



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

André Filipe Pereira de Sousa Lopes

**Implementação de *Lean Manufacturing*
numa empresa de metalomecânica pesada**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Rui M. Lima

Outubro de 2016

DECLARAÇÃO

Nome: André Filipe Pereira de Sousa Lopes

Endereço eletrónico: andresousalopes23@gmail.com Telefone: 917025808

Bilhete de Identidade/Cartão do Cidadão: 14190562

Título da dissertação: Implementação de *Lean Manufacturing* numa empresa de metalomecânica pesada

Orientador: Professor Rui M. Lima

Ano de conclusão: 2016

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO (indicar, caso tal seja necessário, nº máximo de páginas, ilustrações, gráficos, etc.), APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa o culminar de mais uma etapa na formação académica. Durante a sua elaboração foram encontrados e ultrapassados diversos obstáculos que sem o apoio de determinadas pessoas não seria possível a sua conclusão.

Deste modo quero agradecer...

À minha família, nomeadamente aos meus pais, uma vez que sem eles nada disto seria possível e que sempre me transmitiram força e motivação para continuar. Uma palavra de apreço à minha irmã que sempre se demonstrou incansável e sempre me motivou durante o estágio.

À minha namorada pela paciência, disponibilidade e motivação sempre demonstradas ao longo da elaboração deste trabalho.

Um agradecimento especial ao meu orientador, o Professor Rui Lima pela disponibilidade, compreensão e apoio no decorrer de toda a investigação e na redação da dissertação.

Ao Eng. Ricardo Portela pela oportunidade de estágio na Bysteel e pelo acompanhamento durante este período.

Ao Eng. Maurício Sousa pela afabilidade, acompanhamento, apoio e ideias partilhadas durante o estágio.

A todos os membros do departamento de produção industrial pela amabilidade, amizade e pela partilha de conhecimentos importantes para a elaboração da dissertação.

De modo geral quero agradecer a todos os que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e também para a valorização profissional.

O meu sincero obrigada!

RESUMO

A presente dissertação é o resultado de um projeto individual desenvolvido em ambiente industrial, referente ao 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial e tem como tema principal a implementação de *Lean Manufacturing* numa empresa de metalomecânica pesada.

A base deste trabalho foi criada com uma revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing*, os seus princípios e ferramentas assim como indicadores de desempenho e análise ABC. Esta revisão permitiu proceder à análise e diagnóstico do sistema produtivo.

Para a realização desta análise foram utilizadas ferramentas não só *Lean* como o WID, 5S e diagrama de *Spaghetti* bem como um plano de observações e indicadores de desempenho. Esta análise permitiu identificar vários problemas no sistema produtivo tais como elevadas distâncias percorridas pelas peças, baixa taxa de utilização de mão-de-obra, elevado WIP entre os centros, elevado número de movimentação de pessoas e de transportes de matéria-prima. Outros problemas identificados foram a desorganização de matéria-prima dentro do centro de transformação de chapa e a disposição dos retalhos. Com a identificação destes problemas foram calculados alguns indicadores de desempenho como a produtividade, tempos de atravessamento, entre outros.

Finalizada esta etapa foram elaboradas propostas de melhoria respeitantes a cada centro, na organização dos armazéns, dos locais respeitantes a retalhos de chapa, gestão visual, alteração da rota de transporte de peças simples e realizada uma proposta transversal a todos os centros que passa pela delimitação do chão de fábrica em todos os setores. Também foi elaborado um novo *layout* relativo ao sistema produtivo que tem como foco a redução de transporte de produtos com maior procura, que resultam também na redução de movimentação de pessoas e como consequência na redução de custos.

A título de exemplo, com estas propostas foi possível diminuir a distância de transporte e os seus custos em mais de 50%, um ganho de espaço de cerca 30% no centro de transformação de chapa e de 70% no fosso. Foram também redimensionados novos cavaletes de modo a diminuir as queixas dos operadores devido às más condições dos existentes. Outra proposta, como o quadro visual no departamento de produção industrial, permitiu saber em tempo real qual o estadió de cada etapa na produção o que antes não acontecia.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, WID, *Layout*, WIP, Gestão Visual.

ABSTRACT

This dissertation is the result of an individual project developed in an industrial environment, in the 5th year of the Master Degree in Industrial Engineering and Management. The main objective of this project was the implementation of Lean Manufacturing in a heavy metalwork engineering company.

This project began with literature review on Lean Manufacturing, its principles and tools as well as performance indicators. After this review it was possible to define the ground base for the analysis and diagnosis of the production system.

For this analysis were used as tools not only Lean WID and 5S as well as observations and performance indicators plan. This analysis identified several problems in the production system, such as high distances traveled by simple pieces from the first processor to the second, low rate of use of hand labor, high WIP between the centers, large number of people moving and transport of raw materials. Other problems identified were the lack of organization of raw materials within the sheet metal processing center as well as the arrangement of flaps. The identification of these problems allowed to calculate some performance indicators such as productivity, throughput times, among others.

Completing this analysis, improvement proposals have been made relating to each center, such as organization of warehouses, local concerning the plate scraps, visual management, changing the simple parts of transport route and a proposal that was across all centers is the delimitation of the factory floor in all sectors. Also a new layout for the production system that is based on "Product A" since they have a higher demand, which is to reduce transport and movement of people and the effect of cost reduction was prepared.

For example, with these proposals it was possible to reduce the transport distance and its costs by more than 50%, a gain of about 30% space in the sheet metal processing center and 70% in the ditch. They were also scaled new easels to reduce the complaints of the operators due to the poor condition of existing. Another proposal, as the visual picture in the industrial production department, allowed to know in real time which stage of each stage in the production, which did not happen before

Keywords: *Lean Manufacturing*, WID, *Layout*, WIP, Visual Management.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão bibliográfica.....	5
2.1 Lean Manufacturing	5
2.1.1 Princípios Lean.....	5
2.1.2 Casa Toyota Production System.....	6
2.1.3 Sete tipos de desperdícios.....	6
2.2 Ferramentas Lean	8
2.2.1 5S.....	8
2.2.2 Waste Identification Diagram.....	10
2.2.3 Diagrama de Spaghetti	11
2.2.4 Gestão Visual	12
2.3 Análise ABC.....	13
2.4 Ergonomia	13
2.5 Indicadores de desempenho.....	14
2.5.1 Produtividade.....	14
2.5.2 Taxa de utilização de mão-de-obra.....	15
2.5.3 Tempo de atravessamento	15
2.5.4 Esforço de transporte.....	15
3. Diagnóstico e análise crítica do sistema produtivo	17
3.1 Empresa e Produtos	17
3.2 Descrição do sistema produtivo	19
3.2.1 Centro de transformação de chapa (CTC)	19

3.2.2	Centro de transformação de perfis (CTP).....	24
3.2.3	Centro de armação (CA).....	25
3.2.4	Centro de soldadura (CS)	26
3.3	Plano de observações.....	26
3.4	WID.....	29
3.5	Diagrama de Spaghetti	32
3.6	Avaliação dos postos de trabalho	33
3.7	Indicadores de desempenho.....	36
3.8	Síntese dos problemas encontrados	36
4.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	39
4.1	Organização dos armazéns de chapa e de perfis.....	40
4.2	Organização dos retalhos de chapa.....	42
4.3	Postos de trabalho.....	45
4.3.1	Cavaletes	45
4.3.2	Uniformização das bancadas de trabalho	47
4.3.3	Bebedouros de água.....	48
4.4	Delimitação e Gestão Visual dos Postos de Trabalho	48
4.4.1	Centro de Transformação de Chapa	48
4.4.2	Centro de Transformação de Perfis	52
4.4.3	Centro de Armação e Soldadura.....	52
4.5	Alteração da rota de transporte das peças simples	53
4.6	Quadro Visual.....	55
4.7	Layout Proposto	56
4.8	WID.....	57
5.	Análise e discussão de resultados.....	61
5.1	Rota de abastecimento de material	61
5.2	Layout Proposto	62
5.3	Organização CTC.....	62
5.4	Outras Propostas.....	64
5.4.1	Organização dos armazéns	64
5.4.2	Delimitações.....	65
5.4.3	Quadro Visual.....	65
5.4.4	Bebedouros.....	66
6.	Conclusão.....	67

Bibliografia.....	69
Anexo I – Plano de Corte de Chapa	71
Anexo II – Plano de Corte de Perfis.....	72
Anexo III – Desenho Técnico e Modelação do Cavalete	73
Anexo IV – Check-List 5S.....	74
Anexo V – Curva ABC Respeitante à Quantidade de Chapa.....	76
Anexo VI – Curva ABC Respeitante à Quantidade de Perfis	77
Anexo VII – Curva ABC Respeitante à Tipologia Fabricada	78
Anexo VIII – Dimensionamento Grampo	79
Anexo IX – Bancadas de Trabalho.....	80
Anexo X – Esboço de Delimitações.....	81
Anexo XI – Quadro Visual.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa do TPS – adaptado de 4LEAN (2016)	6
Figura 2 – Ilustração dos 5S – retirado de Hirano (1995)	8
Figura 3 - Simbologia WID.....	10
Figura 4 - Exemplo diagrama Spaghetti, adaptado de Womack & Jones (2003).....	11
Figura 5 - Exemplo de gestão visual (4LEAN, 2016).....	12
Figura 6 - Exemplo análise ABC (ebah, 2016)	13
Figura 7 - Obras Bysteel.....	17
Figura 8 - Exemplo de um produto produzido	18
Figura 9 - Layout sistema produtivo	19
Figura 10 - Atividades do CTC	20
Figura 11 - Disposição matéria-prima.....	21
Figura 12 - Disposição retalhos.....	21
Figura 13 - Equipamento.....	22
Figura 14 - Chapas galvanizadas e bobines de chapa.....	22
Figura 15 - Organização dos retalhos no fosso	23
Figura 16 - Disposição do armazém do CTC	23
Figura 17 - Atividades do CTP.....	24
Figura 18 - Disposição do armazém do CTP.....	25
Figura 19 - Atividades do CA	25
Figura 20 - Atividades do CS	26
Figura 21 - Resultados observação.....	28
Figura 22 – Percentagem de tempo gasto em cada atividade.....	28
Figura 23 - Custo total estimados de cada atividade	29
Figura 24 - WID CTC	30
Figura 25 - WID CTP.....	30
Figura 26 - WID CA.....	31
Figura 27 - WID CS	31
Figura 28 - WID conjunto	32
Figura 29 - Diagrama de Spaghetti.....	33
Figura 30 - Resultados auditoria 5S aos postos de trabalho.....	35
Figura 31 - Disposição proposta para organização do armazém do CTC	41
Figura 32 - Disposição do fosso	43
Figura 33 - Disposição de chapas no corredor	43
Figura 34 – Organização Fosso.....	44

Figura 35 - Exemplificação do grampo	44
Figura 36 - Dados antropométricos – Adaptado de Arezes (2014)	46
Figura 37 - Informação de medidas	46
Figura 38 - Cavaletes (Antes e depois).....	47
Figura 39 - Proposta de bancada	47
Figura 40 - Suportes para bebedouros	48
Figura 41 - Disposição layout CTC.....	49
Figura 42 - Proposta de armário chapas galvanizadas.....	49
Figura 43 - Desenrolador de bobines	50
Figura 44 - Layout proposto CTC	50
Figura 45 - Exemplo de delimitação para o CTC.....	51
Figura 46 - Exemplo de gestão visual	51
Figura 47 - Exemplo de delimitações no CTP.....	52
Figura 48 - Zona de colocação de material	53
Figura 49 - Delimitações no Posto de Trabalho	53
Figura 50 - Rota de transporte	54
Figura 51 – Proposta para a rota de transporte	54
Figura 52 - Excerto do quadro visual	55
Figura 53 - Layout proposto sistema produtivo	57
Figura 54 - WID layout proposta CTC.....	58
Figura 55 - WID layout proposta CTP	58
Figura 56 - WID layout proposta CA.....	58
Figura 57 - WID layout proposta CS.....	59
Figura 58 - WID layout proposto	59
Figura 59 - Portões com os rasgos.....	61
Figura 60 - Identificação da espessura dos retalhos	63
Figura 61 - Estado do fosso atual	64
Figura 62 - Quadro Visual de Produção	65
Figura 63 - Bebedouro (Antes e depois).....	66
Figura 64 - Plano de Corte de Chapa	71
Figura 65 - Plano Corte de Perfis	72
Figura 66 - Desenho técnico e Modelação do Cavalete	73
Figura 67 - Curva ABC quantidade de chapa comprada	76
Figura 68 - Curva ABC quantidade de perfis comprada	77
Figura 69 - Curva ABC da tipologia fabricada	78
Figura 70 - Dimensões Garra	79
Figura 71 - Bancadas dos postos de trabalho propostas	80

Figura 72 - Esboço para delimitação do chão de fábrica.....	81
Figura 73 - Quadro Visual de Produção	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos fabricados.....	18
Tabela 2 - Máquinas de corte de chapa	20
Tabela 3 - Máquinas de corte de perfis	24
Tabela 4 - Excerto do plano de observações	27
Tabela 5 - Excerto check-list.....	34
Tabela 6 - Pontos críticos identificados.....	35
Tabela 7 - Síntese dos problemas	37
Tabela 8 – Plano de ações 5W2H.....	39
Tabela 9 - Quantidade de chapa comprada.....	40
Tabela 10 - Quantidade de perfis comprada.....	42
Tabela 11 - Tonelagem total produzida.....	56
Tabela 12 - Comparação custo estimado de rota.....	61
Tabela 13 - Distâncias aos centros produtivos	62
Tabela 14 - Ganhos totais estimados com a alteração da rota.....	62
Tabela 15 - Espaço ganho estimado no CTC	63
Tabela 16 - Espaço ganho estimado no Fosso.....	63
Tabela 17 - Check-List	74

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABC – *Activity-Based-Costing*

C/O – *ChangeOver*

CA – Centro de Armação

CS – Centro de Soldadura

CTC – Centro de Transformação de Chapa

CTP – Centro de Transformação de Perfis

DP – Distância Percorrida

DST – Domingos da Silva Teixeira

DTA – Dias de Trabalho Ano

ET – Esforço de Transporte

IEA – *International Ergonomics Association*

JIT – *Just-In-Time*

LMERT – Lesões Musculoesqueléticas Relacionadas com o Trabalho

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MTD – Minutos de Trabalho por Dia

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDC – Procura Diária do Cliente

QA – Quantidade Anual

SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

TC – Tempo de Ciclo

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt-Time*

TUMDO – Taxa de Utilização de Mão-de-obra

WID – *Waste Identification Diagram*

WIM – *Waste Identification Methodology*

WIP – *Work In Process*

ZE – Zona de Expedição

*Lista de abreviaturas das tipologias dos produtos estão presentes na Tabela 1 no capítulo 3.1.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento do tema deste projeto, que tem como finalidade melhorar a eficiência fabril utilizando ferramentas *Lean*. São também apresentados os objetivos bem como a metodologia da investigação. Por fim também será apresentada a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

A situação atual e a conjuntura económica do país direcionam as empresas para que sejam cada vez mais competitivas entre si. Para alcançar vantagem competitiva devem adotar estratégias de mudança que garantam, não só a sua sustentabilidade, como também, possibilitando que se distinga de outras pela sua qualidade e cumprimento de condições.

A implementação de um sistema produtivo *Lean* contribui para um aumento significativo da eficiência de uma empresa. Este sistema apresenta uma grande capacidade produtiva e de rápida velocidade de resposta às encomendas sem defeitos e com excelente qualidade, através de grande flexibilidade permitindo abranger uma vasta gama de produtos com um stock mínimo existente (Arbós, 2002).

O primeiro passo para aumentar a eficiência é a eliminação de todos os desperdícios ao longo do sistema produtivo.

A designação *Lean Manufacturing* foi atribuída ao *Toyota Production System* por investigadores do MIT no livro “*The Machine that changed the world*” (Womack, Roos, & Jones, 1990), e tem como base o melhor serviço ao cliente com eliminação de todos os desperdícios, isto é, eliminação de todas as atividades e funções que não acrescentem valor ao produto. A eliminação dos desperdícios permite consequentemente, alcançar um fluxo contínuo e atingir uma produção *one-by-one piece flow* (Liker, 2009). O livro “*The Machine that changed the world*” fala de um estudo que compara as práticas de produção da indústria automóvel Americana e Japonesa, onde esta última, especificamente a *Toyota Motor Company*, se destacava pelos excelentes resultados obtidos. Neste livro o sistema *Toyota* foi designado de *Lean Production* por produzir mais com menos recursos: menos espaço, stocks, materiais, entre outros (Womack, Roos, & Jones, 1990). Os desperdícios, que são atividades que não acrescentam valor do ponto de vista do cliente, podem ser eliminados e/ou reduzidos utilizando ferramentas *Lean* (Hodge, Goforth Ross, Joines, & Thoney, 2011). Exemplos destas ferramentas *Lean Manufacturing* são: *Visual Management*, 5S, otimização do *layout*, produção puxada, Kanban, entre outras.

Partindo destes pressupostos a realização da presente dissertação será realizada numa empresa de metalomecânica, a Bysteel, do grupo DST, que pretende adotar o modelo *Lean Manufacturing*, para otimizar o seu sistema produtivo e organização de armazéns. O seu objetivo principal é tornar-se mais competitiva e com maior capacidade de resposta ao mercado em que está inserida com consequente

melhor utilização dos recursos e diminuição de custos. Esta empresa de metalomecânica é orientada à construção de estruturas metálicas para a construção civil e para isso produz um vasto leque de produtos, desde vigas, pilares, escadas, etc.

Assim, o objetivo da realização deste projeto é eliminar alguns problemas sentidos no seu sistema produtivo, tendo como principais problemas identificados elevado WIP, excesso de transporte de materiais, desorganização nos armazéns e postos de trabalho e fraca gestão visual. Relativamente ao excesso de WIP e transporte de materiais será realizada uma análise ao *layout* atual e proposto um novo para que os problemas encontrados anteriormente sejam solucionados. No que diz respeito à organização do armazém de matéria-prima também se procederá à realização de um estudo na tentativa de otimizar, considerando a limitação de espaço. Em relação à gestão visual e à organização dos postos de trabalho irá ser aplicada a ferramenta *Lean 5S* para a organização de bancadas e melhorar a gestão visual.

Posto isto, a motivação para este projeto passa por procurar metodologias que ajudem a solucionar os problemas identificados, permitindo que a empresa se torne ainda mais competitiva, adquirindo vantagem quanto à concorrência direta e também incutir o espírito de melhoria contínua a todos os colaboradores da empresa. Uma outra motivação deste trabalho passa pela contribuição para o desenvolvimento de mais trabalhos em empresas de metalomecânica, visto que atualmente este tipo de estudo não é muito abundante e também contribuir através da aplicação de técnicas que possam visar a melhoria nas empresas, não só de metalomecânica como também em outros setores. O que diferencia este de outros trabalhos é a abrangência das ações propostas que não se limitaram apenas à organização dos centros produtivos, mas também na gestão visual e alteração da rota de abastecimento de material.

1.2 Objetivos

Os objetivos desta dissertação visam essencialmente a aplicação de princípios e ferramentas *Lean Manufacturing* com vista à diminuição dos stocks intermédios durante o fabrico (WIP), reduzir os desperdícios e aumentar a produtividade.

Para isso pretende-se atuar em todas as áreas produtivas nas seguintes dimensões:

- Organizar os armazéns de matéria-prima;
- Organizar os postos de trabalho;
- Melhorar a gestão visual;
- Estudo e análise do *layout* atual;
- Implementar medidas de desempenho.

Para cumprir estes objetivos serão usadas ferramentas *Lean*, tal como 5S, diagrama de *Spaghetti*, gestão visual, entre outras.

1.3 Metodologia de Investigação

Inicialmente este projeto parte de uma revisão bibliográfica. Uma vez que esta é uma ferramenta indispensável para a delimitação do problema num projeto de pesquisa e para obter uma ideia precisa sobre o estado atual dos conhecimentos sobre um tema, sobre as suas lacunas e sobre a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento (Lakatos & Marconi, 2010).

Nesta revisão serão abordados temas sobre princípios e ferramentas *Lean Manufacturing*, como 5S e gestão visual. Com esta pesquisa, a informação reunida será analisada e sintetizada na revisão crítica da literatura.

A revisão crítica de literatura contextualizará a investigação pela discussão crítica e referenciação de trabalho já realizado, resumindo pontos-chave e apresentando-os com argumentos lógicos e destacando as áreas onde fornecerá novos contributos (Romero, 2015).

Para o desenvolvimento deste projeto a metodologia mais indicada é a Investigação-Ação (*Action Research*), desenvolvida por Kurt Lewin (1946), onde o investigador está envolvido, não apenas os trabalhadores. Esta abordagem metodológica (O'Brien, 1998) é definida como sendo uma investigação ativa onde ocorre o envolvimento de todas as pessoas relacionadas com o projeto (diretores, técnicos, encarregados, trabalhadores).

Na etapa de diagnóstico há uma recolha de informação sobre o estado atual do sistema produtivo, armazém e postos de trabalho, para alcançar as primeiras conclusões e identificar desperdícios. Esta recolha consiste no levantamento de dados sobre possíveis problemas no sistema produtivo, observação de práticas que são habituais nos trabalhadores e aptidões necessárias para cada posto de trabalho.

De seguida o planeamento de ações tem como objetivo encontrar alternativas para melhorar e solucionar problemas encontrados na etapa de diagnóstico pelo que nesta secção irão ser apresentadas uma ou várias propostas de ação com a aplicação de ferramentas *Lean*.

Posteriormente na etapa de implementação de ações, como o nome sugere, implementam-se as ferramentas sugeridas na fase anterior. Nesta etapa pretende-se que as propostas planeadas incidam sobre os processos, para podermos constatar de que forma, positiva ou negativamente nos ajudam a resolver os problemas encontrados inicialmente.

Após a implementação é tempo de avaliar os resultados obtidos, ou seja, retirar as ilações necessárias para concluir se as sugestões propostas foram ou não bem-sucedidas, seguindo-se de uma discussão de resultados, comparando o estado anterior com o atual.

Com o desenvolvimento da investigação, espera-se obter resultados que permitam a introdução de um processo de melhoria contínua na organização onde se realiza o estudo e potencializar a aplicabilidade da metodologia *Lean*, considerando-a como uma etapa de aprendizagem organizacional.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo podemos encontrar a introdução no qual é realizada uma referência ao enquadramento, aos objetivos e à metodologia de investigação deste trabalho.

O segundo capítulo refere-se à revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing* abordando ainda algumas das suas ferramentas, tal como 5S e WID e também os indicadores de desempenho, é ainda feita referência a outras ferramentas tal como a análise ABC, diagrama de *Spaghetti* e gestão visual.

No terceiro capítulo é realizada uma caracterização e análise do seu sistema produtivo da empresa onde se desenvolveu a dissertação. Para esta análise, recorre-se por exemplo ao diagrama WID do sistema produtivo atual, aos indicadores de desempenho e à síntese dos problemas encontrados.

No quarto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria referentes aos problemas encontrados no capítulo anterior.

O quinto capítulo dá ênfase à análise e discussão dos resultados sobre as propostas de melhoria apresentadas e implementadas.

O sexto capítulo apresenta a conclusão da dissertação e um conjunto de ideias para trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pretende-se com a revisão bibliográfica sobre *Lean Manufacturing*, tema sobre o qual o trabalho se foca, apresentar os princípios mesmo, os sete tipos de desperdício e apresentar as ferramentas que irão ser utilizadas para o processo de análise e apresentação de propostas de melhoria dos processos produtivos.

2.1 *Lean Manufacturing*

Lean Manufacturing é o nome que se dá ao *Toyota Production System* (TPS) e tem como principal objetivo a identificação e eliminação de desperdícios, ou seja, atividades que não agregam valor ao produto. O termo *Lean* foi introduzido no livro “*The machine that changed the world*” (Womack, Roos, & Jones, 1990).

O TPS teve a sua origem no início da década de 50 na empresa de indústria automóvel Toyota sendo desenvolvido por Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda. Inicialmente foi uma adaptação da produção em massa presente nos EUA mas rapidamente se tornou num sistema de produção singular com características tanto da produção em massa como da produção artesanal (Almeida, 2012).

Lean é definido como uma filosofia de produção que concentra toda a empresa na melhoria contínua ao nível da qualidade, dos custos, dos prazos de entrega e da segurança através da eliminação de desperdícios e criação de um fluxo de produção que aumenta a capacidade do sistema em corresponder aos pedidos dos clientes (Plenert, 2007).

2.1.1 Princípios *Lean*

O aperfeiçoamento dos processos pode ser realizado caso as organizações apliquem o pensamento *Lean* nos seus sistemas produtivos. Assim Womack & Jones (1996) definiram 5 princípios como sendo a base do *Lean*:

- 1) Identificar valor para o cliente: identificar atividades que geram e o que não geram valor ao produto de acordo com a perspectiva do cliente, eliminando as que não acrescentam valor;
- 2) Mapa de cadeia de valor: identificar quais as etapas necessárias para a produção de um produto, identificando todas as etapas precisas e eliminar desperdícios;
- 3) Fluxo contínuo: obter um fluxo de produção contínuo sem interrupções, sem esperas, nem stock;
- 4) Produção puxada: produzir apenas o necessário quando é pedido de acordo com a procura dos clientes;
- 5) Perseguir perfeição: produzir sempre tendo em vista a eliminação de desperdícios e identificando as causas.

2.1.2 Casa Toyota Production System

A casa do TPS (Figura 1) foi desenvolvida por Fujio Cho, com o objetivo de facilitar a aprendizagem do TPS, que assenta em boas práticas. Os dois conceitos básicos do TPS são a redução dos custos através da eliminação dos desperdícios e tratar as pessoas como seres humanos e com consideração (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977).

Os processos poderão sofrer melhoria contínua caso os pilares, telhado e alicerces forem considerados.

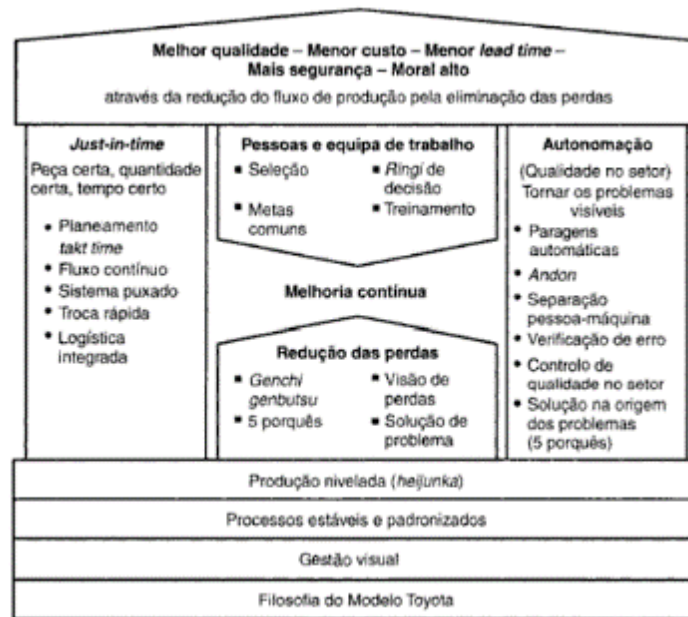


Figura 1 – Casa do TPS – adaptado de 4LEAN (2016)

Os alicerces da casa são constituídos pela produção nivelada, processos estáveis e padronizados, gestão visual e conhecimento da filosofia *Toyota*. No centro da casa encontram-se as pessoas e as equipas de trabalho bem como a redução de perdas, enquanto no telhado estão representados os objetivos do TPS. Assim, o telhado assenta em dois pilares fundamentais da filosofia TPS, o *Just-in-Time* (JIT) e o *Autonomation*.

2.1.3 Sete tipos de desperdícios

Relacionado com o *Toyota Production System*, *muda*, *mura* e *muri* são termos de origem japonesa que são considerados tipos de desperdícios encontrados numa organização.

O termo *muda* no Japão corresponde a todas as atividades que não agregam valor ao produto, ou seja, a todas as atividades que geram desperdícios. Um processo acrescenta valor quando produz um produto ou quando presta um serviço pago pelo cliente. Os desperdícios acontecem quando se gasta mais tempo do que o previsto ou se gasta mais material do que o necessário para satisfazer as especificações do cliente. Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdícios que podem existir num sistema de produção,

sendo estes: sobreprodução, transportes, stocks, defeitos, esperas, processamento incorreto ou sobre processamento e deslocações desnecessárias.

- Sobreprodução – Este desperdício corresponde à produção de artigos sem que estes tenham sido pedidos pelo cliente ou produzir mais do que o necessário. Como consequência há um aumento de stock o que origina também aumento de espaço que irá ser ocupado e aumentará assim também os custos de posse.
- Transportes – Corresponde a deslocações desnecessárias de materiais no processo de produção (transformação). Este desperdício pode ocorrer devido a uma má disposição de equipamentos ou *layout* desapropriado. Apesar do transporte ser uma componente essencial das operações, trata-se de uma atividade que não acrescenta valor e que pode inclusive resultar em danos nas peças (Imai, 2012).
- Stock – A acumulação de stock não corresponde apenas a produtos finais, mas também a matérias-primas e produtos intermédios. Os stocks ocupam espaço para o seu armazenamento e terão sempre um custo associado, para além de esconderem ineficiências do sistema produtivo.
- Defeitos – Os defeitos são facilmente identificados como bens danificados ou produtos não conformes (Benson & Kulkarni, 2011). Estes produtos consomem materiais, e podem ser posteriormente reparados ou então ser dados como sucata.
- Esperas – O desperdício das esperas ocorre quando o tempo é utilizado ineficientemente, podendo afetar produtos e trabalhadores (Hines & Rich, 1997). Estas esperas correspondem a tempos que pessoas e/ou máquinas se encontram inativas. Isto pode-se dever a fatores externos como uma avaria na máquina ou falta de abastecimento de material ao posto de trabalho.
- Processamento incorreto/sobre processamento – Este desperdício ocorre quando um artigo é sujeito a repetições de trabalho quando já não acrescentam valor, ou então é processado de maneira incorreta, ou seja, as operações de trabalho são realizadas de maneira incorreta.
- Deslocações – Este desperdício corresponde a movimentações do operador em que não acrescenta valor ao produto. A título de exemplo pode referir-se a procura de equipamentos, ferramentas ou instruções e ocorrem devido à falta de organização do local de trabalho. Este tempo de procura tem custos associados, uma vez que esse tempo não agrega valor ao produto.

Segundo (Hicks, 2007) existe um oitavo desperdício que é o não aproveitamento do potencial humano, que se baseia em opiniões/sugestões/ideias vindas dos seus trabalhadores para oportunidades de melhoria.

O termo *mura* diz respeito, por exemplo ao não balanceamento do trabalho ou de máquinas. Também consiste na variabilidade e irregularidade que ocorre no espaço fabril, como por exemplo o facto de um operador ser mais lento que outro numa determinada operação (Imai, 1997).

Já o termo *muri* corresponde à sobrecarga causada na organização, equipamentos ou pessoas como consequência de *muda* e *mura*. Esta sobrecarga pode originar um aumento de falhas nas máquinas e defeitos nos artigos.

2.2 Ferramentas *Lean*

A filosofia *Lean* fornece várias ferramentas e técnicas que podem ser utilizadas e aplicadas para reduzir/eliminar/identificar desperdícios. Nesta secção irão ser abordadas algumas técnicas e ferramentas, tais como 5S, gestão visual e WID.

2.2.1 5S

Para uma empresa ser competitiva terá de desenvolver uma organização fabril que permita obter um bom desempenho e a sua desorganização pode causar consequências negativas. A título de exemplo, trabalhadores à procura de equipamento, equipamentos não utilizados a ocupar espaço necessário ou produtos com defeito são aspetos que devem ser evitados e podem ser eliminados através desta ferramenta. É uma ferramenta que permite reduzir ou eliminar desperdícios e atividades que não acrescentam valor ao produto através da arrumação, organização e limpeza dos postos de trabalhos (Osada, 1991). Com a aplicação dos 5S conseguimos, por exemplo, ter uma maior perceção de qual o local para cada equipamento ou material e verificar o que falta. A aplicação desta ferramenta permite diminuir os tempos de deslocação de pessoas, assim como melhorar o ambiente de trabalho, entre outras. Esta metodologia consiste na implementação de cinco conceitos básicos de origem japonesa: *Seiri* (separar); *Seiton* (organizar); *Seiso* (limpar); *Seiketsu* (normalizar) e *Shitsuke* (manter) e tem impacto na produtividade, através da melhoria da organização do trabalho e dos trabalhadores. Na Figura 2 apresenta-se uma ilustração gráfica dos 5S.

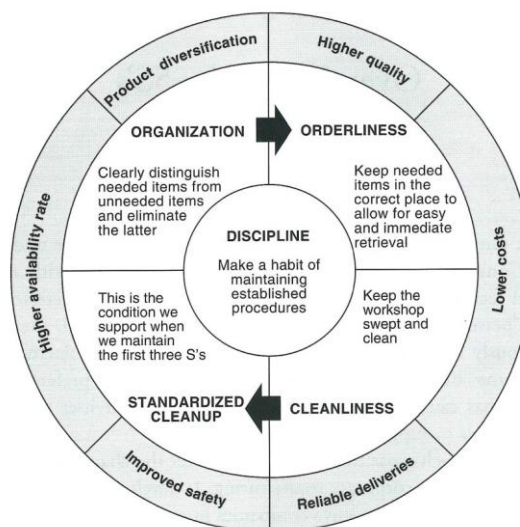


Figura 2 – Ilustração dos 5S – retirado de Hirano (1995)

De acordo com a figura anterior, os 5S baseiam-se em:

- **Sort – Separação / Selecionar**

Este primeiro passo consiste na triagem de todo o material que é ou não necessário para realizar a operação que é efetuada naquele posto de trabalho e apenas manter o material que é necessário, descartando o restante.

- **Set – Organização**

Este compreende a organização do material que o operador necessita para realizar a operação de forma fácil e intuitiva de modo a que ele encontre o que necessita de forma rápida e sem perder tempo em procurar.

- **Shine – Limpeza**

O terceiro passo pressupõe manter o posto de trabalho limpo, ou seja, não só eliminar fontes de sujidade de modo a preservar e manter limpo, mas também manter o posto organizado.

- **Standardize – Normalização**

Ao contrário dos anteriores que se baseiam na implementação, este consiste em padronizar as atividades conseguidas anteriormente de modo a uniformizar toda a organização, numa perspetiva de melhoria contínua.

- **Sustatin – Autodisciplina**

Esta última etapa só é dada como finalizada quando os trabalhadores conseguem, sem estar alguém a inspecionar, cumprir e realizar todas as etapas anteriores de forma autónoma. Este passo é o mais complicado de aplicar, uma vez que as pessoas têm uma grande resistência à mudança.

Existem vários tipos de resistência aos 5S's (Sousa R. M., 2015), que se podem ilustrar por algumas questões típicas:

- O que tem de tão especial a separação e a organização?
- Para quê limpar se vai ficar sujo outra vez?
- A separação e a organização não vão aumentar a produtividade;
- Para quê preocuparmo-nos com coisas tão triviais?
- Eu sei que isto está confuso mas nós entendemo-nos bem assim.
- Estamos muito ocupados para gastar tempo com isso.
- Não preciso que me digam o que devo fazer.
- Não precisamos de 5S's – estamos a ter lucro.

Mas também se conseguem importantes benefícios ao implementar os 5S (Sousa R. M., 2015):

- Redução dos tempos de preparação;
- Redução do número de defeitos;
- Redução de custos;
- Redução de prazos de entrega;

- Aumento da segurança;
- Redução do número de paragens;
- Redução do número de reclamações;
- Crescimento da organização.

2.2.2 Waste Identification Diagram

A descrição estruturada de um sistema produtivo não é simples e não existe uma forma simples e eficiente de a fazer. Para fazer frente a este problema surge a ferramenta *Lean Waste Identification Diagram* (WID) que foi desenvolvida na Universidade do Minho pelo departamento de Produção e Sistemas. *Waste Identification Diagram* (WID) pretende reunir numa única representação gráfica um conjunto de aspetos que as outras ferramentas, só por si, não representam:

- Processos, pessoas e fluxos de matérias;
- Indicadores de desempenho;
- Desperdícios.

O WID é a ferramenta de representação usada na *Waste Identification Methodology* (WIM) que se destina a efetuar a análise/diagnóstico de sistemas produtivos tal como descrever o sistema, identificar desperdícios e avaliar o desempenho (Carvalho & Sousa, 2013). Esta ferramenta permite-nos de modo fácil perceber se o processo é crítico ou não. Se o processo for considerado crítico, a área verde (TC) cobrirá quase na totalidade a área amarela (TT) (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011).

Esta ferramenta utiliza dois tipos de símbolos para representar o sistema produtivo, ou seja, utiliza os blocos e as setas. A dimensão destes dá-nos a informação acerca do sistema produtivo em estudo. Na figura seguinte (Figura 3) temos um exemplo dos símbolos utilizados. De forma rápida e intuitiva o diagrama pode ser facilmente interpretado e tirar várias informações. Estas podem ser sobre o seu tempo de atravessamento, tempo de ciclo (TC), quantidade de material em curso de fabrico (WIP), tempo de preparação do equipamento (C/O), etc.

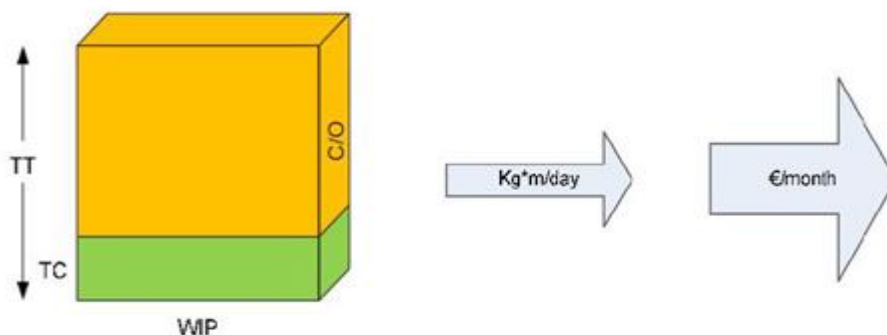


Figura 3 - Simbologia WID

Cada bloco dá-nos informação sobre cada posto de trabalho. Através da sua análise no eixo vertical, podemos tirar elações sobre o seu *Takt Time* do processo ou posto em causa, que é a sua altura total e o tempo de ciclo, que é a altura parcial representada a verde. Para calcular o TT é preciso ainda calcular a procura diária do cliente (PDC) que é dada pela seguinte fórmula:

$$PDC = \frac{QA}{DTA} \quad \text{Equação 1}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} \quad \text{Equação 2}$$

A largura do bloco representa o *Work in Progress*, ou seja, o material existente em espera ou em execução no posto em causa. A profundidade do bloco dá-nos informação sobre o tempo de *setup* do equipamento, isto é, o tempo necessário para preparar o equipamento quando se procede à mudança de artigos.

Os fluxos de materiais existentes, como os transportes entre postos ou estações de trabalho são representados pelas setas representadas na figura acima. A largura da seta corresponde ao esforço de transporte enquanto que o comprimento é sempre igual. Este esforço de transporte depende da distância a percorrer e da quantidade a transportar.

2.2.3 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta que nos ajuda a perceber qual o fluxo e movimentação de material. É usado para detalhar, através de uma representação visual, o fluxo atual e as distâncias envolvidas no processamento de um produto (Almeida, 2013). Na Figura 4 temos um exemplo de um diagrama *Spaghetti*.

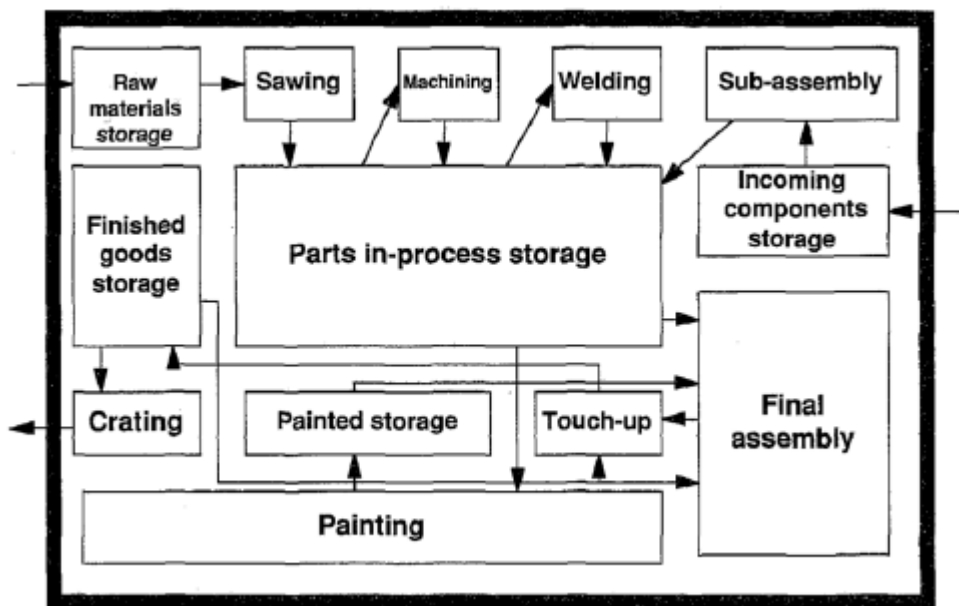


Figura 4 - Exemplo diagrama *Spaghetti*, adaptado de Womack & Jones (2003)

A sua utilização permite identificar os arranques, as paragens e as distâncias percorridas pelo objeto em análise, com resultados por vezes surpreendentes (Chalice, 2007).

Para além dos pontos referidos, este diagrama é ainda capaz de evidenciar aspetos críticos no *layout*, incluindo espaços não ocupados e obsoletos, o posicionamento inadequado de ferramentas, dispositivos e postos, e desperdícios nos movimentos dos materiais (Pietro, Mugion, & Renzi, 2013).

2.2.4 Gestão Visual

É uma ferramenta que consiste na exposição de informação de forma visível e transparente com o objetivo de apoiar os operadores nas operações que estão a desempenhar, conseguindo assim tornar o processo mais simples para os operadores com menos experiência nessa operação (Pinto, 2009). Esta ferramenta é de fácil utilização e é muito útil, uma vez que ajuda o operador, por exemplo, na procura de equipamento necessário e não perdendo tempo na procura dele, tornando o seu posto de trabalho mais organizado e intuitivo. Esta ferramenta baseia-se em dar aos operadores no chão-de-fábrica, controlo sobre o posto de trabalho através de uma clara e objetiva comunicação visual (Amorim, 2014). Um outro caso como exemplo pode ser o da identificação do local em que o operador terá que colocar o produto depois de acabado. A Figura 5 mostra um exemplo de gestão visual.



Figura 5 - Exemplo de gestão visual (4LEAN, 2016)

Segundo Carvalho D. (2015) esta ferramenta tem muitas vantagens, uma vez que permite:

- Informação clara e fácil de interpretar;
- Fácil comunicação entre equipas de trabalho;
- Permitir resposta rápida a anomalias;
- Maior autonomia dos operadores e pessoal da manutenção;
- Reduz erros;
- Muda a cultura;
- Cria um ambiente dinâmico de melhoria.

Outros exemplos de mecanismos de gestão visual são marcações de delimitação de *layout*, fluxogramas, etiquetas, etc.

2.3 Análise ABC

A análise ABC é uma ferramenta que nos permite saber quais os produtos que têm uma maior importância e/ou requerem uma maior atenção (Figura 6). Esta análise é atribuída a Pareto e é também conhecida como a curva 80-20.

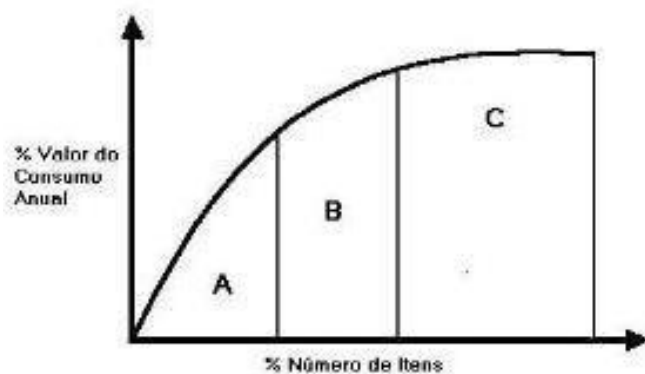


Figura 6 - Exemplo análise ABC (ebah, 2016)

Esta técnica pode ser usada para gestão de stocks, para a definição de políticas de vendas, para o planeamento da distribuição, para a programação da produção, entre outras.

Assim, segundo (Carvalho J. M., 2002) esta análise divide os produtos em 3 classes:

- Produtos A: são os produtos de maior importância e correspondem a 20% dos produtos e 80% da procura/faturação;

- Produtos B: com importância e correspondem a 30% dos produtos e 15% da procura/faturação;

- Produtos C: são os produtos com menor importância e correspondem a 50% dos produtos e a 5% da procura/faturação.

2.4 Ergonomia

A palavra ergonomia deriva do grego *ergon* que significa trabalho e *nomos* que significa leis, para designar a ciência do trabalho.

Segundo a definição do IEA (International Ergonomics Association, 2016), ergonomia é a disciplina científica relacionada com a compreensão entre seres humanos e outros elementos de um sistema e que aplica teoria, princípios, dados e métodos para otimizar o bem-estar das pessoas e do desempenho do sistema.

A ergonomia estuda todos os fatores que têm influência no desempenho do sistema produtivo, reduzindo as consequências nocivas que este pode ter no indivíduo (stress, fadiga, erros e acidentes) e proporcionando segurança e satisfação aos indivíduos, durante a realização da atividade (Iida, 1997).

O conhecimento de diversas áreas é dividido em 3 domínios pela IEA:

- Ergonomia Física – dá ênfase às características humanas anatómicas, antropométricas, fisiológicas e características biomecânicas que se relacionam com a atividade física (posturas de trabalho, lesões musculo esqueléticas relacionadas com o trabalho e layout do posto de trabalho);
- Ergonomia cognitiva – refere-se a processos mentais, tais como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora que afetam as interações entre humanos e outros elementos de um sistema (a carga de trabalho, tomadas de decisão e a interação homem-computador)
- Ergonomia organizacional – preocupa-se com a otimização dos sistemas sociotécnicos incluindo as suas estruturas organizacionais, políticas e processos (a comunicação, gestão dos recursos de equipas e conceção do trabalho).

2.5 Indicadores de desempenho

Quando é necessário tomar decisões importantes são os indicadores que dão apoio e suportam essas tomadas de decisão.

“Indicadores são elementos que medem níveis de eficiência e eficácia de uma organização, ou seja, medem o desempenho dos processos produtivos, relacionados com a satisfação dos clientes” (De Rolt, 1998).

Segundo (Amor, 2013) um indicador de desempenho representa um resultado atingido em determinado processo ou característica do produto final resultante. Refere-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinadas variáveis.

2.5.1 Produtividade

A produtividade pode ser definida como a relação entre a produção e os fatores de produção utilizados. Como produtos são considerados todos os produtos produzidos e como fatores de produção são considerados todas as máquinas, pessoas, entre outros, que são utilizados. Quanto maior for a sua relação maior será a sua produtividade.

Existem fatores externos e internos que podem afetar essa produtividade, como por exemplo, avarias nas máquinas, falta de matéria-prima, etc.

Neste caso irá ser utilizada como produto a tonelagem total produzida e como fatores de produção o número total de operadores.

$$Produtividade = \frac{Quantidade\ Anual}{Número\ de\ operadores} \quad \text{Equação 3}$$

2.5.2 Taxa de utilização de mão-de-obra

A taxa de utilização de mão-de-obra é um indicador percentual que permite saber a percentagem em que os trabalhadores acrescentam valor ao produto. Este indicador relaciona o tempo de ciclo da estação com o tempo disponível da mão-de-obra para acrescentar valor ao produto para satisfazer a sua procura.

$$TUMDO = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Takt Time}} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

2.5.3 Tempo de atravessamento

O tempo de atravessamento (*Throughput Time*) corresponde ao tempo médio que é necessário para que um artigo passe por todos os postos de trabalho, desde que entra no sistema até que sai. Este tempo de atravessamento contempla também os tempos de inspeção, movimentação e em espera.

$$\text{Tempo de Atravessamento} = \sum(\text{Tempo de ciclo} \times \text{WIP}) \quad \text{Equação 5}$$

2.5.4 Esforço de transporte

Este indicador surge como necessidade de avaliar e medir com a maior eficácia possível quais os desperdícios com os transportes. Este indicador consiste no esforço requerido para transportar os artigos de um fornecedor até um cliente.

$$\text{Esforço de Transporte} = \text{Distância percorrida} \times \text{PDC} \quad \text{Equação 6}$$

3. DIAGNÓSTICO E ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA PRODUTIVO

Neste capítulo será realizada uma breve apresentação da empresa e dos produtos que produz, assim como a descrição e análise da situação atual do sistema produtivo em causa. Em estudo estarão as duas transformações que os produtos sofrem durante o seu percurso dentro do sistema produtivo. Para isso são utilizadas as ferramentas *Lean* anteriormente apontadas tal como WID, diagrama de *Spaghetti* e 5S que permitirão identificar vários tipos de desperdícios.

3.1 Empresa e Produtos

A Bysteel, localizada em Braga, dedica-se à construção de estruturas metálicas de médio e grande porte para construção de todo o tipo de edifícios e estruturas e conta com uma área total de 50 mil metros quadrados, sendo que 12 mil são cobertos para a fabricação. Possui três unidades industriais o que permite que tenha uma capacidade de produção anual a rondar as doze mil toneladas de estruturas metálicas.

A localização das empresas constitui um fator vital para a exportação e a Bysteel encontra-se numa localização favorável, uma vez que se encontra relativamente perto do porto e do aeroporto não só do Porto, como também de Vigo.

Esta empresa encontra-se presente em cinco países distintos, além de Portugal também está presente na França, Reino Unido, Bélgica e Angola e exporta não só para estes países, mas também para Brasil, Colômbia, Venezuela, Espanha, Congo, Jamaica, entre outros.

A Bysteel é especializada na fabricação e montagem de estruturas em aço para a indústria de construção e é responsável pelo fornecimento de estruturas não só para edifícios industriais como também para edifícios de habitação e turismo, edifícios comerciais e escritórios, obras públicas e infraestruturas e reabilitação e reforço de estruturas. A Figura 7 mostra algumas obras em que a Bysteel esteve presente.



Figura 7 - Obras Bysteel

Para dar resposta às necessidades dos clientes, a empresa produz vários tipos de produtos, mas até ser considerado produto final terá de sofrer duas transformações. A primeira transformação corresponde ao corte de chapas e/ou perfis e a segunda à armação e soldadura que posteriormente será explicado como funcionam.

Na Tabela 1 encontram-se descritos quais os tipos de produtos que a empresa fabrica.

Tabela 1 - Produtos fabricados

Produtos Fabricados	
Acessórios (A)	Pilares (P)
Caleiras (CAL)	Pilares Reconstruídos Soldados (PRS)
Chumbadouros (C)	Reservatórios (R)
Contraventos (CV)	Tirantes (T)
Construção Soldada (CS)	Tubos (TUB)
Escadas (E)	Vigas (V)
Gabarit (GAB)	Vigas Padieiras (VP)
Guardas (G)	Vigas Treliças (VT)
Madres (M)	Vigas Reconstruídas Soldadas (VRS)

A imagem seguinte mostra um exemplo de produto produzido na empresa.



Figura 8 - Exemplo de um produto produzido

3.2 Descrição do sistema produtivo

A Bysteel apresenta três atividades distintas: o corte (de chapa e de perfis), armação e soldadura. A figura 9 mostra como a matéria-prima flui pelo sistema produtivo:

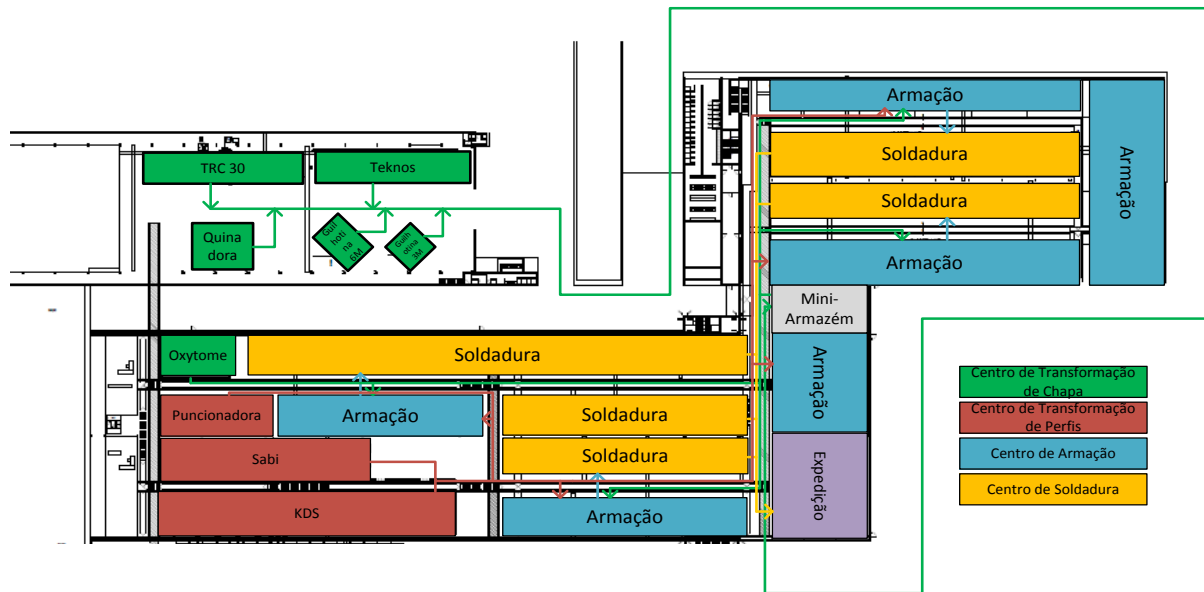


Figura 9 - *Layout* sistema produtivo

A primeira transformação da matéria-prima ocorre nos centros de corte, tanto no de chapa como no de perfis. Esta empresa possui equipamentos de tecnologia avançada que permite cortar material qualquer que seja a sua tipologia, espessura ou qualidade. Após esta transformação o material é transportado até aos centros de armação e após concluída esta operação para os centros de soldadura. Depois de terminarem o produto o responsável de logística transporta-o até à zona de expedição.

3.2.1 Centro de transformação de chapa (CTC)

A primeira transformação do material ocorre neste centro e tal como o nome indica destina-se ao corte de chapa. Este espaço encontra-se separado fisicamente dos restantes o que motiva à partida que o material destinado à próxima transformação tenha que percorrer uma distância considerável.

Para o corte de chapa a Bysteel possui equipamentos com tecnologia avançada que permite cortar vários tipos de aço, de diferentes espessuras e dimensões. Na Tabela 2 podemos ver quais as máquinas existentes, os processos pelos quais elas cortam e quais as espessuras que cortam:

Tabela 2 - Máquinas de corte de chapa

Máquina	Processo	Espessura (mm)
Oxitome 30	Oxi-Corte	<120
TRC 30	Oxi-Corte	>40
	Plasma	≤40
TEKNOS 4000	Oxi-Corte	>35
	Plasma	≤35
Guilhotina 3M	Corte	10
Guilhotina 6M	Corte	10
Quinadora	Dobramento	12

A Figura 10 representa os passos que esta atividade persegue desde a programação das máquinas até ao transporte das peças já transformadas.

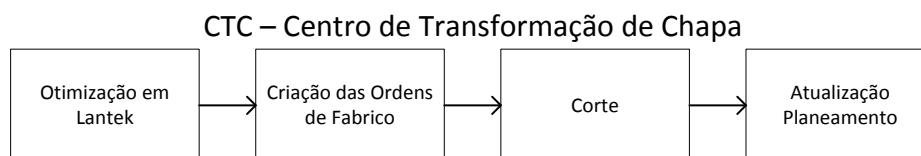


Figura 10 - Atividades do CTC

A programação das máquinas de corte é efetuada no departamento de produção industrial, através de um *software* (Lantek) que depois envia os programas de corte para as máquinas no chão de fábrica, no anexo I podemos ver um exemplo de um plano de corte.

Criada a ordem de fabrico, o abastecimento de chapas para as máquinas de corte é feito por um trabalhador da logística que transporta as chapas desde o armazém até junto da máquina de corte respetiva e a coloca no chão. Como são chapas de grandes dimensões e de peso considerável, este transporte é auxiliado através de pontes rolantes e de um carretón. Após o corte, caso a chapa não seja totalmente consumida é colocada novamente no chão a aguardar que seja utilizada posteriormente para uma nova obra.

Depois das peças serem cortadas neste centro, são colocadas em paletes e transportadas para um mini armazém e depois serão distribuídas pelos centros de armação e é atualizado o planeamento.

O maior problema sentido no CTC é a limitação do espaço existente por isso é vital a sua organização desde a receção de chapa do armazém até ao transporte das peças simples para o mini armazém.

Posto isto, pode-se verificar que existe uma grande acumulação de matéria-prima no CTC, uma vez que, como dito anteriormente, as chapas são colocadas junto da respetiva máquina e quando não são totalmente gastas são colocadas novamente no chão, em vez de serem colocadas nos locais próprios para uma melhor organização. Na figura seguinte (Figura 11) podemos ver um exemplo de como é disposta a matéria-prima no chão de fábrica.



Figura 11 - Disposição matéria-prima

Esta acumulação de material leva a que, caso seja necessário utilizar uma chapa que esteja por baixo de outras se tenha que retirar todos os retalhos que estão sobrepostos para alcançar o pretendido e como o transporte apenas é feito através de um íman de grande porte, os tempos de movimentação de carga podem chegar por vezes a 25 minutos. A desorganização de retalhos também está presente nos suportes na parte superior do centro, ou seja, alguns retalhos com diferentes espessuras encontram-se misturados. Na Figura 12 pode-se verificar que no mesmo suporte existem chapas de diferentes espessuras e diferentes tipos de aço. Também é possível verificar que a informação da qualidade do aço e da espessura apenas está presente na chapa, tornando assim a informação visual insuficiente. Assim, torna-se imprescindível a organização destes retalhos para uma melhor organização de espaço e redução de tempos de transporte.



Figura 12 - Disposição retalhos

O que leva também a esta desorganização é a inexistência de marcações no chão, isto é, não existem locais próprios para a colocação de material para cortar, já cortado e para a colocação de retalhos.

O material de uso comum, que é utilizado por todos também tem uma sinalização insuficiente, como poderemos ver pela Figura 13.



Figura 13 - Equipamento

Este equipamento está situado sensivelmente a meio do centro e não contém qualquer tipo de informação de que tipo e qual o material a que este local se destina.

Para complementar esta limitação de espaço existem chapas galvanizadas e rolos de bobine de chapa galvanizada que estão colocados por trás de máquinas, mais concretamente da quinadora (Figura 14), que ocupa espaço necessário e que são de fácil organização e libertar-se-ia mais espaço para a disposição de outras chapas de maior espessura.



Figura 14 - Chapas galvanizadas e bobines de chapa

A desorganização deste centro abrange também o local onde são colocadas as chapas novas quando são compradas pela empresa e dentro deste centro existe um fosso (Figura 15), que não está a ser devidamente aproveitado, pois contém diversos retalhos que não são utilizados e material que não é utilizado pela empresa. Com uma melhor organização consegue-se uma melhor disposição para a colocação de chapas compradas e também para os retalhos existentes.



Figura 15 - Organização dos retalhos no fosso

Não só o fosso como também o armazém exterior, de maiores dimensões onde são colocadas as restantes chapas compradas que posteriormente serão utilizadas para o corte se encontra desorganizado, não só na disposição das chapas como também a nível de informação visual, uma vez que tal como acontece nos retalhos a identificação apenas está presente na chapa. A ordem pela qual as chapas são dispostas pelo armazém exterior não segue nenhuma ordem em concreto, o responsável apenas as empilha, caso já haja alguma com as mesmas características ou então caso seja para ser imediatamente utilizada coloca-a logo junto da máquina.

A Figura 16 apresenta uma imagem do armazém exterior e como podemos ver através desta imagem não há nenhuma referência à espessura, pelo que caso seja necessário qualquer informação nos obriga a ir até junto do material.



Figura 16 - Disposição do armazém do CTC

Um constrangimento também identificado é a rota de transporte que leva as peças já cortadas para o mini armazém, que não será o mais indicado, uma vez que as peças são sempre transportadas pelo

exterior da fábrica num percurso de cerca de 500 metros, o que aumenta a probabilidade de se perderem peças que serão necessárias para a armação. Como consequência poderá surgir a situação em que seja necessário repetir novamente o programa para a máquina de corte e efetuar mais transportes desnecessários para a colocação da chapa na máquina.

3.2.2 Centro de transformação de perfis (CTP)

O CTP também se dedica ao corte, mas neste caso de perfis. Este espaço já se encontra perto dos restantes centros, o que não acontece com o centro de corte de chapa.

Para este corte, a empresa possui 2 máquinas (Tabela 3) que permitem o corte e furação de perfis de várias dimensões, espessuras e tipos.

Tabela 3 - Máquinas de corte de perfis

Máquina	Processo	Dimensões (mm)
SABI	Corte	700x410
KDS	Corte e furação	500x1100
Puncionadora	Arrombamento	25

A Figura 17 mostra os passos das atividades para este centro:

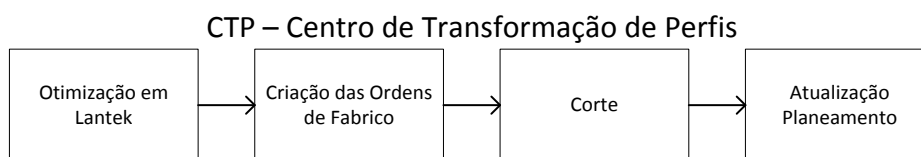


Figura 17 - Atividades do CTP

Para o corte dos perfis também é realizada a programação no *software* (Lantek) e também é fornecido ao operador uma lista que identifica a máquina a utilizar, o perfil pretendido para corte e quais as dimensões das peças que tem que cortar. No anexo II consta um exemplo de uma lista.

Depois de criada a ordem de fabrico é realizado o abastecimento deste centro que é efetuado por um operador que está encarregue de fazer o transporte desde o armazém exterior até dentro do centro, perto das máquinas, onde coloca a matéria-prima para se proceder ao corte. A matéria-prima, depois de cortada é colocada no local destinado para o efeito e quando não é totalmente consumida é colocada novamente no armazém exterior e só quando estiver finalizado o corte é que se procede à atualização do planeamento.

Os problemas sentidos neste centro começam logo no armazém exterior (Figura 18) onde são colocados os retalhos e matéria-prima, uma vez que não há um local próprio para a colocação de cada tipologia, ou seja, podemos ter uma mesma tipologia em mais que um local no armazém.



Figura 18 - Disposição do armazém do CTP

Outro problema sentido é a ausência das marcações dos locais próprios para a colocação de matéria-prima e delimitação das máquinas de corte, uma vez que em algumas situações a matéria-prima está perto do operador e perturba o seu trabalho.

3.2.3 Centro de armação (CA)

Neste centro, ocorre a segunda transformação do material. Como o nome indica, é aqui que as peças são armadas, isto é, são montados os conjuntos pedidos pelo cliente onde são dados pingos de solda ao material no local destinado de acordo com o desenho técnico do conjunto, como se pode verificar no anexo III um exemplo de um desenho técnico. Para as chapas poderem ser utilizadas primeiro têm que ser limpas, ou seja, terão que ser rebarbadas para posteriormente poderem ser utilizadas na montagem. Na Figura 19 mostra quais os passos para esta transformação:

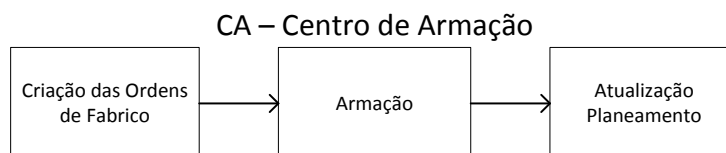


Figura 19 - Atividades do CA

Este centro é alimentado pelo centro de corte de chapa e de perfis em que o operador da logística coloca os perfis e chapas que serão necessários para a montagem do conjunto perto dos locais de trabalho dos serralheiros. Após este transporte e estando disponíveis todas as peças necessárias para a montagem cria-se a ordem de fabrico para se proceder à armação.

Podem considerar-se como problemas principais do CA o excessivo esforço de transporte da matéria-prima e as movimentações de operadores. Os operadores percorrem distâncias consideráveis não só para obter as chapas para a montagem do conjunto, como também para saber quais as peças e o equipamento que vão utilizar - rebarbadora e/ou equipamento para dar pingos de solda. O operador também percorre uma distância considerável sempre que precisa de rodar a peça para continuar o processo de armação, através da utilização de uma grua. Como o comando da grua é partilhado por vários operadores é frequente ter que esperar que outro operador acabe de rodar a sua peça para poder ser utilizada.

Alguns problemas adicionais identificados são o excesso de material presente nas bancadas de trabalho e o mau estado destas, tal como os cavaletes que os trabalhadores possuem para a colocação e montagem do conjunto.

No final deste processo de transformação, a peça armada é colocada perto dos centros de soldadura para finalizar o processo e é atualizado o planeamento.

3.2.4 Centro de soldadura (CS)

Neste centro é onde se encerra o fabrico do conjunto e se dão os retoques finais. A Figura 20 mostra quais os passos deste centro:

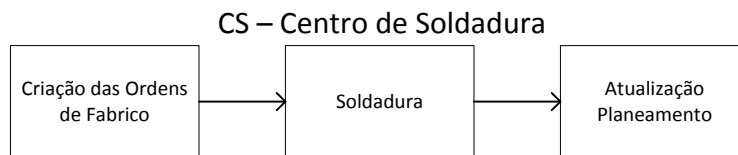


Figura 20 - Atividades do CS

Após a finalização da armação é criada a ordem de fabrico para a soldadura. Este processo é mais demorado em relação à armação e também depende da classe de execução e exigências do cliente. Neste local são soldadas todas as peças que sofreram pingos de soldadura no centro anterior. Depois de finalizada a soldadura do conjunto, este é transportado para a zona de expedição para ser transportado para o cliente e o planeamento é atualizado.

As dificuldades sentidas neste centro são similares à que foram identificadas no centro de armação. No CS existe ainda um tipo de ocorrência adicional relacionado com a necessidade de dar prioridade a um conjunto que eventualmente esteja em risco de não cumprir com as datas fornecidas do cliente. No entanto, atualmente não existe nenhum mecanismo nem meio que informe o operador disso.

3.3 Plano de observações

Foi elaborado um plano de observações para perceber qual a percentagem de tempo em que o operador acrescenta valor ao produto e onde perde também o restante tempo.

Para isso foram criados gráficos de afetação da utilização de mão-de-obra e onde foram definidas e adaptadas as seguintes tarefas: acrescenta valor, transporte, movimentação, *setup*, inativo, interpretação do desenho e outro (este último destina-se a atividades que não se enquadre nas definidas anteriormente). De forma a identificar qual a percentagem de tempo que o operador gasta em cada tarefa foi realizada uma amostragem do trabalho. Para realizar esta última é preciso um número mínimo de observações, que é dada pela seguinte fórmula:

$$N = \frac{1,96^2 * 15,5}{0,10^2} = 60 \text{ Observações}$$

A tabela 4 mostra um excerto de uma tabela do plano de observações, onde se podem identificar todas as tarefas a observar.

Tabela 4 - Excerto do plano de observações

Plano de Observações - Centro de Transformação de Perfis										
			Atividades							
Nro de Obs.	Data	Hora	Acrescenta Valor	Transporte	Movimentação	Setup	Inativo	Perceção Desenho	Outro	Total
1	03-Dez	9:55	1			1				2
2	03-Dez	10:28	1			1				2
3	03-Dez	10:46	2							2
4	03-Dez	11:46	2							2
5	03-Dez	14:00	2							2
6	03-Dez	14:45	1	1						2
7	03-Dez	15:30		1	1					2
8	03-Dez	16:20		2						2
9	03-Dez	16:50		1	1					2

Realizadas todas as observações necessárias foi obtida informação importante, uma vez que nos permite saber onde o operador perde maior percentagem do seu tempo durante o seu horário laboral e também identificar tipos de desperdícios que podem ser eliminados de modo a que o operador obtenha uma maior percentagem de tempo a acrescentar valor ao produto. Os resultados obtidos estão presentes na Figura 21.

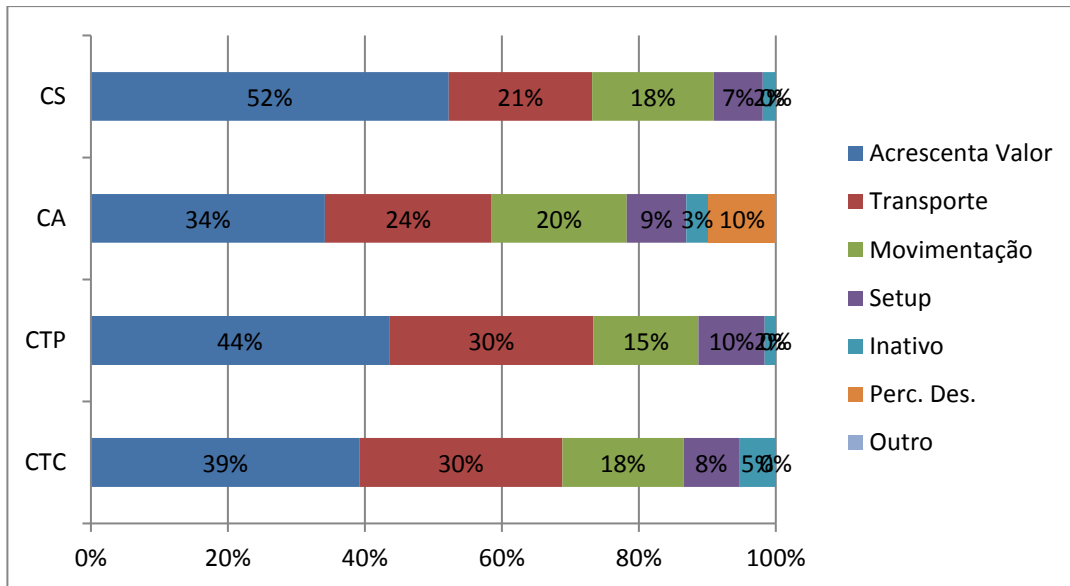


Figura 21 - Resultados observação

Através da análise da figura anterior podemos verificar que o centro que possui uma maior percentagem de “acrescenta valor” é o centro de soldadura e os centros onde existe uma maior percentagem de transportes é nos centros de corte de chapa e de perfis.

No gráfico seguinte (Figura 22) podemos ver qual a percentagem do tempo gasto por todos os operadores da fábrica, considerando os dados agregados dos quatro centros de transformação.

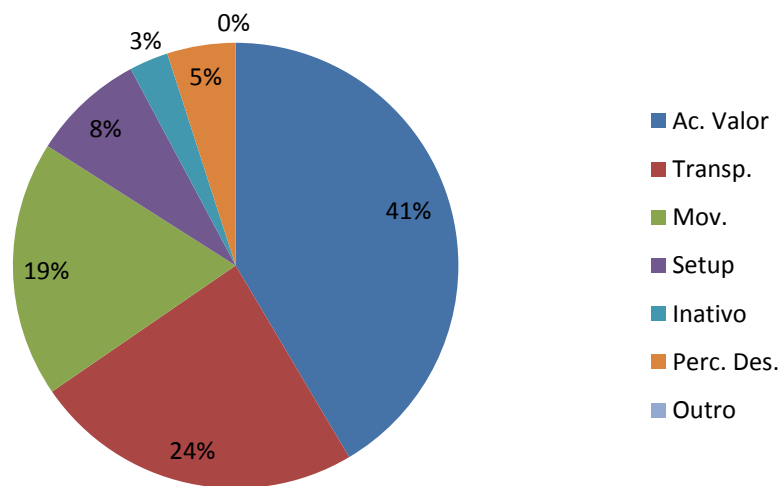


Figura 22 – Percentagem de tempo gasto em cada atividade

Para ter uma melhor perceção do impacto das percentagens obtidas anteriormente procedeu-se a uma simulação dos gastos totais acarretados. Assim, assumindo que um operador recebe cerca de 800€/mês, que trabalham 87 pessoas na fábrica, e assumindo 340 dias de trabalho anual, os custos totais associados a estes operadores estão representados no gráfico seguinte da Figura 23.

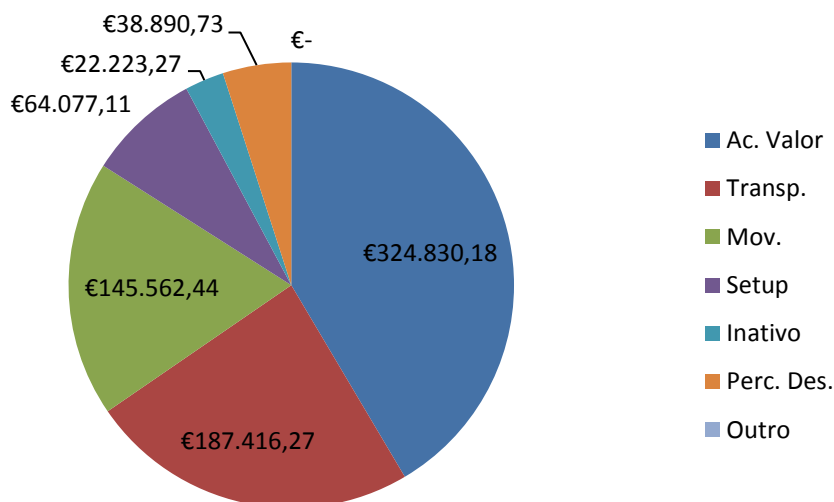


Figura 23 - Custo total estimados de cada atividade

Através do gráfico anterior, considerando os pressupostos descritos anteriormente, pode concluir-se que cerca de 60% do custo direto com mão-de-obra é aplicado em operações que não acrescentam valor ao produto, e que nesta análise com valores simulados corresponde a 458 170 €/ano.

3.4 WID

De forma a fazer o diagnóstico do sistema produtivo e representar o fluxo na fábrica foi efetuado o WID que permite também perceber quais os desperdícios que mais se destacam e evidenciar alguns indicadores de desempenho.

Assim, para cada centro foi elaborado um diagrama e para tal foi necessário recolher alguns dados de modo a que seja possível a sua construção.

O tempo de *setup* e o WIP foi obtido através de dados do planeamento do responsável de cada setor. Para a elaboração do diagrama é necessário ainda o *Takt-time* (TT) e o tempo de ciclo. Para a obtenção do TT é preciso ainda calcular a procura diária do cliente e para tal consultou-se qual os dias trabalhados no ano anterior e quais as quantidades fabricadas em cada setor e o resultado obtido é de quanto em quanto tempo é pedida uma tonelada. Estas últimas foram obtidas através dos planeamentos dos responsáveis de cada setor. De salientar também que os tempos de ciclo obtidos são baseados em estimativas e agregação de dados, uma vez que se utilizou a divisão do indicador hora*Homem/tonelada pelo número de operários de cada centro para obter o tempo de ciclo, obtendo assim de quanto em quanto tempo sai uma tonelada de cada centro.

Assim para o centro de transformação de chapa obtiveram-se os seguintes resultados:

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{2593}{340} = 7,62 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{900}{7,62} = 118 \text{ minutos}$$

O tempo de ciclo do CTC é de 35 minutos.

Para obter esforço de transporte (ET) verificou-se qual a distância do centro de transformação de chapa para o centro de armação:

$$ET = DP * PDC = 632 * 7,62 = 48215 \text{ ton} * m/dia$$

Assim, efetuados estes cálculos o WID obtido é o seguinte (Figura 24):

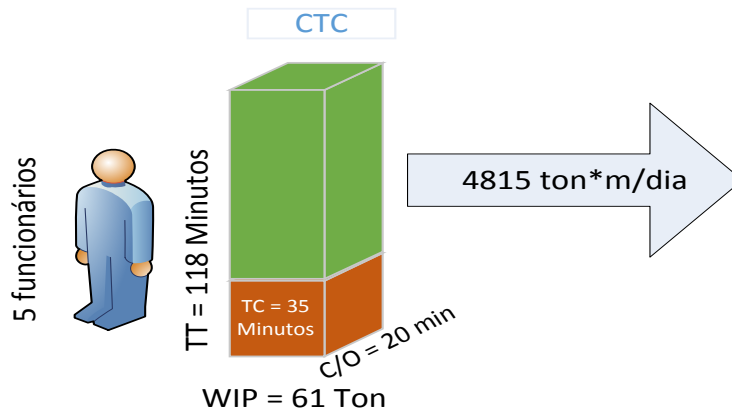


Figura 24 - WID CTC

Os cálculos efetuados para o centro de corte de chapa serão iguais para os restantes centros, agora neste caso para o CTP os cálculos são:

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{4451}{340} = 13,1 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{900}{13,1} = 68,7 \text{ minutos}$$

O tempo de ciclo deste centro é de 30,3 minutos.

Para obter esforço de transporte (ET) verificou-se qual a distância do centro de transformação de chapa para o centro de armação:

$$ET = DP * PDC = 145 * 13,1 = 1898 \text{ ton} * m/dia$$

O WID obtido foi o descrito na figura 25:

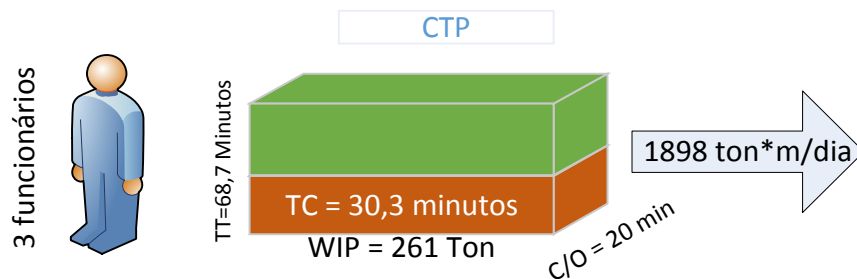


Figura 25 - WID CTP

O mesmo acontece para o CA, onde os cálculos efetuados são:

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{6715}{340} = 19,75 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{900}{19,75} = 45,54 \text{ minutos}$$

O tempo de ciclo deste centro é de 16,9 minutos.

Para obter esforço de transporte (ET) verificou-se qual a distância do centro de transformação de chapa para o centro de armação:

$$ET = DP * PDC = 54 * 19,75 = 1066 \text{ ton} * \text{m/dia}$$

O WID obtido foi o seguinte (Figura 26):

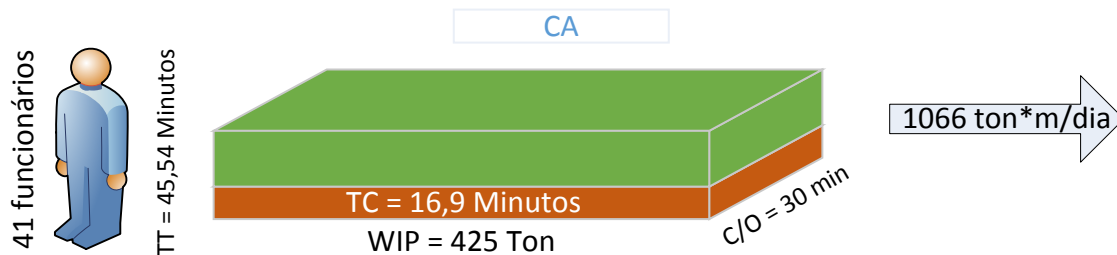


Figura 26 - WID CA

Por fim, para o CS utilizando as mesmas fórmulas obtém-se:

$$PDC = \frac{QA}{DTA} = \frac{5829}{340} = 17,14 \text{ ton/dia}$$

$$TT = \frac{MTD}{PDC} = \frac{900}{17,14} = 52,50 \text{ minutos}$$

O tempo de ciclo deste centro é de 22,45 minutos.

Para obter esforço de transporte (ET) verificou-se qual a distância do centro de transformação de chapa para o centro de armação:

$$ET = DP * PDC = 120 * 17,14 = 2057 \text{ ton} * \text{m/dia}$$

O WID obtido foi o seguinte (Figura 27):

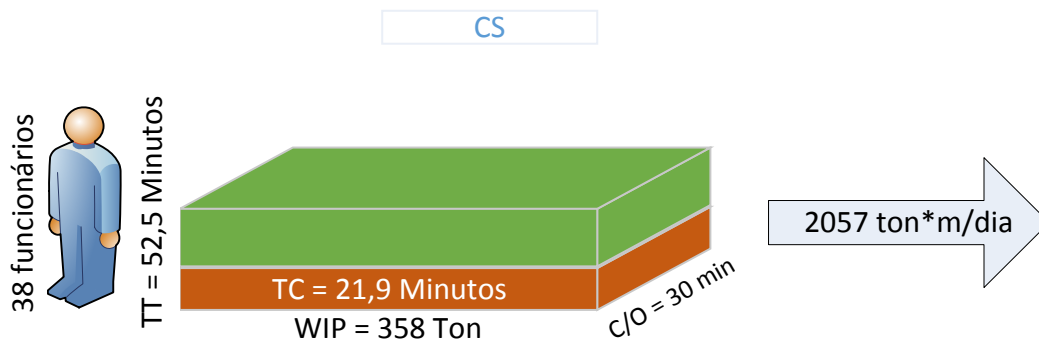


Figura 27 - WID CS

Resumindo, a figura seguinte mostra qual o resultado final através dos dados reunidos com a junção dos quatro centros (Figura 28):

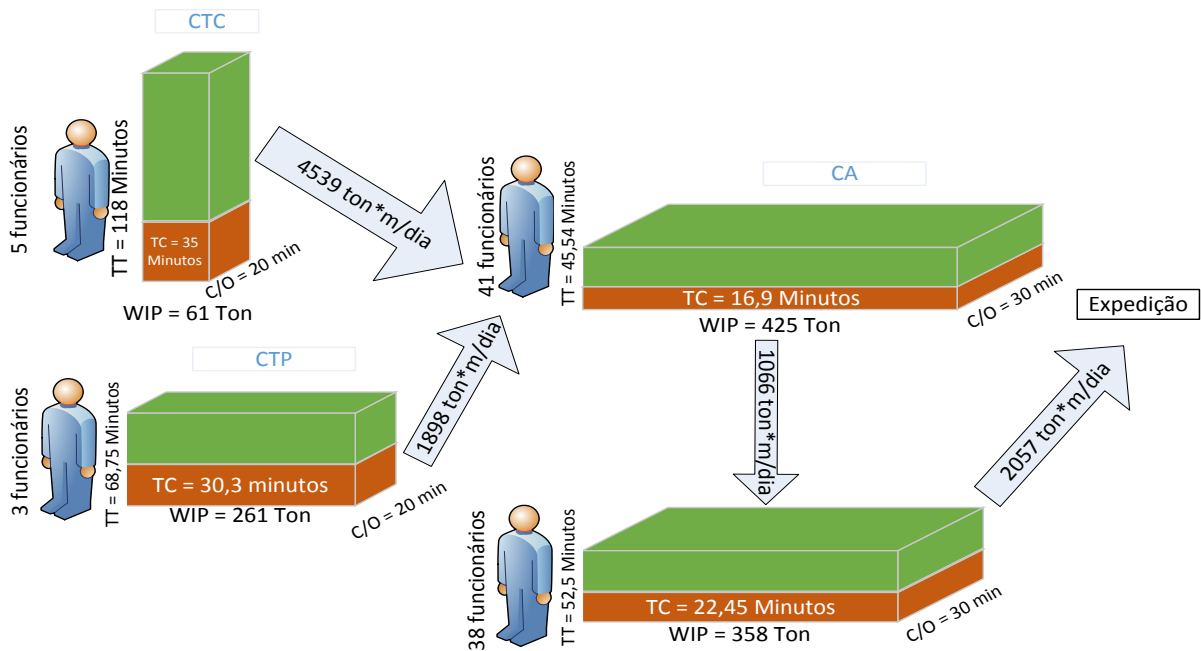


Figura 28 - WID conjunto

Através de uma análise rápida aos blocos obtidos pelo WID podemos verificar que:

- Existe uma grande quantidade de WIP nos centros;
- Grandes distâncias percorridas pelo material.

3.5 Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *Spaghetti* é uma ferramenta importante, uma vez que nos fornece uma melhor perceção do fluxo de material e/ou pessoas.

Assim, foi realizado um diagrama de modo a perceber como a matéria-prima flui pelo sistema produtivo. Para tal, foi acompanhada a produção desde o corte de chapa até à expedição, todo o processo referente a cinco obras diferentes, tendo em conta as movimentações como representado na figura 29.

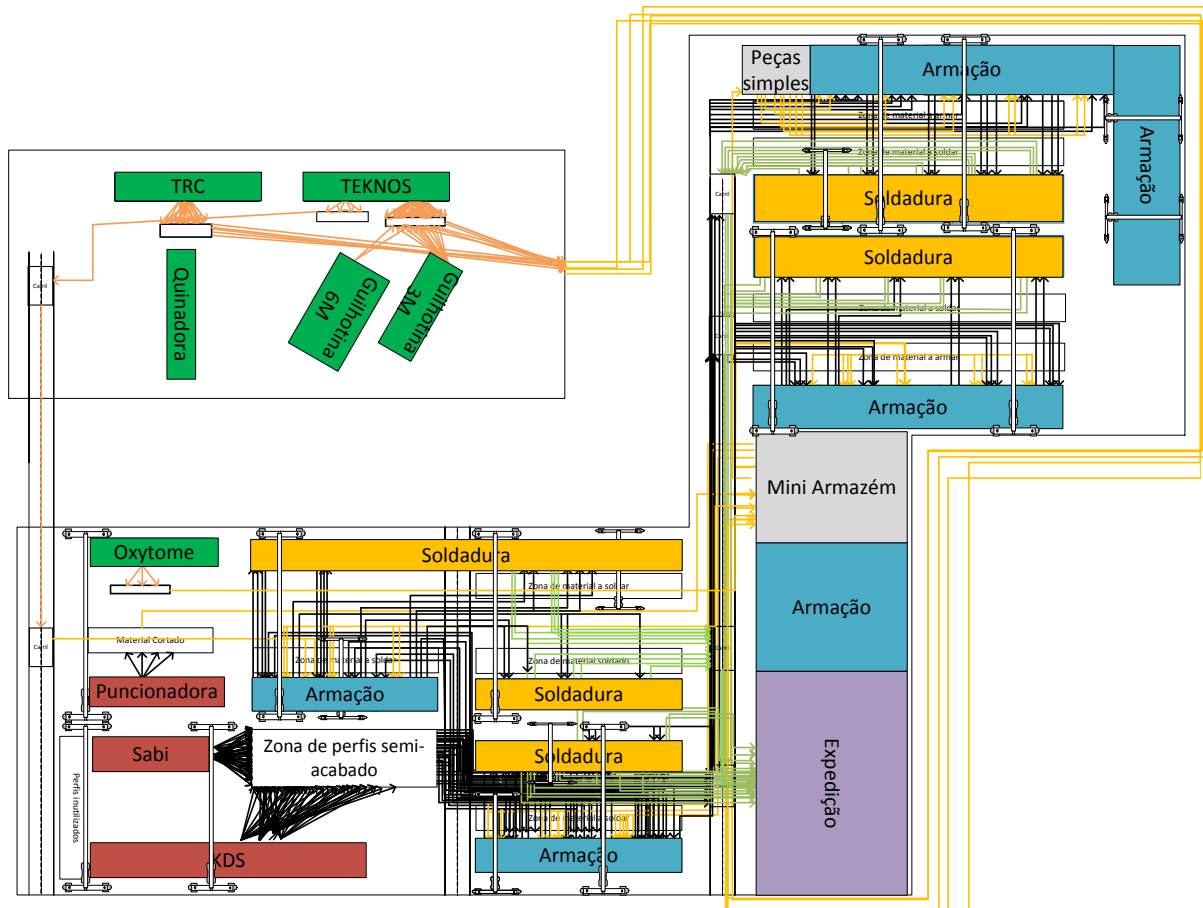


Figura 29 - Diagrama de *Spaghetti*

Em relação à imagem anterior as cores das setas têm significados diferentes, ou seja, a cor amarela representa o transporte das peças simples desde o CTC para o mini armazém e o seu transporte pelos centros de armação. A cor preta corresponde ao transporte dos perfis para os centros de armação e deste último para o CS. Por fim, a cor verde corresponde ao transporte do CS para a expedição.

Através da análise do diagrama anterior, podemos concluir que existe um grande fluxo de material pela zona por onde os perfis são distribuídos e também muitos transportes para a distribuição das peças simples pelos centros de armação.

3.6 Avaliação dos postos de trabalho

Como foi indicado na secção 3.2.3 respeitante ao CA, o excesso de material e equipamento presente nas bancadas de trabalho, foi considerado um problema, pelo que foi elaborada uma check-list, que pode ser consultada no anexo IV, para verificar o cumprimento dos 5S. Este modelo foi elaborado tendo como suporte a check-list elaborada por Moderna (2016). Para isso, para cada uma das variáveis foram atribuídos cinco itens para fazer a verificação se estes eram ou não cumpridos e a cada item era atribuído uma avaliação, variando de 0 a 4, sendo 0 péssimo e 4 excelente.

A Tabela 5 mostra um excerto da check-list.

Tabela 5 - Excerto check-list

Lista de Verificação dos 5S			Local:	Data:		Nota:	/100	
						Anterior:	/100	
5S	Nº	Item verificado	Critérios de Avaliação	0	1	2	3	4
				Péssimo	Mau	Razoável	Bom	Excelente
Ordenar	1	Informação e materiais	Existem materiais desnecessários espalhados pelo posto de trabalho.					
	2	Máquinas e equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos são usados regularmente.					
	3	Ferramentas	Todas as ferramentas são usadas regularmente. Existem ferramentas espalhadas pelo posto de trabalho.					
	4	Zonas de resíduos	Existe um local próprio para os resíduos da área.					
	5	Disciplina	Os materiais de uso comum depois de utilizados são colocados no sítio destinado.					
			Resultado: /20					
Organizar	6	Controlo Visual	Todos os equipamentos e materiais necessários estão claramente identificados.					
	7	Locais de armazenagem	Existem locais dedicados à armazenagem de ferramentas/materiais.					
	8	Arquivo	Existe uma zona claramente identificada para arquivo de documentação.					
	9	Layout	A arrumação de equipamentos e ferramentas está bem organizada.					
	10	Equipamentos e materiais	Equipamentos e materiais organizados e de fácil acesso.					
			Resultado: /20					

Esta lista de verificação foi aplicada a cada posto de trabalho individual, nos centros de armação e de soldadura para identificar itens críticos. Após recolher todos os dados estes foram analisados obtendo os resultados apresentados na Figura 30.

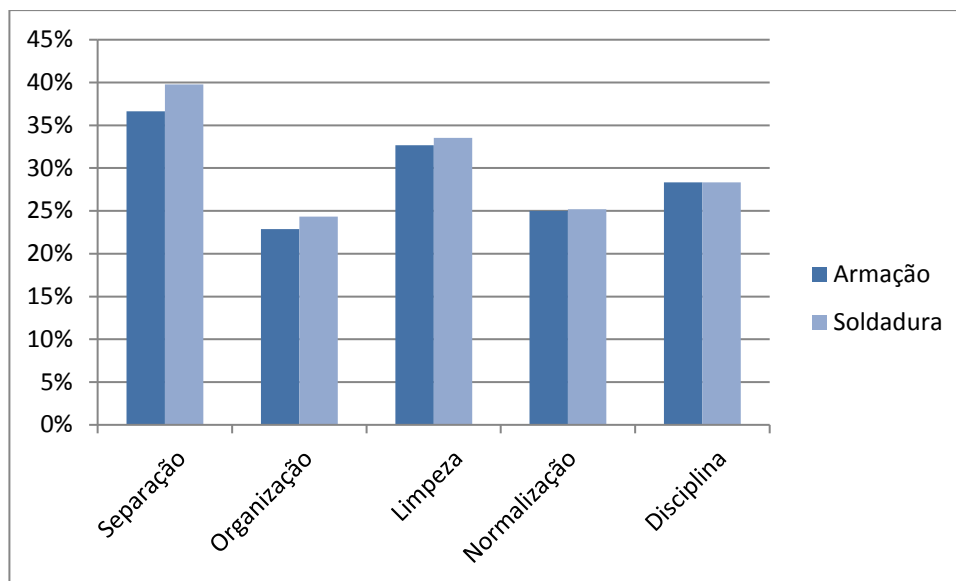


Figura 30 - Resultados auditoria 5S aos postos de trabalho

Através da análise da figura anterior podemos verificar que nos centros de armação e soldadura os **sensos** mais críticos é o da organização e da normalização, que possui a menor nota de todos os outros **sensos**.

Posto isto foram identificados pontos críticos apresentados na Tabela 6, para dentro de cada **senso**, em que foram analisadas todas as check-list e procedeu-se à análise de quais os pontos mais críticos de modo a que estes sejam diminuídos/eliminados para melhorar a organização do posto de trabalho, e tornando o seu posto mais intuitivo e evitar a perda de tempo em movimentações à procura de material, equipamento, etc.

Tabela 6 - Pontos críticos identificados

Pontos Críticos		
Separação	Triagem dos equipamentos a utilizar e o material de uso comum é colocado no local apropriado	Local para colocação de resíduos perto do operador
Organização	Armazenagem dos equipamentos e documentos	Melhor acessibilidade aos equipamentos
Limpeza	Fios de eletricidade espalhados pela parede	Posto de trabalho por limpar (só é limpo no fim do dia)
Normalização	Más práticas de organização	Normas de limpeza pouco visíveis
Disciplina	Atividades de manutenção	Não cumprimento das normas

3.7 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenhos são fundamentais para a análise do sistema produtivo, pois a partir destes podemos obter ilações importantes e tomar decisões que sejam necessárias sobre um certo processo ou produto.

Deste modo foram calculados os indicadores apresentados na secção anterior para a avaliação do sistema produtivo da empresa. A produtividade foi calculada com base na tonelagem produzida no ano transato pelo número de operadores pelo que o cálculo determinou:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Quantidade Anual}}{\text{Número de operadores}} = \frac{6715}{87} = 77,2 \text{ ton/homem} * \text{ano}$$

Foi calculado também a taxa de utilização de mão-de-obra para cada centro que visa saber qual a percentagem do tempo em que o operador acrescenta valor ao produto.

$$TUMDO_{CTC} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Takt Time}} \times 100 = \frac{35}{118} \times 100 = 30 \%$$

$$TUMDO_{CTP} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Takt Time}} \times 100 = \frac{30,3}{68,75} \times 100 = 44\%$$

$$TUMDO_{CA} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Takt Time}} \times 100 = \frac{16,85}{45,56} \times 100 = 36\%$$

$$TUMDO_{CS} = \frac{\text{Tempo de ciclo}}{\text{Takt Time}} \times 100 = \frac{22,45}{52,5} \times 100 = 43\%$$

$$TUMDO_{Média} = \frac{(30 + 44 + 36 + 43)}{4} = 38,25\%$$

Podemos concluir que os indicadores são bastantes próximos à percentagem de “acrescenta valor” obtido no plano de observações da secção 3.3.

Foi calculado também o tempo de atravessamento, isto é, o tempo que os produtos demoram a percorrer todo o sistema produtivo, desde o início até ao término.

$$\begin{aligned} TA &= (WIP_{CTC} * TC_{CTC}) + (WIP_{CTP} * TC_{CTP}) + (WIP_{CA} * TC_{CA}) + (WIP_{CS} * TC_{CS}) \\ &= (61 * 35) + (261 * 30,3) + (425 * 16,85) + (358 * 22,45) = 25083 \text{ minutos} \end{aligned}$$

Por fim, foi calculado também o esforço de transporte total e foi obtido através da seguinte fórmula:

$$ET = ET_{CTC} + ET_{CTP} + ET_{CA} + ET_{CS} = 4819,9 + 1898,2 + 1066,5 + 2057,3 = 9841,9 \text{ ton} * \text{m/dia}$$

3.8 Síntese dos problemas encontrados

Nesta secção são enunciados os problemas encontrados anteriormente em cada centro e quais as suas consequências, através da Tabela 7. Com esta última pretende-se uma rápida identificação do problema e do seu local e quais as consequências determinadas pelos resultados e observação.

Tabela 7 - Síntese dos problemas

Problema	Centro	Consequência
Desorganização no abastecimento e armazenamento	Todos	Distâncias percorridas consideráveis Elevados tempos de transporte Elevados custos de transporte Elevada área ocupada Elevados tempos não produtivos Aumento da probabilidade de acidentes de trabalho
Longas distâncias para abastecimento de material	CTC	Elevados tempos e custos de transporte Aumento dos tempos não produtivos Aumento do tempo de espera de material
Desorganização dos armazéns e dos retalhos	CTC e CTP	Elevados tempos de procura de material Aumento dos tempos não produtivos Aumento da probabilidade de acidentes de trabalho Elevados tempos de transporte
Desorganização dos postos de trabalhos e espaço fabril	Todos	Inexistência de zonas próprias Espaço fabril confuso e não intuitivo Aumento de tempos não produtivos Aumento espaço ocupado Aumento da probabilidade de acidentes de trabalho
Cavaletes em mau estado	CA e CS	Elevada probabilidade de acidentes de trabalho Elevada da probabilidade de lesões de trabalho

A tabela anterior apresentada refere os principais problemas encontrados não só no sistema produtivo da fábrica, como também no departamento de produção industrial e quando apresentada aos responsáveis de cada centro estes reconheceram os problemas e mostraram-se disponíveis para a sua resolução.

4. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo serão apresentadas propostas de melhoria que visam eliminar desperdícios e problemas identificados no capítulo anterior para cada secção do sistema produtivo e para tal serão usadas ferramentas *Lean*. Para isso foi elaborado um plano de ações com auxílio da técnica 5W2H (Tabela 8) cujos significados das siglas são: *What*, *Why*, *How*, *Who*, *Where*, *When* e *How Much* e esta técnica consiste num mapeamento de atividades em que identifica a proposta, qual o problema, como as propostas serão implementadas, por quem, onde, quando e qual o custo associado, mas neste caso o custo não foi considerado. Os problemas e as propostas identificados na tabela 8 são posteriormente explicados e detalhados nas secções seguintes.

Tabela 8 – Plano de ações 5W2H

What	Why	How	Who	Where	When
Organização dos armazéns	Desorganização e elevados tempos de transporte	Análise ABC	Tiago Araújo / Manuel Silva	Armazém CTC e CTP	2016
Organização dos retalhos	Elevados tempos de procura e transporte	Gestão Visual	Tiago Araújo / André Lopes	CTC	2016
Delimitação dos postos de trabalho e do espaço fabril	Desorganização e elevados tempos não produtivos	Delimitações no chão de fábrica	Ana Castro / André Lopes	Chão de fábrica	2016
Criação de zona para material acabado	Ausência de local próprio	Gestão Visual	Tiago Araújo / André Lopes	CTC	2016
Alteração da rota de transporte	Elevados tempos de transporte	Alteração da rota	Miguel Alves	CTC	2016
Uniformização das bancadas de trabalho	Desorganização dos postos de trabalho	Novas bancadas de trabalho	Ricardo Portela / Ana Castro / André Lopes	CA e CS	A definir
Implementação 5S	Novos hábitos e formas de organização de trabalho	Exemplos práticos	Ana Castro / André Lopes	Todos os centros	A definir
Novos Cavaletes	Cavaletes existentes em mau estado e com falta de segurança	Montagem de novos cavaletes	Ricardo Portela / Maurício Sousa	CA e CS	2016
Aquisição de armário	Área ocupada com matéria-prima desorganizada	Novo armário	Ricardo Portela / Tiago Araújo	CTC	A definir
Quadro Visual	Tempo elevado para consultar planeamentos de produção	Kanban	Maurício Sousa / André Lopes	Departamento de Produção Industrial	2016

Melhoramento dos bebedouros	Criação de poças de água	Suportes	Ana Castro / Tiago Araújo	Todos os centros	2016
------------------------------------	--------------------------	----------	---------------------------	------------------	------

4.1 Organização dos armazéns de chapa e de perfis

Como referido na secção 3.2.1, no armazém onde são alocadas as chapas existe desorganização e para proceder à sua organização deve-se ter em atenção que chapas têm uma maior saída ou procura e para tal foi realizada uma análise ABC. Para isso foi fornecido pelo responsável do centro de transformação de chapa a quantidade de chapas compradas durante o ano de 2016 e obteve-se o seguinte resultado apresentado na Tabela 9. A tabela representada diz-nos qual a espessura de chapa comprada e qual a sua quantidade para determinar quais as espessuras que têm uma maior saída.

Tabela 9 - Quantidade de chapa comprada

Chapa	S355	Total Geral	%	Acumulado	% Produtos	Acumulado	Classe
S355 - 8x2500x12000	56	56	14,5%	14,5%	5%	5%	A
S355 - 12x2500x12000	51	51	13,2%	27,7%	5%	10%	
S355 - 40x2500x12000	46	46	11,9%	39,6%	5%	14%	
S355 - 10x2500x12000	34	34	8,8%	48,4%	5%	19%	
S355 - 30x2500x12000	33	33	8,5%	57,0%	5%	24%	
S355 - 20x2500x12000	28	28	7,3%	64,2%	5%	29%	B
S355 - 15x2500x12000	28	28	7,3%	71,5%	5%	33%	
S355 - 25x2500x12000	25	25	6,5%	78,0%	5%	38%	
S355 - 16x2500x12000	18	18	4,7%	82,6%	5%	43%	
S355 - 35x2500x12000	17	17	4,4%	87,0%	5%	48%	
S355 - 18x2500x12000	15	15	3,9%	90,9%	5%	52%	C
S355 - 50x2500x12000	9	9	2,3%	93,3%	5%	57%	
S355 - 45x2500x12000	9	9	2,3%	95,6%	5%	62%	
S355 - 22x2500x12000	7	7	1,8%	97,4%	5%	67%	
S355 - 70x2500x12000	2	2	0,5%	97,9%	5%	71%	
S355 - 60x2500x12000	2	2	0,5%	98,4%	5%	76%	
S355 - 14x2500x12000	2	2	0,5%	99,0%	5%	81%	
S355 - 120x2500x12000	1	1	0,3%	99,2%	5%	86%	
S355 - 100x2500x12000	1	1	0,3%	99,5%	5%	90%	
S355 - 80x2500x12000	1	1	0,3%	99,7%	5%	95%	
S355 - 65x2500x12000	1	1	0,3%	100,0%	5%	100%	

Conforme a tabela anterior mostra classificaram-se com produtos do tipo A, 24% das referências, que correspondem a cerca de 57% da quantidade total de chapas utilizadas. Aqui neste exemplo não é obtido a regra dos 80/20, ou seja 80% da quantidade total ser representada por 20% dos produtos, uma vez que devido às elevadas tipologias fabricadas e às diferentes espessuras de chapas que as podem constituir não há nenhuma espessura padrão, mas foi realizada também a mesma análise com os dados do ano anterior e concluiu-se que as espessuras consideradas como “Produtos A” este ano são as mesmas do ano transato. Assim, esta matéria-prima deve ficar numa zona de mais fácil acesso e mais próxima dos postos de trabalho, para diminuir o tempo de transporte. No anexo V pode-se verificar qual a curva respeitante a esta análise.

Na figura 31 está presente a organização sugerida para o armazenamento das chapas, de forma a diminuir os transportes e a distância percorrida. Através da imagem e com o auxílio das cores podemos verificar uma configuração possível que diminuiria a distância percorrida e o tempo de transporte de chapas, onde os números que estão nos retângulos são respeitantes às espessuras das chapas. O azul mais claro representa os produtos A, que estão mais perto do carril para o transporte para o abastecimento das máquinas e a cor azul mais escuro correspondem os produtos B. A cor branca representa os produtos C, não tendo nenhuma ordem específica. Essa área poderá ser usada para chapas de outras espessuras que sejam utilizadas em obras específicas, nomeadamente as que não seja frequente comprar. Para essa área ficar livre é necessário proceder à remoção de contentores que lá se encontram para um outro local, uma vez podem ser facilmente mudados de sítio sem qualquer implicação e aumentará o espaço para a colocação de chapas.

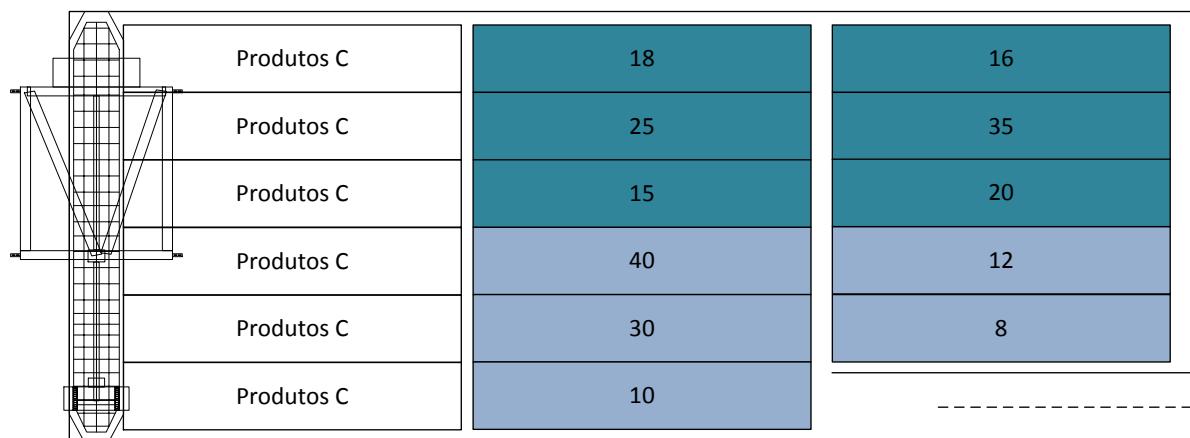


Figura 31 - Disposição proposta para organização do armazém do CTC

Para complementar a organização do armazém de chapa recomenda-se o uso de painéis com a identificação da espessura da chapa para evitar que o operador da logística ou outro que queira saber qual a tipologia da chapa tenha de se deslocar até à chapa corresponde para conseguir identificar de média distância qual a chapa em cada local.

O mesmo problema foi encontrado na secção 3.2.2, no armazém de perfis. Então para a organização deste armazém é realizada a mesma análise tal como para o armazém de chapa. Assim foi pedido também ao responsável por este centro o consumo total de perfis, mas neste caso no ano de 2015. Realizado a análise ABC o resultado foi o descrito na tabela 10.

Tabela 10 - Quantidade de perfis comprada

Perfil	Peso	% Peso	Acumulado	% Produtos	Acumulado	Classe
IPE	1391,1	27%	27%	8%	8%	A
HEA	833,61	16%	43%	8%	17%	
HEB	754,55	15%	58%	8%	25%	
SHS	434,63	8%	67%	8%	33%	B
CHS	399,09	8%	74%	8%	42%	
RHS	288,06	6%	80%	8%	50%	
UC	269,59	5%	85%	8%	58%	C
UPN	266,53	5%	90%	8%	67%	
UB	162,32	3%	94%	8%	75%	
L	125,33	2%	96%	8%	83%	
PL	111,79	2%	98%	8%	92%	
HEM	67,22	1%	100%	8%	100%	

Através da análise desta tabela podemos concluir que os produtos A correspondem a 25% dos produtos e corresponde a cerca de 60% da tonelagem total comprada, a curva ABC desta análise pode ser consultada no anexo VI.

O problema da organização deste armazém é que para cada tipologia tem inerentes diferentes qualidades e diferentes espessuras, pelo que se torna praticamente impossível a sua organização devido à limitação de espaço. A título de exemplo a tipologia IPE no ano transato foi comprada em 18 espessuras e em 3 tipos de qualidade diferentes. Neste armazém o material é comprado de acordo com as necessidades do cliente, ou seja, apenas é comprada a tipologia na qualidade e espessura que é pedida. Após a sua receção é colocada no armazém aguardando que seja iniciado o processo de corte e quando o material não é totalmente consumido é novamente colocado no armazém.

Então, a proposta é criar no armazém zonas próprias para a colocação de material para cada obra e fase, de modo a evitar que vários tipos de materiais para diferentes obras se encontrem misturados, o que se traduz num aumento de tempo na procura de material. Os retalhos que não são gastos na obra e fase a que são destinados e que não sejam mais necessários serão colocados em zonas próprias para os mesmos, com a identificação da tipologia, dimensões e qualidade com a ajuda da gestão visual.

4.2 Organização dos retalhos de chapa

No centro de transformação de chapa existe um local denominado de fosso, onde são colocados os retalhos das chapas que não são totalmente consumidas. Atualmente existe uma grande desorganização no mesmo, uma vez que o espaço existente não é utilizado da melhor forma, uma vez que os retalhos existentes não se encontram organizados e existe matéria-prima espalhada pelo chão. A figura 32 mostra o estado do fosso, onde evidencia a sua desorganização:



Figura 32 - Disposição do fosso

Os suportes existentes para a colocação dos retalhos também estão subaproveitados, uma vez que não são utilizados da melhor maneira pois não existe informação do tipo de espessura de chapa a lá colocar. O que acontece atualmente é que os responsáveis pelas máquinas de corte não colocam os retalhos nos cavaletes, colocando e sobrepondo-os dentro do centro a ocupar espaço necessário para as chapas que vão entrar para o corte. Como consequência há um aumento dos tempos de transporte que podem chegar aos 25 minutos, uma vez que caso a chapa que pretendam se encontre no fundo de todos os retalhos tem de ser retirado retalho a retalho até que encontrem a chapa pretendida. A figura 33 mostra um exemplo de como as chapas são sobrepostas.



Figura 33 - Disposição de chapas no corredor

Com a limpeza do fosso e a correta utilização dos suportes existentes para além de uma melhor organização dos retalhos, onde cada espessura de chapa terá o seu lugar, os tempos de transporte serão reduzidos em cerca de 50%, uma vez que não terão de retirar as chapas sobrepostas, apenas terão de utilizar uma patola própria, que a empresa já possui, para o seu transporte. Este valor foi calculado através da observação de transportes de chapas posicionadas nos cavaletes com a patola.

Posto isto, foi feito um levantamento de todos os suportes existentes para a colocação de chapa e avaliadas as dimensões do fosso para a sua otimização. Assim é possível colocar as espessuras mais procuradas dispostas de forma correta e de fácil acesso, para que o operador não gaste muito tempo na sua procura e transporte. A disposição proposta para o fosso é a demonstrada na figura 34.

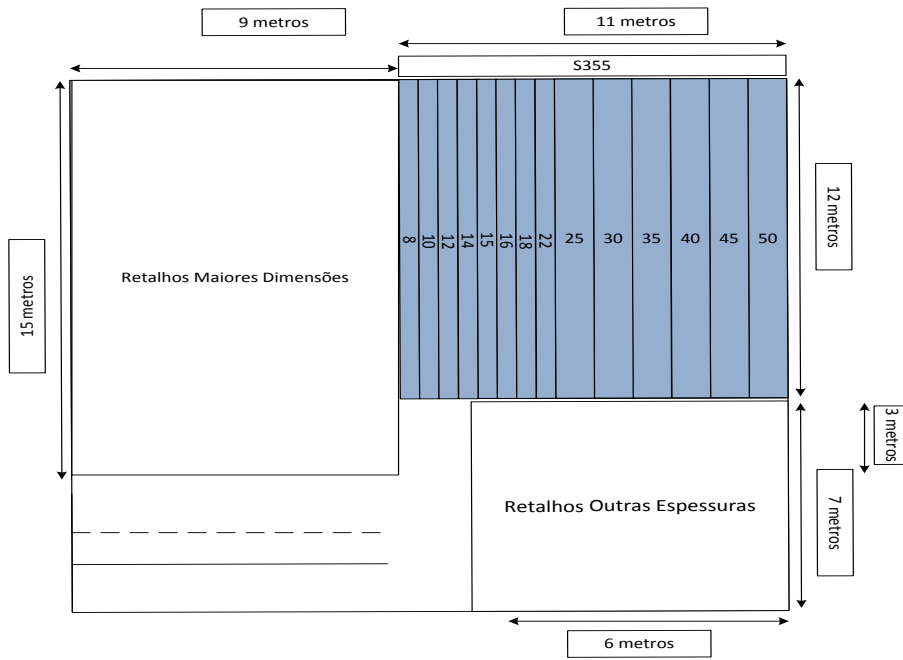


Figura 34 – Organização Fosso

Posteriormente para a colocação dos retalhos nos suportes foi dimensionado um acessório (grampo) para ser colocado nos mesmos de modo a que não se perca tempo a separar os retalhos, caso haja mais de um, como a Figura 35 mostra. Este acessório foi dimensionado tendo em consideração as dimensões da garra, de modo a que esta encaixe diretamente no retalho pretendido como pode ser analisado no Anexo VII.

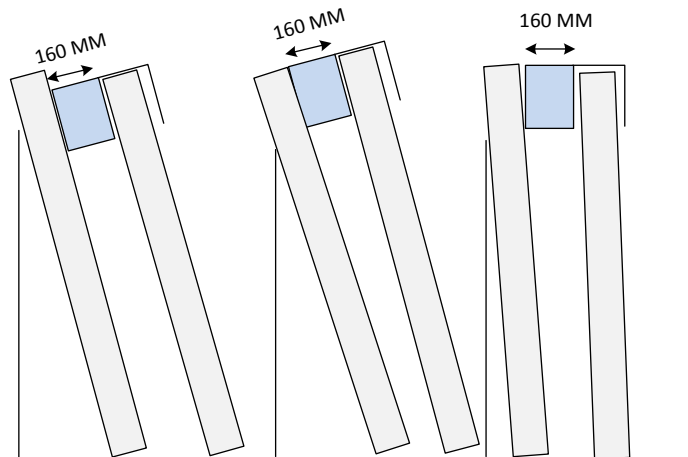


Figura 35 - Exemplificação do grampo

Com esta organização, complementado com a identificação da espessura da chapa nos suportes, o operador saberá o local onde deve colocar ou retirar o retalho, tal como mostra a Figura 34.

4.3 Postos de trabalho

Nesta secção irão ser abordados itens críticos encontrados nos postos de trabalho, nomeadamente os cavaletes que servem de suporte para a colocação de peças, das bancadas de trabalho dos operadores e dos bebedouros de água.

4.3.1 Cavaletes

Nos centros de armação e de soldadura os cavaletes onde são colocadas as peças, tanto para a armação como para a soldadura encontram-se degradados devido ao desgaste pelo tempo e com os choques que sofrem com os produtos produzidos.

Os cavaletes são acessórios fundamentais para realizar um bom trabalho, uma vez que são utilizados como apoio para realizar operações de armação e soldadura. Estas operações são fulcrais pois cada vez mais a exigência de qualidade de solda das peças trabalhadas é superior assim como, na armação há material que exige ao operador muita atenção e requer que tenha uma visão completa sobre o material. Devido às queixas dos operadores pelas baixas dimensões do cavalete e também ao executarem o seu trabalho sentirem dores de costas, uma vez que se têm de curvar para a realização do seu trabalho, decidiu-se redimensionar novos cavaletes. Uma outra razão para a troca de cavaletes deve-se a estes possuírem muitas arestas vivas, por este motivo já se proporcionou um acidente de trabalho muito grave. O objetivo para o redimensionamento de novos cavaletes passa também pela eliminação das arestas vivas, para evitar que na movimentação de peças a corrente prenda no cavalete e que faça com que a peça vire sobre o operador.

Para pôr fim as lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT) e diminuir o risco de acidente de trabalho procedeu-se à modelação de novos cavaletes, para isso consultou-se a tabela com os dados antropométricos da população portuguesa que se encontra na figura 36.

DIMENSÃO ANTROPOMÉTRICA	PERCENTIS MASCULINOS				PERCENTIS FEMININOS			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
1. Altura de pé	1565	1690	1815	76	1456	1565	1674	66
2. Altura dos olhos (rel. ao solo)	1463	1585	1707	74	1355	1465	1575	67
3. Altura do ombro (rel. ao solo)	1277	1395	1513	72	1181	1290	1399	66
4. Altura do punho (rel. ao solo)	664	735	806	43	619	685	751	40
5. Altura do cotovelo (rel. ao solo)	966	1050	1134	51	889	965	1041	46
6. Distância cotovelo-punho	320	350	380	18	292	320	348	17
7. Alcance funcional anterior	628	730	832	62	621	675	729	33
8. Alcance funcional vertical (de pé)	1875	2030	2185	94	1719	1860	2001	86
9. Altura sentado (rel. ao assento)	818	920	1022	62	799	865	931	40
10. Distância olhos-assento	716	810	904	57	696	760	824	39
11. Altura lombar (rel. ao assento)	166	215	264	30	174	220	266	28
12. Espessura da coxa	134	180	226	28	124	165	206	25
13. Altura do joelho (rel. ao solo)	459	525	591	40	434	480	526	28
14. Altura do popliteo (rel. ao solo)	347	400	453	32	327	365	403	23
15. Distância coxa-popliteo	419	485	551	40	421	470	519	30
16. Comprimento máximo da coxa	518	590	662	44	517	570	623	32
17. Espessura do peito (busto)	221	265	309	27	226	275	324	30
18. Espessura abdominal	204	260	316	34	201	260	319	36
19. Alcance funcional vertical (sentado)	1117	1250	1383	81	1071	1165	1259	57
20. Distância ombro-assento	576	630	684	33	496	590	684	57
21. Distância cotovelo-assento	206	255	304	30	191	250	309	36
22. Largura dos ombros (biacromial)	299	335	371	22	251	300	349	30
23. Largura dos ombros (bideltóide)	426	475	524	30	379	445	511	40
24. Largura das ancas	341	380	419	24	342	400	458	35
Peso (Kg)	57	75	93	11	49	65	81	10

Figura 36 - Dados antropométricos – Adaptado de Arezes (2014)

A altura ideal para o cavalete será pela altura da cinta e os cavaletes atualmente existentes na fábrica possuem uma altura de cerca de 830 milímetros. A figura abaixo representada serve como suporte para melhor compreensão e análise das medidas.

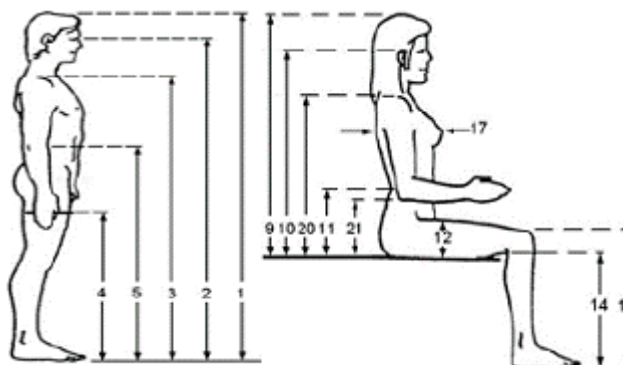


Figura 37 - Informação de medidas

Através da análise da figura 37 pode-se concluir que a altura pretendida, que é pela altura da cinta, não está identificada nem nos dados nem na fotografia, então dimensionou-se o cavalete através da diferença entre a altura do cotovelo em relação ao solo e a altura lombar relativamente ao assento.

Através de cálculos efetuados conclui-se que os cavaletes existentes na fábrica foram dimensionados para o percentil 5 da população masculina, redimensionando-se para o percentil 50. Apesar de não ser considerada a abordagem mais recomendada, neste caso torna-se aceitável, uma vez que para o percentil

95 o cavalete ficaria muito alto, porque depois de ter a sua altura ainda acresce a altura da peça, o que poderia vir a transformar-se num ponto crítico, pois podem existir peças mais altas e o operador terá de usar um apoio para conseguir realizar o seu trabalho.

Assim, para o nosso cavalete, o cálculo foi efetuado através de dados antropométricos:

$$\text{Altura cavalete} = \text{Altura cotovelo (5)} - \text{Altura lombar (11)} = 1050 - 215 = 835 \text{ milímetros}$$

Ao valor obtido teremos que acrescentar cerca de 15 milímetros, que é uma correção devido ao equipamento de proteção dos pés, o que perfaz 850 milímetros.

Assim, com o auxílio da equipa de preparação de trabalho foi possível modelar os cavaletes que irão ser posteriormente utilizados nos centros de armação e de soldadura. A Figura 38 mostra o antes e depois e a sua modelação encontra-se no anexo III.



Figura 38 - Cavaletes (Antes e depois)

4.3.2 Uniformização das bancadas de trabalho

Tal como os cavaletes, as bancadas de trabalho encontram-se em mau estado e estas são essenciais para a colocação do equipamento que cada operador usa, como também para a colocação dos desenhos técnicos por parte dos armadores.

A ideia já foi dada em outro projeto por Sousa E.D. (2015) em que já foi modelado um protótipo de uma bancada, como mostra a figura 39, e no anexo IX encontram-se mais figuras, que iria ajudar o operador a tornar o seu trabalho mais intuitivo, isto é, iria ter locais próprios para a colocação de cada tipo de material e de mais fácil acesso.

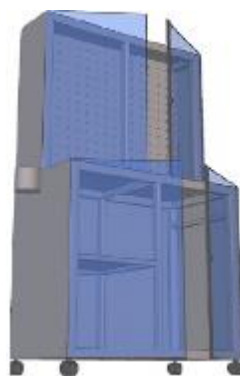


Figura 39 - Proposta de bancada

Com a ajuda da aplicação dos 5S é possível obter uma bancada intuitiva e organizada. Assim, com esta bancada o operador teria na parte inferior prateleiras para colocar a sua roupa e equipamentos de maior porte, que ficariam guardados em vez de ficar em cima das bancadas, como acontece com as bancadas mais antigas. Também teria a mesa para a colocação do desenho técnico para a correta montagem do artigo bem como, na parte superior uma zona para a colocação de ferramentas de menor porte, que ficariam organizadas e visíveis.

Com estas novas modificações nas bancadas, o operador não perde tanto tempo à procura de ferramentas ou equipamentos aumentando assim indiretamente o tempo em que o operador acrescenta valor ao produto.

4.3.3 Bebedouros de água

Uma das propostas de melhoria também referida foi a criação de suportes para colocar debaixo dos bebedouros, uma vez que quando os operadores vão beber e/ou há alguma fuga criam-se poças de água no chão. Para isso foram criados os suportes para os respetivos bebedouros, e assim consegue-se uma maior higiene, pois torna mais fácil a limpeza do chão junto dos mesmos como se verifica na figura 40.



Figura 40 - Suportes para bebedouros

4.4 Delimitação e Gestão Visual dos Postos de Trabalho

Esta secção debruça-se, tal como o nome indica, não só na delimitação dos postos de trabalho como também em melhorar a gestão visual para cada centro produtivo.

4.4.1 Centro de Transformação de Chapa

Como referido na secção anterior um dos principais problemas neste centro de transformação é a limitação de espaço e a sua organização torna-se imprescindível para ganhar espaço que é precioso para a disposição de chapas.

Assim, é necessária a criação de zonas próprias, ou seja, criação de zonas para a colocação de chapas para cortar, já cortadas, retalhos e para as paletes de transporte das peças cortadas. A Figura 41 mostra a disposição das máquinas neste centro e qual o espaço que é aproveitado para a colocação de chapas:

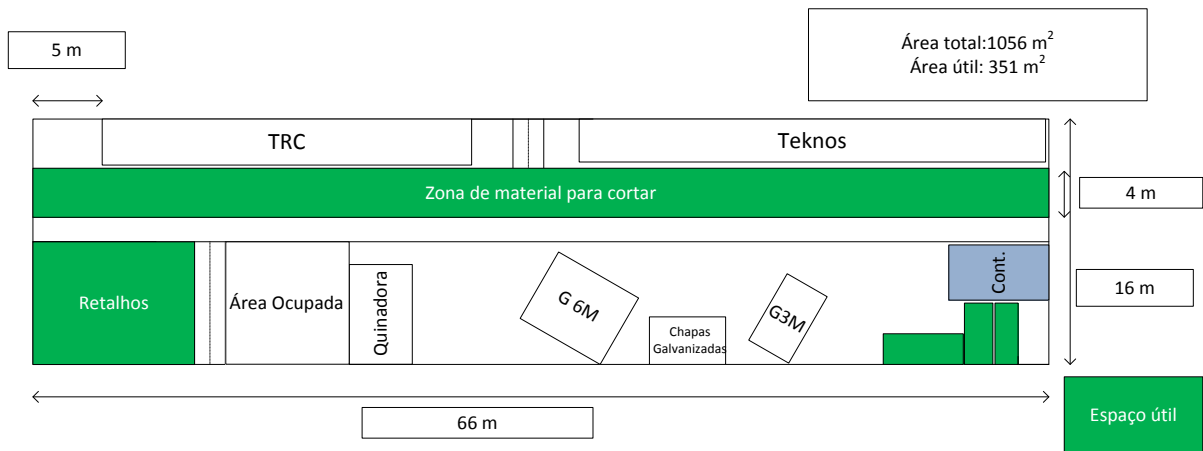


Figura 41 - Disposição *layout* CTC

Através da figura anterior podemos verificar que a zona marcada a verde é a área que é utilizada para a colocação de chapas e/ou retalhos. Existe uma área ocupada que poderia ser melhorada onde existem chapas galvanizadas rolos de bobine, por trás da quinadora. O contentor que está presente na figura corresponde ao local onde são depositados os restos das chapas que não poderão ser utilizados posteriormente. O contentor em questão, como proposta de melhoria será mudado de lugar, para obter mais espaço para a colocação de chapas.

Para a organização das chapas galvanizadas a melhor solução é a aquisição de uma espécie de armário para a colocação das chapas galvanizadas na horizontal, como a figura 42 mostra:



Figura 42 - Proposta de armário chapas galvanizadas

Uma vez que os suportes atuais possuem as mesmas dimensões que o armário consegue-se dispor todas as chapas com diferentes espessuras de uma forma rápida e de fácil acesso, ao contrário do que acontece atualmente. Uma outra vantagem é a fácil diferenciação das espessuras de chapas galvanizadas e com esta arrumação o espaço disponível aumenta, uma vez que as chapas que se encontram por trás da quinadora passariam para este armário.

Também um outro problema sentido pelos operadores é o corte de chapa proveniente das bobines, uma vez que não possuem o equipamento necessário para o corte encontrou-se o equipamento que se evidencia na imagem seguinte como uma ajuda providencial (Figura 43).



Figura 43 - Desenrolador de bobines

Com esta organização consegue-se obter o espaço necessário para a criação de uma zona só de material acabado, que é algo que não existe atualmente. Esta zona será criada num local onde existiam alguns retalhos anteriormente. Posto isto, é possível aumentar o espaço disponível para a colocação de chapas, como a figura 44 mostra.

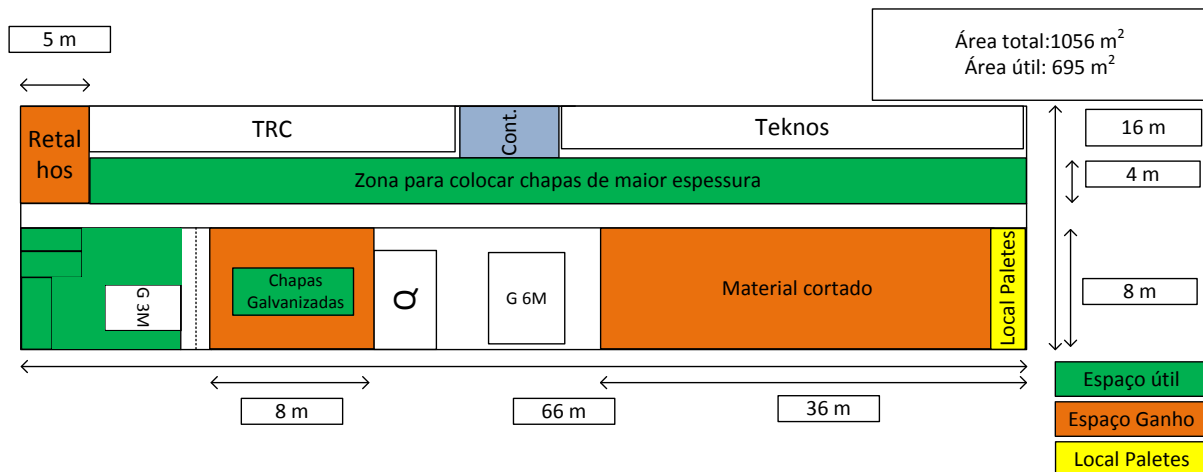


Figura 44 - *Layout* proposto CTC

Com esta nova disposição consegue-se aumentar o espaço disponível para a colocação e movimentação de chapas. A cor laranja é o espaço ganho que anteriormente estava ocupado e não estava a ser aproveitado da melhor forma, a cor amarela é o local para a colocação das paletes para o transporte das peças que são cortadas neste centro e a cor verde é o espaço para a colocação de chapas para corte. O contentor, para a colocação de sucata passa para uma porta lateral que se encontra entre as duas máquinas, que atualmente é pouco utilizada. O local destinado aos retalhos terá um suporte que dividirá as chapas, mediante a espessura, mas estão limitados à espessura máxima de 30 mm, devido ao equipamento de transporte existente na fábrica, mas isto não é um entrave uma vez que os produtos que têm uma maior saída são de espessura igual ou menor à limitação. Com a alteração da guilhotina de 3 metros para uma zona que se encontrava subaproveitada e com a rotação da guilhotina de 6 metros conseguiu-se ganhar um espaço de 36 metros de comprimento por 8 de largura. Com estas alterações

cria-se também um local para a colocação das paletes que são utilizadas para o transporte, ou seja, o operador quando vem buscar as peças simples já cortadas coloca lá as paletes vazias para posteriormente as utilizar. Por fim, também no mesmo espaço concebe-se uma zona só para material cortado, que antes não existia. Assim, o operador no transporte das peças consegue fazer a sua movimentação sem interferir com o trabalho dos operadores das máquinas de corte.

Para melhorar a organização, as marcações no chão e a sinalização de material são algo que não sendo de difícil execução, dá outra aparência ao chão de fábrica, dando a perceber, por exemplo, a alguém exterior à fábrica a que corresponde cada local por onde passa e de certo modo obriga o operador a manter sempre tudo ordenado.

Foi então proposta a delimitação das zonas das máquinas de corte, do local da colocação da matéria-prima e de produto acabado. Na figura 45 mostra exemplos para a delimitação:



Figura 45 - Exemplo de delimitação para o CTC

Também para o equipamento de uso comum foi proposto melhorar a gestão visual, de modo a que o operador saiba onde e o que colocar no local:

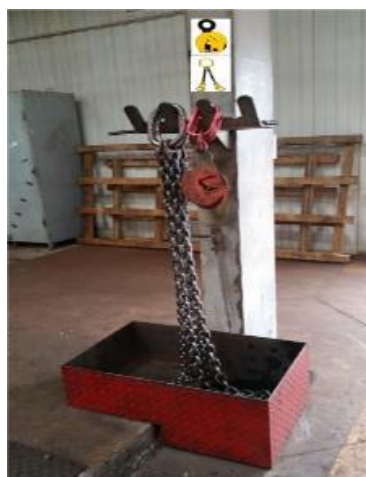


Figura 46 - Exemplo de gestão visual

Uma das vantagens das propostas é que passa a existir um local para cada tipo de material, nomeadamente passa a existir um local para a colocação de material para cortar, para colocar o material

que será mais tarde utilizado para corte e uma zona própria para a colocação de material pronto para o transporte para o mini armazém.

4.4.2 Centro de Transformação de Perfis

Os problemas neste centro passam pela acumulação de matéria-prima junto das máquinas e desorganização dentro do centro o que se traduz num aumento de tempo de transporte e movimentações. Neste local surge também a necessidade não só da delimitação dos espaços, como também a organização das máquinas e do local onde são colocados os perfis após o corte. Desta forma propôs-se a delimitação das máquinas de corte e das zonas para a colocação de material para corte. No que diz respeito ao local da colocação de material já cortado também se propõe delimitar a área e criar corredores de passagem para facilitar a circulação e o alcance do material pretendido pelo operador de logística encarregue do transporte, evitando assim que haja acidentes de trabalho.

No que diz respeito à punçionadora, também se propôs a delimitação da zona de retalhos complementado com a gestão visual, para facilitar ao operador a saber quais os retalhos de barras que tem disponíveis para corte.



Figura 47 - Exemplo de delimitações no CTP

4.4.3 Centro de Armação e Soldadura

Nestes dois centros existem uma grande acumulação de material nos corredores, material este que pode estar a aguardar para ser armado, já armado e a aguardar para ser soldado e material que já está finalizado, por parte da soldadura. Esta acumulação leva por vezes a que o operador que faz o transporte dos centros de soldadura para a zona de expedição não tenha perceção de qual o material que já esteja finalizado, o que leva à sua acumulação.

Assim, a melhor opção passa por delimitar zonas no corredor, junto aos postos de trabalho dos centros de armação, como a figura 48 traduz, para a colocação de material pronto para armar (lado direito) ou para material já armado (lado esquerdo), no que diz respeito aos centros de soldadura sugere-se a sinalização do corredor para a colocação de material já finalizado para ser transportado para a zona de expedição.



Figura 48 - Zona de colocação de material

Um outro parâmetro crítico é a desorganização das bancadas e dos postos de trabalho. Então, a ideia passa por delimitar três zonas: a da bancada de trabalho, da colocação da máquina de soldar e uma zona para a colocação de acessórios que auxiliem o trabalho do operador. Também se irá delimitar um corredor entre estas três últimas zonas descritas e os cavaletes para a passagem de pessoas, como a figura seguinte mostra (Figura 49).



Figura 49 - Delimitações no Posto de Trabalho

Estas delimitações têm como objetivo levar a que o operador mantenha tudo ordenado e evitar que exista material ou equipamento espalhado pelo seu posto de trabalho.

4.5 Alteração da rota de transporte das peças simples

Um dos problemas identificados inicialmente é o transporte desde o centro de transformação de chapa até ao mini armazém onde são colocadas as peças que serão posteriormente transportadas para o centro de armação. Atualmente o abastecimento é feito conforme a figura 50 demonstra.



Figura 50 - Rota de transporte

Como se pode verificar e como já foi referido, o transporte além de ser um percurso com uma distância considerável também é sempre realizado pelo exterior da fábrica. Assim, a matéria-prima depois de cortada é colocada perto do portão da frente, representado pelo retângulo vermelho e o responsável pela logística realiza o percurso representado pela linha verde e coloca-a no mini armazém representado pela cor laranja.

Através da análise das infraestruturas é possível otimizar o percurso e diminuir as distâncias percorridas, pelo que a proposta para o transporte das peças será o indicado na Figura 51:



Figura 51 – Proposta para a rota de transporte

Este percurso pode ser melhorado optando pelo uso de portões laterais onde se consegue reduzir consideravelmente a distância percorrida, não só pelo operador de logística para ir de encontro às peças simples como também estas últimas desde o CTC para o CA. O único entrave neste percurso é a altura dos portões, uma vez que a altura do empilhador que efetua o transporte é ligeiramente mais alto que a altura do portão. Desta forma, uma solução possível sem acarretar grandes custos passa por efetuar

rasgos nos portões para aumentar essa altura ou então comprar um empilhador mais baixo para o transporte.

São propostas duas soluções, podendo ser utilizadas as duas em simultâneo: a verde é utilizada pelo empilhador e a azul é utilizada através de guias para o transporte para o carretão, para ser transportado para o pavilhão ao lado e depois serem transportadas para os centros de armação. Esta rota em azul será mais utilizada quando se transportam chapas de grandes dimensões ou de difícil transporte por parte do empilhador.

Uma das vantagens destas propostas é que as peças serão sempre transportadas dentro de fábrica, para além da criação da zona destinada apenas ao material cortado localizada mesmo à entrada do portão lateral e afastado do material que seja para corte.

4.6 Quadro Visual

Esta proposta baseia-se em saber qual o estado de fabrico dos produtos em cada centro, uma vez que acontece frequentemente faltarem peças para os conjuntos o que obriga a produção a ficar parada à espera que as peças em falta fiquem disponíveis para prosseguir o seu trabalho.

Então foi elaborado um quadro com os vários centros para que os encarregados coloquem o estado de fabrico dos vários produtos. Este quadro que está dividido pelos vários centros e dentro dos centros de armação e soldadura está ainda especificado os setores a que cada produto está alocado.

A Figura 52 mostra um excerto do quadro:

Quadro Visual de Produção						
Em Espera	Centro de Transformação de Chapa	Em Espera/Concluído	Centro de Armação	Em Espera	Centro de Soldadura	Concluído
			SP		SP	
			SP2		SP2	
	Centro de Transformação de Perfis					

Figura 52 - Excerto do quadro visual

Para preencher o quadro, começando pela primeira transformação, os responsáveis pelos setores, CTC e CTP, ao fazerem a programação de corte e ao finalizarem colocam a identificação da obra e fase a que se destina, na coluna que se denomina “*em espera*” e os operadores de cada centro quando iniciarem o corte dão indicação que vão iniciar o corte, podendo ser de chapa ou perfis. Após este corte estar

finalizado retiram a informação do material que cortaram e colocam na coluna que se denomina “*em espera/concluído*”, podendo assim ter uma perceção do que está cortado e ainda em corte e/ou espera. Passando para a segunda transformação a armação sabe o que pode começar a fabricar, tendo em conta o que está disposto na coluna anterior, sabendo por defeito que só pode começar quando para a mesma obra e fase tanto as chapas e os perfis estão cortados. Quando isto acontece é dada a informação na coluna “*centro de armação*” que se vai dar início à montagem do produto e especifica-se também qual o setor. Finalizado o seu processo é colocado em outra coluna “*em espera*” e a soldadura quando terminar o produto em que está a trabalhar já sabe se pode ou não iniciar a próxima fase.

Com este quadro consegue-se ter a perceção de quais as obras que estão em fabrico e qual a sua evolução. Assim, quando existir alguma obra que seja prioritária conseguimos saber quais os setores que estão mais livres e alocar aí o material de modo que os produtos sejam fabricados mais rapidamente. No anexo XI pode ser consultado o quadro visual na íntegra.

4.7 *Layout* Proposto

Uma outra proposta é a alteração do *layout* para reduzir vários tipos de desperdício, principalmente no transporte. Para isso foi feita uma análise ABC aos produtos fabricados no ano transato para saber quais os produtos que são mais produzidos e requisitados pelo cliente. Para tal, foi solicitada a tonelagem fabricada para cada tipologia no ano passado para realizar a análise ABC, obtendo o seguinte resultado (Tabela 11):

Tabela 11 - Tonelagem total produzida

Tipo	Tonelagem			%	Acumulado	% Produtos	Acumulado	Classe
	Armação	Soldadura	Total					
Vigas	3390,0	2831,0	6221,0	49%	49%	6%	6%	A
VRS	1635,0	966,4	2601,5	21%	70%	6%	11%	
Pilares	635,7	789,2	1424,9	11%	81%	6%	17%	
VT	430,8	588,9	1019,7	8%	89%	6%	22%	
CS	156,2	288,8	445,0	4%	93%	6%	28%	B
A	255,4	132,6	388,1	3%	96%	6%	33%	
Tubos	109,0	120,1	229,1	2%	98%	6%	39%	
CV	38,7	44,6	83,3	1%	99%	6%	44%	
Guardas	35,8	44,4	80,2	1%	99%	6%	50%	
PRS	37,8	0	37,8	0%	99%	6%	56%	C
Madres	13,3	0,8	14,2	0%	100%	6%	61%	
R	12,3	0,0	12,3	0%	100%	6%	67%	
C	0	11,9	11,9	0%	100%	6%	72%	
Gabarit	0	9,5	9,5	0%	100%	6%	78%	
Escadas	4,7	3,7	8,4	0%	100%	6%	83%	
VP	3,1	3,5	6,6	0%	100%	6%	89%	

Caleiras	0	1,3	1,3	0%	100%	6%	94%
Treliças	0,2	0	0,2	0%	100%	6%	100%

Através da análise da tabela 11 podemos concluir que as tipologias que têm uma maior procura são as vigas, VRS, pilares e vigas treliças, que correspondem a cerca de 22% dos produtos e a 89% da tonelagem total produzida. De seguida os produtos B que correspondem a 50% dos produtos produzidos e corresponde a 99% da tonelagem total produzida. Os restantes produtos C perfazem os 100% do peso total fabricado. No anexo VII é apresentada a curva respeitante a esta análise.

Pela análise, os produtos A deverão merecer uma maior atenção para uma nova disposição do *layout*. De seguida está uma proposta para um novo *layout* (Figura 53), que visa a redução de distâncias percorridas pelos produtos, distâncias estas que se encontram na secção 5.2.

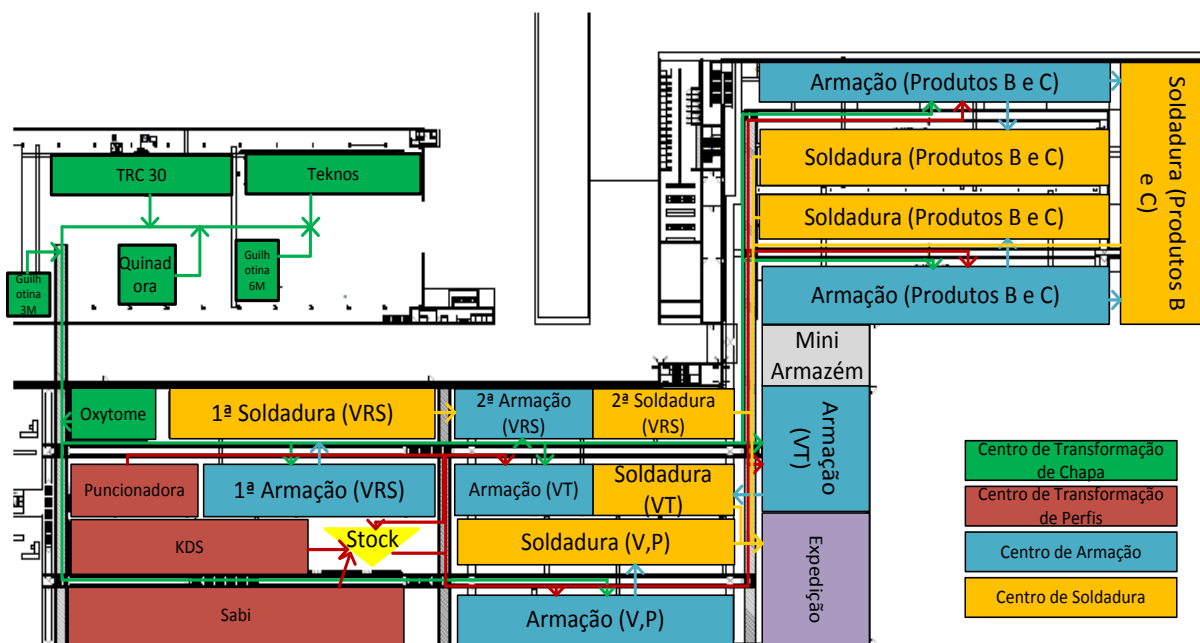


Figura 53 - *Layout* proposto sistema produtivo

4.8 WID

Apresentada uma proposta do *layout*, uma boa forma de perceber quais os ganhos e benefícios com estas alterações, tendo em consideração os produtos A, fez-se o WID novamente para cada setor. O objetivo destas alterações é diminuir as distâncias entre os centros de modo a diminuir os custos de transporte e também o esforço de transporte.

Para o cálculo do WID foram novamente medidas as distâncias para o *layout* proposto, para obter o cálculo do esforço de transporte.

Então para o centro de transformação de chapa fez-se o seguinte cálculo:

$$ET = DP * PDC = 185 * 7,62 = 1410,9 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia}$$

O WID obtido foi o representado na Figura 54:

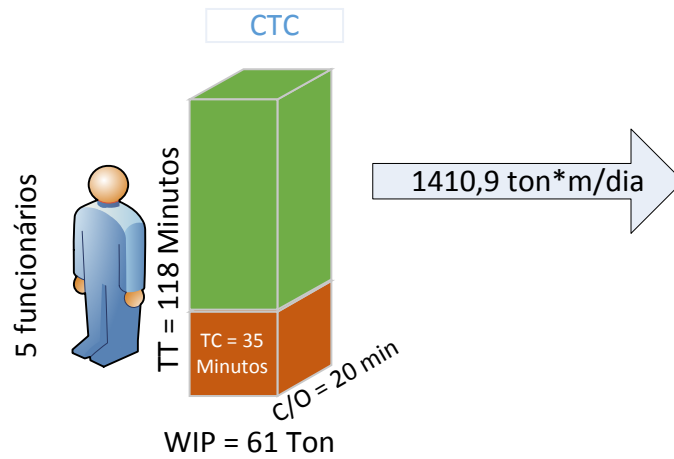


Figura 54 - WID layout proposta CTC

Para o CTP realizou-se o mesmo cálculo:

$$ET = DP * PDC = 56 * 13,1 = 733,1 \text{ ton} * m/dia$$

O WID obtido foi o seguinte (Figura 55):

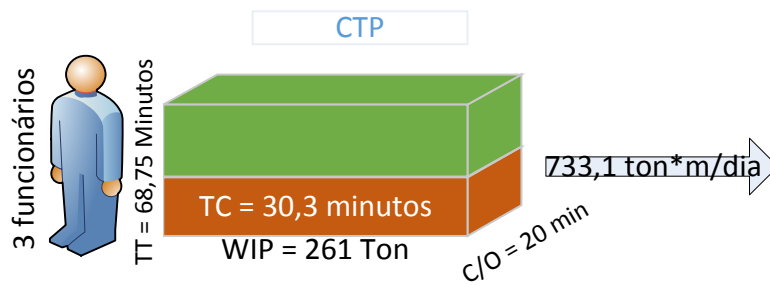


Figura 55 - WID layout proposta CTP

Para o centro de armação obteve-se o seguinte:

$$ET = DP * PDC = 47 * 19,75 = 928,3 \text{ ton} * m/dia$$

O WID obtido foi o seguinte (Figura 56):

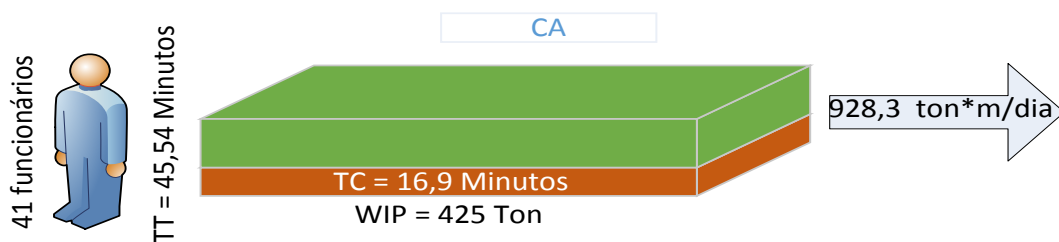


Figura 56 - WID layout proposta CA

Finalmente para o centro de soldadura:

$$ET = DP * PDC = 100 * 17,14 = 1714,4 \text{ ton} * \text{m}/\text{dia}$$

O WID obtido foi o seguinte (Figura 57):

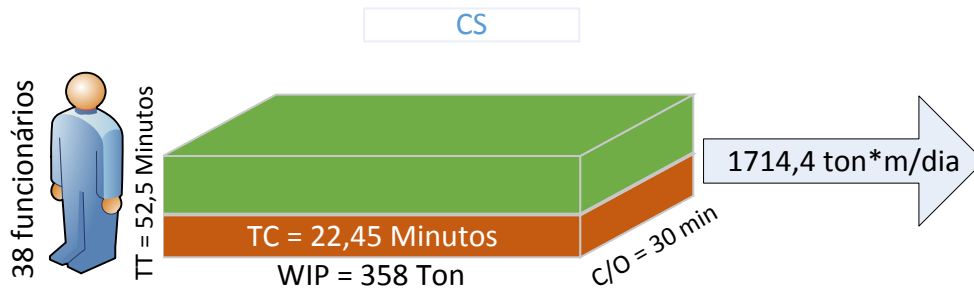


Figura 57 - WID layout proposta CS

Realizados todos os cálculos, o WID do layout proposto é o seguinte (Figura 58):

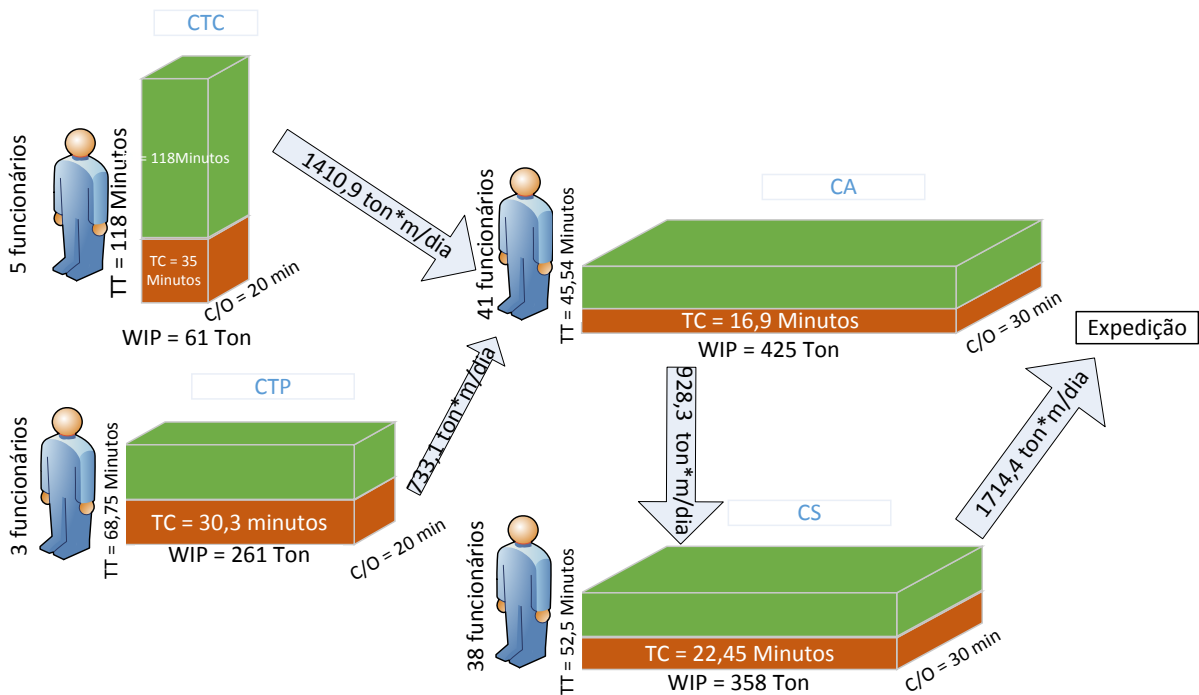


Figura 58 - WID layout proposto

A principal conclusão que podemos retirar através da análise do WID é que existe uma grande redução no esforço de transporte no que diz respeito aos “Produtos A”, devido à redução das distâncias percorridas.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das implementações e os possíveis ganhos caso as propostas de melhoria sejam implementadas.

5.1 Rota de abastecimento de material

Tal como indicado na secção 4.5 a rota de transporte do abastecimento de material poderá ser otimizado como foi demonstrado e como podemos verificar na figura 50 o trajeto desde o CTC até ao local onde são armazenadas corresponde a cerca de 500 metros.

Foi realizado o estudo para saber qual o ganho com a alteração da rota através do consumo de combustível do empilhador que faz o transporte das peças. Para este cálculo foi pedido ao responsável pelo setor da manutenção o custo/hora do empilhador. O resultado obtido representa-se na tabela 12:

Tabela 12 - Comparação custo estimado de rota

€/Hora Trabalho	2,59
€/Minuto	0,043167
Dias de Trabalho	340

	Tempo Trajeto (minutos)	Custo	Viagens/Dia	Custo/Dia	Custo/Ano	Ganho/Ano	Redução
Antes	4,5	0,19 €	24	4,66 €	1.585,08 €	-	-
Depois	2	0,09 €	24	2,07 €	704,48 €	880,60 €	56%

Com esta análise podemos verificar que caso seja realizada a alteração da rota é possível obter um ganho na ordem dos 880€ anuais apenas em combustível, sem contar com gastos de manutenção entre outras que serão também menores.

A figura seguinte mostra os portões já com os rasgos efetuados o que permite que o empilhador circule entre os dois centros evitando assim dar a volta anteriormente dada.



Figura 59 - Portões com os rasgos

5.2 *Layout* Proposto

Após a realização do WID para a análise do sistema produtivo e identificados os problemas surgiu a proposta da alteração do *layout*. Esta alteração recaiu sobre os “produtos A”, através da análise ABC realizada na secção 4.7. Como estes produtos são os que têm uma maior percentagem de tonelagem produzida, pretende-se a redução da distância percorrida pelos centros e consequentemente uma diminuição dos tempos de transporte, ou seja, um ganho em relação a dinheiro e tempo.

Esta redução de distâncias faz com que os operadores dediquem menos tempo às deslocações, o que interfere diretamente com o seu rendimento, pois aumenta o tempo disponível para acrescentar valor ao produto, reduz o tempo de movimentação, de transporte e diminuição de *Lead Time* dos produtos.

Após a alteração do *layout* foi elaborada a tabela 13, avaliando as distâncias entre os centros de transformação antes e depois das alterações propostas de modo a quantificar o ganho, no que diz respeito às distâncias:

Tabela 13 - Distâncias aos centros produtivos

Distâncias (metros)	<i>Layout</i> Atual	<i>Layout</i> Proposto	Redução
CTC → CA	632	185	71%
CTP → CA	145	56	61%
CA → CS	54	47	13%
CS → ZE	120	100	17%

Estas alterações têm um impacto direto no que diz respeito ao esforço de transporte, como se pode verificar no WID. A tabela 14 mostra qual a redução no que se refere ao esforço de transporte relativo aos “Produtos A”. Este esforço de transporte está traduzido no WID na secção 4.8.

Tabela 14 - Ganhos totais estimados com a alteração da rota

	Esforço de transporte			
	<i>Layout</i> Atual (ton*m/dia)	<i>Layout</i> Proposto (ton*m/dia)	Redução (ton*m/dia)	Redução
CTC → CA	4815	1410,9	3404,1	71%
CTP → CA	1898	733,1	1164,9	61%
CA → CS	1066	928,3	137,7	13%
CS → ZE	2057	1714,4	342,6	17%
			Σ 5049,3	

5.3 Organização CTC

As propostas referidas na secção 4.4.1 têm como consequência um ganho de espaço dentro do centro de transformação de chapa.

Com as alterações propostas criaram-se zonas próprias para a colocação de material para cortar, já cortado e dos retalhos, zonas que não existiam anteriormente.

Com a alteração do local da guilhotina para um local que anteriormente não se encontrava a ser devidamente aproveitado e uma melhor organização dos retalhos é possível criar uma zona destinada apenas para o material já cortado que posteriormente será transportado para o mini armazém.

Os retalhos também sofreram uma melhoria a nível visual, uma vez que os suportes em que são colocados encontram-se agora identificados com a espessura das chapas, para que o operador saiba onde colocar cada uma, em vez de as sobrepor. A figura 60 mostra como ficariam os suportes:



Figura 60 - Identificação da espessura dos retalhos

Com estas novas propostas consegue-se reduzir os tempos de procura e transporte e permitem um aumento no espaço útil tanto na organização do centro na parte superior, como demonstra a tabela 15 como no que diz respeito ao fosso descrito na tabela 16:

Tabela 15 - Espaço ganho estimado no CTC

	Antes	Depois	Ganho
Espaço Total (m²)	1056	1056	-
Espaço Útil (m²)	351	695	33%
Tempo de Transporte (min)	>15	<8	54%

Através da análise da tabela anterior podemos concluir que existe um ganho de 33% de espaço útil para a colocação de chapas para corte, de retalhos e de peças simples para serem transportadas para o centro de armação. Os tempos de transporte também são diminuídos, uma vez que com a aquisição da patola é de mais fácil transporte a chapa por parte do operador, que anteriormente era realizado através de um íman de grande porte.

Tabela 16 - Espaço ganho estimado no Fosso

	Antes	Depois	Ganho
Espaço Total (m²)	344	344	-
Espaço Útil (m²)	96	318	70%

O conceito *Lean* orienta-nos a que o espaço seja reduzido ao máximo, mas neste caso o aumento de espaço útil é essencial para uma melhor organização do centro, uma vez que o material trabalhado é de grandes dimensões. Neste caso torna-se fundamental o aumento do espaço disponível, com a remoção de material e equipamentos presentes em áreas que são necessárias para a colocação de material.

Com estas alterações no centro de transformação de chapa e no fosso, conseguimos ter uma melhor facilidade de transporte e um melhor fluxo de material pelo centro.

Na Figura 61 mostra o estado final do fosso após a implementação das propostas.



Figura 61 - Estado do fosso atual

5.4 Outras Propostas

Nesta secção irá ser abordada a análise e a discussão de outras propostas, nomeadamente na organização de armazéns e as delimitações dos centros.

5.4.1 Organização dos armazéns

Para a organização do armazém de chapa, como referido na secção 4.1, foi alterada a ordem da colocação das chapas. Com estas alterações é expectável que os seus tempos de transporte sejam reduzidos, uma vez que as chapas que têm uma maior procura estão mais perto das máquinas para o corte. Com a alocação de cada espessura a um determinado local diminuiram-se os tempos de transporte, nomeadamente na remoção de chapas que estão sobrepostas sobre a pretendida. É expectável também, uma vez que atualmente não há nenhum tipo de informação visual que identifique qual a espessura a que corresponde cada chapa, que os tempos de procura de chapa diminuam.

No armazém de perfis com a criação de zonas para cada obra e fase há uma maior organização no material que vai entrar para corte, uma vez que o responsável pelo seu transporte já sabe, quando

necessitar de fazer o transporte, onde se encontra o material. O mesmo acontece com os retalhos, em que o material que não é consumido na totalidade é colocado na zona destinada, estando esta identificada com o tipo de material, qualidade e espessura.

5.4.2 Delimitações

Com as delimitações nos centros espera-se que a sua organização aumente e seja fácil a perceção de quais os produtos que estão ainda em espera para ser trabalhados e os que estejam já finalizados. Como consequência a quantidade de material nos centros de armação e soldadura irá diminuir, uma vez que o responsável pelo seu transporte para a zona de expedição como para de armação irá ter uma melhor noção de quando o produto está finalizado ou não. Anteriormente o operador teria de se deslocar até aos produtos para saber, quando agora basta verificar se está ou não algum produto no corredor associado.

5.4.3 Quadro Visual

Com a implementação do quadro visual no departamento de produção industrial todos os encarregados e responsáveis de cada setor podem conhecer qual o estado de cada fase de obra. Assim, os encarregados não perdem tempo a perguntar aos responsáveis dos centros de corte se a matéria-prima já está pronta, basta verificar no quadro em que setor se encontra a fase pretendida.

Com estas alterações do quadro ganha-se tempo que era gasto pelos responsáveis de cada centro para saber qual o estado da fase, assim como qualquer pessoa que entre no departamento de produção industrial consegue saber como e o que a fábrica está a produzir.

A figura 62 mostra o quadro visual implementado no departamento de produção industrial:

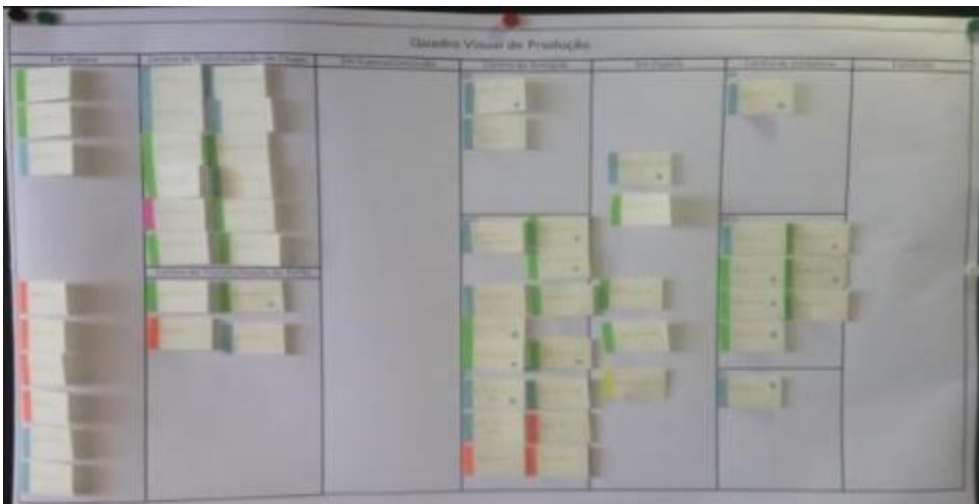


Figura 62 - Quadro Visual de Produção

No quadro, cada obra está diferenciada por cores, a título de exemplo a cor verde corresponde a uma obra e a azul a outra. Devido à possibilidade de a mesma obra estar a ser armada e soldada em simultâneo, porque as obras têm vários conjuntos, há a hipótese de conjuntos já estarem armados e já

estarem a ser soldados. Para não existir confusão, delineou-se que quando as obras se encontram em simultâneo no mesmo centro o papel referente a essa obra está anotado com um círculo.

Se uma das vantagens deste quadro é ter uma melhor perceção do que está a ser produzido na fábrica outra é a possibilidade de conhecer qual e que quantidade de trabalho que está em espera para ser trabalhado, de modo a evitar gargalos e demorar mais tempo do que o delineado para a produção dos conjuntos.

5.4.4 Bebedouros

Tal como foi proposto na secção 4.3.3, o fabrico de suportes para colocar na parte inferior dos bebedouros, agora é apresentado o resultado da sua implementação. Como a figura 63 mostra, agora é mais fácil manter o local limpo, valorizando o espaço.



Figura 63 - Bebedouro (Antes e depois)

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste projeto consistia na implementação de *Lean Manufacturing* para identificar e reduzir/eliminar desperdícios. Para isso numa fase inicial foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o pensamento Lean onde são descritas as suas origens, princípios e ferramentas, de modo a fundamentar a realização deste projeto.

Assim, feita a revisão bibliográfica foi realizada uma análise ao sistema produtivo, que passou pela elaboração de um plano de observações para perceber qual a percentagem do tempo gasto pelos operadores em cada atividade, foi também realizado o WID de modo a complementar o plano de observações e ainda a identificação dos desperdícios mais relevantes.

Ainda na análise do sistema produtivo foi também elaborada uma check-list de modo a avaliar os postos de trabalho, ou seja, tentar perceber se estavam organizados e quais os seus principais problemas. Após estas análises foi elaborada uma tabela síntese onde era explicado qual o problema sentido, o centro e quais as possíveis consequências.

Com a análise WID foi possível propor um novo layout de modo a diminuir os desperdícios identificados. Para isso, foi feita uma análise ABC para conhecer quais os produtos com mais procura na empresa, sendo considerados os produtos A, de modo a colocá-los numa posição estratégica para que não estejam sujeitos a percorrer grandes distâncias.

Para diminuir estas distâncias foi também proposto uma nova rota de transporte, desde o CTC até aos centros de armação uma vez que a rota que era efetuada não seria a mais indicada, propôs-se uma nova rota que diminui as distâncias em mais de 50%.

A análise ABC foi também realizada para a organização dos armazéns tanto de chapa como de perfis e foi proposto uma nova disposição para estes armazéns de modo a eliminar tempos de procura e de transporte de material.

Os postos de trabalho também foram alvos de melhoria, onde foram propostas novas bancadas de trabalho para que o operador não perca tanto tempo em movimentações bem como redimensionados novos cavaletes, uma vez que os existentes já estavam em mau estado e colocavam em risco a segurança do operador. Os bebedouros existentes também foram alvo de intervenção, sendo colocado um suporte para que a sua limpeza seja facilitada e se evite a acumulação de água no chão.

Ao chão de fábrica do sistema produtivo foi proposto a sua delimitação, isto é, a criação de zonas para a colocação de material para ser trabalhado e já finalizado, de matéria-prima para ser transportada para os centros de armação e também a delimitação dos postos de trabalho.

No que diz respeito ao CTC foi também proposta uma nova disposição do equipamento e criação de zonas para a colocação de material já cortado. Desta feita, conseguir-se-ia mais espaço disponível, vital para a movimentação de cargas neste centro, representando um ganho de 33% no espaço. Também uma

zona que se encontrava subaproveitada, o fosso, foi alvo de melhorias, sendo proposta uma nova disposição de modo a colocar os retalhos das chapas que não são totalmente consumidas. Com estas alterações conseguiu-se aumentar o seu espaço aproveitado em mais de 70%. Foi ainda criado um acessório para colocar nos retalhos de modo a evitar que o operador perca tempo a separar as chapas e apenas tenha que encaixar o acessório para o seu transporte. Neste local foi também utilizada a gestão visual, uma vez que foi proposta uma disposição para cada espessura de retalhos. A gestão visual também foi utilizada na identificação do equipamento de uso comum, uma vez que esta não existia nos centros e foi proposta uma forma para que o operador conheça o lugar de cada equipamento.

Por fim, foi criado um quadro visual de produção, no departamento de produção, onde se tem acesso à evolução de todas as obras em curso. Deste modo, consegue-se perceber qual, o estado e as obras que ainda estão em espera para entrar no fabrico e escalonar o trabalho.

A implementação das propostas que ainda não foram realizadas deverá ser acompanhada continuamente e com reuniões e avaliações periódicas. Com a sua implementação é possível diminuir os desperdícios identificados, de modo a tornar o sistema produtivo mais eficiente e aumentar a capacidade de produção tornando a empresa ainda mais competitiva relativamente à sua concorrência.

Para além do trabalho realizado sugere-se o cálculo do OEE dos equipamentos do centro de transformação de chapa. Também seria importante a implementação de outra ferramenta Lean tal como o SMED de modo a identificar que atividades poderão ser feitas com máquinas em funcionamento e tentar reduzir os tempos de setup tanto das máquinas como de outros equipamentos.

Na realização deste projeto foram sentidas algumas dificuldades nomeadamente na obtenção de dados e informação necessária para a sua análise, mas pode-se afirmar que os objetivos inicialmente propostos foram alcançados, com os resultados apresentados, nomeadamente na redução de desperdícios em vários locais da empresa.

BIBLIOGRAFIA

- 4LEAN. (15 de 03 de 2016). *4LEAN*. Obtido de 4LEAN: http://www.4lean.net/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=67&lang=pt
- Almeida, F. (2012). Implementação de princípios e ferramentas de produção lean na secção de acabamentos de uma empresa de peças metálicas para automóveis
- Almeida, J. R. (2013). *Otimização de uma Célula de Pré-Montagem na Bosch Termotecnologia, S.A. Porto.*
- Amor, J. M. (2013). *Aplicação de princípios de Lean Manufacturing numa empresa de metalomecânica pesada.*
- Amorim, P. M. (2014). *Análise e aplicação de técnicas Lean na produção de transformadores do tipo Shell.* Guimarães.
- Arbós, L. (2002). Design of a rapid response and high efficiency service by Lean Production principles: Methodology and evaluation of variability of performance. *International Journal Production Economics* 8, 169-183.
- Arezes, P. M. (2014). *Ergonomia e Antropometria Aplicada. Ergonomia e Antropometria Aplicada.* Guimarães, Portugal.
- Benson, R., & Kulkarni, N. (2011). *Understanding Operational Waste from a Lean Biopharmaceutical Perspective.* Pharmaceutical Engineering.
- Carvalho, D. (2015). *Ferramentas Lean. Gestão Visual.* Portugal.
- Carvalho, J. D., & Sousa, R. (2013). *Organização de Sistemas de Produção II. Waste Identification Diagram.* Portugal.
- Carvalho, J. M. (2002). *Logística.* Lisboa: Edições Silabo.
- Chalice, R. (2007). *Improving Healthcare Using Toyota Lean Production Methods: 46 Steps Improvement.* ASQ Quality Press.
- De Rolt, M. (1998). *O uso de indicadores para a melhoria da qualidade em pequenas empresas. Dissertação de Mestrado.* Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ebah. (21 de 04 de 2016). *ebah.* Obtido de ebah: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAI3kAA/curva-abc?part=2>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233-249.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 46-64.
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace.* Productivity Press.

- Hodge, G., Goforth Ross, K., Joines, J., & Thoney, K. (2011). Adapting Lean Manufacturing principles to the textile industry. Em *Production Planning and Control* (pp. 237-247).
- Iida, I. (1997). *Ergonomia: processo e produção*. São Paulo: Edgar Blucher.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense Low-Cost Approach to Management*. McGraw-Hill Professional.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. McGraw-Hill Education.
- International Ergonomics Association. (09 de 05 de 2016). Obtido de International Ergonomics Association: <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- Lakatos, E., & Marconi, M. (2010). *Fundamentos de Metodologia Científica*. Atlas.
- Moderna. (13 de 4 de 2016). *Moderna - Centro de Formação Profissional*. Obtido de Moderna: [http://www.modernacfp.com.br/site/artigos/2013/01/checklist_para_o_programa_5s_\(baixe_o_modelo\)](http://www.modernacfp.com.br/site/artigos/2013/01/checklist_para_o_programa_5s_(baixe_o_modelo))
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. Obtido em 17 de 12 de 2015, de <http://web.net/robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production system: beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.
- Pietro, L. D., Mugion, R., & Renzi, M. (2013). *An Integrated approach between Lean and customer feedback tools: An empirical study in the public setor*. Total Quality Management & Businedd Excellence.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel.
- Plenert, G. (2007). *Reinventing Lean: Introducing Lean Management Into the Supply Chain*. Butterworth-Heinemann.
- Romero, F. (2015). Métodos de Investigação. *Revisão crítica da literatura*. Portugal.
- Sá, J. C., Carvalho, J., & Sousa, R. (2011). *Waste Identification Diagrams*.
- Sousa, E. D. (2015). *Aplicação de ferramentas Lean e gestão da manutenção numa metalomecânica*.
- Sousa, R. M. (2015). *5S. 5S*. Portugal.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota Production System and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 553-564.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J.P., & Jones, D., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 2ªedição. New York: Free Press
- Womack, J., Roos, D., & Jones, J. (1990). *The machine that changed the world*.

ANEXO I – PLANO DE CORTE DE CHAPA



	Obra					
	Ref Chapa	40-S355J2_092-01MO				
	Maquina	Tecol TRC	Material		S355J2	08-09-2016 10:17:34.00
	Prg nº	TRS11709	12010 x 2070	x 40	Quantidade	1
						
Peso de chapa original	7676.566	kg	Aproveitamento %	78.769		
Comprimento (X)	11823.9		% desperdício do retalho	88.12		
Largura (Y)	1934.6		Rendimento %	89.388		
Peso de chapa util	7188.088	kg	Peso conjunto de chapas	6046.754		
Tempo total de corte	07:16:28.70		Area conjunto de chapas	19.242		
Início produção (h:m)				Fim produção (h:m)		
#	Referência	Chapa	Total	Faltam	Peso	Dimensões
310C	6351_B53F6_3Bysteel	2	2	0	603.777	3876.99 x 500
313C	6403_B53F6_3Bysteel	1	2	0	366.587	2390 x 500
299C	32_B53F6_3Bysteel	1	1	0	83.849	548 x 500
313C	6399_B53F6_3Bysteel	1	1	0	1768.214	11283.99 x 500
313C	6401_B53F6_3Bysteel	1	1	0	1769.715	11283.99 x 500
317C	6491_B53F6_3Bysteel	8	8	0	38.012	1230 x 110
316C	6475_B53F6_3Bysteel	4	4	0	106.945	1230 x 300
310C	6349_B53F6_3Bysteel	1	1	0	116.935	777.5 x 500
(1)0						

Figura 64 - Plano de Corte de Chapa

ANEXO II – PLANO DE CORTE DE PERFIS

O.F.	1030156 HEB120 S275JR EN10025			Layout - Details
Material	HEB120 S275JR EN10025			Pág. 1 de 1
Obra	BY0061-PF1.01B + 3.06(F)			08-09-2016
Modelo 1 de 3		Matéria-Prima : 9044 RQA10012 - (9000)		
Executar Modelo : 1x		Aproveitamento : 98,14 % (1,86 %)		
Peça	Comprimento	X-coord	Data:	Verificado por:
Pr.66	7353	35		
Pr.224	524	7391		
Pr.224	524	7918		
Pr.76	432	8445		
Sobra	85	8880		
Modelo 2 de 3		Matéria-Prima : 15000 - (15000)		
Executar Modelo : 5x		Aproveitamento : 98,04 % (1,96 %)		
Peça	Comprimento	X-coord	Data:	Verificado por:
Pr.66	7353	35		
Pr.66	7353	7391		
Sobra	218	14747		
Modelo 3 de 3		Matéria-Prima : 15000 - (15000)		
Executar Modelo : 1x		Aproveitamento : 61,77 % (38,23 %)		
Peça	Comprimento	X-coord	Data:	Verificado por:
Pr.66	7353	35		
Pr.77	679	7391		
Pr.937	617	8073		
Pr.937	617	8693		
Sobra	5652	9313		

Your Company Name here

Cut-IQ Lineal Cutting Optimizer - MagicLogic Optimization Inc. - www.magiclogic.com

Figura 65 - Plano Corte de Perfis

ANEXO III – DESENHO TÉCNICO E MODELAÇÃO DO CAVALETE

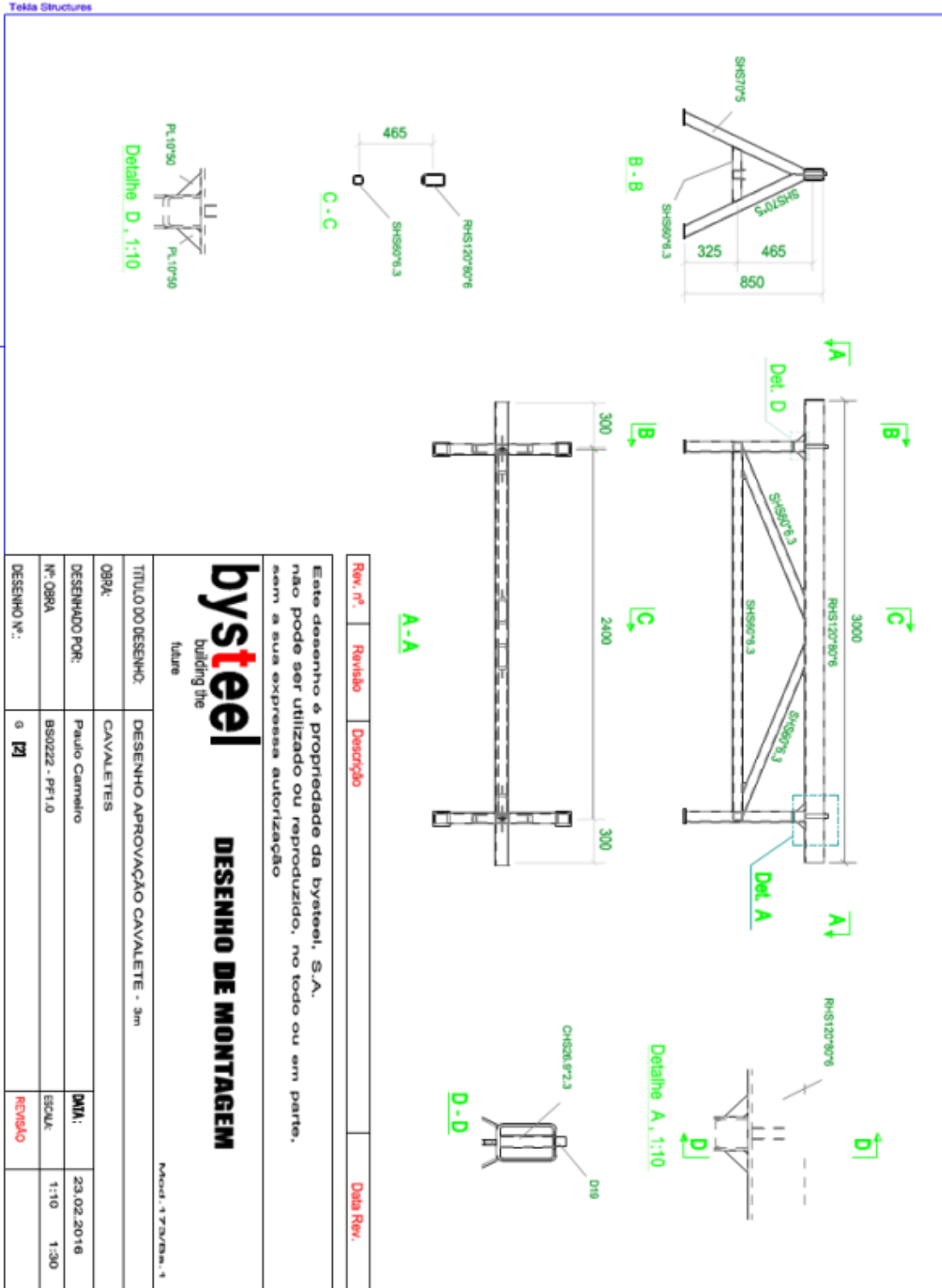


Figura 66 - Desenho técnico e Modelação do Cavalete

ANEXO IV – CHECK-LIST 5S

Tabela 17 - Check-List

Lista de Verificação dos 5S			Local:	Data:		Nota:	/100	
					Anterior:		/100	
5S	Nº	Item verificado	Critérios de Avaliação	0	1	2	3	4
				Péssimo	Mau	Razoável	Bom	Excelente
Ordenar	1	Informação e materiais	Existem materiais desnecessários espalhados pelo posto de trabalho.					
	2	Máquinas e equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos são usados regularmente.					
	3	Ferramentas	Todas as ferramentas são regularmente. Existem ferramentas espalhadas pelo posto de trabalho.					
	4	Zonas de resíduos	Existe um local próprio para os resíduos da área.					
	5	Disciplina	Os materiais de uso comum depois de utilizados são colocados no sítio destinado.					
				Resultado: /20				
Organizar	6	Controlo Visual	Todos os equipamentos e materiais necessários estão claramente identificados.					
	7	Locais de armazenagem	Existem locais dedicados à armazenagem de ferramentas/materiais.					
	8	Arquivo	Existe uma zona claramente identificada para arquivo de documentação.					
	9	Layout	A arrumação de equipamentos e ferramentas está bem organizada.					
	10	Equipamentos e materiais	Equipamentos e materiais organizados e de fácil acesso.					
				Resultado: /20				
Limpeza	11	Riscos	Existem fios de eletricidade espalhados pelo chão ou desorganizados pela parede.					
	12	Piso, corredores	O piso e os corredores estão sempre limpos.					
	13	Máquinas e equipamentos	As máquinas são mantidas limpas.					
	14	Posto de trabalho	O posto de trabalho está limpo.					
	15	Limpeza habitual						

Implementação de *Lean Manufacturing* numa empresa de metalomecânica pesada

		Varrer e limpar são consideradas atividades habituais.					
			Resultado: /20				
Normalização	16	Instruções de trabalho	Estão criadas instruções de trabalho para as operações relevantes.				
	17	Gestão Visual	As normas estão visíveis e são do conhecimento de todos.				
	18	Ordenação	São realizadas boas práticas de ordenação.				
	19	Organização	São realizadas boas práticas de organização.				
	20	Limpeza	São realizadas boas práticas de limpeza.				
			Resultado: /20				
Sustentabilidade	21	Cumprimento de regulamentos	Todos os regulamentos são respeitados rigidamente e há atualização das normas.				
	22	Manutenção	Realização de atividades de manutenção da condição do posto de trabalho.				
	23	Regras	Há regras de forma a assegurar que as melhorias introduzidas são mantidas.				
	24	Iluminação	A iluminação é apagada depois de abandonar o local.				
	25	Sustentar	Assegurar que as alterações são mantidas.				
			Resultado: /20				
							Total: /100

ANEXO V – CURVA ABC RESPEITANTE À QUANTIDADE DE CHAPA

Com a elaboração da Tabela 9, presente no capítulo 4.1, foi possível determinar quais as espessuras de chapas que são mais requisitadas. Na figura seguinte mostra a curva ABC respondente.

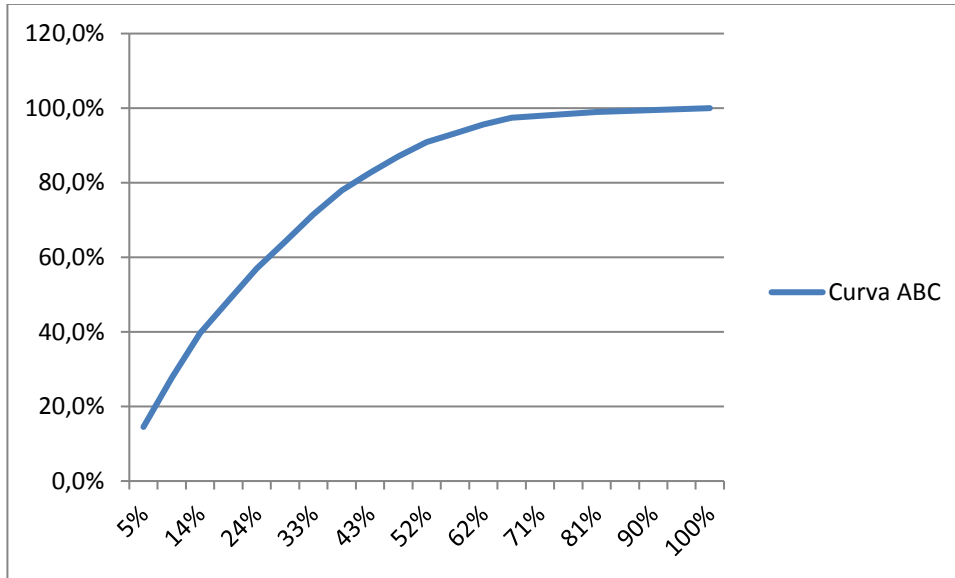


Figura 67 - Curva ABC quantidade de chapa comprada

ANEXO VI – CURVA ABC RESPEITANTE À QUANTIDADE DE PERFIS

Com a elaboração da Tabela 10, presente no capítulo 4.1, foi possível determinar qual a tipologia de perfis que são mais requisitadas. Na figura seguinte mostra a curva ABC respondente.

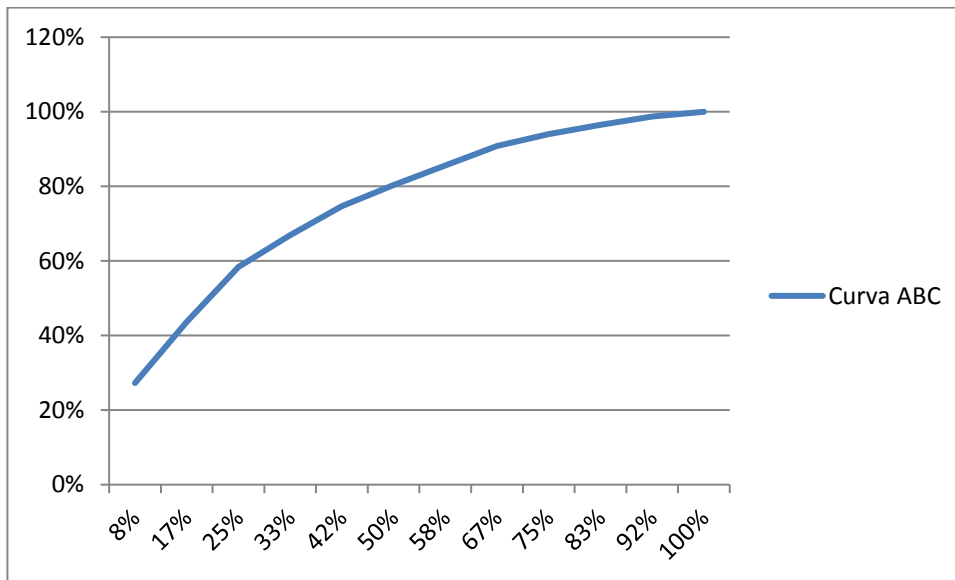


Figura 68 - Curva ABC quantidade de perfis comprada

ANEXO VII – CURVA ABC RESPEITANTE À TIPOLOGIA FABRICADA

Com a elaboração da Tabela 11, presente no capítulo 4.7, foi possível determinar quais as espessuras de chapas que são mais requisitadas. Na figura seguinte mostra a curva ABC respondente.

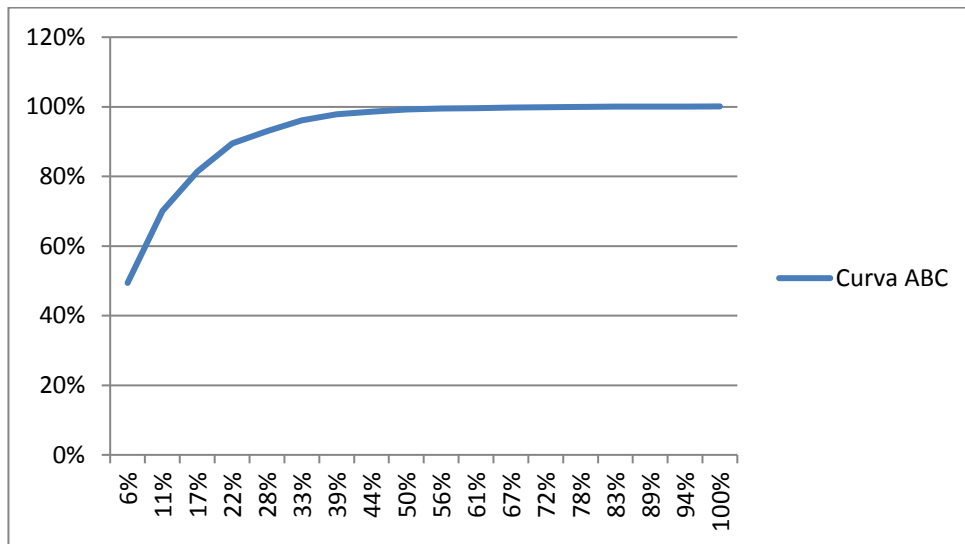


Figura 69 - Curva ABC da tipologia fabricada

ANEXO VIII – DIMENSIONAMENTO GRAMPO

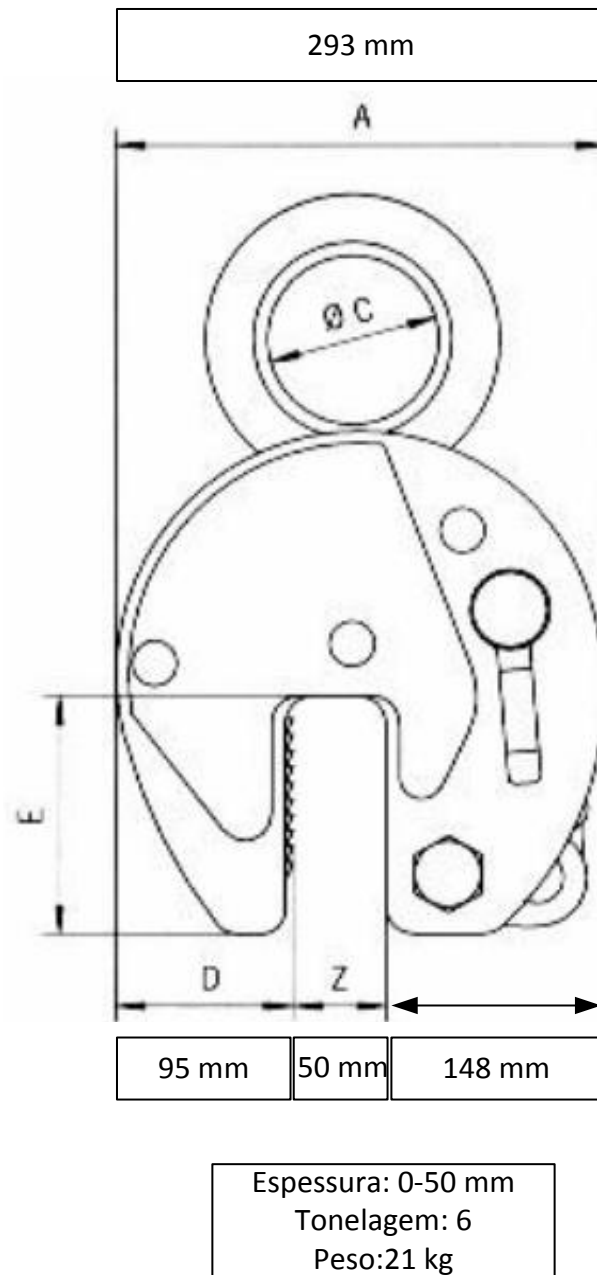


Figura 70 - Dimensões Garra

ANEXO IX – BANCADAS DE TRABALHO

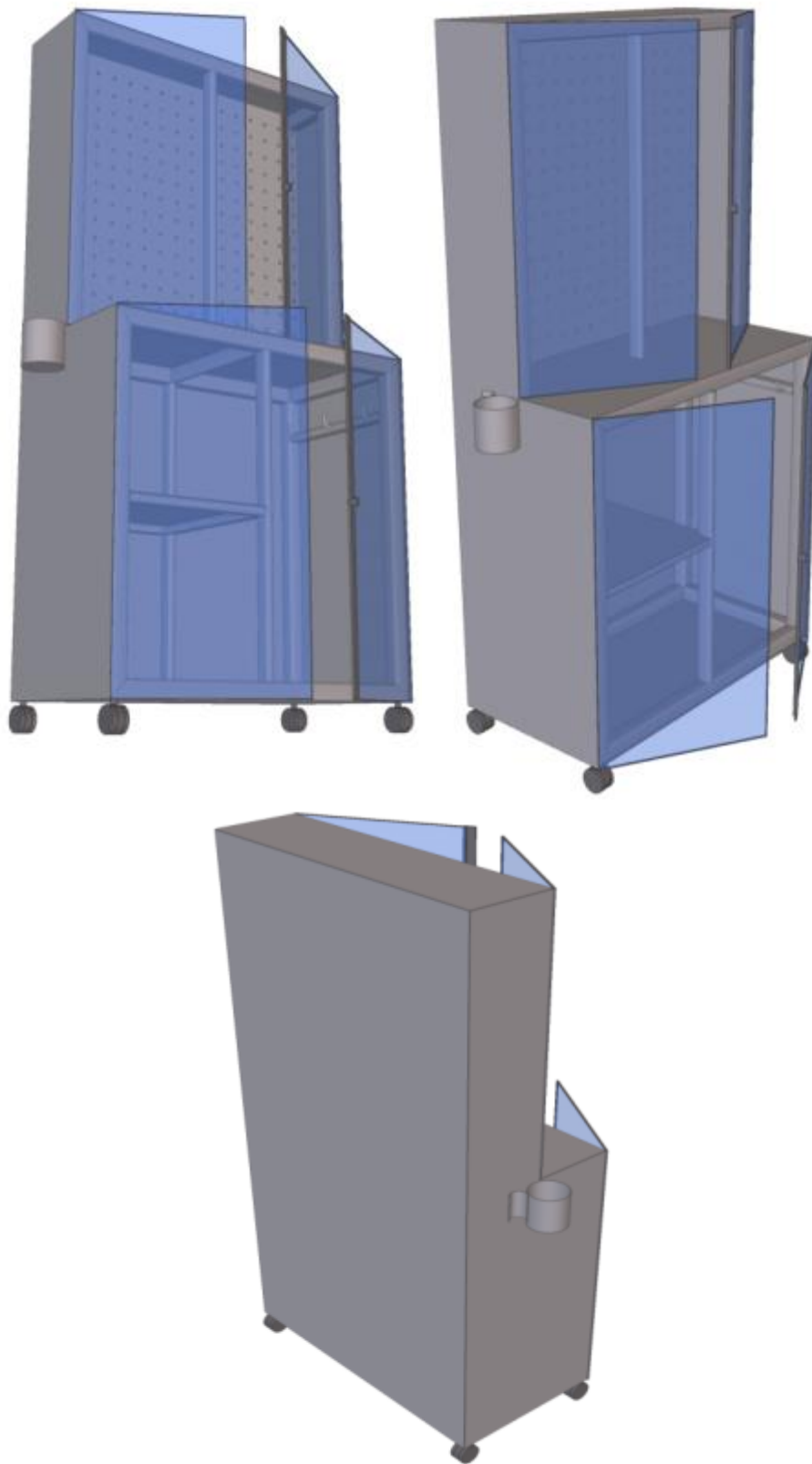


Figura 71 - Bancadas dos postos de trabalho propostas

ANEXO X – ESBOÇO DE DELIMITAÇÕES

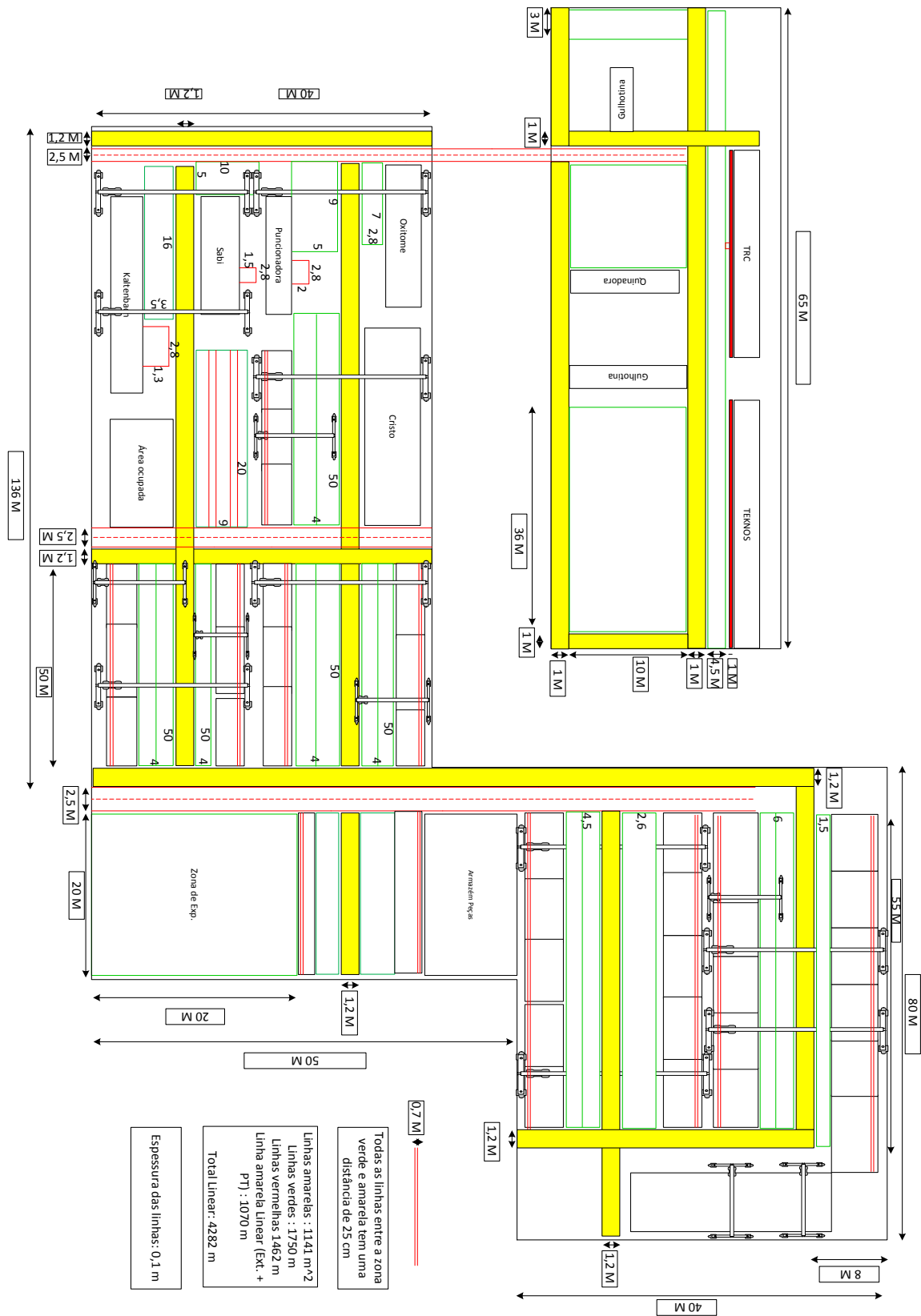


Figura 72 - Esboço para delimitação do chão de fábrica

ANEXO XI – QUADRO VISUAL

Em Espera			
CTC			
	CTP		
Em Espera/Concluido			
SP	CA	SP2	SL
Em Espera			
SP	CS	SP2	SL
Concluido			

Figura 73 - Quadro Visual de Produção