



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* da Linha de Produção e Armazém para a Jalusteel S.A.

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos  
Mecânicos

Autor

**Rafael Alexandre Rodrigues da Silva**

Orientador

**Professora Doutora Cândida Maria dos Santos Pereira Malça**

Supervisor na empresa Jalusteel, S.A.

**Engenheiro Pedro Freitas e Arquiteto Hélder Sampaio**

Coimbra, janeiro de 2024



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA



Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* da Linha de Produção e Armazém para a  
Jalusteel S.A.

## RESUMO

No âmbito da unidade curricular Projeto - Estágio – Dissertação, do Mestrado em Engenharia Mecânica com especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, foi desenvolvido um estágio na empresa Jalusteel, S.A.. A empresa é especializada na fabricação de caixilharia de alumínio, estruturas metálicas e revestimento de fachadas.

O presente relatório de estágio tem como foco primordial o desenvolvimento e otimização do *layout* da área de produção e de armazém na Jalusteel.

Portanto, este relatório identifica e detalha todas as fases da criação do layout, como os problemas iniciais. Descreve os esforços empreendidos para superar os desafios, apresentando um novo *layout* estrategicamente planeado para melhorar a eficiência operacional, priorizando a organização, a segurança e a funcionalidade da empresa.

Para além das atividades previstas, neste relatório de estágio são ainda retratados outros trabalhos desenvolvidos no decurso do estágio na empresa Jalusteel, S.A., nomeadamente o estudo e dimensionamento dos revestimentos de fachadas e todo o processo de produção decorrente, como a preparação da obra, a encomenda do material, o processo de mecanização.

**Palavras-Chave:** *Layout* de produção, manutenção industrial, revestimento de fachadas.

## **ABSTRACT**

In the scope of the unit Project - Internship - Dissertation, of the Master's Degree in Mechanical Engineering with specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment, of the School of Engineering of the Polytechnic of Coimbra, an internship was carried out at the Jalusteel, S.A. company. The company is specialized in manufacturing of aluminum frames, metal structures and facade cladding.

This internship report has as its primary focus the development and optimization of the layout of the production and warehouse area at Jalusteel.

Therefore, this report identifies and describes all the phases of layout creation, such as initial problems. It describes the efforts undertaken to overcome the challenges, presenting a new layout strategically planned to improve operational efficiency, prioritizing the organization, security and functionality of the company.

In addition to the planned activities, this internship report also portrays other work carried out during the internship at the company Jalusteel, S.A., namely the study and dimensioning of facade coverings and the entire resulting manufacturing process, such as the work preparation, the material ordering, and the mechanization process.

**Keywords:** Layouts optimization, industrial maintenance, facade ventilated.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Cândida Malça. Foi um privilégio trabalhar e aprender consigo neste último ano. Agradeço a partilha de conhecimento, a disponibilidade e a ajuda, mas sobretudo agradeço a paciência. Estou muito grato por tudo o que me ensinou!

Agradeço à Jalusteel S.A. por me acolher nesta aventura, em especial ao Arq. Hélder Sampaio por todo o apoio prestado neste último ano.

Aos meus pais, um agradecimento especial aos meus pais, a eles devo-lhes tudo! Sem eles nada disto era possível! São os meus exemplos de força, resiliência, esforço e trabalho. Obrigada por tudo! Amo-vos do fundo do coração!

Agradeço a toda a minha família pelas palavras e pelo apoio. Um agradecimento especial à Larinha, por ser uma pessoa bastante cuidadosa comigo. O Martim por ser o meu bebé e ter paciência para aturar todas as minhas brincadeiras.

Agradeço a todos os laços de amizade criados durante a minha vida académica que sem a ajuda deles nada disto seria possível. Muito obrigado a todos por fazerem parte da minha vida.

E, por fim, Inês, obrigada! Obrigada por me tornares no homem que sou hoje. Obrigada por todo o apoio, ajuda, mas principalmente pela paciência que tens para aturar os meus “amuos”. Obrigada, meu amor! Amo-te!

## ÍNDICE

Resumo .....	ii
Abstract.....	iii
Agradecimentos .....	iv
Índice.....	v
Índice de Figuras .....	vii
Lista de Siglas e Acrónimos.....	viii
1 Introdução .....	1
1.1 Enquadramento e Motivação .....	1
1.2 Caracterização do Contexto de Estágio .....	1
1.3 Objetivo.....	5
1.4 Estrutura do Relatório de Estágio.....	5
2 Enquadramento Teórico.....	7
2.1 Manutenção Industrial.....	7
2.2 Classificação dos Tipos e Estratégias de Manutenção.....	8
2.3 <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
2.4 Metodologia dos 5S .....	11
2.5 <i>Layout</i> de Produção .....	12
3 Desenvolvimento e Otimização do <i>Layout</i> Industrial da Jalusteel.....	14
3.1 Situação Inicial.....	14
3.2 Apresentação do Novo <i>Layout</i> .....	19
3.3 Implementação do Novo <i>Layout</i> e Melhorias Previstas .....	21
3.3.1 Secção do Revestimento de Fachada .....	21
3.3.2 Secção de Conformação de Alumínio .....	22
3.3.3 Secção de Estruturas Metálicas.....	24
3.3.4 Ferramentaria .....	26
4 Revestimentos de Fachadas.....	27
4.1 Preparação de Obra .....	30
4.1.1 Encomenda do Material .....	30
4.1.2 Definição dos Desenhos de Preparação da Obra .....	30
4.2 Processo de Mecanização.....	31
4.3 Processo de Montagem .....	33

4.4	Colocação e Montagem em Obra .....	35
5	Conclusão .....	36
6	Trabalhos Futuros.....	38
	Referências Bibliográficas.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Logotipo Jalusteel S.A.....	2
Figura 1.2 - Design da Futura Fachada Principal da Jalusteel.....	2
Figura 1.3 - Caixilharia de Alumínio .....	3
Figura 1.4 - Estruturas Metálicas .....	4
Figura 1.5 - Revestimento de Fachadas .....	4
Figura 2.1 - Princípios da <i>Total Productive Maintenance</i> .....	8
Figura 2.2 - Os 8 Tipos de Desperdícios da <i>Lean Manufacturing</i> .....	10
Figura 2.3 - Os Princípios dos 5S.....	11
Figura 3.1 - Corte em Planta das Novas Instalações da Jalusteel .....	16
Figura 3.2 - Secção Desarrumada .....	17
Figura 3.3 - Depósito do Lixo .....	17
Figura 3.4 - Armazenamento do Material.....	18
Figura 3.5 - Stock de Alumínio .....	18
Figura 3.6 - Novo <i>Layout</i> da Jalusteel.....	20
Figura 3.7 - Corte da Área do Revestimento de Fachadas .....	21
Figura 3.8 - Corte da Área do Alumínio .....	23
Figura 3.9 - Corte da Secção de Estruturas Metálicas.....	25
Figura 3.10 - Exemplos da Organização da Ferramentaria.....	26
Figura 4.1 - Mecanismo de Revestimento de Fachada Ventilada.....	27
Figura 4.2 - Exemplo de Preparação de Mecanização .....	31
Figura 4.3 - Assemblagem de Painel Compósito de Forma Curva .....	34
Figura 4.4 - Exemplo de uma Chapa com Malhetes .....	34
Figura 4.5 - Revestimento da Fachada, em Gaia .....	35
Figura 6.1 - Estrutura Atual de Separação das Áreas de Soldadura .....	38

## **LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS**

CNC Computer Numerical Control

CAD Computer-Aided Design

CAM Computer-Aided Manufacturing

PVC Policloreto de Vinilo

TPM Total Productive Maintenance

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento e Motivação

A atual necessidade de desenvolvimento da indústria é impulsionada pela intensa competitividade que permeia os mercados globais, a inovação e a capacidade das empresas se destacarem e atenderem às necessidades do mercado. A evolução constante é a chave para a sobrevivência e para o sucesso das empresas, uma vez que as exigências dos consumidores, as mudanças tecnológicas e as expectativas de eficiência crescem a cada dia. Para se destacarem e prosperarem num meio cada vez mais competitivo, as indústrias têm de investir na inovação, na qualidade e na eficiência, adotando práticas e tecnologias avançadas que lhes permitam responder em tempo útil às necessidades do mercado, em constante evolução (Baptista, 1999).

O presente estágio curricular decorreu no âmbito do último ano do Mestrado em Engenharia Mecânica - Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos e visa refletir o percurso académico realizado ao longo deste tempo. O estágio teve início no dia 7 de novembro de 2022 com término a 7 de julho de 2023 e decorreu na Jalusteel, S.A. sob a orientação da Professora Doutora Cândida Malça e supervisionado pelo Engenheiro Pedro Freitas e pelo Arquiteto Hélder Sampaio. Este estágio constitui indubitavelmente uma oportunidade de excelência à iniciação no universo profissional do autor deste relatório.

Ao longo do estágio era expectável desenvolver e otimizar o *layout* da área de produção e do armazém da empresa. Além disso, a nível pessoal, os objetivos na realização do estágio definiram-se principalmente pela aquisição de competências práticas em contexto real e pela promoção de autonomia na execução de tarefas. Essa abordagem visou não apenas a aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do percurso académico, mas também a consolidação de habilidades fundamentais para a atuação efetiva no campo da Engenharia Mecânica.

## 1.2 Caracterização do Contexto de Estágio

A Jalusteel, S.A., fundada em setembro de 2017, está sediada em Vila Nova de Famalicão, sendo o seu logótipo comercial o ilustrado na Figura 1.1. O seu principal foco é a fabricação de caixilharia de alumínio e estruturas metálicas.



Figura 1.1 - Logotipo Jalusteel S.A.

Na última década a empresa tem tido um crescimento notável, graças ao compromisso sólido assumido com a qualidade e a inovação, consolidando, assim, uma posição de destaque na sua área de negócios em que intervém. De forma a dar resposta ao aumento significativo da procura dos seus serviços e garantir as condições de trabalho dos colaboradores, a Jalusteel expandiu as suas instalações, passando para um novo pavilhão com o triplo da dimensão. Na Figura 1.2. é apresentado o design da futura fachada principal das novas instalações da empresa.



Figura 1.2 - Design da Futura Fachada Principal da Jalusteel

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

A Jalusteel atua em várias áreas, destacando-se a fabricação de caixilharias de alumínio, a fabricação de estruturas metálicas e o revestimento de fachadas. Cada uma destas áreas é, de seguida, detalhadamente descrita.

- Caixilharias de alumínio (figura 1.3): destacam-se pela durabilidade, resistência à corrosão e versatilidade. O alumínio é um material leve, mas ao mesmo tempo resistente, por isso, é ideal para suportar cargas e resistir a condições climáticas adversas. Além disso, é um material que permite a fabricação de vários tipos de perfis, possibilitando a criação de designs personalizados e esteticamente atraentes.



Figura 1.3 - Caixilharia de Alumínio

- Estruturas metálicas (figura 1.4): são projetadas para fornecer estabilidade, resistência e durabilidade às construções. As estruturas metálicas são compostas por vigas e pilares que são capazes de suportar vãos de grandes dimensões, resistir a cargas elevadas e permitir diversos designs. Também, são caracterizadas pela sua rapidez de construção, eficiência e facilidade de manutenção.



Figura 1.4 - Estruturas Metálicas

- Revestimento de fachadas (figura 1.5): melhoram o desempenho térmico e acústico de edifícios, proporcionam proteção contra condições climáticas adversas e ajudam a melhorar a eficiência energética. Ainda, oferecem benefícios estéticos, uma vez que permitem uma variedade de opções de design e de aplicação de materiais de revestimento.



Figura 1.5 - Revestimento de Fachadas

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

Apesar da empresa ser composta apenas por cerca de 40 funcionários, a Jalusteel não atende apenas o mercado nacional, mas também, já operou em países como Moçambique, Brasil e Gana.

### 1.3 Objetivo

O presente estágio teve como objetivo principal desenvolver e otimizar o *layout* da zona da produção e da zona do armazém da Jalusteel. É sobejamente conhecido que para obter o melhor aproveitamento do processo de produção se afigura fundamental otimizar a estrutura e a organização no espaço físico de máquinas, equipamentos, produtos e postos de trabalho (Richards, 2011). O planeamento do *layout* de uma instalação é, portanto, de extrema importância pois, a falta de otimização, pode provocar vários problemas, como por exemplo, processos demorados, operações inflexíveis, fluxo não-previsível, alto custo de produção, filas e perdas de tempo de operação (Richards, 2011). Assim, a melhoria e reorganização do espaço físico da empresa tem como propósito aprimorar não apenas a eficiência, mas também a eficácia global das operações, visando alcançar um desempenho mais competitivo e robusto no mercado atual.

### 1.4 Estrutura do Relatório de Estágio

O presente relatório contempla, de uma forma breve, a experiência do autor enquanto estagiário da Jalusteel nos últimos meses.

No capítulo 1 apresenta-se o enquadramento e motivação do estágio e os principais contributos do mesmo. Faz-se ainda uma breve introdução à empresa que acolheu o estágio e descreve-se o modo como o presente relatório se encontra estruturado.

No capítulo 2 é feito um enquadramento teórico acerca da manutenção industrial que ajuda a entender certos tópicos que são abordados neste relatório. São referidas algumas teorias de gestão de manutenção que foram a base teórica para criação do *layout* da produção.

O capítulo 3 inicia com a descrição da situação inicial da empresa e, seguidamente, é abordado a forma como foi desenvolvido todo o *layout* industrial e como este foi implementado na empresa.

No quarto capítulo é detalhado todo o processo de fabrico de revestimento de fachada ventilada. O processo inicia-se com a elaboração do orçamento e termina com a instalação das peças em obra, passando assim por todo o processo de preparação e validação, bem como pela maquinagem numa máquina de controlo numérico computadorizado, em inglês *computer numerical control* (CNC).

No capítulo 5 é feita uma conclusão acerca de todo o trabalho desempenhado na empresa e uma reflexão final sob a presente experiência de estágio.

No último capítulo são propostas duas melhorias para futuro. A primeira é centrada nas divisórias retrateis das áreas de soldadora e a segunda na colocação de uma divisória fixa entre a área de fabricação de alumínio e revestimento de fachada.

## 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1 Manutenção Industrial

A área da manutenção engloba um amplo conjunto de ações minuciosamente planeadas e não planeadas, destinadas a preservar o bom funcionamento dos equipamentos, das máquinas, das instalações e dos ativos industriais. A manutenção desempenha um papel fundamental na indústria, pois representa uma medida preventiva contra falhas não programadas na produção, resultando na redução dos custos operacionais e na extensão da vida útil dos equipamentos. Assim, o principal objetivo é manter a disponibilidade, a confiabilidade e a eficiência desses ativos ao longo do tempo, garantindo que a produção industrial ocorra de forma contínua e segura (Farinha, 2018).

A terotecnologia, quando associada à área da manutenção, “inclui a definição das especificações referentes à sua aquisição, instalação e receção, assim como à gestão e ao controlo da sua manutenção, modificação e substituição e, ainda, o seu acompanhamento em serviço” (Farinha, 1994, p. 5). Esta ferramenta fundamenta-se pela integração estratégica de múltiplas práticas, envolvendo aspetos de investigação, de gestão e de engenharia. O principal objetivo é otimizar a gestão dos custos associados aos ativos físicos, visando à sua eficiência, longevidade e desempenho operacional ao longo do tempo. (Farinha, 2018).

O conceito terotecnológico de manutenção combina duas vertentes (Farinha, 2018):

1. Tecnologia da manutenção: através dos conhecimentos de engenharia apropriados à natureza das intervenções sobre os equipamentos;
2. Gestão da manutenção: cuida do parque de equipamentos, bem como das ações e dos recursos necessários para os manter.

Inspirada neste conceito, a Toyota, desenvolveu a *Total Productive Maintenance* (TPM), cf. figura 2.1, uma estratégia de manutenção industrial que assenta em 5 pilares (Takahashi, 1981):

1. Definir objetivos de forma a maximizar a eficiência da produção;
2. Definir um sistema global de manutenção produtiva, de forma a incluir o ciclo de vida da instalação;
3. Envolvimento de todos os departamentos, tais como, o de planeamento, de operação e de manutenção;
4. Participação de todos os membros envolvidos no processo, desde a chefia até ao operário.
5. Reforçar a motivação pessoal, criando pequenos grupos autónomos de manutenção produtiva.

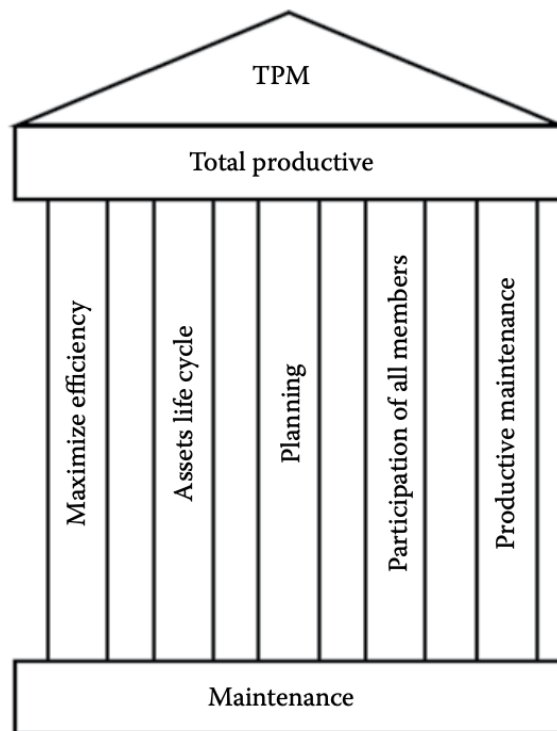


Figura 2.1 - Princípios da *Total Productive Maintenance*.

## 2.2 Classificação dos Tipos e Estratégias de Manutenção

Segundo Farinha (2018), a manutenção pode ser classificada de duas formas distintas, a manutenção planeada que pode ser sistemática ou condicionada, ou a manutenção não planeada.

Na manutenção planeada sistemática, as intervenções seguem um cronograma pré-definido para ser executadas periodicamente, cujos intervalos de tempos são determinados por uma unidade de tempo ou noutra variável específica que traduza o funcionamento da máquina.

Por outro lado, a manutenção planeada condicionada remete às ações de manutenção que são realizadas de acordo com o estado de saúde da máquina, que pode ser a condição de avaria caso esta tivesse sido planeada. Existem diversas variáveis associadas à máquina, geralmente medidas em unidades específicas, e quando um determinado patamar é atingido, ocorre a intervenção.

Durante a manutenção planeada, as intervenções são realizadas de acordo com um programa preventivo definido que visa os seguintes objetivos (Farinha, 2018):

- Evitar falhas ou avarias e equilibrar a carga de trabalho de manutenção;
- Compatibilizar as intervenções com a produção de equipamentos ou programas de serviços;

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

- Preparar recursos antecipadamente para tornar as intervenções mais económicas e eficazes.

Finalmente, a manutenção não planeada inclui todas as intervenções que não são programadas antecipadamente.

Existem vários tipos e estratégias de manutenção que podemos utilizar, segundo a EN 13306 (CEN, 2007), cf. se descrevem infra:

- A manutenção preventiva que consiste numa intervenção já efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos. Este tipo de estratégia tem como finalidade reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.
- A manutenção programada é o tipo de manutenção preventiva realizada de acordo com um calendário pré-estabelecido ou segundo um número definido de unidades de utilização.
- A manutenção sistemática é a manutenção preventiva realizada em intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do material.
- A manutenção condicionada é um tipo de manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes.
- A manutenção preditiva é uma manutenção condicionada realizada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação dos parâmetros significativos da degradação do bem.
- A manutenção corretiva acontece após a identificação de um problema, cujo objetivo é restaurar um objeto para que possa desempenhar a sua função adequadamente.
- A manutenção remota é uma forma de manutenção de um bem efetuado sem o acesso físico ao bem por parte de uma pessoa.
- A manutenção diferida é uma manutenção corretiva, realizada após a deteção de um estado de falha, mas que é retardada de acordo com regras de manutenção determinadas.
- A manutenção de urgência é o tipo de manutenção conectiva, efetuada imediatamente após a deteção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis.
- A manutenção em funcionamento, como o próprio nome indica, consiste em não terminar o funcionamento da máquina e mesmo assim fazer a manutenção.
- A manutenção no local é efetuada no local onde a máquina trabalha.

- A manutenção pelo operador é aquela que é realizada por um utilizador ou por um operador da máquina.

### 2.3 Lean Manufacturing

*Lean Manufacturing*, em português Produção Enxuta, também conhecida como Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão que se foca na identificação e na remoção de ineficiências no processo produtivo de forma constante e contínua. De forma a aprimorar constantemente a qualidade, reduzir custos e aumentar a flexibilidade (Ghinatto, 1995).

Esta filosofia de gestão, conforme ilustra a figura 2.2., é focada na redução de oito tipos de desperdícios: a superprodução, o inventário, o transporte, o tempo de espera, o movimento (pessoas), o processamento excessivo e os defeitos (correção de erros) (Farinha, 2018).



Figura 2.2 - Os 8 Tipos de Desperdícios da *Lean Manufacturing* (PLANETTOGETHER, 2021)

A produção enxuta desempenha um papel essencial na realização dos objetivos de produção, ou seja, na forma como as tarefas são executadas, exigindo comprometimento e precisão. Desta forma, é garantido que os recursos e os processos de produção estejam em sintonia com os indicadores de disponibilidade, de confiabilidade e de produtividade, a fim de assegurar a eficiência global dos recursos (Ghinatto, 1995). Outra característica relevante da manutenção enxuta é o esforço contínuo para identificar as melhores abordagens dentro das equipas de manutenção, cujo objetivo é aprimorar os métodos de trabalho. Isto é alcançado

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

através da utilização de procedimentos bem registados, da otimização dos recursos humanos e materiais, e da externalização, mantendo a formação adequada dos colaboradores e pela melhoria das métricas-chave de desempenho. Assim, “a manutenção enxuta visa contribuir para o alcance dos objetivos da produção; ou seja, procura alinhar ativos e processos produtivos de trabalho com os indicadores de disponibilidade, confiabilidade e produtividade, garantindo a eficácia global dos ativos” (Farinha, 2018, p. 255).

### 2.4 Metodologia dos 5S

A metodologia dos 5S, esquematicamente representada na figura 2.3, é uma ferramenta de gestão japonesa, cujo objetivo é promover a organização, a limpeza, a padronização, a disciplina e o aprimoramento constante em ambientes de trabalho (Purwanto, 2020). Este método é uma parte essencial da cultura empresarial, pois contribui para melhorar a produtividade, a qualidade e o bem-estar dos funcionários.

O termo 5S provém das cinco palavras japonesas que representam cada um dos princípios (Osada, 1991):



Figura 2.3 - Os Princípios dos 5S (Santos, 2023)

- Seiri (Classificação): refere-se à organização e à eliminação do que não é essencial no ambiente de trabalho, através da identificação e da separação de itens necessários e dos desnecessários.
- Seiton (Ordenação): uma vez que os itens essenciais foram identificados, a próxima etapa é organizar os itens de forma eficiente. Cada item deve ter um lugar designado, de modo que esteja prontamente disponível quando necessário.

- Seiso (Limpeza): envolve a limpeza e a higienização do ambiente de trabalho. Os funcionários devem ser responsáveis por manter os espaços de trabalho limpos e seguros.
- Seiketsu (Padronização): é a etapa que garante que os três primeiros princípios sejam mantidos ao longo do tempo, através da criação de diretrizes, procedimentos e normas que regulam o uso dos 5S.
- Shitsuke (Disciplina): envolve a manutenção e o aprimoramento contínuo dos 5S. É necessário um compromisso constante de todos os funcionários em relação às práticas dos 5S.

A implementação eficaz dos 5S pode trazer vários benefícios para uma organização, como maior eficiência operacional e melhorias na produtividade, redução de desperdícios, aumento da satisfação dos funcionários, melhoria da eficiência ambiental, atendimento dos padrões de saúde e segurança e ainda economia de tempo e recursos (Bharambe et al., 2020; Farinha, 2018; Singh & Ahuja, 2014; Singh, Singh & Singh, 2021).

## 2.5 *Layout* de Produção

Um *layout* de produção é a organização física e espacial das máquinas, dos equipamentos, das estações de trabalho, das áreas de stock e de outros elementos dentro das instalações da zona de produção ou de uma fábrica. O objetivo principal de um *layout* de produção é otimizar o fluxo de materiais, de informações e de recursos humanos para maximizar a eficiência e a produtividade do processo de fabricação (Kumar & Suresh, 2006).

Existem vários tipos de *layouts* de produção, sendo a escolha do *layout* mais apropriado em função do tipo de processo de produção, dos produtos fabricados e das metas da empresa. Alguns dos *layouts* mais comuns incluem (Dilworth, 1996):

- *Layout* em linha (ou *layout* em série): cujas máquinas e estações de trabalho são organizadas numa sequência linear, onde o produto em fabricação passa de uma estação para a seguinte, numa ordem específica. Este *layout* é comum em processos de produção de itens padronizados, como em linhas de montagem de automóveis.
- *Layout* celular: também conhecido como *layout* em células de produção, agrupa máquinas e operadores em células dedicadas, de forma a produzir famílias de produtos semelhantes, permitindo uma produção mais flexível e ágil.
- *Layout* funcional: as máquinas e estações de trabalho são agrupadas com base em suas funções e operações semelhantes. É comum em ambientes de produção de baixo volume e alta variedade, como em serralharias.

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

- *Layout* por processo: as máquinas e estações de trabalho são organizadas com base nas etapas do processo de produção, ao invés do produto específico. Esse *layout* é comum em indústrias de processamento, como refinarias de petróleo.
- *Layout* híbrido: é a combinação de vários *layouts* para atender às necessidades específicas de produção.

A escolha de um *layout* eficiente reduz custos, minimiza desperdícios, melhora a qualidade dos produtos e aumenta a produtividade. Além disso, facilita a comunicação e a supervisão, garantindo que os recursos da empresa sejam usados de maneira eficaz. Portanto, a seleção e o design de um *layout* de produção adequado são aspetos essenciais na gestão de operações e na otimização da cadeia de suprimentos (Kadir, Sajidah, Norzaimi, Shahril & Sabri, 2015).

### **3 DESENVOLVIMENTO E OTIMIZAÇÃO DO *LAYOUT* INDUSTRIAL DA JALUSTEEL**

#### **3.1 Situação Inicial**

Durante o decorrer dos anos 2021 e 2022, a Jalusteel sofreu um aumento exponencial da carga de trabalho, o que resultou na necessidade premente de expandir as instalações para um pavilhão com dimensões três vezes maiores que as originais. Esta ampliação foi crucial para acompanhar a necessidade de resposta ao incremento significativo da procura. A análise detalhada das instalações da Jalusteel S.A., realizada no momento da aquisição, está apresentada na figura 3.1. O pavilhão expandido abrange aproximadamente 6000 m<sup>2</sup>, divididos em duas secções distintas: i) uma designada exclusivamente para uso da Jalusteel, ocupando cerca de 3500 m<sup>2</sup>; ii) enquanto a outra, com cerca de 2500 m<sup>2</sup>, foi subdividida em cinco partes de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> cada. Esta última área está destinada a ser explorada por outras empresas, de forma a otimizar o espaço e promover sinergias entre diferentes entidades comerciais. Essa expansão representa um marco significativo para a empresa, possibilitando acomodar não apenas as suas necessidades operacionais emergentes, mas também oferecendo oportunidades colaborativas para outros negócios.

A transição da sede da empresa acelerou a urgência de definir o novo *layout*, pois a mudança para um pavilhão de maiores dimensões e numa localização completamente nova não proporcionou, por si só, uma solução imediata para esse desafio. Por essa razão, o propósito central do estágio foi direcionado para o desenvolvimento de um *layout* de produção otimizado, visando aprimorar significativamente o fluxo produtivo da empresa. A necessidade de reorganização e otimização do espaço tornou-se urgente diante da complexidade e das novas exigências originadas pela mudança estrutural e geográfica, bem como a criação de um *layout* que melhorasse a eficácia das operações e estimulasse a colaboração entre os diversos setores e procedimentos de produção.

Para além da necessidade de mudança de instalações surgiu, na sequência do substancial aumento no volume de trabalho, a necessidade de investimento na aquisição de duas máquinas especializadas, a TKE 955 e a TKE 783, serviços que até então eram subcontratados a uma empresa externa. A TKE 955 é uma CNC de 5 eixos, projetada para processar perfis de alumínio ou policloreto de vinilo (PVC). Por sua vez, a TKE 783 é uma máquina de 3 eixos, cuja função principal é fresar painéis compostos utilizados no revestimento das fachadas. A presença e a integração destes equipamentos de grande dimensão nas novas instalações tornaram mais desafiante a definição do *layout* devido às dimensões consideráveis destas máquinas, às exigências adicionais de segurança necessárias e à não disponibilidade imediata desde o início da ocupação das instalações. Por isso, a chegada e

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

acomodação destas máquinas representaram desafios adicionais na concepção do novo *layout* do espaço de trabalho.

Todavia, existiram outras dificuldades inerentes ao processo. Por exemplo, a resistência à mudança por parte dos operários, que demonstravam uma forte familiarização ao antigo e ineficiente *layout*, o qual não proporcionava confiança nem facilitava o trabalho de forma eficiente. Essa resistência foi um obstáculo significativo a ser superado.

Outro desafio substancial enfrentado foi a abordagem da direção da empresa, mais direcionada para os aspetos estéticos do que para a praticidade e a segurança dos trabalhadores. O que, igualmente, dificultou significativamente o processo, pois a priorização inadequada impactou as questões essenciais relacionadas à funcionalidade e à proteção dos colaboradores.

Na concepção do novo *layout* existiram, ainda, desafios significativos devido à falta de sistemas de organização adequados para o material, como a ausência de prateleiras destinadas às chapas e de armários para os parafusos, juntamente com outros elementos essenciais. Essa deficiência traduziu-se na desordem notável nas secções, como representado na figura 3.2. Como consequência da extrema desorganização do material e da falta de locais designados para armazenamento, os funcionários colocavam no chão ou nas bancadas de montagem todo o material que utilizavam no dia-a-dia, também representado na imagem. As bancadas deveriam permanecer limpas e desimpedidas para evitar danos aos materiais em processo de fabricação.

Na figura 3.3. é evidente a ausência de uma área claramente designada para o armazenamento adequado de resíduos, bem como para o armazenamento adequado das ferramentas utilizadas pelos funcionários designados para as atividades de obras. Esta lacuna na disposição espacial comprometia a organização e a eficiência no local de trabalho, afetando diretamente a funcionalidade das operações realizadas nesse ambiente, bem como a segurança dos trabalhadores. Ainda na mesma figura é visível a ausência de uma área designada, de forma clara e precisa, para o estacionamento das carrinhas pertencentes à empresa, utilizadas nos projetos de obras. Os veículos estavam posicionados no centro da fábrica, sem nenhuma forma de sinalização ou demarcação específica para essa finalidade, o que contribuía para o aumento da desordem e da segurança no ambiente fabril.

Decorrente da falta de organização e planeamento do espaço, na figura 3.4. é visível que o local de armazenamento do material em *stock* de alumínio estava localizado no centro da fábrica, dificultando tanto a circulação de pessoas quanto a movimentação das máquinas. Esta disposição representava um risco considerável, especialmente porque o armazenamento era vertical e não estava devidamente configurado para aquele tipo de material. A falta de adequação poderia resultar em potenciais perigos operacionais.

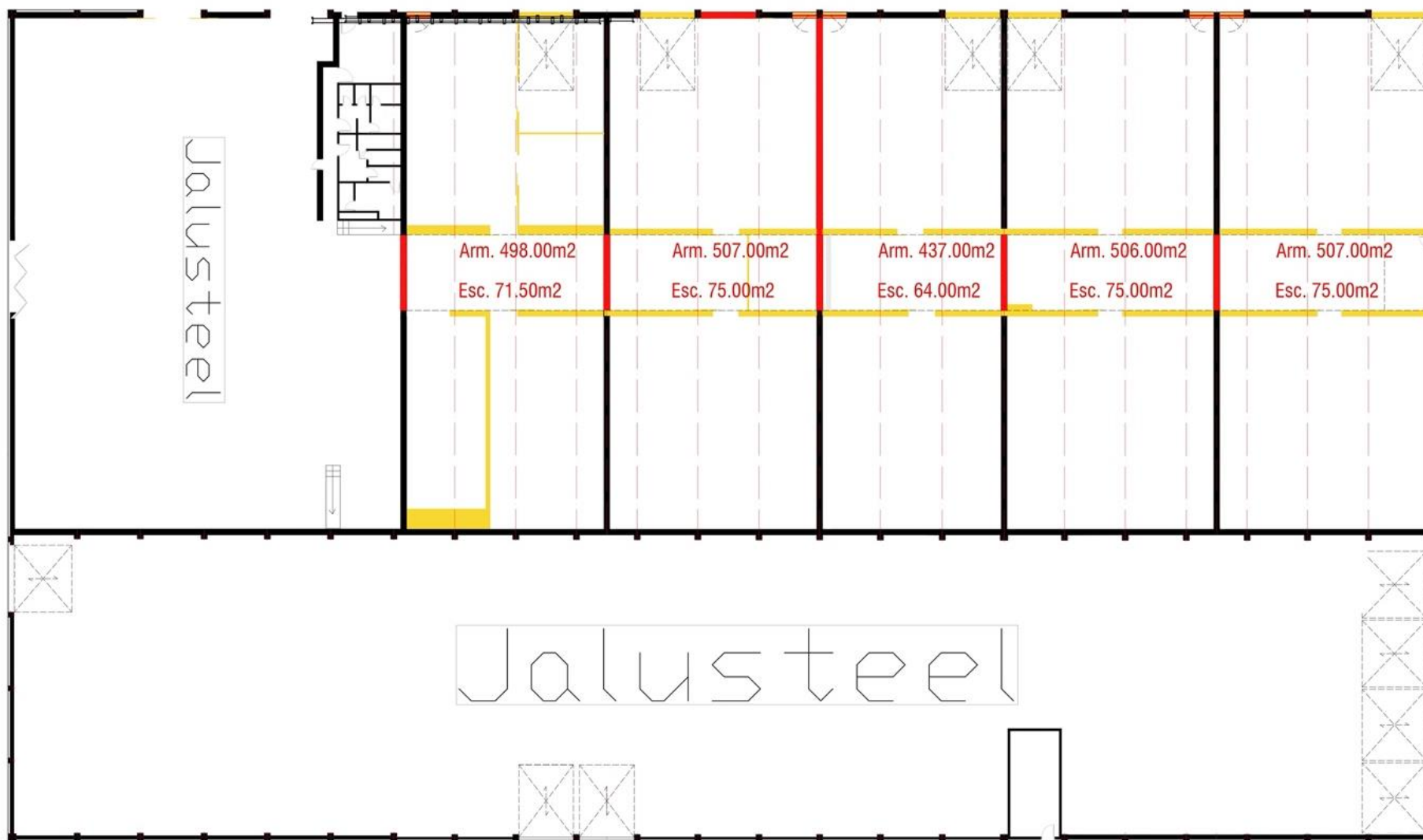


Figura 3.1 - Corte em Planta das Novas Instalações da Jalusteel

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel



Figura 3.2 - Secção Desarrumada



Figura 3.3 - Depósito do Lixo



Figura 3.5 - Stock de Alumínio



Figura 3.4 - Armazenamento do Material

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

Finalmente, identificou-se um último problema na área de recepção de materiais, caracterizado pela ausência de um espaço específico designado para o armazenamento adequado dos itens. Esta lacuna provocava, frequentemente, o bloqueio das entradas e saídas de veículos, uma vez que os materiais eram frequentemente depositados e, conseqüentemente, acumulados em frente aos portões, obstruindo a passagem, conforme evidenciado na figura 3.5. Esta inadequação na área de recepção impactava diretamente toda a logística operacional da empresa, comprometendo a fluidez e a eficiência dos processos de entrada e saída de materiais.

Todas as limitações agora mencionadas foram criteriosamente consideradas durante a execução do novo *layout*. Atendendo à importância de superar os desafios identificados, cada um destes problemas foi abordado de maneira estratégica para garantir uma solução abrangente e eficaz. O objetivo principal foi criar uma solução que não apenas resolvesse os problemas existentes, mas que também otimizasse o espaço, priorizando a organização, a segurança e a funcionalidade. O novo *layout* foi concebido considerando as necessidades de armazenamento adequado, desobstrução das áreas de circulação, demarcação precisa de espaços para estacionamento de veículos e a criação de zonas designadas para o descarte de resíduos e armazenamento de ferramentas, visando aprimorar a eficiência operacional e a segurança no ambiente de trabalho.

### **3.2 Apresentação do Novo Layout**

Após a identificação e análise dos problemas enfrentados na produção, foi desenvolvido um *layout* que abordasse e solucionasse eficazmente essas questões. Este novo *layout* está representado na figura 3.6.

Como resultado, verifica-se a reorganização do setor de produção em três seções distintas: i) o revestimento de fachadas, ii) o processamento de alumínio e iii) a fabricação de estruturas metálicas. A seção de estruturas metálicas, por sua vez, foi subdividida em duas áreas distintas: i) a área da esquerda, destinada à conformação dos materiais; ii) enquanto a área da direita foi dedicada à operação de soldadura. Esta abordagem estratégica visou não apenas resolver os problemas identificados, mas também otimizar os processos, garantindo uma distribuição mais eficiente das tarefas e um fluxo mais ordenado dentro do ambiente de produção.

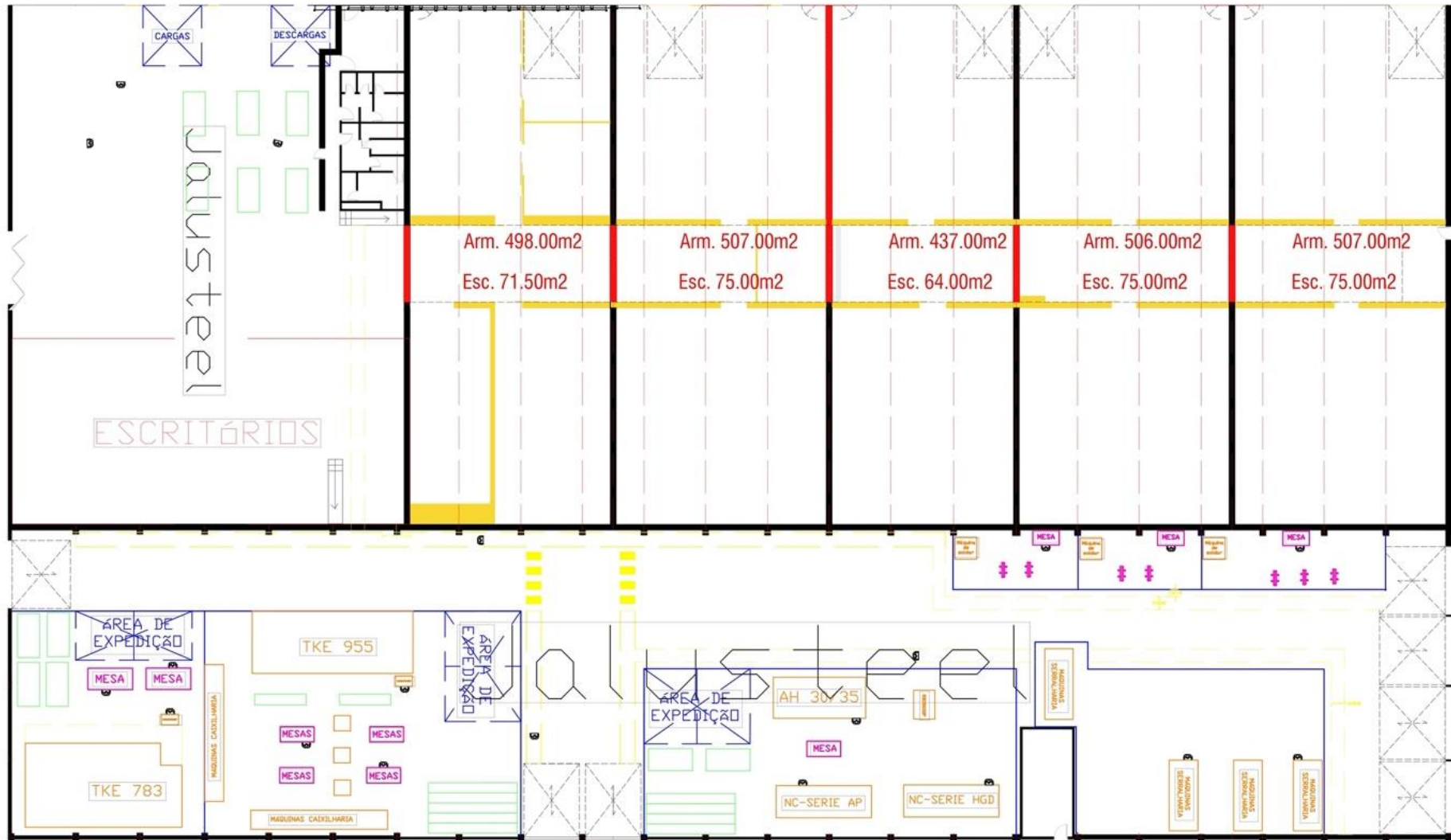


Figura 3.6 - Novo *Layout* da Jalusteel

### 3.3 Implementação do Novo *Layout* e Melhorias Previstas

#### 3.3.1 Secção do Revestimento de Fachada

No processo de criação do novo *layout*, a primeira etapa foi dedicada ao setor responsável pelo revestimento de fachadas. A área requeria uma especial atenção uma vez que era uma secção relativamente nova e pouco explorada pela empresa. Para atender às necessidades específicas desta secção, foi imprescindível definir uma área adequada, tendo em consideração as dimensões da nova CNC adquirida para essa finalidade. A delimitação da área foi estruturada com base nos requisitos dimensionais e operacionais da máquina, visando proporcionar um espaço funcional e eficiente para o desenvolvimento das atividades relacionadas ao revestimento de fachadas.



Figura 3.7 - Corte da Área do Revestimento de Fachadas

A figura 3.7. representa um corte detalhado da área destinada ao revestimento de fachadas. No esquema é perceptível a posição estratégica da nova máquina de CNC, situada na extremidade mais distante do corredor principal da empresa. A instalação da CNC requereu considerações específicas de segurança para garantir o funcionamento adequado. Desta forma, foi necessário colocar a máquina junto a

duas paredes, uma medida essencial que evitou a ocupação excessiva de espaço dentro da secção. Esta disposição permitiu, por um lado, o atendimento das exigências de segurança da máquina e, ao mesmo tempo, otimizou o aproveitamento do ambiente sem comprometer a funcionalidade e a eficiência operacional da área.

Nesta secção o stock é armazenado de uma forma diferente, dividido em duas partes. Aquando rececionado todo o material é armazenado no armazém. Todavia, no momento da preparação de determinada obra o material necessário para a mesma é colocado na secção, no local destinado ao mesmo, funcionando assim, como uma zona de stock temporário. O material compósito é armazenado em paletes, organizadas verticalmente para acomodar até 6 paletes cada, permitindo armazenar um total de 24 paletes na área designada para o revestimento de fachadas. Ao lado das paletes encontram-se as mesas de montagem, espaço onde as chapas são dobradas após saírem da máquina de CNC, contribuindo assim para a sequência operacional da secção. A zona de expedição está localizada na entrada desta área, que funciona como ponto de distribuição do material a ser carregado para as carrinhas para posterior transporte até aos locais das obras. Para facilitar a acomodação e evitar danos nas peças, todo o material desta zona é colocado em cavalete, proporcionando uma organização mais prática e garantindo a integridade das peças durante o manuseamento e transporte. Esta disposição estratégica visa otimizar o processo logístico, assegurando a eficiência e a preservação do material antes do seu envio para as obras.

### **3.3.2 Secção de Conformação de Alumínio**

A secção de conformação de alumínio é a segunda maior secção de toda a empresa, mas também é a área mais crítica requerendo mais atenção devido à natureza delicada do material manipulado. Por isso, a Jalusteel decidiu concentrar nesta secção os seus maiores investimentos adquirindo, para tal, uma máquina completamente inovadora. Dada a sua novidade e singularidade, relativamente ao equipamento anterior, a administração da empresa determinou que a sua localização fosse estratégica, posicionando-a ao lado do corredor principal para garantir maior visibilidade.

Devido à nova configuração da área, houve a necessidade de organizar o armazenamento do *stock* adjacente à máquina de CNC, facilitando assim o carregamento rápido e eficiente para a execução do trabalho. O *stock*, situado próximo da máquina tem um carácter estritamente temporário, i.e., é planeado para atender apenas a uma necessidade específica correspondente a um período determinado. Em contraste a esta situação, o *stock* com carácter permanente está localizado longe da máquina, encostado à parede, pois raramente é utilizado para abastecer a máquina de CNC.

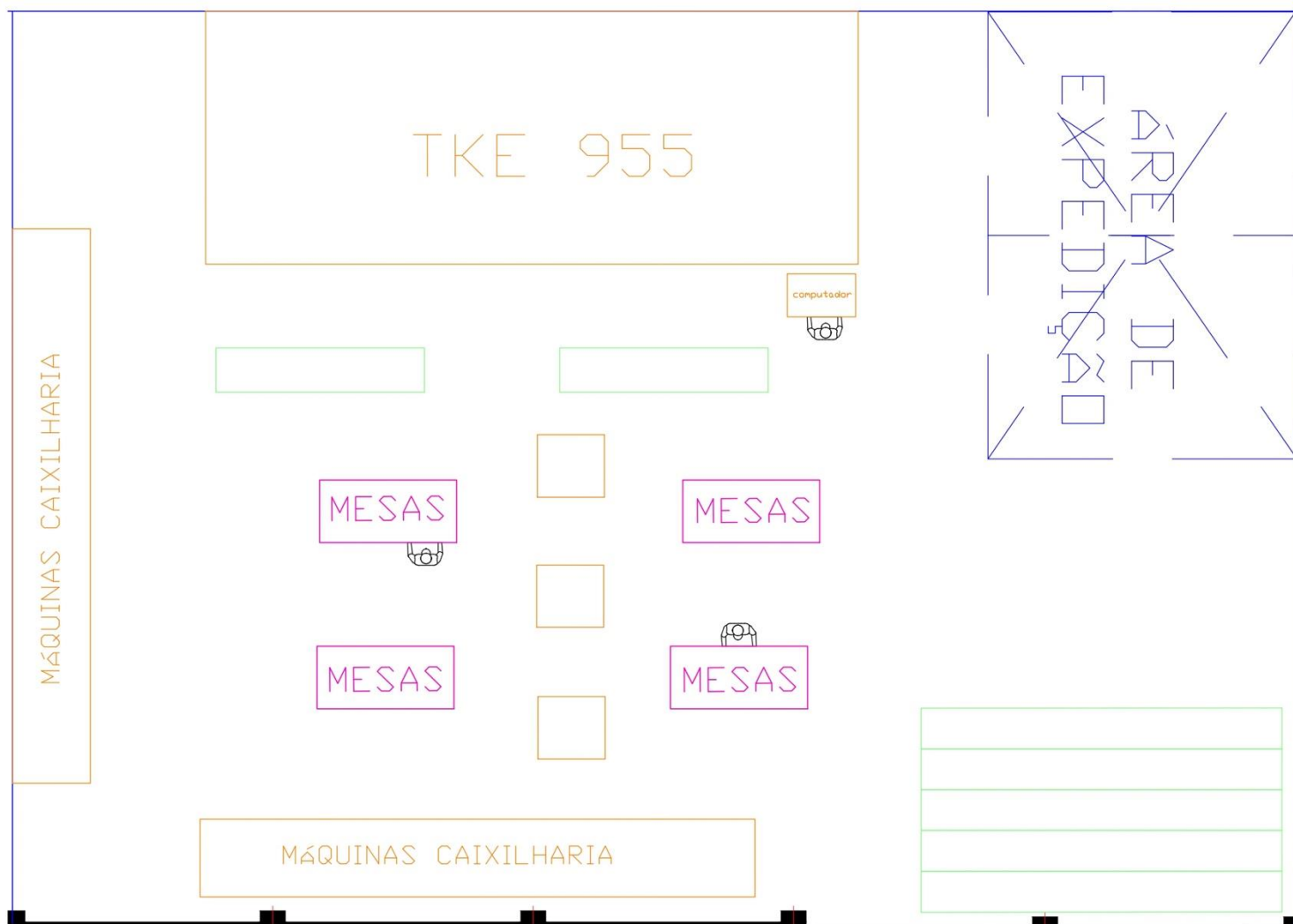


Figura 3.8 - Corte da Área do Alumínio

Após maquinado e cortado, o material segue para os cavaletes designados para o seu acondicionamento, onde é cuidadosamente armazenado e identificado. Cada peça é meticulosamente catalogada, referindo não apenas a obra específica à qual está destinada, mas também indicando a sua correspondência precisa dentro do contexto da produção. Este sistema de identificação detalhada permite uma gestão eficiente do *stock*, garantindo a rastreabilidade e facilitando a localização imediata de cada componente, crucial para o progresso contínuo das obras e para atender às demandas precisas de produção. De seguida, outro membro da equipa assume a responsabilidade pelas peças cortadas, dando-se início à montagem dos caixilhos. As mesas de trabalho são estrategicamente posicionadas, logo após os cavaletes de armazenamento das peças, permitindo uma transição fluida entre o processo de corte e de montagem (figura 3.8). Após a conclusão da montagem dos caixilhos, estes são transferidos para cavaletes de ferro, situados na área de expedição, para serem carregados e transportados para as obras designadas.

A área de expedição, estrategicamente localizada, facilita o acesso imediato aos portões laterais da empresa, por onde as carrinhas de transporte da empresa entram para serem carregadas. A disposição geográfica próxima aos portões agiliza o processo logístico, minimiza o tempo de espera e otimiza a eficiência na distribuição dos materiais para as obras (figura 3.9). A proximidade entre a área de montagem e a expedição permite um fluxo contínuo, garantindo que os caixilhos sejam prontamente despachados para os destinos finais, contribuindo para a agilidade e para a eficácia operacional da empresa.

### **3.3.3 Secção de Estruturas Metálicas**

A secção de estruturas metálicas não sofreu alterações significativas devido às restrições enfrentadas no que respeita às saídas de ar comprimido e às tomadas trifásicas, o que limitou as possibilidades de intervenção. Mesmo assim, foram implementadas melhorias pontuais. Do lado direito da fábrica, foram estabelecidos três postos de soldadura, enquanto no lado oposto estão dispostas outras máquinas essenciais, como os serrotes, as quinadoras, as guilhotinas e as punçoadoras.

Apesar da atual disposição do *layout* da secção, há planos e identificações para futuras modificações. Entre as projeções, destaca-se a inclusão de uma calhandra, visando otimizar e aprimorar ainda mais os processos de produção. Apesar das limitações iniciais, a visão a longo prazo inclui a expansão e aperfeiçoamento contínuo desta área, procurando sempre atender às demandas operacionais com inovação e eficiência.

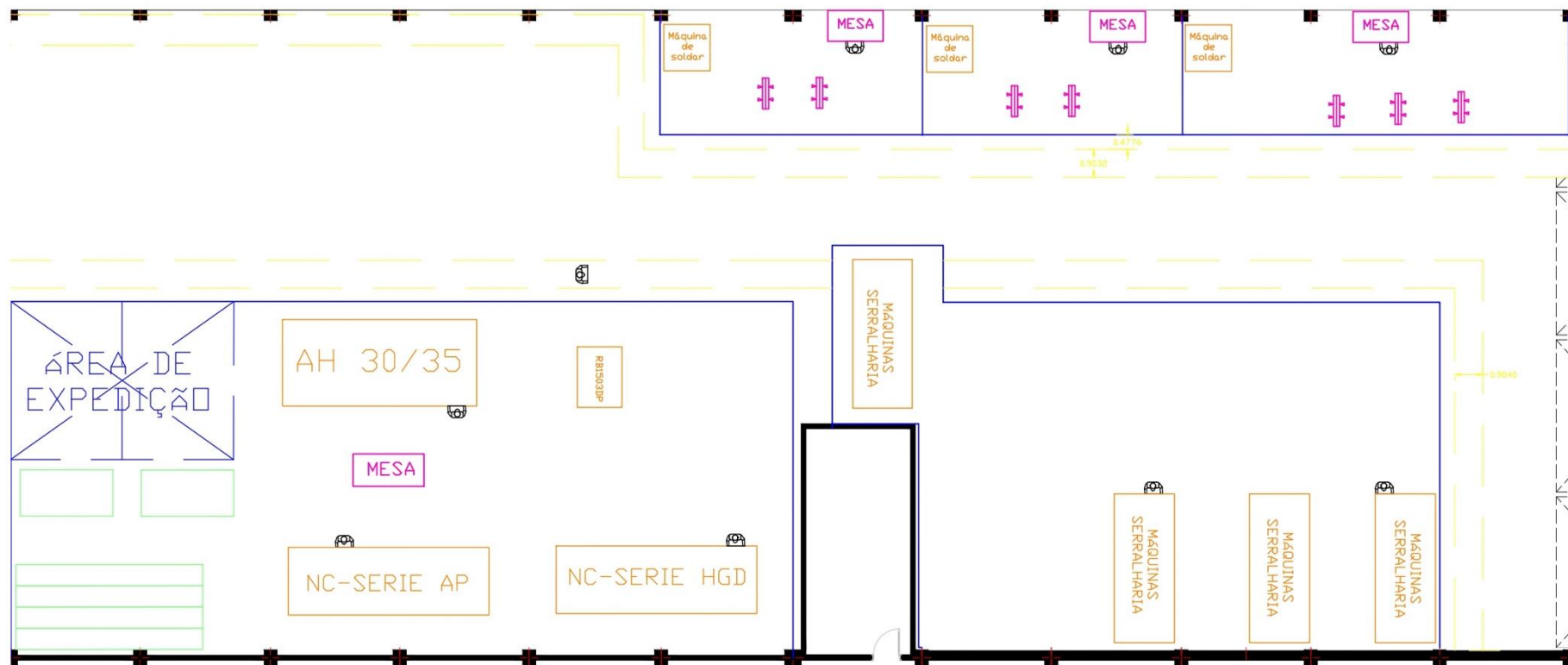


Figura 3.9 - Corte da Secção de Estruturas Metálicas

### 3.3.4 Ferramentaria

A criação da zona da ferramentaria teve como principal objetivo solucionar a falta de armazenamento de materiais de pequenas dimensões, como parafusos, colas, silicones e outros itens similares. Além disso, a ferramentaria foi planejada para o armazenamento específico de materiais relacionados à secção de alumínio, otimizando assim a gestão e a organização desses recursos.

Estrategicamente localizada sob os escritórios, a ferramentaria foi projetada para permitir um acesso direto à área de produção, proporcionando assim uma conexão ágil e eficiente entre os diferentes setores. Essa disposição facilita o fluxo de materiais, agilizando tanto o acesso como o transporte dos itens necessários para a produção. A criação desta área representou, também, uma solução para um problema latente relacionado com o desperdício de material. Anteriormente, os desperdícios encontravam-se dispersos pela empresa, não tendo um controle efetivo de entrada e saída, o que resultava em perdas e dificuldades na gestão do inventário. Com a implantação da ferramentaria, foi possível centralizar o armazenamento desses itens menores, estabelecendo um sistema mais eficaz de controlo de stock e reduzindo significativamente o desperdício, garantindo, assim, uma gestão mais eficiente dos recursos da empresa.



Figura 3.10 - Exemplos da Organização da Ferramentaria

## 4 REVESTIMENTOS DE FACHADAS

Durante o estágio, para além das atividades referentes aos objetivos propostos, o autor esteve, adicionalmente, envolvido em atividades que visavam o estudo e o dimensionamento dos revestimentos de fachadas.

O sistema de fachada ventilada resulta da sinergia das diferentes partes que a integram e que interagem entre si. Estas partes incluem um revestimento externo que, não sendo contínuo, é fixado, de forma mecânica, a uma estrutura de suporte independente. Adicionalmente, um sistema de fachada ventilada inclui ainda o isolamento térmico que é aplicado obre uma base que pode ser de alvenaria ou de betão ou de outro material especialmente preparado para essa finalidade. Esse isolamento pode ser colado ou fixado mecanicamente à base. Entre o isolamento térmico e o revestimento externo da fachada, há um espaço vazio que permite a passagem de ar (câmara de ar). Esse conjunto de elementos proporciona um método altamente eficiente para regular a temperatura do edifício e proteger a estrutura contra agentes externos, reduzindo significativamente as trocas de calor entre o interior e o exterior do edifício. Ao manter o espaço de ar em movimento, cria-se uma barreira que minimiza a transferência de calor indesejada, contribuindo assim para a eficiência energética do edifício. Além disso, a câmara de ar ventilada também desempenha um papel importante na proteção da estrutura do edifício contra humidades, condensações e infiltrações de água. A circulação do ar auxilia o processo de evaporação da humidade residual, ajudando a preservar a integridade e a durabilidade dos materiais de construção utilizados na fachada.



Figura 4.1 - Mecanismo de Revestimento de Fachada Ventilada

Comparativamente aos métodos mais convencionais, os sistemas de isolamento térmico externo, em particular as fachadas ventiladas, apresentam uma série de vantagens significativas, como (Balocco, 2002; Kuzmenkov & Emelianova, 2023):

- Menor ocorrência de pontes térmicas: utilizando uma quantidade inferior de isolamento térmico é possível atingir o mesmo nível de desempenho térmico na globalidade da fachada;
- Redução do risco de condensação: estes sistemas minimizam significativamente a probabilidade de ocorrência de condensações, evitando o aparecimento dos problemas que lhe estão associados;
- Aumento da área interna utilizável dos edifícios: com a implementação dos sistemas de fachadas ventiladas há um aumento na área disponível dentro dos edifícios pois o isolamento é colocado externamente.
- Melhoria no isolamento sonoro: as fachadas ventiladas contribuem para a redução da transmissão de ruído externo, incrementando a insonorização dos edifícios.
- Maior inércia térmica interna: o facto de se acomodar a maior parte da massa das paredes do lado de dentro da camada de isolamento implica um incremento do conforto térmico no inverno, aumentando a absorção de calor solar útil e, no verão, uma melhor regulação da temperatura interna.
- Menor peso nas paredes e cargas estruturais: possibilita a otimização da estrutura do edifício, em virtude da diminuição da massa total alocada às paredes.
- Menor variação de temperatura nas camadas internas das paredes: em contraste com os métodos construtivos mais convencionais, os sistemas de fachadas ventiladas minimizam as flutuações de temperaturas nas camadas internas das paredes.
- Menor manutenção: geralmente, necessitam menor manutenção ao longo do tempo.
- Menor custo: em alguns casos, este método construtivo pode ser mais económico, em comparação com outras formas de isolamento com desempenho térmico equivalente.

Apesar das vantagens atrás enunciadas, os sistemas de fachadas ventiladas enfrentam algumas limitações significativas, tais como (Balocco, 2002; Kuzmenkov & Emelianova, 2023):

- Necessidade de mão-de-obra especializada: a implementação dos sistemas de fachadas ventiladas requer profissionais qualificados e com experiência específica, o que pode constituir uma barreira em relação à disponibilidade de recursos humanos.

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

- Dependência de mudanças na gestão e nos processos: a implementação dos métodos pode requerer ajustes nos processos de gestão e produção da empresa, implicando mudanças organizacionais que precisam ser consideradas.
- Requer um projeto detalhado específico: é necessário um projeto minucioso que defina precisamente o processo de montagem, o que implica um planejamento detalhado desde início.
- Custo elevado em comparação com outras alternativas: apesar das vantagens, o custo dos sistemas de fachadas ventiladas é ainda consideravelmente mais elevado quando comparado a muitas outras soluções disponíveis, atualmente, no mercado. Esta disparidade de custo pode ser um obstáculo para uma adoção generalizada.

Estas limitações podem representar obstáculos significativos para a implementação em larga escala dos sistemas de fachadas ventiladas, especialmente considerando o aspecto do custo e a necessidade de mão de obra especializada. Estes fatores são cruciais e devem ser cuidadosamente avaliados na tomada de decisão sobre a adoção destas soluções num empreendimento, uma vez que influenciam diretamente a viabilidade e a eficácia a longo prazo dos sistemas.

O revestimento da fachada ventilada é composto por três materiais distintos: i) a placa de compósito de alumínio, ii) a calha de alumínio e iii) os carrinhos de suporte. O componente central e mais relevante nesse tipo de fachada é a placa de compósito de alumínio, formada por duas camadas de alumínio e um núcleo. É importante destacar que existem três tipos diferentes de núcleos utilizados nessas placas: o núcleo PE, o núcleo FR e o núcleo A2 (STACBOND, 2022). Inicialmente, há o núcleo PE, que é constituído por polietileno, caracterizado pela ausência de propriedades de retardamento ao fogo. Em seguida, os núcleos FR e A2 são compostos por materiais minerais, sendo que o núcleo FR é um núcleo retardante, enquanto o núcleo A2 é não combustível. A diversidade de núcleos oferece opções variadas em termos de resistência ao fogo e propriedades específicas, permitindo adaptar as placas de compósito de alumínio conforme as exigências de segurança e regulamentações em diferentes contextos construtivos. A variedade oferece flexibilidade na escolha do material, permitindo adequar o sistema de fachada às necessidades específicas de cada projeto e às normas de segurança vigentes (STACBOND, 2022).

Relativamente ao sistema de suporte da fachada, é importante destacar a composição, que inclui uma calha fabricada em alumínio. A calha desempenha um papel crucial ao ser fixada na fachada principal do edifício, pois atua como um elemento estrutural essencial, fornecendo a base de sustentação para o revestimento externo e para os demais componentes do sistema de fachada ventilada.

Para complementar este sistema, existem os carrinhos que desempenham um papel crucial no suporte entre a chapa de compósito e a fachada do edifício. Os carrinhos

são fabricados com material polimérico, atuando como elementos fundamentais na estruturação e sustentação do sistema como um todo. Os carrinhos têm a responsabilidade de garantir a estabilidade e a separação adequada entre a chapa de compósito e a fachada do edifício. Além disso, por serem fabricados com material polimérico, oferecem vantagens específicas, como resistência à corrosão e durabilidade, contribuindo para a longevidade e eficácia do sistema (STACBOND, 2022).

## **4.1 Preparação de Obra**

Para a instalação bem-sucedida da fachada ventilada, é essencial realizar uma preparação detalhada da obra, envolvendo planejamento abrangente para garantir a eficácia do projeto. Esta fase inicial inclui uma ampla gama de aspectos discutidos em colaboração com o cliente, como a definição da estereotomia (ou cortes) do edifício, a seleção das cores a serem aplicadas nos painéis, a análise minuciosa dos detalhes construtivos e o estabelecimento de prazos de entrega esperados. Após a definição da estereotomia do edifício e a consideração de todos os detalhes relacionados, é realizado o levantamento preciso das medidas do edifício. Essa etapa inicial desempenha um papel crucial para garantir a coerência, a estética e a funcionalidade da fachada ventilada durante toda a execução do projeto (Cardoso, 2007).

### **4.1.1 Encomenda do Material**

Depois de se realizar o levantamento de cotas do edifício é realizada a atualização dos desenhos de preparação de obra. Este passo é crucial para iniciar o processo de encomenda dos materiais requeridos. A fase da encomenda implica a seleção cuidadosa dos materiais a serem utilizados ao longo de toda a obra, considerando as restrições de tamanho e outras limitações. É fundamental otimizar a utilização das placas, estimando com precisão a quantidade necessária para garantir uma encomenda eficiente. A otimização muitas vezes é realizada com o auxílio de *software* especializados, como o programa ALPHACAM, que facilita a determinação do número exato de placas a serem adquiridas, maximizando a sua utilização e minimizando desperdícios durante o processo de construção.

### **4.1.2 Definição dos Desenhos de Preparação da Obra**

Na fase da definição dos desenhos de preparação da obra são estabelecidos os desenhos preliminares em colaboração com o cliente, representando uma etapa crucial em todo o processo de preparação da obra. É, também, o último passo antes da execução das chapas relacionadas à construção. O método de fixação utilizado denomina-se fixação oculta, cuja montagem das chapas não é visível pelo cliente, por isso, é fundamental realizar uma preparação meticulosa e minuciosa. Na figura 4.2 é apresentado um exemplo do planejamento de uma chapa antes de ser

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

trabalhada. Essa etapa exige precisão e atenção aos detalhes para garantir a excelência e a qualidade final da obra (STACBOND, 2022).

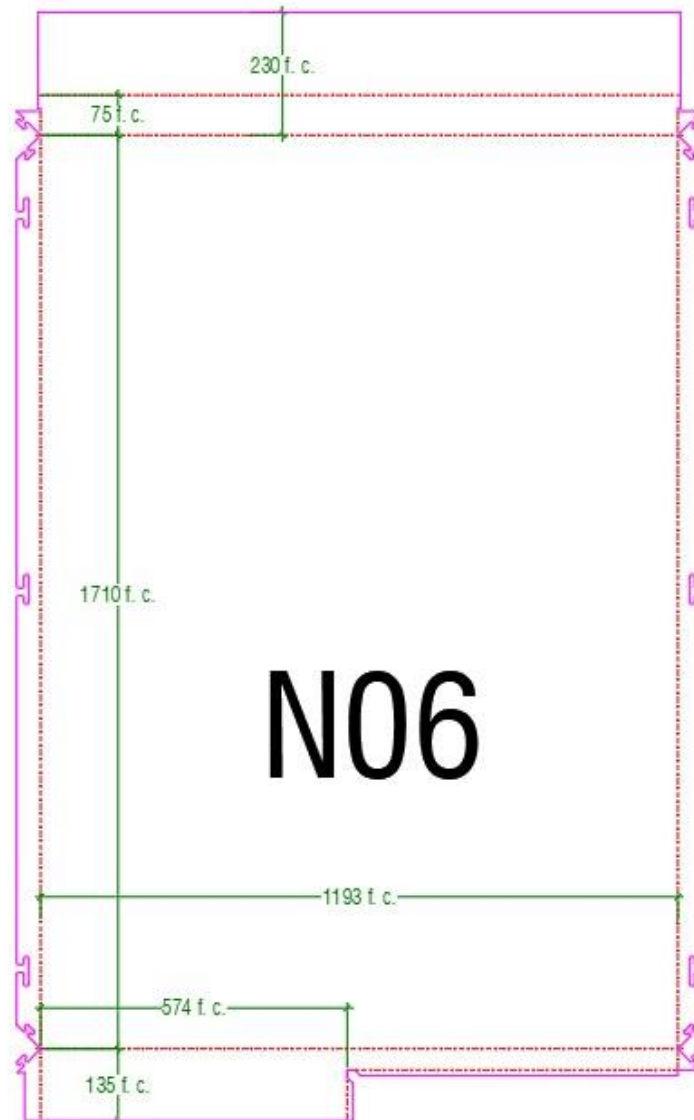


Figura 4.2 - Exemplo de Preparação de Mecanização

### 4.2 Processo de Mecanização

Durante todo o procedimento de preparação para a execução das obras recorreu-se exclusivamente ao *software* AutoCAD®. O fabrico- assistido por computador, em inglês *computer-aided manufacturing* (CAM), desempenha um papel essencial, representando um campo tecnológico que visa a automatização e otimização dos procedimentos de produção. Este conjunto de práticas engloba não apenas a conceção de *software*, mas ainda o desenvolvimento de sistemas computacionais que

coordenam e supervisionam o funcionamento de uma ampla gama de máquinas e equipamentos industriais, desde tornos CNC, fresadoras, cortadoras a laser até impressoras 3D. As ferramentas computacionais associadas ao CAM revelam-se indispensáveis para a gestão eficiente e precisa das etapas de fabricação (Michalik, Zajac, Duplák & Pivovarnik, 2012).

Os programas de CAM têm um papel fundamental na tradução eficiente e precisa de desenhos e modelos concebidos em plataformas de design, através de ferramentas de *computer-aided design* (CAD), com instruções detalhadas e específicas para as máquinas industriais. Tais *software* são altamente sofisticados, capazes de realizar uma variedade de tarefas complexas, como a definição de trajetórias exatas, a determinação de velocidades ideais, a identificação das ferramentas necessárias e o controlo de outras variáveis cruciais para a produção precisa de peças e produtos. Ao otimizar e coordenar os processos de fabricação, os programas de CAM desempenham um papel importante na garantia da qualidade, precisão e eficiência da produção industrial moderna, uma vez que, oferecem uma ponte crucial entre o design conceitual e a realidade prática da produção, permitindo a concretização eficaz e eficiente das ideias em produtos tangíveis e funcionais (Michalik et al., 2012).

Neste sentido, na fase subsequente, a utilização do *software* de CAM ALPHACAM desempenha um papel crucial na maquinação das peças. Com uma interface intuitiva e funcionalidades avançadas, este *software* torna possível não apenas a execução precisa do processo de maquinagem, assim como a otimização do aproveitamento das placas disponíveis. Através de ferramentas especializadas, o ALPHACAM capacita a criação de um arquivo em código G, perfeitamente compatível e pronto para ser integrado no *software* da máquina CNC. Esta integração harmoniosa entre o *software* do projeto e o sistema de controlo da máquina CNC simplifica e agiliza todo o processo, permitindo uma produção mais eficiente e precisa das peças desejadas.

No processo de mecanização, uma série de etapas são executadas para garantir a precisão e eficiência no trabalho, destacando-se os procedimentos essenciais, como fresagem para dobra a 90°, fresagem para dobra a 45°, canteado e, por fim, o corte. Cada uma dessas operações é meticulosamente planeada e executada, sendo que para desempenhá-las com êxito, são empregues ferramentas específicas e devidamente selecionadas, adequadas a cada exigência do processo. A fresagem, seja para a dobra a 90° ou a 45°, requer instrumentos distintos, precisamente calibrados para garantir a conformidade exata. Da mesma forma, o canteado e o corte requerem as suas próprias ferramentas especializadas, projetadas para desempenhar as suas funções de maneira eficaz e sem comprometer a qualidade do resultado. Essa associação minuciosa entre cada operação e a ferramenta correspondente é fundamental para alcançar não apenas a eficiência produtiva, mas também para assegurar a precisão e a consistência em todo o processo de mecanização (STACBOND, 2022).

A máquina CNC em operação é um modelo avançado de 3 eixos da marca Tekna, especificamente o TKE 783. Embora seja concebida como uma CNC de 3 eixos, a sua capacidade está a ser adaptada, operando essencialmente como uma CNC de 2

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

eixos e meio. Nessa configuração específica, manteve-se a cota em Z fixa, garantindo maior precisão e estabilidade ao processo de corte. Uma das características desta máquina é a mesa de corte expansiva, capaz de acomodar placas com dimensões amplas, alcançando até 2 metros de largura por 6 metros de comprimento. Esta extensa área de trabalho oferece uma flexibilidade notável, permitindo a manipulação eficiente de materiais de grandes dimensões, o que se revela fundamental para a execução de projetos de escala considerável e complexidade variada (Tekna, 2023)

Após a conclusão deste procedimento, o arquivo gerado pelo ALPHACAM é cuidadosamente introduzido e integrado no *software* da máquina. Essa etapa marca o início do processo de maquinação da chapa, onde cada detalhe do projeto é transformado em ação, garantindo a produção precisa e eficiente das peças desejadas. O *software* da máquina interpreta as instruções do arquivo, iniciando uma coreografia intrincada de movimentos precisos, cortes e modelagens que transformam a matéria-prima em componentes únicos e funcionais. Essa sincronia entre o *software* de design e a maquinaria exemplifica a excelência da tecnologia aplicada na fabricação, assegurando a qualidade e a exatidão das peças produzidas (Lustun, Lucaci, Cheregi & Derecichei, 2014).

### 4.3 Processo de Montagem

Após o processo de maquinação das chapas, estas seguem para a etapa de montagem, onde se dá a configuração final do produto. Nessa fase, as chapas são moldadas de acordo com o design desejado, podendo ser simplesmente dobradas para alcançar a forma final ou montadas minuciosamente, peça por peça, conforme as especificações do projeto. Nas figuras 4.3. e 4.4. são apresentados dois exemplos distintos de montagem das peças, ilustrando a versatilidade e a complexidade desse processo de produção.

A figura 4.3. ilustra uma peça de concepção simples que se caracteriza pela presença exclusiva de dobras e malhetes. O termo "malhetes" refere-se aos encaixes laterais projetados para a fixação da peça na calha. É fundamental destacar a importância de fechar a cassetete, isto é, a chapa após o processo de dobragem, a fim de evitar a abertura involuntária e potencial dano à integridade da peça. Este procedimento garante a estabilidade e preservação da estrutura, assegurando o seu funcionamento adequado e a durabilidade necessária.

A complexidade da peça representada na figura 4.4. exigiu um processo detalhado de montagem, uma vez que se trata de uma estrutura circular que não pode ser submetida a dobragens posteriores. Cada componente foi cuidadosamente inserido, peça por peça, pois qualquer tentativa de dobrar ou modificar a forma depois de concluída tornaria a tarefa impossível. A natureza circular e intrincada dessa peça exigiu um procedimento preciso e minucioso para assegurar a montagem adequada.



Figura 4.4 - Exemplo de uma Chapa com Malhetes



Figura 4.3 - Assemblagem de Painel Compósito de Forma Curva

#### 4.4 Colocação e Montagem em Obra

Esta é a última fase do processo de produção da fachada ventilada. É uma etapa que requer precisão e grande coordenação para garantir que todos os componentes encaixam perfeitamente e que o projeto seja executado conforme planeado. Consiste em fazer a colocação das respetivas chapas na obra.

Nesta fase deve existir uma grande coordenação com os funcionários que colocam as chapas pois, esta sendo a última etapa, é das etapas mais importantes e onde o funcionário que as coloca tem de ter especial cuidado e atenção para não as danificar, pois a danificação de uma chapa implica um atraso e um custo maior do que era esperado. Depois de realizada toda a montagem, esta é inspecionada pelo diretor de obra para assim se proceder ao encerramento da mesma dando por concluído todo o processo do revestimento de fachada.



Figura 4.5 - Revestimento da Fachada, em Gaia

## 5 CONCLUSÃO

Após a conclusão do estágio curricular e, conseqüente, reflexão e elaboração do respetivo relatório, pode concluir-se que os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos com sucesso. Esta conquista trouxe ao autor deste relatório não apenas satisfação, mas também lhe proporcionou uma conexão direta e sólida entre os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do seu percurso académico e a sua aplicação real, tendo sido gratificante perceber como a teoria se traduziu em prática, demonstrando a eficácia das aprendizagens e a sua relevância no contexto profissional.

Iniciar este estágio, através da compreensão e da otimização do *layout* de produção, foi um ponto crucial, embora tenha apresentado desafios consideráveis. Um dos principais obstáculos foi a utilização do *software* AutoCAD, uma ferramenta pouco abordada durante o percurso académico. Esta lacuna gerou bastante trabalho autónomo e uma curva de aprendizagem íngreme, exigindo um esforço adicional para dominar a ferramenta computacional. O novo *layout* de produção representou uma transformação significativa para a Jalusteel, tendo sido bem recebida por todos os membros da equipa de produção. A sua implementação trouxe melhorias notáveis, especialmente na fluidez das operações. A mudança teve um impacto direto na redução do risco de acidentes de trabalho, que, anteriormente, era consideravelmente elevado devido à ausência deste *layout*. A otimização do fluxo de trabalho não melhorou apenas a eficiência, mas também contribuiu significativamente para o ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

Por outro lado, trabalhar adicionalmente na área do revestimento de fachadas, representou um ponto bastante significativo de aprendizagem e de grande evolução, pois o autor teve a oportunidade de explorar e compreender detalhadamente cada um dos componentes do sistema de fachada ventilada, contribuindo assim para um entendimento mais aprofundado de como os elementos funcionam em conjunto para oferecer benefícios significativos em termos de conforto térmico e proteção estrutural em edifícios. Além disso, o autor teve a oportunidade de estar envolvido no processo produtivo dessa secção, o que permitiu que ampliasse as suas habilidades de resolução de problemas desde o início do processo. Conseqüentemente, trabalhar com o *software* ALPHACAM e operar a CNC acrescentou um conhecimento valioso à sua capacidade de resolver desafios técnicos. No geral, a experiência foi bastante abrangente, proporcionando-lhe uma compreensão detalhada não apenas dos aspetos teóricos, mas, sobretudo, das aplicações práticas na produção e na resolução de problemas.

Em suma, é inegável a convicção de que a escolha de terminar o Mestrado em Engenharia Mecânica desta forma se revelou a decisão mais acertada. A abordagem não proporcionou ao autor apenas um enriquecedor contato direto com a realidade, mas também contribuiu significativamente para a compreensão mais aprofundada do dinâmico cenário do mercado de trabalho.

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

Nestes meses, a experiência adquirida transcendeu os limites do conhecimento meramente teórico, desdobrando-se numa imersão profunda na aplicação prática dos conceitos absorvidos. Esta experiência não solidificou apenas os conhecimentos teóricos, mas, sobretudo, enraizou-os na perspetiva da boa arte. Ao seguir as regras da boa arte, não só foram alcançados padrões elevados de excelência, mas também se promoveu uma visão ética e responsável na abordagem das questões profissionais. Esta abordagem não se limitou a meros protocolos; pelo contrário, atuou como um farol, orientando cada passo com uma consciência ampliada dos impactos e implicações éticas em cada decisão e ação tomada no âmbito profissional.

Nesse sentido, a conclusão Mestrado em Engenharia Mecânica - Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos não se restringiu apenas ao encerramento de um ciclo académico, mas representa um marco crucial no desenvolvimento pessoal e profissional. A integração das componentes teórica e prática proporcionou uma base sólida e abrangente para adentrar o mercado de trabalho com confiança e competência. Este desfecho contribuiu, sem dúvida, para uma formação integral e preparou o autor para os desafios que o aguardam, consolidando-se como uma etapa fundamental no percurso educacional e profissional.

## 6 TRABALHOS FUTUROS

Aliado ao desenvolvimento do *layout* produção, é evidente a falta de elementos de proteção e de separação das diferentes áreas. Neste sentido, no futuro deverá implementar-se uma divisória entre as áreas de soldadura, cuja divisória terá como finalidade a proteção dos funcionários que nela trabalham, para além de resguardar os operadores que não estão alocados a esta área funcional. Esta medida visa mitigar os constrangimentos e os riscos associados aos procedimentos de soldadura, priorizando a segurança e o bem-estar dos colaboradores envolvidos na zona de produção.

Uma vez que a principal área de atuação da Jalusteel é a serralharia, será, futuramente, aprimorada a elaboração de uma estrutura tubular em ferro para as divisórias de proteção da área de soldadura. Esta escolha não reforça apenas a resistência e a durabilidade das divisórias, mas também demonstra a habilidade da Jalusteel em desenvolver soluções estruturais eficientes para atender às necessidades específicas de segurança e funcionalidade no ambiente de trabalho dedicado à soldadura da própria empresa.



Figura 6.1 - Estrutura Atual de Separação das Áreas de Soldadura

Parte integrante desta estrutura será uma cortina de proteção, obrigatoriamente retrátil, o que permitirá a união das duas seções para formar uma de maior dimensão. Essa característica é essencial, uma vez que são soldadas estruturas de grandes dimensões. A principal função dessa cortina é salvaguardar os operadores que não estão diretamente envolvidos no processo de soldadura, protegendo-os contra os

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

raios ultravioleta inerentes ao processo. Além disso, tais cortinas serão projetadas para resistir ao fogo, sendo classificadas como ignífugas, garantindo que, quando expostas a chamas, não se incendeiem.

Outra limitação é a falta de separação física entre a área do alumínio e do revestimento de fachadas, assim, será proposto a criação de biombos de separação entre as áreas. Esta necessidade surge da fácil danificação das placas do material compósito e da presença significativa de limalhas de alumínio provenientes do corte dos perfis. As limalhas acabam por se depositar sobre as chapas de compósito, o que resulta em danos que podem ser evitáveis. Para prevenir tais incidentes, será sugerido o uso de uma cortina em PVC, porém, sem proteção contra raios UV, visto que não há processos de soldadura nestas duas secções. Estas práticas visam preservar a integridade dos materiais e garantir um ambiente mais seguro e eficiente para os processos industriais realizados nessas áreas.

No seguimento destas duas operações, torna-se, igualmente, crucial delinear claramente as marcações distintivas para cada secção. Essa ação é fundamental para estabelecer limites precisos, determinando os locais específicos para a passagem de materiais e a sua localização ao entrarem no *stock*. Estas delimitações organizam não apenas o fluxo de materiais, mas facilitam a identificação e o acesso a cada área designada, otimizando assim a gestão e controle do *stock* de forma eficiente e estruturada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balocco, C. (2002). A simple model to study ventilated facades energy performance. *Energy and Buildings*, 34(5), 469-475. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(01\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(01)00130-X)
- Baptista, P. (1999). *A Inovação nos Produtos, Processos e Organizações*. Sociedade Portuguesa de Inovação.
- Bharambe, V., Patel, S., Moradiya, P., & Acharya, V. (2020). *Implementation of 5S in Industry: a Review*. Multidisciplinary International Research Journal of Gujarat Technological University, 2(1), 12-27.
- Cardoso, J. M. M. (2007). *Direção de Obra: Organização e Controlo* (3rd ed.). Aecops - Associação de Empresas de Construção e Obras Publicas e Serviços.
- Comité Européen de Normalização. (2010). *Maintenance terminology* (EN 13306).
- Dilworth, J. (1996). *Operation Management* (2nd ed.). McGraw-Hill Company.
- Farinha, J. M. T. (1994). *Uma Abordagem Terológica da Manutenção dos Equipamentos Hospitalares* [Doctoral dissertation, FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. <http://hdl.handle.net/10216/12810>
- Farinha, J. M. T. (2018). *Asset Maintenance Engineering Methodologies*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Ghinato, P. (1995). *Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time*. *Prod.*, 5(2), 169-189. <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>
- Kadir, A., Sajidah, W., Norzaimi, C., Shahril, K., & Sabri, M. (2015). Development of production layout model to improve production efficiency. *Engineering and Technology*, 13, 261-266.
- Kumar, S., & Suresh, N. (2006). *Production and operations management*. (2nd ed.). New Age International.
- Kuzmenkov, A., & Emelianova, E. (2023). *Structural and technological solutions for facade structures overhaul of residential buildings*. AIP Conference Proceedings, 2936(1). <https://doi.org/10.1063/5.0177941>
- Lustun, L., Lucaci, C., Cheregi, G., & Derecichei, L. (2014). *About the ALPHACAM in woodwork engineering*. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*, 23, 483-486.
- Michalik, P., Zajac, J., Duplák, J., Pivovarnik, A. (2012). *Future Communication, Computing, Control and Management*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-27311-7\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27311-7_56)
- Osada, T. (1991). *The 5S's: Five Keys to a Total Quality Environment*. Quality Resources.

## Desenvolvimento e Otimização de *Layouts* e Dimensionamento de Estrutura de Proteção da Área de Soldadura para a Jalusteel

- Purwanto, A. (2020). *Do Gemba Kaizen and 5S Reinforce Medical Equipment Manufacturing Performance?*. European Journal of Molecular & Clinical Medicine.
- Richards, G. (2011). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page.
- Singh, A., & Ahuja, I. S. (2014). *Evaluating the impact of 5S methodology on manufacturing performance*. International journal of business continuity and risk management, 5(4), 272-305.
- Singh, J., Singh, H., & Singh, P. (2021). *The Impact of 5S Practices on the Performance of Manufacturing Industry: An Empirical Investigation*. IUP Journal of Operations Management, 20(2).
- STACBOND. (2022). *Technical catalog. Specifications and assembly systems [Fact sheet]*.
- Takahashi, Y. (1981). Total Productive Maintenance, a new task for plant managers in Japan. *Terotechnica*, 2(2), 79–88.
- Tekna. (2023). *TKE 783 [Fact sheet] Emmegi S.p.A.*  
<https://www.tekna.it/en/product/machining-centres/tke-783>
- PLANETTOGETHER. (2021). *7 Types of Waste in Lean Manufacturing [Imagem]*. Recuperado de <https://www.planettogether.com/blog/seven-types-of-waste-in-lean-manufacturing>
- Santos, W. C. D. (2023). "O poder do 5s na busca pela excelência operacional". Recuperado de <https://pt.linkedin.com/pulse/o-poder-do-5s-na-busca-pela-excelencia-operacional-cesar-dos-santos>



**Instituto Superior  
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra