre outras (Brook, 2006; Werkema, 2002).

Sendo esta a última fase da metodologia DMAIC, se o processo estiver a decorrer de acordo com o planeado, então diz-se que está controlado. A eliminação dos problemas através da metodologia DMAIC resultará numa grande melhoria em termos financeiros e da satisfação do cliente (Brook, 2006).

2.2 Metodologia Lean Manufacturing

A metodologia do Lean Manufacturing remonta ao Sistema Toyota de Produção (Werkema, 2006).

2.2.1 Sistema Toyota de Produção (TPS)

Este sistema segundo Melton (2005), apareceu na sequência de uma necessidade de alteração do comportamento produtivo e de romper com os sistemas tradicionais de produção.

Em 1929, no Japão, Sakichi Toyoda vendeu a patente da sua empresa de tecelagem Toyoda Spinning and Weaving, e com esse dinheiro o seu filho Kiichiro iniciou a produção de automóveis. Apesar de algumas dificuldades iniciais, inclusivamente de cariz financeiro, Kiichiro conseguiu formar formalmente a empresa Toyota Motor Company em 1937. A segunda Guerra Mundial e o pós-guerra levaram a dificuldades de produção e financeiras e, eventualmente, à resignação de Kichiuro. O seu primo Eiji Toyoda tornou-se diretor de produção e, em 1950, foi enviado para os Estados Unidos para estudar os métodos americanos de fabrico. Eiji demonstrava determinação para implementar técnicas de produção em massa mas encontrou limitações no mercado Japonês e ao nível do capital a investir (Holweg, 2007; Womack et al., 1990). Assim, o responsável por tornar o TPS capaz de produzir economicamente grande variedade em pequenos volumes foi Taiichi Ohno. Ohno trabalhava como engenheiro mecânico na empresa de tecelagem, portanto quando passou a integrar o negócio dos automóveis não tinha qualquer experiência neste ramo. Essa sua inexperiência resultou numa abordagem de senso comum no seu trabalho, que é apontada como a razão fundamental para o desenvolvimento da filosofia Just-in-Time (JIT). Ohno apontava dois erros aos sistemas de produção ocidentais. Por um lado, produzir componentes em grandes lotes implicava grandes inventários, logo muito capital e espaço em armazém, que resultavam num grande número de defeitos. Por outro lado, a incapacidade de adaptar as preferências dos consumidores à diversidade de produtos. Com estas duas falhas presentes, Ohno conseguiu, a partir de 1948, e, numa lógica de capacidade dinâmica de aprendizagem que está no centro do sucesso do Sistema de Produção da Toyota (TPS), alargar gradualmente o seu conceito de produção de pequenos lotes a todos os setores da empresa, com o objetivo de reduzir custos através da eliminação de desperdícios. Esta sua ideia tinha como base a sua experiência a trabalhar com teares automáticos, que paravam de funcionar quando o fio partia de forma a não se desperdiçar material e tempo da máquina. Este conceito de automatização viria a ser um dos dois pilares do TPS juntamente com a filosofia JIT, baseada na ideia de Kiichiro que numa indústria a melhor forma de trabalhar é ter todos os componentes da montagem perto do trabalhador em tempo útil (Holweg, 2007).

2.2.2 O pensamento Lean e seus princípios

A diminuição de desperdícios defendida por Taiichi Ohno encontra-se no centro do pensamento Lean (Werkema, 2006). A nomenclatura Lean aparece pela primeira vez no final dos anos oitenta. No início dos anos noventa é utilizada novamente no livro “The Machine That Changed The World”, de Womack, Jones e Roos (1990), para comparar a Toyota com o sistema de produção em massa ocidental. De acordo com os autores (apud Werkema, 2006: 16), “(...) é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de modo cada vez mais eficaz”.

Para Melton (2005), o ponto de partida do pensamento Lean é na realidade a importância do consumidor e a definição de valor para cada cliente específico. Portanto, como o processo de fabrico é uma forma de dar um produto a um cliente, os princípios Lean são aplicados à indústria e especificamente aos processos de fabrico. O autor afirma ainda que no centro do pensamento Lean está uma melhoria contínua.

Melton (2005) e Werkema (2006) listam os princípios do pensamento Lean, nomeadamente: (1) definir o que o cliente valoriza e necessita, uma vez que os requisitos dos produtos devem obedecer ao que os clientes estejam dispostos a pagar e ir de encontro às suas necessidades; (2) definir a cadeia de valor a percorrer pelos produtos durante o processo até à sua entrega ao cliente, distinguindo as atividades que geram valor, daquelas que não geram mas são necessárias para manter os processos e a qualidade, e das que não geram qualquer valor e devem ser eliminadas; (3) criar fluidez na linha produtiva, desenvolvendo, produzindo e distribuindo rapidamente o produto entre as várias etapas de produção, sem interrupções e desperdícios de tempo, para dar resposta célere às necessidades dos consumidores; (4) assegurar uma produção pull/puxada pela necessidade dos clientes, iniciando a produção apenas após confirmação por parte do cliente dos requisitos dos produtos para garantir o valor destes, consequente escoamento no tempo adequado, e diminuição dos custos inerentes à posse de stocks; (5) procurar a perfeição ou o aperfeiçoamento contínuo deve ser o objetivo constante de todos os participantes no processo, os quais devem conhecer detalhadamente o processo como um todo e trabalhar em cooperação e colaboração (recebendo formação e incentivos) para utilizar sempre a melhor forma para criar valor para o cliente, cuja voz é fundamental.

2.2.3 Lean Manufacturing

De forma sucinta Dennis (2007) descreve o sistema Lean, que tem a sua base na estabilidade e na padronização. Para o autor, os pilares do sistema são a entrega dos produtos ao cliente de forma célere (filosofia JIT) e o conceito de automação (jidoka). O objetivo do sistema é entregar ao cliente o produto de acordo com os seus requisitos, com a mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no tempo mais curto possível. Para tal é necessário equipas de trabalhadores flexíveis e motivados que procuram continuamente a melhoria dos produtos e dos processos.

Em boa verdade, Lean Manufacturing baseia-se em produzir mais com menos (menos tempo, espaço, esforço humano, maquinaria e material), mas satisfazendo as necessidades do cliente (Dennis, 2007). Portanto, trata-se de uma metodologia focada em eliminar desperdícios, excluindo o que não tem valor para o cliente e imprimindo rapidez à empresa. Taiichi Ohno destacou sete formas de desperdícios que devem ser reduzidos, nomeadamente: (1) defeitos dos produtos; (2) excesso de produção; (3) excesso de stocks de mercadorias; (4) processos desnecessários; (5) movimentações desnecessárias dos trabalhadores e de produtos; (6) transporte desnecessário de materiais, máquinas e mercadorias; (7) espera, ou seja, tempos perdidos por equipamentos ou trabalhadores enquanto esperam pela finalização da etapa anterior ou de instruções (Melton, 2005; Werkema, 2006).

Podem surgir nas empresas mais dois desperdícios, desperdício das capacidades totais dos seus trabalhadores, subaproveitando-os; e desperdícios de recursos por falta de projeto do produto, levando à produção de mercadorias que não respondem às necessidades do cliente (Womack & Jones, 1996).

A redução destes desperdícios traz benefícios óbvios, contribuindo por um lado para aumentar ou melhorar a flexibilidade, a qualidade, a segurança, a ergonomia, a motivação dos empregados, e a capacidade de inovação; e por outro lado para reduzir custos, espaço necessário e exigências de trabalho (Werkema, 2006).

Com a adoção desta metodologia definem-se três sistemas fundamentais, o lado do trabalhador onde se reconhecem as capacidades e qualidades de cada um, os processos produtivos e por último as ferramentas e tecnologias usadas nos processos de produção. Estão todos interligados e é impossível olhar para cada um individualmente e conseguir ter uma visão completa de toda a atividade produtiva (Morgan & Liker, 2006).

Esta metodologia pode ser aplicada a todo o tipo de trabalho e de empresas, sendo cada vez mais utilizada em todos os setores da indústria e de serviços (Melton, 2005). A sua implementação “representa um processo de mudança de cultura da organização e, portanto, não é algo fácil de ser alcançado” (Werkema, 2006: 17). Para contrariar esta dificuldade, esta filosofia impõe que se conheça como funciona todo o aparelho produtivo para assim ser possível delinear as melhorias a implementar. Com esta premissa a adoção desta filosofia pode funcionar como um trunfo para a empresa pois serão postos em prática novos conceitos que permitirão abordagens produtivas diferenciadoras (Morgan & Liker, 2006).

Numa vertente mais prática, a adoção desta metodologia acarreta a implementação de técnicas e ferramentas que visam otimizar todo o ciclo produtivo (Melton, 2005).

2.2.4 Ferramentas Lean Manufacturing

As diversas ferramentas existentes desenvolvem-se à medida que a própria filosofia evolui e têm como objetivo fundamental a melhoria do desempenho. Devem-se usar ferramentas adequadas para implementar e sustentar a mudança em cada projeto, selecionando cada uma delas consoante a temática a abordar (Holweg, 2007).

Melton (2005) afirma que as ferramentas Lean são utilizadas para assegurar que os processos de fabrico atribuem valor aos seus clientes; que todas as atividades que não acrescentam valor, e que não são necessárias ao processo, são eliminadas ou reduzidas; que os processos de fabrico fluem numa linha produtiva consistente.

Como ferramentas Lean principais usadas nos projetos deste estudo temos o Value Stream Mapping (VSM); 5S; Trabalho Padronizado; Gestão Visual; Kaizen; e Poka-yoke.

2.2.4.1 O VSM

O VSM ou Mapa de Fluxo de Valor é uma ferramenta que apresenta graficamente, em pormenor, informação sobre as etapas e os tempos de todo o sistema da empresa, seguindo o produto desde que é pedido pelo cliente até que lhe é entregue. Permite, pois, fazer um diagnóstico e ter uma visão de toda a cadeia de valor, sendo possível determinar a sequência e o movimento de todo o material, todas as informações e ações que dela fazem parte (Junior et al., 2012).

Novak (2006) acrescenta que esta ferramenta inclui informação sobre a fluência da cadeia produtiva; e destaca a identificação das atividades que acrescentam e as que não acrescentam valor ao produto como a mais-valia desta ferramenta. Por conseguinte, o autor afirma que ao desenvolver o VSM deve identificar-se cada etapa do processo como sendo uma etapa que acrescenta valor, que não acrescenta valor mas é necessária, ou que não acrescenta valor e não é necessária ao processo. Esta identificação possibilita, de uma forma simples e eficaz, a identificação em cada etapa dos desperdícios e das suas causas, e a sua posterior eliminação. Por outro lado, permite que se percebam quais as oportunidades de melhoria possíveis, fornecendo uma boa base para um plano de implementação. De acordo com o autor, à medida que as melhorias são implementadas, as alterações ocorridas no processo serão visíveis no VSM, o que poderá funcionar como motivação para que todos os envolvidos no processo continuem a melhorar o processo.

2.2.4.2 O 5S

A ferramenta 5S é considerada como das primeiras técnicas a usar na aplicação da metodologia Lean Manufacturing (Novak, 2006), o seu ponto de partida (Junior et al., 2012; Pyzdek, 2003). Esta é uma ferramenta simples, barata, mas poderosa (McCarthy et al., 2004) utilizada para organizar o local de trabalho (Furterer, 2009; McCarthy et al., 2004; Novak, 2006). Liker e Meier

(2007) dizem-nos, no entanto, que este não é um programa que se limita a limpar a área de trabalho, apesar de ser um resultado da sua implementação. Os mesmos autores consideram que o objetivo central deste programa é reduzir perdas de tempo com deslocações desnecessárias e com a procura de materiais e ferramentas; mas destacam também os hábitos de trabalho padronizado que resultam da adoção desta técnica.

McCarthy et al. (2004) definem ainda como alguns dos benefícios da utilização desta ferramenta o fato de ser barata e de envolver as pessoas. Para os mesmos autores as desvantagens consistem em ser necessária muita disciplina do grupo de gestão e demorar a demonstrar resultados positivos.

A sua denominação advém da inicial (letra S) de conceitos Japoneses de organização dos locais de trabalho: Seiri, Seiton, Seiso; Seiketsu; e Shitsuke (Junior et al., 2012; Novak, 2006). Em Inglês, as cinco palavras traduzidas por vários autores também começam curiosamente pela letra S: sort, set in order, shine, standardize, e sustain (McCarthy et al., 2004; Novak, 2006; Pyzdek, 2003); simplify, straighten, scrub, stabilize, e sustain (Furterer, 2009) ou sifting, sorting, sweeping, standardize e sustain (Feld, 2001). Em Português, Liker e Meier (2007) traduzem os 5S nos conceitos classificar, organizar, limpar, padronizar, e disciplinar. A literatura consultada (Feld, 2001; Furterer, 2009; Liker & Meier, 2007; McCarthy et al., 2004; Novak, 2006; Pyzdek, 2003) permite-nos conhecer o que cada um destes conceitos implica.

O conceito classificar implica fazer a triagem do que é necessário e desnecessário, eliminando o que não é necessário, por exemplo começando por identificar com etiquetas vermelhas as ferramentas e outros objetos com utilização reduzida que podem ser eliminados. Esta triagem torna mais fácil o trabalho e a movimentação de materiais e trabalhadores.

O conceito organizar pressupõe que se identifiquem os objetos e a sua localização para que sejam facilmente vistos e encontrados por quem os procura e para que a sua arrumação nos locais certos também não cause muitas dúvidas, pois cada objeto ou ferramenta tem o seu local de arrumação específico. Para tal podem utilizar-se cores, sinais, símbolos ou outras ajudas visuais que sirvam de suporte a esta organização do espaço.

O conceito limpar envolve, com regularidade (preferencialmente diariamente e no final de cada turno), deixar tudo limpo, no lugar e a funcionar, assim quando algum trabalhador precisa de alguma ferramenta ou outro material este está pronto a ser utilizado. A falta de limpeza perturba o trabalho e pode pôr em risco a saúde e a segurança dos trabalhadores.

O conceito padronizar abrange criar regras que garantam que o que foi feito ao nível dos três conceitos anteriores se mantém e é realizado regularmente de forma frequente, podendo mesmo levar a melhorias. As regras a ter em conta para que a padronização funcione são: (1) instruções de trabalho claras e fáceis de seguir; (2) aplicação de métricas e subsequente divulgação dos resultados para reforçar as práticas que são expectáveis; (3) utilização de elementos visuais e guias; (4) atualização de regras, instruções, métricas, elementos visuais, guias e outros.

O conceito disciplinar impõe que se alcance a disciplina e o hábito de manter corretamente os cinco conceitos em prática e que a sua utilização seja constantemente avaliada, bem como exige que a direção e os trabalhadores trabalhem de forma cooperativa. É responsabilidade da direção

reforçar a importância das práticas que norteiam os cinco conceitos, pondo-as também em execução, já que é mais fácil para os trabalhadores seguirem um exemplo do que um discurso. Os membros da direção devem ainda, sempre que possível, verificar se os procedimentos 5S estão a ser adotados corretamente. Para tal devem clarificar as expectativas dos seus colaboradores, movimentar-se nas várias áreas de trabalho, premiar quem segue as regras, e disciplinar de forma construtiva aqueles que ainda cometem falhas nos diversos procedimentos.

2.2.4.3 Trabalho Padronizado

O Trabalho Padronizado é uma peça chave da metodologia Lean. Esta ferramenta documenta como o trabalho deve ser realizado nas oficinas e nos escritórios, torna-o repetível e diminui a variabilidade durante o processo. O principal objetivo consiste em reduzir a variabilidade entre os colaboradores para assim melhorar a qualidade do trabalho, eliminar desperdícios, e aumentar a produtividade e a segurança (McCarthy et al., 2004).

Para que se atinjam e mantenham os resultados expectáveis deve-se fazer uma descrição detalhada dos procedimentos necessários à execução da tarefa em questão (Junior et al., 2012). São três os elementos que devem constar dessa descrição: (1) a frequência temporal com que se deve produzir um produto (tempo takt); (2) a sequência de produção, ou seja, qual a melhor maneira para executar cada operação do processo e qual a melhor ordem sequencial para realização das diversas operações; e (3) a quantidade de mercadorias ainda em processo, já que é necessário identificar qual a quantidade mínima de produtos incompletos até o trabalhador finalizar o processo sem haver desperdício de tempo parado (Dennis, 2007).

2.2.4.4 Gestão visual

Numa área de trabalho visual o que está fora do seu local ou do padrão é instantaneamente detetável e pode ser rápida e facilmente corrigido (Dennis, 2007). Esta forma de organização torna a comunicação e a circulação da informação entre os trabalhadores mais rápida, evitando a necessidade de se procurar durante longos períodos de tempo a informação que necessitamos (Novak, 2006), e permite que, ao entrar no local da etapa em execução, rapidamente se identifique em que fase se encontra o processo produtivo, o que está a acontecer de errado, como está o material a fluir, e qual a próxima etapa de produção. Este tipo de gestão pressupõe que tudo está exposto, sinalizado, documentado e relatado, de tal forma que uma pessoa que entre pela primeira vez na fábrica perceberia imediatamente como e onde tudo funciona. Implica também que em cada posto de trabalho sejam expostas medidas de desempenho, que os trabalhadores desse posto devem conhecer, perceber, respeitar e controlar. Desta forma todos conseguem compreender e ir acompanhando se o seu desempenho está dentro do expectável ou não, podendo assim ser responsáveis pelo seu desempenho e saber como podem melhorá-lo se necessário.

Deve também ser utilizada uma forma visual para registrar os problemas que vão ocorrendo, estando assim visíveis por todos e na ordem do dia para serem resolvidos (Feld, 2001).

2.2.4.5 Kaizen

Kaizen é uma ferramenta Lean, cuja filosofia Japonesa subjacente é a melhoria contínua. A sua utilização no mundo empresarial permite criar constantemente valor para o cliente através da eliminação de desperdícios (Furterer, 2009). Os processos e as regras de trabalho de cada etapa devem ser regularmente avaliados e postos em causa para se fazerem pequenas melhorias sempre que a oportunidade surja, e quando isso acontece são eliminados mais desperdícios do sistema. Os trabalhadores devem ser incentivados e ensinados a identificar e a propor oportunidades de melhoria quando assim o entenderem. Se as melhorias forem pequenas não devem necessitar de aprovação; em casos de melhorias grandes, que afetam mais do que uma etapa, a empresa deve ter um processo através do qual essas melhorias possam ser rápida e facilmente comunicadas, aprovadas e postas em prática. Se as melhorias não forem do agrado da administração, os seus responsáveis devem explicar ao trabalhador o porquê. Caso as ignorem sem qualquer explicação ou ponham muitos obstáculos, podem desmotivar o trabalhador e fazê-lo desistir de se manter envolvido e empenhado (Novak, 2006).

2.2.4.6 Poka-Yoke

O conceito Japonês Poka-yoke refere-se a evitar erros inadvertidos. O objetivo central desta ferramenta é criar ou melhorar um processo de maneira a que a ocorrência de erros seja pouco provável, ou que pelo menos estes sejam facilmente detetados e corrigidos. Para tal é necessário dar formação aos trabalhadores e incorporar as técnicas Poka-yoke no processo (McCarthy et al., 2004). Novak (2006) refere que a utilização desta ferramenta passa por criar processos, máquinas ou outros equipamentos que possam ser executados/utilizados apenas de uma forma, a forma correta, não havendo possibilidade de erro humano na sua execução/utilização. Evitando erros poupa-se dinheiro e tempo, evitam-se outros desperdícios, e, como diz Feld (2001), gera-se um processo produtivo sem defeitos.

Esta ferramenta pode ser utilizada tanto no escritório como na zona de produção, recorrendo a dispositivos que identificam o erro antes de este se tornar um defeito. Exemplo desses dispositivos são checklists; instrumentos de medição e controle; dispositivos de anti-erro de posicionamento com várias formas; codificação por cores; entre outros. Estes dispositivos podem dividir-se em dispositivos de prevenção e dispositivos de deteção. Os primeiros visam tornar o processo à prova de erro; os segundos avisam o utilizador da ocorrência de um erro. No geral, todos estes dispositivos são simples e baratos; tornam-se parte do processo; e são colocados no local da ocorrência do erro para assim darem um retorno rápido ao trabalhador, permitindo que este o corrija (McCarthy et al., 2004).

2.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são usadas para resolver grande parte (95% segundo Kaoru Ishikawa) dos problemas das empresas (Lucinda, 2010).

As ferramentas clássicas da qualidade desenvolvidas por Kaoru Ishikawa, que podem ser utilizadas por todos os trabalhadores diariamente, são: o diagrama de Pareto; diagramas de causa e efeito; histogramas; folhas de verificação; gráficos de dispersão; fluxogramas; e cartas de controlo (Daychoum, 2007).

Estas ferramentas amplificam as qualidades da equipa multidisciplinar que está a tentar resolver o problema, e acrescentam método e disciplina à análise dos problemas e ao encontrar das soluções. São quatro os grandes benefícios que advêm da utilização destas ferramentas: (1) permitem uma mais fácil compreensão do problema; (2) apresentam-se como um método eficaz de abordagem; (3) trazem disciplina ao trabalho; e (4) incrementam a produtividade (Lucinda, 2010).

Neste estudo debruçar-nos-emos apenas sobre o diagrama de Pareto, o diagrama de causa-efeito, o fluxograma e as cartas de controlo.

2.3.1 Diagrama de Pareto

Esta ferramenta permite identificar as causas principais dos problemas; determinar a quantidade de ocorrências dessas causas; atribuir-lhes uma classificação por ordem decrescente do seu impacto na organização (Lucinda, 2010); e focar a atenção nos problemas a eliminar começando por aquele que acontece mais vezes (Furterer, 2009).

Na qualidade de uma empresa, este diagrama permite demonstrar o princípio de Pareto 80/20, segundo o qual, por exemplo, 80% dos problemas são criados por 20% das causas (Furterer, 2009; Novak, 2006).

Em seguida apresenta-se um diagrama de Pareto tipo.

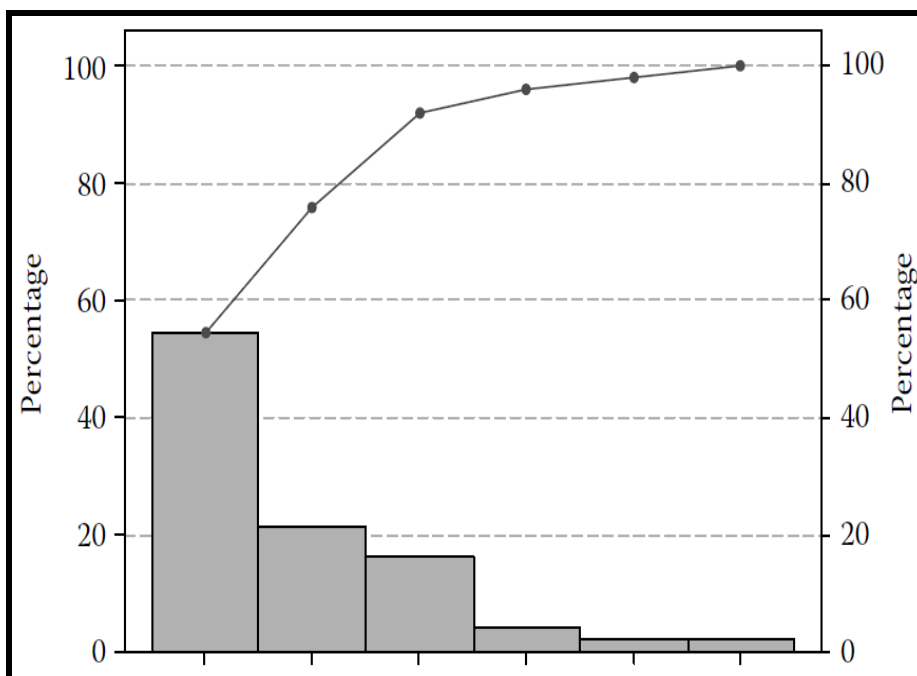


Figura 4: Diagrama de Pareto (adaptado de Furterer (2009))

2.3.2 Diagrama de causa e efeito

Este diagrama, também conhecido como diagrama em espinha de peixe devido à sua forma ou como diagrama Ishikawa em honra ao seu criador, é uma ferramenta gráfica que permite identificar a causa de um problema e tentar identificar as razões para um resultado (Novak, 2006). Assim, esta ferramenta é utilizada para a gestão e controlo da qualidade em diversos processos, permitindo conhecer as relações entre causas e efeitos que intervêm em diversos processos (Daychoum, 2007). É mesmo considerada uma das ferramentas mais eficazes para a resolução de problemas nas empresas, pois o seu método de aplicação é simples mas obtém resultados excelentes (Lucinda, 2010).

A equipa que está debruçada sobre um determinado problema organiza e apresenta graficamente, de forma simples, todo o conhecimento adquirido até ao momento relativamente a esse problema. No diagrama é possível definir o problema em questão; anotar as causas que possivelmente geram o problema; organizar as causas mediante categorias; e demonstrar para cada categoria as relações existentes entre todas as informações documentadas (Pyzdek, 2003).

Graficamente, no eixo horizontal até à cabeça do peixe será identificado o problema e a cada espinha será atribuída uma categoria orientadora. As categorias mais comuns são os seis "M": Mão-de-obra, Método, Material, Medição, Máquinas e Meio-ambiente. As causas possíveis serão associadas ao "M" respetivo (McCarthy et al., 2004). Daychoum (2007) reforça esta teoria apesar de se focar em apenas quatro dessas categorias, afirmando mesmo que este diagrama também é conhecido por 4M, já que a estrutura do diagrama permite a classificação de todos os tipos de problemas nos quatro tipos: método; matéria-prima; mão-de-obra; e máquinas.

As causas, levantadas em reuniões em que se faz chuva de ideias, são representadas com setas que apontam para o seu efeito, neste caso o problema em estudo. É possível fazer a decomposição das causas complexas em causas primárias e causas secundárias sem que a visão de conjunto se perca (Daychoum, 2007).

Esta forma organizada de apresentar a informação é útil para a análise e discussão mais profunda do problema pela equipa e pode inspirar a equipa a ter mais ideias. É desejável que posteriormente o diagrama seja exposto num local para que todos o possam ver e analisar (Pyzdek, 2003). Posteriormente, as causas identificadas no diagrama que causam os problemas definidos serão eliminadas com o intuito de melhorar o desempenho no processo. Salienta-se que o segredo do sucesso que pode ser obtido com esta ferramenta reside no trabalho conjunto que envolve todas as pessoas que lidam com o problema e os responsáveis por solucioná-lo (Lucinda, 2010).

Em seguida apresenta-se um diagrama de Causa efeito tipo.

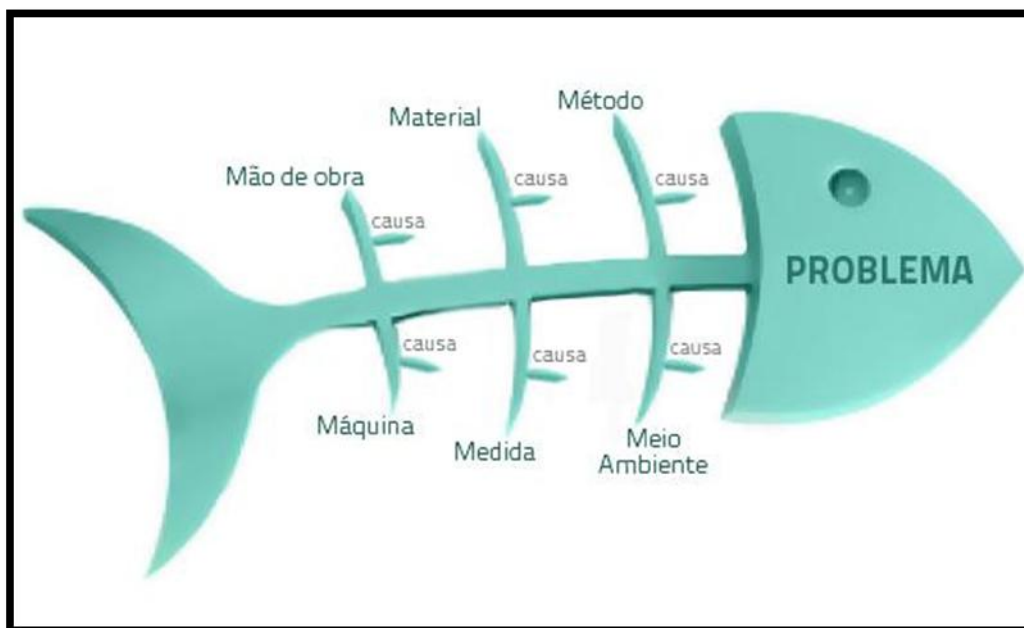


Figura 5: Diagrama de Causa-Efeito ou Ishikawa (reproduzido de Indústria Hoje (2013))

2.3.3 Fluxograma

O fluxograma é uma representação gráfica de todas as etapas de um processo, e da sua sequência desde que este começa até que acaba (Lucinda, 2010); incluindo por exemplo os pontos de decisão, a circulação de pessoas envolvidas na cadeia produtiva, e a circulação de dados, documentos e outras informações (Novak, 2006). Na verdade, o fluxograma simplifica a análise de todos os processos pois permite demonstrar graficamente todas as entradas, saídas e pontos críticos de cada processo, sendo as entradas os fatores envolvidos na produção (materiais, equipamento, trabalho, gestão, etc.); as saídas os produtos/serviços produzidos, bem como resultados não expectáveis; e os pontos críticos ou ações a forma como as entradas são manipuladas para criar valor (procedimentos, armazenamento, transporte, processamento, etc.) (Pyzdek, 2003).

Esta ferramenta faz parte da documentação do processo e visa compreender o processo atual, bem como projetar novos processos. Na sua representação são utilizados diversos símbolos estandardizados (Lucinda, 2010).

Os símbolos mais utilizados são os seguintes:








	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica uma espera
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior

Figura 6: Simbologia usada num fluxograma (adaptado de Lucinda (2010))

2.3.4 Cartas de controlo

Carta de controlo é uma ferramenta simples, que visa monitorizar o processo produtivo através do registo de informação e do mapeamento dos resultados das medições ao longo do tempo. Permite perceber se o processo está sob controlo e tem um desempenho previsível, ou seja, se a distribuição de probabilidade representada pela característica em análise é constante no tempo, sendo as causas comuns as únicas causas de variação; bem como e se é capaz (Novak, 2006). Por outras palavras, é uma ferramenta que demonstra se as variações e a média das medições se mantêm ao longo do tempo (McCarthy et al., 2004). Para além de determinar a estabilidade estatística do sistema, esta representação gráfica dos processos de medição permite ainda detetar causas especiais que os métodos numéricos por si só não detetariam (Pyzdek, 2003).

Existem vários tipos de cartas de controlo, dependendo do tipo utilizado, elas incluem informação acerca de quando as medições foram feitas, os resultados dessas medições; um resumo dos cálculos; e gráficos com os resultados (Novak, 2006). Em cada período temporal os dados recolhidos podem referir-se a valores individuais, a pequenas amostras ou a subgrupos (McCarthy et al., 2004).

Nos gráficos o eixo Y constitui o objeto de medição e o eixo X o tempo ou um fator que indique tempo. São representadas nos gráficos três linhas: a linha central que representa a média (o objetivo que se pretende atingir); o limite de controlo inferior; e o limite de controlo superior. Ambos os limites representam desvios da média, estimados pela equipa de trabalho. Causas especiais de variação são identificadas no gráfico utilizando pontos que ficam fora dos limites (acima do superior e abaixo do inferior). Caso se verifique a existência de causas especiais, estas devem ser analisadas para verificar se houve alterações no processo. A sua correção e eliminação posterior contribui para a melhoria do processo (McCarthy et al., 2004).

A criação de uma carta de controlo deve respeitar várias etapas, incluindo: (1) identificar a característica de qualidade do processo que será estudada e as causas potenciais de variação dessa característica; (2) assegurar que os dados recolhidos são independentes e distribuídos normalmente; (3) calcular os limites de controlo; (4) decidir quando os limites de controlo devem ser revistos (McCarthy et al., 2004).

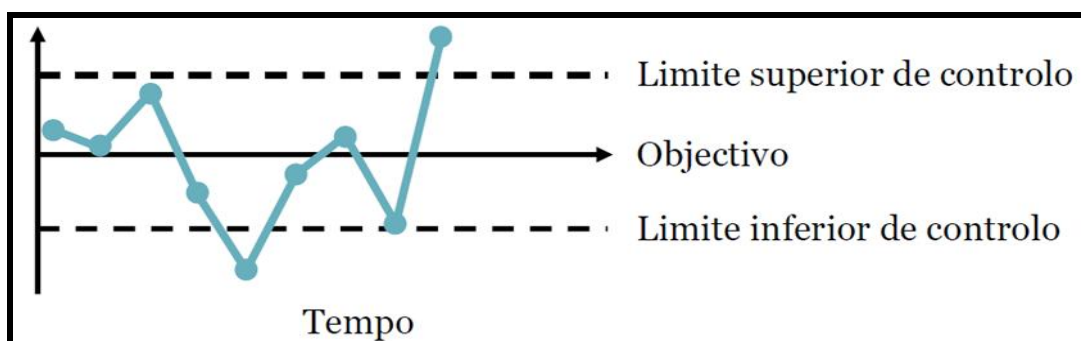


Figura 7: Carta de controlo tipo (adaptado de AEPortugal (2004))

3 Resultados

3.1 Levantamento da situação na MCR.

A adoção da metodologia Lean 6 Sigma por parte da empresa requereu uma vontade explícita da administração em ultrapassar alguns problemas que tinham vindo a ser identificados e lançar uma nova metodologia de trabalho que consiga melhorar o desempenho atual da empresa e torna-la mais competitiva face à concorrência.

3.1.1 Levantamento da situação inicial e escolha dos projetos

A implementação desta filosofia de trabalho passou por uma análise de diagnóstico inicial à empresa, verificando-se as obras que sistematicamente tinham problemas ao nível da rentabilidade, e escolhendo aquelas que se entendeu que seriam mais importantes para o futuro próximo da empresa.

Sendo assim muitas oportunidades de melhoria foram identificadas em várias áreas da empresa, tendo surgido a possibilidade de estudar várias destas oportunidades. Destas, foram selecionadas as que reuniam um grau de importância mais elevado e que simultaneamente seriam exequíveis no período dedicado ao projeto.

Dada a diversidade de áreas e aspetos considerados no projeto de trabalho, entendeu-se escolher 2 projetos que fossem suficientemente abrangentes para envolver a implementação das melhorias necessárias para uma maior eficiência operacional.

O mix de produção da empresa é neste momento de 35 % para obras diversas ou de empreitada e é de 65% para obras de produção em série com entregas periódicas, e incluem um mix diversificado de componentes, que acabam por ser transversais a toda a estrutura.

A realização deste tipo de obras veio colocar desafios enormes a toda a organização, obrigando a uma redefinição e reorganização do método de trabalho.

Chegou-se então à conclusão que iriam ser elaborados dois projetos distintos para dois tipos de obras que assumem importância vital no contexto atual da empresa.

Projeto 1 – Peças S CX ELEV.

Projeto 2 – Peças GER.

3.2 Resultados do projeto 1 Peças S CX EL

Este primeiro projeto incidiu no fabrico do produto denominado de S CX EL, que é uma peça composta por diversos componentes em Aço S235jr e que é fabricada sobre encomenda para um cliente denominado de NE.

Este produto é uma caixa metálica que quando é montada serve de elevador e tem a sua aplicação na indústria.

A empresa produz este produto para o cliente NE há cerca de 2 anos e face aos resultados acumulados das obras decidiu implementar melhorias no seu fabrico na tentativa de melhorar o seu resultado operacional.

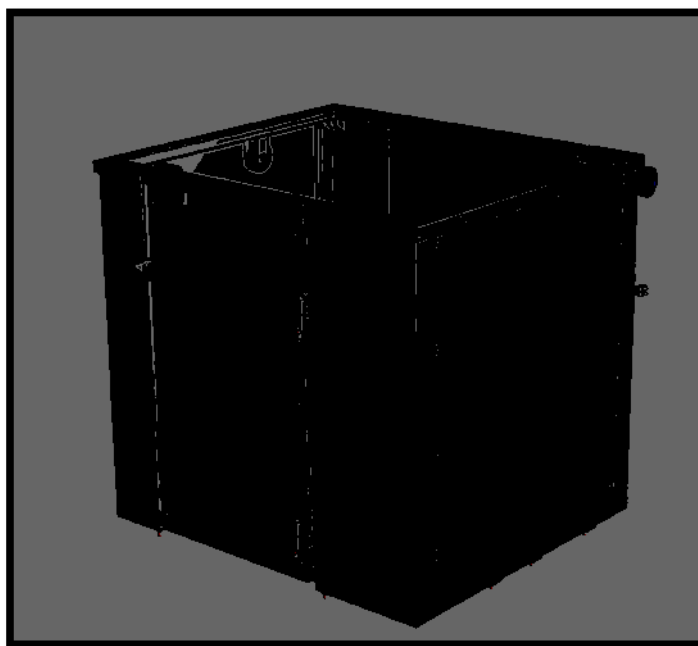


Figura 8: Peça S CX EL

Este produto é produzido em 6 fases distintas e é subdividido em 18 etapas de processo.

Este número de etapas de processo obriga a um fluxo enorme de materiais, máquinas e pessoas.

É um tipo de obra que é transversal a toda a estrutura e obriga a um envolvimento de diversos elementos na sua elaboração, desde o projeto, compras, fabrico e logística.

3.2.1 Fase Definição (Define)

3.2.1.1 Problem statements

- As obras sistematicamente dão prejuízo.
- Horas realizadas são sempre muito superiores ao previsto.
- Custos com os materiais superiores ao orçamentado.
- Elevado nº de colaboradores envolvidos.

3.2.1.2 Análise inicial das obras em estudo

A tabela 1 foi construída com os dados recolhidos no histórico da análise final de cada obra (a empresa tem implementado uma base de dados que permite durante o fabrico e no final da obra ver qual o resultado operacional, permitindo de uma maneira simples analisar se houve desvios em relação ao estimado inicialmente e ver também se estes se situam na aquisição dos materiais ou nas horas processadas na execução da obra).

A tabela apresenta 3 colunas a preto com os dados económicos da obra, que para preservar a relação cliente/empresa não serão divulgados.

Com base na tabela 1 podemos verificar com facilidade o seguinte:

1. Desvio negativo entre as horas de fabrico estimadas e as horas realizadas.
2. Resultado das obras negativo.
3. Elevado nº de colaboradores envolvidos no fabrico destas obras.

Tabela 1: Análise das obras em estudo

Nº OBRA	QT	tempo estimado(h)	tempo realizado(h)	Δ	horas un	Valor unitário (€)	Valor obra (€)	Resultado obra(€)	Nº Colaboradores	Diferença horas fabrico %	Resultado obra %
2157/12	10	125	181,5	56,5	18,15				14	45,20%	-10,34%
2169/12	5	62,5	90,5	28	18,1				7	44,80%	-16,41%
2001/13	5	62,5	74	11,5	14,8				7	18,40%	-6,15%
2020/13	15	187,5	215	27,5	14,33				14	14,67%	-9,34%
2024/13	15	187,5	221,25	33,75	14,75				11	18,00%	-9,06%
Médias Iniciais			156,45	31,45	16,03				10,6	28,21%	-10,26%

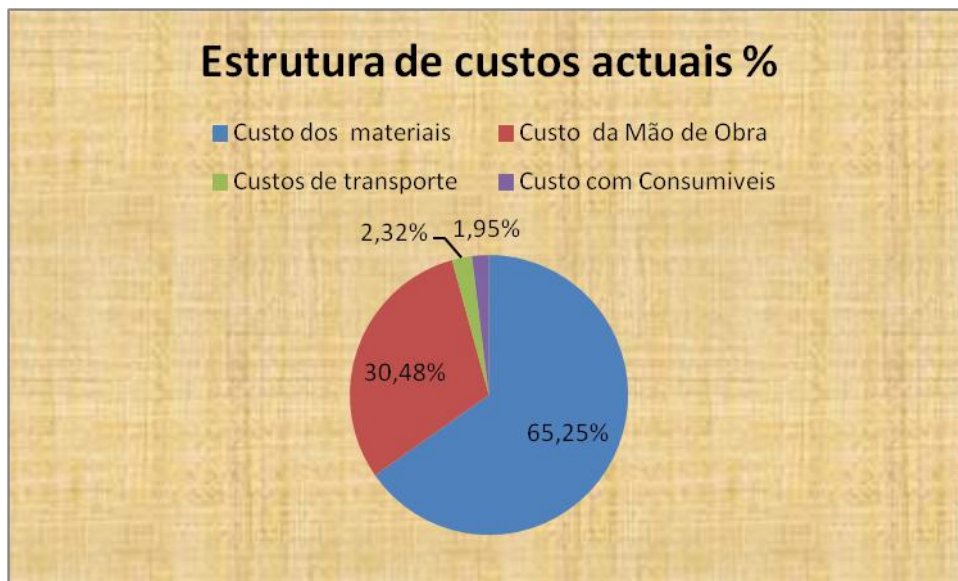


Figura 9: Gráfico com a estrutura dos custos da obra orçamentada

Com base na figura 9, pode verificar-se a importância que as matérias-primas (materiais) têm na estrutura de custos. Como sabemos que neste campo não podemos ter muitos ganhos, visto constantemente ter-se feito renegociações e novas consultas ao mercado, destaca-se então a importância de trabalhar os restantes itens desta estrutura de custos.

Perante estas informações este trabalho vai incidir fortemente num trabalho de redução de tempos de fabrico.

Temos como definição de tempo inicial de fabrico orçamentado de 12.5 horas/unidade de produção.

3.2.1.3 Goal statements

Com base na ficha de projeto "Project charter" (figura 10), podemos ver claramente todas as informações sobre este projeto, dos quais convém destacar os seguintes pontos

Resultados esperados

- 1- Aumento da rentabilidade da obra (Aumentar o resultado global da obra 5%).
- 2-Redução dos tempos de produção em 28,21% (Diminuição dos tempos excessivos e desnecessários).
- 3- Melhoria Fluxo produtivo (Alterar o layout produtivo).
- 4- Ganhos financeiros de 6.612,50 €

3.2.1.4 Ficha do Projeto (Project Charter)

FICHA DO PROJETO																						
Nome do Projecto: (1) Melhorar o processo Gestão Produtivo da obra S CX EL.	Nome Empresa/Localização: (2) MCR, Viana do Castelo																					
Líder da Equipa: (3) C.Gandarela	"Champion" do Projecto: (4)																					
Descrição do Projecto/Missão: (5) Redução de desperdícios de tempos do processo de Fabrico através de: (i) análise da linha de produção e localização dos pontos onde se registam diferenças mais significativas; (ii) qualificar e quantificar esses tempos; (iii) seleccionar os pontos mais significativos;; (iv) propor e implementar soluções no método e processo de fabrico; (v) avaliar os resultados obtidos;																						
Descrição do Problema: (6) Actualmente comprova-se que os tempos de produção de uma peça são superiores em 28,21 % ao tempo previsto de fabrico . Estima-se que o desperdícios de tempo sejam originados em proporções diferentes pelas diversas fases do processo de produção, pelo que estes 28,21% são devidos a ineficiência do processo. Estes 28,21% se reduzidos para 0 %, poderão significar aproximadamente uma redução de custos para o projeto a um ano (150 un) de 6.612,50€ correspondentes a uma melhoria efectiva de 22,0% .																						
Importância do problema: (7) A Administração da MCR definiu como prioritárias todas as iniciativas que conduzam à redução de desperdícios do processo, resultando na melhoria da eficiência operacional, visto ser uma obra com algum impacto na atividade da empresa.																						
Resultados: (8) 1- Aumento da rentabilidade da obra. 2 -Redução dos tempos de produção em 28,21% 3- Melhoria Fluxo produtivo	Objectivos/Métricas: (9) 1 -Aumentar o Resultado global de obra 5 % 2- Diminuição tempos de fabrico em 28,21% 3 -Alterar Lay out produtivo																					
Processo e seu responsável: (10) Processo de produção. Direcção Empresa																						
O âmbito do projecto é: (11) Melhorar a eficiência operacional da obra O âmbito do projecto não é:																						
Clientes Chave: (12) Interno	Expectativas: (13) Redução de custos na ordem dos 6.612,50 €/ano																					
Marcos do Projecto: (14) Início do Projecto: Jan-13 Fase de definição Feb-13 Fase de medição Mar-13 Fase de análise Abr-13 Fase de Melhoria Mai-13 Fase de controlo Jun-13 Data de Conclusão: Jul-13	Datas de Finalização: (15) Ago-13 Set-13																					
Resultados financeiros esperados: (16)																						
<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Custos Fixos</td> <td>1-Tempo</td> <td>Anual</td> <td rowspan="5">Redução tempos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Custos da qualidade</td> <td></td> <td>6.612,50 €</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>Rendimento</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>Velocidade</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>Concordância com requisitos Intangíveis</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Custos Fixos	1-Tempo	Anual	Redução tempos		Custos da qualidade		6.612,50 €	x	Rendimento			x	Velocidade			x	Concordância com requisitos Intangíveis			<p>Descrição</p> <p>Melhoria condições Trabalho ; aumento da satisfação dos executantes da obra</p>
	Custos Fixos	1-Tempo	Anual	Redução tempos																		
	Custos da qualidade		6.612,50 €																			
x	Rendimento																					
x	Velocidade																					
x	Concordância com requisitos Intangíveis																					
Membros da equipa: (17) Champion J.R.- , Líderes - Carlos Gandarela , membros da equipa - P. C. (controller de gestão) P. V. (gestão de horas) V. R. (Produção)																						
Recursos Esperados (Internos/Externos): (18) Colaboração de 2 elementos internos na elaboração das melhorias do lay-out fabril, Possível necessidade de colaboração de fornecedor de peças específicas.																						
Avaliação do Risco: (19)																						
Preparado por: (20) C.G.	Data (última revisão): (21) 01-Jun-13																					

Figura 10: Ficha do projeto peças S CX EL

3.2.1.5 SIPOC do projeto

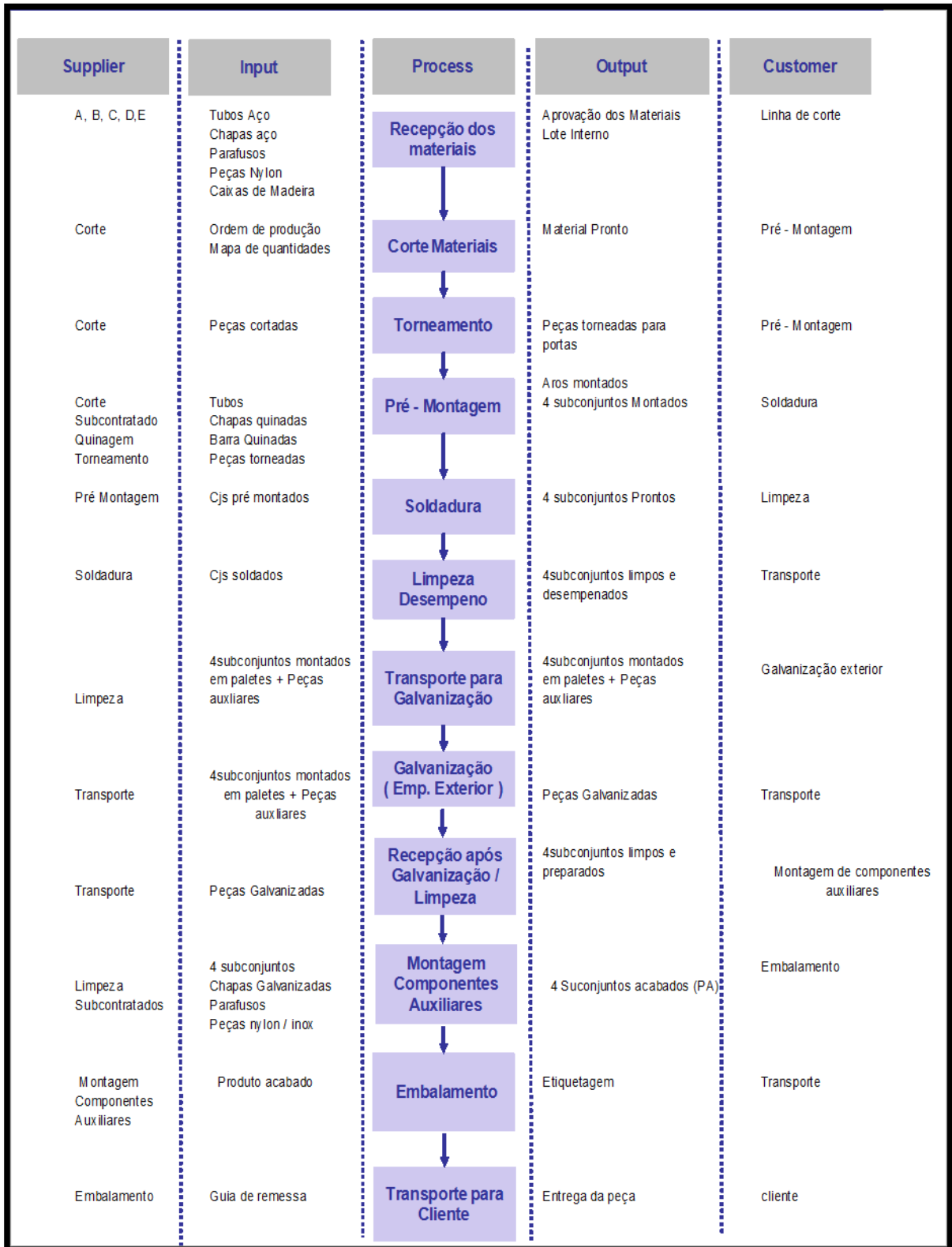


Figura 11: SIPOC do projeto peças S CX EL

Na figura 11 apresenta-se o mapa do processo de fabrico (SIPOC) com a identificação das entradas e saídas, bem como os intervenientes.

3.2.2 Fase Medição (Measure)

3.2.2.1 Recolha de dados.

Com base na tabela 2 e na figura 12, vemos os tempos realizados em cada obra detalhados pelas etapas do processo, e vemos também determinadas as médias de execução da obra.

Podemos usar mais tarde estes dados para comparar com os valores predefinidos em processo de orçamento e analisar onde estão os desvios.

Entre diversas observações que se podem fazer da tabela 2, repara-se que o tempo médio de fabrico é de 16.03 horas/un.

Tabela 2: Distribuição das horas de execução por etapas do processo

Famílias de Processo	nº	Nº Obra	Quantidade da encomenda					Total	Média obra Operação	Total Horas operação	Média unidade por operação (Horas)	Média Família Operação (Horas)	Média Família Operação (%)
			10	5	5	15	15	50					
			2157/12	2169/12	2001/13	2020/13	2024/13						
			Nº Horas										
Fabrico	1	Tempo de corte de materiais	13	7	6	20	22	13,60	68,00	1,34	437,50	55,93%	
	2	Tempo de quinagem barras	7	1	1	11	11	6,20	31,00	0,51			
	3	Tempo de Pré-Montagem	56	32,5	28	44	42	40,50	202,50	4,69			
	4	Tempo de Furação	5	3	3	15	15	8,20	41,00	0,74			
	5	Tempo de soldadura	14	6	4	22,5	23	13,90	69,50	1,29			
	6	Tempo de torneamento	10,5	2	2	5,5	5,5	5,10	25,50	0,52			
Movimentação interna de peças	7	Tempo de descarga M.P.	8	4	2	4,5	4,75	4,65	23,25	0,52	68,25	8,72%	
	8	Tempo entre operações	8	2	2	5,5	7,5	5,00	25,00	0,49			
	9	Tempo de Movimentação/ Armazenamento Cx Madeira	3	1	1	7	8	4,00	20,00	0,34			
Limpeza de Peças	10	Tempo de Limpeza antes Galvanização	3	2	2	6,5	6	3,90	19,50	0,39	52,50	6,71%	
	11	Tempo de Limpeza depois da Galvanização	6	4	3,5	9,5	10	6,60	33,00	0,68			
Montagem componentes Auxiliares	12	Montagem de Elementos ligação Ch Galvanizadas+(Parafusos+Fra)	10	5	3,5	15	15	9,70	48,50	0,94	95,50	12,21%	
	13	Montagem de Rodas de Nylon e Casquilhos	8	4	3	8	8	6,20	31,00	0,65			
	14	Preparação de caixas de componentes soltos	2	1	1	6	6	3,20	16,00	0,28			
Embalamento	15	Embalar componentes dentro das Caixas de Madeira	12	8	4	15	15	10,80	54,00	1,12	54,00	6,90%	
Transportes	16	Tempo de e para a Galvanização	4	2	2	8	9	5,00	25,00	0,47	74,50	9,52%	
	17	Tempo de e para a Carpintaria	4	2	2	4	4	3,20	16,00	0,35			
	18	Tempo de entrega cliente	8	4	4	8	9,5	6,70	33,50	0,71			
			181,5	90,5	74	215	221,25	156,45	782,25	16,03			
		Tempo Gasto por unidade fornecida	18,15	18,10	14,80	14,33	14,75						
		Tempo Total de fabrico por obra	105,5	51,5	44	118	118,5						
			58,127%	56,906%	59,459%	54,884%	53,559%						
		Tempo total de Trabalhos auxiliares por obra	76	39	30	97	102,75						
			41,873%	43,094%	40,541%	45,116%	46,441%						
		Total Gasto	181,5	90,5	74	215	221,25						

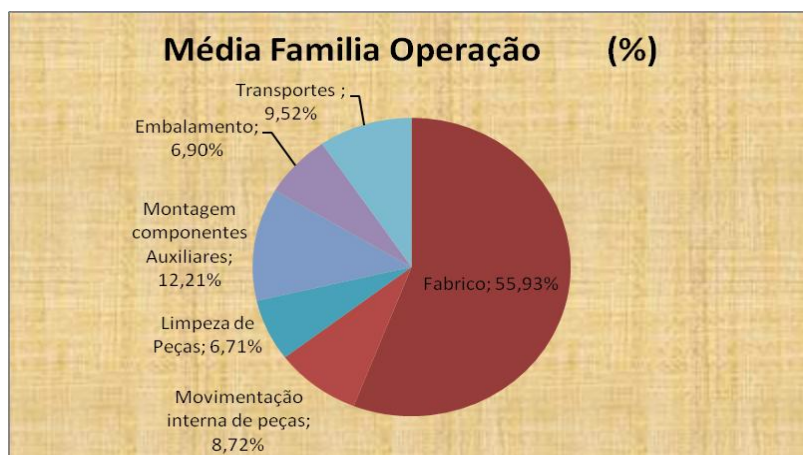


Figura 12: Gráfico com distribuição dos tempos de execução média das obras

3.2.2.2 Caracterização da situação atual.

Com base na tabela 3, vemos os desvios nas diversas etapas do processo entre o orçamentado e o realizado e chegamos a algumas observações descritas nas tabelas seguintes.

Tabela 3: Comparação de tempos por operação entre o orçamentado e o real

		QT			
		1			
Famílias de		SIT.ORÇAMENTO	SIT. ATUAL	DESVIO	
Processo	nº	Nº Horas Orçamento	Nº Horas produçãooatual	TEMPO (HORAS)	
	Etapas Processo				
Fabrico	1	Tempo de corte de materiais	1	1,34	0,34
	2	Tempo de quinagem barras	0,6	0,51	-0,09
	3	Tempo de Pré- Montagem	4	4,69	0,69
	4	Tempo de Furação	0,75	0,74	-0,01
	5	Tempo de soldadura	1	1,29	0,29
	6	Tempo de torneamento	0,5	0,52	0,02
Movimentação interna de peças	7	Tempo de descarga M.P.	0,25	0,52	0,27
	8	Tempo entre operações	0,25	0,49	0,24
	9	Tempo de Movimentação/ Armazenamento Cx Madeira	0,25	0,34	0,09
Limpeza de Peças	10	Tempo de Limpeza antes Galvanização	0,25	0,39	0,14
	11	Tempo de Limpeza depois da Galvanização	0,25	0,68	0,43
Montagem componentes Auxiliares	12	Montagem de Elementos ligação Ch Galvanizadas+(Parafusos+f+a)	0,75	0,94	0,19
	13	Montagem de Rodas de Nylon e Casquilhos	0,5	0,65	0,15
	14	Preparação de caixas de componentes soltos	0,25	0,28	0,03
Embalamento	15	Embalar componentes dentro das Caixas de Madeira	1	1,12	0,12
Transportes	16	Tempo de e para a Galvanização	0,25	0,47	0,22
	17	Tempo de e para a Carpintaria	0,15	0,35	0,20
	18	Tempo de entrega a cliente	0,5	0,71	0,21
		Tempo Gasto por unidade fornecida por obra	12,5	16,03	3,53

De acordo com a tabela 4, podemos ver que estamos a gastar + 3.53 horas ou mais 28.21% de tempo na globalidade em relação ao previsto.

Tabela 4: Resumo dos tempos previstos e o real

	Previsto	/	Gasto	Δ
Tempo Gasto por unidade fornecida por obra (h)	12,5		16,03	3,53
Tempo Total de fabrico por obra	7,85		9,08	
	62,80%		56,68%	
Tempo total de Trabalhos auxiliares por obra	4,65		6,94	
	37,20%		43,32%	
Gasto médio actual de Horas de Produção			28,21%	
Estamos a gastar a mais				

3.2.2.3 Caracterização dos desvios por processos.

Interessa agora fazer a distribuição destes tempos; saber qual a influência de cada um; verificar quais os processos onde ocorrem os maiores desvios; e identificar qual o caminho a tomar.

A tabela 5 apresenta a caracterização dos desvios dos diversos processos de trabalho.

Perante as tabelas 6 e 7 e as figuras 13 e 14 apresentadas, analisamos onde temos mais desvios em termos de processos e qual a influência de cada um dos processos no total de desvio.

Conclui-se que os 3 primeiros processos são os mais importantes.

Nas tabelas 8 a 12 e nos gráficos das figuras 15 a 19, analisaremos a influência de cada um dos processos no desvio das horas.

Vai-se então procurar as razões para os desvios de cada processo, analisando a influência de cada etapa de processo.

Com base nas informações recolhidas, as causas de desvio em cada processo de produção foram agrupadas e a sua informação trabalhada, demonstrando as vezes que cada uma das etapas ultrapassa o tempo previsto (frequência).

Tabela 5: Comparação dos desvios por operação entre o orçamentado e o real

		QT											
		1				Orçamento		Atual		Diferenças			
Famílias de	Nº Obra	SIT.ORÇAMENTO	SIT. ATUAL	DESVIO TEMPO (HORAS)	DESVIO TEMPO (MINUTOS)	Média Família Operação	Média Família Operação	Média Família Operação	Média Família Operação	(%)	Influência	Influência	
Processo	nº Etapas Processo	Nº Horas Orçamento	Nº Horas produçãoatual										
Fabrico	1 Tempo de corte de materiais	1	1,34	0,34	20,40	7,85	62,80%	9,08	56,68%	15,71%	9,64%	34,97%	
	2 Tempo de quinagem barras	0,6	0,51	-0,09	-5,20						-2,46%		
	3 Tempo de Pré- Montagem	4	4,69	0,69	41,20						19,47%		
	4 Tempo de Furação	0,75	0,74	-0,01	-0,60						-0,28%		
	5 Tempo de soldadura	1	1,29	0,29	17,20						8,13%		
	6 Tempo de torneamento	0,5	0,52	0,02	1,00						0,47%		
Movimentação interna de peças	7 Tempo de descarga M.P.	0,25	0,52	0,27	16,40	0,75	6,00%	1,36	8,47%	80,89%	7,75%	17,20%	
	8 Tempo entre operações	0,25	0,49	0,24	14,60						6,90%		
	9 Tempo de Movimentação/ Armazenamento Cx Madeira	0,25	0,34	0,09	5,40						2,55%		
Limpeza de Peças	10 Tempo de Limpeza antes Galvanização	0,25	0,39	0,14	8,20	0,50	4,00%	1,07	6,66%	113,33%	3,88%	16,07%	
	11 Tempo de Limpeza depois da Galvanização	0,25	0,68	0,43	25,80						12,19%		
Montagem componentes Auxiliares	12 Montagem de Elementos ligação Ch Galvanizadas(Parafusos+H)	0,75	0,94	0,19	11,40	1,50	12,00%	1,87	11,69%	24,89%	5,39%	10,59%	
	13 Montagem de Rodas de Nylon e Casquilhos	0,5	0,65	0,15	9,20						4,35%		
Embalamento	14 Preparação de caixas de componentes soltos	0,25	0,28	0,03	1,80	1,00	8,00%	1,12	6,99%	12,00%	0,85%	3,40%	
	15 Embalar componentes dentro das Caixas de Madeira	1	1,12	0,12	7,20						3,40%		
	Transportes	16 Tempo de e para a Galvanização	0,25	0,47	0,22						13,00		0,90
17 Tempo de e para a Carpintaria		0,15	0,35	0,20	11,80	5,58%							
18 Tempo de entrega a cliente		0,5	0,71	0,21	12,80	6,05%							

Tabela 6: Percentagem ordenada dos desvios por processo

Processo	Desvio %	Influência
Limpeza de Peças	113,33%	16,07%
Movimentação interna de peças	80,89%	17,20%
Transportes	69,63%	17,77%
Montagem de componentes Aux.	24,89%	10,59%
Fabrico	15,71%	34,97%
Embalamento	12,00%	3,40%

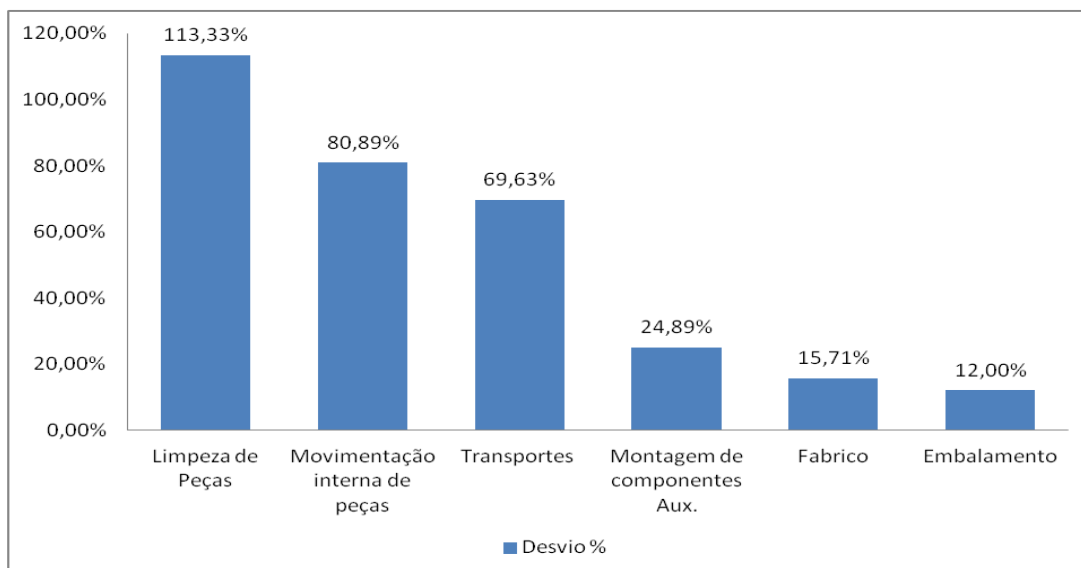


Figura 13: Gráfico ilustrativo com a percentagem de desvios

Tabela 7: Percentagem de influência por processo

Processo	Influência	Acumulado
Fabrico	34,97%	34,97%
Transportes	17,77%	52,74%
Movimentação interna de peças	17,20%	69,94%
Limpeza de Peças	16,07%	86,01%
Montagem componentes Auxiliares	10,59%	96,60%
Embalamento	3,40%	100,00%

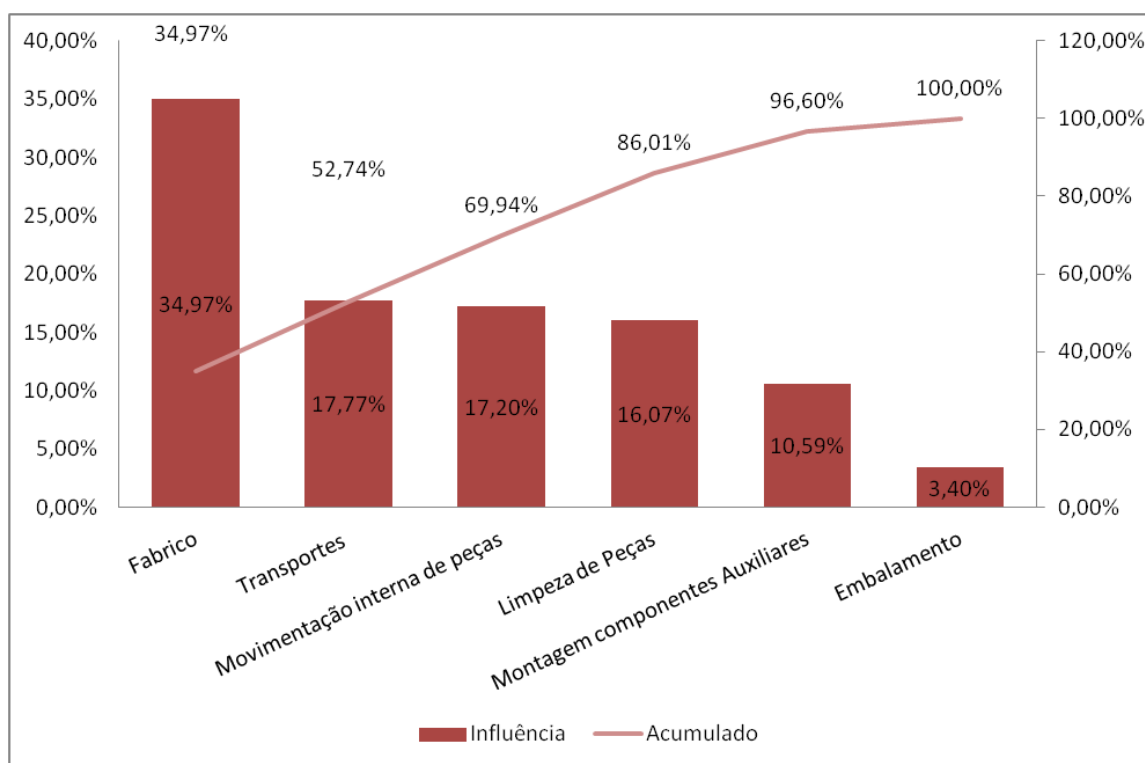


Figura 14: Diagrama de Pareto ilustrativo com a percentagem de influência de cada processo

Processo de Fabrico

Tabela 8: Caracterização do desvio do processo de fabrico

ETAPA	Frequência	%	% acumulada
Tempo de corte de materiais	50	25,64%	25,64%
Tempo de soldadura	45	23,08%	48,72%
Tempo de quinagem barras	40	20,51%	69,23%
Tempo de Furação	30	15,38%	84,62%
Tempo de Pré- Montagem	20	10,26%	94,87%
Tempo de torneamento	10	5,13%	100,00%

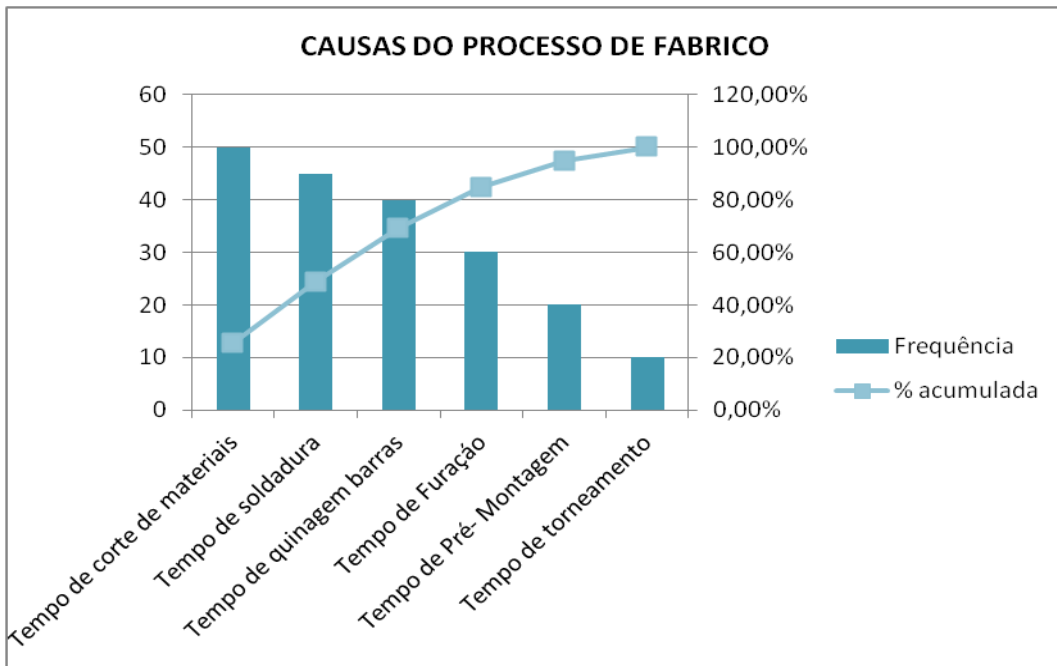


Figura 15: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de fabrico

Processo de Transportes

Tabela 9: Caracterização do desvio do processo de transportes

ETAPA	Frequência	%	% acumulada
Tempo de e para a Galvanização	50	33,33%	33,33%
Tempo de e para a Carpintaria	50	33,33%	66,67%
Tempo entrega a cliente	50	33,33%	100,00%

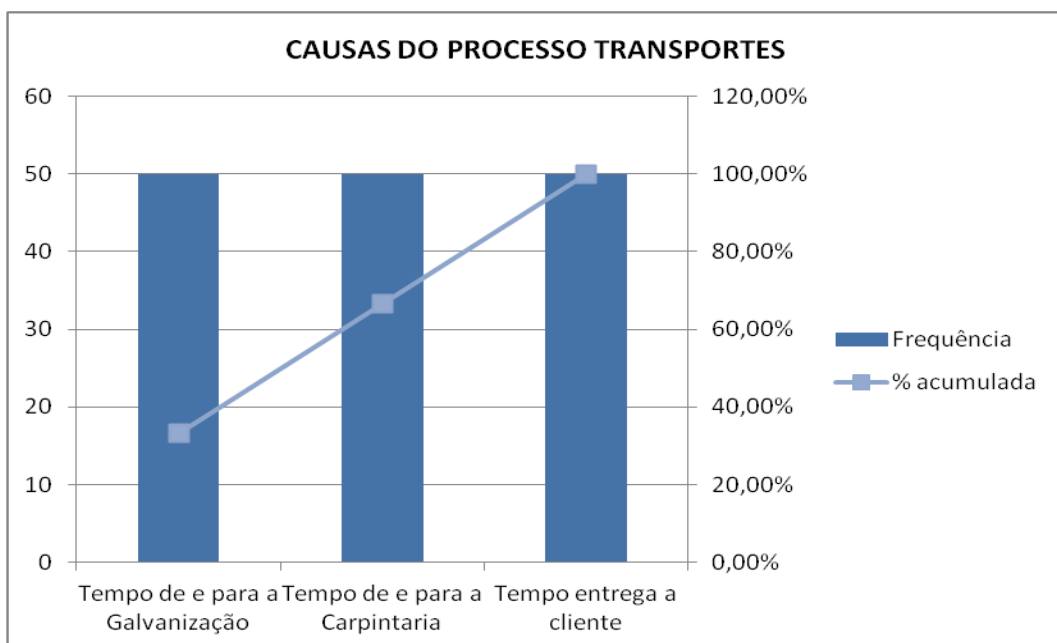


Figura 16: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de transportes

Processo de Movimentação interna de peças

Tabela 10: Caracterização do desvio do processo de movimentação interna de peças

ETAPA	Frequência	%	% acumulada
Tempo de descarga M.P.	50	35,71%	35,71%
Tempo entre operações	50	35,71%	71,43%
Tempo de Movimentação/ Armazenamento Cx Madeira	40	28,57%	100,00%

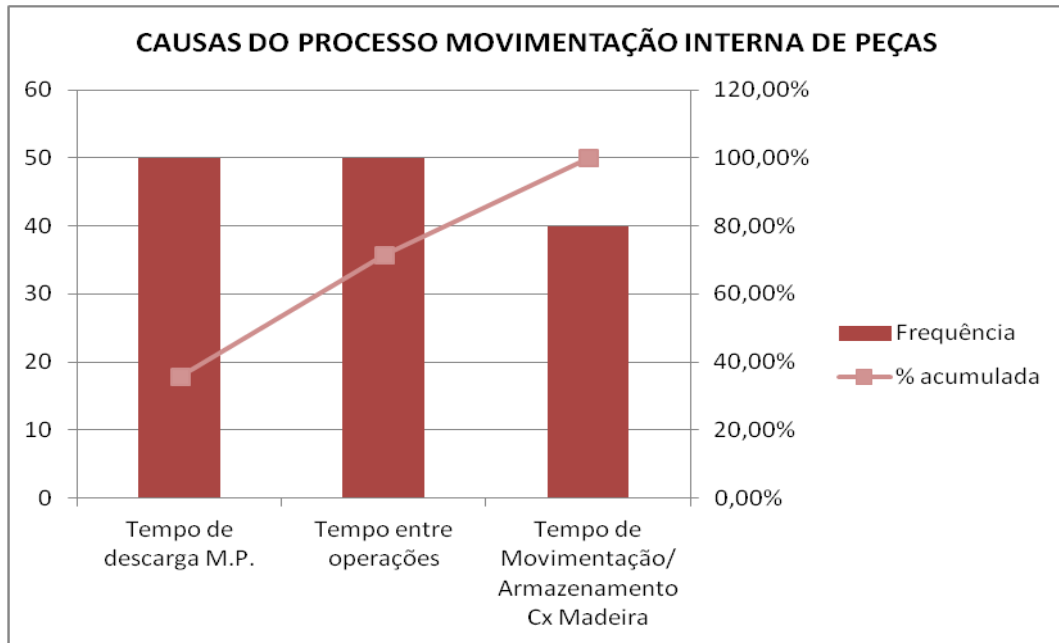


Figura 17: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de movimentação interna das peças

Processo de Limpeza de peças

Tabela 11: Caracterização do desvio do processo de limpeza de peças

ETAPA	Frequência	%	% acumulada
Tempo de Limpeza depois da Galvanização	50	62,50%	62,50%
Tempo Limpeza antes Galvanização	30	37,50%	100,00%

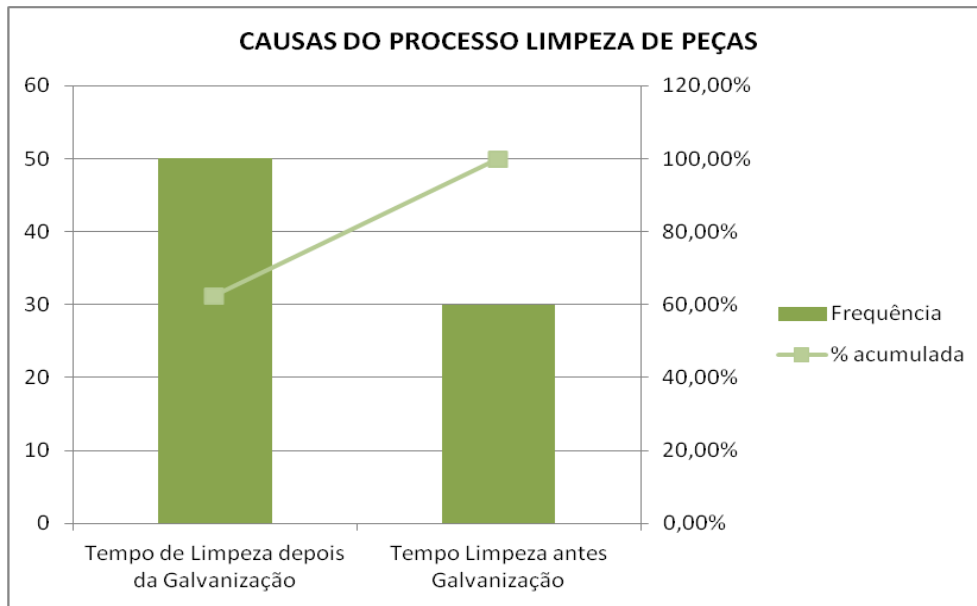


Figura 18: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de limpeza de peças

Processo de Montagem de componentes auxiliares

Tabela 12: Caracterização do desvio do processo de montagem de componentes auxiliares

ETAPA	Frequência	%	% acumulada
Montagem de Rodas de Nylon e Casquilhos	50	40,00%	40,00%
Montagem de Elementos ligação Ch Galvanizadas+(Parafusos+f+a)	45	36,00%	76,00%
Preparação de caixas de componentes soltos	30	24,00%	100,00%

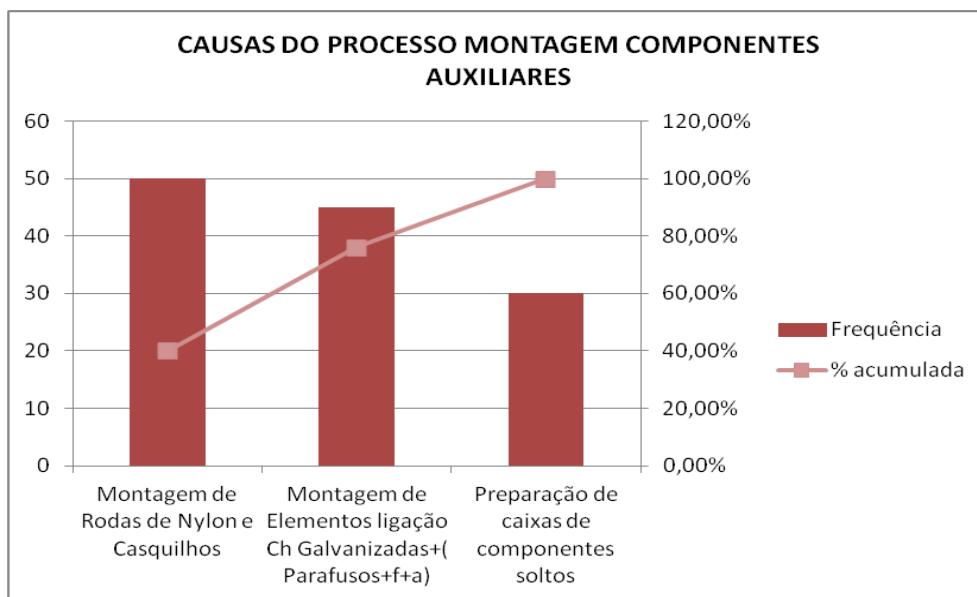


Figura 19: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de montagem de componentes auxiliares

Após a apresentação e registo dos resultados obtidos para cada processo de produção podemos chegar à conclusão de quais os processos onde devemos dar especial atenção.

Inicialmente fez-se uma avaliação em termos de desvio de tempos, e aqui os processos de limpeza de peças, movimentação interna de peças e o de transportes eram os que possuíam mais desvios (tabela 6). No entanto, a sua influência no total de desvio não era a maior, o que obrigou a analisar sobre o ponto de vista da influência. Neste ponto encontraram-se os processos de fabrico, transportes e movimentação de peças, que juntos representam 69,94% de influência nos desvios de horas de produção, e onde estão os grandes consumidores de tempos (tabela 7 e figura 14).

Com estas medições fica-se desde já com uma ideia de quais são as etapas de cada processo de produção que deverão ser alvo de atenção e análise especial.

3.2.3 Fase Análise (Analyse)

Para saber como atuar sobre o processo, era em primeira medida necessário conhecê-lo de forma detalhada.

Elaborou-se um mapa detalhado do processo após uma comprovação no local do fluxograma de fabrico.

No seguimento da análise detalhada do mapa de processo, pediu-se à equipa para associar a cada fase do processo de fabrico o tipo de problemas que possam ocorrer.

3.2.3.1 Mapeamento dos processos e determinação de tempos excessivos

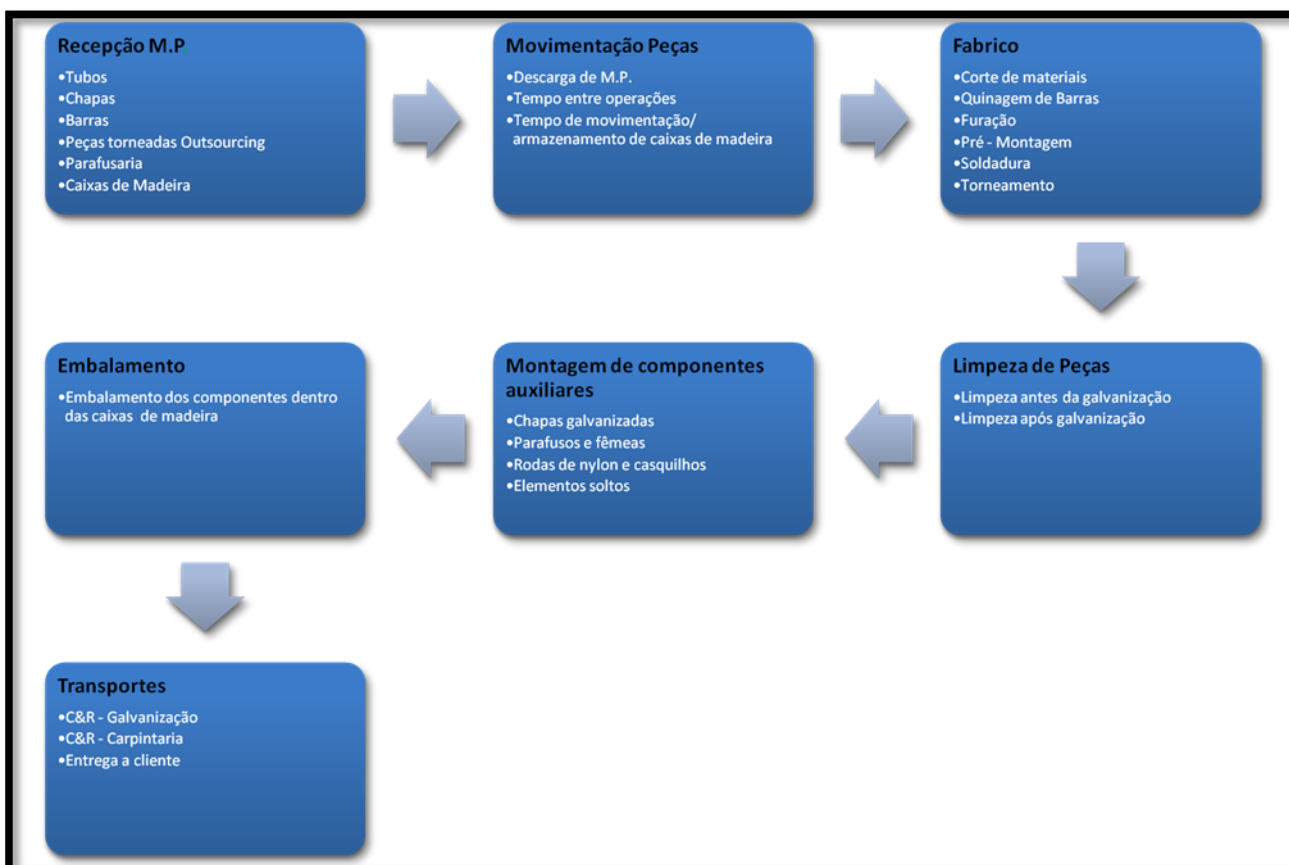




Figura 20: Mapeamento do processo

Etapa do processo	Desvio de tempo		
	Horas / Minutos	Potencial Projeto de melhoria	Nº de colaboradores envolvidos

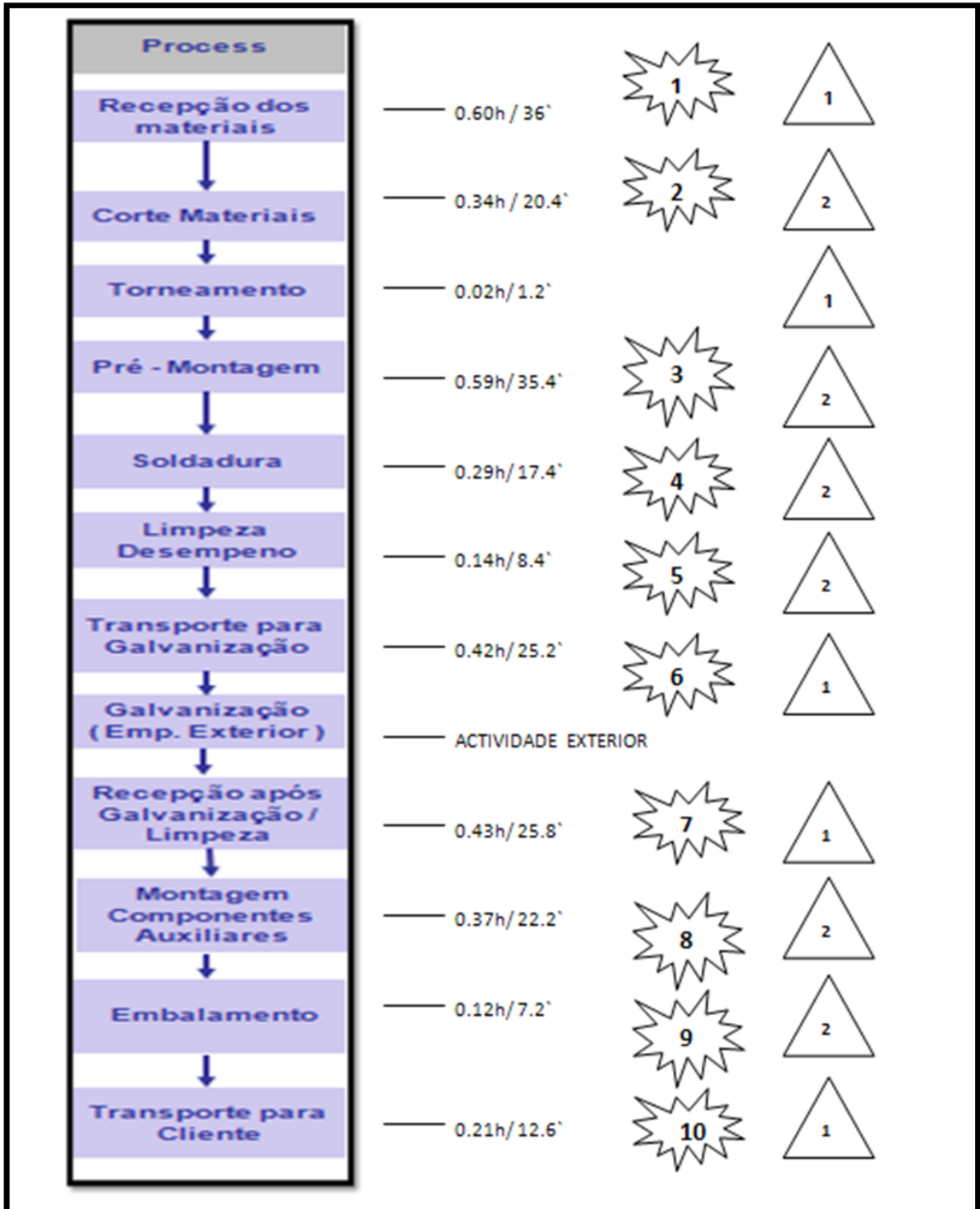


Figura 21: Mapeamento do processo (VSM)

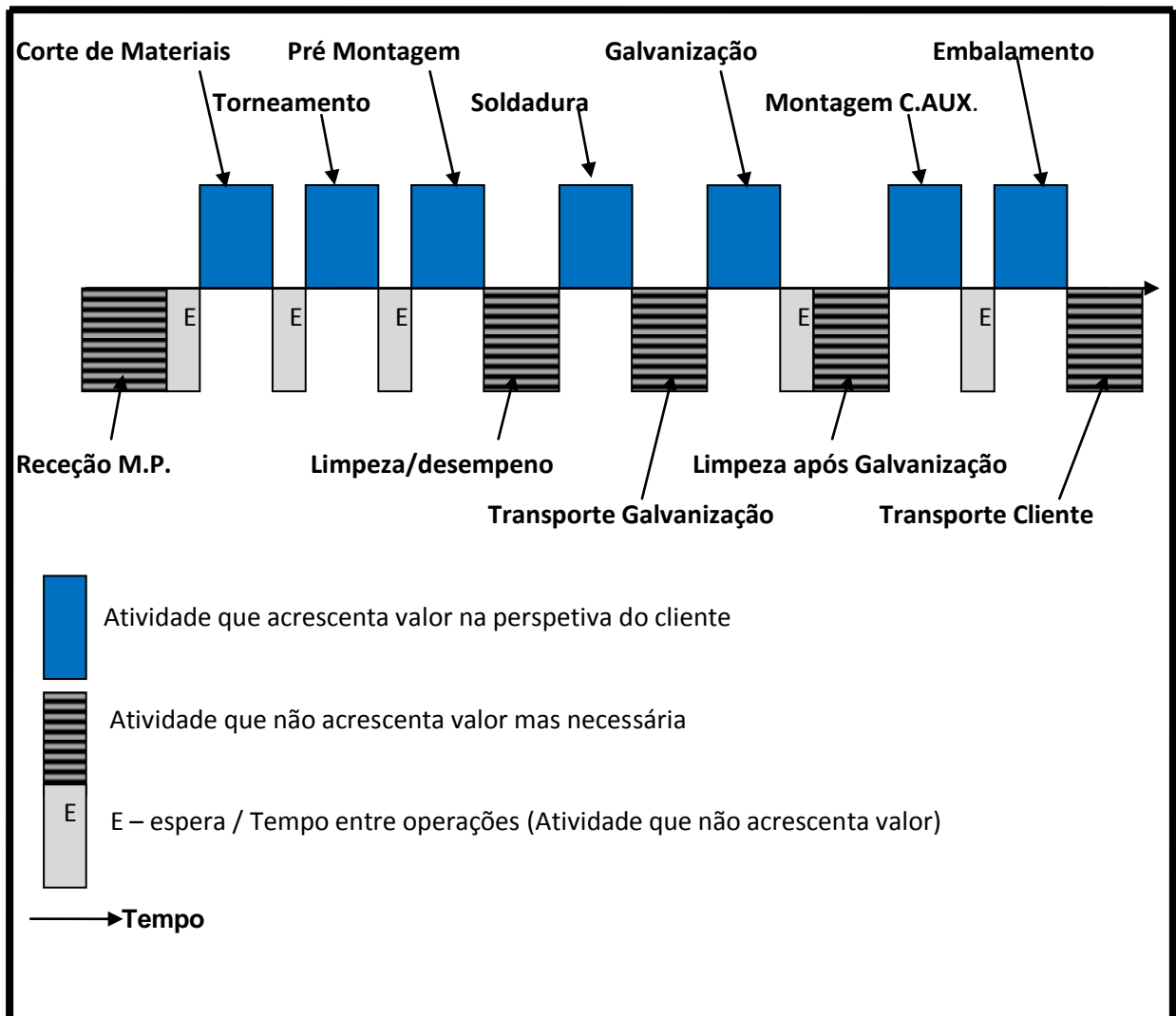


Figura 22: Time Value Map

Perante a figura 21 (VSM) fica-se com a ideia de quais os processos onde existem desvios significativos e onde se deve trabalhar para melhorar o desempenho deste processo.

A figura 22 dá-nos graficamente a ideia de quais as atividades que acrescentam valor sobre a perspetiva do cliente, quais as que não acrescentam valor mas que são necessárias e também as que não acrescentam valor e devem ser eliminadas ou diminuídas.

3.2.3.2 Aplicação do diagrama de Espinha de Peixe a todos os processos

Vai-se usar a técnica da causa e efeito ou “Diagrama em espinha de peixe” para todas etapas de cada processo que apresentem problemas.

O objetivo desta análise é estabelecer uma relação entre um efeito e as suas causas potenciais ou possíveis.

A análise começará pelo processo de fabrico, devido a ser o que mais influência tem nos desvios de produção.

- Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de **Fabrico**.

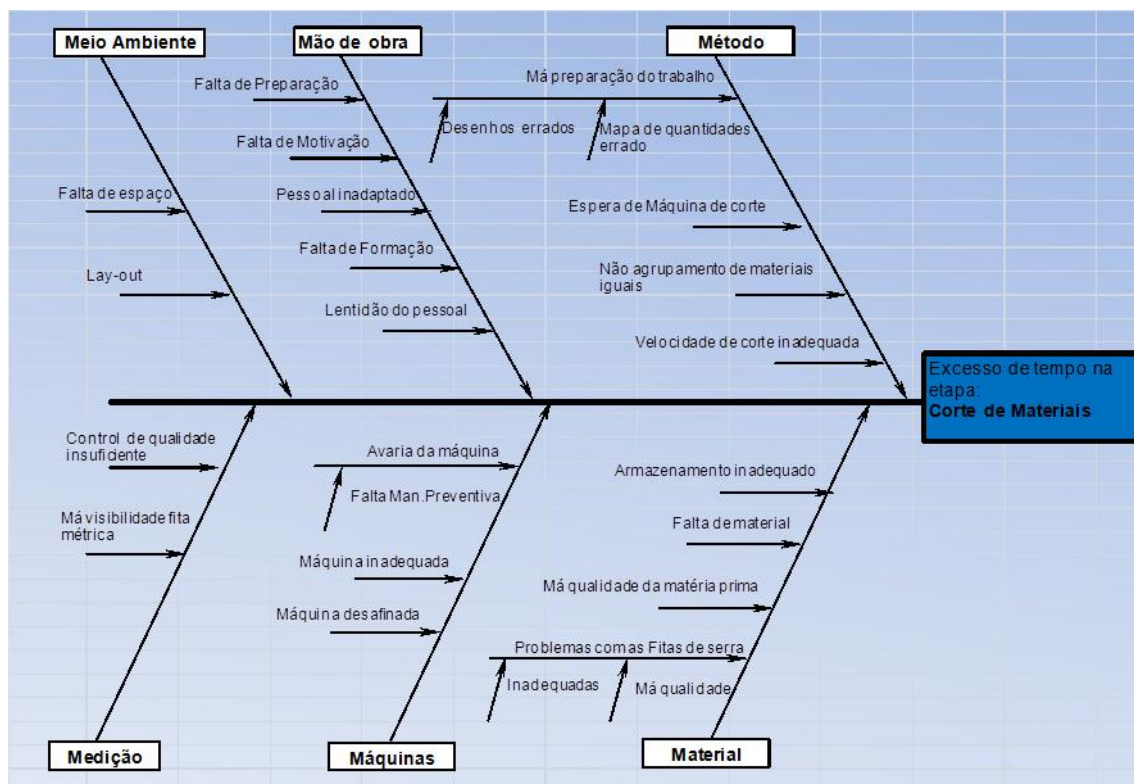


Figura 23: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Corte de Materiais

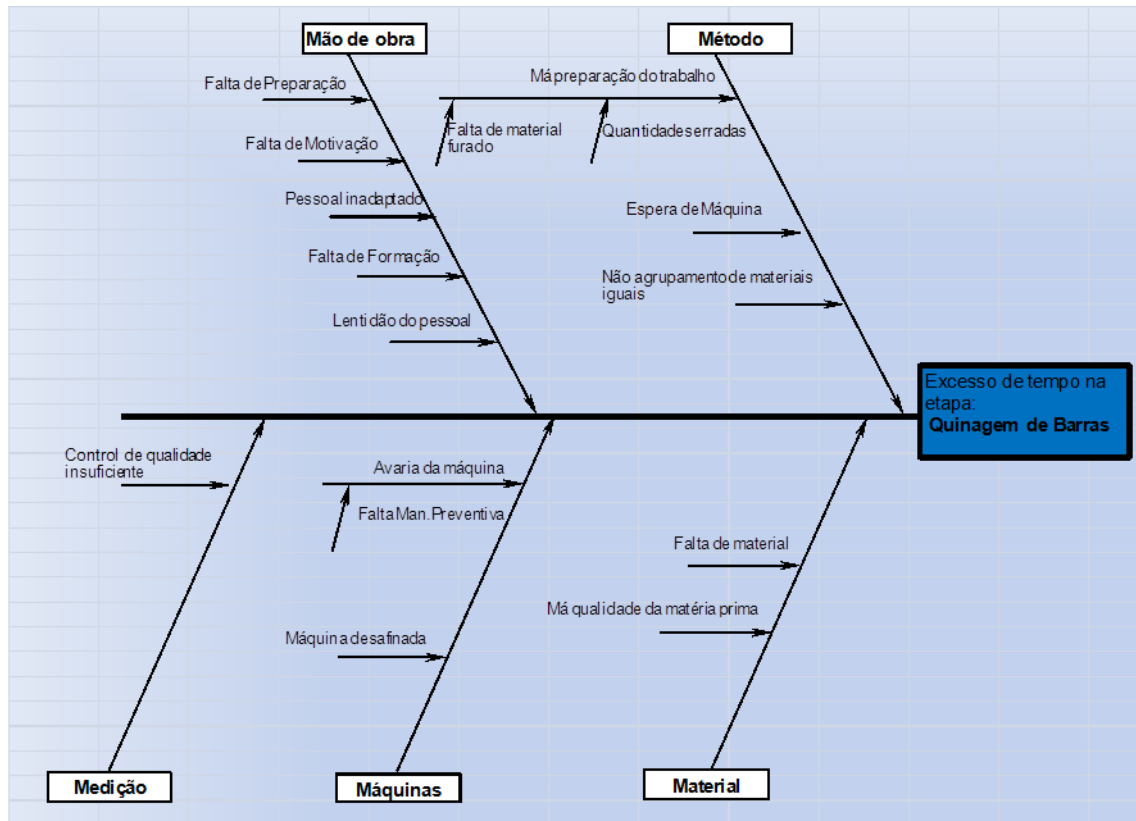


Figura 24: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Quinagem de barras

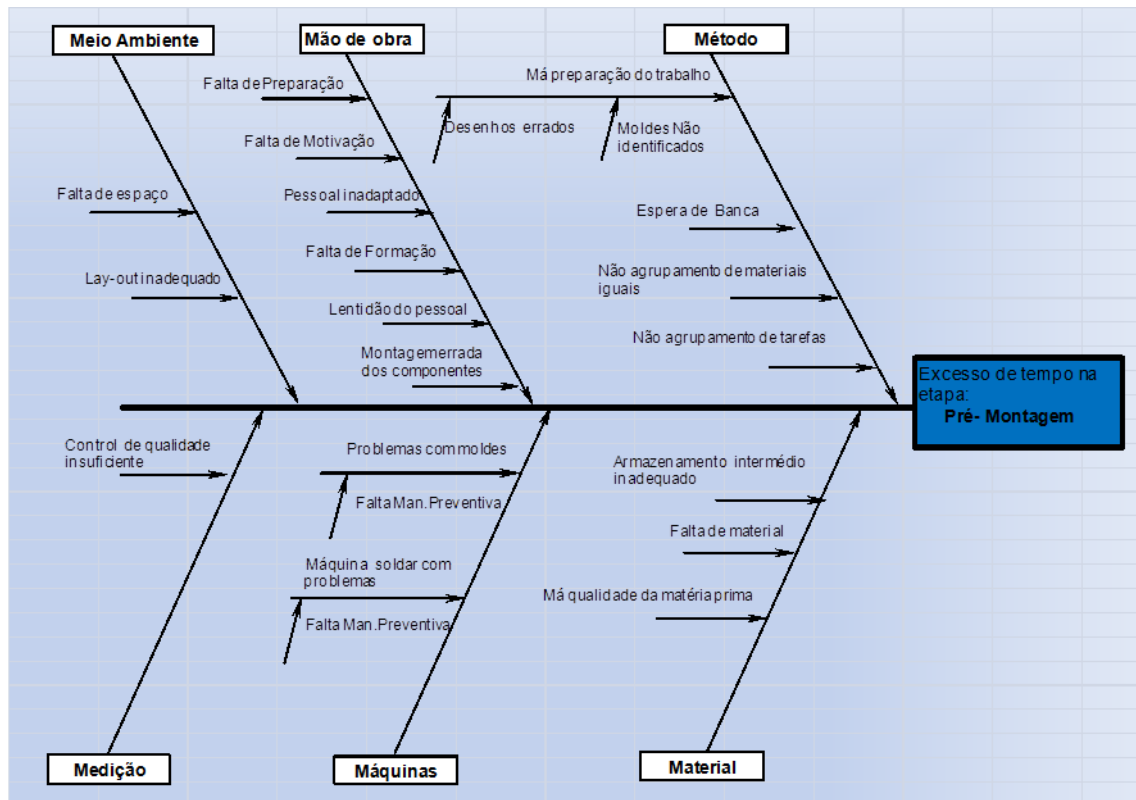


Figura 25: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Pré Montagem

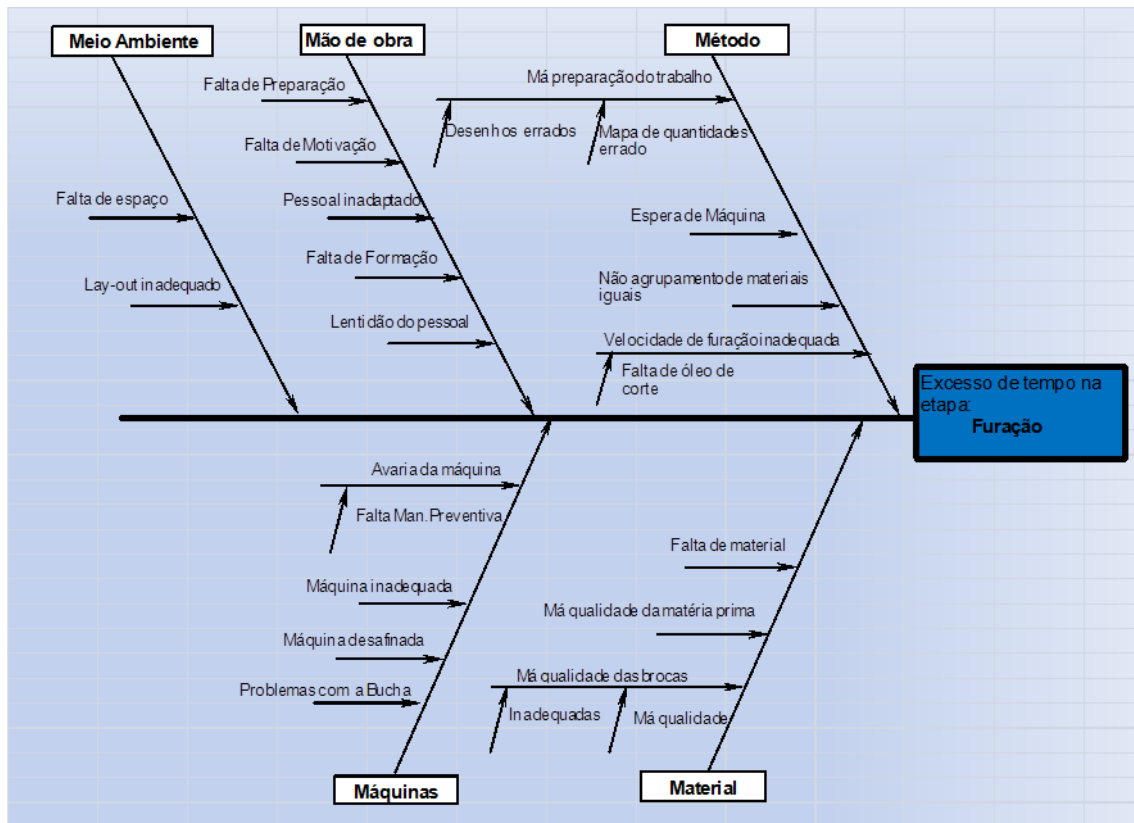


Figura 26: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Furação

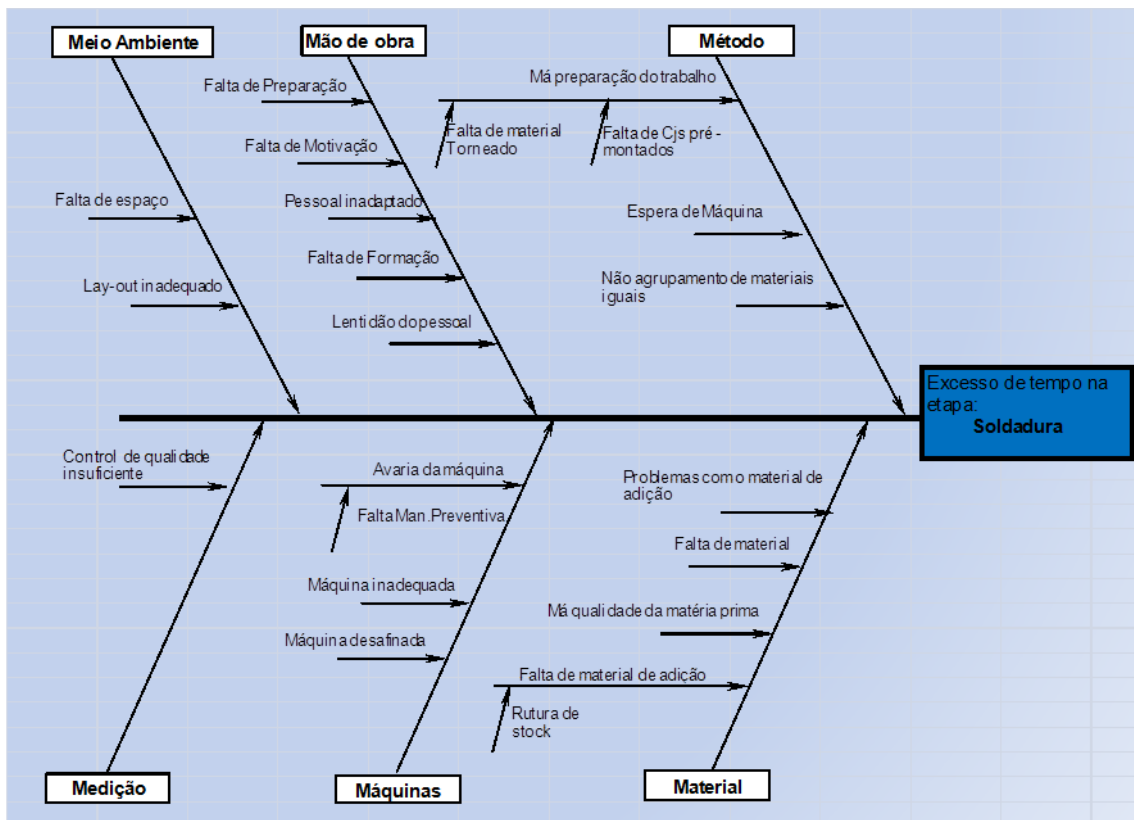


Figura 27: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo Soldadura

- Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de **Transportes**.

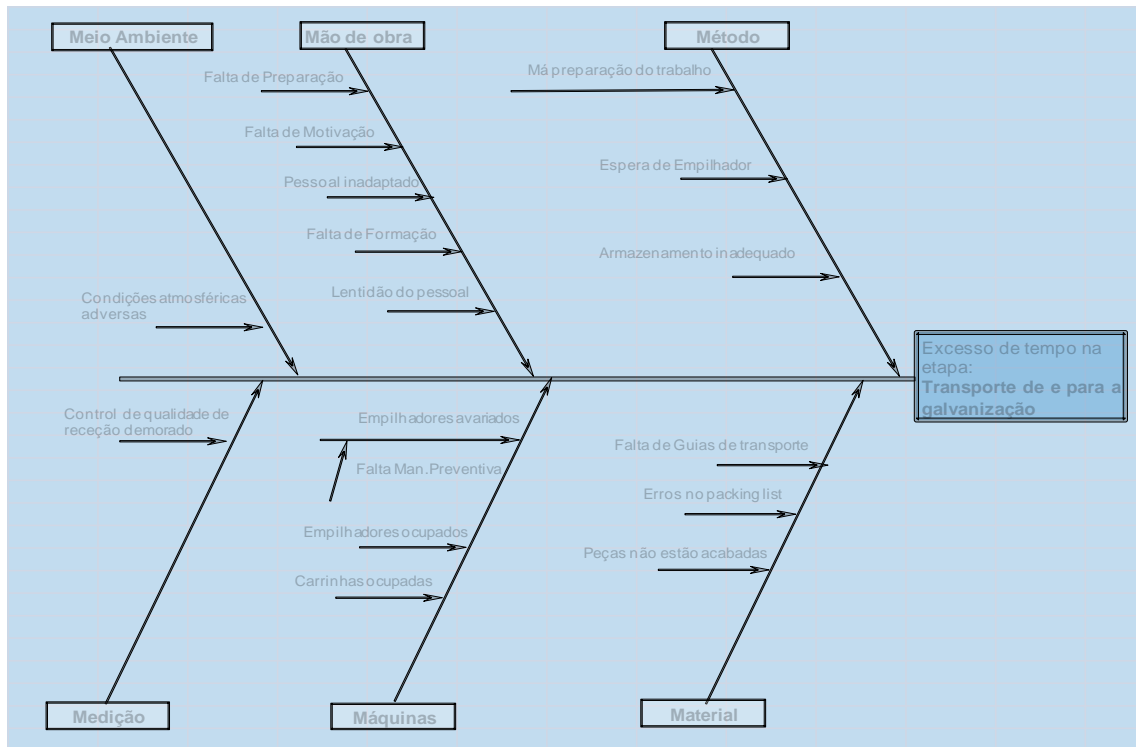


Figura 28: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte de e para a galvanização

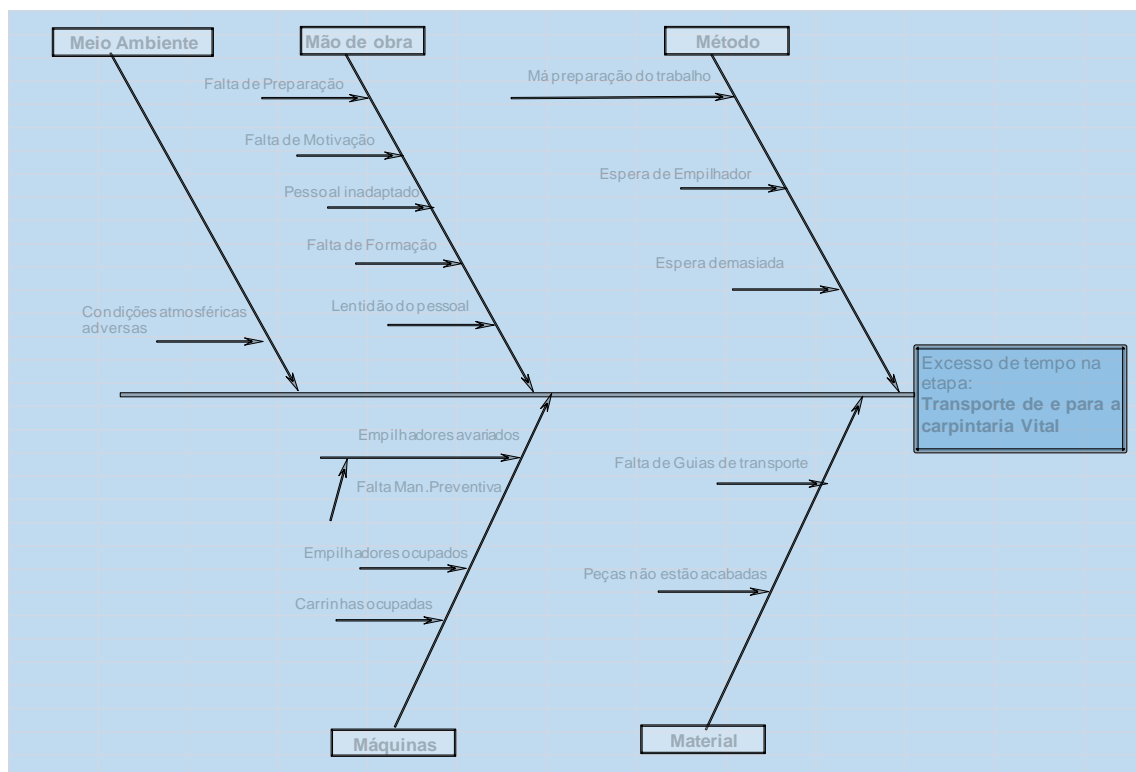


Figura 29: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte de e para a Carpintaria

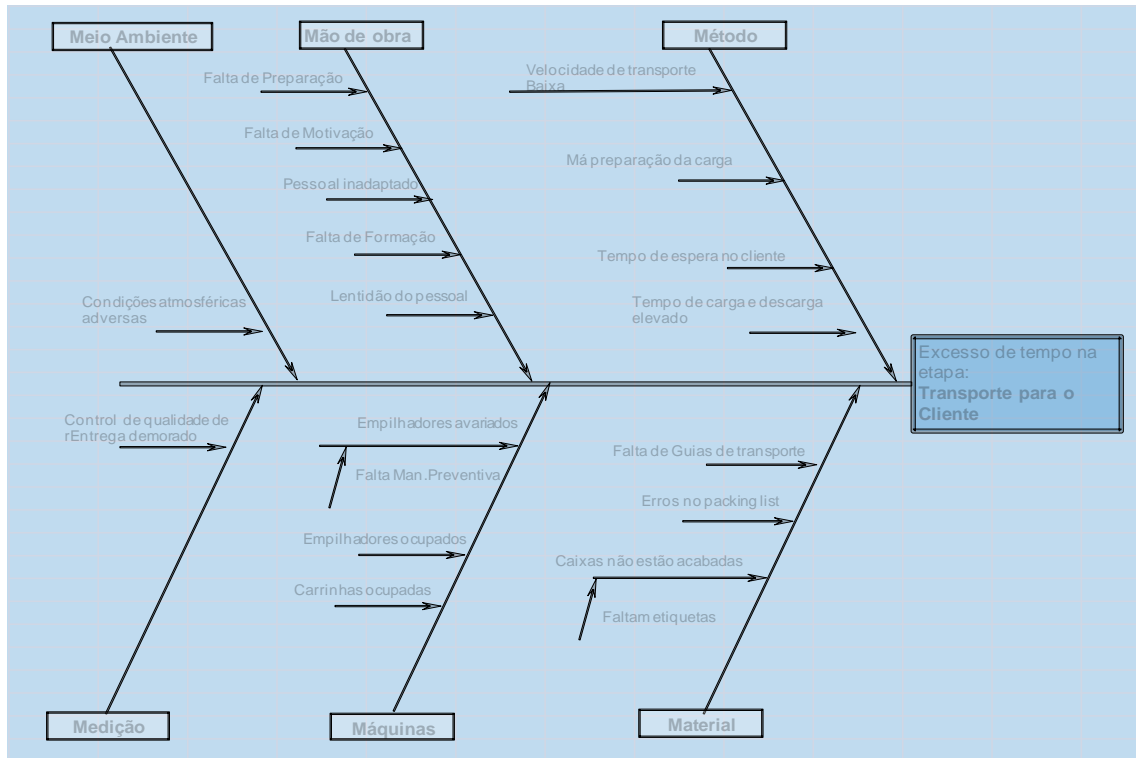


Figura 30: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de transporte para o cliente

- Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de **Movimentação interna de peças.**

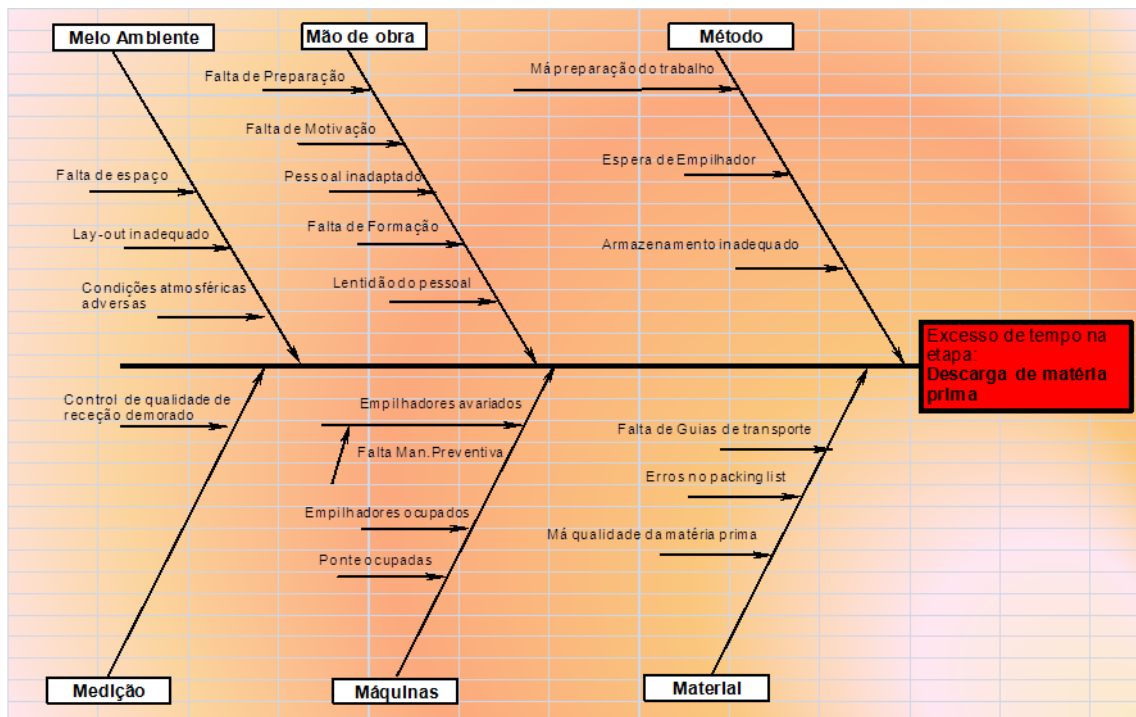


Figura 31: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de descarga de matéria-prima

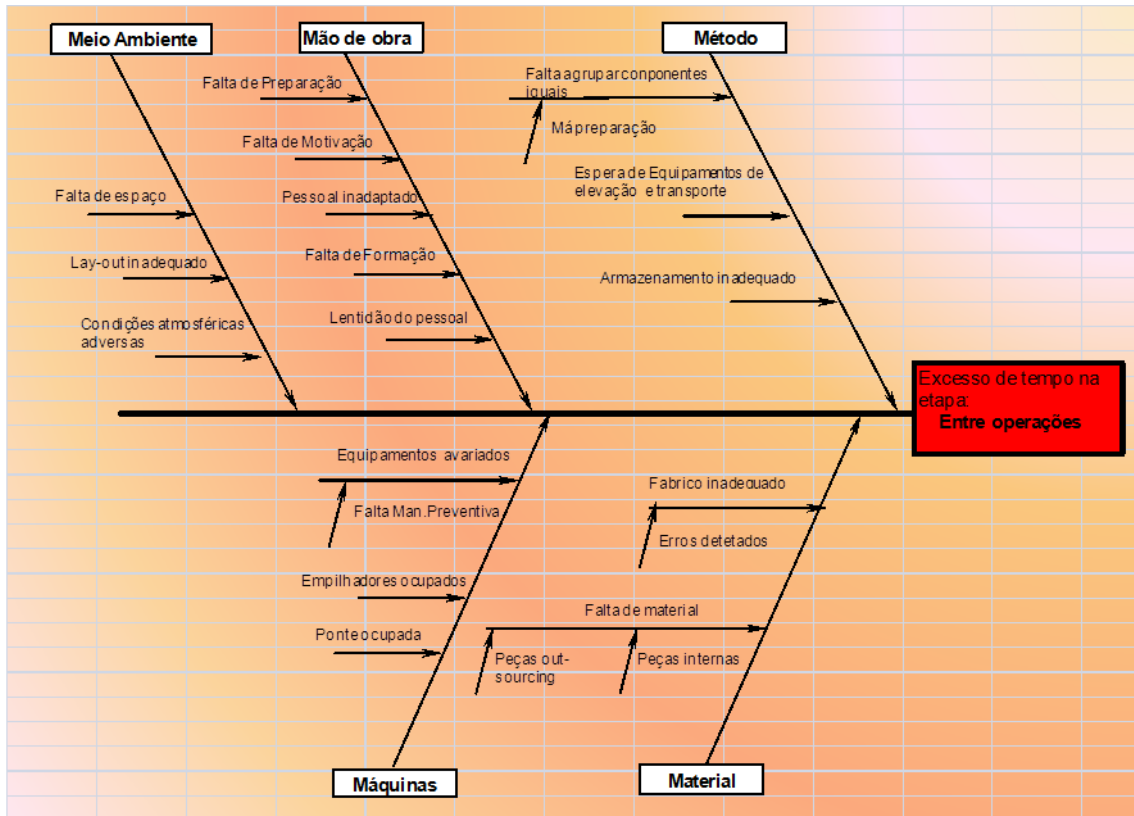


Figura 32: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo entre operações

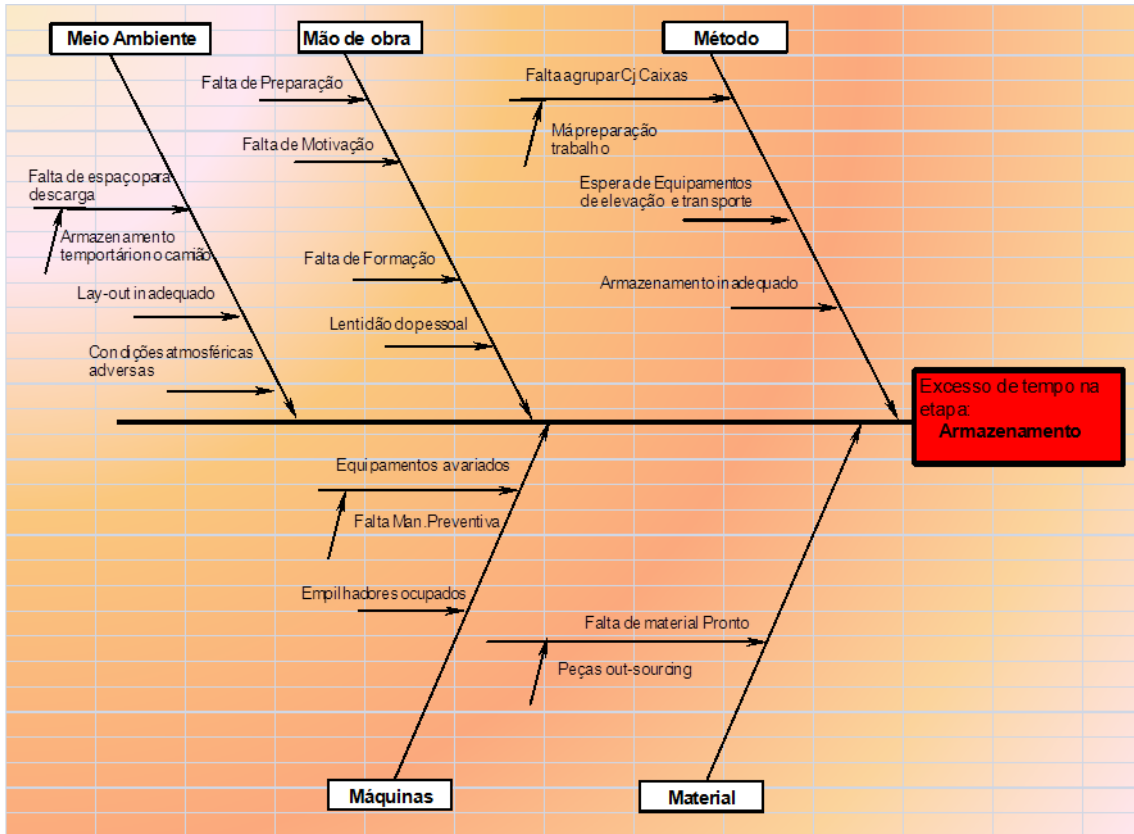


Figura 33: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de Armazenamento

- Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de **Limpeza de peças**.

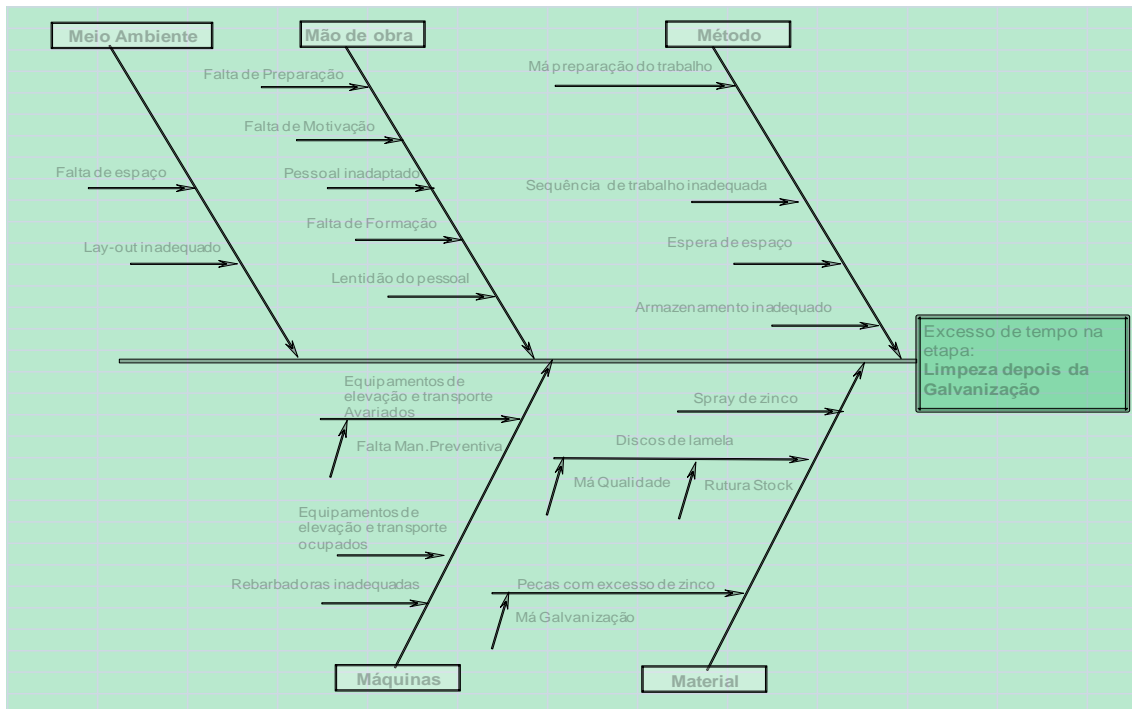


Figura 34: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de limpeza depois de galvanização

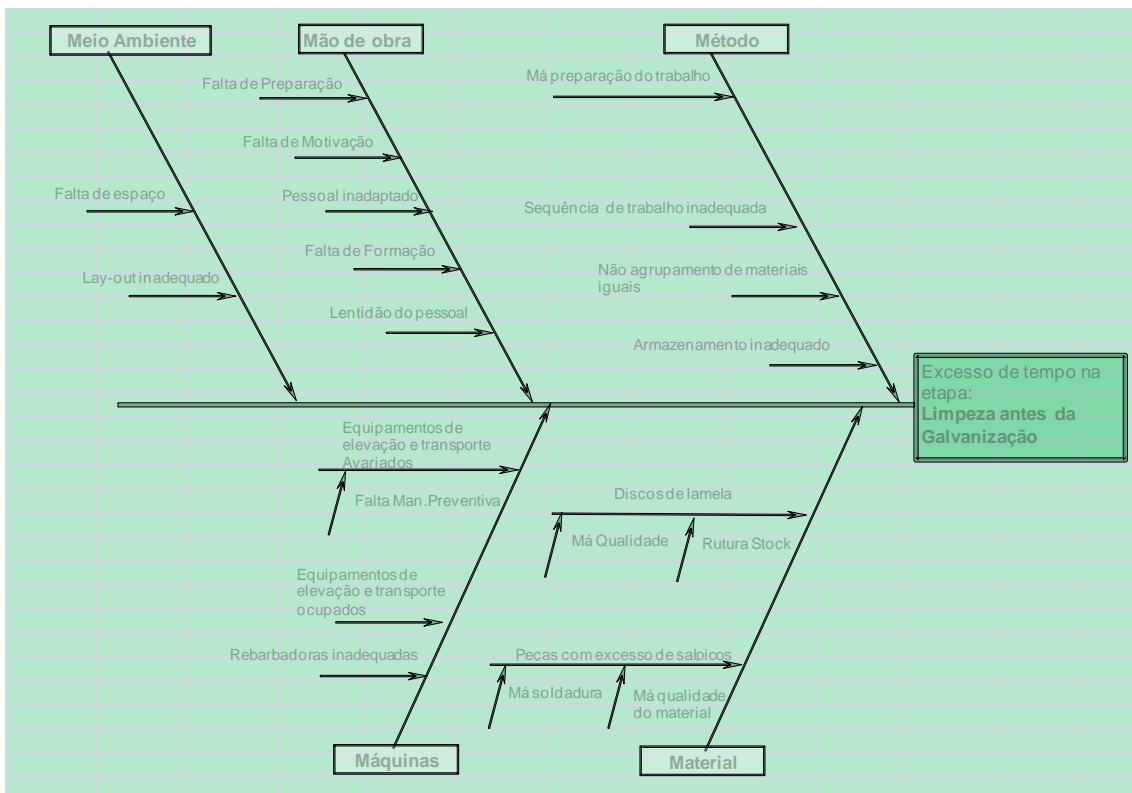


Figura 35: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de limpeza antes da galvanização

- Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de **Montagem de componentes auxiliares.**

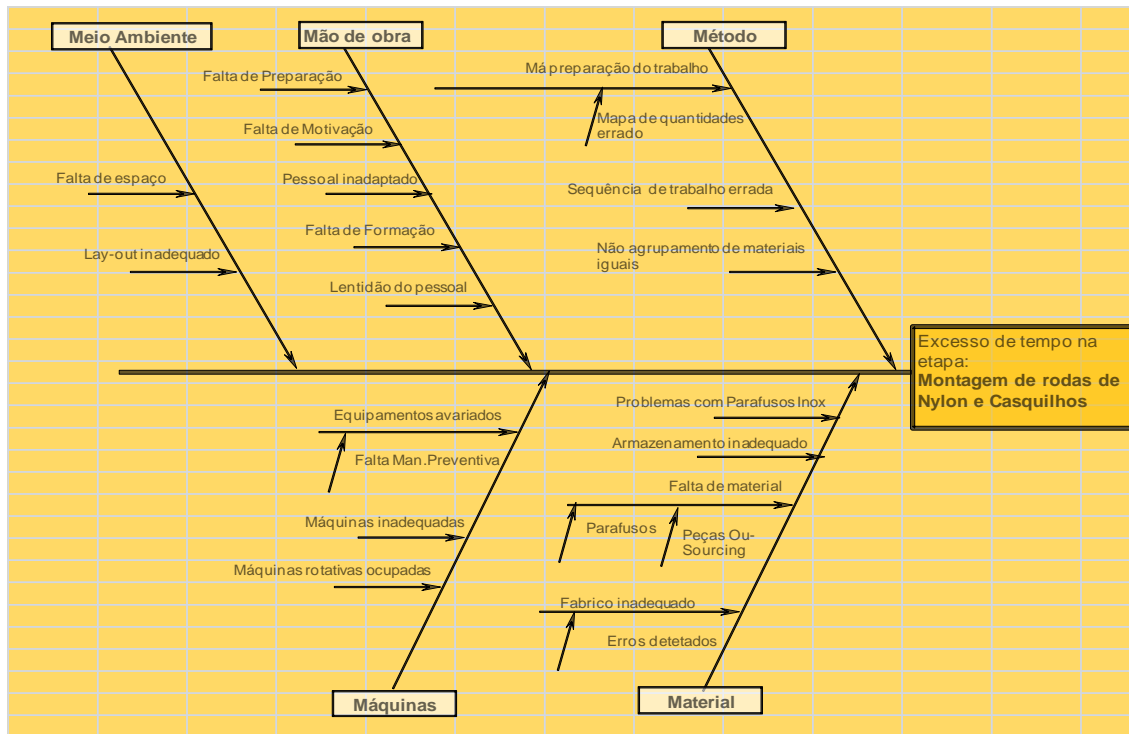


Figura 36: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de montagem de rodas de nylon e casquilhos

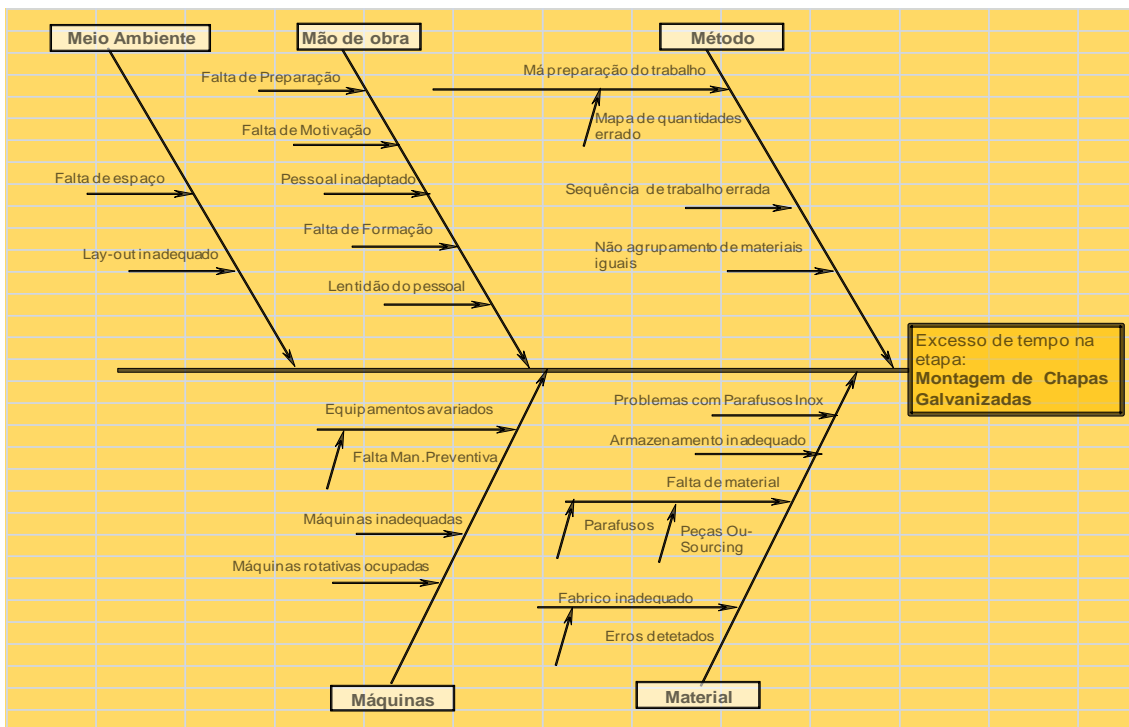


Figura 37: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de montagem de chapas galvanizadas + (Parafusos+f+a)

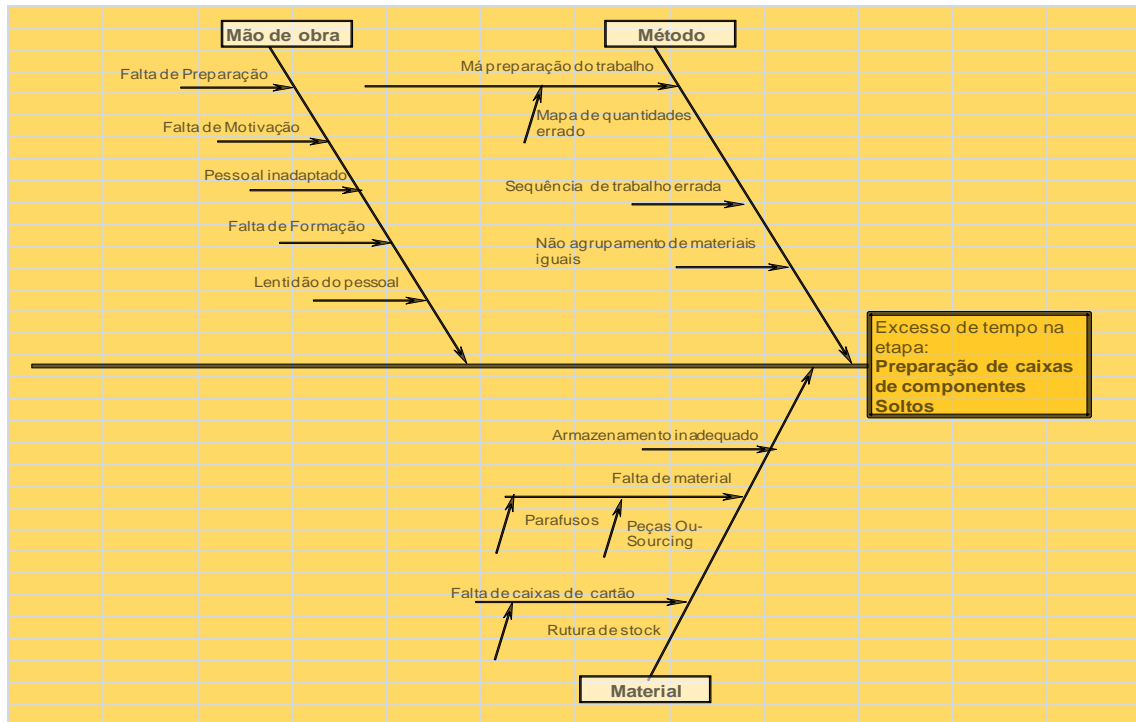


Figura 38: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de preparação de caixas de componentes soltos

Diagrama Causa-efeito aplicado ao processo de Embalamento.

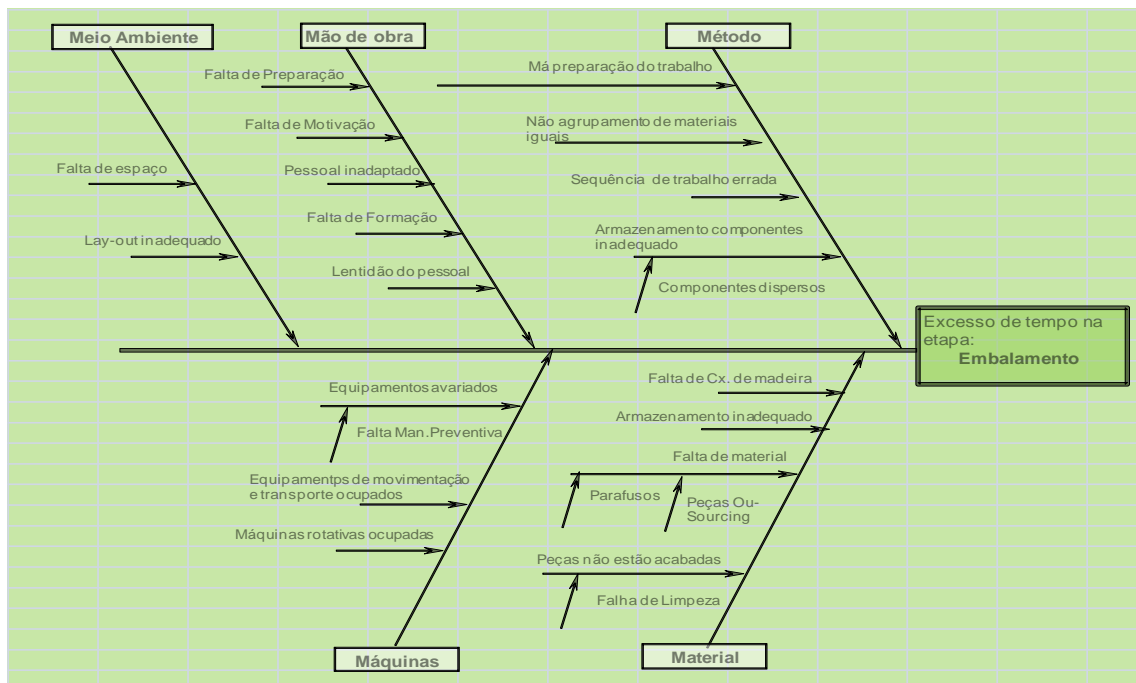


Figura 39: Diagrama de espinha de peixe aplicado à etapa de processo de Embalamento

Após a realização do diagrama de causa efeito para todas as etapas dos processos, faz-se um resumo das potenciais causas encontradas.

O grupo de trabalho vai referenciar as causas potenciais e fazer a classificação de importância que pensa serem as causas mais importantes para os problemas encontrados, para isso atribui a seguinte classificação:

Verde	Importância baixa
Amarelo	Importância média
Vermelho	Importância elevada

As tabelas seguintes (13 a 18), vão apresentar por processo as causas potenciais encontradas e a respetiva classificação consoante o grau de importância decidido pelo grupo de trabalho.

Tabela 13: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Fabrico

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Falta de espaço	Espaço curto			X
		Espaço indefinido			X
	Lay-out	Lay-out deficiente			X
		Estrangulamentos no fluxo fabril			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadaptado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra			X
	Falta de Formação	Interpretação de desenhos			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
	Montagem errada de componentes	Incorreta identificação componentes		X	
Método	Má preparação do trabalho	Desenhos errados			X
		Mapa de quantidades errado			X
	Espera de máquina	Máquinas ocupadas com outros trab.		X	
	Não agrupamento de Materiais iguais	Corte de materiais simples			X
	Velocidade de corte errada	Procedimento trabalho aleatório	X		
	Velocidade de furação inadequada	Procedimento trabalho aleatório	X		
	Moldes errados	Moldes não identificados			X
		Moldes inadequados			X
	Sequência errada	Procedimento trabalho aleatório		X	
Não agrupamento de tarefas iguais	Procedimento trabalho aleatório			X	
Medição	Control de Qualidade insuficiente	Pouca inspeção dep. Qualidade	X		
	Má visibilidade da fita métrica	Fitas com desgaste	X		
Máquinas	Avaria de máquinas	Falta de Manutenção preventiva		X	
	Máquina desafinada / Sujas	Derivada de trabalhos prévios		X	
	Máquina inadequada	Máquinas ineficientes e antigas		X	
	Problemas com moldes	Falta de conservação			X
	Buchas da máquina furar com problemas	Qualidade do material reduzida	X		
Material	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
		Rutura de stock		X	
	Falta de Material	Falta de peças do subcontratado			X
		Má qualidade da matéria Prima	Peças Out-Sourcing com defeitos	X	
	Problemas com fitas de serra	Serras partem por quebra dentes	X		
	Problemas com material de adição	Rutura de stock	X		
	Problemas com as brocas	Brocas partem facilmente	X		
Armazenamento intermédio inadequado	Espaco indefinido			X	

Tabela 14: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Transportes

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Condições atmosféricas adversas	Espaço curto e indefinido			X
		Falta de Zona de Carga definida			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadequado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra			X
	Falta de Formação	Falta de sensibilidade para Rapidez			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
Método	Má preparação do trabalho	Má preparação carga			X
		Não se agrupa com outros trabalhos			X
	Espera de Empilhador	Máquinas ocupadas com outros trab.		X	
	Tempo de espera demasiado no cliente	Característica aleatória			X
	Baixa velocidade de transporte	Procedimento trabalho aleatório		X	
	Tempo de carga e descarga elevado	Procedimento trabalho aleatório		X	
Medição	Control de Qualidade Demorado	Na receção materiais	X		
		Na expedição	X		
Máquinas	Avaria de Empilhadores	Falta de Manutenção preventiva		X	
	Empilhadores ocupados	A realizar outras tarefas		X	
	Carrinhas ocupadas	A realizar outras tarefas		X	
Material	Falta de guias de transporte	Informações/ documentos confusos		X	
	Caixas não estão acabadas	Falta de etiquetas		X	
		Falta de peças		X	
	Erros no Packing list	Informações/ documentos confusos		X	
	Peças não estão acabadas	Falha na produção		X	

Tabela 15: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Movimentação interna de peças

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Falta de espaço	Espaço curto			X
		Falta de espaço para descarga M.P.			X
		Espaço indefinido			X
		Armazenamento temporário no camião			X
	Lay-out	Lay-out deficiente			X
		Estrangulamentos no fluxo fabril			X
	Condições atmosféricas adversas	Descargas provisórias			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadequado / inadequado	Trabalho mal atribuído			X
	Falta de Formação	Falta de sensibilidade			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
Método	Má preparação do trabalho	Não agrupamento de Materiais iguais			X
	Espera de Equip. de elevação e transporte	Máquinas ocupadas com outros trab.		X	
	Falta agrupar cjs de Caixas	Peças movimentadas individualmente			X
	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
		Peças Dispersas			X
	Não agrupamento de tarefas iguais	Procedimento trabalho aleatório			X
Medição	Control de Qualidade de receção demorado	Problemas Observados		X	
Máquinas	Avaria de empilhador	Falta de Manutenção preventiva		X	
	Avaria de Pontes	Falta de Manutenção preventiva		X	
	Empilhadores ocupados	Descargas de outros materiais		X	
Material	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
	Falta de Guias de transporte	Tempo á procura		X	
	Erros no packing list	Tempo até á deteção do erro		X	
	Falta de material pronto	Peças out-Sourcing		X	
	Fabrico inadequado	Erros detetados			X

Tabela 16: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Limpeza de peças

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Falta de espaço	Espaço curto			X
		Espaço indefinido			X
	Lay-out	Lay-out deficiente			X
		Estrangulamentos no fluxo fabril			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadaptado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra			X
	Falta de Formação	Falta de sensibilidade para rapidez			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
Método	Má preparação do trabalho	Material disperso			X
		Falta de localização definida e organizada			X
	Não agrupamento de Materiais iguais	Limpezas individuais			X
	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
	Sequência errada	Procedimento trabalho aleatório		X	
Máquinas	Equipamentos elevação e transp. Avariados	Falta de Manutenção preventiva		X	
		Derivada de trabalhos prévios		X	
	Rebarbadoras inadequadas	Máquinas ineficientes e antigas		X	
Material	Spray Zinco	Rutura de stock		X	
	Discos Lamela	Rutura de stock		X	
		Má Qualidade		X	
	Peças com excesso de salpicos	Má qualidade do material de adição		X	
		Soldadura deficiente		X	
Peças com excesso de Zinco	Má Galvanização			X	

Tabela 17: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Montagem de componentes auxiliares

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Falta de espaço	Espaço curto			X
		Espaço indefinido			X
	Lay-out	Lay-out deficiente			X
		Estrangulamentos no fluxo fabril			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadaptado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra			X
	Falta de Formação	Falta de sensibilidade para rapidez			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
	Montagem errada de componentes	Incorreta identificação componentes		X	
Método	Má preparação do trabalho	Deficiente agrupamento de Peças			X
		Mapa de quantidades errado			X
	Espera de máquina	Máquinas ocupadas com outros trab.		X	
	Não agrupamento de Materiais iguais	Peças dispersas			X
	Sequência errada	Procedimento trabalho aleatório		X	
Máquinas	Avaria de máquinas	Falta de Manutenção preventiva		X	
		Derivada de outros trabalhos		X	
	Máquina inadequada	Máquinas ineficientes e antigas		X	
Material	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
	Falta de Material	Rutura de stock		X	
		Falta de peças do subcontratado			X
	Má qualidade da matéria Prima	Peças Out-Sourcing com defeitos		X	
	Problemas com Parafusos Inox	Partem na montagem		X	
	Falta de caixas de cartão	Rutura de stock		X	
Fabrico inadequado	Erros de produção		X		

Tabela 18: Resumo e classificação de causas potenciais para o processo de Embalamento

Causa Principal do Problema	Causa Potencial	Problemas Observados	Classificação de Importância		
			Verde	Amarelo	Vermelho
Meio Ambiente	Falta de espaço	Espaço curto			X
		Espaço indefinido			X
	Lay-out	Lay-out deficiente			X
		Estrangulamentos no fluxo fabril			X
Mão de Obra	Falta de Preparação	Falta análise prévia trabalho		X	
	Falta de Motivação	Colaboradores Descontentes		X	
	Pessoal inadaptado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra			X
	Falta de Formação	Falta de sensibilidade para rapidez			X
	Lentidão do pessoal	Característica distinta Pessoal			X
	Montagem errada de componentes	Incorreta identificação componentes		X	
Método	Má preparação do trabalho	Deficiente agrupamento de Peças			X
		Mapa de quantidades errado			X
	Espera de máquina	Máquinas ocupadas com outros trab.		X	
	Não agrupamento de Materiais iguais	Peças dispersas			X
	Sequência errada	Procedimento trabalho aleatório		X	
	Armazenamento inadequado	Procedimento trabalho aleatório			X
Máquinas	Equipamentos avariados	Falta de Manutenção preventiva		X	
	Máquina Rotativas ocupadas	Derivada de outros trabalhos		X	
	Equip. de transporte e elevação ocupados	Derivada de outros trabalhos		X	
Material	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos			X
	Falta de Material	Rutura de stock		X	
		Falta de peças do subcontratado			X
	Peças não estão acabadas	Falha de Limpeza		X	

A tabela 19, surge como o somatório das tabelas 13 a 18 e apresenta o resumo das causas potenciais para todos os processos com a classificação de grau de importância elevado (vermelho) e pretende ser a base para o surgimento da tabela 20 que apresenta o total de todas as classificações a vermelho e distribui-as por as causas principais dos problemas.

Tabela 19: Resumo de causas potenciais para todos os processos

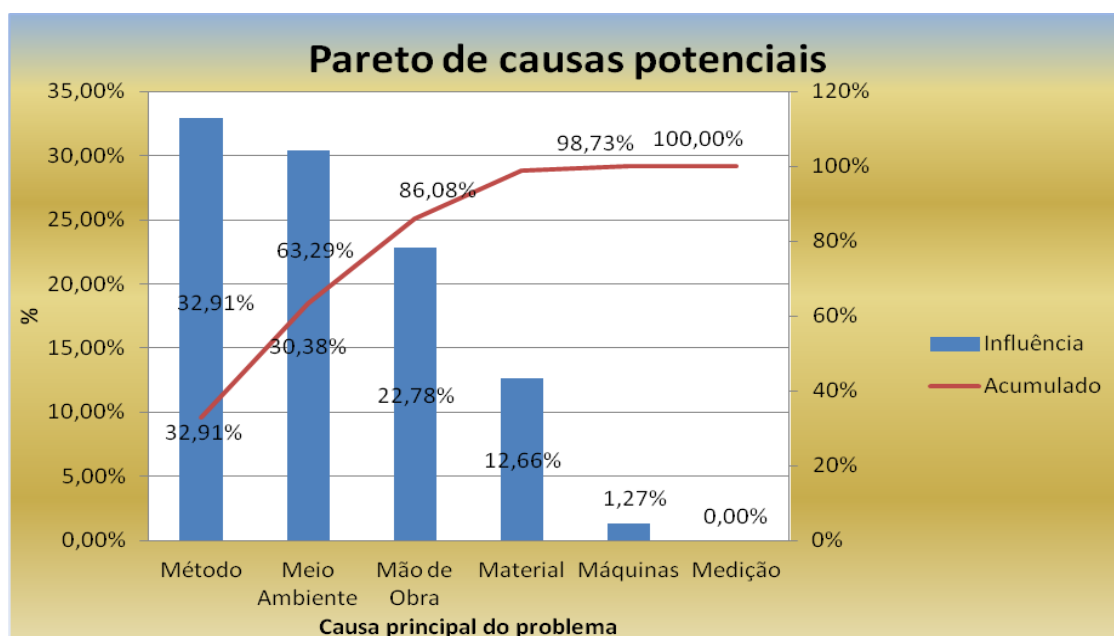
Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados	Família de processo / Classificação					
				Fabrico	Mov. interna de peças	Limpeza de peças	Montagem comp. Aux.	Embalamento	Transportes
Meio	1	Falta de espaço	Espaço curto	X	X	X	X	X	
			Espaço indefinido	X	X	X	X		
	2	Lay out	Falta de espaço para descarga de M.P.		X				
			Armazenamento temporário camião		X				
Ambiente	3	Condições atmosféricas adversas	Lay-out deficiente	X	X	X	X	X	
			Estrangulamentos no fluxo fabril	X	X	X	X	X	
	4	Falta de Preparação	Espaço curto e indefinido						X
			Falta de Zona de carga definida						X
Mão de Obra	5	Falta de Motivação	Descargas provisórias		X				
			Falta de análise prévia trabalho						
	6	Pessoal inadequado / inadequado	Colaboradores descontentes						
			Colaboradores em excesso por obra	X		X	X	X	X
Obra	7	Falta de formação	Trabalho mal atribuído		X				
			Má interpretação de desenhos	X					
	8	Lentidão do pessoal	Falta de sensibilidade para rapidez		X	X	X	X	X
			Característica distinta pessoal	X	X	X	X	X	X
9	Montagem errada de componentes	Incorreta identificação dos componentes							
Método	10	Má preparação do trabalho	Desenhos errados	X					
			Mapa de quantidades errado	X			X	X	
			Não agrupamento de Materiais iguais		X				
			Material disperso			X			
			Falta de localização definida e organizada			X			
			Deficiente agrupamento de peças				X	X	
			Má preparação da carga						X
	11	Espera de equip. de elevação e transporte	Não agrupamento com outros trabalhos						X
			Máquinas ocupadas com outros trabalhos						
	12	Espera de máquina	Máquinas ocupadas com outros trabalhos						
			Corte de materiais isoladamente (simples)	X					
	13	Não agrupamento de materiais iguais	Limpezas individuais			X			
			Peças dispersas				X	X	
	14	Velocidade de corte errada							
	15	Velocidade de furação inadequada							
16	Moldes errados	Moldes não identificados	X						
		Moldes inadequados	X						
17	Sequência errada	Procedimento de trabalho aleatório							
		Procedimento de trabalho aleatório	X	X	X	X			
18	Não agrupamento de tarefas iguais	Material disperso					X		
		Espaços indefinidos		X	X				
19	Armazenamento inadequado	Peças dispersas		X					
		Procedimento de trabalho aleatório					X		
Medição	20	Controle de qualidade insuficiente	Pouca inspeção da qualidade						
			Má visibilidade da fita métrica						
Máquinas	22	Avaria de máquinas	Fitas com desgaste						
			Falta de manutenção preventiva						
	23	Máquina desafinada/ suja	Devido a trabalhos prévios						
			Devido a outros trabalhos						
	24	Máquina ocupada	Máquinas ineficientes e antigas						
			Falta de conservação	X					
	25	Máquina inadequada	Qualidade do material reduzida						
Material	28	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos	X	X		X	X	
			Rutura de stock						
	29	Falta de material	Falta de peças do subcontratado	X			X	X	
	30	Má qualidade das matérias primas	Peças out- sourcing com defeitos						
			Serras partem por quebra de dentes						
	31	Problemas com fitas de serra	Rutura de stock						
			Brocas parte facilmente						
	32	Problemas com material de adição	Espaços indefinidos	X					
	33	Problemas com brocas	Tempo á procura / espera						
			Informações / documentos confusos						
	34	Armazenamento intermédio inadequado	Tempo elevado até detecção do erro						
			Informações / documentos confusos						
	35	Falta de Guias de transporte	Peças out- sourcing						
Falha na produção									
36	Erros no Packing List	Erros detetados		X					
		Rutura de stock							
37	Falta de material pronto	Rutura de stock							
		Má qualidade							
38	Fabrico inadequado	Má qualidade do material de adição							
		Soldadura deficiente							
39	Falta de Spray de zinco	Má galvanização			X				
40	Falta de Discos de Lamela	Rutura de stock							
		Má qualidade							
41	Peças com excesso de salpicos	Partem na montagem							
42	Peças com excesso de zinco	Falta de etiquetas							
		Falta de peças							
43	Falta de caixas de cartão								
44	Problemas com Parafusos inox								
45	Caixas não estão acabadas								



- Classificação de grau de importância elevado ou vermelho

Tabela 20: Número das causas dos principais potenciais problemas para todos os processos

Causas dos Problemas	Classificação Importância Vermelho	Acumulado	Classificação Importância Vermelho (%)	Acumulado (%)
Método	26	26	32,91%	32,91%
Meio Ambiente	24	50	30,38%	63,29%
Mão-de-obra	18	68	22,78%	86,08%
Material	10	78	12,66%	98,73%
Máquinas	1	79	1,27%	100,00%
Medição	0	79	0,00%	100,00%

**Figura 40: Diagrama de Pareto ilustrativo com as causas principais dos problemas**

Chegados ao fim da fase Analisar, temos já os dados brutos iniciais trabalhados e já conseguimos obter novas informações que ajudam a compreender as prováveis causas dos problemas. Fez-se um mapeamento dos processos e a determinação por etapa dos processos para melhor compreender onde existiam os desvios e qual o seu grau de importância. Com a ajuda do TVM clarificaram-se as atividades que acrescentavam valor e as que nos consomem recursos desnecessariamente. Com a ajuda do diagrama de espinha de peixe, identificamos todas as causas potenciais nos diversos processos e separamo-las de maneira a triar a sua origem. Na tabela 19 faz-se um resumo das causas potenciais e na tabela 20 quantificamos as classificações a vermelho permitindo chegar à conclusão que as causas dos nossos problemas estão principalmente no Método, Meio ambiente e Mão-de-obra, representando estas 3 causas 86,08% dos nossos potenciais problemas.

3.2.4 Fase Melhoria (Improve)

3.2.4.1 Apresentação de soluções para cada problema observado

Uma vez identificadas as principais causas potenciais para cada etapa dos processos, foi possível identificar os problemas e procurar as soluções para se efetuarem as melhorias nos processos.

Teve-se como critério de prioridade de trabalho a classificação de importância que o grupo de trabalho considerou mais relevante para o cumprimento dos objetivos, logo na fase inicial de análise de soluções apenas se irão trabalhar as causas classificadas a vermelho.

Devido a haver problemas observados que são comuns às causas principais nas diversas famílias do processo, decidiu-se propor então soluções para as causas principais.

Meio Ambiente

Tabela 21: Número das causas potenciais e problemas observados

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados
Meio Ambiente	1	Falta de espaço	Espaço curto
			Espaço indefinido
			Falta de espaço para descarga de M.P.
			Armazenamento temporário camiã
	2	Layout	Layout deficiente
			Estrangulamentos no fluxo fabril
	3	Condições atmosféricas adversas	Espaço curto e indefinido
			Falta de Zona de carga definida
			Descargas provisórias

Problema 1 – Falta de Espaço

Solução 1

1.1 - Fazer limpeza e arrumação dos espaços.

1.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para as diversas fases do processo.

1.3 - Melhoramento do expositor de M.P. com a criação de cavaletes para receber grandes quantidades de material.

1.4 - Proibir o armazenamento temporário de matérias-primas ou intermédias no camiã.

1.5 - Não armazenar as caixas de madeira no camiã.

1.6 - Trabalhar com o fornecedor das caixas de madeira, e combinar a entrega das caixas quando efetivamente forem necessárias.

Problema 2 – Layout

Solução 2

- 2.1 – Alterar o layout de modo a diminuir deslocações e transportes desnecessários.
 - 2.1.1 – Movimentação ou eliminação de algumas estantes e bancas de trabalho.
 - 2.1.2 – Criação de novas estantes.
 - 2.1.3 – Desobstruir os caminhos existentes.
- 2.2 - Marcação do chão da fábrica
 - 2.2.1– Marcação de corredores de passagem das pessoas.
 - 2.2.2– Marcação de espaços destinados a máquinas e equipamentos.

Problema 3 – Condições atmosféricas adversas

Solução 3

- 3.1 – Alterar o layout de modo a diminuir deslocações e transportes desnecessários.
 - 3.1.1 – Criar zona de receção da matérias-primas.
 - 3.1.2 – Criação de zona intermédia na zona 2 fabril para receção de camiões

Mão-de-obra

Tabela 22: Número das causas potenciais e problemas observados

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados
Mão-de-obra	4	Falta de Preparação	Falta de análise prévia trabalho
	5	Falta de Motivação	Colaboradores descontentes
	6	Pessoal inadaptado / inadequado	Colaboradores em excesso por obra
			Trabalho mal atribuído
	7	Falta de formação	Má interpretação de desenhos
			Falta de sensibilidade para rapidez
	8	Lentidão do pessoal	Característica distinta pessoal
9	Montagem errada de componentes	Incorreta identificação dos componentes	

Problema 6 – Pessoal inadaptado / inadequado

Solução 4

- 4.1 – Diminuir o nº de colaboradores por obra.
- 4.2 – Escolher os colaboradores mais eficientes para realizar as tarefas mais complicadas.
- 4.3 – Evitar duplicação de tarefas pelos diversos colaboradores.
- 4.4 – Ter os trabalhos bem definidos pelos diversos colaboradores.

Problema 7 – Falta de formação

Solução 5

- 5.1 – Fazer formação em desenho técnico.
- 5.2 – Fazer formação em 5 S.

5.3– Fazer formação em melhoria contínua.

5.4– Fazer acompanhamento mais frequente aos colaboradores.

Problema 8 – Lentidão do pessoal

Solução 6

6.1– Sensibilização dos colaboradores para a rapidez de execução.

6.2– Fazer formação em melhoria contínua.

6.3– Sensibilizar para a diminuição de conversação sobre aspetos que não estejam relacionados sobre o trabalho.

Método

Tabela 23: Número das causas potenciais e problemas observados

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados
Método	10	Má preparação do trabalho	Desenhos errados
			Mapa de quantidades errado
			Não agrupamento de Materiais iguais
			Material disperso
			Falta de localização definida e organizada
			Deficiente agrupamento de peças
			Má preparação da carga
			Não agrupamento com outros trabalhos
	11	Espera de equip. de elevação e transporte	Máquinas ocupadas com outros trabalhos
	12	Espera de máquina	Máquinas ocupadas com outros trabalhos
	13	Não agrupamento de materiais iguais	Corte de materiais isoladamente (simples)
			Limpezas individuais
			Peças dispersas
	14	Velocidade de corte errada	
	15	Velocidade de furação inadequada	
	16	Moldes errados	Moldes não identificados
			Moldes inadequados
	17	Sequência errada	Procedimento de trabalho aleatório
	18	Não agrupamento de tarefas iguais	Procedimento de trabalho aleatório
Material disperso			
19	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos	
		Peças dispersas	
		Procedimento de trabalho aleatório	

Problema 10 – Má preparação do trabalho

Solução 7

7.1– O responsável pela preparação da obra tem de identificar corretamente os desenhos.

7.2– O responsável pela preparação e o encarregado da obra têm de identificar corretamente as quantidades a trabalhar.

7.3– Agrupar os diversos tipos de materiais num local bem definido e organizado.

7.4– Planear corretamente todos os transportes de maneira a rentabilizar a utilização da frota, nomeadamente para os fornecedores (galvanização e carpintaria).

7.5– Planear corretamente todos os transportes para cliente se possível agrupando com outros trabalhos existentes para o mesmo cliente ou para clientes na mesma zona geográfica.

Problema 13 – Não agrupamento de materiais iguais

Solução 8

8.1– Agrupar sempre que possível os materiais iguais para corte, pré montagem, limpeza e transportes.

8.2- Fazer carrinho de apoio para armazenamento dos componentes auxiliares usados na montagem e embalagem do produto.

8.3- Fazer a limpeza final e montagem dos componentes em linha.

Problema 16 – Moldes errados

Solução 9

9.1– Fazer revisão geral aos moldes usados.

9.2– Fabrico de novo molde para rebarbagem e limpeza das peças tubulares soldadas.

9.3– Limpeza e identificação e pintura com cores distintas de todos os moldes.

Problema 18 – Não agrupamento de tarefas iguais

Solução 10

10.1– Agrupar sempre que possível os materiais iguais para corte, pré montagem limpeza e movimentação interna de peças e transportes.

10.2– Agrupar sempre que possível as tarefas de limpeza de componentes iguais.

10.3– Agrupar os transportes para cliente e se possível agrupar com outros trabalhos existentes para o mesmo cliente ou para clientes na mesma zona geográfica.

10.4– Fazer o procedimento de trabalho respeitante ao agrupamento de tarefas iguais.

10.5– Sensibilização dos colaboradores para a importância deste ponto.

10.6– Fabrico de novo molde para rebarbagem e limpeza em simultâneo de várias peças tubulares soldadas.

Problema 19 – Armazenamento inadequado

Solução 11

11.1 – Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / pintura.

11.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais.

11.3- Melhoramento do expositor de M.P. com a criação de cavaletes para receber grandes quantidades de material.

11.4 – Proibir o armazenamento temporário de matérias-primas ou intermédias no camião.

11.5 - Não armazenar as caixas dentro de camião.

11.6 - Armazenar e identificar corretamente os materiais afetos a cada obra.

11.7 – Melhoramento do expositor de matérias prima, com a criação e identificação de zonas definidas para os diversos tipos de materiais.

Máquinas

Tabela 24: Número das causas potenciais e problemas observados

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados
Máquinas	22	Avaria de máquinas	Falta de manutenção preventiva
	23	Máquina desafinada/ suja	Devido a trabalhos prévios
	24	Máquinas ocupadas	Devido a outros trabalhos
	25	Máquina inadequada	Máquinas ineficientes e antigas
	26	Problemas com moldes	Falta de conservação
	27	Buchas da máquina furar com problemas	Qualidade do material reduzida

Problema 26 – Problemas com Moldes

Solução 12

12.1– Fazer revisão geral aos moldes usados.

12.2– Incluir a conservação dos moldes no programa de manutenção preventiva, fazendo verificações dimensionais e funcionais dos moldes.

12.3– Limpeza e identificação e pintura com cores distintas de todos os moldes.

Material

Tabela 25: Número das causas potenciais e problemas observados

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Problemas observados
Material	28	Armazenamento inadequado	Espaços indefinidos
	29	Falta de material	Rutura de stock
			Falta de peças do subcontratado
	30	Má qualidade das matérias-primas	Peças out- sourcing com defeitos
	31	Problemas com fitas de serra	Serras partem por quebra de dentes
	32	Problemas com material de adição	Rutura de stock
	33	Problemas com brocas	Brocas parte facilmente
	34	Armazenamento intermédio inadequado	Espaços indefinidos
	35	Falta de Guias de transporte	Tempo à procura / espera
			Informações / documentos confusos
	36	Erros no Packing List	Tempo elevado até deteção do erro
Informações / documentos confusos			
37	Falta de material pronto	Peças out-sourcing	
		Falha na produção	

	38	Fabrico inadequado	Erros detetados
	39	Falta de Spray de zinco	Rutura de stock
	40	Falta de Discos de Lamela	Rutura de stock
			Má qualidade
	41	Peças com excesso de salpicos	Má qualidade do material de adição
			Soldadura deficiente
	42	Peças com excesso de zinco	Má galvanização
	43	Falta de caixas de cartão	Rutura de stock
	44	Problemas com Parafusos inox	Partem na montagem
	45	Caixas não estão acabadas	Falta de etiquetas
			Falta de peças

Problema 28 – Armazenamento inadequado

Solução 13

13.1 – Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / Pintura.

13.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais.

13.3- Melhoramento do expositor de M.P. com a criação de cavaletes para receber grandes quantidades de material.

13.4 – Proibir o armazenamento temporário de matérias-primas ou intermédias no camião.

13.5 - Não armazenar as caixas dentro de camião.

13.6 - Armazenar e identificar corretamente os materiais afetos a cada obra.

13.7 – Melhoramento do expositor de matérias-primas, com a criação e identificação de zonas definidas para os diversos tipos de materiais.

13.8 – Melhoramento e criação de zona de armazenamento de materiais bem definido junto às máquinas de processamento de chapa.

13.9 – Sempre que possível descarregar os camiões dentro das instalações, evitando a duplicação de tarefas com empilhador e ponte rolante.

Problema 29 – Falta de Material

Solução 14

14.1 – Adjudicar os materiais atempadamente, e confirmar o prazo de entrega com os fornecedores.

14.2 – Fazer o seguimento constante da encomenda junto dos fornecedores.

14.3 – Fazer a sensibilização dos fornecedores e alertar para o fato da importância dos cumprimentos de prazos.

Problema 34 – Armazenamento intermédio inadequado

Solução 15

15.1 – Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / pintura.

15.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais.

Problema 38 – Fabrico inadequado

Solução 16

16.1 – O responsável pela preparação e o encarregado da obra têm de identificar corretamente as quantidades a trabalhar e explicar corretamente o andamento previsto da obra.

16.2 – Melhorar o controlo de qualidade por parte dos responsáveis da obra e por parte do departamento de qualidade.

Problema 42 – Peças com excesso de zinco

Solução 17

17.1 – Sensibilizar os fornecedores para a correta galvanização e para a importância da qualidade de acabamento dos componentes.

17.2 – Sensibilizar os colaboradores para a agilização da operação de Limpeza das peças.

A tabela 26 resume as causas potenciais encontradas e quais as soluções previstas para a resolução das causas dos problemas.

Tabela 26: Resumo com as soluções a implementar para cada problema

Causa principal do problema	Nº	Causa Potencial	Soluções			
Meio	1	Falta de espaço	1.1 - Fazer limpeza e arrumação dos espaços.			
			1.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para as diversas fases do processo.			
			1.3- Melhoramento do Expositor de M.P. com a criação de Cavaletes para receber grandes quantidades de material.			
	2	Layout	1.4 – Proibir o armazenamento temporário de matérias primas ou intermédias no camião.			
			1.5 - Não armazenar as caixas dentro de camião.			
			1.6 - Trabalhar com o fornecedor das caixas de madeira, e combinar a entrega das caixas quando efetivamente forem necessárias.			
			2.1 – Alterar o lay -out de modo a diminuir deslocações e transportes desnecessários.			
			2.1.1 – Movimentação ou eliminação de algumas estantes e Bancas de trabalho.			
			2.1.2 – Criação de novas estantes.			
3	Condições atmosféricas adversas	2.1.3 – Desobstruir os caminhos existentes.				
		2.2 - Marcação do chão da fábrica.				
		2.2.1– Marcação de corredores de passagem das pessoas.				
Ambiente	3	Condições atmosféricas adversas	2.2.2– Marcação de espaços destinados a máquinas e equipamentos.			
			3.1 – Alterar o lay -out de modo a diminuir deslocações e transportes desnecessários.			
			3.1.1 – Criar zona de receção da matérias primas.			
	M.O.	4	Falta de Preparação	3.1.2 – Criação de zona intermédia na zona 2 fabril para receção de camiões.		
				5	Falta de Motivação	
						6
		4.2 – Escolher os colaboradores mais eficientes para realizar as tarefas mais complicadas.				
		4.3– Evitar duplicação de tarefas pelos diversos colaboradores.				
		7	Falta de formação	4.4– Ter os trabalhos bem definidos pelos diversos colaboradores.		
5.1 – Fazer formação em Desenho técnico.						
5.2 – Fazer formação em 5 S.						
5.3– Fazer formação em melhoria continua.						
8	Lentidão do pessoal	5.4– Fazer acompanhamento mais frequente aos colaboradores.				
		6.1– Sensibilização dos colaboradores para a rapidez de execução.				
		6.2– Fazer formação em melhoria continua.				
9	Montagem errada de componentes	6.3– Sensibilizar para a diminuição de conversação sobre aspetos que não estejam relacionados sobre o trabalho.				

Método	10	Má preparação do trabalho	7.1- O responsável pela preparação da obra tem de identificar corretamente os desenhos. 7.2- O responsável pela preparação e o encarregado da obra têm de identificar corretamente as quantidades a trabalhar. 7.3- Agrupar os diversos tipos de Mat. num local bem definido e organizado. 7.4- Planear corretamente todos os transportes de maneira a rentabilizar a utilização da frota, nomeadamente para os fornecedores (Galvanização e Carpintaria). 7.5- Planear corretamente todos os transportes para cliente se possível agrupando com outros trabalhos existentes para o mesmo cliente ou para clientes na mesma zona geográfica.	
	11	Espera de equip. de elevação e transporte		
	12	Espera de máquina		
	13	Não agrupamento de materiais iguais	8.1- Agrupar sempre que possível os materiais iguais para corte, pré montagem, limpeza e transportes. 8.2- Fazer carrinho de apoio para armazenamento dos componentes auxiliares usados na montagem e embalamento do produto. 8.3- Fazer a limpeza final e montagem dos componentes em linha.	
	14	Vel. de corte errada		
	15	Vel. furação inadequada		
	16	Moldes errados	9.1- Fazer revisão geral aos moldes usados. 9.2- Fabrico de novo molde para rebarbagem e limpeza das peças tubulares soldadas. 9.3- Limpeza e identificação e pintura com cores distintas de todos os moldes.	
	17	Sequência errada		
	18	Não agrupamento de tarefas iguais	10.1- Agrupar sempre que possível os materiais iguais para corte, pré montagem limpeza e movimentação interna de peças e transportes. 10.2- Agrupar sempre que possível as tarefas de limpeza de componentes iguais. 10.3- Agrupar os transportes para cliente e se possível agrupar com outros trabalhos existentes para o mesmo cliente ou para clientes na mesma zona geográfica. 10.4- Fazer o procedimento de trabalho respeitante ao agrupamento de tarefas iguais. 10.5- Sensibilização dos colaboradores para a importância deste ponto. 10.6- Fabrico de novo molde para rebarbagem e limpeza em simultâneo de várias peças tubulares soldadas.	
	19	Armazenamento inadequado	11.1 - Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / Pintura. 11.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais. 11.3- Melhoramento do Expositor de M.P. com a criação de Cavaletes para receber grandes quantidades de material. 11.4 - Proibir o armazenamento temporário de matérias primas ou intermédias no camião. 11.5 - Não armazenar as caixas dentro de camião. 11.6 - Armazenar e identificar corretamente os materiais afetos a cada obra. 11.7 - Melhoramento do Expositor de matéria prima, com a criação e identificação de zonas definidas para os diversos tipos de materiais.	
	Medição	20	Ctrl de qualidade insuficiente	
		21	Má visibilidade da fita métrica	
	Máquinas	22	Avaria de máquinas	
		23	Máquina desaf. / suja	
		24	Máquinas ocupadas	
		25	Máquina inadequada	
		26	Problemas com moldes	12.1- Fazer revisão geral aos moldes usados. 12.2- Incluir a conservação dos moldes no programa de manutenção preventiva, fazendo verificações dimensionais e funcionais dos moldes. 12.3- Limpeza e identificação e pintura com cores distintas de todos os moldes
		27	Buchas da máquina furar com problemas	

Material	28	Armazenamento	13.1 – Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / Pintura.	
			13.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais.	
			13.3- Melhoria do Expositor de M.P. com a criação de Cavaletes para receber grandes quantidades de material.	
			13.4 – Proibir o armazenamento temporário de matérias primas ou intermédias no camião.	
			13.5 - Não armazenar as caixas dentro de camião.	
			13.6 - Armazenar e identificar corretamente os materiais afetos a cada obra.	
			13.7 – Melhoria do Expositor de matérias primas, com a criação e identificação de zonas definidas para os diversos tipos de materiais.	
			13.8 – Melhoria e criação de Zona de armazenamento de materiais bem definido junto às máquinas de processamento de chapa.	
			13.9 – Sempre que possível descarregar os camiões dentro das instalações, evitando a duplicação de tarefas com empilhador e Ponte Rolante.	
	29	Falta de material	14.1 – Adjudicar os materiais atempadamente, e confirmar o prazo de entrega com os fornecedores.	
			14.2 – Fazer o seguimento constante da encomenda junto dos fornecedores.	
			14.3 – Fazer a sensibilização dos fornecedores e alertar para o fato da importância dos cumprimentos de prazos.	
	30	Má qualidade das M.P.		
	31	Prob.com fitas de serra		
	32	Prob. com mat.de adição		
	33	Problemas com brocas		
	34	Armazenamento	15.1 – Criação de uma zona de produto intermédio em curso por cima da zona de soldadura / Pintura.	
		intermédio inadequado	15.2 - Criação de zonas de trabalho bem definidas para colocar os diversos materiais.	
		Falta de G.Transp.		
		Erros no Packing List		
		Falta de material pronto		
		38	Fabrico inadequado	16.1 – O responsável pela preparação e o encarregado da obra têm de identificar corretamente as quantidades a trabalhar e explicar corretamente o andamento previsto da obra.
				16.2 – Melhorar o controlo de qualidade por parte dos responsáveis da obra e por parte do departamento de qualidade.
	Falta de Spray de zinco			
	40	Falta de Discos de Lamela		
	41	Peças com excesso de salpicos		
	42	Peças com excesso de zinco	17.1 – Sensibilizar os fornecedores para a correta galvanização e para a importância da qualidade de acabamento dos componentes.	
			17.2 – Sensibilizar os colaboradores para a agilização da operação de Limpeza das peças.	
43	Falta de caixas de cartão			
44	Prob. com Paraf. inox			
45	Caixas não estão acabadas			

3.2.5 Fase Controlo (Control)

3.2.5.1 Apresentação do sistema de controlo de processo e ações implementadas

Uma vez introduzidas as melhorias nos processos é importante proceder ao controlo do processo, e avaliar a estabilidade das soluções encontradas e o impacto financeiro das melhorias introduzidas.

Na tabela 27 apresentam-se os resultados gerais do projeto e na tabela 28 vemos os dados dos tempos unitários de fabrico, onde se destacam as 16.03 horas de fabrico/un. e a diferença entre máximo e mínimo de 3.82h.

Tabela 27: Evolução dos resultados

Nº OBRA	QT	tempo estimado	tempo realizado	Δ	horas un	Valor unitário	Valor obra	Resultado obra	Nº Colaboradores	Diferença horas fabrico %	Resultado obra %	
2157/12	10	125	181,5	56,5	18,15				14	45,20%	-10,34%	
2169/12	5	62,5	90,5	28	18,1				7	44,80%	-16,41%	
2001/13	5	62,5	74	11,5	14,8				7	18,40%	-6,15%	
2020/13	15	187,5	215	27,5	14,33				14	14,67%	-9,34%	
2024/13	15	187,5	221,25	33,75	14,75				11	18,00%	-9,06%	
2047/13	15	187,5	202,5	15	13,5				8	8,00%	-8,53%	Após alterações
2095/13	15	187,5	188,25	0,75	12,55				11	0,40%	-5,10%	
2119/13	15	187,5	211,5	24	14,1				14	12,80%	-10,65%	
2138/13	15	187,5	185,5	-2	12,37				14	-1,07%	-7,31%	
2171/13	15	187,5	219	31,5	14,6				12	16,80%	-9,38%	
Médias ANTES PROJ			156,45	31,45	16,03				10,6	28,21%	-10,26%	
Médias DEPOIS PROJ			201,35	13,85	13,42				11,8	7,39%	-8,20%	

Tabela 28: Dados iniciais

Nº OBRA	QT	T.E UN	T.R	
2157/12	10	12,5	18,15	DIF. MAX-MIN 3,82
2169/12	5	12,5	18,10	
2001/13	5	12,5	14,80	Média 16,03
2020/13	15	12,5	14,33	
2024/13	15	12,5	14,75	

Na tabela 29 vemos os dados dos tempos unitários de fabrico após as melhorias introduzidas, onde se destacam as 13.42 horas de fabrico/un e a diferença entre máximo e mínimo de 2.23h.

Tabela 29: Dados finais

Nº OBRA	QT	T.E UN	T.R	
2047/13	15	12,5	13,50	DIF. MAX-MIN 2,23
2095/13	15	12,5	12,55	
2119/13	15	12,5	14,10	Média 13,42
2138/13	15	12,5	12,37	
2171/13	15	12,5	14,60	



Figura 41: Gráfico com o histórico de fabrico inicial



Figura 42: Gráfico com o histórico de fabrico Atual



Figura 43: Gráfico com histórico de fabrico durante o projeto

Na figura 43 vemos os dados dos tempos unitários de fabrico desde que se iniciou o processo de observação e análise até ao fim do projeto, e de acordo com estes 3 últimos gráficos podemos ver que houve evolução nos tempos de fabrico, havendo melhorias na ordem de 16,26% nos tempos de fabrico unitários.

3.2.5.2 Avaliação do impacto do projeto na empresa

A tabela 30 apresenta os resultados com os diversos cenários envolvidos, Inicialmente estimou-se para o objetivo do projeto uma de redução de custos de 6.612,50 €/ano e melhoramento dos tempos de fabrico unitários em 22,00%, no entanto verifica-se que não se conseguiu atingir na plenitude as melhorias previstas.

À data da conclusão do projeto as melhorias alcançadas para 75 unidades foram na ordem dos 16,26% com um impacto de 2.446,88 €.

Tabela 30: Dados finais de melhorias

	QT Produzida	Horas trabalho un	Horas trabalho totais	€	Ganho €	Ganho %
Cenário Inicial	150	16,03	2404	30.050,00 €		Horas
Cenário Após Melhorias	150	13,42	2013	25.162,50 €	4.887,50 €	16,26%
Cenário Orçamento	150	12,5	1875	23.437,50 €	6.612,50 €	22,00%
Cenário ideal com (Margem requerida nos materiais)	150	11,3	1695	21.187,50 €	8.862,50 €	29,49%

3.3 Resultados do projeto 2 Peças Ger

Este segundo projeto surgiu como um complemento ao projeto 1, e visto ser por uma questão de aproveitamento das medidas implementadas no projeto original, e sobretudo por ter um impacto operacional e financeiro muito mais elevado na empresa.

A explicação e desenvolvimento deste projeto será reduzido, explicitando apenas os dados e informações mais importantes, visto o desenvolvimento das ações propostas serem as mesmas que o projeto original.

Esta obra denominada de peças Ger é uma construção de diversas peças com componentes em Aço S235jr, aço inox e alumínio, e que é fabricada sobre encomenda periodicamente para um cliente denominado de NE.

Estas peças referentes a esta obra têm a sua aplicação na indústria.

A empresa produz este produto para o cliente NE há cerca de 3 anos e face aos resultados acumulados das obras decidiu implementar melhorias no seu fabrico na tentativa de melhorar o seu resultado operacional.

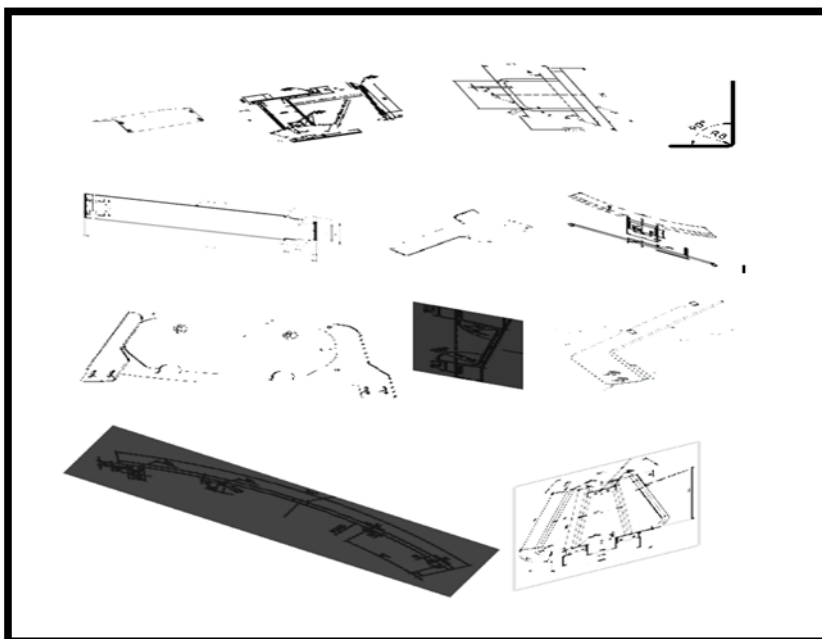


Figura 44: Exemplos Gráficos peças Ger

3.3.1 Fase Definição (Define)

3.3.1.1 Problem statements

- As obras sistematicamente dão prejuízo.
- Horas realizadas são sempre muito superiores ao previsto.
- Custos com os materiais superiores ao orçamentado.
- Elevado nº de colaboradores envolvidos.

3.3.1.2 Análise inicial das obras em estudo.

A tabela 31 foi construída com os dados recolhidos no histórico da análise final de cada obra (a empresa tem implementado uma base de dados que permite durante o fabrico e no final da obra ver qual o resultado de cada obra, permitindo de uma maneira simples analisar se houve desvios em relação ao estimado inicialmente e ver também se estes se situam na aquisição dos materiais ou nas horas processadas na execução da obra.

Com base na tabela 31 podemos verificar com facilidade o seguinte:

1. Desvio negativo entre as horas de fabrico estimadas e as horas realizadas.
2. Resultado das obras negativo.
3. Elevado nº de colaboradores envolvidos no fabrico destas obras.

Tabela 31: Análise das obras em estudo

Nº OBRA	QT	tempo estimado	tempo realizado	Δ	horas un	Valor obra	Resultado obra	Nº Colaboradores	Diferença horas fabrico %	Resultado obra %
2115/11	1	600	729,25	129,3	729,3			17	21,54%	-9,75%
2016/12	1	600	659,5	59,5	659,5			18	9,92%	-7,62%
2038/12	1	600	658	58	658			18	9,67%	-7,82%
2048/12	1	600	708,5	108,5	708,5			19	18,08%	-7,03%
2049/12	1	600	710,25	110,3	710,3			19	18,38%	-6,97%
2083/12	1	600	683	83	683			21	13,83%	-9,04%
2100/12	1	600	688,75	88,75	688,8			18	14,79%	-10,11%
2117/12	1	600	742	142	742			20	23,67%	-12,34%
2139/12	1	600	716,5	116,5	716,5			18	19,42%	-7,93%
2140/12	1	600	716	116	716			19	19,33%	-7,67%
2154/12	1	600	713,5	113,5	713,5			17	18,92%	-9,46%
2172/12	1	600	650,25	50,25	650,3			20	8,38%	-5,94%
2003/13	1	600	669,5	69,5	669,5			18	11,58%	-7,29%
Médias Iniciais				95,77	695,77			18,62	15,96%	-8,38%

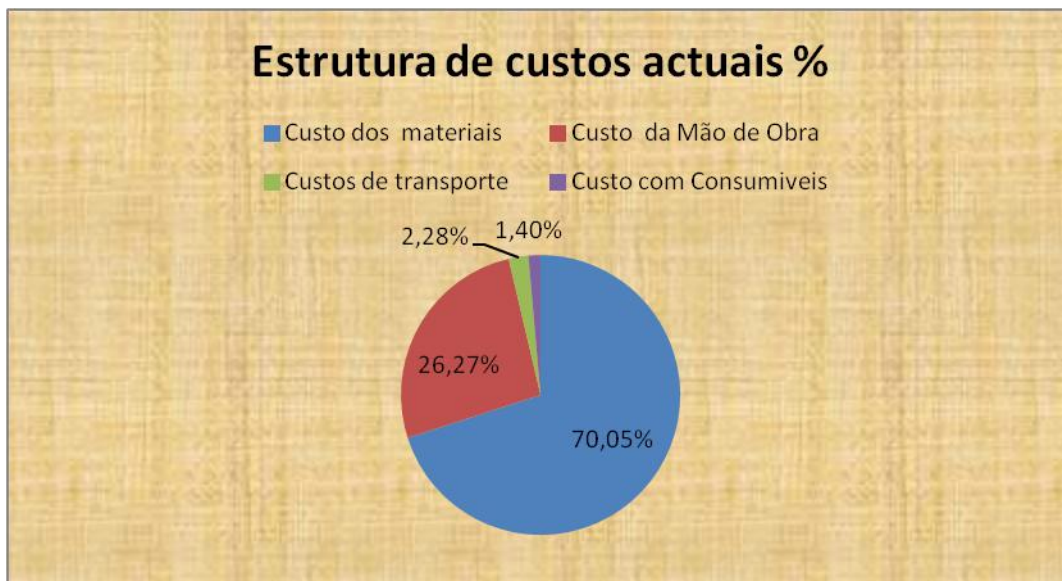


Figura 45: Gráfico com a estrutura dos custos da obra orçamentada

Com base no gráfico da figura 45, pode-se verificar a importância que as matérias-primas (materiais) têm na estrutura de custos.

À semelhança do projeto 1 sabemos que neste campo não podemos ter muitos ganhos, visto constantemente ter-se feito renegociações e novas consultas ao mercado; destaca-se então a importância de trabalhar os restantes itens desta estrutura de custos.

Perante estas informações, este trabalho vai incidir fortemente num trabalho de redução de tempos de fabrico.

Temos como definição de tempo inicial de fabrico orçamentado de 600 horas/obra.

3.3.1.3 Goal statements

Com base na ficha de projeto "Project charter" (figura 46) podemos ver claramente todas as informações sobre este projeto, dos quais convém destacar os seguintes pontos:

Resultados esperados

- 1- Aumento da rentabilidade da obra (aumentar o resultado global da obra 5%).
- 2- Redução dos tempos de produção em 15.96% (diminuição dos tempos excessivos e desnecessários).
- 3- Melhoria fluxo produtivo (alterar o layout produtivo).
- 4- Ganhos financeiros de 17.956,88 €.

3.3.1.4 Ficha do Projeto (Project Charter)

FICHA DO PROJETO																											
Nome do Projeto: (1) Melhorar o processo Gestão Produtivo da obra P.Ger.	Nome Empresa/Localização: (2) MCR, Viana do Castelo																										
Líder da Equipa: (3) C.Gandarela	"Champion" do Projecto: (4)																										
Descrição do Projecto/Missão: (5) Redução de desperdícios de tempos do processo de Fabrico através de: (i) análise da linha de produção e localização dos pontos onde se registam diferenças mais significativas; (ii) qualificar e quantificar esses tempos; (iii) seleccionar os pontos mais significativos;; (iv) propor e implementar soluções no método e processo de fabrico; (v) avaliar os resultados obtidos.																											
Descrição do Problema: (6) Actualmente estima-se que os tempos de produção destes conjuntos de peças poderão ser superior em 15,96 % ao tempo previsto de fabrico . Estima-se que o desperdícios de tempo sejam originados em proporções diferentes pelas diversas fases do processo de produção, pelo que estes 15,96 % são devidos a ineficiência do processo. Estes 15,96% se reduzidos para 0 %, poderão significar aproximadamente uma redução de custos a um ano (15 construções) de 17.956,88€ correspondentes a uma melhoria efectiva de 13,76% .																											
Importância do problema: (7) A Administração da MCR definiu como prioritárias todas as iniciativas que conduzam à redução de desperdícios do processo, resultando na melhoria da eficiência operacional, visto ser uma obra com algum impacto na atividade da empresa.																											
Resultados: (8) 1- Aumento da rentabilidade da obra. 2 -Redução dos tempos de produção em 15,96% 3- Melhoria Fluxo produtivo	Objectivos/Métricas: (9) 1 -Aumentar o Resultado global de obra 5 % 2- Diminuição tempos de tempos de fabrico em 15,96% 3 - Alterar Lay out produtivo																										
Processo e seu responsável: (10) Processo de produção. Direcção Empresa																											
O âmbito do projecto é: (11) Melhorar a eficiência operacional da obra O âmbito do projecto não é:																											
Clientes Chave: (12) Interno	Expectativas: (13) Redução de custos na ordem dos 17.956,88 €/ano																										
Marcos do Projecto: (14) Início do Projecto: Jan-13 Fase de definição Feb-13 Fase de medição Mar-13 Fase de análise Abr-13 Fase de Melhoria Mai-13 Fase de controlo Jun-13 Data de Conclusão: Jul-13	Datas de Finalização: (15) Ago-13 Set-13																										
Resultados financeiros esperados: (16)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Quantidade</th> <th rowspan="2">Descrição</th> </tr> <tr> <th>1-Tempo</th> <th>Anual</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> Custos Fixos</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="2">Redução tempos</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Custos da qualidade</td> <td></td> <td>17.956,88 €</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Rendimento</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3">Melhoria condições Trabalho ; aumento da satisfação dos executantes da obra</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Velocidade</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Concordância com requisitos</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Intangíveis</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Quantidade		Descrição	1-Tempo	Anual	<input type="checkbox"/> Custos Fixos			Redução tempos	<input type="checkbox"/> Custos da qualidade		17.956,88 €	<input checked="" type="checkbox"/> Rendimento			Melhoria condições Trabalho ; aumento da satisfação dos executantes da obra	<input checked="" type="checkbox"/> Velocidade			<input type="checkbox"/> Concordância com requisitos			<input checked="" type="checkbox"/> Intangíveis		
	Quantidade		Descrição																								
	1-Tempo	Anual																									
<input type="checkbox"/> Custos Fixos			Redução tempos																								
<input type="checkbox"/> Custos da qualidade		17.956,88 €																									
<input checked="" type="checkbox"/> Rendimento			Melhoria condições Trabalho ; aumento da satisfação dos executantes da obra																								
<input checked="" type="checkbox"/> Velocidade																											
<input type="checkbox"/> Concordância com requisitos																											
<input checked="" type="checkbox"/> Intangíveis																											
Membros da equipa: (17) Champion - J.R., Líderes - Carlos Gandarela , membros da equipa - P. C. (controller de gestão) P. V. (gestão de horas) V. R.(Produção)																											
Recursos Esperados (Internos/Externos): (18) Colaboração de 2 elementos internos na elaboração das melhorias do lay-out fabril, Possível necessidade de colaboração de fornecedor de peças específicas.																											
Avaliação do Risco: (19)																											
Preparado por: (20) C.G.	Data (última revisão): (21) 01-Jun-13																										

Figura 46: Ficha do projeto peças Ger

3.3.1.5 SIPOC do projeto

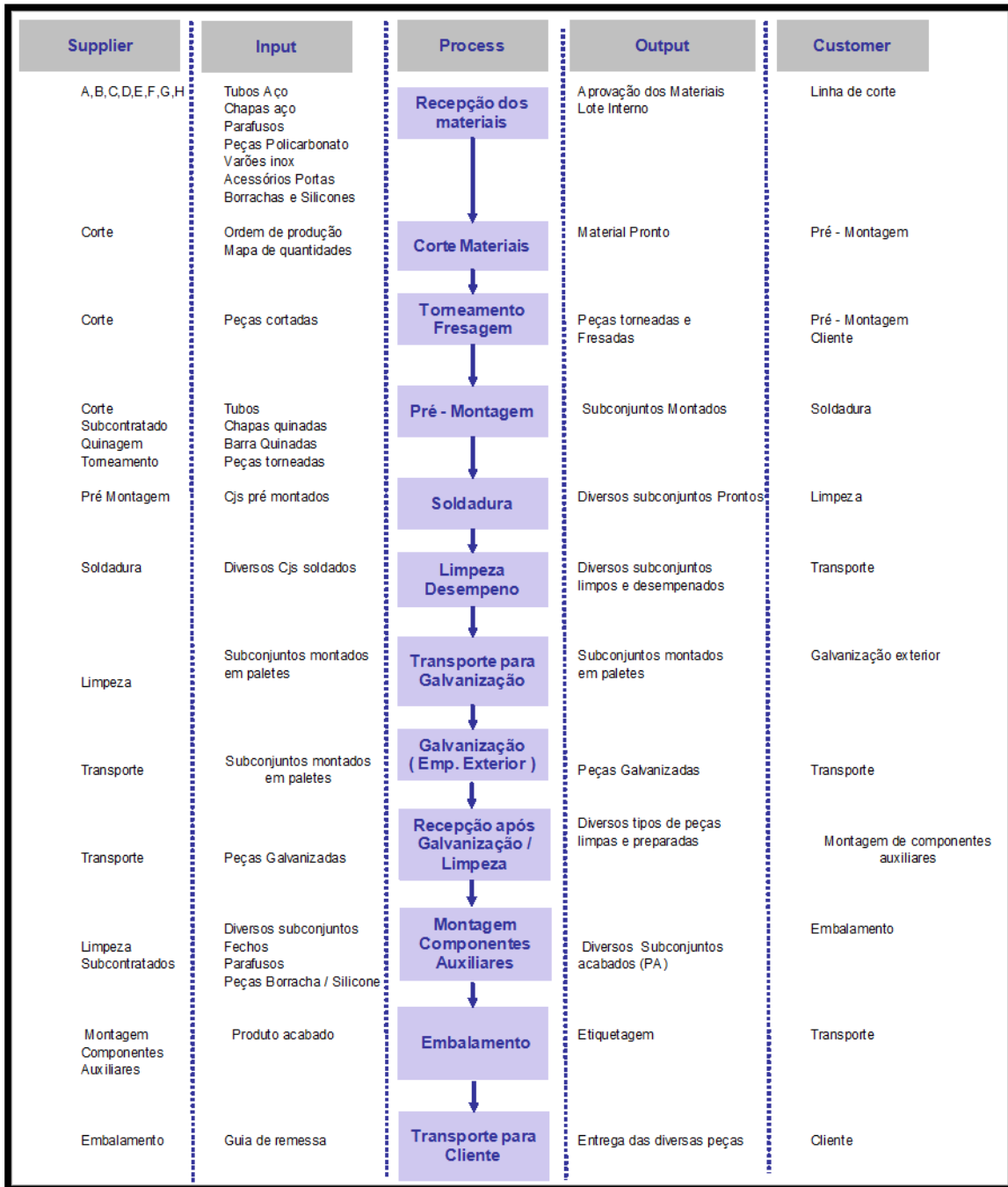


Figura 47: SIPOC do projeto peças Ger

Na figura 47 apresenta-se o mapa do processo de fabrico (SIPOC) com a identificação das entradas e saídas, bem como os intervenientes.

3.3.2 Fase Medição (Measure)

3.3.2.1 Recolha de dados

Com base na tabela 32 e na figura 48 vemos as diversas etapas do processo e os tempos realizados em cada obra, e vemos também determinadas as médias de execução da obra.

Podemos usar mais tarde estes dados para comparar com os valores predefinidos em processo de orçamento e analisar onde estão os desvios.

Entre diversas observações que se podem fazer da tabela 32, repara-se que o tempo médio de fabrico é de 695,77 horas /un.

Tabela 32: Distribuição das horas de execução por etapas do processo

Famílias de Processo	nº	Etapas Processo	Nº Obra	Obras em análise													Total Análise	Média Por OBRA	Total Horas operação	Média / operação (Horas)	Média Família Operação	Média Família Operação
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
Fabrico	1	Tempo de corte de materiais		24	24	24	30	30	24,5	27,25	31	28,25	28	27	28,75	29	27,37	355,75	27,37	4140,25	45,77%	
	2	Tempo de dobragem de tubos P 120+P130+P140+P200		24	20	18	18,5	18,5	17	18	20	19	18,5	18	18,5	19,5	19,04	247,50	19,04			
	3	Tempo de quinagem Chapas P 170		12	8,5	10	12	12	10,5	11	12	10,5	10	10,5	10	8	10,54	137,00	10,54			
	4	Tempo de Pré- Montagem		48	32	34	35	35	34,75	33	37,5	36	34,5	34	33	31	35,21	457,75	35,21			
	5	Tempo de Furação		39	34	34	41	41	40	39	40	36	35	34	33	32	36,77	478,00	36,77			
	6	Tempo de soldadura		40	37	40	38	38	37	36	42	37	33	33,5	36,5	40,5	37,58	488,50	37,58			
	7	Tempo de Roscagem		26,5	34	34	36	33	33,5	30	31	36	28	28,5	36,5	39,5	32,81	426,50	32,81			
	8	Tempo de Pintura P170		24	26,75	26	28	27,75	25	25	22,5	26	27,25	27	13,5	24	24,83	322,75	24,83			
	9	Tempo de Torneamento Anilhas P70+P90+P100		17	17	23	32,5	15,5	9,5	15	2	8	16	6,75	17,5	20	15,37	199,75	15,37			
	10	Tempo de Torneamento P 170+P190		90,5	48,25	47	49,5	50,5	49,5	66,75	59,25	52	55	63,5	35	46,25	51,77	673,00	51,77			
	11	Tempo de Fresagem P190		38,5	26,5	31	12	16,5	37,25	19,5	20	43,5	23,5	53	17	15,5	27,21	353,75	27,21			
Movimentação interna de peças	12	Tempo de descarga M.P.		24	21	19	20	20	19,5	19	24	23	26	20	21	24	21,58	280,50	21,58	1080,00	11,94%	
	13	Tempo entre operações		30	27	25	27	27	21	25	38	32,5	38	28	24	24,5	28,23	367,00	28,23			
Limpeza de Peças	14	Tempo de Movimentação/ Armazenamento Paletes		40	33	31	33	33	32	31	37,25	29,75	32	34	33	33,5	33,27	432,50	33,27	1168,75	12,92%	
	15	Tempo Limpeza antes Galvanização		28	26	25	28	28	24	26	28	27	28	27	27	27,5	26,88	349,50	26,88			
Montagem componentes Auxiliares	16	Tempo de Limpeza depois da Galvanização		79,75	68	62	61,5	72	58,5	58	64	62	64,5	58	57	54	63,02	819,25	63,02	1472,25	16,28%	
	17	Montagem de Elementos ligação (Parafusos+Ira)		40	42	43	42	44	43,5	44	43	41	40,5	39	42	41	41,92	545,00	41,92			
Embalamento	18	Montagem de Borrachas P90+P100		16	19,5	17	18	18,5	16	16,5	17	19	18	19	18	18,25	17,75	230,75	17,75	417,25	4,61%	
	19	Montagem de Elementos em Policarbonato		24	28	27	26,5	26	24	26,5	26	24	25	27	27,5	28	26,12	339,50	26,12			
Transportes	20	Montagem de escovas P40 e P 50		24	25	26	28	32	31	28,5	27	26	28	27	28	26,5	27,46	357,00	27,46	766,50	8,47%	
	21	Etiquetagem e Embalar componentes dentro das Paletes		24	18	16	36	35	33	32	38	34	37	37,25	39	38	32,10	417,25	32,10			
	22	Tempo de e para a Galvanização 1		18	16	15	17	18	19	20	24	21	23	18	18,5	18	18,88	245,50	18,88			
	23	Tempo de e para a Galvanização 2		8	7	8	12	11	12,5	12	21	18	17,5	13,5	10	5,5	12,00	156,00	12,00			
Total	24	Tempo para fornecedores diversos		8	3,5	4	5	4	3	2,5	4	3	2,75	3	2	2	3,60	46,75	3,60	695,77	Tempo médio fabrico de uma OBRA	
	25	Tempo de e para o Fornecedor M. D.		6	2,5	3	4	3	3,5	3	3,5	3	3	3	3	3,35	43,50	3,35				
	26	Tempo de entrega a cliente		16	15	16	18	21	24	24,25	30	21	24	24	21	20,5	21,13	274,75	21,13			
		Total Gasto		729,25	699,5	658	708,5	710,25	683	688,75	742	716,5	716	713,5	650,25	669,5	695,77	9045,00	695,77			
	Tempo Total de fabrico por obra		343,5	308	321	332,5	317,75	318,5	320,5	317,25	332,25	308,75	335,75	279,25	305,25							
	Tempo total de Trabalhos auxiliares por obra		385,75	351,5	337	376	392,5	364,5	368,25	424,75	384,25	407,25	377,75	371	364,25							
			52,897%	53,298%	51,216%	53,070%	55,262%	53,367%	53,466%	57,244%	53,629%	56,878%	52,943%	57,055%	54,406%							

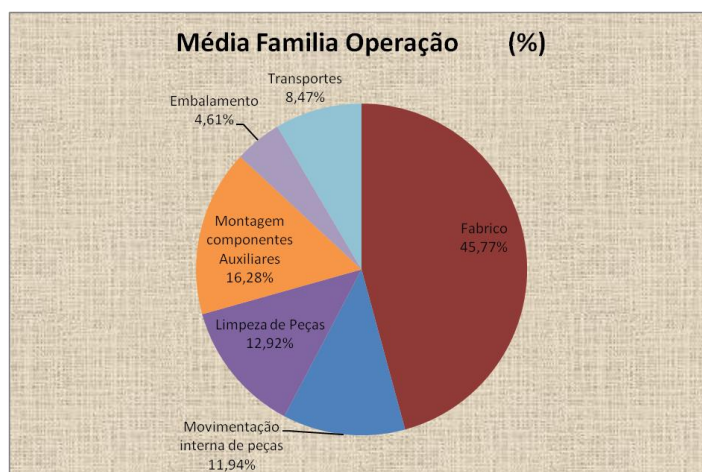


Figura 48: Gráfico com distribuição dos tempos de execução média das obras

3.3.2.2 Caracterização da situação atual.

Com base na tabela 33 vemos os desvios nas diversas etapas do processo entre o orçamentado e o realizado, e chegamos a algumas observações descritas nas tabelas seguintes que é de que estamos a gastar mais +95.77 horas por construção, ou seja mais 15.96% de tempo em relação ao previsto.

Tabela 33: Comparação de tempos por operação entre o orçamentado e o real

		Obras em análise		Total Análise	
		1		1	
Famílias de		SIT. IDEAL	SIT. ATUAL	DESVIO TEMPO	
Processo	nº	Nº Horas Orçamento	Nº Horas actual produção	(HORAS)	
		Nº Obra			
		Etapas Processo			
Fabrico	1	Tempo de corte de materiais	24	27,37	3,37
	2	Tempo de dobragem de tubos P 120+P130+P140+P200	18	19,04	1,04
	3	Tempo de quinagem Chapas P 170	8	10,54	2,54
	4	Tempo de Pré- Montagem	32	35,21	3,21
	5	Tempo de Furação	30	36,77	6,77
	6	Tempo de soldadura	40	37,58	-2,42
	7	Tempo de Roscagem	30	32,81	2,81
	8	Tempo de Pintura P170	25	24,83	-0,17
	9	Tempo de Torneamento Anilhas P70+P90+P100	12	15,37	3,37
	10	Tempo de Torneamento P 170+P190	48	51,77	3,77
	11	Tempo de Fresagem P190	24	27,21	3,21
Movimentação interna de peças	12	Tempo de descarga M.P.	13	21,58	8,58
	13	Tempo entre operações	24	28,23	4,23
	14	Tempo de Movimentação/ Armazenamento Paletes	24	33,27	9,27
Limpeza de Peças	15	Tempo Limpeza antes Galvanização	24	26,88	2,88
	16	Tempo de Limpeza depois da Galvanização	48	63,02	15,02
Montagem componentes Auxiliares	17	Montagem de Elementos ligação (Parafusos+f+a)	24	41,92	17,92
	18	Montagem de Borrachas P90+P100	24	17,75	-6,25
	19	Montagem de Elementos em Policarbonato	24	26,12	2,12
Embalamento	20	Montagem de escovas P40 e P 50	24	27,46	3,46
	21	Etiquetagem e Embalar componentes dentro das Paletes	30	32,10	2,10
Transportes	22	Tempo de e para a Galvanização 1	16	18,88	2,88
	23	Tempo de e para a Galvanização 2	10	12,00	2,00
	24	Tempo para fornecedores diversos	3	3,60	0,60
	25	Tempo de e para o Fornecedor M. D.	3	3,35	0,35
	26	Tempo de entrega a cliente	18	21,13	3,13
		Total Gasto	600	695,77	95,77

3.3.2.3 Caracterização dos desvios por processos

Interessa agora fazer a distribuição destes tempos; saber qual a influência de cada um; verificar quais os processos onde ocorrem os maiores desvios; e identificar qual o caminho a tomar.

A tabela 34 apresenta a caracterização dos desvios dos diversos processos de trabalho.

Perante as tabelas 35 e 36 e as figuras 49 e 50 apresentadas, analisamos onde temos mais desvios em termos de processos e qual a influência de cada um dos processos no total de desvio.

Nas tabelas 37 a 41 e gráficos das figuras 51 a 55 analisaremos a influência de cada um dos processos no desvio das horas.

Vai-se então procurar as razões para os desvios de cada processo, analisando a influência de cada etapa de processo.

Com base nas informações recolhidas, as causas de desvio em cada processo de produção foram agrupadas e a sua informação trabalhada, demonstrando as vezes que cada uma das etapas ultrapassa o tempo previsto (frequência).

Tabela 34: Comparação dos desvios por operação entre o orçamentado e o real

		QT				SITUAÇÃO IDEAL		SITUAÇÃO ATUAL		Diferenças	Influência	Influência	
Famílias de		1		DESVIO	DESVIO TEMPO	Média Família	Média Família	Média Família	Média Família				
Processo	nº	Nº Obra		TEMPO	(MINUTOS)	Operação	Operação (%)	Operação	Operação (%)	(%)			
		SIT.IDEAL	SIT. ATUAL			(Horas)		(Horas)					
		Nº Horas Orçamento	Nº Horas actual	(HORAS)									
Fabrico	1	Tempo de corte de materiais	24	27,37	3,37	201,92	291,00	48,50%	318,48	45,77%	9,44%	3,51%	
	2	Tempo de dobragem de tubos P 120+P130+P140+P200	18	19,04	1,04	62,31						1,08%	
	3	Tempo de quinagem Chapas P 170	8	10,54	2,54	152,31						2,65%	
	4	Tempo de Pré- Montagem	32	35,21	3,21	192,69						3,35%	
	5	Tempo de Furação	30	36,77	6,77	406,15						7,07%	
	6	Tempo de soldadura	40	37,58	-2,42	-145,38						-2,53%	
	7	Tempo de Roscagem	30	32,81	2,81	168,46						2,93%	
	8	Tempo de Pintura P170	25	24,83	-0,17	-10,38						-0,18%	
	9	Tempo de Torneamento Anilhas P70+P90+P100	12	15,37	3,37	201,92						3,51%	
	10	Tempo de Torneamento P 170+P190	48	51,77	3,77	226,15						3,94%	
	11	Tempo de Fresagem P190	24	27,21	3,21	192,69						3,35%	
Movimentação interna de peças	12	Tempo de descarga M.P.	13	21,58	8,58	514,62	61,00	10,17%	83,08	11,94%	36,19%	8,96%	
	13	Tempo entre operações	24	28,23	4,23	253,85						4,42%	
	14	Tempo de Movimentação/ Armazenamento Paletes	24	33,27	9,27	556,15						9,68%	
Limpeza de Peças	15	Tempo Limpeza antes Galvanização	24	26,88	2,88	173,08	72,00	12,00%	89,90	12,92%	24,87%	3,01%	
	16	Tempo de Limpeza depois da Galvanização	48	63,02	15,02	901,15						15,68%	
Montagem componentes Auxiliares	17	Montagem de Elementos ligação (Parafusos+ra)	24	41,92	17,92	1075,38	96,00	16,00%	113,25	16,28%	17,97%	18,71%	
	18	Montagem de Borrachas P90+P100	24	17,75	-6,25	-375,00						-6,53%	
	19	Montagem de Elementos em Policarbonato	24	26,12	2,12	126,92						2,21%	
20	Montagem de escovas P40 e P 50	24	27,46	3,46	207,69						3,61%		
Embalamento	21	Etiquetagem e Embalar componentes dentro das Paletes	30	32,10	2,10	125,77	30,00	5,00%	32,10	4,61%	6,99%	2,19%	2,19%
Transportes	22	Tempo de e para a Galvanização 1	16	18,88	2,88	173,08	50,00	8,33%	58,96	8,47%	17,92%	3,01%	
	23	Tempo de e para a Galvanização 2	10	12,00	2,00	120,00						2,09%	
	24	Tempo para fornecedores diversos	3	3,60	0,60	35,77						0,62%	
	25	Tempo de e para o Fornecedor M. D.	3	3,35	0,35	20,77						0,36%	
	26	Tempo de entrega a cliente	18	21,13	3,13	188,08						3,27%	
Total Gasto		600	695,77	95,77	5746,15	600,00		695,77					

Tabela 35: Percentagem dos desvios por processo

Processo	Desvio %	Influencia
Movimentação interna de peças	36,19%	23,05%
Limpeza de Peças	24,87%	18,69%
Montagem componentes Auxiliares	17,97%	18,01%
Transportes	17,92%	9,36%
Fabrico	9,44%	28,69%
Embalamento	6,99%	2,19%

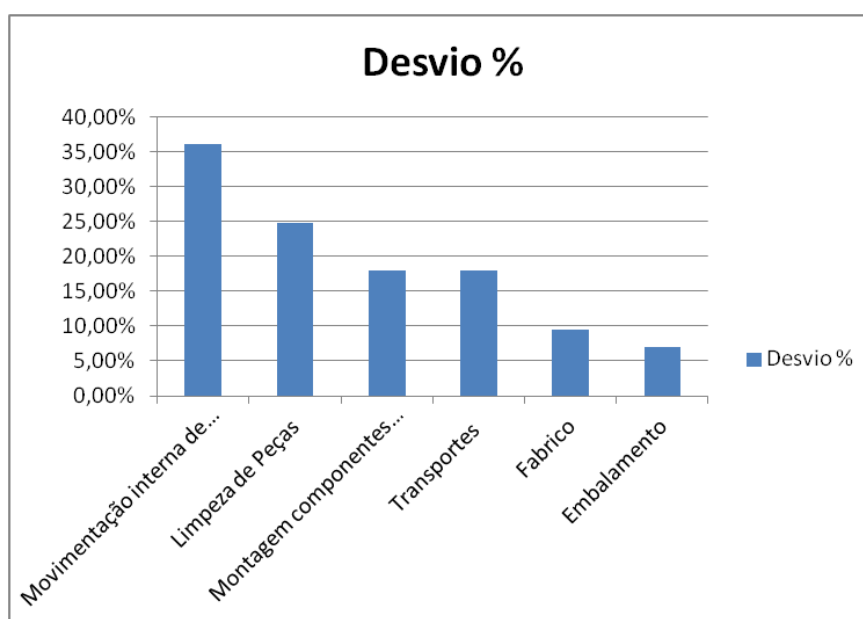


Figura 49: Gráfico ilustrativo com a percentagem de desvios

Tabela 36: Percentagem de influência por processo

Processo	influência %	Acumulado
Fabrico	28,69%	28,69%
Movimentação interna de peças	23,05%	51,75%
Limpeza de Peças	18,69%	70,44%
Montagem componentes Auxiliares	18,01%	88,45%
Transportes	9,36%	97,81%
Embalamento	2,19%	100,00%

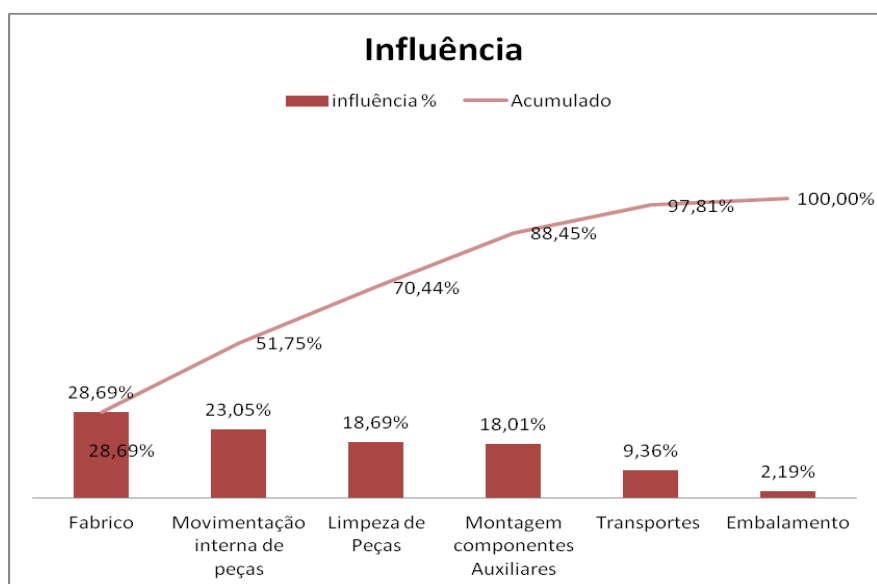


Figura 50: Diagrama de Pareto ilustrativo com a percentagem de influência

Processo de Fabrico

Tabela 37: Caracterização do desvio do processo de fabrico

ETAPA	Frequência	%	% Acumulada
Tempo de corte de materiais	13	11,61%	11,61%
Tempo de quinagem Chapas P 170	13	11,61%	23,21%
Tempo de Furação	13	11,61%	34,82%
Tempo de dobragem de tubos P 120+P130+P140+P200	12	10,71%	45,54%
Tempo de Pré- Montagem	12	10,71%	56,25%
Tempo de Torneamento P 170+P190	11	9,82%	66,07%
Tempo de Roscagem	10	8,93%	75,00%
Tempo de Pintura P170	9	8,04%	83,04%
Tempo de Torneamento Anilhas P70+P90+P100	9	8,04%	91,07%
Tempo de Fresagem P190	6	5,36%	96,43%
Tempo de soldadura	4	3,57%	100,00%

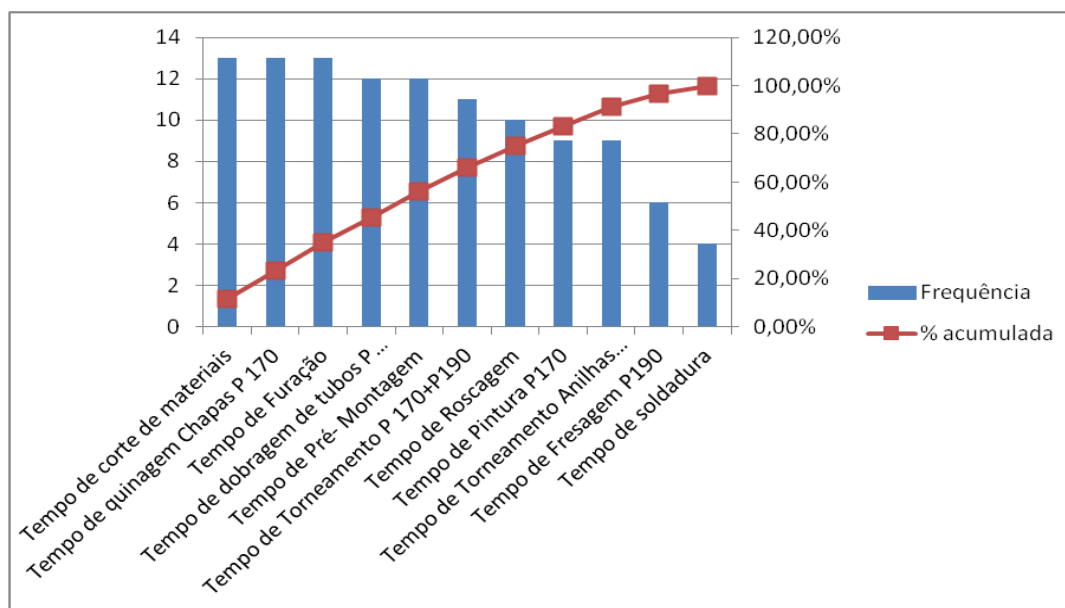


Figura 51:Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de fabrico

Processo de Movimentação interna de peças

Tabela 38: Caracterização do desvio do processo movimentação interna de peças

ETAPA	Frequência	%	% Acumulada
Tempo de descarga M.P.	13	34,21%	34,21%
Tempo de Movimentação/ Armazenamento Paletes	13	34,21%	68,42%
Tempo entre operações	12	31,58%	100,00%

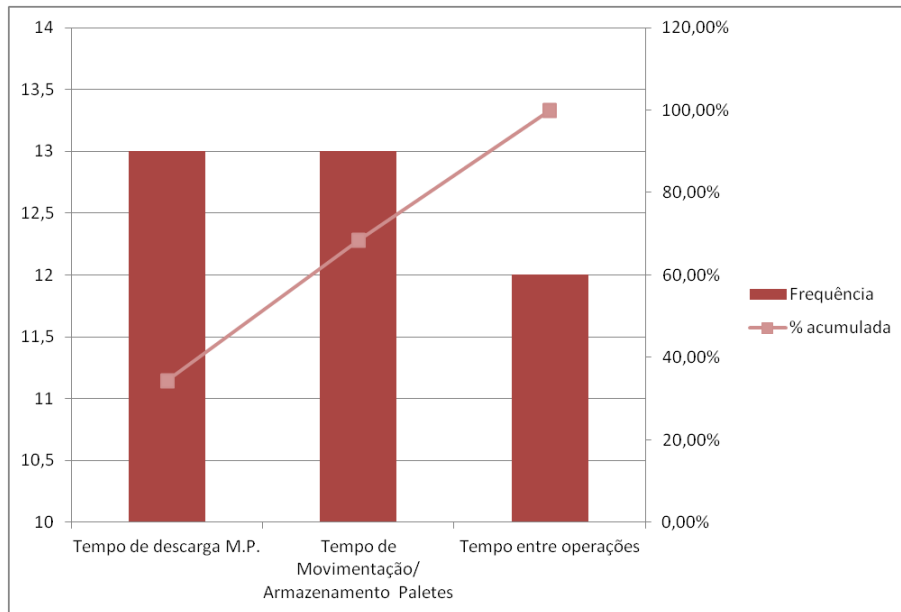


Figura 52: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de movimentação interna de peças

Processo de limpeza de peças

Tabela 39: Caracterização do desvio do processo de limpeza das peças

ETAPA	Frequência	%	% Acumulada
Tempo de Limpeza antes da Galvanização	13	50,00%	50,00%
Tempo Limpeza depois da Galvanização	13	50,00%	100,00%

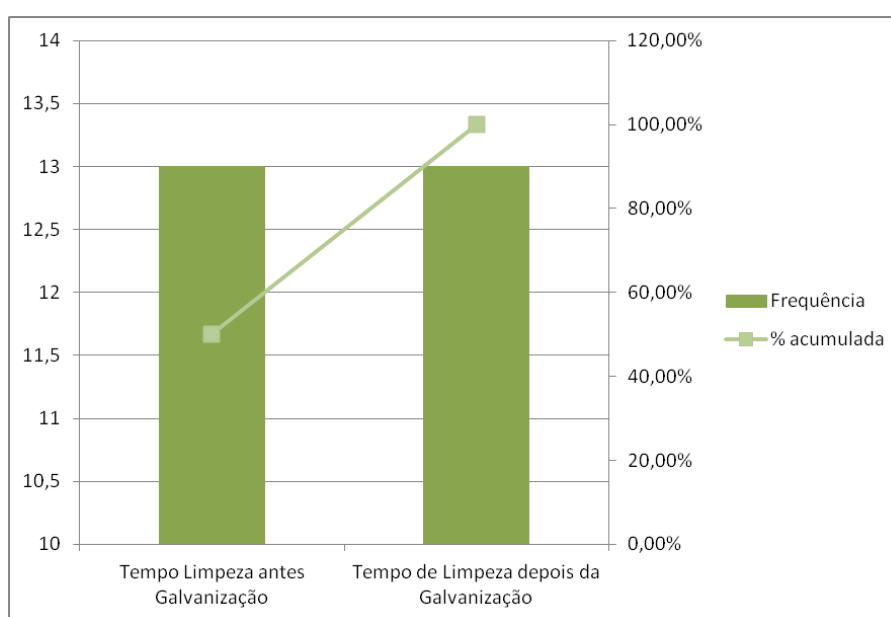


Figura 53: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo limpeza de peças

Processo de Montagem de componentes auxiliares

Tabela 40: Caracterização do desvio do processo de montagem de componentes auxiliares

ETAPA	Frequência	%	% Acumulada
Montagem de Elementos ligação (Parafusos+f+a)	13	33,33%	33,33%
Montagem de Elementos em Policarbonato	13	33,33%	66,67%
Montagem de escovas P40 e P 50	13	33,33%	100,00%
Montagem de Borrachas P90+P100	0	0,00%	100,00%

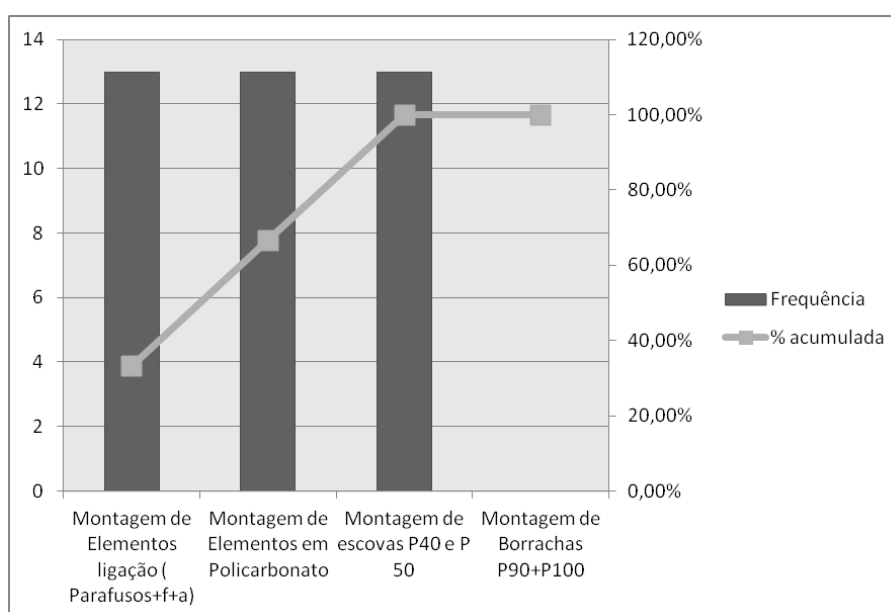
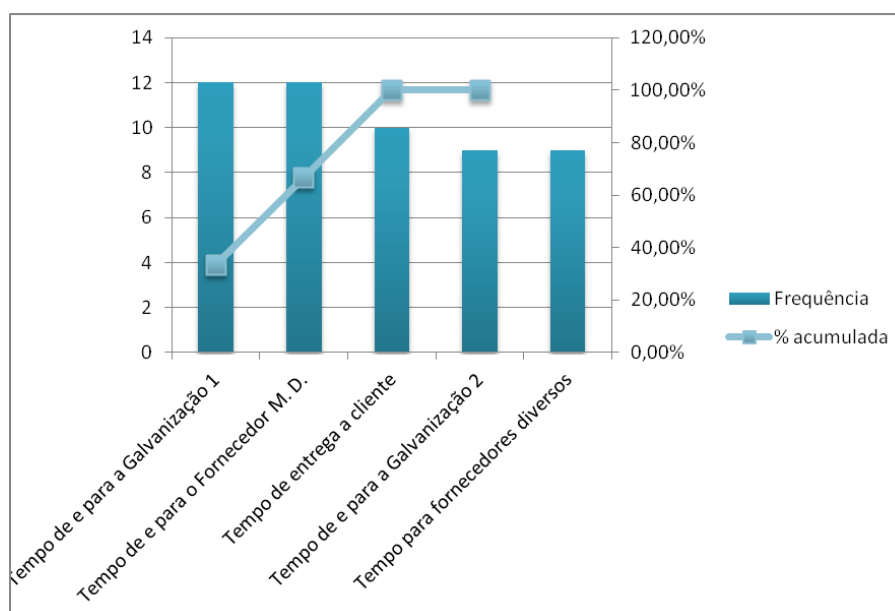


Figura 54: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de montagem de componentes auxiliares

Processo de transportes.**Tabela 41: Caracterização do desvio do processo de transportes**

ETAPA	Frequência	%	% Acumulada
Tempo de e para a Galvanização 1	12	23,08%	23,08%
Tempo de e para o Fornecedor M.D.	12	23,08%	46,15%
Tempo de entrega a cliente	10	19,23%	65,38%
Tempo de e para a Galvanização 2	9	17,31%	82,69%
Tempo para fornecedores diversos	9	17,31%	100,00%

**Figura 55: Diagrama de Pareto ilustrativo das causas do processo de transportes**

Após a apresentação e registo dos resultados obtidos para cada processo de produção podemos chegar à conclusão de quais os processos a que devemos dar especial atenção.

Inicialmente fez-se uma avaliação em termos de desvio de tempos e aqui os processos de movimentação interna de peças, limpeza de peças, montagem de componentes auxiliares e o de transportes eram os que mais desvios possuíam (tabela 35). No entanto, a sua influência no total de desvio não era a maior, o que obrigou a analisar sobre o ponto de vista da influência. Neste ponto encontraram-se os processos de fabrico, movimentação de peças, limpeza de peças e montagem de componentes auxiliares, que juntos representam 88,45% de influência nos desvios de horas de produção e onde estão os grandes consumidores de tempos (tabela 36 e figura 50).

Com estas medições fica-se desde já com uma ideia de quais são as etapas de cada processo de produção que deverão ser alvo de atenção e análise especial.

3.3.3 Fase Análise (Analyse)

Para saber como atuar sobre o processo era em primeira medida necessário conhecê-lo de forma detalhada.

Elaborou-se um mapa detalhado do processo após uma comprovação no local do fluxograma de fabrico.

No seguimento da análise detalhada do mapa de processo, pede-se à equipa para associar a cada fase do processo de fabrico o tipo de problemas que possam ocorrer.

3.3.3.1 Mapeamento dos processos e determinação de tempos excessivos

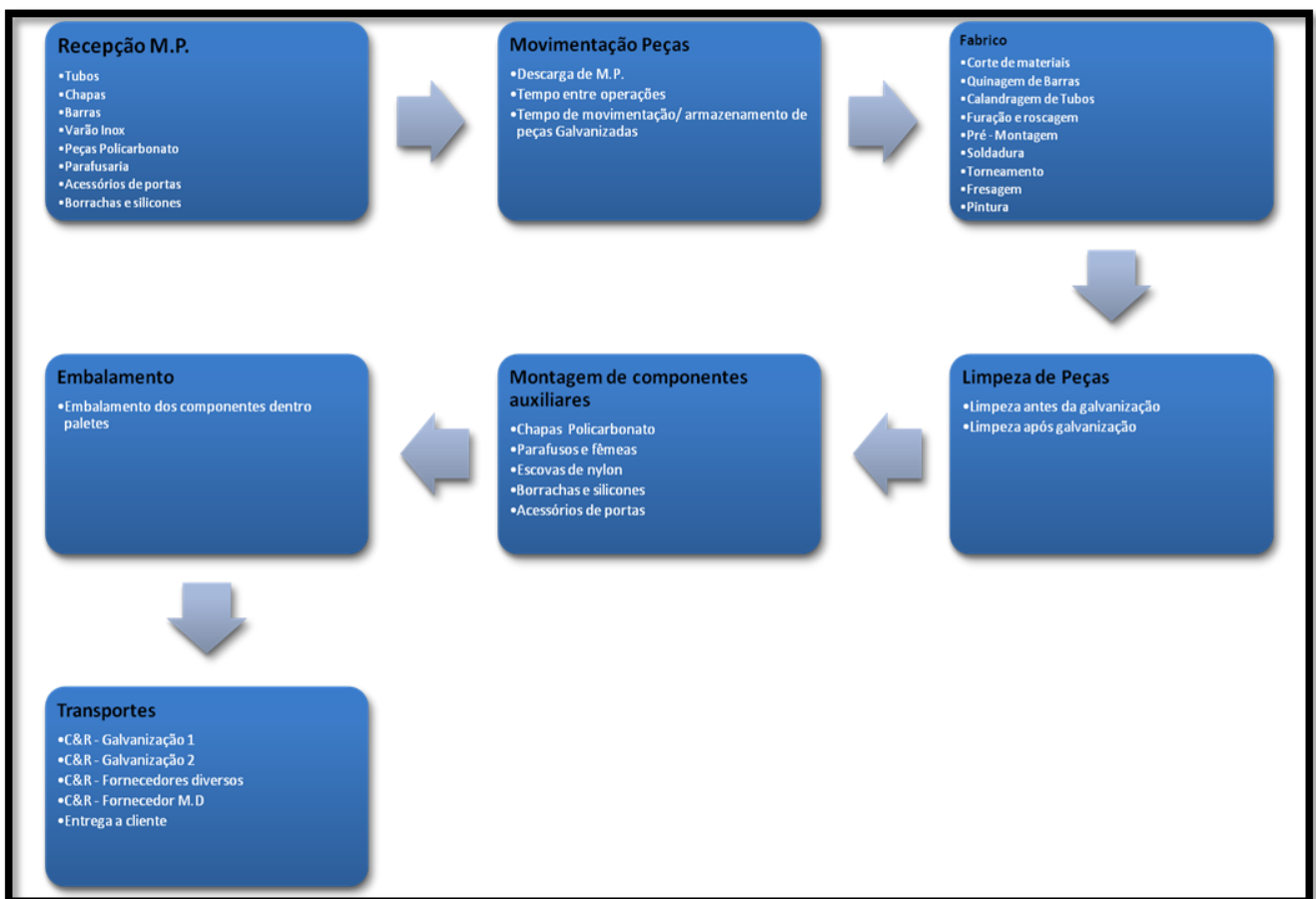




Figura 56: Mapeamento do processo

Etapa do processo	Desvio de tempo		
	Horas / Minutos	Potencial Projeto de melhoria	Nº de colaboradores envolvidos

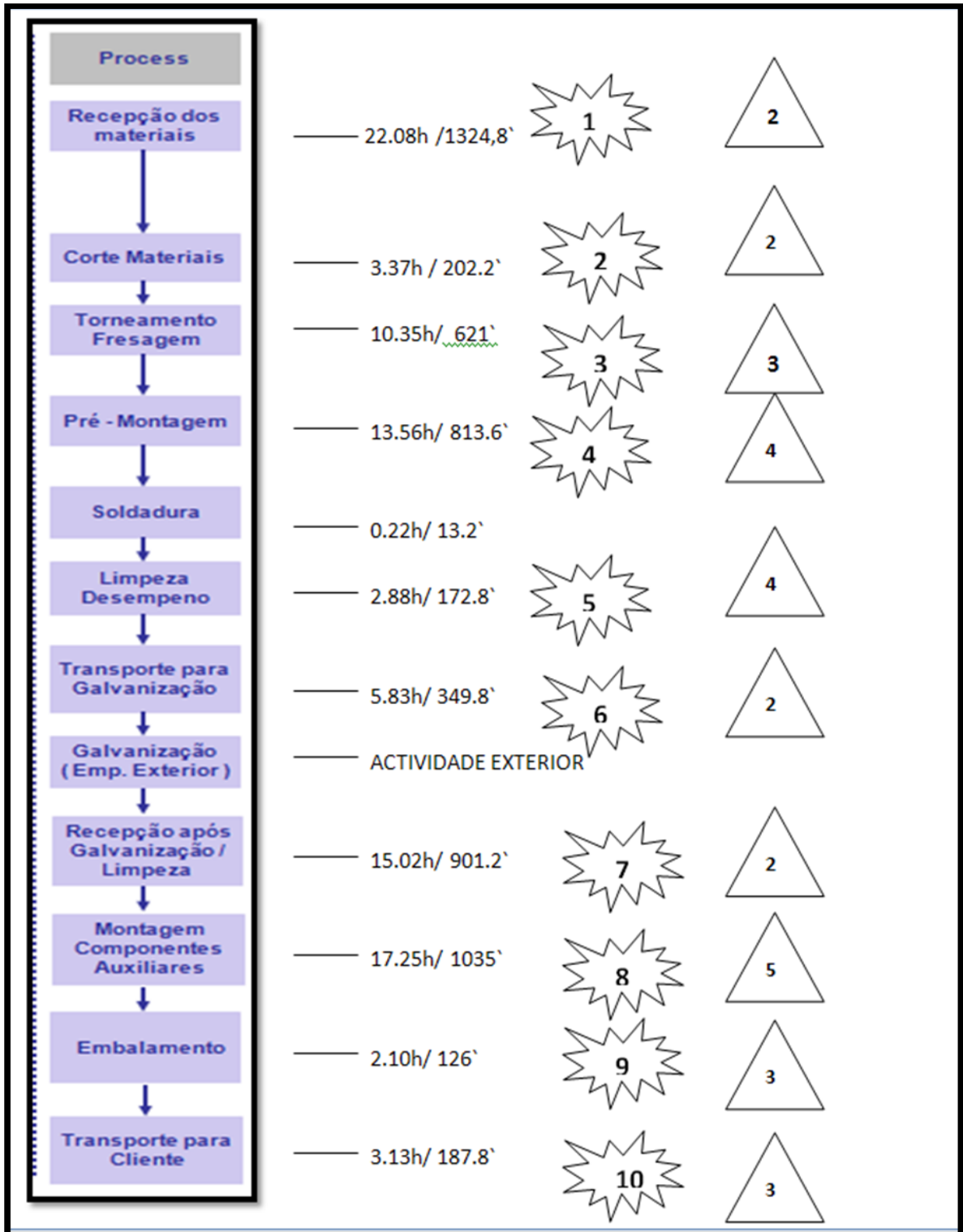


Figura 57: Mapeamento do processo (VSM)

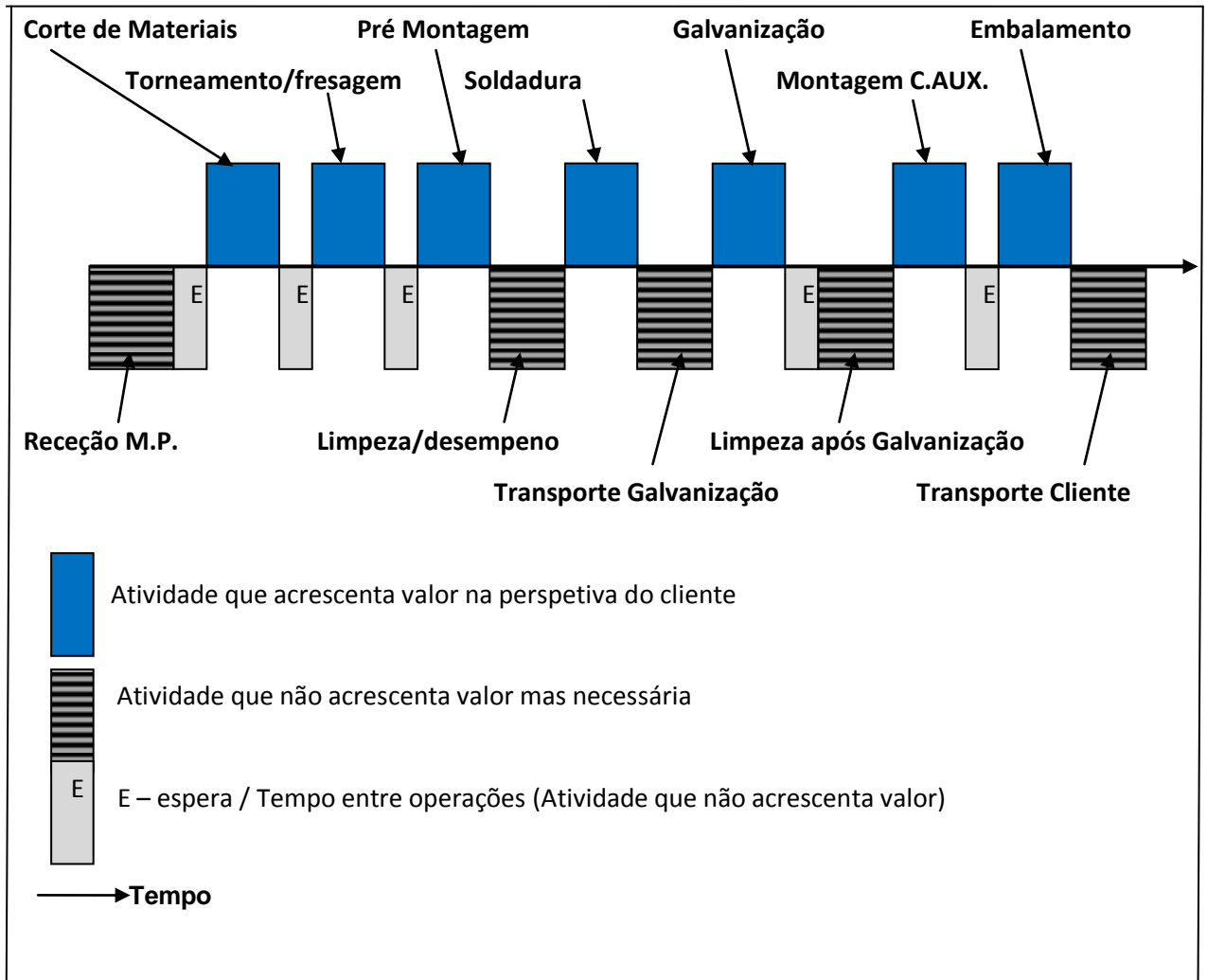


Figura 58: Time Value Map

Perante a figura 57 (VSM) fica-se com a ideia de quais os processos onde existem desvios significativos e onde de deve trabalhar para melhorar o desempenho deste processo.

A figura 58 dá-nos graficamente a ideia de quais as atividades que acrescentam valor sobre a perspetiva do cliente, quais as que não acrescentam valor mas que são necessárias, e também as que não acrescentam valor e devem ser eliminadas ou diminuídas.

3.3.3.2 Aplicação do diagrama de Espinha de Peixe a todos os processos

Neste ponto o método de apuramento de causas é igual ao usado no Projeto1.

3.3.4 Fase Melhoria (Improve)

3.3.4.1 Apresentação de soluções para cada problema observado.

Neste ponto as soluções são iguais ao usado no Projeto1.

3.3.5 Fase Controlo (Control)

3.3.5.1 Apresentação do sistema de controlo de processo e ações implementadas

Uma vez introduzidas as melhorias nos processos, é importante proceder ao controlo do processo e avaliar a estabilidade das soluções encontradas e o impacto financeiro das melhorias introduzidas. Na tabela 42 apresentam-se os resultados gerais do projeto.

Tabela 42: Evolução dos resultados

Nº OBRA	QT	tempo estimado	tempo realizado	Δ	horas un	Valor obra	Resultado obra	Nº Colaboradores	Diferença horas fabrico %	Resultado obra %		
2115/11	1	600	729,25	129,3	729,3			17	21,54%	-9,75%		
2016/12	1	600	659,5	59,5	659,5			18	9,92%	-7,62%		
2038/12	1	600	658	58	658			18	9,67%	-7,82%		
2048/12	1	600	708,5	108,5	708,5			19	18,08%	-7,03%		
2049/12	1	600	710,25	110,3	710,3			19	18,38%	-6,97%		
2083/12	1	600	683	83	683			21	13,83%	-9,04%		
2100/12	1	600	688,75	88,75	688,8			18	14,79%	-10,11%		
2117/12	1	600	742	142	742			20	23,67%	-12,34%		
2139/12	1	600	716,5	116,5	716,5			18	19,42%	-7,93%		
2140/12	1	600	716	116	716			19	19,33%	-7,67%		
2154/12	1	600	713,5	113,5	713,5			17	18,92%	-9,46%		
2172/12	1	600	650,25	50,25	650,3			20	8,38%	-5,94%		
2003/13	1	600	669,5	69,5	669,5			18	11,58%	-7,29%		
2028/13	1	600	555	-45	555			17	-7,50%	-5,16%	Após alterações / Melhorias	
2029/13	1	600	568,25	-31,8	568,3			19	-5,29%	-6,82%		
2050/13	1	600	459,5	-141	459,5			16	-23,42%	-0,68%		
2084/13	1	600	583	-17	583			14	-2,83%	-5,38%		
2102/13	1	600	542,75	-57,3	542,8			22	-9,54%	-5,96%		
2103/13	1	600	518,75	-81,3	518,8			18	-13,54%	-6,21%		
2150/13	1	600	511,5	-88,5	511,5			17	-14,75%	-1,83%		
2178/13	1	600	556,5	-43,5	556,5			21	-7,25%	-0,75%		
Médias ANTES PROJ				95,77	695,77			18,62	15,96%	-8,38%		
Médias DEPOIS PROJ				-63,09	536,91			18,00	-10,52%	-4,10%		

Tabela 43: Dados iniciais

Na tabela 43 vemos os dados dos tempos de fabrico de uma construção, onde se destacam as 695.77 horas de fabrico/ un e a diferença entre máximo e mínimo de 91.75h.

Nº OBRA	T.E	T.R.		
2115/11	600	729,25	DIF. MAX-MIN	91,75
2016/12	600	659,5	Média	695,77
2038/12	600	658		
2048/12	600	708,5		
2049/12	600	710,25		
2083/12	600	683		
2100/12	600	688,75		
2117/12	600	742		
2139/12	600	716,5		
2140/12	600	716		
2154/12	600	713,5		
2172/12	600	650,25		
2003/13	600	669,5		

Na tabela 44 vemos os dados dos tempos de fabrico de uma construção após as melhorais introduzidas, onde se destacam as 536,91 horas de fabrico/un e a diferença entre máximo e mínimo de 123.5h.

Tabela 44: Dados finais

Nº OBRA	T.E	T.R.		
2028/13	600	555	DIF. MAX-MIN	123,5
2029/13	600	568,25	Média	536,91
2050/13	600	459,5		
2084/13	600	583		
2102/13	600	542,75		
2103/13	600	518,75		
2150/13	600	511,5		
2178/13	600	556,5		



Figura 59: Gráfico com o histórico de fabrico Inicial



Figura 60: Gráfico com o histórico de fabrico atual

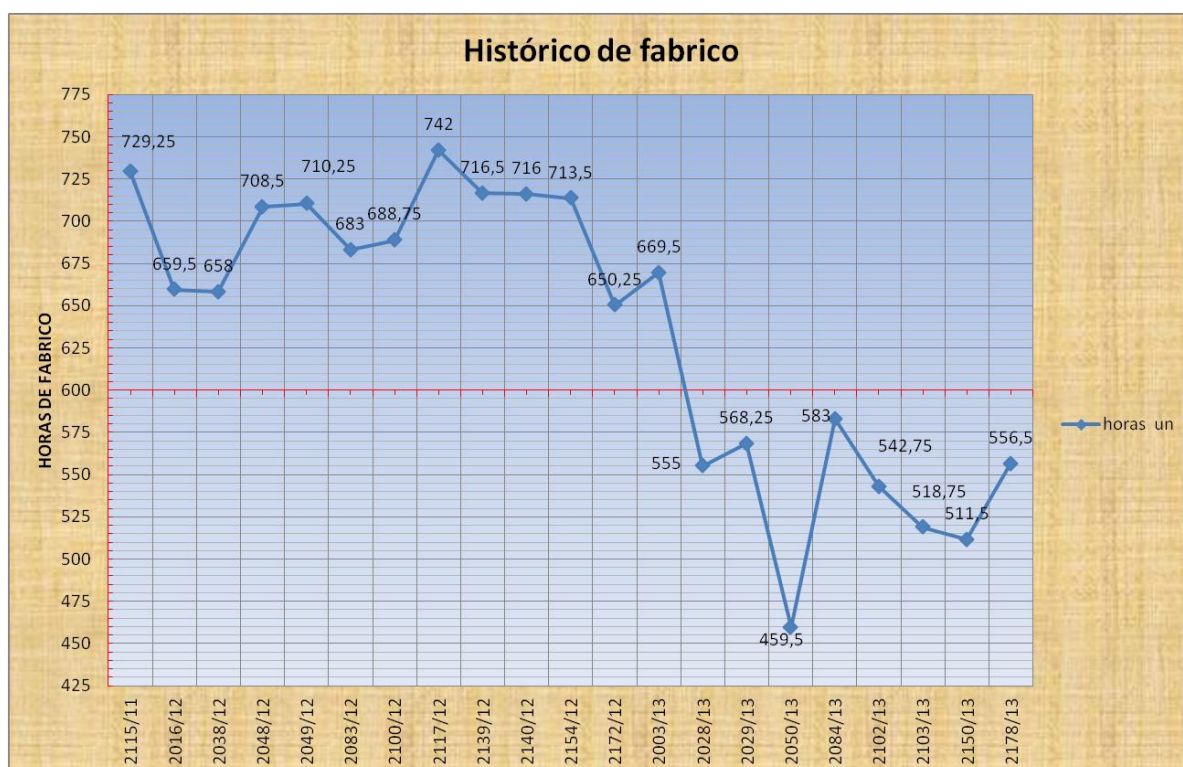


Figura 61: Gráfico com histórico de fabrico durante o projeto

Na figura 61 vemos os dados dos tempos unitários de fabrico desde que se iniciou o processo de observação e análise até ao fim do projeto. De acordo com estes 3 últimos gráficos podemos ver que houve evolução nos tempos de fabrico havendo melhorias na ordem de 22,83 % nos tempos de fabrico unitários.

3.3.5.2 Avaliação do impacto do projeto na empresa.

Inicialmente estimou-se para o objetivo do projeto uma redução de custos de 17.956,68 € e melhoramento dos tempos de fabrico unitários em 13,76%. No entanto e reportando-nos à tabela 45, verifica-se que se conseguirá atingir na plenitude as melhorias previstas e até melhorar o resultado para 22,83%

À data da conclusão do projeto as melhorias alcançadas foram melhorias na ordem dos 10,52 % com um impacto de 6.309,38 € em relação ao valor orçamentado (ver tabela 42).

Se todos os pressupostos se mantiverem, a redução de custos para um ano e com as quantidades previstas é de 29.786,25 €.

Tabela 45: Dados finais de melhorias

	QT Produzida	Horas trabalho un	Horas trabalho totais	€	Ganho €	Ganho %
Cenário Inicial	15	695,77	10436,55	130.456,88 €		Horas
Cenário Orçamento	15	600	9000	112.500,00 €	17.956,88 €	13,76%
Cenário Após Melhorias	15	536,91	8053,65	100.670,63 €	29.786,25 €	22,83%

4 Resumos globais e comentários

Neste capítulo conclui-se o presente projeto, analisando os resultados obtidos, realizando comentários relativos ao trabalho, e oportunidades para trabalhos futuros.

4.1 Resultados obtidos

Recorrendo à filosofia Lean 6 sigma, a empresa MCR, conseguiu iniciar algo mais grandioso que é a busca permanente pela melhoria contínua e pela otimização dos recursos postos à disposição para a realização da sua atividade. Verifica-se que com a realização deste projeto a empresa já leva em consideração esta filosofia de trabalho na realização de diversas obras.

O trabalho realizado tentou ser o mais simples e eficaz possível, no tempo destinado à execução do projeto, e tentou-se conseguir as melhorias com a realização de soluções também simples mas com expectativas de resultados assinaláveis.

O fio condutor neste trabalho foi sempre o método DMAIC e com este método conseguiu-se percorrer todas as fases do mesmo com respeito pelas várias definições, métodos e ferramentas associadas recorrendo à ajuda estatística.

Focámo-nos na ficha de projeto e no SIPOC para uma correta definição dos problemas.

Na fase de medição recorremos a diversas tabelas e a ferramentas tradicionais da qualidade, como o Diagrama de Pareto para priorização das ações a realizar.

Na fase seguinte usou-se a ferramenta Diagrama de causa e efeito como veículo fundamental para identificação das causas hipotéticas dos problemas e recorremos às ferramentas Lean, VSM e TVM para identificar e quantificar melhor as perdas no processo.

Ainda nesta fase conseguimos identificar todas as causas potenciais para todos os processos (ver tabela nº 19).

Fez-se um diagrama de Pareto de causas potenciais para identificar as áreas prioritárias a trabalhar (figura 40).

Na fase de Melhoria, apresentaram-se as soluções e produziu-se a tabela nº26.

Em seguida na fase Controlo, fez-se uma carta de controlo simples para identificar o andamento dos resultados e verificação do estado de controlo do processo (figuras 42 e 43).

A um nível ainda mais operacional (terreno), suportamo-nos nas ferramentas Lean que são bastante mais úteis e funcionais neste campo do que somente o 6 sigma; usou-se em especial o 5S, visto ter resultados muito interessantes e rápidos.

As outras ferramentas como o trabalho padronizado, Kaizen e Poka-yoke são normalmente usadas de uma maneira prática e informal, visto serem muito fáceis de implementar pelos próprios colaboradores no seu posto de trabalho; importa, no entanto, fazer uma breve referência visto serem boas práticas de trabalho já usadas de maneira informal.

Na fase inicial do projeto de trabalho não estava previsto estudar um segundo projeto, mas, como as soluções encontradas eram comuns a várias obras atualmente produzidas na empresa,

decidiu-se, e bem, alargar ao projeto 2 "Peças Ger" com resultados ainda mais satisfatórios do que o projeto inicial e com um retorno financeiro interessante.

Infelizmente, a empresa vive com condicionantes que nem sempre possibilitaram o cumprimento integral do plano inicialmente traçado para a resolução de problemas. Mesmo assim com alguns contratempos os projetos desenvolvidos permitiram a obtenção de francas melhorias nos resultados dos dois tipos de obras.

Em relação ao projeto 1, e reportando aos resultados obtidos na tabela 30, verificou-se uma melhoria de tempos na ordem dos 16,26% com um impacto durante o tempo de execução do projeto de 2.446,88 €.

Em relação ao projeto 2, e reportando aos resultados obtidos na tabelas 42 e 45, verificou-se uma melhoria de tempos na ordem dos 10,52 % com um impacto durante o tempo de execução do projeto de 6.309,38 € em relação ao valor orçamentado.

Basicamente as melhorias introduzidas para a diminuição de desperdícios envolveram a racionalização dos recursos e uma melhoria da maneira de trabalhar, apoiando-nos na eliminação dos desperdícios da filosofia Lean.

Por decisão do grupo de trabalho, e em particular por parte da administração, decidiu-se não fazer investimentos avultados nas melhorias, implementando-se apenas as de cariz organizativo sem necessidade de grandes recursos financeiros.

As grandes medidas implementadas foram as seguintes:

1. Limpeza e organização dos espaços.
2. Identificação correta dos produtos em curso.
3. Eliminação de etapas intermédias desnecessárias.
4. Eliminação de movimentações desnecessárias de pessoas.
5. Eliminação de movimentações desnecessárias de equipamentos.
6. Eliminação de movimentações desnecessárias de materiais.
7. Criação de bancadas de apoio à produção.
8. Criação de expositores de apoio a pequenas peças em curso.
9. Criação de novas ferramentas de produção.
10. Criação de carrinhos de apoio para armazenamento de componentes auxiliares.
11. Racionalização dos transportes para fornecedores e clientes.

Outro fator determinante foi a marcação do chão da fábrica com a criação de corredores entre vários pontos da empresa, o que por si só acabou por delimitar naturalmente os diversos espaços, favorecendo a organização e delimitação de espaços.

Aproveitou-se este projeto para melhorias no layout fabril com a eliminação de bancadas de trabalho inúteis; arrumaram-se as diversas secções e cada colaborador foi envolvido na execução destas tarefas, coresponsabilizando-os para o sucesso destes programas.

Fora do âmbito deste trabalho, mas como consequência desta nova abordagem na empresa, temos de referir a implementação de 5S nos escritórios, com medidas de limpeza e arrumação de secretárias de cada colaborador, melhoramento dos arquivos comuns e eliminação de documentação obsoleta, bem como eliminação do sistema de compras com requisições em papel. Estas passaram a ser feitas de maneira padronizada, informaticamente e em rede, melhorando os tempos de execução das mesmas, permitindo a partilha desta informação para os diversos utilizadores, logo resultando num aumento de produtividade também neste setor.

No final deste trabalho conseguiu-se uma melhor organização dos processos produtivos, dos fluxos de materiais e operações, e uma melhoria na organização. As mudanças a nível de layout permitem uma maior organização, as deslocações tornam-se menos extensas e o controlo de obras torna-se mais eficiente. As melhorias nos postos de trabalho e nos processos da produção realizaram-se com recurso a práticas 5S, que permitiram organizar, padronizar e disciplinar as zonas intervencionadas. Com a aplicação desta ferramenta identificaram-se e eliminaram-se muitos desperdícios existentes.

4.2 Comentários e perspectivas de trabalhos futuros

Uma das grandes dificuldades encontradas foi a resistência à mudança por parte de alguns colaboradores de empresa, pouco depois de terem sido iniciados os trabalhos, mas ao longo do tempo, os principais intervenientes foram-se apercebendo da mais-valia da introdução de melhorias na empresa e iniciaram a sua colaboração positiva.

Todos nós temos formas de trabalhar diferentes, e estas alterações por mais pequenas que sejam aliadas à revisão dos métodos de trabalho geram sempre uma certa desconfiança e incerteza.

Torna-se então importante alargar e divulgar a informação sobre as alterações a realizar com o intuito de clarificar o processo e os seus objetivos e fazer ver que os grandes problemas estão nos processos e métodos de trabalho e uma pequena parte é que está centrada nos colaboradores.

Por conseguinte, é imprescindível para o futuro realizar formações a todos os colaboradores nas áreas de 5S e acima de tudo em *Lean 6 Sigma*.

Ocorre a necessidade de alargar as práticas 5S a toda a empresa, eliminando desperdícios e procurando a melhoria de desempenho de todos os colaboradores.

Este trabalho permitiu-nos entender a dificuldade que é a adoção de uma nova metodologia de trabalho numa PME que não estava inicialmente preparada para o fazer. Permitiu-nos ainda entender que não se consegue implementar com facilidade um programa 6 sigma sozinho. No entanto, aliando este ao *Lean*, e às suas ferramentas de mais fácil aplicação no terreno, conseguem-se resultados mais satisfatórios e conseguimos perceber que juntos contribuem para a melhoria de processos de produção, para a eliminação de atividades sem valor acrescentado para a empresa, e que no fim se conseguem ganhos financeiros assinaláveis.

Por fim, a elaboração deste projeto permitiu-nos estudar, compreender e aplicar os princípios e as ferramentas da filosofia *Lean 6 Sigma*, e também um grande enriquecimento a nível de processos

e dos fluxos produtivos, e sobretudo permitiu-nos enquadrar a qualidade e suas ferramentas ao serviço da empresa.

Para o futuro desejamos que as ações que ainda não foram implementadas e outras que se encontram em fase de acabamento sejam concluídas.

Neste ponto destacamos que se deve prosseguir com o registo dos resultados para avaliação de como os projetos se mantêm ao longo dos tempos; continuar com a construção de cartas de controlo da qualidade, logo que existam mais dados, para visualização de forma mais fácil do que se passa; e, em último, manter as equipas de trabalho em funcionamento para manter o espírito de melhoria continua.

Desejamos também que a perspetiva de implementação de um programa ERP avance nos próximos tempos para assim também se evoluir no controlo de gestão e no apoio à tomada de decisões.

Como nota final esperamos que este trabalho seja um ponto de partida para a criação na empresa de uma cultura de trabalho em equipa e com um pensamento de vitória em relação aos desafios vindouros. Bem como esperamos que sirva de motivação para atingir níveis de produção elevados que consigam mesmo superar as expetativas dos clientes.

5 Referências Bibliográficas

- AEPortugal. (2004). *Controlo estatístico do processo*. Obtido de <http://www.aeportugal.pt/>.
- Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6, pp. 20-27.
- Brook, Q. (2006). *Six Sigma and Minitab: a complete toolbox guide for all Six Sigma practitioners* (2nd ed.). East Molesey: QSB Consulting Ltd.
- Daychoum, M. (2007). *40 ferramentas e técnicas de gerenciamento*. Rio de Janeiro: Brasport.
- Dennis, P. (2007). *Produção Lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo* (2ª ed.). São Paulo: Bookman.
- Ericsson. (2005). *About Ericsson*. Obtido em 5 de Outubro de 2005, de <http://www.ericsson.com/about/>.
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. Boca Raton: St. Lucie Press.
- Furterer, S. L. (2009). *Lean Six Sigma in service: applications and case studies*. Boca Raton: CRC Press.
- Indústria Hoje (2013). *O que é o Diagrama de Ishikawa?*. Obtido de <http://www.industriahoje.com.br/diagrama-ishikawa>.
- Hoerl, R. W. (1998). Six Sigma and the future of the quality profession. *IEEE Engineering Management Review, Fall*, pp. 87-94.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, pp. 420-437.
- Kumaravadivel, A., & Natarajan, U. (2011). Empirical study on employee job satisfaction upon implementing six sigma DMAIC methodology in Indian foundry - A case study. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3, No. 4, 164-184.
- Junior, J. M., Ferreira, U., Delamaro, M., Campos, A., Martins, F., Salomon, V., . . . Rocha, H. (2012). *Administração de produção*. Curitiba: IESDE.
- Knowles, G. (2011). *Six Sigma*. Graeme Knowles & Ventus Publishing Aps. Obtido de <http://bookboon.com/en/six-sigma-ebook>
- Lean Sigma Institute. (2004). *Service Lean 6-Sigma DMAIC*. Obtido de http://www.leansigmainstitute.com/leansigma/dmaic_servicleansigma.shtml.
- Liker, J. K. (2007). *O modelo Toyota: manual de aplicação*. Porto Alegre: Bookman.
- Liker, J., & Meier, D. (2007). *The Toyota way fieldbook*. New York: McGraw-Hill.
- Lucinda, M. A. (2010). *Qualidade: fundamentos e práticas para cursos de graduação*. Rio de Janeiro: Brasport.
- McCarthy, T., Daniels, L., Bremer, M., & Gupta, P. (2005). *The Six Sigma Black Belt handbook*. New York: McGraw-Hill.

- Melton, T. (junho de 2005). The benefits of Lean Manufacturing: what Lean Thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83 (A6), pp. 662-673.
- Morgan, J. M., & Liker, J. (2006). *The Toyota product development system: integrating people, process, and technology*. New York: Productivity Press.
- Novak, S. (2006). *A guide to selecting the techniques and systems to help you win*. Boca Raton: Auerbach Publications.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2001). *Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho* (1 ed.). Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Schon, K. (2006). Implementing Six Sigma in a non-American culture. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2, pp. 404-428.
- SKF. (s.d.). *About SKF*. Obtido em 31 de Agosto de 2005, de <http://www.skf.com/portal/skf/home/about/>
- Tushbar, N. D., & Shrivastava, R. (2008). Six Sigma - a new direction to quality and productivity management. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science* (pp. 22-24). San Francisco, USA: WCECS.
- Volvo Cars. (2005). *Corporate Information*. Obtido em 5 de Outubro de 2005, de <http://www.volvocars.com/AboutVolvo/>
- Werkema, M. C. (2002). *Criando a Cultura Seis Sigma* (1 ed.). Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Werkema, M. C. (2006). *Lean Seis Sigma - introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Macmillan Publishing.