



Gestão de projeto e dimensionamento de um pavilhão industrial

MIGUEL ÂNGELO SANTOS CASTRO

novembro de 2019

GESTÃO DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM PAVILHÃO INDUSTRIAL

Miguel Ângelo Santos Castro

1140528

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica - Mestrado de Construções Metálicas



GESTÃO DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM PAVILHÃO INDUSTRIAL

Miguel Ângelo Santos Castro

1140528

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação da doutora Elza Maria Morais Fonseca.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Engenharia Mecânica - Mestrado de Construções Metálicas

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor adjunto, ISEP

Coorientador

Doutora Elza Maria Morais Fonseca

Professor adjunto, ISEP

Arguente

Doutor Sérgio Manuel Oliveira Tavares

Professor auxiliar convidado, FEUP

AGRADECIMENTOS

Gostava de deixar o meu sincero agradecimento à empresa Metalongo – Metalúrgica de Valongo, SA por me ter proporcionado a hipótese da realização de um estágio nas suas instalações, bem como por me ter recebido da melhor forma do início até ao fim do estágio. Agradecer principalmente a todos os seus colaboradores pela disponibilidade demonstrado ao longo do estágio. Também merece o meu agradecimento o Eng.º Pedro Bastos, orientador de estágio, pela disponibilidade demonstrado desde o primeiro dia.

Ao orientador, Doutor Raul Campilho, e ao coorientador, Doutora Elza Fonseca, por toda a disponibilidade e apoio demonstrado ao longo da realização da dissertação.

Aos meus amigos de curso, pelas experiências proporcionadas e apoio, não só durante a realização da tese, mas durante todo o percurso académico.

Por último quero agradece a minha família, os meus pilares, que não me deixaram desanimar e sempre me forneceram as condições necessárias para um bom percurso académico.

PALAVRAS CHAVE

Eurocódigos; Dimensionamento de pavilhão industrial; Estrutura metálica; Gestão de produção; Método de Elementos Finitos.

RESUMO

As estruturas metálicas têm passado por um processo de evolução durante as últimas décadas, sendo uma opção de construção cada vez mais utilizada. As boas características mecânicas do aço possibilitam a criação de estruturas mais resistentes e mais leves, tornando assim estas estruturas as mais procuradas. Outra vantagem da utilização do aço é a possibilidade de criação de pórticos de grandes vãos sem a necessidade de pilares a obstruir o espaço central. As estruturas metálicas, como por exemplo os pavilhões metálicos, são normalmente produzidas em diferentes elementos e só posteriormente se efetua a montagem para obter a estrutura completa.

Os principais objetivos desta dissertação foram o dimensionamento de um pavilhão metálico, utilizando como dados de partida os desenhos e documentos do projeto inicial fornecido pelo cliente, e a gestão de produção do mesmo, abordando temas como planeamento de fabrico, transporte, montagem, execução da modelação 3D e criação dos desenhos técnicos. O dimensionamento partiu da necessidade da verificação dos cálculos disponibilizados pelo cliente. Na realização do estudo do projeto é essencial fazer o planeamento do fabrico para que a estrutura seja construída corretamente e com a melhor qualidade possível. Para além disso, a fabricação necessita de seguir normas e certificados e, com a criação dos documentos indicados, fica mais fácil a execução do projeto.

O dimensionamento efetuado à estrutura metálica no relatório obteve resultados satisfatórios após algumas alterações, concluindo assim que o pavilhão projetado consegue suportar as ações que normalmente sobre ela atuam. Com a realização dos desenhos técnicos e do planeamento de fabrico conseguiu-se efetuar uma fabricação controlada dos elementos e com facilidade na execução.

KEYWORDS

Eurocodes; Design of industrial steel building; Steel structure; Production management; Finite Element Method.

ABSTRACT

Steel structures have undergone a process of evolution during the last decades, being an increasingly used construction material. The attractive mechanical characteristics of steel make it possible to create stronger and lighter structures, thus increasing its demand. Another advantage of using steel is the possibility to create large span gantry structure without the need for columns that would obstruct the central space. Steel structures, such as industrial steel building, are usually produced in different elements and only then is the assembly carried out to obtain the complete structure.

The main objectives of this dissertation were the design of an industrial steel building, using as starting data the drawings and documents of the initial project provided by the client, and its production management, addressing topics such as production planning, transport, assembly, execution of 3D modeling and creation of technical drawings. The design was based on the need to verify the calculations made available by the client. In this project study, it is essential to plan the manufacture so that the structure is built correctly and with the best possible quality. In addition, manufacturing needs to follow standards and certificates and, with the creation of the indicated documents, the project execution will be made easier.

The design carried out to the steel structure in the report obtained satisfactory results after some changes, thus concluding that the designed building can support the service loads. With the accomplishment of the technical drawings and the manufacturing planning, a controlled manufacturing of the elements was achieved and with easier execution.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

A	Ações Acidentais
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
ED	Ensaio Destrutivo
ELS	Estado Limite de Serviço
ELU	Estado Limite Último
END	Ensaio Não Destrutivo
G	Ações permanentes
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
MEF	Método de Elementos Finitos
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
Q	Ações Variáveis
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
WPS	<i>Welding Procedure Specification</i>
ZTA	Zona Termicamente Afetada

Lista de Unidades

°	Graus
kg	Quilograma
m	Metro
N	Newton
Pa	Pascal

Lista de Símbolos

$\bar{\lambda}$	Esbelteza normalizada
$\bar{\lambda}_{LT}$	Esbelteza normalizada da encurvadura lateral
A	Área da secção resistente do parafuso
a	Comprimento da garganta da soldadura
a_p	Afastamento entre pórticos
A_s	Área útil da rosca
A_w	Área efetiva da solda
b	Distância do vão
c	Largura ou altura de parte de uma secção transversal
C_1	Fator de momento uniforme equivalente que tem em conta a forma do diagrama de momentos fletores
C_2	Fator associado ao nível de carga e que depende da forma do diagrama de momentos fletores
C_{dir}	Coefficiente de direção
C_e	Coefficiente de exposição
C_{pe}	Coefficiente de pressão exterior

C_{pe}	Coeficiente de pressão exterior
C_{season}	Coeficiente de estação
C_t	Coeficiente térmico
C_z	Coeficiente que depende da zona
d	Distância do vão
d_0	Diâmetro do furo normalizado
d_m	Distância entre madres
$F_{t,Ed}$	Esforço de tração
$F_{t,Rd}$	Esforço de tração resistente
f_u	Tensão de rotura do aço
$F_{v,Ed}$	Esforço transverso
$F_{v,Rd}$	Esforço transverso resistente
f_y	Tensão de cedência do aço
G	Peso próprio global da estrutura
$G_{cobertura}$	Peso próprio distribuído da cobertura
$G_{k,j}$	Esforço resultante de uma ação permanente, valor característico
G_{madre}	Peso próprio distribuído da madre
G_n	Ação permanente (componente normal)
G_t	Ação permanente (componente tangencial)
G_{viga}	Peso próprio distribuído da viga
H	Altitude do local a partir da cota do mar
h	Altura do pilar
h_p	Altura do perfil

I	Momento de inércia
i	Raio de giração da secção
I_t	Constante de torção
I_w	Constante de empenamento
I_y	Momento de inércia no eixo y-y
I_z	Momento de inércia no eixo z-z
k	Fator dependente da rotação de extremidade no plano
K_2	Coefficiente que depende da cabeça do parafuso
k_w	Fator dependente do empenamento de extremidade
L	Comprimento da placa ou da viga
L_e	Comprimento de encurvadura
I_{eff}	Comprimento efetivo do cordão
M_{cr}	Momento crítico elástico
M_{Ed}	Momento fletor aplicado na ligação
N	Número de parafusos da placa
$N_{b,Rd}$	Valor da resistência à encurvadura do elemento comprimido
N_{cr}	Valor crítico do esforço normal
N_{Ed}	Esforço normal aplicado na ligação
P_{madre}	Massa distribuída da madre
$P_{revestimento}$	Massa distribuída do revestimento
P_{viga}	Massa distribuída da madre
Q	Sobrecarga
q_b	Pressão dinâmica de referência

q_k	Valor característico mínimo de uma carga uniformemente distribuída
Q_n	Ação da sobrecarga (componente normal)
$q_p(z)$	Pressão dinâmica de pico
Q_t	Ação da sobrecarga (componente tangencial)
S	Carga da neve na cobertura
S_k	Valor característico da neve ao nível do solo
S_n	Ação da neve (componente normal)
S_t	Ação da neve (componente tangencial)
t_c	Espessura da placa
t_f	Espessura do banzo
t_w	Espessura da alma
v_b	Valor de referência da velocidade do vento
$V_{b,0}$	Valor básico de referência do vento
V_{Ed}	Esforço transverso aplicado na ligação
W_a	Componente do vento na vertente A
W_b	Componente do vento na vertente B
W_{pl}	Módulo da seção plástica
$W_{pl,y}$	Módulo da seção plástica, eixo y-y
$W_{pl,z}$	Módulo da seção plástica, eixo z-z
X	Coefficiente de redução
z	Altura acima do solo
z_0	Comprimento de rugosidade
z_g	Distância entre o ponto de aplicação de carga e o centro de corte

β_w	Fator de correlação apropriado
γ_{M0}	Coeficiente parcial de segurança de verificação de secções
γ_{M1}	Coeficiente parcial de segurança de verificação de estabilidade
γ_{M2}	Coeficiente parcial de segurança de verificação de ligações
ε	Fator que depende de f_y
λ	Esbelteza
μ_i	Coeficiente de forma para a neve
ρ	Massa volúmica do ar
σ_{perp}	Tensão normal perpendicular à espessura
τ	Tensão de corte
τ_{perp}	Tensão de corte tangencial perpendicular ao eixo da soldadura
ψ_{0i}	Coeficiente probabilístico da ação variável de ordem i
$Q_{k,1}$	Esforço resultante de uma ação de base variável, valor característico
$Q_{k,i}$	Esforço resultante de uma ação variável, valor característico
$\gamma_{G,j}$	Coeficiente de segurança relativo às ações permanentes
γ_Q	Coeficiente de segurança relativo às ações variáveis

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de estruturas [10-13]	8
Figura 2. Principais elementos de um pavilhão metálico [18].....	9
Figura 3. Treliça [20]	10
Figura 4. Ligação soldada pelo método TIG [26]	11
Figura 5. Ligação aparafusada [27]	12
Figura 6. Ligação com rebites [29].....	13
Figura 7. Pavilhão com pórtico de ligações rígidas [32]	15
Figura 8. Pavilhão com pórtico de treliças [34]	16
Figura 9. Pórtico de vigas simplesmente apoiadas [31]	17
Figura 10. Pórtico suportado por cabos [31]	17
Figura 11. Pórtico em arco [35]	18
Figura 12. Exemplo do diagrama de encadeamento [49].....	25
Figura 13. Exemplo de serrote semi automático [51]	26
Figura 14. Exemplo de guilhotina hidráulica [52]	26
Figura 15. Exemplo de CNC [54]	27
Figura 16. Exemplo de processo oxicorte [58]	28
Figura 17. Esquematização da tocha do processo de corte por plasma (adaptado de [59])	28
Figura 18. Processo de corte por laser [60]	29
Figura 19. Soldadura por eletrodo revestido [61]	30
Figura 20. Soldadura MIG [62].....	30
Figura 21. Soldadura por arco submerso [63]	31
Figura 22. Ensaio com líquido penetrante [69]	34
Figura 23. Ensaio por partículas magnéticas [70].....	34
Figura 24. Ensaio por ultrassons [71]	35
Figura 25. Exemplo de transporte rodoviário [77]	37
Figura 26. Exemplos do transporte ferroviário, aéreo e marítimo [78-80]	37
Figura 27. Exemplo da montagem de uma estrutura metálica [82].....	39

Figura 28. Imagem do pavilhão industrial do projeto inicial	43
Figura 29. Pórtico central	45
Figura 30. Quadro 5.1 da norma EN 1991-1-3 [5]	48
Figura 31. Quadro 5.2 da norma EN 1991-1-3 [5]	49
Figura 32. Imagem representativa dos coeficientes de pressão exterior	50
Figura 33. Quadro 7.1 da norma EN 1991-1-4 [6]	51
Figura 34. Exemplo da estrutura 3D	56
Figura 35. Exemplo do pórtico 3D com as condições de fronteira e cargas aplicadas	57
Figura 36. Tensões equivalentes de von Mises no modelo 3D.....	57
Figura 37. Tensões equivalentes na ligação pilar-viga, pormenor A	58
Figura 38. Tensões equivalentes de von Mises no modelo 2D, pórtico central	58
Figura 39. Momento fletor da estrutura 3D.....	59
Figura 40. Esforço normal da estrutura 3D	59
Figura 41. Esforço transverso do caso crítico do ELU.....	60
Figura 42. Deslocamento UX para os casos críticos de ELS	60
Figura 43. Deslocamento UY para os casos críticos de ELS	61
Figura 44. Definição dos deslocamentos horizontais, da norma NP EN 1990 [3]	61
Figura 45. Definição dos deslocamentos verticais, da norma NP EN 1993-1-1 [8]	62
Figura 46. Representação das ligações do pórtico central	62
Figura 47. Nomenclatura usada para a distância entre os eixos dos furos das placas, NP EN 1993-1-8 [9]	63
Figura 48. Valores de C_1 e C_2 [85]	75
Figura 49. Pórtico lateral	76
Figura 50. Tensões equivalentes de von Mises no pórtico lateral sem inclusão dos elementos centrais..	79
Figura 51. Tensões equivalentes de von Mises no pórtico lateral com inclusão dos elementos centrais ..	79
Figura 52. Deslocamento horizontal do pórtico lateral.....	80
Figura 53. Deslocamento horizontal do pórtico lateral.....	80
Figura 54. Modificação do espaçamento entre madres.....	81
Figura 55. Modificação da ligação viga-viga intermédia	81
Figura 56. Modificação na cobertura do pavilhão.....	82
Figura 57. Modelação 3D da estrutura metálica	82

Figura 58. Plano de trabalhos do pavilhão metálico	84
Figura 59. Sequência de fabrico da estrutura metálica	86
Figura 60. Exemplo de uma carga de elementos metálicos	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Simbologia do diagrama de processos (adaptado de [49]).....	24
Tabela 2. Normas a seguir no projeto	44
Tabela 3. Dados iniciais do pórtico central.....	45
Tabela 4. Dimensões dos perfis do pórtico central, em mm	46
Tabela 5. Propriedades do aço S275JR (bibliografia da norma EN10025-2:2004)	46
Tabela 6. Coeficientes de pressão exterior das paredes laterais	51
Tabela 7. Coeficientes de pressão exterior das vertentes.....	51
Tabela 8. Coeficientes dos 4 casos existentes	52
Tabela 9. Coeficientes finais dos 4 casos existentes do pórtico central, em kN/m.....	52
Tabela 10. Valores das cargas das ações do pórtico central, em kN/m	54
Tabela 11. Coeficientes de segurança para os estados limites de ELU e ELS	54
Tabela 12. Valores retirados do quadro A1.1 da norma EN1990 (2009).....	54
Tabela 13. Valores calculados de ELU do pórtico central, em kN/m.....	55
Tabela 14. Valores calculados de ELS do pórtico central, em kN/m.....	55
Tabela 15. Legenda das ligações a dimensionar.....	63
Tabela 16. Intervalo de valores da placa, pela norma EN1993-1-8 (2010).....	63
Tabela 17. Valores das distâncias da placa da ligação pilar-viga, em mm.....	64
Tabela 18. Valores das distâncias da placa da ligação viga-viga intermedia, em mm.....	64
Tabela 19. Valores das distâncias da placa da ligação viga-viga central, em mm	64
Tabela 20. Valores das distâncias da placa da ligação pilar-base, em mm.....	65
Tabela 21. Características do parafuso M24 e da classe 10.9	65
Tabela 22. Valores da ligação aparafusada da ligação pilar-viga.....	67
Tabela 23. Valores da ligação aparafusada das ligações viga-viga central.....	67
Tabela 24. Valores da ligação aparafusada das ligações viga-viga intermédia	68
Tabela 25. Valores da ligação aparafusada da ligação pilar-base	68
Tabela 26. Valores do material, para espessuras inferiores ou iguais a 16 mm.....	68
Tabela 27. Resultados obtidos para o cordão 1	70

Tabela 28. Resultados obtidos para o cordão 2	71
Tabela 29. Dimensões do perfil do pilar do pórtico central	71
Tabela 30. Valores do perfil IPE500.....	74
Tabela 31. Dados iniciais para o cálculo do pórtico lateral	76
Tabela 32. Dimensões do perfil do pórtico lateral, em mm	76
Tabela 33. Propriedades dos aços para espessuras inferiores ou iguais a 16 mm (EN1993-1-1)	77
Tabela 34. Valores das ações permanentes, em N/m	77
Tabela 35. Coeficientes finais dos 4 casos existentes do pórtico lateral, em kN/m.....	77
Tabela 36. Valores das cargas das ações do pórtico lateral, em kN/m	78
Tabela 37. Valores calculados de ELU do pórtico lateral, em kN/m.....	78
Tabela 38. Valores calculados de ELS do pórtico lateral, em kN/m	78
Tabela 39. Codificação dos elementos	83
Tabela 40. Lista de material a encomendar	85
Tabela 41. Legenda da sequência de fabrico da Figura 59	87
Tabela 42. Meios necessários para a montagem da estrutura metálica	91

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Organização da dissertação	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	Projeto de estruturas metálicas.....	7
2.1.1	Regulamentação em vigor.....	7
2.1.2	Tipos de estruturas.....	8
2.1.3	Materiais aplicáveis.....	8
2.1.4	Diferentes elementos construtivos.....	9
2.1.5	Ligações entre elementos metálicos.....	10
2.1.5.1	Ligações soldadas.....	11
2.1.5.2	Ligações aparafusadas.....	11
2.1.5.3	Ligações rebitadas.....	12
2.1.5.4	Outras ligações.....	13
2.2	Projeto de pórticos e ligações.....	13
2.2.1	Particularidades do projeto.....	13
2.2.2	Tipos de geometrias possíveis.....	14
2.2.2.1	Pórtico rígido.....	15
2.2.2.2	Pórtico de vigas simplesmente apoiadas.....	16
2.2.2.3	Pórtico suportado por cabos.....	17
2.2.2.4	Pórtico em arco.....	17
2.2.3	Tipos de esforços.....	18
2.2.4	Métodos de cálculo.....	19
2.2.5	Método de Elementos Finitos.....	19

2.2.5.1	Programas de cálculo.....	20
2.3	Gestão de projetos de grandes dimensões.....	21
2.3.1	Análise preliminar do projeto.....	21
2.3.2	Desenhos técnicos e modelação 3D.....	22
2.3.2.1	Softwares.....	22
2.3.3	Planeamento do fabrico.....	23
2.3.4	Processos de fabrico.....	25
2.3.4.1	Processos de corte e furação.....	25
2.3.4.1.1	Corte mecânico.....	25
2.3.4.1.2	Furação mecânica.....	26
2.3.4.1.3	Corte térmico.....	27
2.3.4.2	Processos de soldadura.....	29
2.3.4.3	Pintura e proteção.....	31
2.3.5	Controlo de qualidade.....	31
2.3.5.1	Controlo dimensional.....	32
2.3.5.2	Controlo da soldadura.....	32
2.3.5.3	Controlo de pintura.....	36
2.3.6	Transporte de materiais e equipamentos.....	36
2.3.7	Montagem da estrutura.....	38
3	DESENVOLVIMENTO.....	43
3.1	Apresentação da empresa.....	43
3.2	Caracterização da estrutura.....	43
3.2.1	Requisitos do projeto.....	44
3.3	Desenvolvimento do projeto.....	45
3.3.1	Dimensionamento da estrutura.....	45
3.3.1.1	Pórtico central.....	45
3.3.1.1.1	Combinação de ações.....	52
3.3.1.1.2	Análise MEF.....	56
3.3.1.1.3	Ligações aparafusadas.....	62

3.3.1.1.4	Ligações soldadas.....	68
3.3.1.1.5	Resistência à encurvadura dos pilares	71
3.3.1.2	Pórtico lateral	75
3.3.1.2.1	Combinação de ações	78
3.3.1.2.2	Análise MEF.....	79
3.3.2	Análise e otimização do projeto.....	81
3.3.3	Modelação 3D e desenhos técnicos	82
3.4	Gestão do fabrico	83
3.4.1	Plano de trabalho	83
3.4.2	Lista de material	84
3.4.3	Planeamento do fabrico	85
3.4.4	Controlo de qualidade.....	89
3.4.5	Transporte de materiais e equipamentos	90
3.4.6	Montagem da estrutura	91
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	95
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	99
6	ANEXOS.....	107
6.1	ANEXO A – Projeto inicial	109
6.2	ANEXO B – Desenhos de fabrico	129
6.3	ANEXO C – Fichas técnicas	255
6.4	ANEXO D – Lista de Material.....	259
6.5	ANEXO E – Folha de gama operatória.....	265
6.6	ANEXO F – Folhas de operação	269

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Organização da dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

As estruturas metálicas estão em constante evolução, apresentando nos últimos anos um aumento da sua produção por causa das vantagens de demonstrar comparativamente as restantes opções existente no mercado [1]. Os pavilhões normalmente são formados por componentes em aço por estes conseguirem vãos grandes sem precisar de pilares na zona central dos pórticos, criando espaços amplos.

O dimensionamento efetuado nas estruturas metálicas tem o intuito de demonstrar o comportamento da estrutura perante as cargas aplicadas sem que existam grandes custos e tempo associados a fabricar e montar uma estrutura incapaz de resistir ao meio envolvente. Nas estruturas metálicas, para tornar o fabrico um processo mais rápido e de fácil controlo, são realizados documentos com o intuito de executar um planeamento da fabricação. Estes documentos facilitam na gestão dos tempos de fabricação, operários e máquinas/ferramentas.

1.2 Objetivos

O principal objetivo desta tese foi a realização do dimensionamento e da gestão da produção de um edifício metálico para obtenção de uma estrutura segura e sólida com uma fabricação controlada e fácil execução. Estes objetivos têm de ir de encontro as necessidades indicadas pelo cliente e aos meios disponíveis na empresa.

Assim sendo esta dissertação seguirá os seguintes pontos como base:

- Caracterização da estrutura;
- Dimensionamento;
- Análise e melhoria do projeto;
- Desenhos técnicos e modelação 3D;
- Planeamento do fabrico;
- Controlo da qualidade;
- Transporte;
- Montagem.

1.3 Organização da dissertação

No Capítulo 1 é realizada uma breve apresentação da dissertação abordando a contextualização e os objetivos pretendidos.

O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, onde serão abordados os conceitos mais importantes para o desenvolvimento do projeto. Perante isto, optou-se por dividir este capítulo em 3 subcapítulos:

- Projeto de estruturas metálicas;
- Projeto de pórticos e ligações;
- Gestão de projetos de grandes dimensões.

O Capítulo 3 consiste no desenvolvimento do projeto, contendo a parte principal do estudo da Dissertação. Depois de uma pequena abordagem à empresa onde foi realizado o estágio, fez-se a caracterização da estrutura em pórtico para estudo. Este capítulo também engloba o dimensionamento dos pórticos, os desenhos técnicos, o planeamento do fabrico, bem como o transporte e montagem.

No Capítulo 4 apresentam-se as principais conclusões do trabalho desenvolvido e os possíveis trabalhos futuros a realizar.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Projeto de estruturas metálicas
- 2.2 Projeto de pórticos e ligações
- 2.3 Gestão de projetos de grandes dimensões

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Projeto de estruturas metálicas

Este capítulo serve para definir alguns pontos importantes no projeto das estruturas metálicas, como os materiais aplicáveis, os tipos de ligações mais utilizados e as soluções construtivas do tipo de estrutura de estudo - edifício. Com este objetivo, são apresentadas as normas com a utilização mais frequente neste tipo de projetos.

2.1.1 Regulamentação em vigor

Normalmente, os projetos de estruturas metálicas costumam estar assentes em normas, sendo estas definidas como documentos aprovados por organismos de normalização, estabelecendo regras e características que resultam de resultados consolidados, científicos, técnicos ou experimentais [2]. Na parte do dimensionamento de estruturas metálicas costuma-se utilizar a seguinte normalização:

- NP EN 1990:2009 – Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas [3];
- NP EN 1991-1-1:2009 – Eurocódigo 1 – Ações em estruturas – Parte 1-1: Ações gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios [4];
- NP EN 1991-1-3:2009 – Eurocódigo 1 – Ações em estruturas – Parte 1-3: Ações gerais – Ações da neve [5];
- NP EN 1991-1-4:2010 – Eurocódigo 1 – Ações em estruturas – Parte 1-4: Ações gerais – Ações do vento [6];
- NP EN 1991-1-5:2009 – Eurocódigo 1 – Ações em estruturas – Parte 1-5: Ações gerais – Ações térmicas [7];
- NP EN 1993-1-1:2010 – Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios [8];
- NP EN 1993-1-8:2010 – Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço – Parte 1-8: Projeto de ligações [9].

Já na parte do fabrico e montagem é usualmente utilizada a norma EN ISO 1090-2, que trata dos requisitos para estruturas de aço, mais propriamente sobre os aço laminados a quente.

2.1.2 Tipos de estruturas

A indústria, desde o seu início, tem vindo a evoluir com o propósito de conseguir tornar as estruturas mais leves e mais resistentes. Por isso, começou-se a utilizar preferencialmente o aço como material principal. As estruturas são dimensionadas para resistir o máximo de tempo possível, caso contrário, um mau dimensionamento pode colocar em causa a vida de um elevado número de pessoas, sem falar nos custos exorbitantes que isso acarreta. No mercado atual, existem imensos tipos de estruturas em aço, como por exemplo, edifícios (industriais, comerciais e de habitação), pontes, estádios de futebol, guias, plataformas petrolíferas, coberturas. Na Figura 1 estão representados alguns exemplos dos tipos de estruturas.



Figura 1. Diferentes tipos de estruturas [10-13]

2.1.3 Materiais aplicáveis

Como já enunciado anteriormente, o material com maior utilização nos tempos modernos para este tipo de construção é o aço. Uma vez que este consegue oferecer uma alta resistência nos diferentes estados de tensão e mesmo com a utilização de secções mais pequenas é possível verificar que o componente consegue suportar grandes esforços. Assim sendo, consegue-se criar estruturas mais leves, mesmo com a elevada densidade apresentada pelo aço de 7850 kg/m^3 [14].

Os aços mais utilizados na indústria são os aços estruturais de baixa liga, que apresentam uma predominância de Carbono e Manganês com microestruturas preponderantes de ferrite-perlite. Como possuem um teor baixo em carbono, estes costumam apresentar uma boa soldabilidade [15].

As propriedades dos aços estruturais são uniformes, homogêneas e altamente previsíveis. Possibilita que o fabrico e a montagem sejam mais simples e fácil comparativamente as estruturas de betão. Como o aço é um material que facilmente sofre corrosão, deve ser aplicado um revestimento apropriado para cada ambiente ao qual esse estará exposto. Este material é muito afetado pelas condições climáticas, por isso necessita de se ter especial atenção às temperaturas, raios UV e salinidade que estarão a incidir sobre os elementos [16].

Os aços mais utilizados no ramo da metalomecânica costumam ser S235, S275, S355 e S450, referentes a norma EN 10025-2:2004, sendo que os 3 dígitos representam o valor em MPa da tensão de cedência para componentes com espessuras nominais inferiores ou iguais a 16 mm. Como trata-se de aço, o módulo de elasticidade é constante e igual a 210 GPa [15].

Este material pode ser formado por laminagem a quente, para a obtenção dos perfis mais utilizados em elementos resistentes, como por exemplo perfis em I. O aço também pode ser enformado a frio. Por exemplo, referem-se os perfis em C e Z, que são fabricados através de chapas muito finas, permitindo a obtenção de secções com diferentes formas, mas com boas propriedades mecânicas e redução dos gastos de material [17].

2.1.4 Diferentes elementos construtivos

Na indústria é possível encontrar edifícios em estrutura metálica para diferentes propósitos e com diferentes formatos, os mais usualmente utilizados serão descritos posteriormente. Normalmente os pavilhões metálicos costumam ter como base de construção os mesmos tipos de componentes, representados na Figura 2, mas nem sempre todos são encontrados na mesma estrutura.

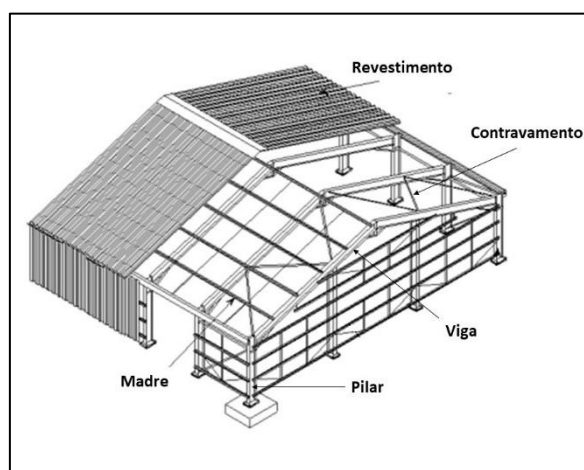


Figura 2. Principais elementos de um pavilhão metálico [18]

Viga e pilares - Os dois elementos formam um pórtico, parte mais importante no pavilhão, tendo como principal função suportar as cargas transmitidas pelas madres.

Sendo as vigas os elementos na horizontal com um determinado ângulo e os pilares os verticais lineares.

Madre - são elementos unidirecionais com o intuito de transmitir as cargas do revestimento ao pórtico formado pelos pilares e vigas, também facilitando a colocação do revestimento.

Revestimento ou cobertura - tem como principal função proteger o interior do pavilhão do meio exterior, mais propriamente das condições climatéricas.

Contraventamentos - elementos com o intuito de melhorar a estabilidade devido a cargas horizontais, sendo o vento o elemento com mais preponderância.

Treliças - são elementos perfilados esbeltos unidos em pontos comuns formando padrões triangulares, de forma a estabilizar a estrutura de elementos lineares, estão representados na Figura 3. Os elementos podem ser unidos entre si por ligações soldadas, aparafusadas ou articuladas [19].

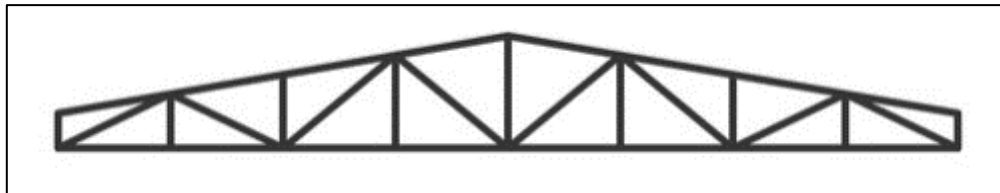


Figura 3. Treliça [20]

2.1.5 Ligações entre elementos metálicos

Costuma-se utilizar o termo ligação para todos os detalhes construtivos que promovam a junção de dois ou mais elementos, utilizada para transmitir as forças entre estes. Estas uniões são consideradas como a parte mais vulnerável de toda a estrutura, sendo que as suas fraturas podem provocar o colapso do edifício ou uma deformação temporária ou permanente do mesmo [9, 21, 22].

A escolha adequada de qual o tipo de ligação a utilizar deve ser feita não só considerando o desempenho estrutural, mas também os fatores económicos da sua execução tanto na oficina como na montagem no local, especialmente os custos de mão de obra associados. O impacto no cronograma da montagem do edifício também é um ponto a considerar. Para obter ligações seguras e económicas é necessário compreender a mecânica estrutural e ter um conhecimento das cargas que os elementos vão transmitir. Como no resto dos elementos, também é importante ter atenção ao comportamento das ligações as temperaturas elevadas, pelo simples facto de estas se comportarem de forma diferente de quando estão à temperatura ambiente [21, 23, 24].

Todas as estruturas, na verdade, deformam-se até certo ponto e essas deformações podem ser permanentes e irreversíveis ou de curto prazo e possivelmente reversíveis

[24]. Os processos de ligação mais usualmente utilizados nas estruturas metálicas são: soldadura, aparafusagem e rebiteagem.

2.1.5.1 *Ligações soldadas*

A soldadura é muito utilizada na construção metalomecânica, naval, ferroviária e civil, substituindo os processos mais antigos como parafusos e por rebites. Este tipo de ligação não só permite melhorar a resistência patenteada pelos materiais de base ligados, como também a produção de peças com formatos relativamente complexos [25].

Esta técnica possui algumas vantagens, como a possibilidade de unir uma vasta gama de materiais e formas, sendo possível a união de 2 materiais diferentes, com uma grande variedade de espessuras. Também possui uma boa relação entre o custo e benefício, produzindo uma boa aparência. Pode-se realizar tanto na fábrica como no estaleiro, mas no estaleiro é necessário ter uma maior preocupação com o meio envolvente para não modificar as propriedades pretendidas. Como desvantagens existe a necessidade do operador ter de ser certificado e necessitar de experiência para executar soldaduras de qualidade [25].

Antes de se começar a união, recomenda-se a preparação da superfície e das juntas a ser soldadas, como por exemplo, a execução de chanfros ou então a limpeza através da granalhagem. Na indústria existem diferentes métodos de soldadura como: soldadura por eletrodo revestido, Metal Inert Gas (MIG) / Metal Active Gas (MAG), arco submerso, fio fluxado, *Tungsten Inert Gas* (TIG), plasma, resistência, oxiacetilénica, brasagem, fricção, laser, feixe de eletrões e difusão [25]. Na Figura 4 está representado um tipo de soldadura.



Figura 4. Ligação soldada pelo método TIG [26]

2.1.5.2 *Ligações aparafusadas*

A ligação aparafusada é essencialmente a união entre elementos através de parafusos, representada na Figura 5. Esta tem como mais valias a sua facilidade de fabrico e montagem em obra, permitindo ser desmontada para alteração ou reparo. De uma

forma tradicional é possível proceder ao seu dimensionamento através de processos semi-empíricos, baseando-se em resultados de ensaio, experiências e boas práticas de execução. Como para este tipo de ligação é necessário executar furos nos elementos, está-se a enfraquecer a peça, o que constitui uma das principais desvantagens deste tipo de ligação [22].



Figura 5. Ligação aparafusada [27]

Os parafusos em aço podem ser classificados em diferentes classes (as mais conhecidas são 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 e 10.9 referentes a norma EN ISO 898-1). Quando a ligação está sujeita a forças e momentos estáticos, geralmente, costuma ser possível utilizar qualquer uma das classes de parafusos. Já para ligações onde existam forças cíclicas suscetíveis de induzir fenómenos de fadiga, devem só ser utilizados os parafusos com elevada resistência à fadiga e que apresentem uma deformação reduzida, nomeadamente os parafusos de classes 8.8 e 10.9 ou superiores. A zona mais fraca do parafuso é a parte roscada. Normalmente, costuma-se avaliar a resistência de um parafuso através da sua secção resistente à tração. A rotura deste tipo de ligações costuma acontecer segundo um dos seguintes modos: corte no parafuso, esmagamento da placa de ligação e rotura em bloco (cedência por corte combinada com rotura por tração ou rotura por corte combinada com cedência por tração) [22].

2.1.5.3 *Ligações rebitadas*

Neste tipo de ligação são utilizados elementos adicionais designados por rebites, tornado esta como uma ligação fixa. De facto, a única solução para conseguir separar as peças é destruir os rebites. O rebite é um fixador de aço que possui um corpo cilíndrico e uma cabeça formada. A rebitagem pode ser manual ou mecanizada. A rebitagem manual é executada utilizando um martelo. Já a mecanizada utiliza uma máquina, oferecendo uma ligação com melhor qualidade e mais económica, isto tudo para conseguir produzir a segunda cabeça, essa oposta a primeira [28].

A rebitagem pode ser feita a quente ou a frio. Como usualmente são utilizados rebites de aço, quando estes têm diâmetros menores costuma-se rebitar a frio, já quando os diâmetros são maiores é aconselhado ser a quente. [28]. A Figura 6 mostra um exemplo de uma ligação rebitada em uma ponte.



Figura 6. Ligação com rebites [29]

Esta ligação foi, por muitas décadas, a técnica de fixação predominante usada em edifícios com estrutura de aço, mas foi completamente substituída na construção contemporânea pelas técnicas com produção mais simples e que oferecem melhores propriedades mecânicas, aparafusamento e soldagem [28].

2.1.5.4 Outras ligações

Ainda existem outros tipos de ligações, tal como:

- **Ligação adesiva**

Esta ligação é executada utilizando um material polimérico, adesivo, como meio de união dos elementos. A ligação adesiva consegue oferecer inúmeras vantagens comparativamente às enunciadas anteriormente. O tempo de vida da junta e a resistência a cargas são afetados por vários fatores, como por exemplo o meio ambiente a que a junta vai estar sujeita [30].

Algumas das vantagens desta ligação são o facto de apresentar uma distribuição mais uniforme das tensões, consegue unir materiais diferentes, permite que as estruturas apresentem contornos regulares, se for bem aplicada cria um contacto contínuo entre as superfícies e tem um bom amortecimento das vibrações. No entanto, esta técnica de ligação também tem algumas desvantagens, sendo elas: o controlo de qualidade é de difícil estudo, os adesivos têm uma cura a temperaturas elevadas, tem uma resistência limitada no que toca ao calor e humidade, para obtenção de bom resultados a superfície necessita de uma cuidada preparação, é necessário um projeto da ligação que consiga eliminar as forças de arrancamento ao máximo e é importante utilizar geometrias que evitem tensões localizadas [30].

2.2 Projeto de pórticos e ligações

2.2.1 Particularidades do projeto

Os edifícios metálicos são conjuntos de pórticos construídos tipicamente para uso comercial, industrial ou agrícola. Na maior parte das vezes os edifícios metálicos só têm um andar, podendo ser de vão simples ou múltiplo. A altura do edifício é costume ser

menor do que o seu comprimento e largura. Normalmente cada tipo de edifício tem os seus próprios requisitos em relação ao espaço interno, embora na maioria dos casos se pretende ter um espaço interior totalmente livre de membros estruturais, ou então outra solução passa por reduzir as colunas internas ao mínimo [31].

Quando se trata de estruturas para trabalho manual ou armazenamento é geralmente recomendado dar uma maior importância a economia e flexibilidade do que à aparência do edifício. Para outros edifícios, a aparência da estrutura pode ser mais importante e então o aço fabricado pode ser usado para formar estruturas arquitetonicamente atraentes. O revestimento é um dos fatores importantes para a aparência do edifício, podendo ser de madeira, vidro, chapa, painel *sandwich*, entre outros [31].

Uma grande proporção dos edifícios existentes no mercado com um único andar, utilizam o aço, demonstrando a importância da relação custo benefício desta solução. Os arquitetos e engenheiros não utilizam apenas o aço por causa da solução económica, mas também para alcançar [31]:

- Dimensões mínimas de construção;
- Curto período de construção;
- Flexibilidade no uso;
- Solução sustentável.

2.2.2 Tipos de geometrias possíveis

No mercado das estruturas metálicas estão disponíveis diferentes tipos de estruturas. Estas são recorrentemente divididas em dois tipos, vão simples ou múltiplos. A escolha de qual se deve utilizar depende de alguns fatores, como por exemplo o *layout*, isto porque, a utilização de colunas internas pode não ser muito viável e conveniente. Dependendo da função do edifício, a determinação do layout básico da estrutura esta encarregue ao arquiteto [14, 31].

O engenheiro estrutural tem uma ampla escolha de conceitos estruturais, tanto do presente como do passado, incluindo quadros simples, estruturas rígidas, treliças e arcos. Essas soluções podem variar do totalmente funcional para maior economia, até arquitetura mais aventureira e aspeto exterior. É de salvaguardar que quanto mais a estrutura for sofisticada maior será o custo da construção, isto porque, o tempo para a produção dos componentes pode aumentar ou então o fabrico torna-se mais complexo [14, 31].

Existem quatro configurações básicas que conseguem fornecer um espaço interno claro para um edifício de um andar [31]:

- Pórtico rígido (pórtico com ligações rígidas e pórtico com treliças);
- Pórtico de vigas simplesmente apoiadas;

- Pórtico suportado por cabos;
- Pórtico em arco.

2.2.2.1 Pórtico rígido

Os pórticos rígidos são obtidos por meio de ligações rígidas entre as extremidades das vigas ou treliças aos pilares. A estrutura criada é muito mais eficiente a suportar as cargas impostas pelo revestimento do telhado comparativamente a um membro com as vigas simplesmente apoiadas. Também oferece resistência contra as forças do vento incidentes nas laterais do edifício. Existem dois tipos de estruturas rígidas, as de pórtico de ligações rígidas e as de pórtico com treliças [31].

Nestes casos é costume utilizar um contraventamento na cobertura, e se necessário nas paredes, para encaminhar as cargas horizontais para os pilares, ajudando assim a aumentar a resistência e estabilidade no que toca a direção perpendicular aos pórticos [31].

➤ Pórtico de ligações rígidas (*portal frames*)

Os pórticos de ligações rígidas usam tipicamente as vigas e pilares em secção I ou H, laminados a quente, mas para estruturas com um vão pequeno também podem ser utilizados perfis formados a frio. Dentro deste tipo é possível encontrar a existência de uma grande variedade de formas e tamanhos diferentes, podendo ter as vigas planas ou inclinadas [31]. Na Figura 7 é possível ver um exemplo deste tipo de pórtico.



Figura 7. Pavilhão com pórtico de ligações rígidas [32]

Este tipo de pórtico é bastante utilizado e costuma ser usualmente aplicado quando se pretende cumprir as seguintes condições [33]:

- Comprimento do vão: entre 15 m e 50 m;
- Altura do pilar: entre 5 m e 10 m;
- Ângulo da viga: entre 5° e 10°;
- Distância entre pórticos: entre 5 m e 8 m;

- Reforços na união da viga-pilar e viga-viga.

➤ **Pórtico com treliças**

Neste tipo de pórticos, as vigas são elementos compostos - treliças, e os pilares são do mesmo tipo e com as mesmas características que os descritos para os pórticos com ligações rígidas. Em algumas situações, os pilares também podem ser em forma de treliça. Em algumas situações, os pilares também podem ser em forma de treliça [31].

Os pórticos com treliças, um exemplo representado na Figura 8, são usados para vãos maiores, até perto dos 100 m, pois as treliças no telhado fornecem uma alternativa efetiva e económica comparada com os outros casos. Quando estes pórticos são utilizados, é frequente que as cordas superiores e inferiores possam ser facilmente conectadas às colunas de suporte, originando uma estrutura rígida [31].



Figura 8. Pavilhão com pórtico de treliças [34]

2.2.2.2 Pórtico de vigas simplesmente apoiadas

Este tipo de pórtico é conhecido por ter uma série de vigas paralelas, em que cada uma delas está suportada pelos pilares nas suas extremidades, podendo ter uma conexão fixa ou flexível entre a viga e o pilar [31].

As vigas podem ser de vários tipos consoante o vão desejado. Como tal, existem vigas em perfil I laminadas até 20 m, vigas perfis soldados até 30 m, vigas alveolares/celulares até 45m e também vigas em treliças até 100 m [31]. Este pórtico está representado na Figura 9.



Figura 9. Pórtico de vigas simplesmente apoiadas [31]

2.2.2.3 Pórtico suportado por cabos

Nos pórticos suportados por cabos são utilizados componentes de tração (cabos de aço ou barras) para dar suporte intermediário a membros como as vigas existentes, permitindo assim uma redução do tamanho destes membros. Os componentes precisam de ser apoiados nos pilares, por sua vez também é necessário utilizar alguns cabos para ancorar os pilares.

Geralmente os contraventamentos são muito visíveis e por causa dos elementos constituintes deste tipo de pórticos é necessário ter cuidado na parte da estética do edifício. Uma das desvantagens é o grande custo de manutenção devido à maior parte da estrutura ficar exposta ao exterior. Este tipo de pórtico é mais usualmente utilizado para vãos compreendidos entre 30 e 90 m e pode ser observado um exemplo na Figura 10 [31].



Figura 10. Pórtico suportado por cabos [31]

2.2.2.4 Pórtico em arco

Os edifícios formados por pórticos em arco costumam ter uma forma idêntica a um semi-círculo, não existindo distinção entre vigas e pilares. Os membros do arco estão a trabalhar à compressão, carregamento uniforme, mas também vai existir momentos de

flexão causados pelas cargas não uniformes e pontuais. As forças de compressão existentes devem ser minimizadas, para isso é preciso garantir que os apoios do arco impeçam translações horizontais, para isso podem ser incorporados elementos de ligação entre as fundações ou então as fundações são dimensionadas para suportar essas cargas. Este tipo de pórtico é tipicamente utilizado para vãos até 50 m e esta representado um exemplo na Figura 11 [31].



Figura 11. Pórtico em arco [35]

2.2.3 Tipos de esforços

As estruturas metálicas são projetadas para conseguir suportar determinado tipo de cargas durante a sua vida útil. Estas cargas podem ser permanentes, variáveis ou acidentais. Estas últimas, mas como possuem uma pequena probabilidade de ocorrência não são abordadas neste ponto. Os esforços possíveis para um pavilhão metálico, perante a norma NP EN 1993-1-1 [8], são:

- **Peso próprio de cada componente** – diz respeito ao peso da estrutura e dos elementos não estruturais. Na maioria dos casos, deve ser representado por um único valor característico. O seu cálculo é executado com base na norma NP EN 1991-1-1 [4];
- **Sobrecarga** – são as cargas resultantes da ocupação do edifício, como por exemplo as cargas criadas pela utilização normal das pessoas, o mobiliário e os veículos. O seu cálculo também é executado com base na norma NP EN 1991-1-1 [4];
- **Ação do vento** – corresponde à ação característica do vento sobre estruturas apoiadas no solo, e é representada por um conjunto de pressões ou forças cujos efeitos são equivalentes aos efeitos extremos do vento turbulento. A obtenção dos coeficientes para cada caso é baseada na norma NP EN 1991-1-4 [6];
- **Ação da neve** - carga causada pela acumulação de neve na estrutura, sendo que a neve pode apresentar diversos padrões no que diz respeito a distribuição pela

cobertura. Normalmente a ação é calculada com base na norma NP EN 1991-1-3 [5];

- **Ações térmicas** – ação numa estrutura que acontece devido às variações da temperatura num determinado espaço de tempo. Tem como base de cálculo a norma NP EN 1991-1-5 [7].

2.2.4 Métodos de cálculo

Para os cálculos do estados limites, que serão abordados mais a frente, são utilizados três tipos de ações existentes, as **permanentes (G)**, ação com elevada probabilidade de acontecer durante um determinado tempo de referência e cuja variação de intensidade no tempo é desprezável ou monotónica (como exemplo existe o peso próprio dos perfis), as **variáveis (Q)**, representam a ação cuja variação de intensidade no tempo não é desprezável nem monotónica (como exemplo existe a sobrecarga, vento e neve), e as **acidentais (A)**, ação com intensidade significativa, normalmente de curta duração e com pequena probabilidade de ocorrência na estrutura na sua vida útil (como exemplo referem-se sismos) [3].

As estruturas devem ser dimensionadas e executadas para conseguir desempenhar com eficácia o seu propósito durante um período de vida útil estabelecido. No que toca à resistência da estrutura, seguindo a norma EN1993-1-1 [8], deve-se verificar os requisitos de segurança através das seguintes condições:

- **Estados Limites Últimos (ELU)** – corresponde ao colapso de parte ou da totalidade da estrutura. Indica a perda de resistência ou estabilidade da estrutura;
- **Estados Limites de Serviço (ELS)** – se não cumprir, quer dizer que a estrutura não serve mais para a finalidade a que foi projetada (grandes deslocamentos, vibrações, deformações permanentes). Indica a perda de rigidez da estrutura.

Depois de comprovar que a estrutura consegue suportar as cargas, é necessário garantir que as ligações, pontos mais fracos da estrutura, suportem as cargas a que ficaram sujeitas no decorrer da sua utilização. Para o dimensionamento das ligações é preciso garantir os pressupostos impostos na norma EN1993-1-8 [9]. Desta forma, serão escolhidos os valores para a espessura das chapas, número de parafusos, entre outros, através dos valores mínimos calculados, baseados nos resultados obtidos no critério ELU.

2.2.5 Método de Elementos Finitos

O Método de Elementos Finitos (MEF) possibilita uma aproximação numérica das equações constitutivas integrais ou diferenciais. O MEF pode ser usado para a análise da estrutura completa ou então para os elementos da estrutura individualmente.

Este método é baseado na discretização das estruturas, isto é, cria divisões num sistema equivalente de domínios de dimensão pequena, denominados elementos finitos. Estes elementos são interligados pelos nós que podem ser comuns a um ou mais elementos, ou sujeitos a condições de fronteira. O MEF permite a obtenção de soluções de problemas de engenharia como análise de tensões, temperaturas, escoamento de fluidos e aerodinâmica, eletromagnética e eletrónica, entre muitos outros casos [36].

O MEF é muito exigente em termos de cálculos pois requer operações sobre matrizes de dimensão muito elevada. Por este facto, antigamente era complicado correr os programas em computadores normais, causando um acesso restrito, porque era necessário a utilização de computadores topo de gama para aquela altura. Com a evolução dos destes e dos programas que utilizam este tipo de método, nos dias de hoje a maioria dos códigos pode ser utilizado em computadores ao alcance de todos [36].

2.2.5.1 *Programas de cálculo*

No mercado existe uma grande variedade de programas de dimensionamento que facilitam na obtenção dos esforços resultantes, tornando os resultados mais próximos dos reais comparativamente a resolução manualmente sem acesso a programas. Nos próximos pontos serão abordados alguns destes programas mais utilizados na indústria.

➤ **Ansys**

O Ansys é um programa de análise e modelação de elementos finitos que serve para resolver numericamente uma grande variedade de problemas mecânicos, utiliza o conceito *Computer Aided Engineering* (CAE). Esses programas incluem análise estática/dinâmica, estrutural, transferência de calor e problemas de fluidos, bem como problemas acústicos e eletromagnéticos. [37].

➤ **Abaqus**

O Abaqus é uma aplicação comercial de análise de elementos finitos com uma interface gráfica amigável que também utiliza o conceito CAE e um extenso sistema de documentação. Existem duas variantes: o Abaqus Standard, utilizado essencialmente como software de elementos finitos de uso geral e o Abaqus Explicit usado para análise dinâmica [38].

➤ **Solidworks**

O Solidworks é um programa maioritariamente utilizado para projeto mecânico, utilizando o conceito *Computer Aided Design* (CAD), e geração do caminho de ferramentas através do SolidCAM, *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Mas atualmente também é considerado um bom *software* de dimensionamento, utilizando o modulo destinado unicamente para o MEF denominado Solidworks Simulation, software CAE. A interface da análise dos elementos finitos é intuitiva proporcionando

um fácil acesso mesmo a pessoas com pouca experiência, sendo dos *softwares* CAE com interface mais simples [39].

➤ **Autodesk Inventor**

O Autodesk Inventor é um pacote de muitos módulos que utiliza o conceito CAD. Tem um conjunto de ferramentas fáceis de usar para projetar, documentar e simular modelos 3D. Usando este *software*, consegue-se acelerar o processo de design e assim reduzir os custos de desenvolvimento do produto. Como este é de natureza paramétrica, é possível especificar os parâmetros padrão entre elementos. Com isto a projeção 3D fica mais fácil e simples pois com a alteração dos parâmetros, o tamanho e forma da peça ajusta-se automaticamente [40].

➤ **Autodesk Robot Structural Analysis**

O Autodesk Robot Structural Analysis permite aos projetistas encontrar a solução ideal para analisar os diferentes tipos de estruturas existentes, tais como edifícios e pontes. O *software* é versátil o suficiente para conseguir executar a análise de elementos finitos do mais simples ao mais complexo conjunto de elementos. Em conjunto com o SAP2000, é o programa mais utilizado para dimensionamento de estruturas metálicas [41].

➤ **SAP 2000**

O SAP2000 é outro programa com uma interface sofisticada, intuitiva e versátil, que costuma ser muito utilizado para análise de estruturas através do MEF, com interface gráfica 3D. Está preparado para realizar a modelação, análise e dimensionamento do mais vasto conjunto de problemas de engenharia de estruturas. Relativamente às ações, é possível gerar cargas de sismo, vento e veículos, e posteriormente realizar o dimensionamento e verificação automática de estruturas de diferentes materiais [42].

2.3 Gestão de projetos de grandes dimensões

Neste capítulo serão abordados os pontos referentes a gestão de preparação, produção e pós fabricação de pavilhões metálicos de grandes dimensões. Os assuntos especificados neste capítulo são de extrema importância para o sucesso da obra.

2.3.1 Análise preliminar do projeto

A análise preliminar do projeto serve para enunciar as possíveis otimizações à fase inicial do projeto, com o intuito de produzir uma modelação que vá de encontro aos pressupostos do cliente. Maioritariamente pretende-se que a fabricação e montagem seja o mais simples possível. Uma modelação 3D é essencial num projeto por ajudar na identificação dos possíveis erros e assim ser possível otimizar a estrutura.

O ato de otimizar pode ser identificado como uma forma de reestruturação efetuada para conseguir obter o maior rendimento possível para o projeto e também para

determinar a solução, de entre todas as soluções possíveis, que conduz aos resultados mais satisfatórios. A otimização é um processo contínuo ao longo do projeto, melhorando cada etapa da gestão de planeamento [43].

2.3.2 Desenhos técnicos e modelação 3D

Um dos *softwares* de modelação de projeto de estruturas é o Tekla Structures que utiliza a linguagem *Building Information Modeling* (BIM). Esta linguagem, usualmente usada por arquitetos, engenheiros e na construção, é uma tecnologia recente e em permanente desenvolvimento, que melhorou a maneira como as estruturas são projetadas e construídas. Pode-se considerar como uma melhoria ao CAD [44].

O BIM possibilita ao utilizador uma determinação intuitiva de como o componente se conecta aos outros, bem como também como os outros se conectam e esse, facilitando o trabalho dos modeladores/projetistas. Uma das diferenças do CAD referente ao BIM, é o facto de no CAD os elementos serem desenhados com uma série de linhas em diferentes vistas, enquanto no BIM é possível trabalhar com o componente em 3D [44].

Antes de os desenhos serem entregues à fabricação, estes precisam de ser submetidos ao engenheiro e ao arquiteto, que estão encarregues de supervisão, para que sejam revistos e aprovados, de forma a garantir que estes estejam em conformidade com as intenções da equipa de projeto e das normas utilizadas [28].

2.3.2.1 Softwares

Neste subcapítulo serão abordados alguns dos *softwares* mais utilizados no mercado que utilizam a linguagem BIM:

❖ Tekla Structures

Muito utilizado quando se pretende modelar estruturas metálicas. Tem como pontos fortes a capacidade de suportar modelos muito grandes e possibilitar operações simultâneas no mesmo projeto, com um ou vários utilizadores em simultâneo. Também é de ressaltar a capacidade versátil de modelar estruturas que incorporam uma ampla gama de matérias estruturais e detalhamento. Embora o Tekla seja uma ferramenta poderosa, tem como limitação o simples facto de sua funcionalidade completa ser bastante complexa de se aprender e, por consequência, não se consegue utilizar todas as capacidades completamente [45].

❖ Autodesk Revit

É um dos mais conhecidos *softwares* para modelação 3D e faz parte de uma nova geração automatizada desenvolvida para elaboração de plantas, corte, maquetes e simulações das quantidades de materiais. Este *software* não permite o dimensionamento da estrutura. O Autodesk Revit permite aos profissionais um melhor

desenvolvimento de cada uma das etapas do projeto e também torna possível a identificação dos possíveis problemas da estrutura [46].

❖ ArchiCAD

Foi o primeiro a utilizar a linguagem BIM e é um dos *softwares* mais utilizados a par com o Autodesk Revit. Este *software* destaca-se pela sua interface limpa e minimalista, tudo isto sem sacrificar as funcionalidades. A sua principal área de ação é a arquitetura. Permite a criação de elementos com qualquer geometria. Todo o trabalho no *software* acontece em 3D para que o profissional a trabalhar nele consiga tomar decisões e consiga ver os resultados em tempo real [47, 48].

2.3.3 Planeamento do fabrico

Como em todas as fases do projeto, tem de existir um planeamento antes de se proceder à execução. Assim, é possível prever e ajustar todos os passos a seguir. Também permite encontrar possíveis dificuldades para assim arranjar soluções (ação preventiva). Por isso, antes do fabrico é necessário existir o seu planeamento, contemplado várias informações como os prazos de preparação de cada etapa, o número aproximado de operários necessário, quais as ferramentas e maquinaria necessários, entre outros aspetos. Os tempos de fabricação e o número de operários dependem da disponibilidade da fábrica, isto é, se possui uma única obra ou várias em fabricação. Mesmo com o planeamento é recorrente haver falhas, algumas mais graves e com maior preocupação, e para isso é necessário um importante acompanhamento constante da obra para conseguir encontrar soluções que evitem problemas maiores. Este constante acompanhamento também acontece no sentido de conseguir controlar e fazer cumprir os prazos acordados com o cliente.

Por vezes é indicado pelo cliente, ou por normas que exigem, para fazer uma pré-montagem em fábrica, não é muito utilizada porque torna a fabricação mais cara, mas tem como vantagem evitar erros catastróficos na sua montagem em obra e verificação de contra flechas [14].

No planeamento do fabrico é costume começar-se com o preencher de dois documentos, folha da gama operatória e folha de operação, bem como com a execução da sequência de fabrico.

- **Folha da gama operatória**

A folha da gama operatória serve para descrever genericamente o processo produtivo da peça, mostrando as operações do processo, as ferramentas necessárias e os tempos estimados das operações [45].

- **Folha de operação**





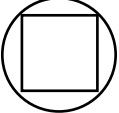
Já a folha de operação é preparada para cada fase de fabrico e serve para o operador usar diretamente de forma a poder desempenhar essa operação. Nesta folha, é

identificada a informação do método de operação, as variáveis (velocidade, tolerância, dimensões e avanço), sua sequência e tempos estimados [45].

- **Sequência de fabrico**

A sequência de fabrico normalmente é realizada através de um diagrama de processo. Neste tipo de diagrama é possível acompanhar a transformação de todas as entradas em saídas de maior valor, com todos os controlos de qualidade a executar e com os armazenamentos especificados. As possíveis entradas existentes são: a matéria prima, mão de obra e energia. As saídas são consideradas como os bens ou serviços idênticos às entradas. A simbologia do diagrama de processos está apresentada na Tabela 1 [49].

Tabela 1. Simbologia do diagrama de processos (adaptado de [49])

Atividade Básica	Símbolo	Significado
Operação de Transformação		Alteração da forma ou outras características do material para obtenção de produtos semiacabados ou o produto final.
Transporte ou Manuseamento		Troca de lugar do material, do produto semiacabado ou produto final.
Inspeção		Realização de ensaios de acordo com as normas aplicáveis para avaliar a existência de defeitos no produto.
Retenção (Armazenamento)		Acumulação programada de materiais, componentes ou produtos.
Atividades Combinadas		Operação com controlo de qualidade.

Em certos casos, o diagrama de processo aparece com outra designação e com uma representação com algumas variantes. Uma dessas variações é designada como diagrama de encadeamento (Figura 12).

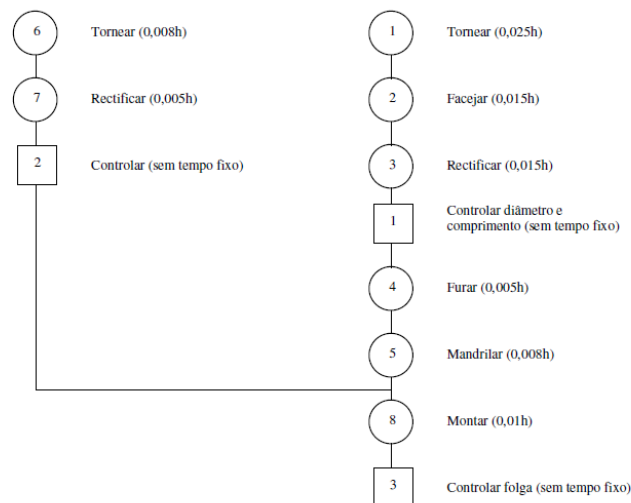


Figura 12. Exemplo do diagrama de encadeamento [49]

2.3.4 Processos de fabrico

Ao longo dos anos os processos de corte, furação e soldadura de chapas e perfis têm vindo a evoluir, passando de processos maioritariamente manuais para automatizados. Esta evolução permitiu que o tempo de fabrico fosse reduzido, um aumento da qualidade e com isto uma redução do custo final. Por outro lado, as quantidades da peça a produzir vai influenciar o custo do processo, bem como a viabilidade da robotização do mesmo [1].

Nos pontos a seguir vão ser abordados alguns tipos de processos de corte e soldadura de chapa, como também será feita uma pequena abordagem à pintura e proteção.

2.3.4.1 Processos de corte e furação

Os processos de corte e furação de aço podem ser divididos em duas grandes categorias: corte e furação mecânico e térmico [50].

2.3.4.1.1 Corte mecânico

Enquanto nos processos de corte térmicos existe aplicação de calor, os processos de corte mecânico envolvem um corte físico no metal. A qualidade do corte depende muito do tipo específico de processo automatizado utilizado. Alguns dos métodos são considerados altamente e favoráveis e por isso são usados com mais frequência. Alguns tipos de corte mecânico são:

- **Serrote** (Figura 13) - Este utiliza uma serra de fita vertical ou horizontal e um refrigerante, geralmente usado para compensar o calor do atrito entre a serra e o aço. É considerada uma maneira eficaz e simples de obter componentes com

uma grande variedade de formas, tipos e tamanhos. Tem como desvantagens ser um processo mais lento do que outros métodos de produção [50].



Figura 13. Exemplo de serrote semi automático [51]

- **Guilhotina** (Figura 14) - Neste tipo é usada uma força considerável. O corte acontece quando o metal é comprimido em uma borda afiada para deformar e eventualmente fazer o corte do mesmo. Esta tática geralmente é utilizada para fazer o corte de chapas. Mesmo apresentando um corte de qualidade, pode existir a presença de bordas visualmente não atraentes [50].



Figura 14. Exemplo de guilhotina hidráulica [52]

2.3.4.1.2 Furação mecânica

A furação mecânica é essencialmente executada por perfuração ou *drilling* (Figura 15). Este processo é caracterizado por efetuar a remoção de material por técnicas de extração de material. Para isso, utilizam-se ferramentas rotativas de vários tipos para produzir furos cilíndricos na peça de trabalho. A furação pode ser executada com diferentes máquinas, como por exemplo bancada, ou braço radial, ou até mesmo com uma *Computer Numeric Control* (CNC) [53].



Figura 15. Exemplo de CNC [54]

2.3.4.1.3 Corte térmico

Enquanto o calor pode ser feito para fundir e unir (soldadura) ele também pode ser utilizado para separar, isto é, executar um processo de corte (corte térmico). No geral, os processos de corte térmico são associados aos métodos de soldadura correspondentes, isto porque os equipamentos costumam ser os mesmos e também porque os métodos costumam ser usados juntos. A qualidade da superfície de corte resultante é considerada normalmente como satisfatória para o propósito. De forma a facilitar a produção, este processo pode ser facilmente mecanizado [55, 56]. Os processos de corte térmico mais comumente utilizados são:

- **Oxicorte**

Este tipo de processo (Figura 16) é caracterizado por utilizar reações químicas controladas de modo a remover o material pré aquecido através da oxidação rápida numa corrente de oxigénio. Primeiro uma chama de gás combustível/oxigénio aquece a peça até uma temperatura suficiente alta e depois com uma corrente de oxigénio puro acontece o corte. Todo o processo é executado na mesma tocha que mistura as quantidades, indicadas pelo operador, do gás de combustível com o oxigénio para produzir as chamas de pré-aquecimento e também fornece um fluxo do oxigénio puro.

O equipamento pode ser operado manualmente, sendo portátil, ou então pode ser automatizado em máquinas de corte que empregam uma ou várias tochas de corte. A automatização do processo melhora as taxas de produção e consegue fornecer uma qualidade de corte superior [57].

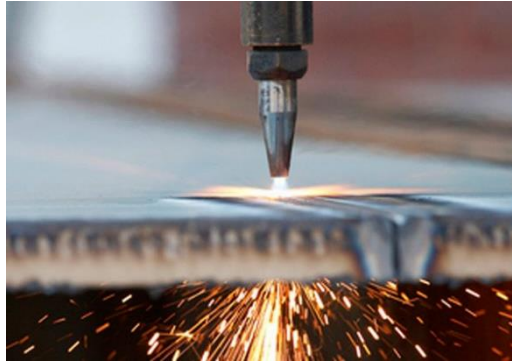


Figura 16. Exemplo de processo oxicorte [58]

Existem alguns materiais que são resistentes à oxidação e, neste caso, é preciso ser adicionado um fluxo químico ou pó de metal à corrente de oxigénio de forma a promover a reação exotérmica [57]. O oxicorte costuma ser utilizado para cortar materiais com espessuras entre 3 mm a 300 mm, embora quando a qualidade do corte é menos rigorosa é possível cortar até aos 3000 mm [56].

▪ Plasma

O corte por plasma, identificado na Figura 17, é um processo de erosão na peça com a utilização de um arco restrito na forma de um jato de alta velocidade de gás ionizado, isto para conseguir derreter e cortar o aço numa área restrita e localizada. A faixa de aplicações é ampla, e os materiais com maior interesse de utilização são o aço inoxidável, alumínio e cobre, pois não conseguem ser cortados por oxicorte com gás comum. A taxa de corte, para espessuras até cerca de 25 mm, é considerada superior comparativamente ao processo de oxicorte, originando numa redução da zona termicamente afetada pelo calor. Quando usado o plasma para corte, a pressão do gás é maior do que a utilizada para soldadura. Este tipo de processo costuma ser utilizado quando se pretender cortar chapas com espessuras até 30 mm, por ser considerado como o mais económico dos processos existentes para essas espessuras. Mesmo assim é possível cortar por oxicorte até uma espessura máxima de 150 mm [56, 57].

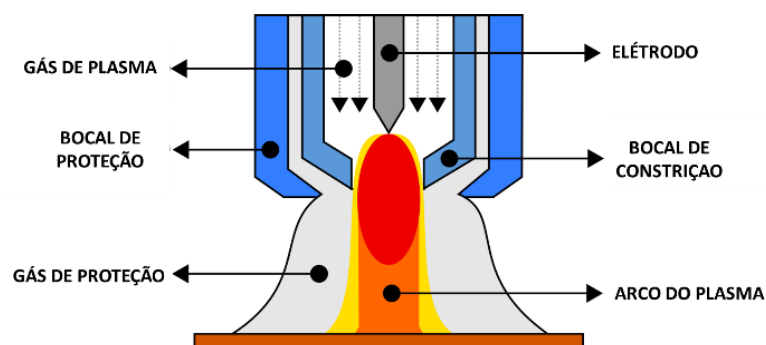


Figura 17. Esquematização da tocha do processo de corte por plasma (adaptado de [59])

- **Laser**

O processo de corte por laser (Figura 18) consiste na geração de um feixe de luz coerente e concentrado com excelentes características para o corte, como boa precisão e um efeito térmico muito reduzido [25, 56]. Este método é mais adequado para materiais com espessuras relativamente baixas que necessitem de elevada produtividade ou então quando se pretende obter componentes com uma alta qualidade/tolerância. Para aumentar a densidade de energia da radiação basta focalizar o feixe do laser com o auxílio de uma lente ou espelho, isto é, diminuir o tamanho de incidência na peça, podendo o feixe do laser estar compreendido em um ponto de diâmetro de 0,05 a 0,25 mm. O mesmo sistema de laser pode ser usado para corte e soldadura sendo fácil de controlar e de automatizar. Este tipo de corte consegue produzir cortes retos, limpos e estreitos, com tolerâncias estreitas e pequenas perdas de material. Costuma originar superfícies livres de concentrações e, no geral, livre de rebarbas. Como tem um efeito térmico limitado isto produz peças com uma pequena Zona Termicamente Afetada (ZTA), portanto, com pouca ou nenhuma distorção. Costuma ser utilizado maioritariamente para espessuras até 10 mm, não sendo no entanto esta a espessura máxima de serviço [56].



Figura 18. Processo de corte por laser [60]

2.3.4.2 *Processos de soldadura*

O subcapítulo 2.1.5.1 tem uma abordagem à soldadura no seu geral. Enquanto neste tópico, será feita uma descrição mais pormenorizada dos processos mais correntemente utilizados, estão evidenciados nos seguintes pontos.

- **Soldadura por elétrodo revestido**

Este processo de soldadura (Figura 19) baseia-se na aplicação de uma diferença de potencial entre o elétrodo e o material de base, promovendo a formação de um arco elétrico responsável pelo fornecimento de energia sob a forma de calor ao sistema. O revestimento possui uma composição química complexa, tendo por missão auxiliar o processo de soldadura. Pode-se encontrar três tipos de revestimentos, rutílico,

celulósico e básico. Também é de referir que ainda existe outro tipo de eletrodo no mercado, os chamados de eletrodos de alto rendimento, mas estes têm como base alguns dos revestimentos referidos anteriormente [25].



Figura 19. Soldadura por eletrodo revestido [61]

▪ Soldadura MIG-MAG

A soldadura MIG-MAG (Figura 20) utiliza o arco elétrico como meio energético para produzir a fusão do material de base e de adição, em que a corrente é conduzida até à junta pelo próprio material de adição, sob a forma de fio. A transferência do material de adição e o banho de fusão são protegidos por um fluxo de gás. No caso do processo MIG este é inerte (árgon ou hélio) enquanto no processo MAG é utilizado um gás ativo (CO_2), e que é projetado pela tocha. Este processo de soldadura permite uma grande velocidade de soldadura, facilidade de operação, ausência de escoria a eliminar e excelentes características mecânicas dos depósitos [24].



Figura 20. Soldadura MIG [62]

▪ Soldadura por arco submerso

A soldadura por arco submerso é um processo automatizado. O metal de adição é fornecido sob a forma de fio, que funciona como eletrodo. A diferença deste processo para os outros deve-se ao facto do banho de fusão e o arco elétrico estarem envoltos por um fluxo granuloso fusível, o qual assume funções idênticas às do revestimento do eletrodo revestido e do gás nos restantes processos de arco elétrico. A soldadura

quando utilizado o arco submerso. Este processo, tem como principal limitação a localização da soldadura, sendo que está limitada à posição baixo ou canto [25].



Figura 21. Soldadura por arco submerso [63]

2.3.4.3 Pintura e proteção

A pintura é considerada como o processo mais utilizado de modo a dar acabamento e proteger, da corrosão, as estruturas metálicas. Esta corrosão pode ocorrer quando o aço não está protegido e está em contacto com a atmosfera, a água e o solo. É habitual classificar os vários ambientes de exposição em função do seu grau de corrosividade, sendo preciso consultar a norma EN ISO 12944. A escolha do tipo de pintura a utilizar vai depender do grau de corrosividade do ambiente. Para isso, é preciso analisar diferentes fatores, como por exemplo o meio envolvente onde a estrutura vai estar assente e também qual é o tipo de material utilizado na estrutura. A durabilidade da pintura normalmente está condicionada pelo tratamento da superfície e pela escolha do tipo de pintura, caso esta seja bem tratada, pode durar mais de 15 anos [64, 65].

2.3.5 Controlo de qualidade

A finalidade do controlo de qualidade é garantir que as estruturas metálicas cumpram os requisitos estabelecidos por normas para a sua conceção, proporcionando uma estrutura robusta e duradoura. Com este controlo é possível reduzir os custos no futuro, por ajudar a minimizar as operações de manutenção e reparação e aumentar a qualidade de construção [66].

A norma EN ISO 9001 [67] especifica que uma organização/empresa precisa demonstrar, de forma consciente, a sua habilidade para produzir um produto que vá ao encontro dos requisitos impostos pelo cliente, e também necessita de aumentar a satisfação do cliente efetuando a aplicação eficaz do sistema, incluindo os processos de melhoria contínua. De encontro a isto a empresa deve [67]:

- ❖ Determinar dos processos necessários e sua aplicação na organização;

- ❖ Determinar a sequência e interação destes processos;
- ❖ Determinar critérios e métodos necessários para assegurar a eficácia das operações e do controlo dos processos;
- ❖ Assegurar a disponibilidade de recursos e de informação necessários para suportar a operação e a monitorização dos processos;
- ❖ Implementar as ações necessárias para atingir os resultados planeados e a melhoria contínua dos processos.

A empresa é responsável pela contratação de operadores qualificados, ou na falta destes, proporcionar a devida formação. Esta também deve determinar e proporcionar as infraestruturas, edifício e espaço de trabalho dos colaboradores, necessárias para conseguir suportar os requisitos do produto. Quando a organização escolhe subcontratar para a fabricação de qualquer processo, esta tem de assegurar o controlo de qualidade dos processos [67].

As empresas costumam criar um plano de inspeção e ensaio (PIE) através do caderno de encargos, disponibilizado pelo cliente, onde estão descritos aspetos importantes do controlo de qualidade, como os ensaios a efetuar durante a produção. O controlo de qualidade das estruturas deve estar presente do início até ao fim da construção. Nos próximos subcapítulos serão abordados alguns dos tipos de controlos existentes.

2.3.5.1 Controlo dimensional

O controlo dimensional é um ensaio não destrutivo caracterizado pela verificação, através da metrologia dimensional, das características geométricas da peça, subconjunto ou equipamentos completos. É efetuado com o objetivo de garantir a montagem e o bom funcionamento de peças e do conjunto. Este tipo de controlo é simples, rápido e de fácil execução [68].

2.3.5.2 Controlo da soldadura

Como o processo de soldadura apresenta alto risco na formação de defeitos, deve ser efetuado um controlo extremamente apurado, com vista a conseguir evitar ou então minimizar as imperfeições. Um procedimento importante, antes de qualquer soldadura, passa por garantir que os soldadores possuam formação adequada, experiência necessária e conhecimentos específicos no controlo de qualidade em juntas soldadas. Antes mesmo da soldadura também é preciso haver a verificação dos materiais base, dos consumíveis, dos equipamentos de soldadura, dos pingos de soldadura, entre outros.

Já durante a soldadura o processo também deve sofrer um controlo cuidado. Para isso, devem ser verificados os parâmetros de soldadura, a manutenção da temperatura de

pré-aquecimento (quando aplicável), a temperatura entre passes, a possibilidade da existência de fissuras e inclusões de escória ou outro defeito visível a olho nu.

Depois da soldadura é possível efetuar dois tipos de ensaios diferentes nas juntas, destrutivos (ED) e não destrutivos (END). No que diz respeito aos ensaios aplicáveis nas estruturas metálicas, estes são maioritariamente não destrutivos, porque na maior parte dos casos não é prático estar a destruir um conjunto soldado, para extrair uma amostra de dimensões reduzidas para análise. Os END's, na maioria dos casos, permitem que a inspeção aconteça a 100% e consegue-se receber os resultados relativamente a todo o volume da junta de soldadura, assim, estes ensaios contribuem para um melhoramento do projeto do conjunto soldado e também ajudam na prevenção de possíveis falhas em serviço. Os END's mais comumente utilizados são descritos a seguir [25]:

➤ **Inspeção visual**

A inspeção visual é um método de observação a olho nu da existência de irregularidade nas juntas, tanto superficiais como de forma. Esta é a única técnica que pode ser executada durante e após a soldadura. É capaz de ser a mais utilizada, pois, para além de ser a mais simples de efetuar, também é a mais intuitiva, só que quase sempre não é totalmente eficaz, precisando assim, de ser complementada por outra que verifique a junta no seu todo, e não apenas na superfície. Os critérios de qualidade são estabelecidos pelas normas EN ISO 5817 e EN ISO 17637.

➤ **Líquidos penetrantes**

A técnica de controlo através de líquidos penetrantes (Figura 22) é essencialmente usada para detetar discontinuidades superficiais que, pela sua dimensão, são de difícil perceção através da inspeção visual. Na prática, o objetivo é fazer com que um líquido com baixa viscosidade e elevado contraste fique retido em pequenas fissuras e poros existentes na superfície. De seguida, com a ajuda de um líquido revelador é possível destacar o local da imperfeição (por vezes é necessário utilizar meios de iluminação próprios).

A seguir à inspeção visual e a par com o ensaio de partículas magnéticas deve ser o método de controlo de soldadura mais utilizado. É considerada uma técnica simples e que consegue resultados imediatos, bem como o facto de poder ser aplicável a quase todos os materiais. Mas também apresenta algumas desvantagens que impedem a sua escolha, como ser um processo lento, só permite a deteção de defeitos que estejam em contacto com a superfície e o único registo que permite é o fotográfico. Este método é regulado pelas normas DIN EN 571-1 e ISO 3452-1.



Figura 22. Ensaio com líquido penetrante [69]

➤ Magnetoscopia ou partículas magnéticas

O ensaio de partículas magnéticas (Figura 23) é usado para verificar os defeitos superficiais ou sub-superficiais em materiais que apresentem características magnéticas. Por este motivo não pode ser aplicado em alumínio e suas ligas. Neste método, primeiro são espalhadas as partículas magnéticas na junta que se pretende verificar, tanto por via seca (mais utilizada para aplicações ao baixo) ou por via húmida. A seguir, com a criação de um campo magnético, no caso de haver imperfeições, as partículas vão ter a tendência a aglomerar-se nos sítios aonde existem discontinuidades, denunciando a localização dos defeitos.



Figura 23. Ensaio por partículas magnéticas [70]

O campo magnético pode ser formado pela passagem de corrente elétrica ou através do campo gerado por uma bobina, designada por *yoke*. Este ensaio é de utilização relativamente expedita, pode ser aplicado sobre superfícies pintadas e é portátil, o que é particularmente útil na utilização em peças soldadas de grandes dimensões. No entanto, está limitado à geometria e posição das discontinuidades, é necessário fazer a desmagnetização das peças no final e também só permite o registo por via fotográfico. É regulado pela norma EN ISO 17638 [25].

➤ Ultrassons

O ensaio por ultrassons (Figura 24) também permite detetar descontinuidade nas superfícies e subsuperfícies. Nesta técnica, é emitido um sinal na faixa de frequência ultrassónica que percorre o metal base e de adição, sinal este que é emitido utilizando uma sonda. Se o tempo entre a emissão e receção do sinal não for o esperado, uma possibilidade é ser um indicativo que a junta possui descontinuidades. Este ensaio distingue-se dos anteriores por ser possível analisar todo o volume da junta de soldadura. Com a utilização deste ensaio é possível controlar facilmente espessuras até cerca de 6 m e só é aplicável em superfícies com espessuras superiores a 10 mm. Os únicos a poder realizar este ensaio são analistas muito bem formados e com bastante experiência. Não é possível aplicar esta técnica em materiais cuja porosidade comprometa os resultados. Este ensaio não possui qualquer tipo de registo por isso sempre que é detetado um defeito, deve-se assinalar para que seja possível efetuar a sua reparação. Este método tem como regulamentação a norma EN ISO 23279 [25].



Figura 24. Ensaio por ultrassons [71]

➤ Raios-X

O ensaio de Raios-X consiste na emissão de uma radiação sobre a peça/junta e verificar a forma como esta a atravessa, pois as partes mais densas deixam passar menos radiação do que as menos densas. Esta técnica exige a proteção do operador por ter efeitos nocivos idênticos a radiografia comum. Às vezes os equipamentos estão inseridos numa câmara dotada de isolamento próprio, onde o profissional fica a controlar o processo do lado de fora. O ensaio em questão, pode ser efetuado tanto em materiais ferrosos como não ferrosos e consegue encontrar descontinuidades em toda a peça. O registo é efetuado em película própria ou então em papel fotográfico. Em relação às peças de aço, pode-se analisar componentes até 100 mm, mas quanto maior for a espessura maior será o tempo do ensaio. Esta técnica necessita de ter acesso aos dois lados da peça, um para transmitir a radiação e o outro para ficar o dispositivo do recetor. No geral, é considerado como um processo dispendioso. Para facilitar a abordagem à análise dos resultados, é conveniente que o analisador tenha bastante experiência [25].

2.3.5.3 *Controlo de pintura*

De forma a alcançar a vida esperada para a pintura do aço, o aplicador e o inspetor devem controlar com cuidado o processo de aplicação da pintura, para garantir que os revestimentos atinjam todo o seu potencial de desempenho [72]. Os revestimentos de tinta, superficialmente, costumam ser tolerantes às variações das condições de temperatura e procedimentos de aplicação. No entanto, é geralmente impossível afirmar, perante a aparência da camada superior da tinta, se esta foi aplicada numa superfície adequada ou se formou o polímero correto para proporcionar um desempenho ideal. É do interesse de todos evitar falhas no processo de pintura, principalmente porque o trabalho de reparação adequado é quase sempre mais caro e problemático do que o a pintura inicial.

Perante a norma EN 12944-4:2017 [73], existem três técnicas de limpeza da superfície, sendo elas técnica de limpeza por chama, por ação mecânica ou limpeza com água, solventes e químicos. A limpeza é importante para criar uma boa adesão entre o aço e a tinta.

No que toca aos ensaios efetuados para controlo de pintura, o mais comumente utilizado e mais simples é a medição da espessura de filme da tinta. Este ensaio faz diferentes medições da espessura da camada, com diferentes equipamentos possíveis, para verificar se a média da mesma é superior à mínima de referência. O controlo da espessura pode ser efetuado com a pintura seca ou húmida. A vantagem da utilização da pintura húmida é que é possível executar soluções na hora sem ser necessário voltar a pintar o componente. No caso da pintura ser reprovada por apresentar uma média dos valores da espessura inferior ao valor mínimo, a camada de tinta precisa de ser retirada e aplicada uma nova [74].

2.3.6 *Transporte de materiais e equipamentos*

Como o local da obra não costuma ser o sítio onde a estrutura é fabricada, é necessário recorrer a meios de transporte que podem ser rodoviários, ferroviários, marítimos e aéreos. A escolha do tipo de transporte mais viável depende de alguns fatores, como distância, dimensões máximas, pesos dos componentes, volume necessário, entre outros. Independentemente de qual a escolha, é necessário fazer o planeamento do transporte para o sucesso da obra. Deve-se tentar otimizar o espaço da carga requerida, para assim ser possível requisitar a menor quantidade de transportes possível, de maneira a diminuir os gastos. Tanto na obra como na fábrica, a estrutura costuma ser deslocada utilizando guindastes ou gruas com determinados limites de capacidade, por isso, convém nunca ultrapassar esses valores [75].

O transporte rodoviário (Figura 25) é o mais utilizado. Mesmo quando o transporte é efetuado por outros meios é necessário utilizar este transporte para fazer essa ligação da fábrica até ao porto (marítimo), aeroporto (aéreo) e estação (ferroviário). Uma das

grandes vantagens deste tipo de transporte é conseguir fazer o carregamento dentro da fábrica e também descarregar perto do local da obra. Como o limite de dimensão dos elementos é de cerca de 12 m, quando existe a necessidade de ultrapassar este limite é preciso fazer o transporte com acompanhamento de carros pilotos [75, 76].



Figura 25. Exemplo de transporte rodoviário [77]

Para além do transporte rodoviário ainda existem os outros tipos de transporte (Figura 26), esses são abordados nos pontos seguintes.



Figura 26. Exemplos do transporte ferroviário, aéreo e marítimo [78-80]

▪ Transporte ferroviário

O transporte ferroviário tem como principal característica o facto de se deslocar sobre trilhos e, por causa disso, não é acessível a qualquer local. Mesmo assim é considerado mais rápido e confiável, muito porque é o menos afetado por condições climáticas e engarrafamentos. Este transporte consegue transportar maiores volumes, mais contentores, na mesma locomotiva por grandes distâncias, tornando-o mais económico comparativamente aos outros [75, 81].

- **Transporte marítimo**

O transporte marítimo é utilizado quando existe a necessidade de fazer o transporte atravessar áreas com águas profundas ou então quando é mais económico do que os outros. Tal como o transporte ferroviário, o transporte marítimo também consegue transportar diferentes contentores. Neste caso, a carga e descarga é da responsabilidade dos portos e não da empresa. No planeamento dos transportes a utilizar, é necessário especial atenção aos possíveis períodos de espera por disponibilidade de vaga nos portos, de equipamentos para carga ou descarga e também de pessoal suficiente [75].

- **Transporte aéreo**

Por último, o tipo de transporte menos utilizado no que diz respeito ao transporte de estruturas metálicas. Devido às suas limitações, quando é utilizado não consegue transportar uma grande quantidade de estruturas, apresentando elevados custos. Este tipo de transporte só costuma ser usado em casos excecionais em que é preciso enviar peças de pequena dimensão destinada a obras muito distantes, sempre que a rapidez seja mais importante do que os elevados custos [75].

2.3.7 Montagem da estrutura

A montagem consiste no ato de juntar os componentes produzidos numa fábrica de modo a que no final seja possível obter a estrutura final conforme especificado nos desenhos de projeto. Em alguns casos a empresa que fabrica também é a que monta, mas acontece com mais frequência as duas operações serem feitas por empresas separadas. Nesta última fase do procedimento de conceção é também preciso ter cuidado para não danificar ou causar queda das peças por um mal planeamento de montagem. Por isso, é aconselhada a elaboração de um bom planeamento. A montagem deverá ser de rápida execução, precisão, adaptabilidade e confiabilidade. Para a montagem são utilizados diferentes tipos de gruas e guindastes para transportar e posicionar os perfis de maiores dimensões e peso, e é preciso estudar qual o melhor tipo a utilizar de forma a cumprir a eficiência e o baixo custo [28].

Os primeiros elementos a serem posicionados e aparafusados são os pilares da estrutura. Mas, para isso acontecer, os chumbadouros têm de ser colocados antes dos componentes de aço chegarem a obra. Por isso, é necessário que os fabricantes forneçam os desenhos da localização deles aos empreiteiros [28].

As ligações são anteriormente projetadas de modo a proporcionar uma fácil montagem, boa aparência e baixo custo. Usualmente, na obra, são executadas as ligações aparafusadas, deixando as ligações soldadas para a fabricação na fábrica. Só em último caso, as ligações soldadas são executadas na montagem final na obra ou então se for a melhor opção comparativamente as ligações aparafusadas [76]. Um exemplo de uma montagem de estrutura metálica está representado na Figura 27.



Figura 27. Exemplo da montagem de uma estrutura metálica [82]

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Apresentação da empresa
- 3.2 Caracterização da estrutura
- 3.3 Desenvolvimento do projeto
- 3.4 Gestão do fabrico

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da empresa

A empresa aonde foi realizado o estágio é intitulada de Metalongo – Metalúrgica de Valongo, SA. Foi fundada em 1980 por um conjunto de 6 colaboradores e a sua atividade era fundamentalmente ligado à estruturas ligeiras de cobertura de edifícios industriais e alguma caldeiraria ligeira, tais como silos e pequenos reservatórios [10].

Em 1989 com a entrada na sociedade de um experiente técnico de metalomecânica, a empresa dotou-se de meios de produção adequados aos novos produtos e criou uma bolsa de clientes exigentes em qualidade e cumprimento de prazos. Só em 1998 é que se iniciou a aposta no mercado de exportação, passado este a representar uma parte significativa da produção anual [10].

Atualmente, a Metalongo encontra-se certificada pelas normas EN1090 EXC3 e ISO 9001, um dos objetivos é manter e conquistar empresas de alto nível nacional e internacional. Nos últimos 5 anos, as suas exportações representaram entre 75% e 85% da sua produção, tendo como país mais significativo a França [10].

3.2 Caracterização da estrutura

A obra de estudo foi encomendada por uma empresa nacional localizada na Maia, com o intuito de fabricar um novo armazém automatizado, representado na Figura 28.

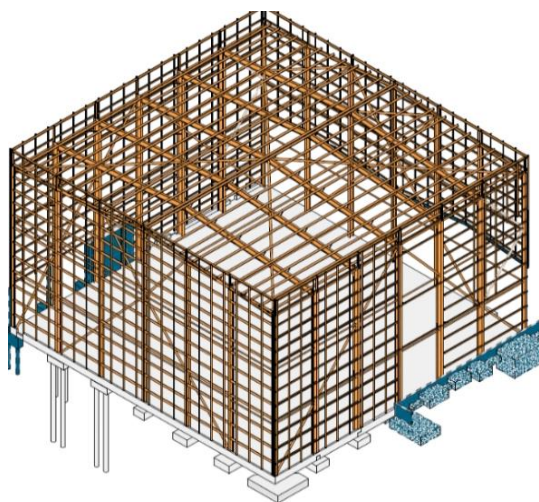


Figura 28. Imagem do pavilhão industrial do projeto inicial

A principal função deste pavilhão industrial é o armazenamento e embalagem de alguns produtos fabricados pela empresa em questão. Como no local onde vai ser construído o armazém já existe um edifício, antes de tudo será necessário demolir a estrutura existente.

Este novo edifício será em estrutura mecânica e ficará distribuído ao longo de 1600 m², com pouco mais de 41 m de comprimento e quase 40 m de largura. A altura vai ser das únicas mudanças do edifício novo perante o antigo, pois subirá dos 11 m para uma altura máxima de aproximadamente 25 m. Esta estrutura é formada por sete pórticos, estando eles afastados uns dos outros em 6,6 m.

Os pórticos são todos formados pelos mesmos perfis: IPE500 nos pilares e IPE400 nas vigas. A única diferença existente é que os pórticos centrais têm reforços nas ligações pilar-viga e viga-viga, enquanto os dois pórticos das laterais estão assentes em 5 perfis formados por chapas soldadas distanciados uniformemente entre si.

A estrutura foi projetada para conseguir garantir métodos construtivos relativamente simples e corretos, para ser possível reduzir o custo da obra. Os desenhos fornecidos do projeto inicial encontram-se no ANEXO A – Projeto inicial.

3.2.1 Requisitos do projeto

Normalmente o cliente disponibiliza documentos com os requisitos da estrutura, com o intuito de informar os fabricantes da qualidade pretendida e normalizar os materiais, processos de fabrico, controlo de qualidade, entre outros.

É importante que antes de qualquer encomenda do material ou consumíveis, estes sejam aprovados pelo cliente, isto é, ele tem de aprovar os fabricantes. Os processos de fabrico devem ser planeados e enviados para o cliente, sendo que só podem ser executados após aprovação. O cliente para o projeto em questão indicou as seguintes normas, a seguir apresentadas na Tabela 2. Foi indicado que, para os trabalhos relativos aos elementos metálicos, fossem utilizadas as normas EN 1090-1 [83] e NP EN 1090-2 [84].

Tabela 2. Normas a seguir no projeto

Classe de Execução (EXC2)		NP EN 1090-2
Materiais	Perfis Laminados	EN 10025-2
	Chapas e conectores	EN 10025-2
	Perfis tubulares	EN 10210
Parafusos		DIN EN 14399
		DIN EN 15048-1
Soldadura	Qualificação dos soldadores	NP 434

3.3 Desenvolvimento do projeto

Com base no projeto de um pavilhão já efetuado, será desenvolvido todo o cálculo de verificação do dimensionamento da estrutura porticada e respetivas ligações (aparafusadas e soldadas). O estudo será efetuado com base nos Eurocódigos, seguida de uma análise por elementos finitos com elementos de viga. Com os cálculos efetuados serão apresentados os respetivos desenhos técnicos no ANEXO B – Desenhos de fabrico.

3.3.1 Dimensionamento da estrutura

Para o dimensionamento da estrutura porticada do pavilhão foram seguidos os Eurocódigos NP EN 1991 e NP EN 1993. Para a análise por elementos finitos, utilizou-se o programa comercial Ansys Academic Mechanical. Como os pórticos centrais são diferentes dos laterais, decidiu-se proceder ao dimensionamento de cada um deles.

3.3.1.1 Pórtico central

O pórtico central é o representado na Figura 29.

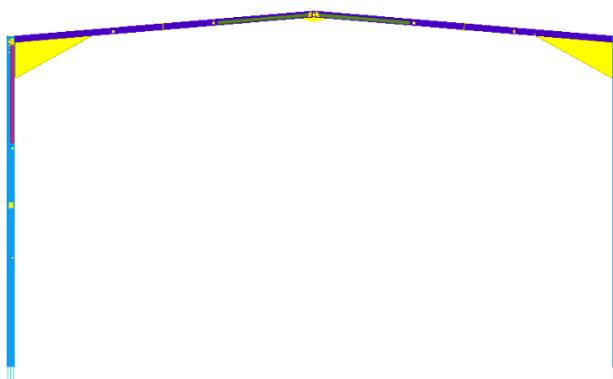


Figura 29. Pórtico central

Para o dimensionamento do pórtico central foram registadas todas as medidas e informações necessárias para utilizar nas equações dos Eurocódigos, que estão indicadas na Tabela 3.

Tabela 3. Dados iniciais do pórtico central

Local	Maia
Altitude a partir da cota do mar [m]	50
Planta (comprimento x vão) [m²]	39,600 x 41,041
Altura pilar [m]	22,564
Afastamento entre pórticos [m]	6,6
Inclinação das vertentes [°]	5
Nº de pórticos	5
Distância entre madres [m]	1,8

Numa fase inicial do projeto consideraram-se perfis formados por chapas soldadas. mas modificou-se para os perfis existentes nos pórticos laterais, nos pilares o IPE500 e nas vigas o IPE400. As modificações tiveram como intuito diminuir o peso da viga exercido nos pilares, bem como tornar o fabrico mais rápido e simples, salientando que esta mudança não compromete a resistência dos elementos nas ações aplicadas.

Na Tabela 4 estão indicadas as dimensões dos perfis do pórtico em questão (perfis normalizados).

Tabela 4. Dimensões dos perfis do pórtico central, em mm

Elemento	Tipo	Altura	Largura	Espessura da alma	Espessura do banzo
Pilar	IPE500	500	200	10,2	16
Viga	IPE400	400	180	8,6	13,5

Para as madres o cliente escolheu a Madremax 200x1,5, cuja massa é de 6,27 kg/m.

No revestimento da cobertura a escolha passou por um painel tipo *sandwich*, com a referência ROOFTEC 5 - FIRECLASS 1000. Este painel apresenta uma largura de 1 m e pode ser encomendado com diversas espessuras especificadas pelo fabricante. Neste caso, optou-se por uma espessura intermédia, igual a 50 mm. Com todas as características do painel escolhidas, recorrendo à ficha técnica retirou-se um valor para a massa distribuída igual a 15 kg/m². As fichas técnicas das madres e do revestimento da cobertura podem ser encontradas no ANEXO C - Fichas técnicas.

O material dos perfis é o aço S275JR (EN10025-2:2004), com as propriedades mais importantes na Tabela 5.

Tabela 5. Propriedades do aço S275JR (bibliografia da norma EN10025-2:2004)

Aço S275JR, para espessuras ≤ 16 mm	
f_y [MPa]	275
f_u [MPa]	430

Durante o seu tempo de vida útil, as estruturas metálicas estão sujeitas a vários tipos de esforços que podem afetar a sua longevidade. Por isso, tais esforços devem estar contemplados no seu dimensionamento.

Neste caso particular, a estrutura vai estar sujeita a dois tipos de ações. As ações permanentes, como o peso próprio, constantes ao longo do tempo, e as ações variáveis, como a sobrecarga, a neve e o vento, que podem variar no tempo. Nos pontos a seguir é possível observar esse cálculo das ações:

❖ Ação permanente

Como ação permanente identifica-se o peso próprio dos componentes existentes. Nos passos seguintes estão todos os cálculos efetuados para a obtenção do peso próprio dos respetivos elementos da estrutura.

Componente da viga

$$G_{viga} = P_{viga} \times 9,8 = 66,3 \times 9,81 = 650,403 \text{ N/m} \quad (1)$$

Em que:

G_{viga} - peso próprio distribuído da viga [N/m];

P_{viga} - massa distribuída da madre [kg/m];

Componente da madre

$$G_{madre} = P_{madre} \times 9,81 \times \frac{a_p}{d_m} = 6,27 \times 9,81 \times \frac{6,6}{1,8} = 225,53 \text{ N/m} \quad (2)$$

Em que:

G_{madre} - peso próprio distribuído da madre [N/m];

P_{madre} - massa distribuída da madre [kg/m];

d_m - distância entre madres [m];

a_p - afastamento entre pórticos [m].

Componente da cobertura

$$G_{cobertura} = P_{revestimento} \times 9,81 \times a_p = 15 \times 9,81 \times 6,6 = 970,2 \text{ N/m} \quad (3)$$

Em que:

$G_{cobertura}$ - peso próprio distribuído da cobertura [N/m];

$P_{revestimento}$ - massa distribuída do revestimento [kg/m²].

Com o peso próprio de cada componente obtém-se o peso global (G) a atuar nas vias do pórtico.

$$G = G_{viga} + G_{madre} + G_{cobertura} = 1846 \text{ N/m} = 1,85 \text{ kN/m} \quad (4)$$

❖ **Ações variáveis**

Como ações variáveis definem-se a sobrecarga e as ações causadas pelo vento e a neve.

Sobrecarga

A sobrecarga é um esforço que resulta da ocupação do edifício e pode variar consoante o propósito da estrutura. Esta carga inclui a utilização das pessoas, mobiliário, objetos móveis e veículos. Como para o dimensionamento em questão só interessa a sobrecarga da cobertura, consultando o quadro 6.9 da norma NP EN 1991-1-1 [4], pode-se concluir que para o caso de estudo, a categoria adequada é a H. Esta categoria especifica uma cobertura só acessível em casos excecionais, como na manutenção e reparações correntes. Consultando a nota 1 do quadro 6.10 da mesma norma, é indicado que os valores recomendados para o característico mínimo q_k devem estar compreendidos

entre 0 e 1. Por isso, considerando carregamentos em casos excepcionais, o valor da sobrecarga utilizado foi de 0,1.

$$Q = q_k \times ap = 0,1 \times 6,6 = 0,66 \text{ kN/m} \quad (5)$$

Em que:

Q - valor da sobrecarga [kN/m]

Neve

A neve é uma ação que pode variar de frequência e intensidade conforme a localização aonde se encontra a estrutura, tanto em função da altitude a partir da cota do mar, como também o fato de estar rodeada de edifícios prejudicando a remoção natural da neve. O cálculo da ação da neve foi efetuado perante a norma NP EN 1991-1-3 [5] e a carga da neve considerou-se como não deslocada, por isso o coeficiente de forma para a neve é igual nas duas vertentes do pórtico. A carga da neve é obtida através da equação seguinte.

$$S = \mu_i \times C_e \times C_t \times S_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 0,202 = 0,162 \text{ kN/m} \quad (6)$$

Em que:

S - carga da neve na cobertura [kN/m];

μ_i - coeficiente de forma para a neve;

C_e - coeficiente de exposição;

C_t - coeficiente térmico, considerando = 1;

S_k - valor característico da neve ao nível do solo [kN/m].

Consultando o quadro 5.1 da norma enunciada (Figura 30) e considerando uma tipografia de zona normal, $C_e=1$.

Quadro 5.1 – Valores recomendados de C_e para diferentes topografias

Topografia	C_e
Exposta ao vento ^{a)}	0,8
Normal ^{b)}	1,0
Abrigada ^{c)}	1,2

a) Topografia exposta ao vento: zonas planas, sem obstáculos e expostas de todos os lados, sem ou com pouco abrigo conferido pelo terreno, por construções mais altas ou por árvores.
b) Topografia normal: zonas nas quais não há uma remoção significativa da neve pelo vento, devido à configuração do terreno, à existência de outras construções ou de árvores.
c) Topografia abrigada: zonas tais que a construção em causa fica a um nível consideravelmente mais baixo que o do terreno circundante ou que está rodeada por árvores altas e/ou por outras construções mais altas.

Figura 30. Quadro 5.1 da norma EN 1991-1-3 [5]

Da mesma norma, com base no quadro 5.2 (Figura 31), pode-se retirar o valor do coeficiente de forma para a neve, $\mu_i=0,8$, para uma inclinação das vigas de 5°.

Quadro 5.2 – Coeficientes de forma para a carga da neve

Ângulo de inclinação da vertente α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	--

Figura 31. Quadro 5.2 da norma EN 1991-1-3 [5]

O valor de S_k , é obtido pela seguinte equação.

$$S_k = C_z \times \left[1 + \left(\frac{H}{500} \right)^2 \right] = 0,202 \text{ kN/m} \quad (7)$$

Em que:

C_z - coeficiente que depende da zona, zona da Maia (Z2) $C_z=0,2$;

H - altitude do local [m] a partir da cota do mar.

Vento

Por último, considera-se o cálculo da ação do vento. O efeito causado pelo vento depende de diferentes fatores, como a dimensão, forma e as propriedades dinâmicas da estrutura. Este cálculo é efetuado segundo a norma NP EN 1991-1-4 [6] e com valores de referência da velocidade do vento ou da pressão dinâmica. Primeiramente é necessário calcular o valor da pressão dinâmica de pico, pela expressão:

$$q_p(z) = q_b \times C_e(z) = 0,784 \text{ kN/m}^2 \quad (8)$$

Em que:

$q_p(z)$ - pressão dinâmica de pico [kN/m^2];

q_b - pressão dinâmica de referência [kN/m^2];

$C_e(z)$ - coeficiente de exposição.

O valor de q_b pode ser obtido da seguinte forma:

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 27^2 = 455,625 \text{ N/m}^2 = 0,456 \text{ kN/m}^2 \quad (9)$$

$$v_b = C_{dir} \times C_{season} \times v_{b,0} = 1 \times 1 \times 27 = 27 \text{ m/s} \quad (10)$$

Em que:

ρ - massa volúmica do ar em [kg/m^3];

v_b - valor de referência da velocidade do vento [m/s] em função da direção e época do ano;

C_{dir} - coeficiente de direção, igual a 1;

C_{season} - coeficiente de estação, igual a 1;

$v_{b,0}$ - valor básico de referência do vento, $v_{b,0}=27$ m/s (zona A do quadro NA.1 da norma EN 1991-1-4 [6]).

O coeficiente de exposição, $C_e(z)$, é obtido através da seguinte equação:

$$C_e(z) = \left(1 + \frac{7}{\ln \frac{z}{z_0}} \right) \times \left(0,19 \times \left(\frac{z_0}{0,05} \right)^{0,07} \times \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right)^2 = 1,721 \quad (11)$$

Em que:

z - altura acima do solo [m], sendo que $h \ll b$, então $Z=h=22,564$ m;

z_0 - comprimento de rugosidade [m], considerando como categoria de terreno IV ($Z_0=1$ m), valor retirado do quadro 4.1 da norma EN 1991-1-4 [6].

Coeficiente de pressão exterior

Os coeficientes de pressão exterior fornecem essencialmente o efeito do vento sobre as superfícies exteriores do pórtico. A Figura 32 ilustra as diferentes zonas para a determinação dos coeficientes de pressão exterior do vento, a atuar nas fachadas de um pórtico com duas vertentes iguais e direção a 0° .

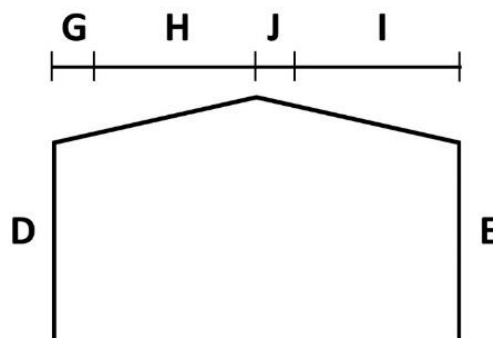


Figura 32. Imagem representativa dos coeficientes de pressão exterior

Os coeficientes para os pilares (D e E) são obtidos da seguinte forma:

$$\frac{h}{d} = 0,54 \quad (12)$$

Em que:

h - altura do pilar, $h=22,564$ m;

d - distância do vão, $d=41,041$ m.

Consultando o quadro na mesma norma, representado na Figura 33, é possível obter os coeficientes de pressão exterior para as zonas D e E.

Quadro 7.1 – Valores recomendados dos coeficientes de pressão exterior para paredes verticais de edifícios de planta rectangular

Zona	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

Figura 33. Quadro 7.1 da norma EN 1991-1-4 [6]

Como o valor do coeficiente se encontra compreendido por 0,25 e 1, por interpolação obtêm-se os valores a utilizar, conforme a Tabela 6.

Tabela 6. Coeficientes de pressão exterior das paredes laterais

D		E	
$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
0,74	1		-0,38

Os coeficientes para as vertentes G, H, J e I são obtidos da seguinte maneira:

Como hipótese de cálculo, considerou-se o vento unicamente a atuar nas fachadas a 0°. Consultando o quadro 7.4a da norma NP EN 1991-1-4 [6], para um ângulo de inclinação de 5°, obtiveram-se os valores para os coeficientes de pressão exterior das vertentes para o caso 1 e 2 possíveis (Tabela 7).

Tabela 7. Coeficientes de pressão exterior das vertentes

	D	G	H	J	I	E
	$c_{pe,10}$					
Caso 1		-1,2	-0,6	+0,2	-0,6	
Caso 2	0,74	0	0	-0,6	-0,6	-0,38

Coeficiente de Pressão interior

O coeficiente de pressão interior resulta da existência de aberturas nas fachadas ou coberturas dos edifícios. Este coeficiente depende da dimensão e das distribuições das aberturas na envolvente do edifício. Os valores podem ser obtidos resolvendo a seguinte equação.

$$\mu = \frac{\sum \text{área das aberturas em que } c_{pe} \text{ é negativo ou } -0,0}{\sum \text{área de todas as aberturas}} \quad (13)$$

Perante a nota 2 da equação 7.3 da norma NP EN 1991-1-4 [6], quando não é possível calcular o valor de μ , o coeficiente deve ser considerado como o mais grave de entre +0,2 e -0,3, coeficientes esses utilizados nos cálculos seguintes.

Coeficiente de Pressão interior e exterior

Na Tabela 8 apresentam-se os valores resultantes da soma do coeficiente de pressão interior com o exterior, estando assinalado a negrito e vermelho os coeficientes com maior gravidade, que serão utilizados neste relatório. Cada caso existente foi dividido em a e b por causa da utilização dos dois coeficientes de pressão interior:

- **Caso a** – coeficiente de pressão interior de +0,2;
- **Caso b** – coeficiente de pressão interior de -0,3.

Tabela 8. Coeficientes dos 4 casos existentes

	D	G	H	J	I	E
Caso 1a	0,54	-1,4	-0,8	0	-0,8	-0,58
Caso 1b	1,04	-0,9	-0,3	0,5	-0,3	-0,08
Caso 2a	0,54	-0,2	-0,2	-0,8	-0,8	-0,58
Caso 2b	1,04	0,3	0,3	-0,3	-0,3	-0,08

Para obtenção dos valores finais da ação do vento é necessário multiplicar o somatório dos coeficientes (Tabela 8) pela pressão dinâmica de pico e pelo afastamento entre pórticos, resultando na Tabela 9. A vertente A corresponde ao maior valor entre G e H, enquanto a vertente B é entre J e I.

Tabela 9. Coeficientes finais dos 4 casos existentes do pórtico central, em kN/m

	Pilar (D)	Vertente A	Vertente B	Pilar (E)
Caso 1a	2,788	-7,246	-4,141	-2,992
Caso 1b	5,378	-4,658	2,588	-0,404
Caso 2a	2,788	-1,035	-4,141	-2,992
Caso 2b	5,378	1,553	-1,553	-0,404

Finalmente, é possível encontrar os 2 casos mais críticos, sendo os que possuem os coeficientes a negrito e a vermelho na tabela anterior, caso 1a e 1b.

3.3.1.1.1 Combinação de ações

Com os valores das ações calculadas, obtêm-se os esforços aplicados ao pórtico utilizando as equações da combinação das ações. As ações não atuam em simultâneo, mas deve-se dimensionar a estrutura para que esteja preparada para aguentar a situação mais crítica. Utilizaram-se como base as normas NP EN 1990 [3] e NP EN 1991-1-1 [4] para o cálculo dos dois tipos de estados limites, últimos (ELU) e de serviço (ELS). O cálculo ELU foi utilizado para verificar se a resistência e estabilidade da estrutura através dos valores das equações obtidas pelo critério de von Mises. Já o cálculo ELS foi executado para perceber se a estrutura tem rigidez suficiente para não se deformar mais do que os valores recomendados.

Combinação fundamental ELU

$$E_d = \sum_{j=1}^m (\gamma_{G,j} G_{k,j}) + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \gamma_{Q,i} \Psi_{oi} Q_{k,i} \quad (14)$$

Em que:

$G_{k,j}$ - esforço resultante de uma ação permanente, valor característico;

$Q_{k,1}$ - esforço resultante de uma ação de base variável, valor característico;

$Q_{k,i}$ - esforço resultante de uma ação variável, valor característico;

$\gamma_{G,j}$ - coeficiente de segurança relativo às ações permanentes;

γ_Q - coeficiente de segurança relativo às ações variáveis;

Ψ_{oi} - coeficiente probabilístico da ação variável de ordem i.

Combinação fundamental ELS

$$E_d = \sum_{j=1}^m G_{k,j} + \Psi_{11} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^m \Psi_{2i} Q_{k,i} \quad (15)$$

Em que:

$G_{k,j}$ - esforço resultante de uma ação permanente, valor característico;

$Q_{k,1}$ - esforço resultante de uma ação de base variável, valor característico;

$Q_{k,i}$ - esforço resultante de uma ação variável, valor característico;

Ψ_{oi} - coeficiente probabilístico da ação variável de ordem i.

Antes de proceder ao cálculo das combinações de ações é necessário decompor as cargas, permanente (G), Sobrecarga (Q) e Neve (S), num referencial local com a componente normal (n) e na componente tangencial (t). Com a aplicação das seguintes equações, serão obtidas as cargas distribuídas combinadas, todas em relação ao mesmo referencial n, t, para cada um dos lados da vertente. A ação do vento já atua na direção normal das vertentes, componente do vento da vertente A (W_a) e da vertente B (W_b).

$$G_n = G \times \cos(\alpha) \quad (16)$$

$$G_t = G \times \sin(\alpha) \quad (17)$$

$$S_n = S \times \cos(\alpha) \times \cos(\alpha) \quad (18)$$

$$S_t = S \times \cos(\alpha) \times \sin(\alpha) \quad (19)$$

$$Q_n = Q \times \cos(\alpha) \times \cos(\alpha) \quad (20)$$

$$Q_t = Q \times \cos(\alpha) \times \sin(\alpha) \quad (21)$$

Os resultados obtidos com o cálculo das equações anteriores estão representados na Tabela 10.

Tabela 10. Valores das cargas das ações do pórtico central, em kN/m

	G_n	G_t	S_n	S_t	Q_n	Q_t	W_a	W_b
Caso 1a	1,846	0,161	0,160	0,014	0,655	0,057	-7,246	-4,658
Caso 1b							-4,414	2,588

Nas equações referentes aos estados limites existem coeficientes de segurança, perante a norma NP EN 1990 [3] esses valores são os discriminados na Tabela 11.

Tabela 11. Coeficientes de segurança para os estados limites de ELU e ELS

ELU	ELS
Ações permanentes: $\gamma_G=1,35$ desfavorável $\gamma_G=1,0$ favorável Ações variáveis: $\gamma_Q=1,5$ desfavorável $\gamma_Q=0$ favorável	Ações permanentes: $\gamma_G=1,0$ desfavorável $\gamma_G=1,0$ favorável Ações variáveis: afetar $\gamma_Q=1,0$

Também é necessário obter o valor dos coeficientes ψ , através do quadro A1.1 da norma NP EN 1990 [3], estando estes representados na Tabela 12.

Tabela 12. Valores retirados do quadro A1.1 da norma EN1990 (2009)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga (Categoria H)	0	0	0
Vento	0,6	0,2	0
Neve (H<100)	0,5	0,2	0

Combinação de ações para avaliação do estado limite último ELU

O cálculo ELU foi executado para 3 hipóteses diferentes:

- **Hipótese 1** - a ação de base do vento e do peso desfavorável. A ação do vento tem duas variantes, isto é, pode ser favorável (não exerce nenhuma carga na cobertura) ou desfavorável (exerce a carga na cobertura);
- **Hipótese 2** - a ação de base da sobrecarga e do peso desfavorável;
- **Hipótese 3** - a ação de base da neve e peso desfavorável.

Utilizado as equações do estado limite último e a hipóteses enunciadas anteriormente obtiveram-se os valores apresentados na Tabela 13. Os resultados obtidos contemplam a componente normal (E_{dn}) e transversais (E_{dt}).

Tabela 13. Valores calculados de ELU do pórtico central, em kN/m

		Caso 1a		Caso 1b	
		Vertente A	Vertente B	Vertente A	Vertente B
		Favorável	Favorável	Favorável	Desfavorável
Hipótese 1	Edn	1,959	1,959	1,959	6,485
	Edt	0,228	0,228	0,228	0,228
Hipótese 2	Edn	3,586	3,586	3,586	5,915
	Edt	0,314	0,314	0,314	0,314
Hipótese 3	Edn	2,723	2,723	2,723	5,053
	Edt	0,238	0,238	0,238	0,238

O caso mais crítico no que diz respeito à combinação de ações ELU corresponde à Hipótese 2 do caso 1b, assinalado a cinza na Tabela 13.

Combinação de ações para avaliação do estado limite de serviço ELS

Já no cálculo ELS, também foram executadas 3 hipóteses diferentes:

- **Hipótese 1** - a ação de base do vento;
- **Hipótese 2** - a ação de base da sobrecarga;
- **Hipótese 3** - a ação de base da neve.

Recorrendo às equações do estado limite de serviço e às hipóteses anteriores, é possível obter os resultados representados na Tabela 14.

Tabela 14. Valores calculados de ELS do pórtico central, em kN/m

		Caso 1a		Caso 1b	
		Vertente A	Vertente B	Vertente A	Vertente B
		Favorável	Favorável	Favorável	Desfavorável
Hipótese 1	Edn	0,390	1,011	0,907	2,357
	Edt	0,161	0,161	0,161	0,161
Hipótese 2	Edn	1,839	1,839	1,839	1,839
	Edt	0,161	0,161	0,161	0,161
Hipótese 3	Edn	1,871	1,871	1,871	1,871
	Edt	0,164	0,164	0,164	0,164

Os casos mais críticos, no que diz respeito à combinação de ações ELS, correspondem aos casos 1a e 1b, ambos para a hipótese 3 (assinalados a cinza na tabela anterior). Sendo a única diferença entre os dois casos críticos o valor do vento nas paredes do pórtico. Com os ensaios intermédios foi possível perceber que o caso mais crítico será o caso 1a.

3.3.1.1.2 Análise MEF

Este subcapítulo consiste no cálculo dos esforços internos, tensões e deslocamentos, com base na imposição das cargas obtidas anteriormente na situação mais crítica. Para a obtenção dos cálculos, será utilizado o programa Ansys Academic com base na formulação por elementos finitos. Será utilizado o algoritmo para análise estrutural estática em regime linear e elementos finitos do tipo viga com 2 nós e 6 graus de liberdade por nó. Para a análise de cada estado limite será utilizada a hipótese mais crítica. A análise foi executada com elementos de viga de dois nós.

No programa utilizado, as cargas transversais (Edt) foram convertidas numa carga concentrada decomposta nas componentes x e y, com a localização no ponto médio de cada vertente.

No estudo deste pórtico foram efetuadas várias análises, de modo a obter a estrutura pretendida que seja capaz de suportar as ações exercidas. Foram executadas análises com o pórtico 2D e 3D, numa primeira fase do trabalho, para avaliação do melhor modelo de cálculo a seguir. Optou-se posteriormente pela análise 3D, tornando-se dessa forma possível analisar em conjugação os pórticos inerentes à construção metálica. Na Figura 34 representa-se a geometria em estudo, sem a consideração inicial dos pórticos laterais.

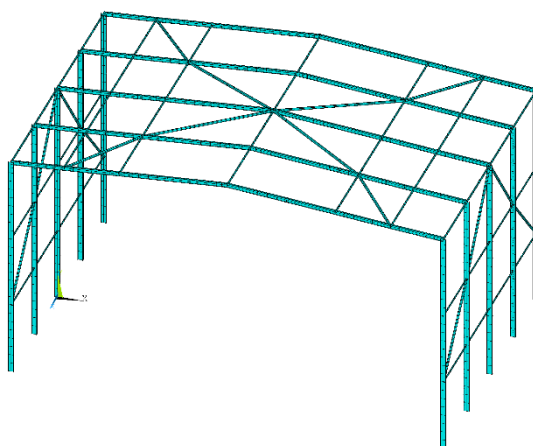


Figura 34. Exemplo da estrutura 3D

Como a estrutura possui reforços nas ligações pilar-viga e viga-viga, nesses pontos foram tomadas as seguintes restrições:

- Impedimento do deslocamento em z;
- Impedimento da rotação em x, y e z.

Nas bases dos pilares foram consideradas as restrições dos deslocamentos e rotações em x, y e z, considerando a presença de encastramentos.

Assim sendo, é possível ver na Figura 35 um exemplo das condições de fronteira e das cargas aplicadas na estrutura 3D da imagem anterior.

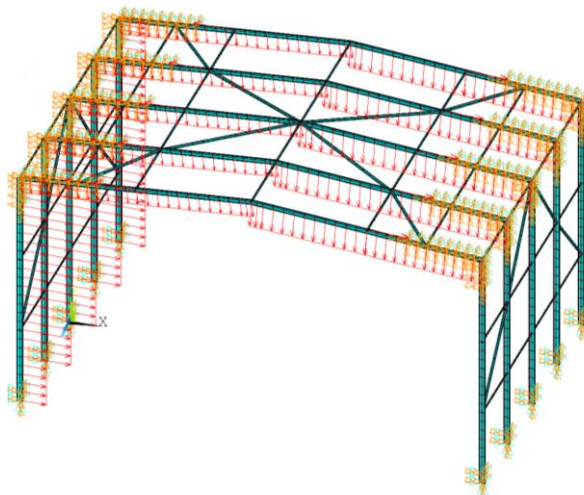


Figura 35. Exemplo do pórtico 3D com as condições de fronteira e cargas aplicadas

Avaliação do estado limite último ELU

Para avaliação do estado limite último ELU serão obtidas as tensões equivalentes no modelo em estudo. Em simultâneo, são também apresentados os resultados dos esforços internos (momento fletor, normal e transversal) úteis no cálculo e dimensionamento das ligações.

- **Tensões equivalentes de von Mises**

Os resultados obtidos permitem perceber se o aço escolhido é apropriado para os perfis do pórtico existente. Para isso é preciso comparar o valor máximo, obtido no gráfico do Ansys, com o valor da tensão de cedência do aço, que neste caso é 275 MPa. Os resultados desta análise estão representados na Figura 36. Na Figura 37 é possível observar uma imagem mais pormenorizada do reforço da ligação pilar-viga (pormenor A).

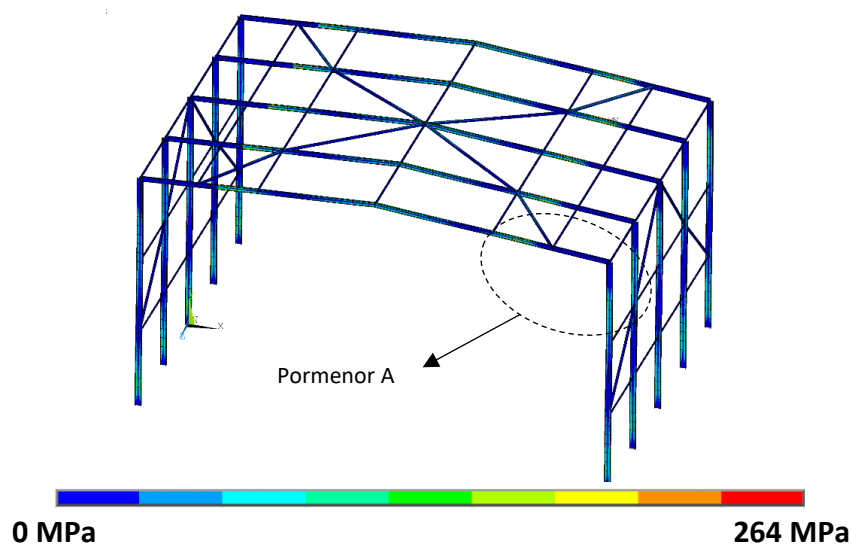


Figura 36. Tensões equivalentes de von Mises no modelo 3D

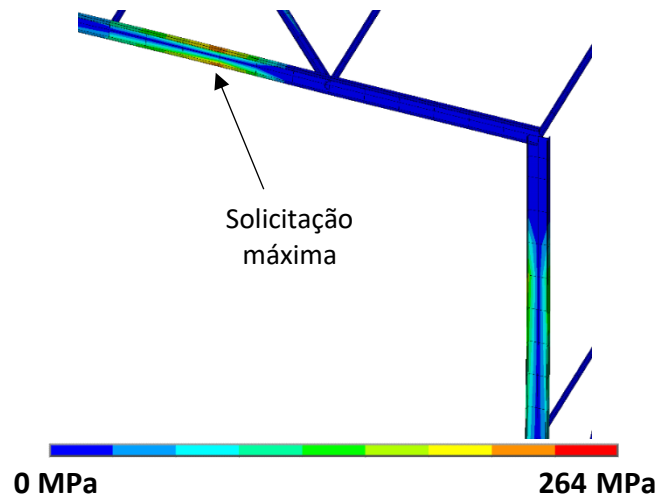


Figura 37. Tensões equivalentes na ligação pilar-viga, pormenor A

O valor máximo da tensão equivalente obtido foi 264 MPa, inferior ao valor da tensão de cedência do aço. Portanto, é possível afirmar que o aço utilizado consegue resistir às cargas aplicadas. Para comparar a análise 3D com a 2D foi introduzida a Figura 38, onde é possível ver que a tensão obtida pelo modelo 2D é superior (comparativamente com a obtida no pórtico 3D): 324 MPa > 264 MPa. Um dos motivos para verificar-se essa diferença entre os dois modelos é precisamente a falta da contabilização dos contraventamentos no modelo 2D. Para a análise do modelo 2D, na Figura 38, foi utilizado o pórtico central.

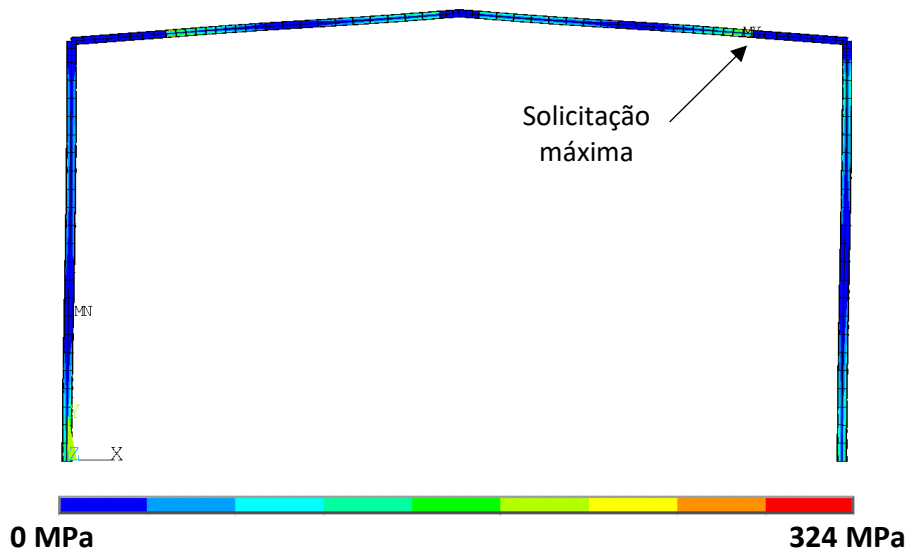


Figura 38. Tensões equivalentes de von Mises no modelo 2D, pórtico central

▪ Momento fletor

Os esforços internos obtidos para o momento fletor estão representados na Figura 39. Os valores máximos do momento fletor localizam-se na base do pilar (valor de 405 kN.m) e na ligação pilar-viga (valor de 324 kN.m).

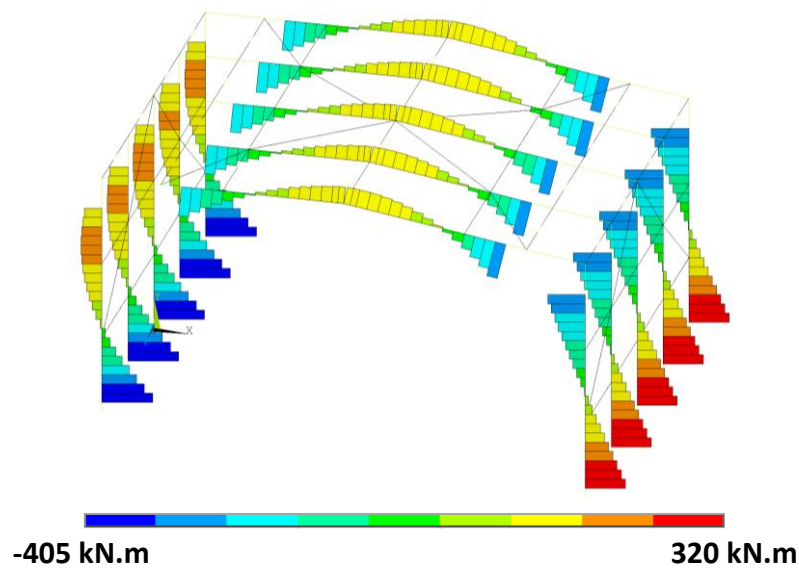


Figura 39. Momento fletor da estrutura 3D

- **Esforço normal**

Já para o esforço normal, o valor máximo encontra-se nos pilares, com o valor à compressão igual a 125 kN, como é possível verificar na Figura 40.

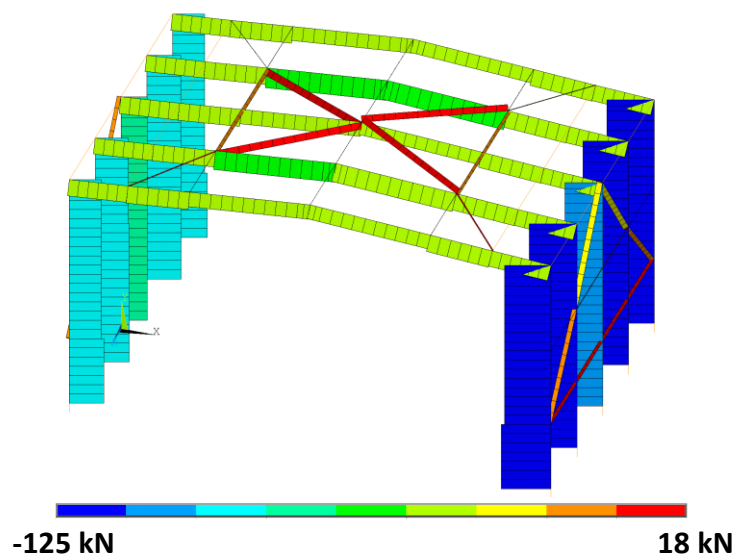


Figura 40. Esforço normal da estrutura 3D

- **Esforço transverso**

Os resultados dos esforços transversos estão representados na Figura 41, sendo que se obteve como valor máximo 113 kN, valor esse localizado nas vertentes da estrutura.

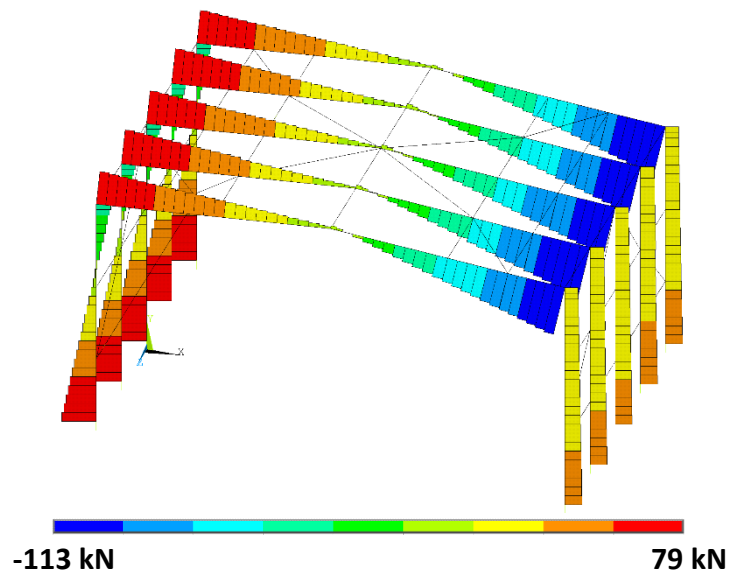


Figura 41. Esforço transverso do caso crítico do ELU

Avaliação do estado limite de serviço ELS

Este estado limite é utilizado para confirmar se a estrutura vai ter deslocamentos inferiores aos mínimos admissíveis. Para as análises foi utilizado o caso de carga mais crítico da Tabela 14. Na Figura 42 é possível ver os deslocamentos em X, enquanto na Figura 43 estão os resultados referentes aos deslocamentos em Y.

- **Deslocamento UX**

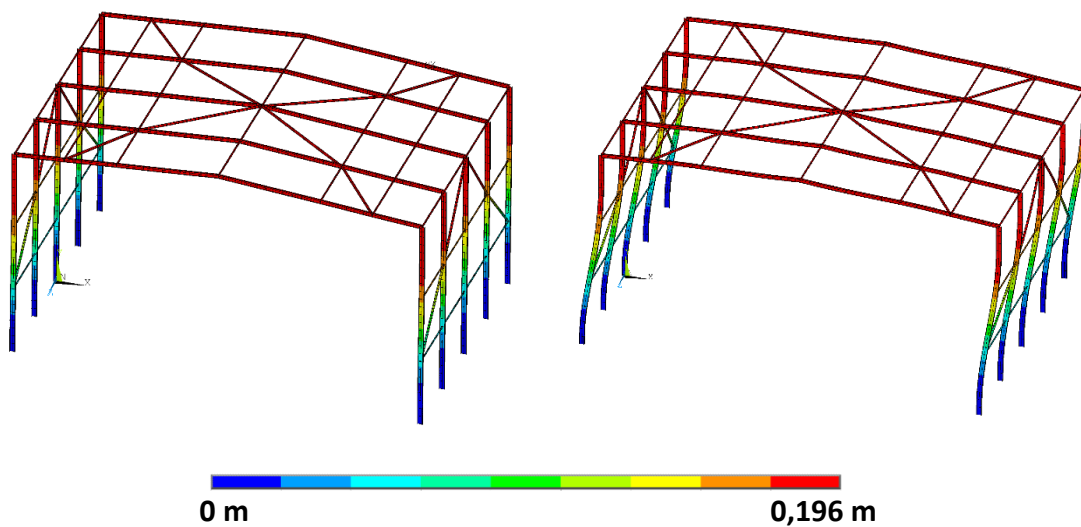


Figura 42. Deslocamento UX para os casos críticos de ELS

- **Deslocamento UY**

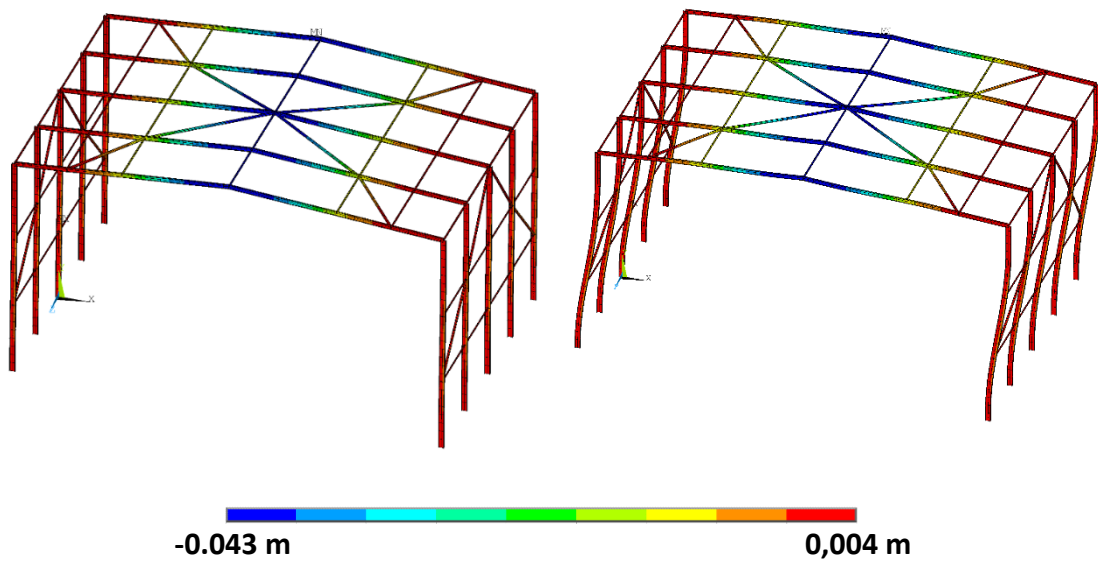


Figura 43. Deslocamento UY para os casos críticos de ELS

Por fim, foi realizada uma análise da estabilidade para concluir se os deslocamentos são aceitáveis. Os cálculos a seguir foram efetuados com base na norma NP EN 1993-1-1 [8]. Primeiramente será analisado o deslocamento horizontal (Figura 44).

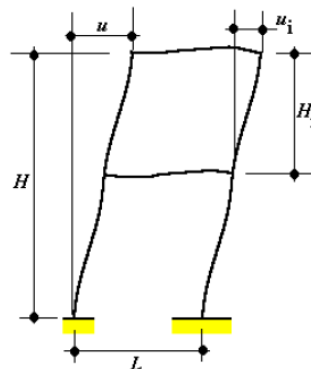


Figura 44. Definição dos deslocamentos horizontais, da norma NP EN 1990 [3]

A norma enunciada anteriormente especifica que, para um edifício de um só piso com pórticos sem aparelhos de elevação, o deslocamento tem de satisfazer a equação seguinte.

$$U_x \leq \frac{h}{150} \quad (22)$$

$$0,196 \leq \frac{22,259}{150} \Leftrightarrow 0,196 \text{ m} \leq 0,148 \text{ m}$$

O deslocamento, como é muito próximo do admissível e vão existir contraventamentos na estrutura, é considerado como aceitável. Assim sendo, assume-se que o pórtico consegue resistir ao estado limite de serviço relativamente ao deslocamento horizontal.

De seguida será analisado o deslocamento vertical (Figura 45).

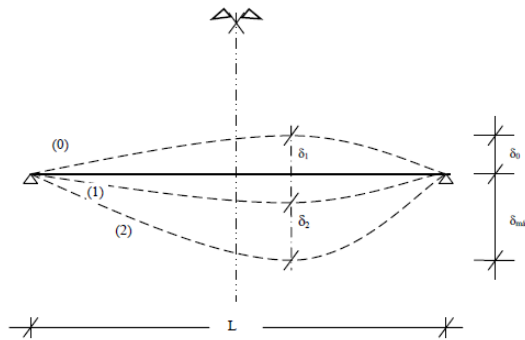


Figura 45. Definição dos deslocamentos verticais, da norma NP EN 1993-1-1 [8]

Ainda recorrendo a norma NP EN 1993-1-1 [8], com base no quadro NA.I, é especificado que, para coberturas no geral, o deslocamento máximo é definido pela equação seguinte.

$$U_y \leq \frac{L}{200} \quad (23)$$

$$0,043 \leq \frac{41,040}{200} \Leftrightarrow 0,043 \text{ m} \leq 0,205 \text{ m}$$

Como o valor do deslocamento vertical está abaixo do considerado admissível, pode-se concluir que o pórtico consegue suportar as cargas, sem ultrapassar os limites dos deslocamentos.

3.3.1.1.3 Ligações aparafusadas

Antes de qualquer cálculo é preciso identificar todas as ligações que vão ser dimensionadas no pórtico central. Estas ligações estão representadas na Figura 46. A legenda da figura é encontrada na Tabela 15.

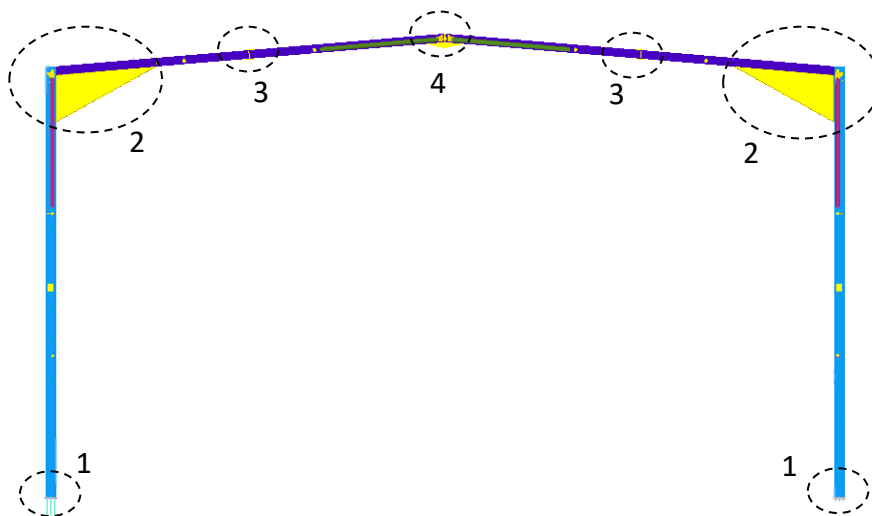


Figura 46. Representação das ligações do pórtico central

Tabela 15. Legenda das ligações a dimensionar

Ligação 1	Ligação pilar-base
Ligação 2	Ligação pilar-viga
Ligação 3	Ligação viga-viga intermédia
Ligação 4	Ligação viga-viga central

Dimensões da placa e das distâncias dos furos

Antes de verificar a resistência das ligações aparafusadas serão escolhidas as dimensões da placa, assim como o cálculo e seleção das distâncias entre os eixos dos furos das placas de ligação (Figura 47).

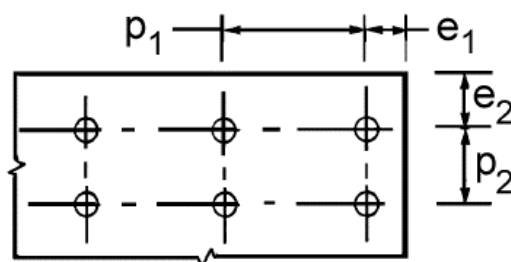


Figura 47. Nomenclatura usada para a distância entre os eixos dos furos das placas, NP EN 1993-1-8 [9]

Consultando a norma EN 1993-1-8 [9], referente ao dimensionamento de ligações aparafusadas e soldadas, é possível obter os valores das variáveis de projeto conforme a Tabela 16. Estes valores estão em função do diâmetro do furo (d_0) e da espessura da placa (t_c).

Tabela 16. Intervalo de valores da placa, pela norma EN1993-1-8 (2010)

	Valor mínimo	Valor máximo
e1	$1,2 \cdot d_0$	$4t_c + 40$
e2	$1,2 \cdot d_0$	$4t_c + 40$
p1	$2,2 \cdot d_0$	O menor de $14t_c$ ou 200
p2	$2,4 \cdot d_0$	O menor de $14t_c$ ou 200

❖ Ligação pilar-viga

Na ligação pilar-viga, optou-se por parafusos M24 (classe 10.9), com um diâmetro do furo igual a 26 mm. Por isso, os valores mínimos e máximos para a ligação pilar-viga são os representados na Tabela 17.

Tabela 17. Valores das distâncias da placa da ligação pilar-viga, em mm

	Valor mínimo	Valor escolhido	Valor máximo
e1	31,2	50	160
e2	31,2	160	160
p1	57,2	80	200
p2	62,4	200	200

Como dimensões finais, em mm, foram escolhidas 180x2920x30 com um total de 28 parafusos M24 (classe 10.9).

❖ Ligação viga-viga (intermédia)

A ligação em estudo tem como função unir as duas vigas existentes na vertente, visto ser complicado construir a viga no seu todo. Também possui o mesmo parafuso que a ligação pilar-viga. Assim sendo, os resultados obtidos para a ligação viga-viga intermédia podem ser observados na Tabela 18.

Tabela 18. Valores das distâncias da placa da ligação viga-viga intermedia, em mm

	Valor Mínimo	Valor Escolhido	Valor Máximo
e1	31,2	40	140
e2	31,2	50	140
p1	57,2	100	200
p2	62,4	125	200

As dimensões finais escolhidas para a placa, em mm, são 180x600x25, com um total de 10 parafusos M24 (classe 10.9).

❖ Ligação viga-viga (central)

A ligação viga-viga (central) serve como meio de união das vigas de cada vertente e também possui os parafusos M24 (classe 10.9). Os valores obtidos referentes à ligação viga-viga intermédia podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19. Valores das distâncias da placa da ligação viga-viga central, em mm

	Valor mínimo	Valor escolhido	Valor máximo
e1	31,2	50	140
e2	31,2	124	140
p1	57,2	80	200
p2	62,4	150/200	200

As dimensões finais escolhidas para a placa, em mm, são 180x748x25, com um total de 8 parafusos M24 (classe 10.9).

❖ Ligação pilar-base

A ligação pilar-base está encarregue de fixar os pilares aos chumbadouros construídos. Nesta ligação também se utilizou o diâmetro do parafuso de 24 mm (classe 10.9). Os valores referentes à ligação viga-viga intermédia podem ser observados na Tabela 20.

Tabela 20. Valores das distâncias da placa da ligação pilar-base, em mm

	Valor mínimo	Valor escolhido	Valor máximo
e1	31,2	140	140
e2	31,2	100	140
p1	57,2	200	200
p2	62,4	180	200

As dimensões finais escolhidas para a placa, em mm, são 380x880x30, com um total de 8 parafusos M24 (classe 10.9).

Cálculo da resistência das ligações aparafusadas

Neste ponto serão efetuados todos os cálculos referentes às ligações aparafusadas tendo como base a norma NP EN 1993-1-8 [9], com o objetivo de calcular o número mínimo de parafusos e a espessura mínima da chapa. Como este dimensionamento tem por base o projeto inicial, para as ligações correntes e para a base está estipulada a utilização do parafuso M24 (classe 10.9). A Tabela 21 apresenta as propriedades importantes dos dois tipos de parafusos para os cálculos seguintes.

Tabela 21. Características do parafuso M24 e da classe 10.9

Parafuso utilizado	M24
Diâmetro do furo normalizado, d_0 [mm]	26
Área útil (rosca), A_s [mm ²]	353
Área total (liso), A [mm ²]	452,39
Classe	10.9
f_{yb} [N/mm ²]	900
f_{ub} [N/mm ²]	1000
α_v	0,5

O aço utilizado para as chapas de ligação é o mesmo utilizado nos perfis, ou seja, aço S275JR (EN10025-2:2014). Como tal, as propriedades necessárias para os cálculos estão discriminadas na Tabela 5. Nos próximos passos estarão enunciados os cálculos para cada ligação de forma a obter as dimensões das placas de ligação.

A resistência última de uma ligação aparafusada corrente é avaliada assumindo simplificações na redistribuição das forças internas (corte, esmagamento e tração). Assim, os parafusos podem ser solicitados ao corte e tração e as placas ao esmagamento. Apresenta-se de seguida o procedimento de cálculo para avaliação da resistência das ligações aparafusadas escolhidas no projeto.

- **Resistência do parafuso à tração;**

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd} \Leftrightarrow \frac{M_{Ed}}{2 \times b} \leq \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} \quad (24)$$

Em que:

$F_{t,Ed}$ - esforço tração [N];

$F_{t,Rd}$ - esforço de tração resistente [N];

M_{Ed} - momento fletor [N.m], obtido no Ansys;

K_2 - coeficiente que depende da cabeça do parafuso, valor igual a 0,9;

γ_{M2} - coeficiente parcial de segurança;

A_s - área útil da rosca [mm²];

L - comprimento da placa [mm].

- **Resistência do parafuso ao corte;**

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \quad (25)$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{N} = m \times F_{v,Rd} \quad (26)$$

Em que:

$F_{v,Ed}$ - esforço transversal [N], obtido no Ansys;

$F_{v,Rd}$ - esforço transversal resistente [N];

A - área da secção resistente do parafuso [mm²] (NOTA: Quando o plano de corte atravessa a parte roscada do parafuso $A=A_s$);

N - número de parafusos da placa;

(Quando é corte simples $m=1$).

- **Resistência do parafuso ao corte e tração combinada;**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \times F_{t,Rd}} \leq 1 \quad (27)$$

- **Resistência do parafuso ao esmagamento.**

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d_0 \times t}{\gamma_{M2}} \quad (28)$$

Perante a norma NP EN 1993-1-1 [8] os valores para γ_{M0} e γ_{M2} são, respetivamente, 1 e 1,25. Utilizando as equações anteriores é possível obter os valores mostrados na Tabela 22.

Tabela 22. Valores da ligação aparafusada da ligação pilar-viga

Ligação pilar-viga	
Tipo de parafuso	M24 (10.9)
Dimensões da chapa [mm]	180x2920x30
Quantidade de parafusos	28
Espessura do banzo do pilar, t_f [mm]	25
M_{Ed} [kN.m]	324
$F_{V,Ed}$ [kN]	113
Resistência do parafuso à tração [kN]	$55 \leq 254$
Resistência do parafuso ao esmagamento [kN]	$4 \leq 429$
Resistência do parafuso ao corte [kN]	$4 \leq 181$
Resistência do parafuso ao corte e tração combinada	$0,178 \leq 1$

Utilizando as equações dos vários critérios da resistência do parafuso, obtiveram-se os resultados referentes à ligação viga-viga central, que estão representados na Tabela 23.

Tabela 23. Valores da ligação aparafusada das ligações viga-viga central

Ligação viga-viga central	
Tipo de parafuso	M24 (10.9)
Dimensões da chapa [mm]	180x748x25
Quantidade de parafusos	8
M_{Ed} [kN.m]	78
$F_{V,Ed}$ [kN]	6
Resistência do parafuso à tração [kN]	$53 \leq 254$
Resistência do parafuso ao esmagamento [kN]	$14 \leq 285$
Resistência do parafuso ao corte [kN]	$0,7 \leq 181$
Resistência do parafuso ao corte e tração combinada	$0,152 \leq 1$

A próxima ligação a ser estudada foi a ligação viga-viga intermédia, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 24.

Tabela 24. Valores da ligação aparafusada das ligações viga-viga intermédia

Ligação viga-viga intermédia	
Tipo de parafuso	M24 (10.9)
Dimensões da chapa [mm]	180x600x25
Quantidade de parafusos	10
M_{Ed} [kN.m]	82
$F_{V,Ed}$ [kN]	70
Resistência do parafuso à tração [kN]	$69 \leq 254$
Resistência do parafuso ao esmagamento [kN]	$14 \leq 285$
Resistência do parafuso ao corte [kN]	$7 \leq 181$
Resistência do parafuso ao corte e tração combinada	$0,232 \leq 1$

Para finalizar, foram encontrados os valores referentes à ligação do pilar-base (Tabela 25), também com a implementação das equações anteriores.

Tabela 25. Valores da ligação aparafusada da ligação pilar-base

Ligação pilar-base	
Tipo de parafuso	M24 (10.9)
Dimensões da chapa [mm]	380x800x30
Quantidade de parafusos	8
Espessura do banzo do pilar, t_f [mm]	25
M_{Ed} [kN.m]	405
$F_{V,Ed}$ [kN]	79
Resistência do parafuso à tração [kN]	$253 \leq 254$
Resistência do parafuso ao corte [kN]	$10 \leq 217$

3.3.1.1.4 Ligações soldadas

As ligações soldadas dimensionadas neste subcapítulo correspondem às que vão ser efetuadas nas ligações das placas aos perfis. Este dimensionamento também foi efetuado com base na norma NP EN 1993-1-8 [9]. Foi admitida a utilização de um elétrodo com um valor da tensão de rotura superior ao do aço. Os dados referentes ao material e ao elétrodo para esta soldadura estão disponíveis na Tabela 26.

Tabela 26. Valores do material, para espessuras inferiores ou iguais a 16 mm

Aço S275JR (EN 10025-2)	
f_y [MPa]	275
f_u [MPa]	430
β_w	0,85

Através do Quadro 4.1 da norma NP EN 1993-1-8 [9], escolheu-se o fator de correlação (β_w) do material escolhido, sendo ele igual a 0,85. Em seguida, estão apresentados os cálculos necessários para a verificação da resistência da ligação, utilizando o método direcional.

- **Cordão 1 (cordão da alma)**

Verificação da resistência do cordão

$$\tau = \frac{V_{Ed}/2}{A_w} \quad (29)$$

Em que:

τ - tensão de corte [N/mm²];

V_{Ed} - esforço transversal aplicado na ligação [N];

A_w - área efetiva da solda.

Critério de resistência

$$\sqrt{3 \times \tau^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} \quad (30)$$

Em que:

β_w - fator de correlação apropriado, obtido do quadro 4.1 da norma NP EN 1993-1-8 [9];

f_u - valor nominal da tensão de rotura à tração da peça ligada com menor valor [MPa].

- **Cordão 2 (cordão do banzo)**

Verificação da resistência do cordão

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{2 \times h_p} \quad (31)$$

Em que:

M_{Ed} - momento fletor aplicado na ligação [N.mm];

N_{Ed} - esforço normal aplicado na ligação;

h_p - altura do perfil [mm].

Como o cordão de soldadura apresentará os dois lados iguais, então a tensão de corte será igual à tensão normal.

$$\tau_{perp} = \sigma_{perp} = \frac{0,7 \times N}{A_w} \quad (32)$$

Em que:

τ_{perp} - tensão de corte tangencial perpendicular ao eixo da soldadura [N/mm²];

σ_{perp} - tensão normal perpendicular à espessura [N/mm²].

Critério de resistência

$$\sqrt{\sigma_{\text{perp}}^2 + 3 \times (\tau_{\text{perp}}^2 + \tau^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} \quad (33)$$

$$\sigma_{\text{perp}} \leq \frac{0,9 \times f_u}{\gamma_{M2}} \quad (34)$$

Para o cálculo dos dois cordões:

$$A_w = l_{\text{eff}} \times a \quad (35)$$

$$l_{\text{eff}} = L - 2 \times a \quad (36)$$

Em que:

l_{eff} – comprimento efetivo do cordão [mm];

a – comprimento da garganta da soldadura [mm];

L – comprimento do elemento [mm].

Na Tabela 27 e Tabela 28 estão representadas as propriedades e resultados para cada tipo de cordão.

Cordão 1

O cordão 1 engloba todas as juntas referentes à alma do perfil. Na Tabela 27 é possível ver os resultados referentes à resolução das equações enunciadas anteriormente.

Tabela 27. Resultados obtidos para o cordão 1

	Pilar-Base	Pilar-Viga	Viga-Viga
Espessura mínima a soldar, t_{min} [mm]		8,6	
Comprimento a soldar, L [mm]	468	373	373
Garganta do cordão, a [mm]	máxima	7	6
	escolhida		6
Comprimento efetivo, l_{eff} [mm]	452	361	361
Área efetiva da solda, A_w [mm²]	3616	2166	2166
V_{Ed} [kN]	79	113	70
Tensão de corte paralela, τ [MPa]	14	26	16
Critério de resistência	$25 \leq 405$	$45 \leq 405$	$28 \leq 405$

Cordão 2

O cordão 2 diz respeito às juntas executadas nos banzos do perfil. A Tabela 28 mostra os resultados obtidos com a resolução das equações referentes a este cordão.

Tabela 28. Resultados obtidos para o cordão 2

	Pilar-Base	Pilar-Viga	Viga-Viga
Espessura mínima a soldar, t_{min} [mm]	16	13,5	13,5
Comprimento a soldar, L [mm]	200	180	180
Garganta do cordão, a [mm]	máxima	11,2	9,5
	escolhida		9
Comprimento efetivo, l_{eff} [mm]	182	162	162
Área efetiva da solda, A_w [mm ²]	1638	1458	1458
M_{Ed} [kN.m]	405	324	82
N_{Ed} [kN]	405	405	103
Tensão de corte perpendicular, τ_{perp} [MPa]	172	194	49
Tensão normal perpendicular, σ_{perp} [MPa]	172	194	49
Critério de resistência	$346 \leq 405$	$391 \leq 405$	$102 \leq 405$
Critério de resistência, tensão normal perpendicular	$172 \leq 455$	$194 \leq 310$	$49 \leq 310$

3.3.1.1.5 Resistência à encurvadura dos pilares

Este capítulo servirá essencialmente para comprovar se os pilares, formados pelo perfil IPE500, conseguem resistir à encurvadura por compressão e por flexão.

A. Resistência à encurvadura por compressão

Na Tabela 29 estão apresentados os valores das dimensões referentes ao perfil do estudo.

Tabela 29. Dimensões do perfil do pilar do pórtico central

Largura [mm]	200
Altura [mm]	500
Espessura do banzo, t_w [mm]	16
Espessura da alma, t_f [mm]	10,2
Área total [mm ²]	11550
Momento de inércia eixo y-y, I_y [mm ⁴]	482×10^6
Momento de inércia eixo z-z, I_z [mm ⁴]	21×10^6

Primeiramente é necessário verificar a classe do banzo e da alma para resolução dos cálculos posteriores.

Classe do Banzo

$$\frac{c}{t_f} \leq 9\varepsilon \Leftrightarrow 4,62 \leq 8,28 \rightarrow \text{Classe 1} \quad (37)$$

Em que:

t_f - espessura do banzo [m];

c - largura ou altura de parte de uma secção transversal [m];

ε - fator que depende de f_y .

Classe da Alma

$$\frac{c}{t_w} \leq 72\varepsilon \Leftrightarrow 41,76 \leq 66,24 \rightarrow \text{Classe 1} \quad (38)$$

Em que:

t_w - espessura da alma [m];

Cálculo do raio de giração da secção, i

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (39)$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = 204,28 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = 43,06 \text{ mm}$$

Cálculo da esbelteza, λ

$$\lambda = \frac{L_e}{i} \quad (40)$$

O comprimento de encurvadura (L_e) é igual a 0,7 do valor do comprimento real, porque a estrutura de estudo é encastrada na parte inferior e bi-articulada na parte superior. O valor final da esbelteza corresponde ao maior valor entre os eixos y e z .

$$\lambda_y = \frac{L_e}{i_y} = 77,43$$

$$\lambda_z = \frac{L_e}{i_z} = 367,32$$

Comparando os dois valores, pode-se concluir que o maior valor é o do eixo $z-z$. Assim sendo, nos cálculos futuros será esse valor utilizado.

Cálculo do valor crítico do esforço normal, N_{cr}

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times A_{total}}{\lambda^2} = 177 \text{ kN} \quad (41)$$

Cálculo do coeficiente de redução, χ

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad (42)$$

Em que:

$$\Phi = 0,5 \times \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right];$$

$\bar{\lambda}$ - esbelteza normalizada.

Como a divisão entre a altura e a largura do perfil é igual a 2,29, para uma espessura do banzo inferior a 100 mm e para um eixo de encurvadura z-z, recorrendo ao quadro 6.2 da NP EN 1993-1-1, obteve-se um valor de 0,49 para o fator de imperfeição, α .

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = 4,23$$

$$\Phi = 10,43$$

$$\chi = 0,05$$

Cálculo do valor da resistência à encurvadura do elemento comprimido, $N_{b,Rd}$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = 159 \text{ kN} \quad (43)$$

Verificação em relação a encurvadura

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00 \Leftrightarrow \frac{125}{159} \leq 1,00 \Leftrightarrow 0,79 \leq 1,00 \quad (44)$$

Perante a equação anterior, pode-se concluir que o pilar cumpre com os requisitos no que diz respeito à resistência à encurvadura por compressão.

B. Resistência a encurvadura por flexão

Os valores referentes ao perfil que são necessários para as próximas equações podem ser encontrados na Tabela 30.

Tabela 30. Valores do perfil IPE500

Momento de inércia eixo y-y, I_y [cm⁴]	48200
Momento de inércia eixo z-z, I_z [cm⁴]	2142
Módulo da seção plástica, eixo y-y, $W_{pl,y}$ [cm³]	2194
Módulo da seção plástica, eixo z-z, $W_{pl,z}$ [cm³]	335,6
Espessura da banzo, t_f [m]	0,016
Espessura da alma, t_w [m]	0,0102
Altura do perfil, h_p [m]	0,500
Largura do perfil, b [m]	0,200

Admitindo que a secção transversal do pilar é simétrica, é possível obter o valor do momento crítico elástico a partir da seguinte equação [85].

$$M_{cr} = C_1 \times \frac{\pi^2 \times E \times I_z}{(k \times L)^2} \times \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \times \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k \times L)^2 \times G \times I_t}{\pi^2 \times E \times I_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\} \quad (45)$$

Em que:

I_t – constante de torção [m⁴];

I_w – constante de empenamento [m⁶];

I_z – momento de inércia em relação ao eixo secundário [m⁴];

k - Fator dependente da rotação de extremidade no plano;

k_w - Fator dependente do empenamento de extremidade;

L – comprimento da viga entre os pontos de restrição lateral [m];

z_g - distância entre o ponto de aplicação de carga e o centro de corte [m];

C_1 - fator de momento uniforme equivalente que tem em conta a forma do diagrama de momentos fletores;

C_2 – fator associado ao nível de carga e que depende da forma do diagrama de momentos fletores.

No caso de condições normais de apoio nas extremidades, os fatores k e k_w são iguais a 1,0 [85].

$$I_w = \frac{I_z \times (h - t_f)^2}{4} = 28 \times 10^{-6} \text{ m}^6 \quad (46)$$

$$I_t = \frac{2b \times t_f^3 + (h - 2t_f) \times t_w^3}{3} = 0,7 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \quad (47)$$

$$z_g = 0$$

Os valores para o C_1 e C_2 são, respetivamente, 2,60 e 1,55, valores estes retirados da Figura 48 para o segundo caso.

Tabela E.2 Valores de C_1 e C_2 para casos com carregamento transversal (para $k = 1,0$)

Carregamento e condições de apoio	Diagrama de momentos fletores	C_1	C_2
		1,13	0,454
		2,60	1,55
		1,35	0,630
		1,69	1,65

Figura 48. Valores de C_1 e C_2 [85]

$$G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} = 80 \times 10^9 \quad (48)$$

Assim sendo obteve-se o valor seguinte para o momento crítico elástico.

$$M_{cr} = 589 \text{ kN.m}$$

De seguida foi efetuado o cálculo da esbelteza normalizada da encurvadura lateral:

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_z \times f_y}{M_{cr}}} = 0,396 \quad (49)$$

Perante a Nota 4 do subcapítulo 6.3.2.2 da norma NP EN 1993-1-1 [8], os efeitos da encurvadura lateral podem ser ignorados se for verificada alguma das seguintes hipóteses.

$$\overline{\lambda}_{LT} \leq \overline{\lambda}_{LT,0} \text{ ou } \frac{M_{Ed}}{M_{cr}} \leq \overline{\lambda}_{LT,0}^{-2}$$

Assim sendo, é possível verificar que se comprova a primeira condição.

$$\overline{\lambda}_{LT} \leq \overline{\lambda}_{LT,0} \Leftrightarrow 0,396 \leq 0,4$$

Não precisando assim de verificar a resistência à encurvadura por flexão.

3.3.1.2 Pórtico lateral

O dimensionamento do pórtico lateral seguirá o mesmo método que o pórtico central, a diferença está no tipo de perfis utilizados. Uma vez que é um pórtico lateral, a área de influência, para o cálculo das ações, é metade da obtida para pórtico central.

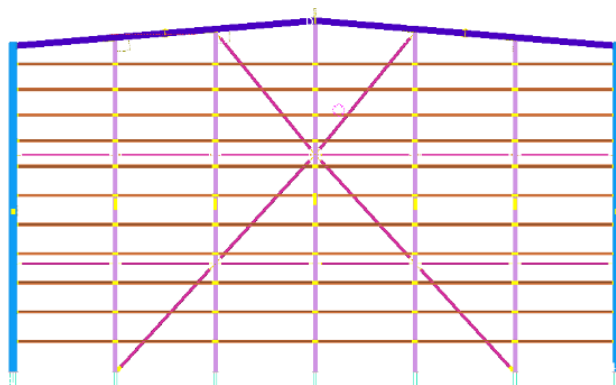


Figura 49. Pórtico lateral

Na Tabela 31 estão indicados os dados iniciais para os cálculos.

Tabela 31. Dados iniciais para o cálculo do pórtico lateral

Local	Maia
Altitude a partir da cota do mar [m]	50
Planta (comprimento x vão) [m²]	39,600 x 41,041
Altura pilar [m]	22,407
Afastamento entre pórticos [m]	6,6
Inclinação das vertentes [°]	5
Nº de pórticos na estrutura	2
Distância entre madres [m]	1,8

Os perfis utilizados nos pórticos laterais são normalizados, sendo eles:

- Pilar: IPE500
- Viga: IPE400

Nestes pórticos também existem perfis localizados no interior (perfis de chapa soldada) com as medidas especificadas na Tabela 32.

Tabela 32. Dimensões do perfil do pórtico lateral, em mm

Tipo	Altura	Largura	Espessura da alma	Espessura do banzo
PRS2	550	300	8	20

Os contraventamentos localizados neste pórtico são tubos com as designações: CHS219,1x8 para as diagonais e CHS139,7x5 para as verticais. Já as madres e o revestimento são idênticos aos considerados para o pórtico central.

O material dos perfis deste pórtico é o aço S275JR da norma EN10025-2:2004 [15] enquanto para os tubos é o aço S355 J2H (EN 10210:2008). As propriedades mais importantes dos dois aços estão presentes na Tabela 33.

Tabela 33. Propriedades dos aços para espessuras inferiores ou iguais a 16 mm (EN1993-1-1)

Aço	S275JR (EN10025-2:2004)	S355 J2H (EN 10210:2008)
f_y [MPa]	275	355
f_u [MPa]	430	510

Tal como no dimensionamento do pórtico central, primeiramente é necessário calcular os valores referentes às ações permanentes e às ações variáveis, para depois ser possível efetuar o cálculo da combinação de ações.

❖ Ação permanente

Com base nas equações 1 e 2, obtiveram-se os dados presentes na Tabela 34.

Tabela 34. Valores das ações permanentes, em N/m

	Peso Próprio
Viga	650,403
Madre	112,766
Revestimento	485,10
Total	1248

❖ Ações variáveis

Sobrecarga

Com a utilização da equação 4 obteve-se o valor de 0,33 kN/m para a sobrecarga deste pórtico.

Neve e vento

No valor da neve não existe nenhuma alteração pois os dados utilizados são iguais nos dois tipos de pórticos, ou seja, $S=0,162$ kN/m.

Na ação do vento, como o pórtico será idêntico ao utilizado no pórtico central, optou-se por utilizar os coeficientes já calculados anteriormente. Assim sendo, só é necessário multiplicar os coeficientes pela pressão dinâmica de pico e metade do afastamento entre pórticos, valores esses representados na Tabela 35.

Tabela 35. Coeficientes finais dos 4 casos existentes do pórtico lateral, em kN/m

	Pilar	Vertente A	Vertente B	Pilar
Caso 1a	1,399	-3,633	-2,076	-1,500
Caso 1b	2,696	-2,333	1,298	-0,202
Caso 2a	1,399	-0,519	-2,076	-1,500
Caso 2b	2,696	0,779	-0,779	-0,202

Os casos mais críticos são o caso 1a e 1b, representados a negrito e vermelho.

3.3.1.2.1 Combinação de ações

Utilizando as equações da 14 a 19 obtiveram-se os valores da Tabela 36.

Tabela 36. Valores das cargas das ações do pórtico lateral, em kN/m

	G_n	G_t	S_n	S_t	Q_n	Q_t	W_a	W_b
Caso 1a	1,243	0,109	0,160	0,014	0,328	0,029	-3,633	-2,076
Caso 1b							-2,336	1,298

Combinação de ações para avaliação do estado limite último ELU

Na Tabela 37 estão representados os valores referentes ao cálculo das equações do estado limite ELU.

Tabela 37. Valores calculados de ELU do pórtico lateral, em kN/m

		Caso 1a		Caso 1b	
		Vertente A	Vertente B	Vertente A	Vertente B
		Favorável	Favorável	Favorável	Desfavorável
Hipótese 1	Edn	1,363	1,363	1,363	3,745
	Edt	0,157	0,157	0,157	0,157
Hipótese 2	Edn	2,290	2,290	2,290	3,458
	Edt	0,200	0,200	0,200	0,200
Hipótese 3	Edn	1,919	1,919	1,919	3,087
	Edt	0,168	0,168	0,168	0,168

O caso mais crítico da combinação de ações ELU corresponde à Hipótese 2 do caso 1b, assinalado a cinza Tabela 37.

Combinação de ações para avaliação do estado limite de serviço ELS

Na Tabela 38 é possível observar os valores referentes ao cálculo das equações do estado limite ELS.

Tabela 38. Valores calculados de ELS do pórtico lateral, em kN/m

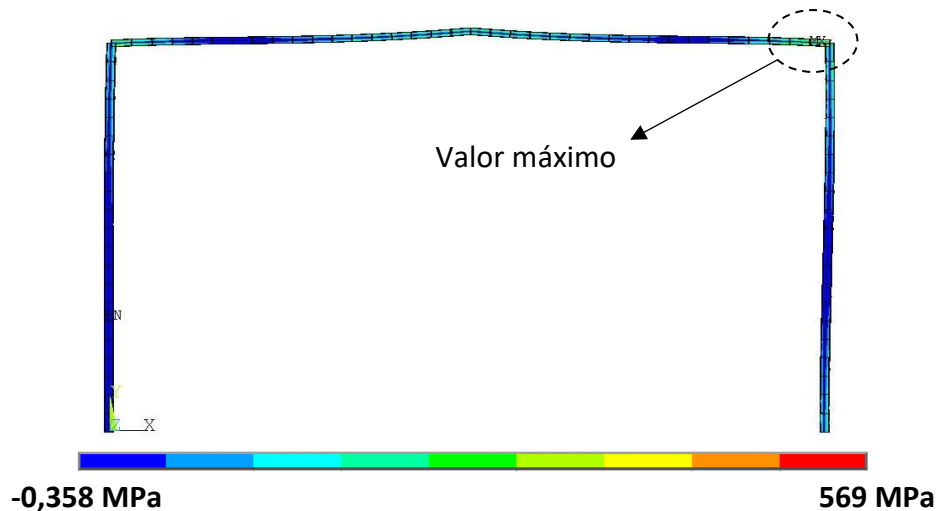
		Caso 1a		Caso 1b	
		Vertente A	Vertente B	Vertente A	Vertente B
		Favorável	Favorável	Favorável	Desfavorável
Hipótese 1	Edn	0,516	0,828	0,776	1,503
	Edt	0,109	0,109	0,109	0,109
Hipótese 2	Edn	1,243	1,243	1,243	1,243
	Edt	0,109	0,109	0,109	0,109
Hipótese 3	Edn	1,275	1,275	1,275	1,275
	Edt	0,116	0,116	0,116	0,116

Os casos mais críticos no que diz respeito à combinação de ações ELS corresponde à Hipótese 3 do caso 1a e do caso 1b, mas com base nos resultados obtidos para o pórtico central, o mais crítico será o do caso 1a, assinalado a cinza na Tabela 28.

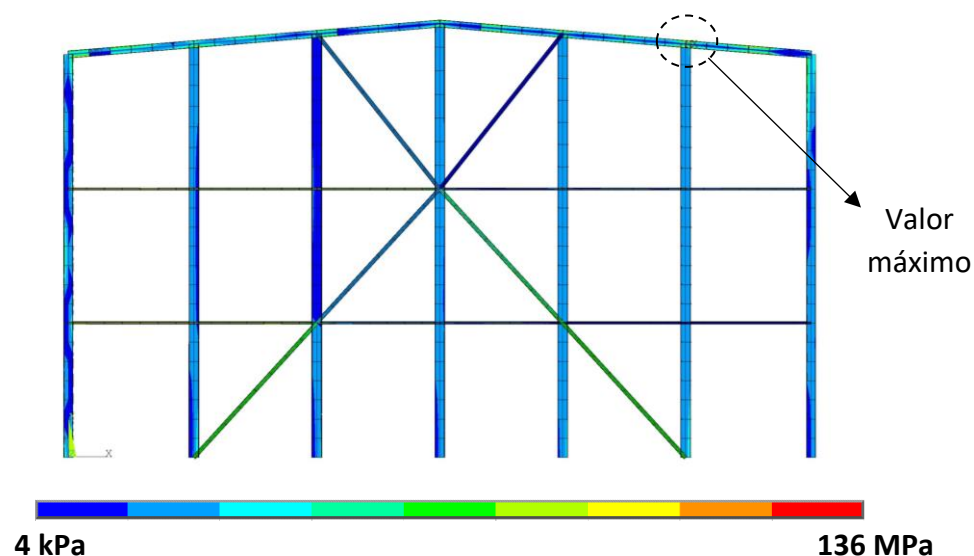
3.3.1.2.2 Análise MEF

Avaliação do estado limite último ELU

Na Figura 50 apresentam-se os resultados das tensões equivalentes de von Mises para o cumprimento do critério ELU. Como se verifica, a análise apresentada não tem a inclusão dos elementos centrais, pelo que o pórtico não cumpriria a segurança imposta por possuir uma tensão equivalente muito superior a tensão de cedência do aço.



A Figura 51 corresponde à análise completa com a inclusão dos componentes do pórtico, concluindo-se que este caso consegue resistir às cargas aplicadas.



Avaliação do estado limite de serviço ELS

Os resultados obtidos para os deslocamentos no pórtico lateral, em x e y, estão representados na Figura 52 e Figura 53.

- **Deslocamento U_x**

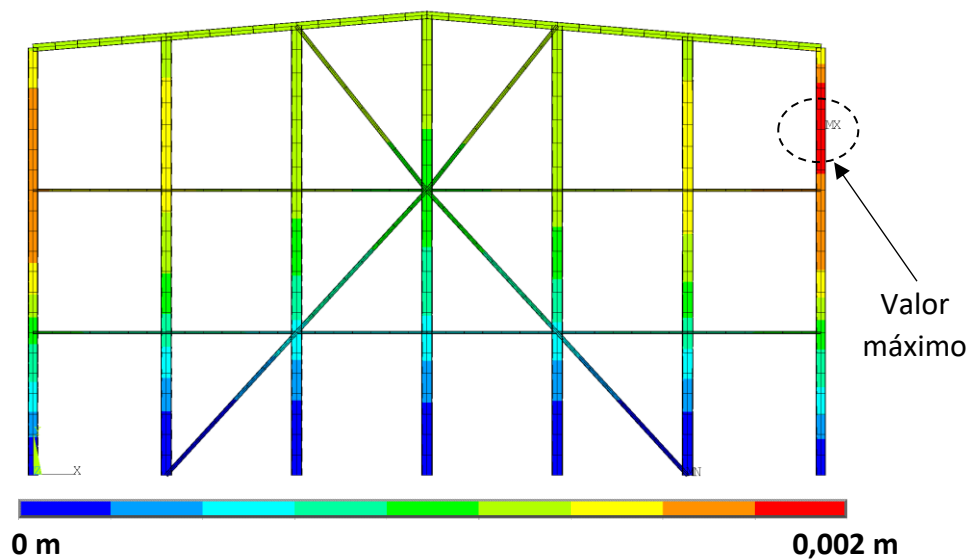


Figura 52. Deslocamento horizontal do pórtico lateral

- **Deslocamento U_y**

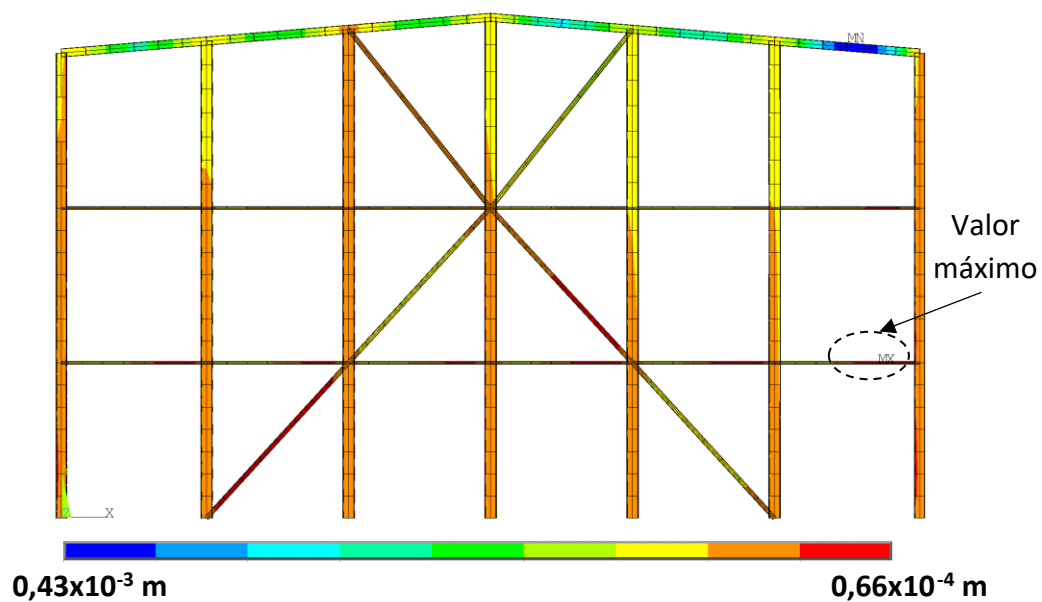


Figura 53. Deslocamento horizontal do pórtico lateral

Como os valores obtidos para os dois deslocamentos são inferiores aos do pórtico central, pode-se afirmar que a estrutura resiste as ações aplicadas nela.

3.3.2 Análise e otimização do projeto

Como já enunciado anteriormente, na fase inicial do projeto, este sofre consideráveis alterações que têm como intuito otimizar ao máximo a estrutura. Estas alterações por vezes surgem para tornar o fabrico ou montagem mais simples, ou para que a estrutura consiga suportar as cargas aplicadas.

No relatório em questão decidiu-se produzir uma estrutura que tivesse uma produção e montagem de fácil e rápida execução sem comprometer o dimensionamento, para este efeito procedeu-se a uma uniformização da estrutura. As modificações efetuadas perante o projeto inicial recebido estão discriminadas nos pontos seguintes:

- No projeto inicial as madres da cobertura continham distâncias de espaçamento, entre elas, com diferentes valores. Visto que uniformização não deveria causar problemas em todo o edifício, decidiu-se optar por utilizar espaçamento igual entre todas as madres. Assim sendo, a cobertura possuirá 11 madres afastadas entre si em 1,8 metros. Na Figura 54 está apresentado o projeto inicial (lado esquerdo) e o alterado (lado direito).

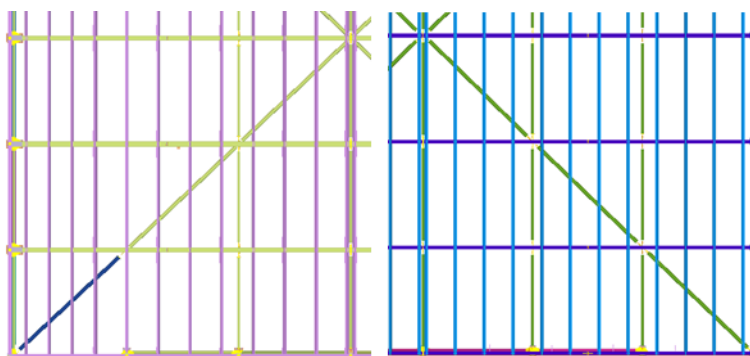


Figura 54. Modificação do espaçamento entre madres

- Com a alteração do afastamento entre madres, a ligação viga-viga intermédia teve de ser deslocada para não interferir com uma madre. Na Figura 55 esta apresentada o projeto inicial, lado esquerdo, e o alterado, lado direito.

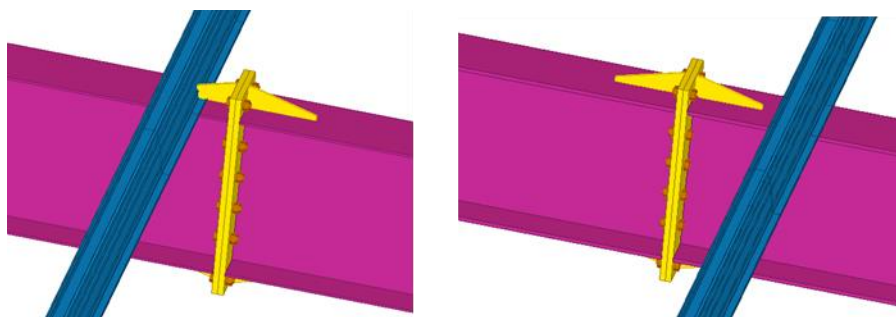


Figura 55. Modificação da ligação viga-viga intermédia

- Por algum motivo não referenciado, existiam dois afastamentos entre pórticos diferentes dos demais. Por isso, com a intenção de uniformizar a estrutura e por

não causar diferença no suporte das cargas aplicadas, optou-se por colocar todos os afastamentos com o mesmo valor, igual a 6,6 m.

- Na parte superior do pavilhão, inicialmente existia um “caixilho” para tornar a estrutura esbelta, escondendo a inclinação da cobertura. Como para esta estrutura é mais importante a simplicidade da fabricação em vez da esbelteza do pavilhão, decidiu-se retirar estes componentes, ficando assim a cobertura visível. Na Figura 56 está representada a estrutura com (a) e sem o caixilho (b).

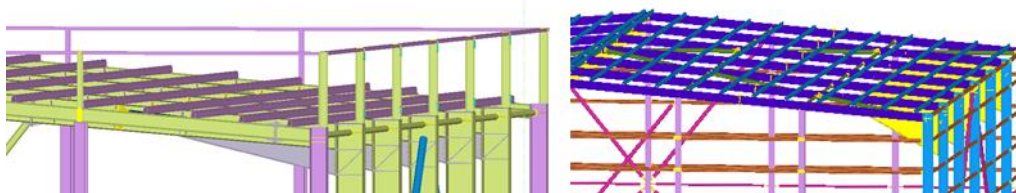


Figura 56. Modificação na cobertura do pavilhão

- Por causa da estrutura do projeto inicial no dimensionamento estar a obter resultados um pouco superiores ao esperado, principalmente para o momento fletor, decidiu-se aumentar o reforço da ligação pilar-viga de modo a baixar os valores. Pelo mesmo motivo, e como os perfis dos pórticos centrais inicialmente projetados exerciam muito peso sobre a estrutura, optou-se por diminuir a dimensão dos perfis, passando a utilizar os mesmos perfis que os dos pórticos laterais. Com estas alterações verificaram-se as melhorias demonstradas no capítulo do dimensionamento.

3.3.3 Modelação 3D e desenhos técnicos

A modelação 3D começou logo após a receção dos desenhos do cliente, realizada no *software* Tekla Structures. Através deste *software*, foi possível, no fim da modelação, obter os desenhos detalhados, bem como algumas listas do material com o intuito de facilitar as etapas seguintes. A modelação 3D efetuada está representada na Figura 57.

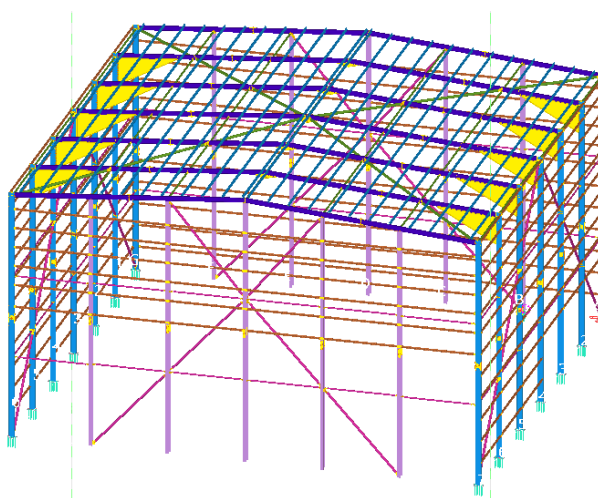


Figura 57. Modelação 3D da estrutura metálica

A modelação começou pela construção dos pilares e vigas com as suas respetivas ligações, sendo só depois adicionados os contraventamentos com as suas chapas de ligação.

É de notar que as chapas, quando forem soldadas para formar um perfil, sofrerão algumas contrações nos componentes, influenciando assim o comprimento destes. Assim sendo, com base na experiência da empresa foi indicado um valor aproximado de 1 mm/m para a contração, visto que quase todos os perfis têm comprimentos muito próximos a 11 m. Como tal será acrescentado 11 mm a cada comprimento.

De maneira a identificar os desenhos, foram utilizadas as codificações de elementos mostradas na Tabela 39.

Tabela 39. Codificação dos elementos

Codificação	Elementos
P.	Perfil do pilar (IPE500)
V.	Perfil da viga (IPE400)
PR.	Perfil soldado (PRS1)
T.	Contraventamentos (CHS)
Ch.	Chapas de ligação/reforço
C.	Conjuntos

Numa fase final da modelação são criados os desenhos de fabrico (ANEXO B – Desenhos de fabrico). Os desenhos criados têm três tipos diferentes: os gerais, de conjunto e de peça. Os desenhos de conjunto e de peça são usados essencialmente para o fabrico da estrutura em oficina. Os desenhos gerais são criados com o intuito de facilitar e guiar a montagem na obra.

3.4 Gestão do fabrico

Com base nos documentos fornecidos pelo cliente e na modelação executada no início do projeto, existe a possibilidade de criar documentos importantes que simplificam e facilitam os operadores na parte do fabrico da estrutura. Este capítulo começa com uma pequena abordagem à lista do material a encomendar, depois será apresentada a sequência de fabrico, folha de gama operatória, folha de operação e as indicações para a pintura. Neste capítulo também tem uma abordagem ao controlo de qualidade, transporte e montagem.

3.4.1 Plano de trabalho

O plano de trabalho é um documento que mostra de forma cronológica o início e duração necessária para cada operação. Este documento pode contemplar o estudo, a modelação, o fabrico, transporte a montagem. Os tempos apresentados são os previstos

obtidos através da experiência e os rácios estipulados pela empresa. Por vezes acontecem imprevistos que causam alterações nos tempos previstos, caso isso aconteça é preciso informar o cliente.

Neste projeto foram estipulados cerca de 3 meses para a modelação, fabrico, pintura e montagem da estrutura metálica e 2 meses para a colocação do revestimento. No plano mostrado na Figura 58, primeira revisão, é possível ver com mais pormenor estes tempos, bem como os outros serviços que foram subcontratados, não sendo feita nenhuma abordagem a estes. O tempo previsto para a conclusão de todos os trabalhos é de cerca de 5 meses.

METALONGO		PLANO DE TRABALHOS																		
		Data: 17/02/2019		Rev.: 1		PROJETO: AMPLIAÇÃO ARMAZÉM AUTOMÁTICO - MAIA														
		2019																		
POS.	DESIGNAÇÃO	M1		M2		M3		M4		M5										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	ESTRUTURA METÁLICA																			
1.1	Preparação / Aprovisionamento																			
1.2	Demolição Estruturas + Revestimentos existentes																			
1.3	Fabrico/Pintura																			
1.4	Montagem																			
2	REVESTIMENTOS																			
2.1	Cobertura																			
2.2	Laterais																			
3	CONSTRUÇÃO CIVIL																			
3.1	Demolição Muro suporte existente																			
3.2	Novas sapatas e muro suporte																			
3.3	Parede de Contenção																			
4	DESVIO TRANSPORTE PNEUMÁTICO																			
5	ILUMINAÇÃO																			
6	REDE DE INCÊNDIOS																			

Figura 58. Plano de trabalhos do pavilhão metálico

3.4.2 Lista de material

O programa utilizado para a modelação 3D, Tekla Structures, permite a obtenção de uma vasta quantidade automatizada de listas diferentes. A lista de material foi produzida manualmente com base numa lista do *software* (ANEXO D – Lista de Material) e nas dimensões dos produtos encontradas no mercado, servindo para posteriormente ser entregue ao responsável de vendas da empresa de forma a que este consiga encomendar o material necessário para o fabrico da estrutura. No que toca às chapas utilizadas para a fabricação de perfis ou para as placas de ligações, foi executado um pequeno estudo de minimização dos desperdícios, diminuindo assim os gastos. A lista com as indicações para encomenda esta apresentada na Tabela 40, cujos valores foram obtidos através de um estudo manualmente.

Tabela 40. Lista de material a encomendar

Tipo de componente	Quantidade	Material	Dimensões
IPE 500	28	S275 JR	12 m
IPE 400	28	S275 JR	12 m
CHS 139,7x5,0	48	S355 J2H	6 m
CHS 168,3x6,3	42	S355 J2H	6 m
CHS 219,1x8,0	12	S355 J2H	9 m
	12	S355 J2H	10 m
CHS 244,5x8,0	12	S355 J2H	9 m
MadreMax 160x1,5	138	S350GD+Z	7 m
MadreMax 200x1,5	144	S350GD+Z	8 m
	105	S350GD+Z	7 m
PL5	1	S275 JR	1x1 m
PL8	6	S275 JR	12x2 m
	2	S275 JR	6x2 m
PL10	3	S275 JR	6x2 m
	5	S275 JR	12x2,5 m
PL12	4	S275 JR	7x2 m
PL16	1	S275 JR	4x2 m
PL18	1	S275 JR	8x2 m
PL20	8	S275 JR	12x2 m
	1	S275 JR	6x2 m
PL30	1	S275 JR	4x2 m

3.4.3 Planeamento do fabrico

Este capítulo engloba toda a documentação e instruções para execução das operações do fabrico. A elaboração do planeamento teve como base os documentos fornecidos pelo cliente e da informação retirada da modelação 3D.

Sequência de fabrico

A sequência de fabrico foi importante para planear os processos na oficina, e também possibilitou um melhor controlo dos equipamentos utilizados para cada etapa.

A matéria prima utilizada foi a encomendada conforme a Tabela 40. A sequência de fabrico para esta estrutura é simples e engloba quatro tipo de processos (corte, furação, soldadura e pintura). No fabrico da estrutura vão existir dois tipos de corte. Um deles é o corte por plasma ou oxicorte, que foi utilizado para o corte das chapas. Para os perfis, foi utilizado o corte através de uma serra metálica. A furação dos perfis foi efetuada numa máquina diferente da que foi usada para corte por causa dos meios disponibilizados na oficina, isto porque a empresa tomou a decisão de fazer estas duas

operações separadas com vista a aumentar a eficiência. Após ou durante a realização de algumas operações foi executado um controlo dimensional pelo operador, com vista a diminuir a possibilidade de construir elementos com defeito.

Depois do corte e furação serem executados, as peças são levadas para um novo posto para serem soldadas. No caso desta estrutura só foi necessário recorrer a um tipo de soldadura, MIG-MAG. Finalizada a soldadura e antes de as peças prosseguirem para a pintura, foi realizado um controlo das juntas para garantir a qualidade pretendida. Esta operação foi executada por uma empresa subcontratada com operadores certificados.

Para finalizar o fabrico da estrutura foi subcontratada uma empresa com o objetivo de executar a pintura dos elementos. Esta empresa está responsável por assegurar a qualidade pretendida pelo cliente.

A sequência de fabrico está representada na Figura 59, bem como a sua legenda encontra-se na Tabela 41.

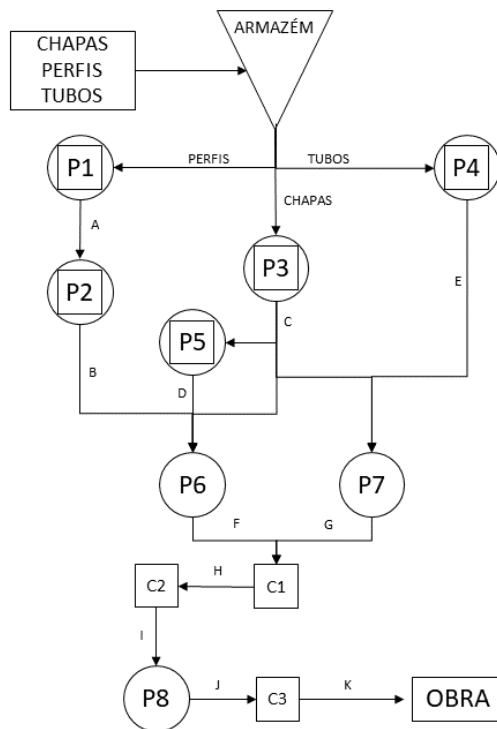


Figura 59. Sequência de fabrico da estrutura metálica

Tabela 41. Legenda da sequência de fabrico da Figura 59

Armazém	Armazém das matérias primas
P1	Operação de corte com serrote dos perfis com controlo dimensional do operador
P2	Operação de furação por CNC dos perfis com controlo dimensional do operador
P3	Operação de corte por CNC das chapas com controlo dimensional do operador
P4	Operação de corte com serrote dos tubos com controlo dimensional do operador
P5	Operação de soldadura das chapas para formação dos perfis soldados com controlo dimensional do operador
P6	Operação de soldadura das chapas aos perfis
P7	Operação de soldadura das chapas aos tubos
P8	Pintura
C1	Controlo dimensional
C2	Controlo da soldadura (Ensaio não destrutivo)
C3	Controlo de pintura
A	Perfis para execução da furação
B	Perfis prontos para soldadura das chapas
C	Chapas cortadas
D	Perfis soldados prontos para soldadura das chapas
E	Tubos prontos para soldadura das chapas
F	Conjunto perfil-chapas
G	Conjunto tubos-chapas
H	Conjuntos aprovados do controlo dimensional
I	Conjuntos aprovados do controlo de soldadura
J	Conjuntos pintados
K	Conjuntos prontos para montagem na obra

Folha de gama operatória

A folha de gama operatória tem como intuito a identificação, no geral, das operações de fabrico da estrutura. Este documento é importante numa fase inicial, pois é possível identificar os equipamentos e ferramentas utilizados para cada operação. Por outro lado, também mostra o tempo estimado de cada tarefa ou do total. No documento da folha executado não foi possível efetuar a previsão do tempo estimado, ficando assim a faltar esse critério. A folha da gama operatória está representada no ANEXO E – Folha de gama operatória.

Folha de operação

As folhas de operação são documentos preparados para cada operação, que especifica como esta deve ser executada. Este tipo de documento costuma ser muito útil para os operadores porque contém características como a velocidade de corte, tolerâncias das peças, equipamentos e ferramentas necessários.

Assim sendo, no planeamento do fabrico desta estrutura metálica foram realizadas as seguintes folhas de operação:

- **Listas de corte**

Para um melhor controlo do processo de corte, são produzidas listas com os elementos a serem cortados, de modo a garantir que nenhuma peça seja esquecida. Esta lista é normalmente obtida através do *software* Tekla Structures, sendo de execução automática. A lista de corte executada para a estrutura de estudo pode ser encontrada no ANEXO F – Folhas de operação.

- **Procedimentos de corte**

No que diz respeito ao corte, foi utilizada a serra de fita para fazer o corte manual dos perfis e tubos. A furação dos perfis foi executada por CNC, sendo assim necessário a produção de folhas de operação para este tipo.

Para as chapas foi utilizado o processo de corte por plasma, visto que neste projeto só existem chapas com espessuras até os 30 mm e só é costume utilizar o processo de oxicorte para espessuras superiores a 30 mm. Este processo também foi executado por CNC, sendo necessário dar importância ao aproveitamento das chapas e a todas as características indicadas nas folhas de operação. Para a realização dos documentos com as informações para a realização do corte das chapas, é costume utilizar um programa destinado para esse efeito, que consegue fazer o maior aproveitamento da chapa de forma automática. Outra alternativa consiste em programar o corte de forma manual pelo projetista. É possível encontrar alguns exemplos destas folhas no ANEXO F – Folhas de operação.

- **Procedimentos de soldadura**

No fabrico da estrutura de estudo foram realizados dois tipos de soldadura: MIG-MAG e arco submerso. De modo a garantir a qualidade das juntas de soldadura, é necessário que os operadores sigam as *Welding Procedure Specification (WPS)* certificadas. No entanto, o seguimento destas folhas de operação não é impedimento de verificar juntas com muitos defeitos. As WPS da estrutura metálica podem ser verificadas no ANEXO F – Folhas de operação.

- **Procedimentos de pintura**

Como é costume encomendar o processo de pintura a terceiros, são as empresas que executam a pintura que têm de garantir a sua qualidade, conforme as indicações do cliente.

O cliente definiu no caderno de encargos que as tintas a utilizar nos elementos metálicos deviam possuir elevada resistência química e mecânica. Também indicou que o primário, a tinta de acabamento, o diluente e produtos complementares, todos da mesma origem, deviam formar um conjunto adequado de acordo com as especificações de compatibilidade do respetivo fabricante das tintas.

3.4.4 Controlo de qualidade

Os ensaios a seguir para controlo de qualidade encontram-se no caderno de encargos entregue pelo cliente, que mais tarde foi transformado no PIE, com necessidade da autorização do cliente para avançar.

Antes de mais, a empresa precisou de demonstrar a qualificação dos trabalhadores e dos equipamentos que vão ser utilizados para a fabricação da estrutura. É de referir que o sistema de controlo foi implementado conforme a norma EN ISO 1090.

Controlo dimensional e visual

Durante toda a produção e no final é recomendado controlar as dimensões, com o propósito de confirmar se estão conforme os desenhos de fabrico, para isso é utilizado uma fita métrica. Outro controlo, é o visual a olho nu e passa pela verificação de possíveis deformações e poros tanto na soldadura como no resto do componente.

Controlo de soldadura

A inspeção do processo de soldadura foi executada antes, durante e após a execução das juntas de soldadura.

- Antes da soldadura: análise da composição química da alma dos elementos, análise macroscópica e microscópica de uma soldadura executada num provete do mesmo aço que a estrutura, comprovação de que os soldadores possuem carta ou certificado profissional adequado e análise das propriedades mecânicas do aço.
- Durante a soldadura: controlo da qualidade, diâmetro e coaxialidade de revestimento dos elétrodos, tipo de corrente, polaridade, tensão e intensidade usados no processo.
- Após a soldadura: ensaios não destrutivos das uniões (inspeção visual, ensaios com líquidos penetrantes, ensaios de partículas magnéticas, ultrassons)

Foi indicado pelo cliente que a inspeção das soldaduras deve respeitar as normas NP 737, NP 1320 e NP 1494.

A frequência dos ensaios não destrutivos da soldadura está definida na tabela 8 do capítulo 12 da norma ENV 1090-1 (1996). Na mesma norma também é possível encontrar os critérios de aceitação dos defeitos de soldadura, que estão indicados na tabela H.

Controlo de pintura

Para o controlo de pintura será efetuado um teste para medir a espessura da tinta. O cliente especificou que a espessura média da película deve ser igual ou superior ao especificado para um total de 20 medições realizadas na mesma área. Também é impeditivo para qualquer medição possuir um valor inferior a 80% da espessura média ou um valor médio inferior a 90% para um conjunto de 5 medições.

3.4.5 Transporte de materiais e equipamentos

O transporte de toda a estrutura e equipamentos vai ser feito unicamente por via terrestre visto o local da obra ser na Maia, a cerca de pouco mais de 20 km da fábrica de produção. O equipamento pode ser enviado juntamente com a estrutura no camião, se assim for possível, ou então num camião de pequeno porte ou carrinha.

A estrutura primeiramente será transportada da oficina até ao centro de pintura e só depois de pintada será transportada para o local da obra. Esse transporte será efetuado por vários camiões de caixa aberta ou fechada. Este tipo de transporte está restringido a elementos com um comprimento inferior a 12 m e, como tal, foram tomadas precauções na modelação 3D para que os perfis não ultrapassem este valor. Também existe o peso limite de 24 ton, que influencia a quantidade de transportes a requisitar.

Visto que a estrutura possui no global um peso de 142 ton será necessário fazer o transporte de no mínimo 6 cargas para conseguir transportar todos os componentes da estrutura metálica. Os primeiros elementos a serem transportados são os pilares e as vigas de modo a que a montagem seja otimizada, isto é, não fique com material acumulado enquanto não chegam estas peças. Na Figura 60 é possível ver uma possibilidade para o transporte de elementos metálicos.



Figura 60. Exemplo de uma carga de elementos metálicos

3.4.6 Montagem da estrutura

Para a montagem da estrutura houve a necessidade de utilizar diferentes meios, como guas, tanto para as deslocções dos elementos, como também para o seu posicionamento. Como já enunciado anteriormente, foi previsto um tempo de 7 semanas para todas as operações de montagem.

De forma a facilitar a montagem, só foram deixadas as ligações aparafusadas para executar em obra. Para esta operação foram utilizados diferentes tipos de meios que estão discriminados na Tabela 42, com a capacidade necessária e os dias de trabalho. Os valores estipulados para os meios necessários foram obtidos com base na experiência da empresa.

Tabela 42. Meios necessários para a montagem da estrutura metálica

Equipamento	Capacidade	Dias de trabalho
Grua (1)	50 ton	42
Grua (2)	50 ton	7
Plataforma elevatória articulada a diesel (1)	20 ton	42
Plataforma elevatória articulada a diesel (2)	40 ton	42
Plataforma elevatória articulada a diesel (3)	40 ton	42

A montagem começou com os pilares e as vigas a serem erguidos e aparafusados corretamente. Em simultâneo foram colocados os contraventamentos, para que a estrutura conseguisse resistir as possíveis cargas excepcionais, enquanto esta se encontrava debilitada.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A gestão de produção foi de difícil desenvolvimento devido ao projeto ter sido cancelado e só ter ficado numa fase inicial da modelação 3D. Por isso não houve espaço para identificar os problemas e defeitos que fossem acontecer naturalmente, nem para obtenção de alguns documentos que tornariam este relatório mais completo. Como o projeto ficou numa fase inicial, não houve tempo para que o caderno de encargos fosse analisado corretamente e discutidas as devidas melhorias com o cliente, sendo que a informação disponibilizada apresenta caráter genérico e por vezes carece de maior detalhe.

O dimensionamento executado, com base nos Eurocódigos 1 e 3 e nos dados do projeto inicial, começou por indicar uma estrutura que não conseguia resistir às ações indicadas devido a peso excessivo nas vigas. No final do estudo, com as devidas alterações efetuadas, conseguiu-se criar uma estrutura com resistência suficiente para conseguir durar o tempo de vida indicado pelo cliente (50 anos), para além de se ter tornado o pavilhão mais leve, mais simples de fabricar e com um menor custo associado. As ligações também precisaram de ser modificadas por causa da alteração dos perfis, mas no final acabaram por apresentar resultados satisfatórios capazes de suportar as cargas impostas. No que diz respeito ao dimensionamento das soldaduras, foi possível verificar que conseguem suportar as cargas atuantes.

A modelação 3D foi executada com alguma dificuldade em certas localizações da estrutura, mas no final obteve-se uma estrutura completa e pronta para ser fabricada. As otimizações sugeridas melhoraram substancialmente a estrutura, tornando-a mais resistente e com uma fabricação mais simples e rápida. No planeamento do fabrico foram efetuados os documentos possíveis, embora tenha ficado em falta a realização de alguns documentos por causa da necessidade de programas com licença remunerada para os desenvolver, sendo que os programas só eram acessíveis para os projetistas da empresa.

Existem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Acompanhamento do fabrico, transporte e montagem - com a possibilidade de solucionar problemas encontrados e melhorar substancialmente a parte de controlo de qualidade;
- Estudo da comparação da estrutura final com uma estrutura formada por treliças - as treliças são muito utilizadas para pavilhões de grandes vãos. Podia verificar-se uma diminuição do peso com um aumento na resistência às ações aplicadas;

-
- Melhoramento do planeamento de fabrico e do controlo de qualidade - necessidade de existir novas informações pormenorizadas fornecidas pelo cliente;
 - Executar o dimensionamento da estrutura com uma análise não linear;
 - Desenvolvimento da modelação 3D utilizando todas as funcionalidades BIM.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Santos, F. *A Estrutura Metálica em Portugal no ano 2017. E em 2027?* 2018 [06/08/2019]; Disponível em: <http://www.construcaomagazine.pt/noticias/estrutura-metalica-em-Portugal/>.
2. Instituto Portugues da Qualidade. [23/05/2019]; Disponível em: <http://www1.ipq.pt>.
3. NP EN 1990, Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas 2009, Instituto Português da Qualidade.
4. NP EN 1991-1-1, Eurocódigo 1 – Ações em estruturas. Parte 1-1: Ações gerais. Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios 2009, Instituto Português da Qualidade.
5. NP EN 1991-1-3, Eurocódigo 1 – Ações em estruturas. Parte 1-3: Ações gerais. Ações da neve. 2009, Instituto Português da Qualidade.
6. NP EN 1991-1-4, Eurocódigo 1 - Ações em estruturas. Parte 1-4: Ações gerais. Ações do vento. 2010, Instituto Português da Qualidade.
7. NP EN 1991-1-5, Eurocódigo 1 – Ações em estruturas. Parte 1-5: Ações gerais. Ações térmicas. 2009, Instituto Português da Qualidade.
8. NP EN 1993-1-1, Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. 2010, Instituto Português da Qualidade.
9. NP EN 1993-1-8, Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço. Parte 1-8: Projeto de ligações 2010, Instituto Português da Qualidade.
10. Metalongo. *Aeroporto francisco sá carneiro*. [16/04/2019]; Disponível em: <http://metalongo.com/project/aeroporto-francisco-sa-carneiro/>.
11. Pires, S. *Aprovado projeto para reabilitar a Ponte Luís I*. 2019 [15/04/2019]; Disponível em: <https://jpn.up.pt/2019/02/11/aprovado-projeto-para-reabilitar-a-ponte-luis-i/>.
12. Earthconsulters. *Montador de Gruas* [15/04/2019]; Disponível em: <http://earthform.pt/courses-page/montador-de-gruas/>.
13. Bkhambri, O. *Arena Volgograd*. [15/04/2019]; Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Arena_Volgograd#/media/Ficheiro:FWC 2018 - Group D - NGA v ISL - Stadium Panorama.jpg.
14. Bellei, I.H., *Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo*. 2008: Pini.
15. EN 10025-2: 2004 *Hot rolled products of structural steels: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*. 2004, BSI.
16. Aghayere, A.O. and J. Vigil, *Structural steel design: A practice-oriented approach*. 2009: Prentice Hall.
17. Simões, R.J., *Manual de dimensionamento de estruturas metálicas, 2a edição*. 2007: Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, Coimbra, Portugal.

18. SteelConstruction.info. *Framing schematics*. [06/08/2019]; Disponível em: https://www.steelconstruction.info/Framing_schematics.
19. Ambrose, J.E. and P. Tripeny, *Building Structures, 3rd Edition*. 2012: John Wiley & Sons.
20. VectorStock. *Roof metal trusses constructions set on white vector image*. [06/08/2019]; Disponível em: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/roof-metal-trusses-constructions-set-on-white-vector-21152604>.
21. Liu, Y., S.-S. Huang, and I. Burgess, *Investigation of a steel connection to accommodate ductility demand of beams in fire*. Journal of Constructional Steel Research, 2019. **157**: p. 182-197.
22. Silva, L.S. and A. Santiago, *Manual de ligações metálicas*. 2003: Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista.
23. Tamboli, A.R., *Handbook of structural steel connection design and details* Third Edition ed. 2017: McGraw-Hill New York.
24. Bernuzzi, C. and B. Cordova, *Structural Steel Design to Eurocode 3 and AISC Specifications*. 2016: Wiley Online Library.
25. Silva, F.J.G., *Tecnologia da Soldadura - Uma abordagem técnico-didática* 2016, Porto, Portugal: Publindústria.
26. PortalMetalica. *Soldagem de tubulação de aço inox*. [01/08/2019]; Disponível em: http://metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=813.
27. Marinho, F. *Influência da rigidez das ligações viga-pilar em estruturas*. 2019 [01/08/2019]; Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/rigidez-ligacoes-viga-pilar/>.
28. Allen, E. and J. Iano, *Fundamentals of building construction: materials and methods*. 2013: John Wiley & Sons.
29. CaterNick. *Pont Acier Rivet*. 2017 [01/08/2019]; Disponível em: <https://pixabay.com/fr/photos/pont-acier-rivet-limite-2662692/>.
30. da Silva, L.F.M., A.G. de Magalhaes, and M.F.S. de Moura, *Juntas adesivas estruturais*. 2007, Porto, Portugal: Publindústria.
31. *STEEL BUILDINGS IN EUROPE - Part 1: Architect's Guide*, A. Mittal, Editor.
32. MiracleSpan. *Miracle Portal Frame*. [31/07/2019]; Disponível em: <https://miraclespan.co.uk/products/steel-framed-buildings/portal-framed-buildings/miracle-portal-frame/>.
33. Salter, P., A. Malik, and C.J.S.P.P. King, *Design of Single-Span Steel Portal Frames to BS 5950-1: 2000 (2004 Edition)*. **252**.
34. *Camara Municipal do Seixal - Pavilhão Desportivo Escolar Manuel Cargaleiro*. [31/07/2019]; Disponível em: <http://www.cm-seixal.pt/equipamento/pavilhao-desportivo-escolar-manuel-cargaleiro>.
35. *Timberlab*. [31/07/2019]; Disponível em: <https://www.timberlabsolutions.com/portfolio/riding-arena/>.
36. Campilho, R.D.S.G., *Método de Elementos Finitos* 2012, Porto, Portugal: Publindústria.
37. Y. Nakasone, S.Y., T.A. Stolarski, *Engineering Analysis with ANSYS Software*. 2006: Butterworth-Heinemann. 480.

38. Khennane, A., *Introduction to finite element analysis using MATLAB and Abaqus*. 2013: CRC Press.
39. *Simulation and Modeling of Single Point Incremental Forming Processes within a Solidworks Environment*. Procedia Engineering, 2013. **63**: p. 632 - 641.
40. Kishore, T., *Learn Autodesk Inventor 2018 Basics: 3D Modeling, 2D Graphics, and Assembly Design*. 2017: Apress.
41. *Software avançado de simulação de construção*. [30/08/2019]; Disponível em: <https://www.asidek.es/pt-pt/arquitetura-e-engenharia/autodesk-robot-structural-analysis/>.
42. SAP2000. [30/08/2019]; Disponível em: <https://www.csiportugal.com/software/2/sap2000>.
43. GRIDS. *GSS15 Otimização em Engenharia*. [05/08/2019]; Disponível em: <http://grids.web.ua.pt/index.php/events/past-events/gss15/>.
44. Weygant, R.S., *BIM content development: standards, strategies, and best practices*. 2011: John Wiley & Sons.
45. Sacks, R., et al., *BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers*. 2018: John Wiley & Sons.
46. Tagliani, S. *Softwares para engenharia: saiba quais são as vantagens do uso do AutoDesk Revit*. 2018 [05/08/2019]; Disponível em: <https://engenharia360.com/softwares-para-engenharia-autodesk-revit/>.
47. Zepeda, R. *ArchiCAD ou Revit, qual escolher?*. 2019 [05/08/2019]; Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/915747/archicad-ou-revit-qual-escolher>.
48. Graphisoft. *ArchiCAD*. [05/08/2019]; Disponível em: <http://archicad.com/br/all-about-archicad/>.
49. Ávila, P. and I. Cavaco, *Processos conceito e fundamentos*.
50. Avion. *Inside Thermal and Mechanical Metal Cutting Processes*. [06/08/2019]; Disponível em: <http://www.avionalloys.com/inside-thermal-and-mechanical-metal-cutting-processes/>.
51. Vitalícia. *Serrote de fita FVBS350 a descida semi-automática*. [25/08/2019]; Disponível em: <https://ferramentavitalicia.com/contents/pt/p10760.html>.
52. Wess. *Guilhotina Hidráulica QC12Y*. [28/08/2019]; Disponível em: <http://wessmaquinas.com.br/guilhotina-hidraulica-qc12y/>.
53. Swift, K.G. and J.D. Booker, *Process selection: from design to manufacture*. 2003: Elsevier.
54. Ficep. *Stand Alone Multiple Spindle Drilling Lines*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://www.ficepcorp.com/MultiSpindle.cfm>.
55. Houldcroft, P.T. and R. John, *Welding and Cutting: A Guide to Fusion Welding and Associated Cutting Processes*. 2001: Elsevier.
56. Weman, K., *Welding processes handbook*. 2011: Elsevier.
57. *Asm Handbook - Welding, Brazing and Soldering (Vol. 6)*.
58. PKMaços. *Oxicorte*. [28/08/2019]; Disponível em: <http://www.pkmacos.com.br/oxicorte>.
59. Luz, G. *Soldagem plasma*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://gelsonluz.com/soldagem-plasma2/>.

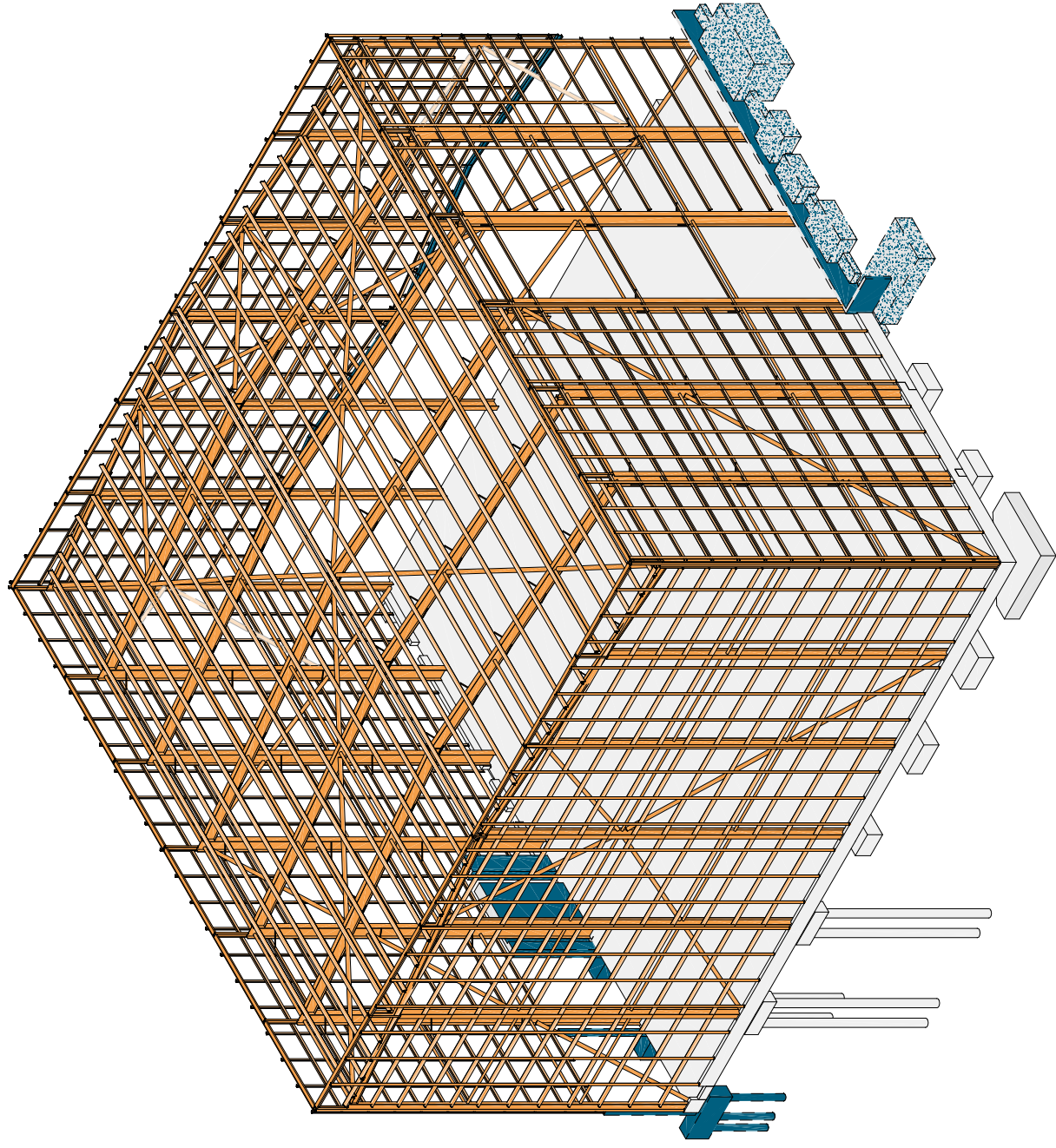
60. Eurostec. *Máquina de corte a laser garante agilidade e qualidade*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://www.eurostec.com.br/blog/maquina-de-corte-a-laser-garante-agilidade-e-qualidade/>.
61. ConectaFG. *Conheça os Processos de Soldagem e suas Aplicações*. [28/08/2019]; Disponível em: <http://conectafg.com.br/conheca-os-processos-de-soldagem-e-suas-aplicacoes/>.
62. Fialho. *Soldadura MIG*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://fialho.pt/soldadura-mig>.
63. Metalowelds. *Soldadura Orbital e Arco Submerso*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://metalowelds.pt/servicos/soldadura-orbital-e-arco-submerso/>.
64. Moura, V. *Como pintar estruturas metálicas e protegê-las da corrosão precoce?* [07/08/2019]; Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/como-pintar-estruturas-metalicas-e-protegelas-da-corrosao-precoce_17253_10_0.
65. Pereira, E.V. *Protecção de estruturas metálicas*. [07/08/2019]; Disponível em: http://www.civil.ist.utl.pt/~crisrina/EBAP/ExecucaoEstruturas/Elsa_IST_LNEC.pdf.
66. TUV. *Controlo de Qualidade de Estruturas Metálicas*. [07/08/2019]; Disponível em: <https://www.tuv-sud.pt/pt-pt/home/os-nossos-servicos/ndt-e-materiais/controlo-qualidade-estruturas-metalicas>.
67. *NP EN 9001 - Sistemas de gestão da qualidade Requisitos*. 2008.
68. RusselServiços. *O que faz um Inspetor de Controle Dimensional?* [28/07/2019]; Disponível em: <https://russelservicos.com.br/blog/o-que-faz-um-inspetor-de-controle-dimencional/>.
69. Abendinews. *Reunião de LP*. [25/08/2019]; Disponível em: <https://abendinews.org.br/normalizacao/reuniao-de-lp-2>.
70. InspeçõesHPJ. *Ensaio por partículas magnéticas*. [25/08/2019]; Disponível em: <https://inspecoeshpj.com.br/ensaio-por-particulas-magneticas/>.
71. BergEngineering. *Ultrasonic Testing: 10 Experts Discuss One of the Smartest Technologies in NDT*. [25/08/2019]; Disponível em: <https://www.bergeng.com/blog/ultrasonic-testing-experts-discuss-nondestructive-testing/>.
72. Fletcher, J. *Quality Control of Coatings: Bringing the Lab to the Field and Other Tips*. [08/08/2019]; Disponível em: https://www.paintsquare.com/library/articles/quality_control_of_coatings_bringing_the_lab_to_the_field_and_other_tips.pdf.
73. *ISO 12944-4:2017 - Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 4: Types of surface and surface preparation*. 2017, ISO.
74. Bayliss, D.A. and D.H. Deacon, *Steelwork corrosion control*. 2005: CRC Press.
75. Pinho, M.O., *Transporte e montagem*. 2005.
76. Al Nageim, H., *Steel structures: practical design studies*. 2016: CRC Press.
77. *DAF XF considerado o "Camião Frota do Ano 2016"*. 2016 [08/08/2019]; Disponível em: <http://jornaldostransportes.pt/daf-xp-considerado-camiao-frota-do-ano-2016/>.
78. MCK. *Transporte Marítimo*. [08/08/2019]; Disponível em: <http://mcktransportes.com.br/transporte-maritimo/>.

79. TodaMateria. *Transporte Ferroviário*. [08/08/2019]; Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/transporte-ferroviario/>.
80. Cova, T. *Redução de mercadorias nos portos, vias ferroviárias e rodoviárias*. [08/08/2019]; Disponível em: <https://www.tribunadamadeira.pt/2016/10/13/reducao-de-mercadorias-nos-portos-vias-ferroviarias-e-rodoviarias/>.
81. Bogdanski, J. *Road vs. Rail: Choosing the Right Method of Transportation for Your Goods*. [08/08/2019]; Disponível em: <http://www.jbttransport.com/road-vs-rail-choosing-the-right-method-of-transportation-for-your-goods/>.
82. Jaguari. *Montagem de estruturas metálicas*. [28/08/2019]; Disponível em: <https://www.estruturasmetalicas.net.br/montagem-de-estruturas-metalicas>.
83. *EN 1090-1: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 1: Requirements for conformity assessment of structural components*. 2011.
84. *EN 1090-2: Execution of steel structures and aluminium structures – Part 2: Technical requirements for steel structures*. 2008.
85. Santiago, A., *Manual de Dimensionamento de Estruturas em Aço Inoxidável*. 2017.

ANEXOS

6 ANEXOS

6.1 ANEXO A – Projeto inicial



Ampliação do armazém automático da Maia

Projeto de Execução

Peças Desenhadas

ÍNDICE DE PEÇAS DESENHADAS

Código	Número	Revisão	Título	Escala
7222	000	0	Índice de Peças Desenhadas	S/E
7222	001	0	Notas Gerais	S/E
7222	002	0	Planta de Implantação	1:500
7222	003	0	Planta de Fundações	1:100
7222	004	0	Planta de Pavimento Térreo	1:100
7222	005	0	Planta ao Nível 1 - Cota 56.05	1:100
7222	006	0	Planta ao Nível 2 - Cota 63.50	1:100
7222	007	0	Planta de Cobertura	1:100
7222	008	0	Cortes	1:100
7222	009	0	Alçados	1:100
7222	010	0	Pormenores de Fundação 1/2	1:20
7222	011	0	Pormenores de Fundações 2/2	1:20
7222	012	0	Pormenores Metálicos 1/4	1:10
7222	013	0	Pormenores Metálicos 2/4	1:10
7222	014	0	Pormenores Metálicos 3/4	1:10
7222	015	0	Pormenores Metálicos 4/4	1:20
7222	016	0	Pormenores Madres	S/E

Coordenação: Estruturas / Gás / Hidráulica / Térmica:



Cliente:

Obra:

Ampliação do armazém automático da Maia

Fase:

Projeto de Execução

Especialidade:

Estabilidade

Sub-especialidade:

Revisão: 0 Descrição: Projeto de Execução Data: 01-03-2019 H.R.S.

Título: Índice de Peças Desenhadas Escala: S/E

7222.02.PE.000.0

código esp fase número rev

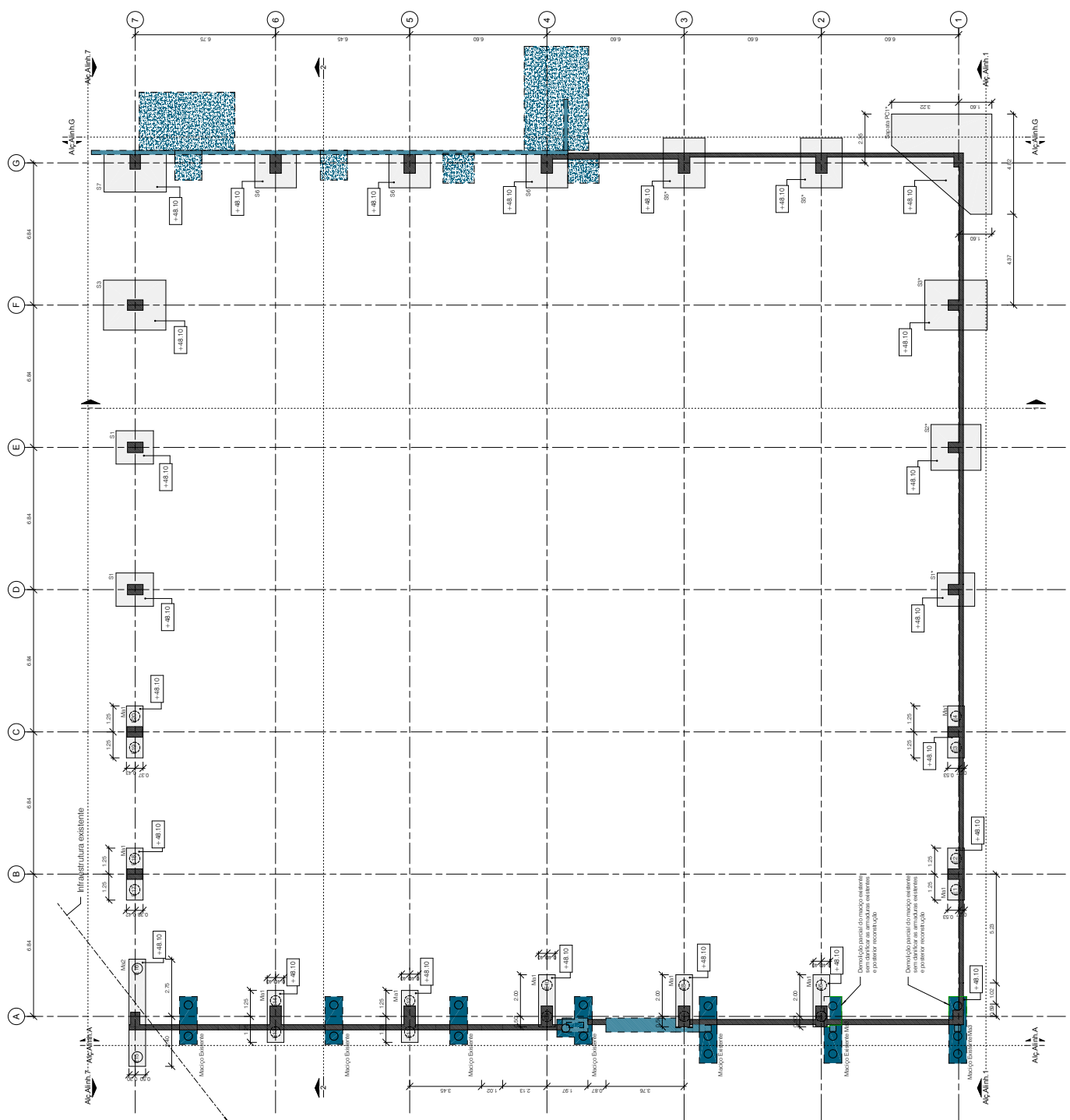
Equipa técnica:

Técnico responsável

* - Elementos já construídos (ver processo de movimento de Terras e Contorno)

- Elementos existentes

Nome Estaca	Coord. X	Coord. Y
E01	X=3862.97 Y=12024.23	X=3862.97 Y=12024.23
E02	X=3869.54 Y=12025.77	X=3869.54 Y=12025.77
E03	X=3869.45 Y=12025.14	X=3869.45 Y=12025.14
E04	X=3869.02 Y=12023.68	X=3869.02 Y=12023.68
E05	X=3867.76 Y=12022.25	X=3867.76 Y=12022.25
E06	X=3869.06 Y=12021.59	X=3869.06 Y=12021.59
E07	X=3869.77 Y=12028.34	X=3869.77 Y=12028.34
E08	X=3868.34 Y=12026.03	X=3868.34 Y=12026.03
E09	X=3867.25 Y=12024.42	X=3867.25 Y=12024.42
E10	X=3866.38 Y=12024.36	X=3866.38 Y=12024.36
E11	X=3866.45 Y=12021.33	X=3866.45 Y=12021.33
E12	X=3865.02 Y=12020.88	X=3865.02 Y=12020.88
E13	X=3864.48 Y=12017.48	X=3864.48 Y=12017.48
E14	X=3863.02 Y=12017.02	X=3863.02 Y=12017.02
E15	X=3863.93 Y=12021.98	X=3863.93 Y=12021.98
E16	X=3862.93 Y=12022.08	X=3862.93 Y=12022.08
E17	X=3862.93 Y=12021.84	X=3862.93 Y=12021.84
E18	X=3861.47 Y=12021.36	X=3861.47 Y=12021.36
E19	X=3862.93 Y=12019.25	X=3862.93 Y=12019.25
E20	X=3867.95 Y=12019.25	X=3867.95 Y=12019.25



Ampliação do armazém automático da Maia

Projeto de Execução

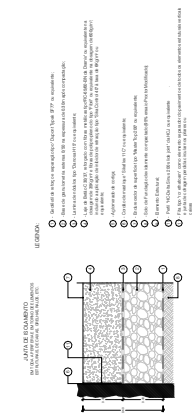
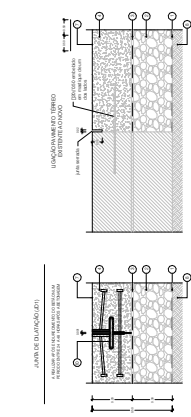
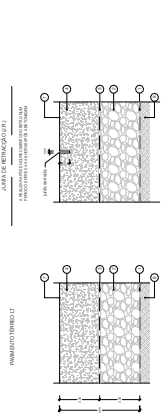
Estabilidade

Planta de Fundações

As Indicações

7222_02_PE_003.0

Planta de Fundações
Escala 1:100



REQUISITOS DE PAVIMENTOS DE ALTA PLANIMETRIA:

1. Todo o solo de fundação ou camada de alívio deve ter uma compactação mínima de 98% da bordado seco máxima obtida em laboratório pelo ensaio proctor modificado.
2. Apresentar um desvio vertical máximo entre pontos medidos de acordo com os seguintes critérios:
 - A. DIN 15185
 - B. ASTM 1116 - EF - 96/F - 96
 - C. Desvio vertical máximo admitido de acordo com a tabela anexa.

CONDIÇÃO DE TRAFEGO	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00
Desvio vertical máximo (mm)	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00

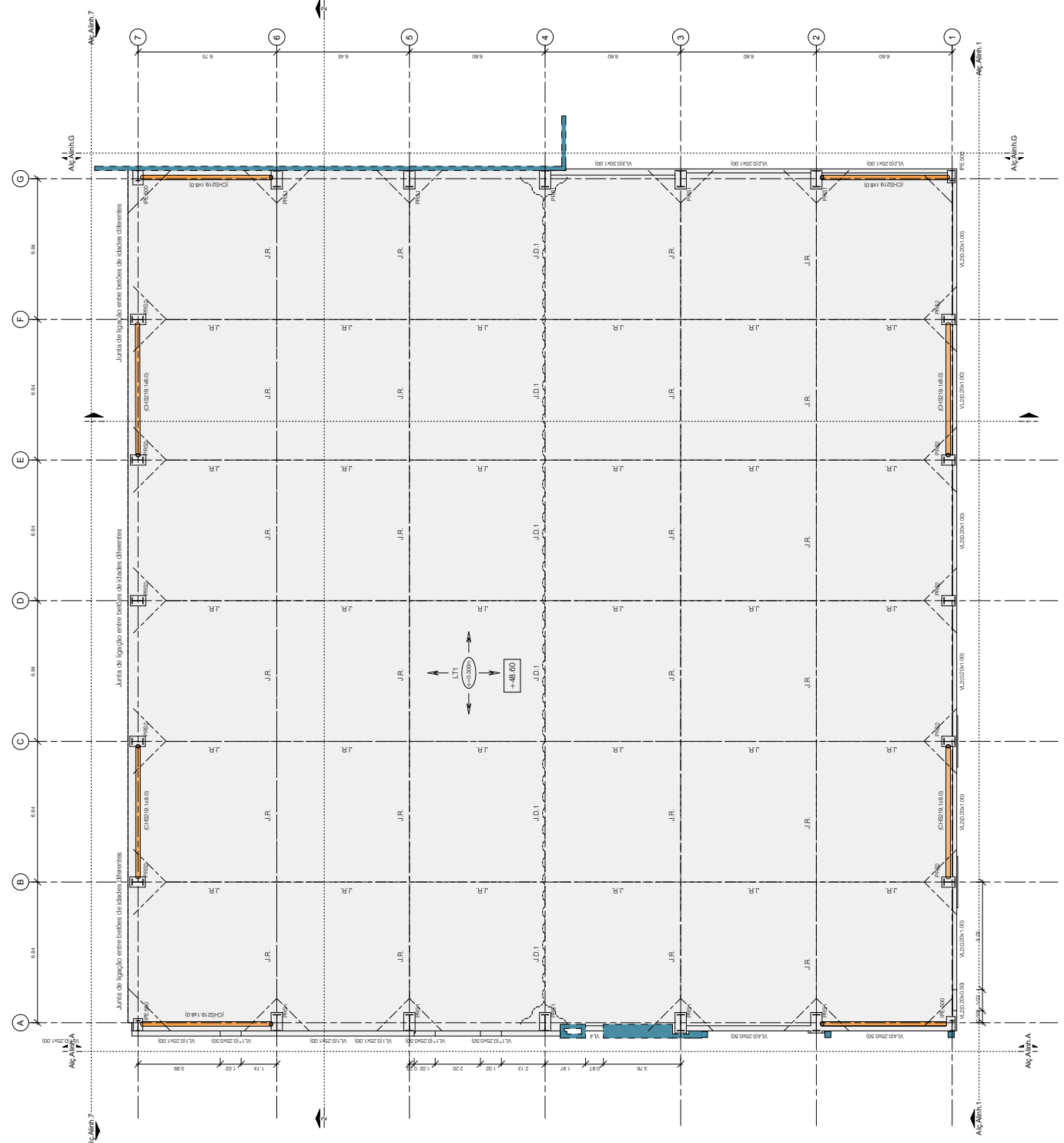


Projeto de Execução
Estabilidade

Ampliação do armadorio automáico da Maia

Planta de Pavimento Térreo

7222_02_PE_004.0





Projeto de Execução

Estabilidade

Projeto de Execução

Estabilidade

Planta do Nível 1 - Corta 55.05

1:100

Planta do Nível 1 - Corta 55.05

Escala 1:100

7222_02_PE_005.0

Projeto de Execução

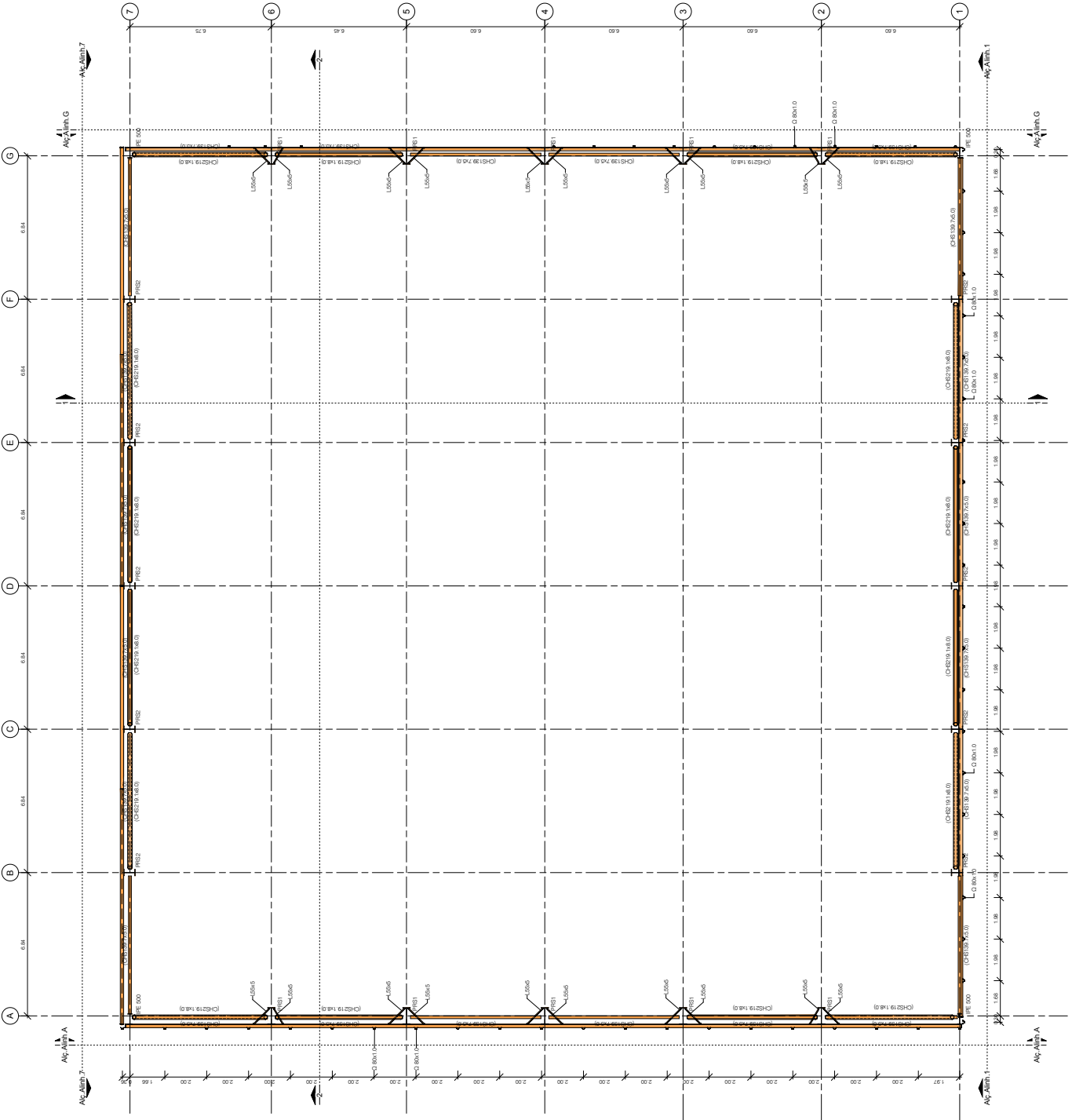
Estabilidade

Projeto de Execução

Estabilidade

Projeto de Execução

Estabilidade





Projeto de Execução

Estabilidade

Projeto de Execução

Estabilidade

Planta do Nível 2 - Cont 63.50

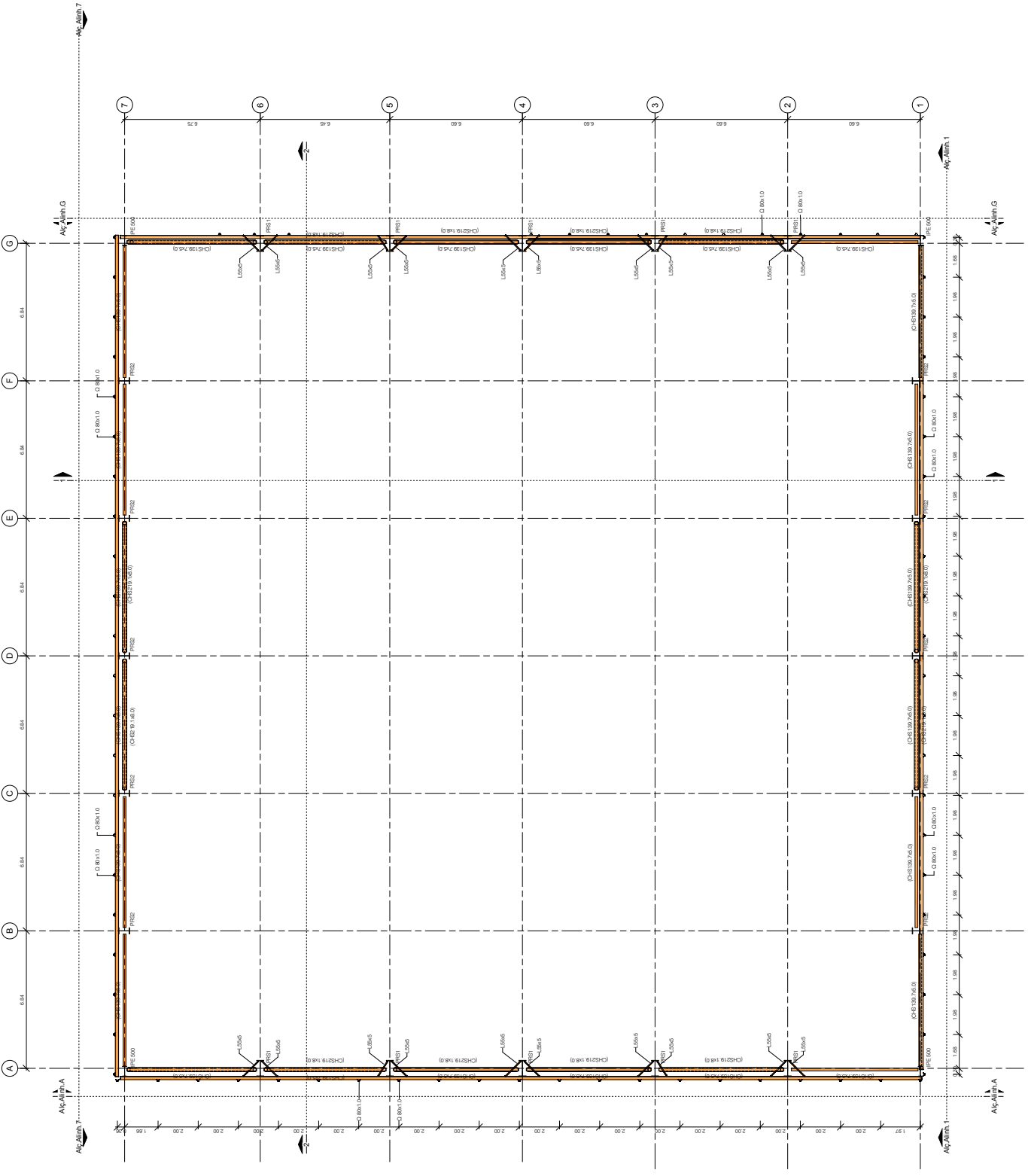
1:100

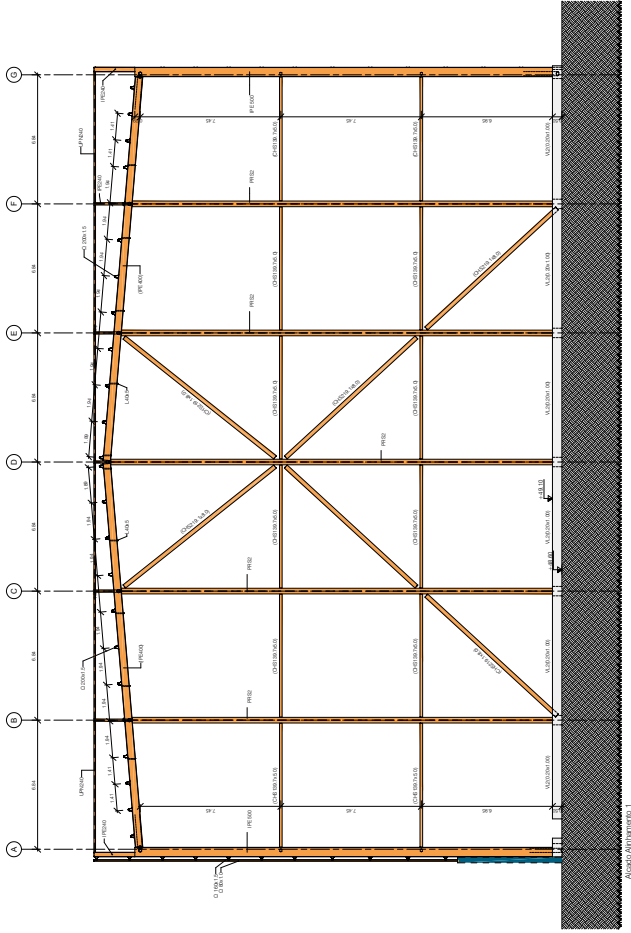
Planta do Nível 2 - Cont 63.50

Escala 1:100

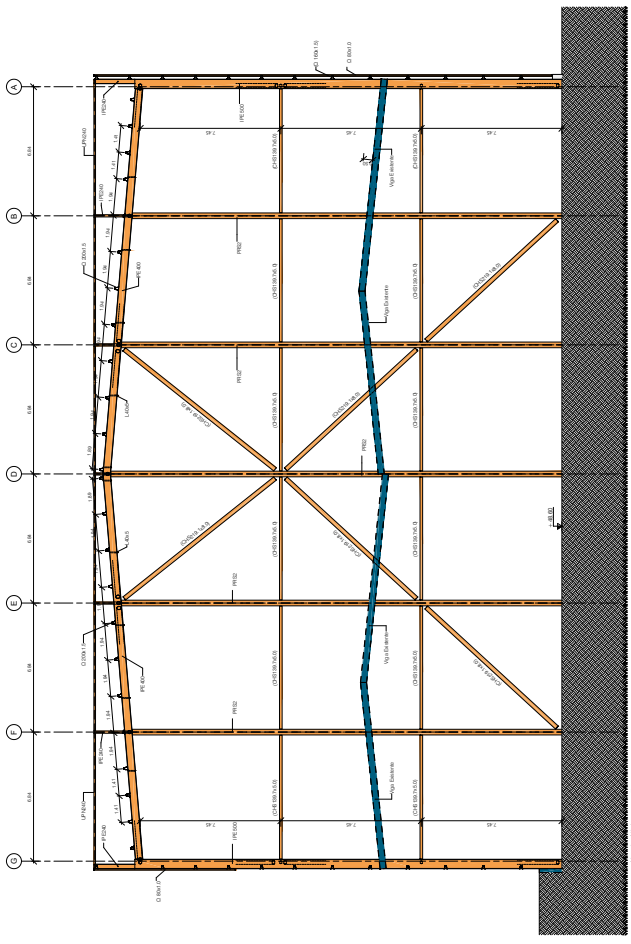
7222.02.PE.006.0

Projeto

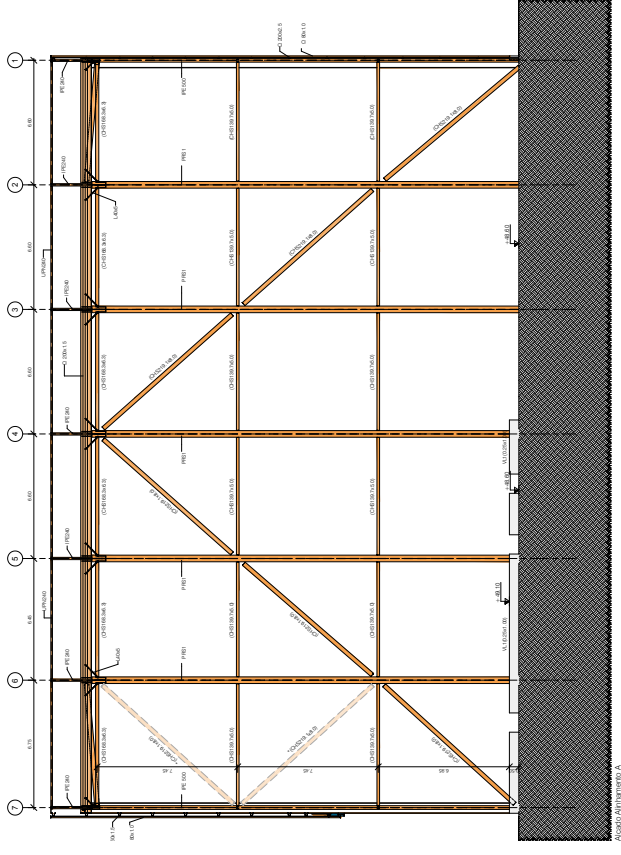




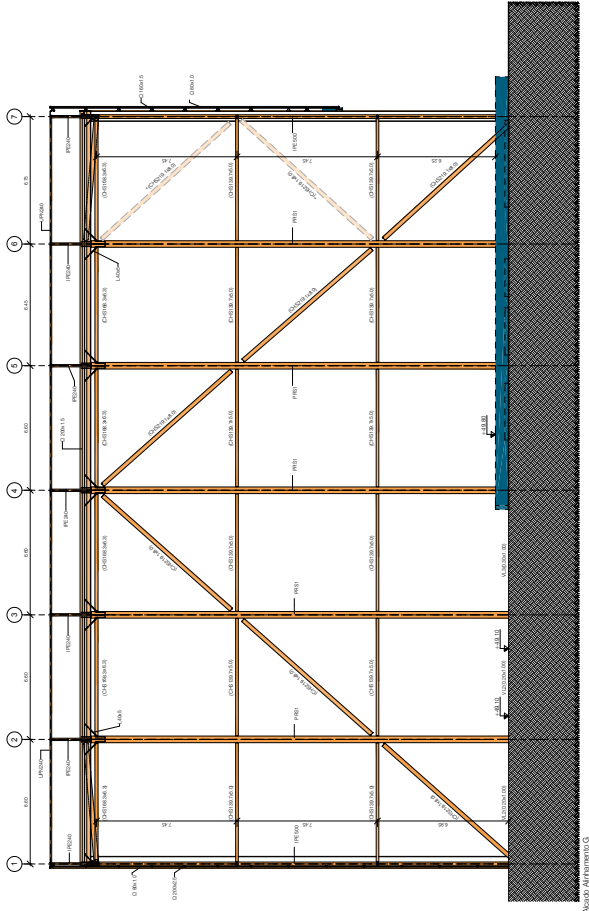
Cota: 1,10



Cota: 1,20



Cota: 1,30



Cota: 1,40

1 - COTA 215 18 a meter acima da base a contorção dos pilares 1 a 4. Aproveita para se estabelecer a conexão das paredes 4 e 7.

Engenharia de Arquitetura e Urbanismo
 Arquiteto Responsável: **MAIA**
 Projeto de Engenharia
 Engenharia

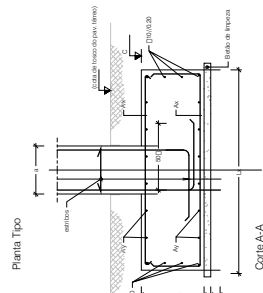
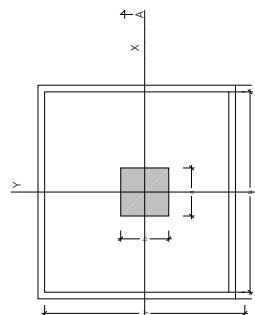
Rua: ...
 CEP: ...
 Fone: ...
 E-mail: ...

ANEXO 1
 2222_02_PE_0090
 09/2024

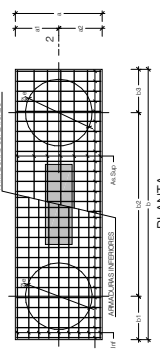
SAPATAS ISCLADAS - QUADRO RESUMO										
Sapata	Lx	Ly	H	a	b	C	Ax	Ay	Ax	Ay
S1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S2	2,00	2,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S3	2,00	2,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S4	2,00	2,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S5	2,00	2,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S6	2,00	2,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
S7	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75

NOTA: As dimensões são dadas para uma sapata isolada. Quando houver sapatas em grupo, consultar o projeto específico. Caso não haja indicação de sapatas, considerar o tipo S1.

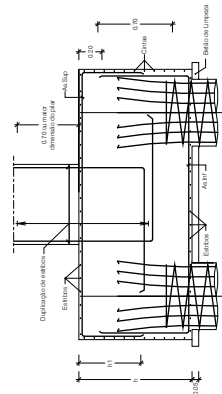
SAPATAS ISOLADAS



MACIÇO DUAS ESTACAS
ESCALA 1:20



PLANTA

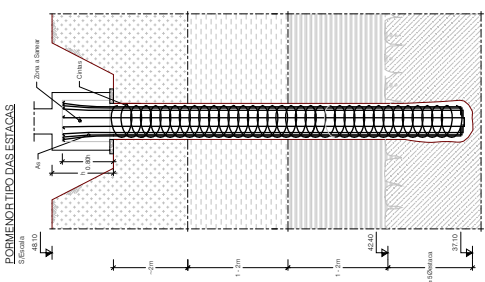
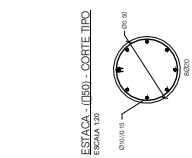


CORTE 2-2

MACIÇOS DE DUAS, TRÊS E MAIS ESTACAS

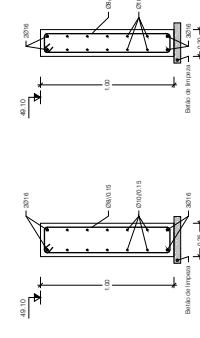
MACIÇOS	Ø	a	a1	a2	b	b1	b2	b3	h	h1	As Sup	As Inf	As Sup	As Inf	Estribos
Md1	0,50	0,50	*	2,50	0,50	1,50	0,50	0,90	0,90	0,70	8020	8016	8020	8016	Ø10/0,15
Md2	0,50	0,50	0,30	0,30	0,50	1,15	0,50	0,90	1,20	1,00	8020	8016	8020	8016	Ø10/0,15
Md3	0,50	0,50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Ø10/0,15

* - Ver planta e portinholas

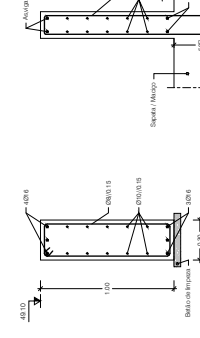


- Armo (A) - Barra armadora
- Duplo de Concreto (C) - Barra engloba
- Quantidade de Fio (F) - Armas ativas
- Quantidade de Fio (F) - Armas passivas

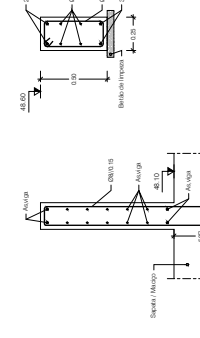
VIGA VL1 (Ø 25x1,00) - CORTE TIPO
ZONA CORRENTE



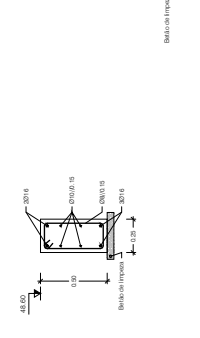
VIGA VL2 (Ø 20x1,00) - CORTE TIPO
ZONA CORRENTE



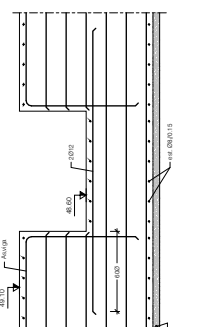
VIGA VL3 (Ø 30x1,00) - CORTE TIPO
ZONA CORRENTE



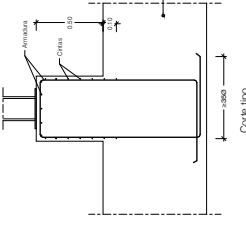
VIGA VL4 (Ø 25x0,50) - CORTE TIPO
ZONA CORRENTE



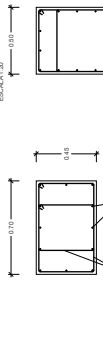
VIGAS LINTEL - ZONA DE PORTAS (L)
ESCALA 1:20



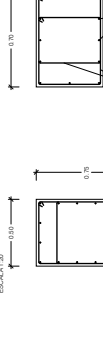
PORTINHO DA ARMADURA DOS CABECOTES
ESCALA 1:20



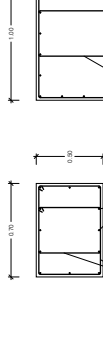
ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO A-L
ESCALA 1:20



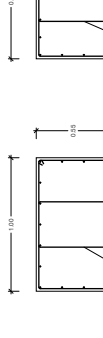
ARMADURA DO CABECOTE DOS PILARES DOS EIXOS D-1, E-L E F-1
ESCALA 1:20



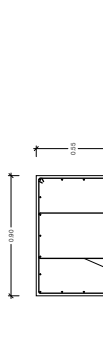
ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO A-L
ESCALA 1:20



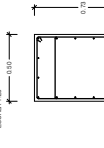
ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO A-C, E-L E G-1
ESCALA 1:20



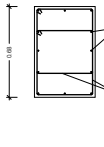
ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO G-1, E-L E G-2
ESCALA 1:20



ARMADURA DO CABECOTE DOS PILARES DO PILAR (P500) EIXO A-L
ESCALA 1:20



ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO A-L
ESCALA 1:20

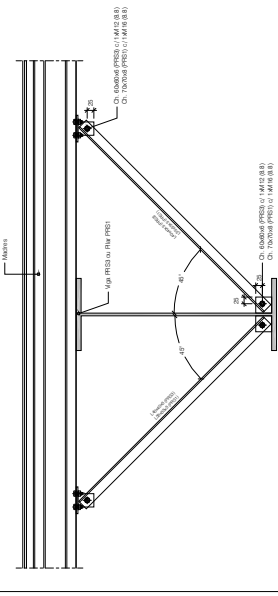


ARMADURA DO CABECOTE DO PILAR (P500) EIXO A-L
ESCALA 1:20



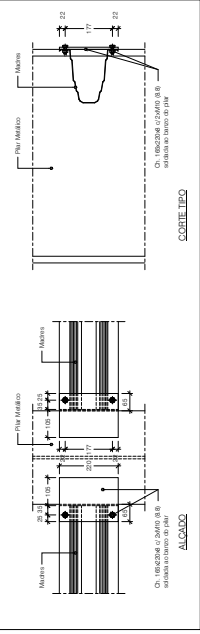
LIÇÃO TIPO DOS TRAVAMENTOS DOS BANZOS INFERIORES DOS PRES

ESCALA 1:10



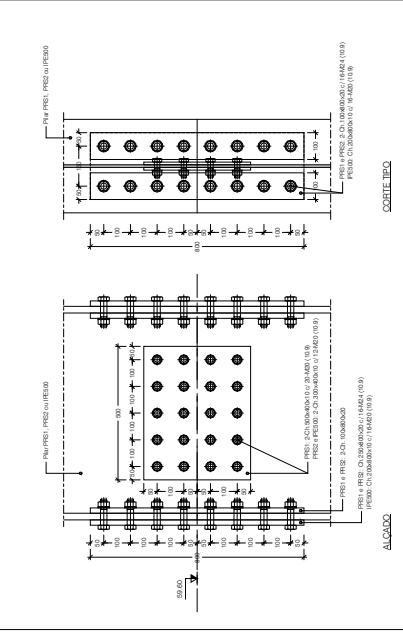
LIÇÃO TIPO DAS MADRES ENTRE PILARES

ESCALA 1:10



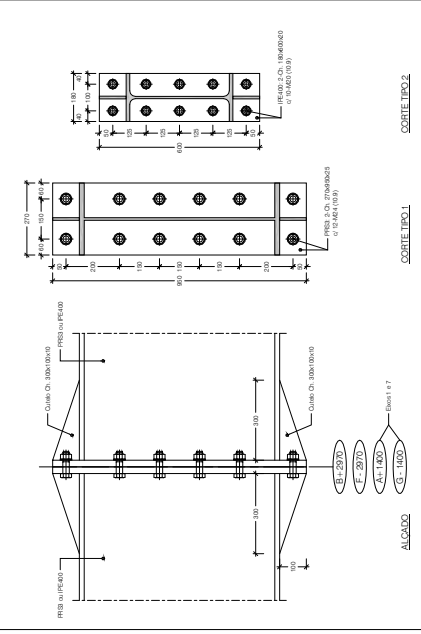
LIÇÃO TIPO DA EMENDA DE PILARES

ESCALA 1:10



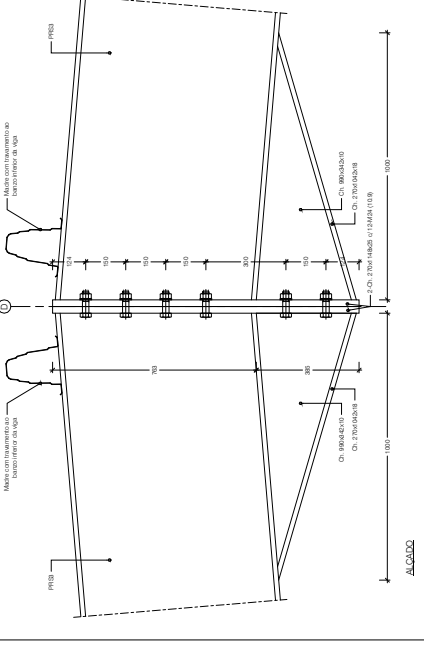
LIÇÃO TIPO DA EMENDA DE VIGAS

ESCALA 1:10



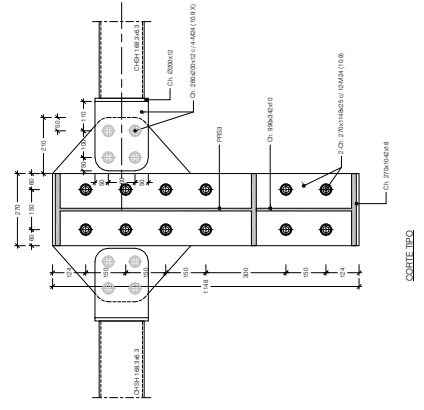
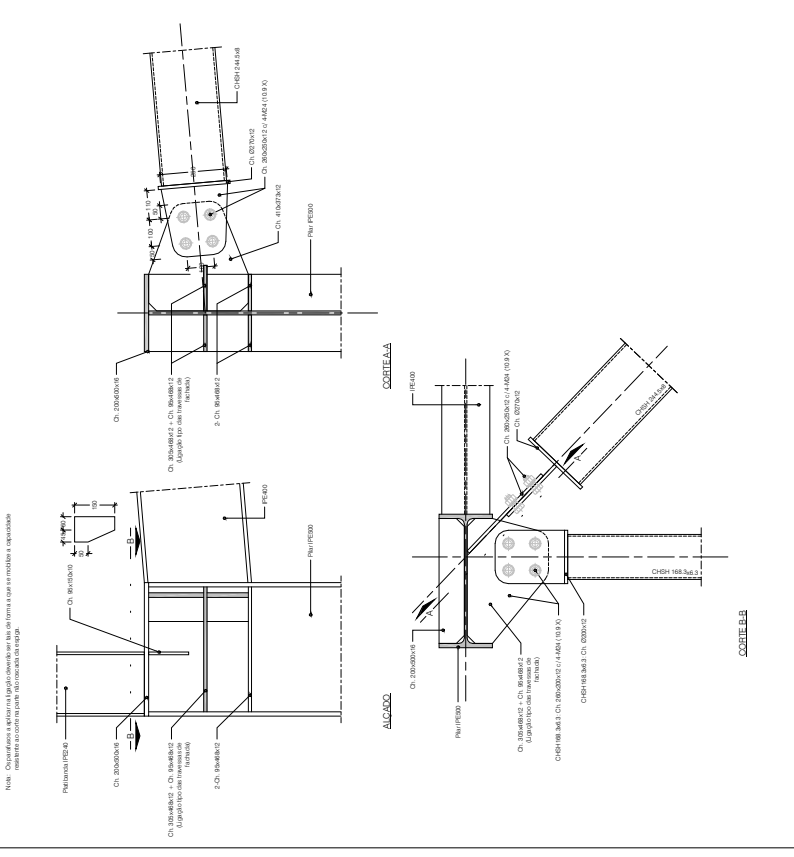
LIÇÃO TIPO DA QUAMEIRA

ESCALA 1:10



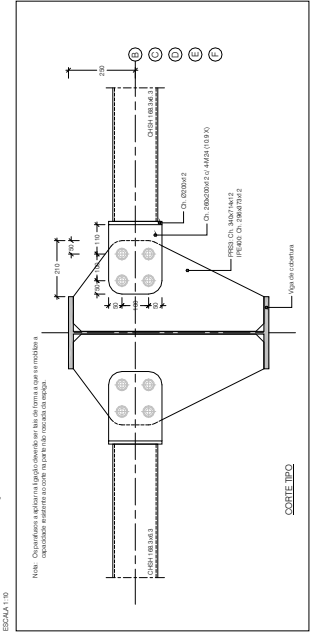
PORMENOR TIPO DA LIÇÃO DO PILAR PEÇO A VIGA PEÇO E DIAGONAL DA COBERTURA

ESCALA 1:10

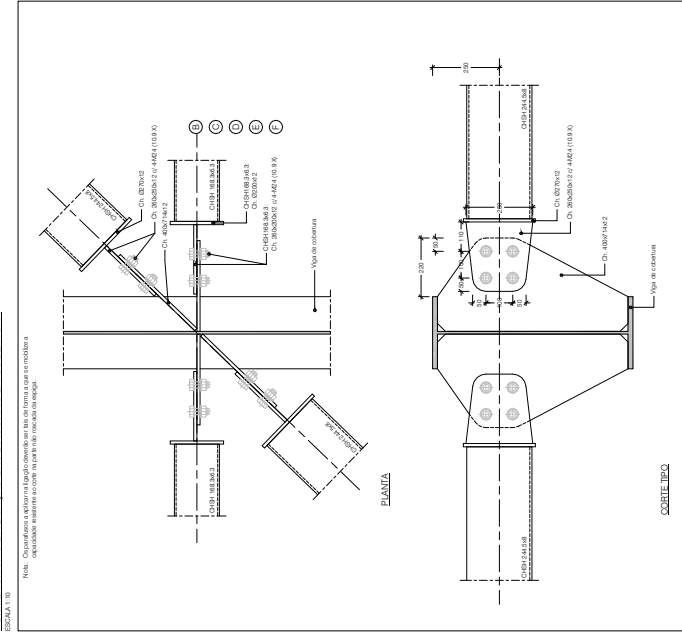


Projeto de Execução	Estabilidade
Pormenores Metálicos 2/4	
Escala: 1:10	

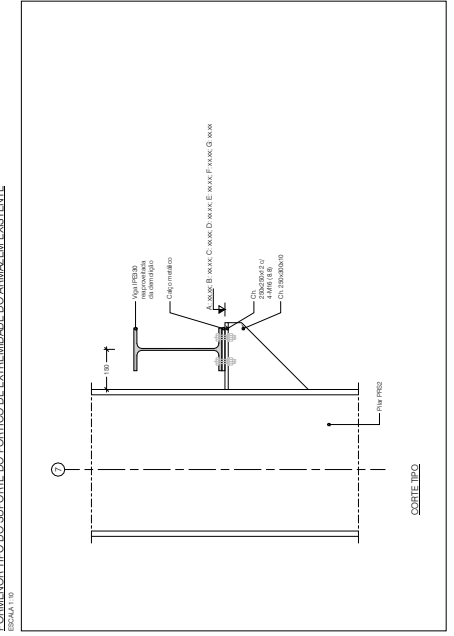
FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DAS TRAVESSAS DA COBERTURA



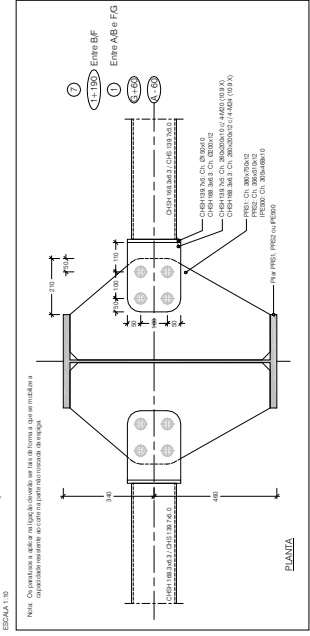
FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DAS DIAGONAIS DA COBERTURA



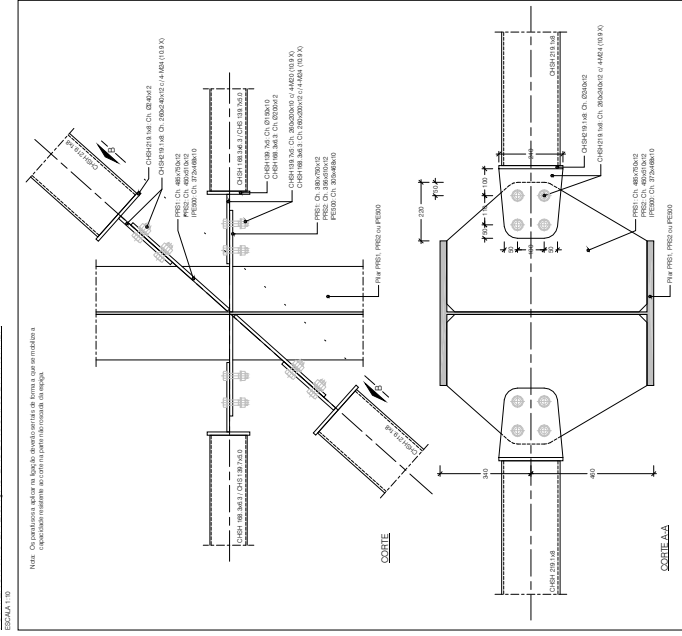
FORMINOR TIPO DO SUPORTE DO PÓRTICO DE EXTREMIDADE DO ARMAZÉM EXISTENTE



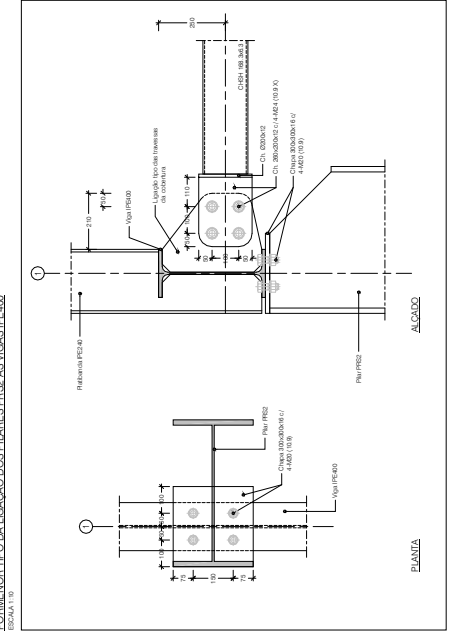
FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DAS TRAVESSAS DA FACHADA



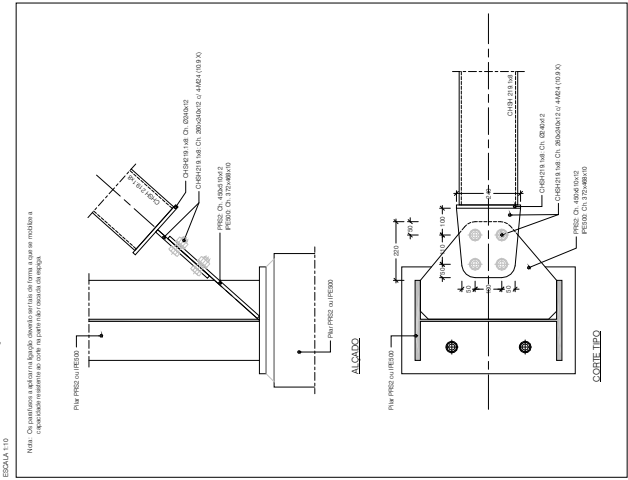
FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DAS DIAGONAIS DA FACHADA



FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DOS PILARES E AS VIGAS JF-400



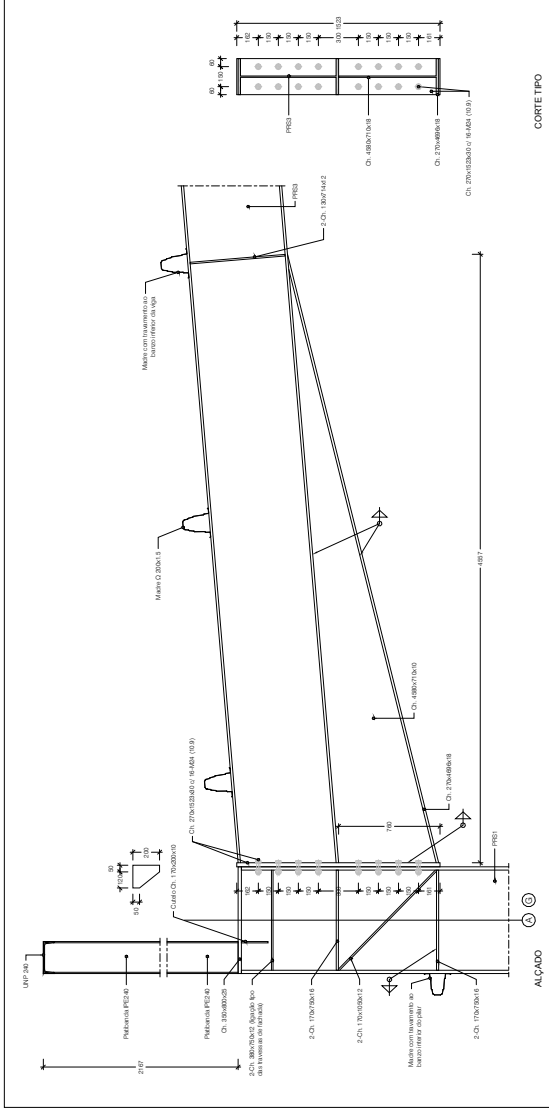
FORMINOR TIPO DA LIGAÇÃO DAS DIAGONAIS DA FACHADA AO ARRANQUE DO PILAR



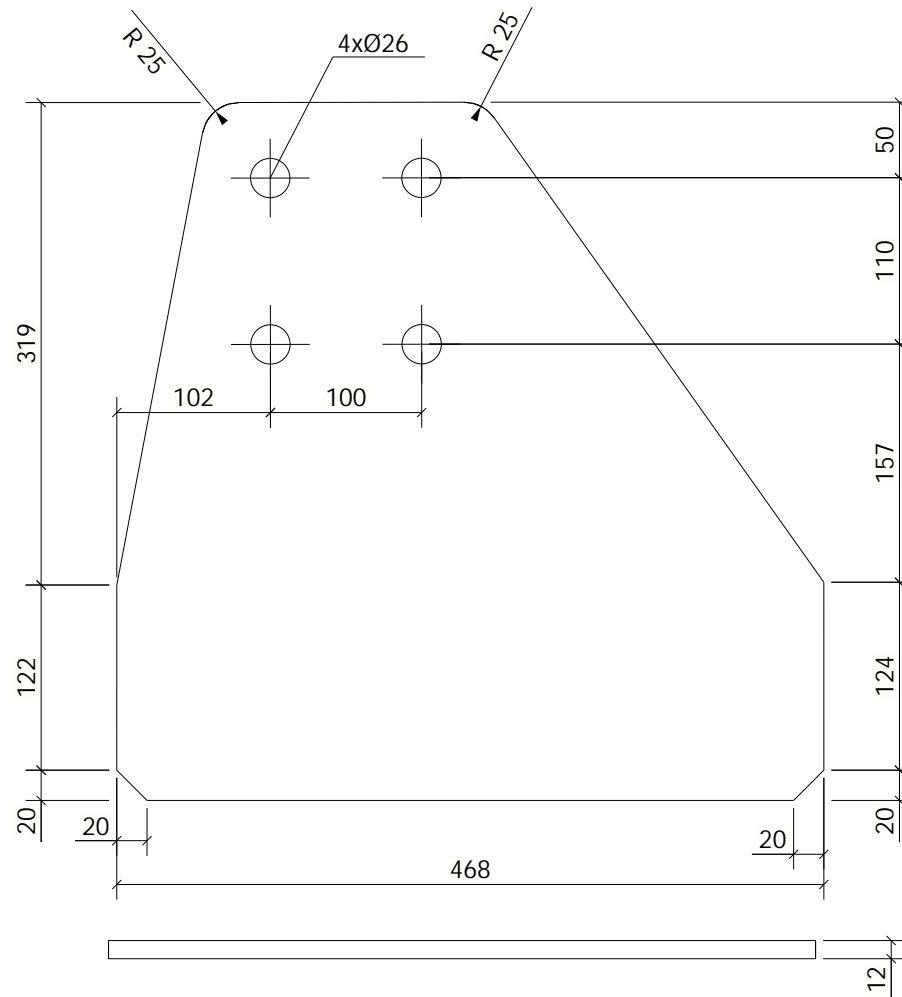
Documentação Elaborada pelo Laboratório Técnico



Projeto de Execução	Estabilidade
Pormenores Matemáticos 3/4 Escala: 1:10	
7222_02_PE_014.0 22.03.2016	



6.2 ANEXO B – Desenhos de fabrico

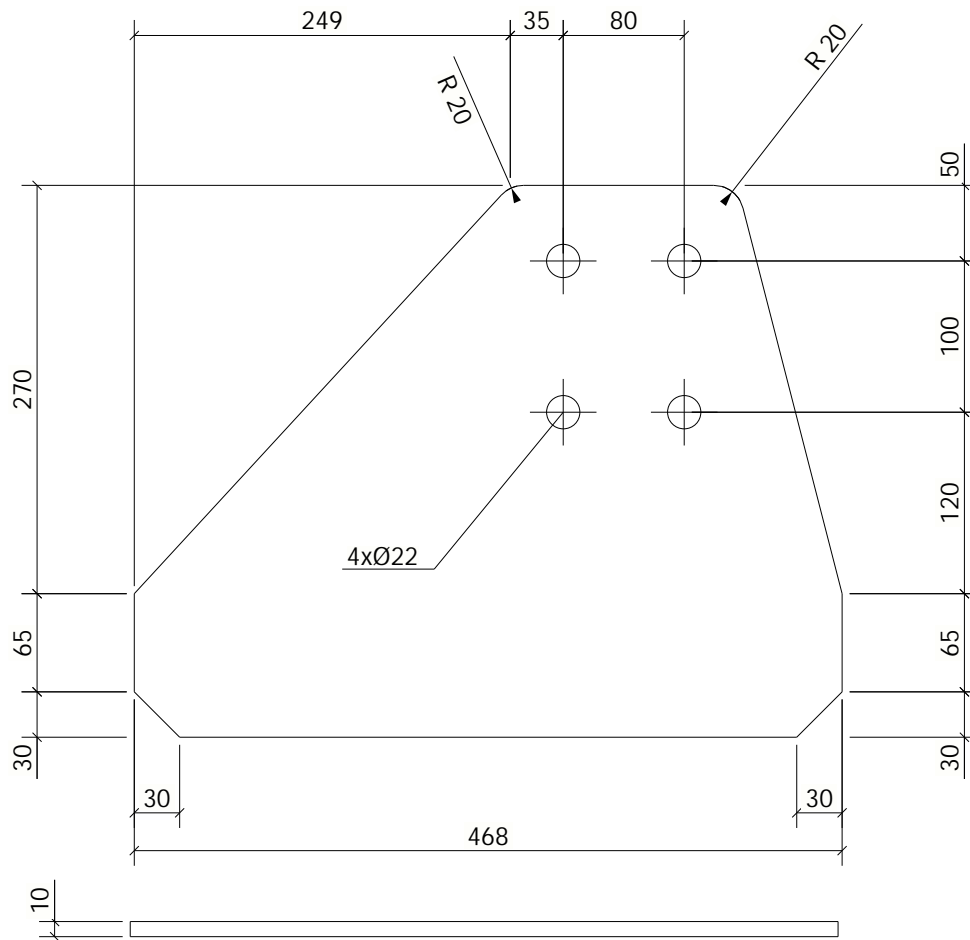


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
A.1	18	PL12X461.7	467	16.00	0.359	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[A.1]	ESCALA	1:10	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.1	48	PL10X364.9	468	9.96	0.268	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

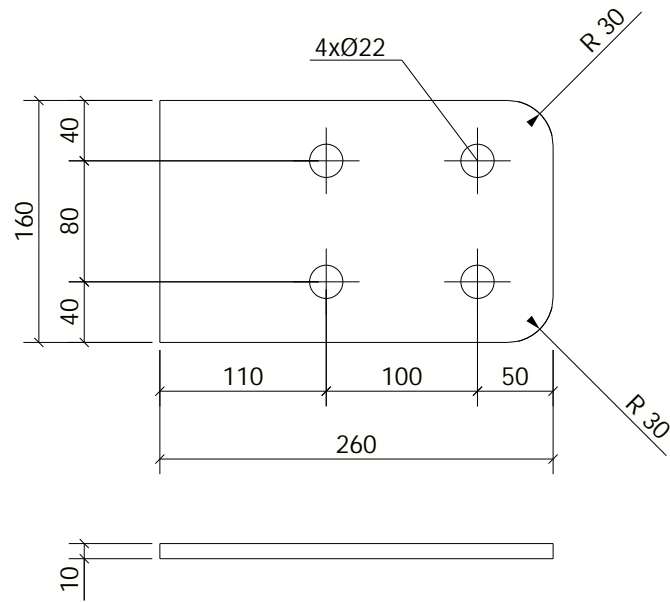
DATA

REFERENCIA [C.1]

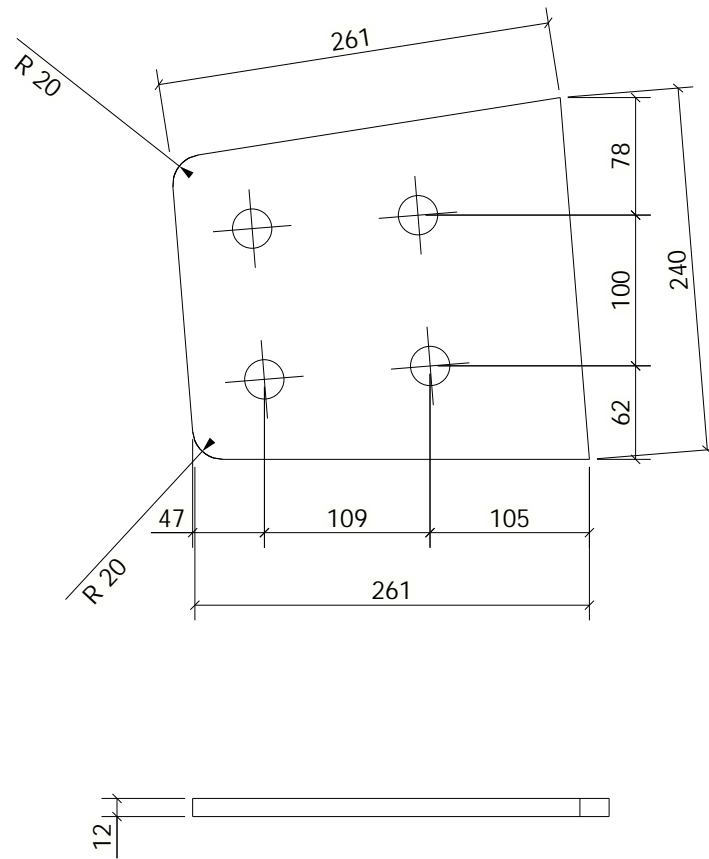
ESCALA

1:10

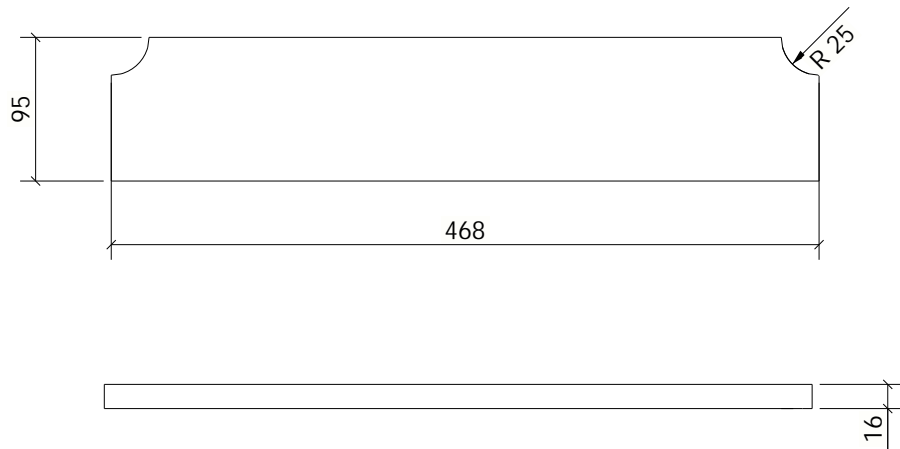
A4



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.2	48	PL10X160	260	3.23	0.091	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.2]	ESCALA	1:5	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.5	4	PL12X239.2	275	5.36	0.125	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.5]	ESCALA	1:10	A4	

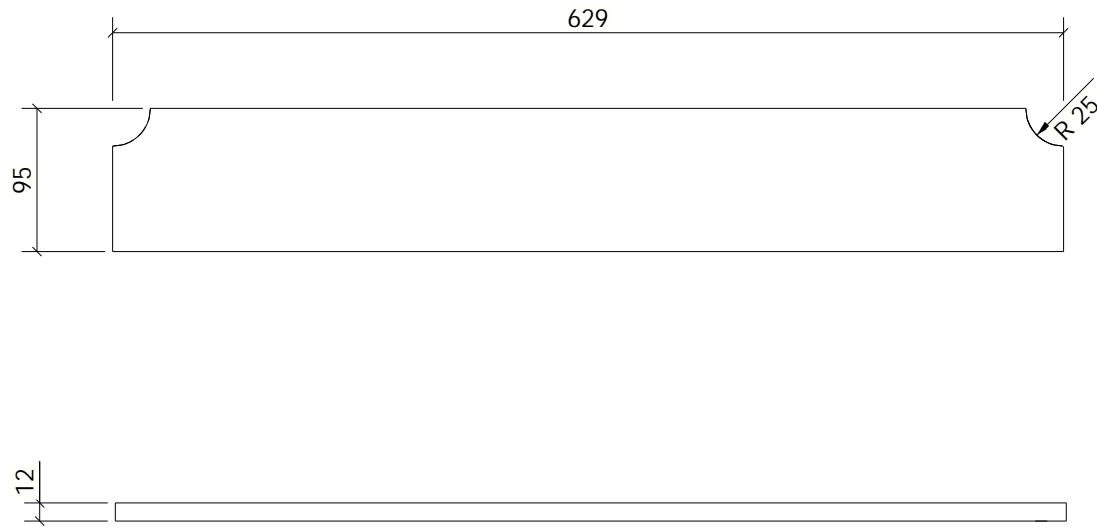


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.25	27	PL16X95	468	5.46	0.105	S275JR

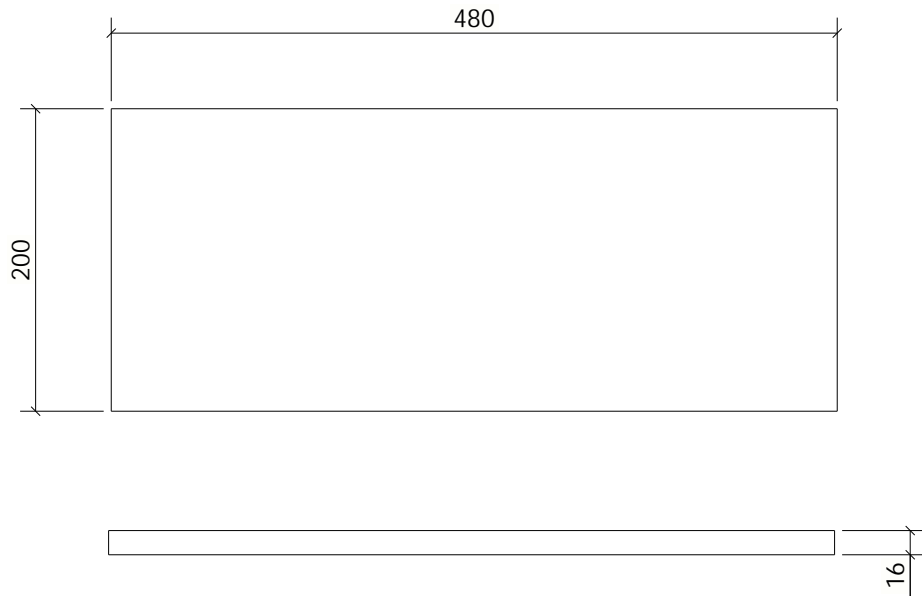
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[C.25]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.26	14	PL12X94.7	628	5.52	0.134	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.26]	ESCALA	1:5	A4	

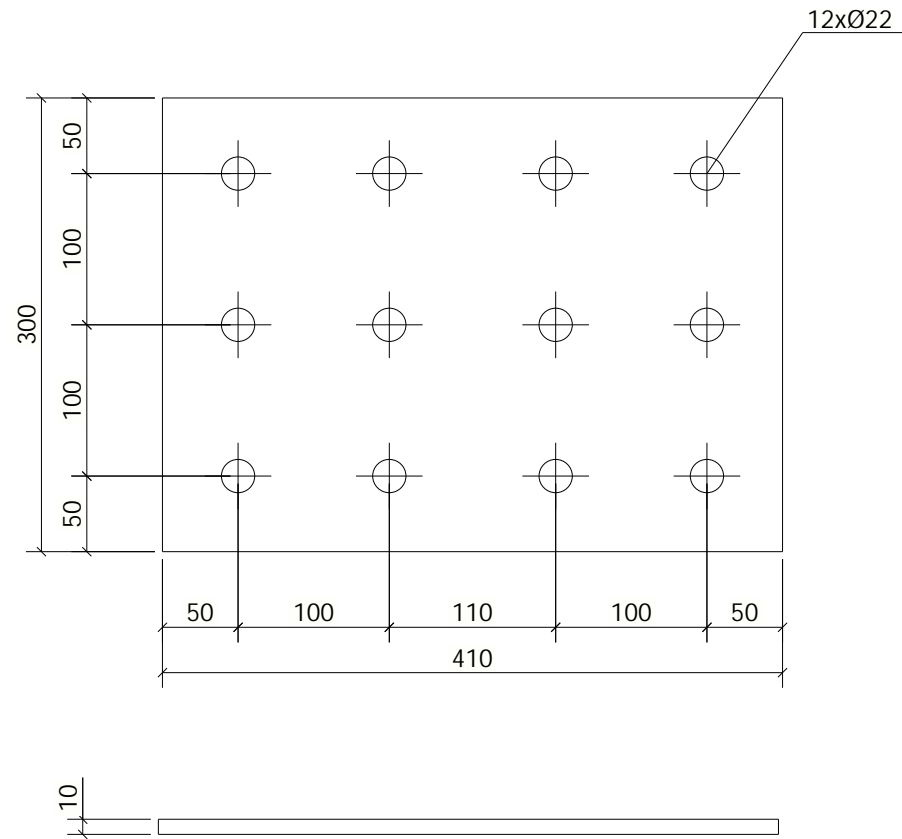


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.28	2	PL16X200	480	12.06	0.214	S275JR

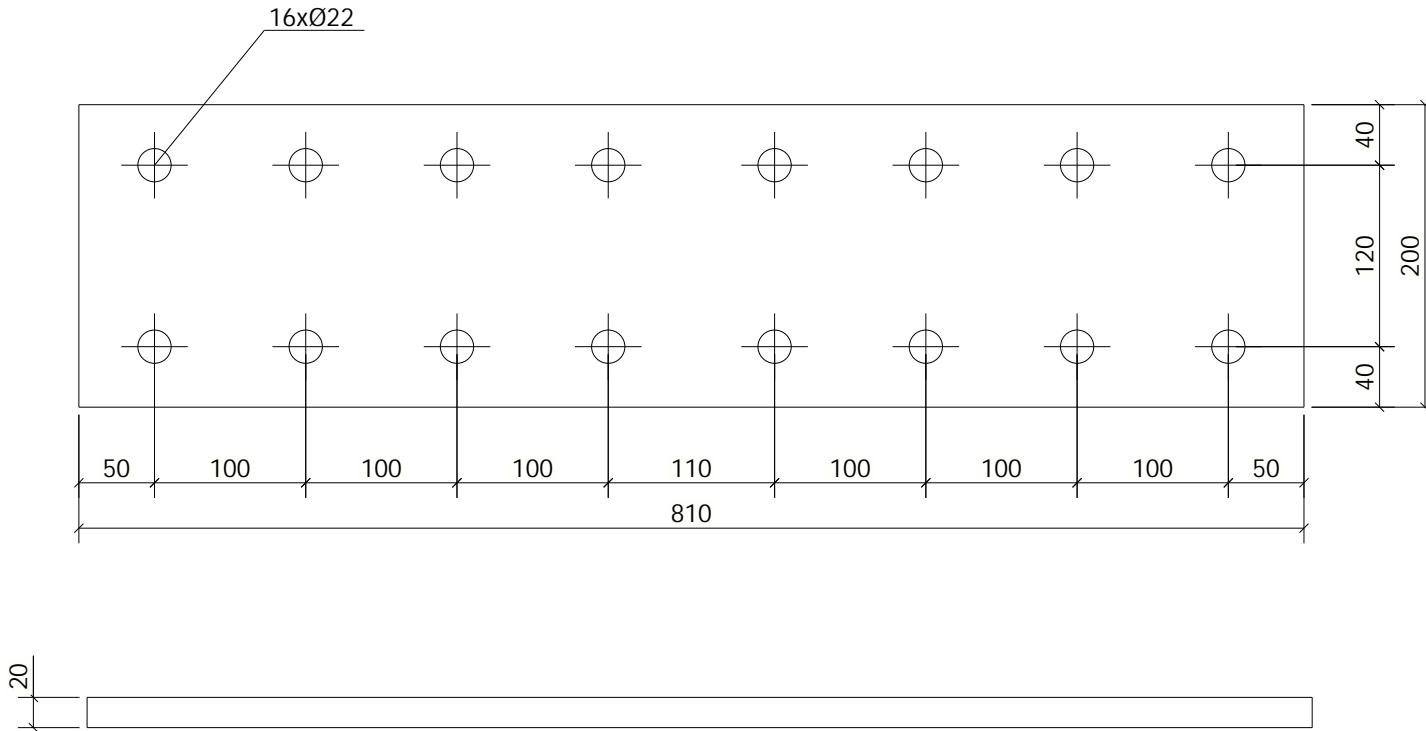
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

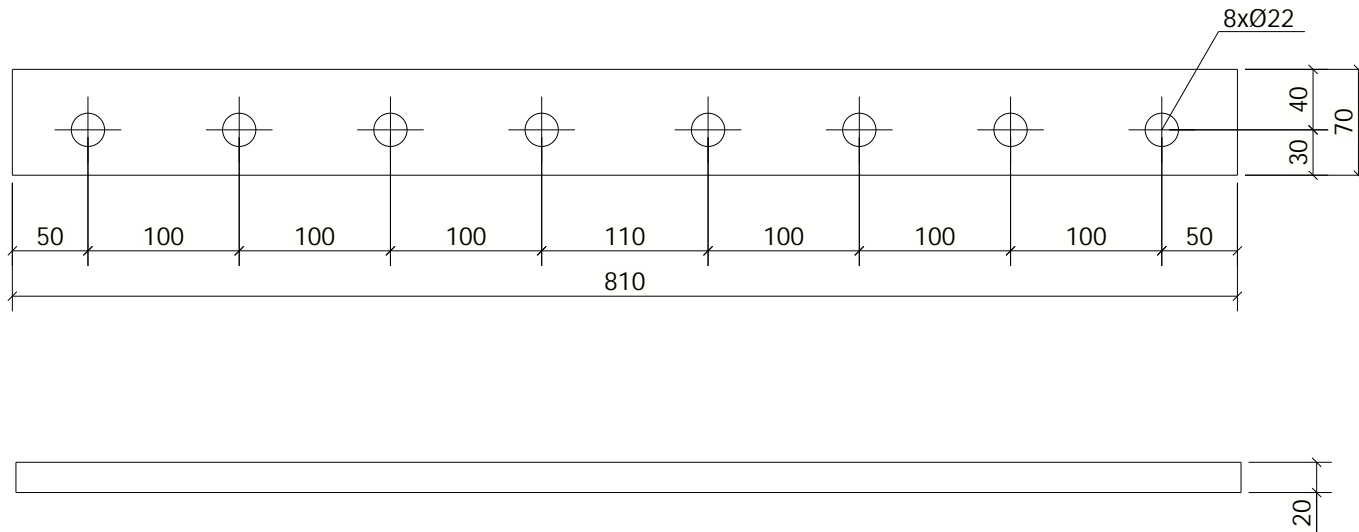
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[C.28]	ESCALA	1:5	A4	



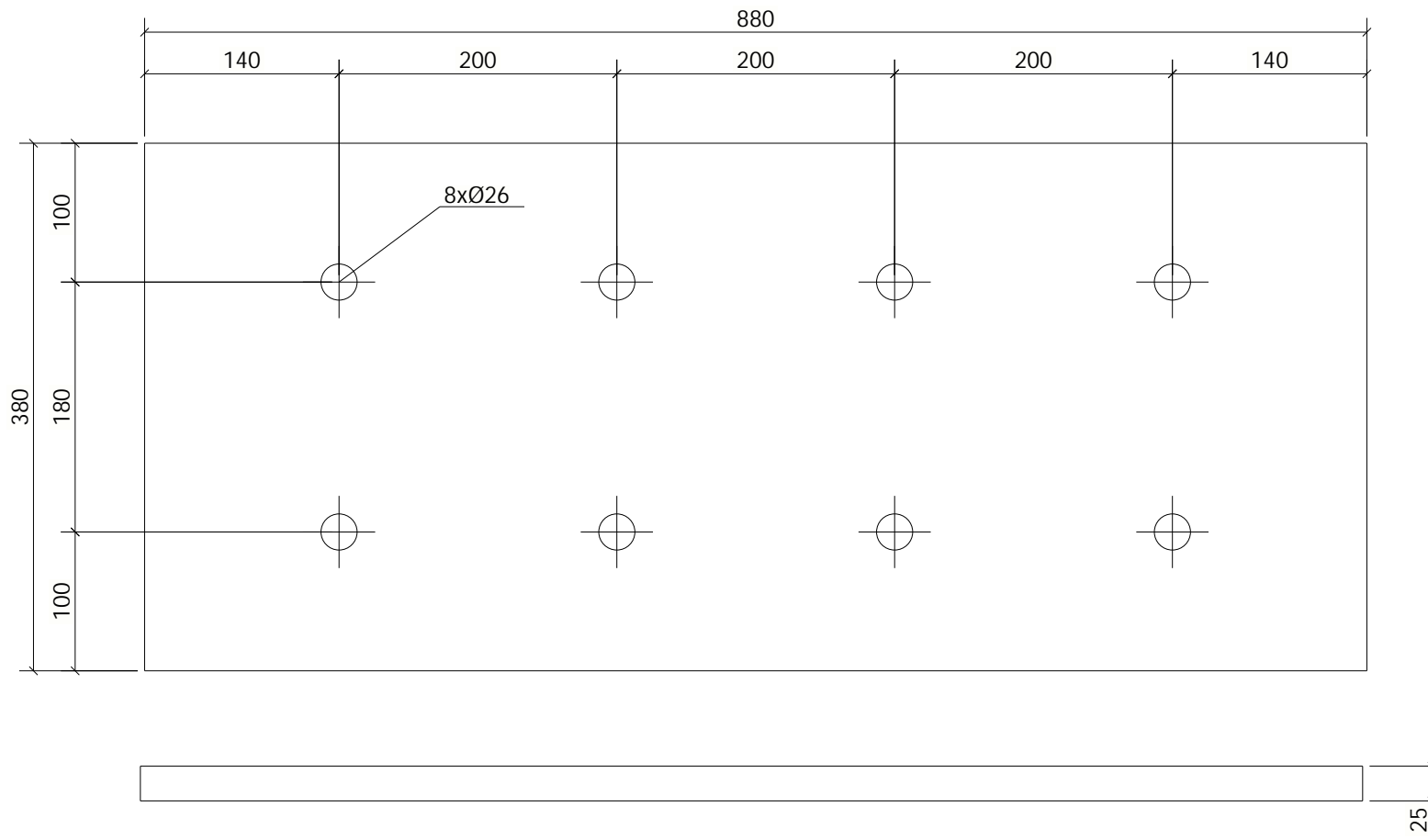
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.44	20	PL10X300	410	9.66	0.260	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.44]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.260	8	PL20X200	810	25.43	0.364	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[C.260]	ESCALA 1:5			



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.261	16	BARRA20X70	810	8.90	0.149	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[C.261]	ESCALA 1:5			

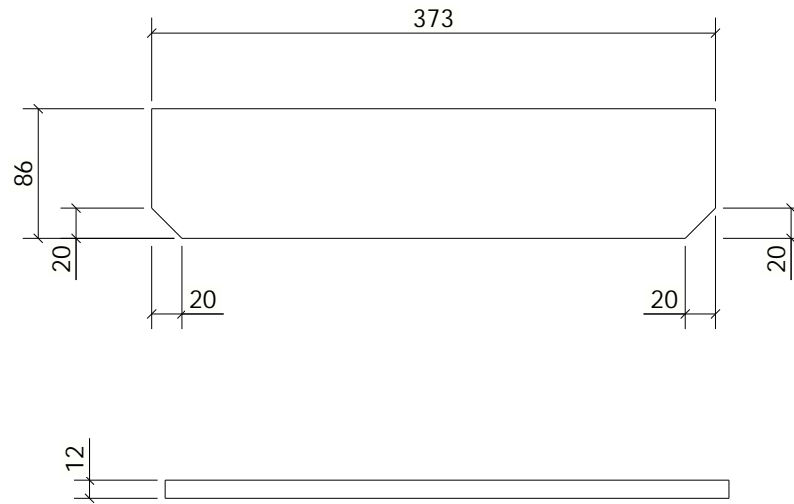


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.85	14	PL25X380	880	65.63	0.732	S275JR

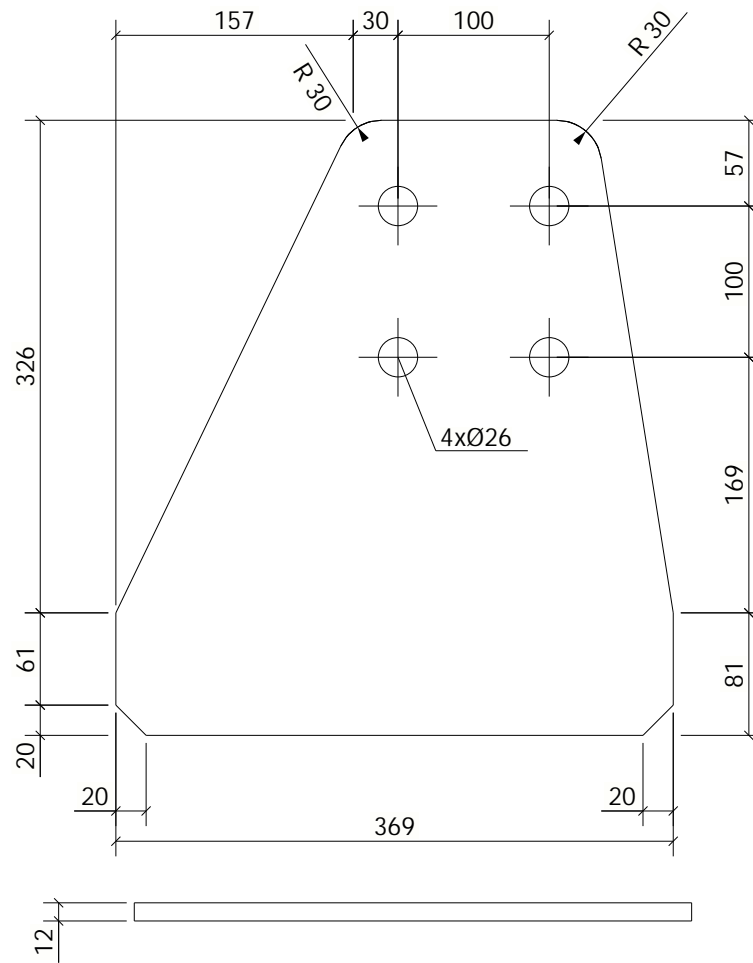
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[Ch.85]	ESCALA	1:5	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.24	20	PL12X85.7	372	2.97	0.074	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.24]	ESCALA	1:5	A4		



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.58	16	PL12X368.5	406	10.86	0.247	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

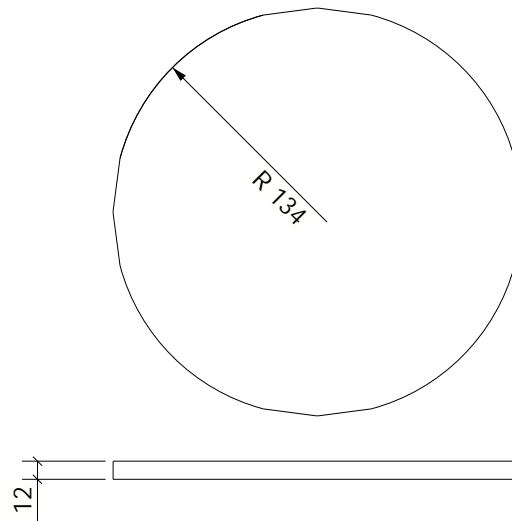
DATA

REFERENCIA [C.58]

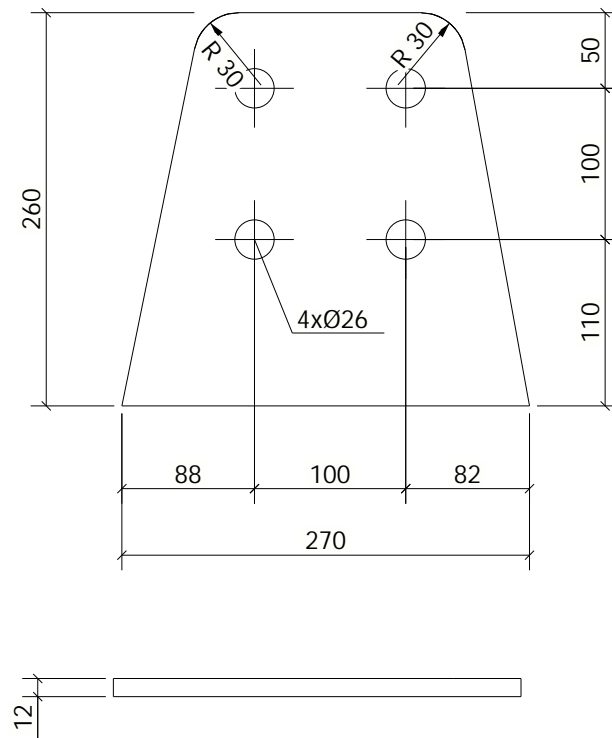
ESCALA

1:10

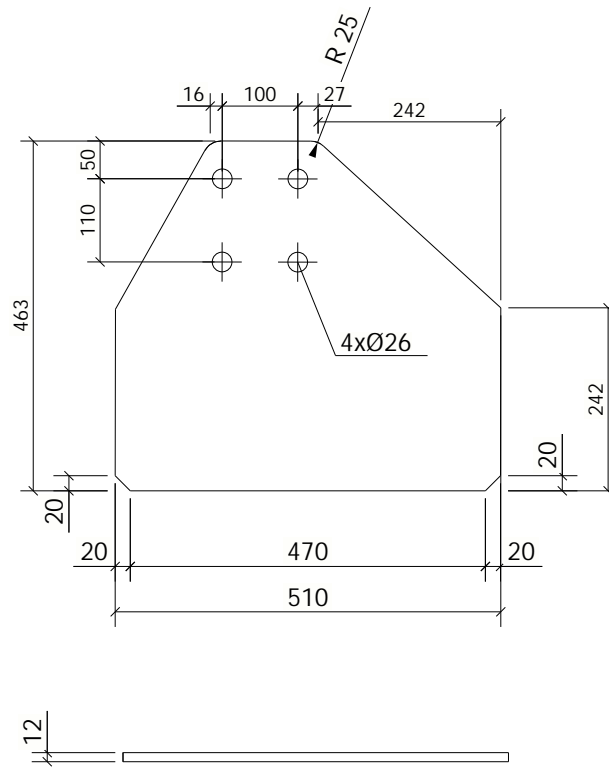
A4



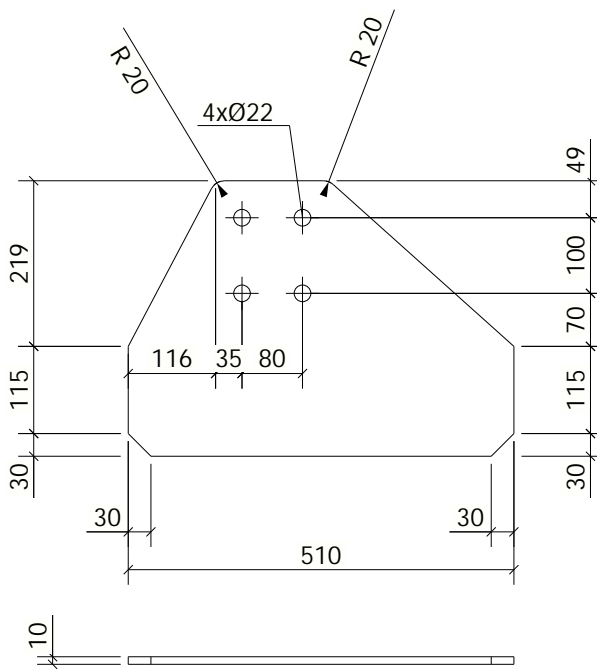
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.68	18	PL12X269.5	270	5.34	0.124	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				A4
REFERENCIA	[C.68]	ESCALA	1:5			



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.69	3	PL12X260	269	5.35	0.125	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.69]	ESCALA	1:5	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.85	18	PL12X462.7	509	18.34	0.410	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.85]	ESCALA	1:10	A4	

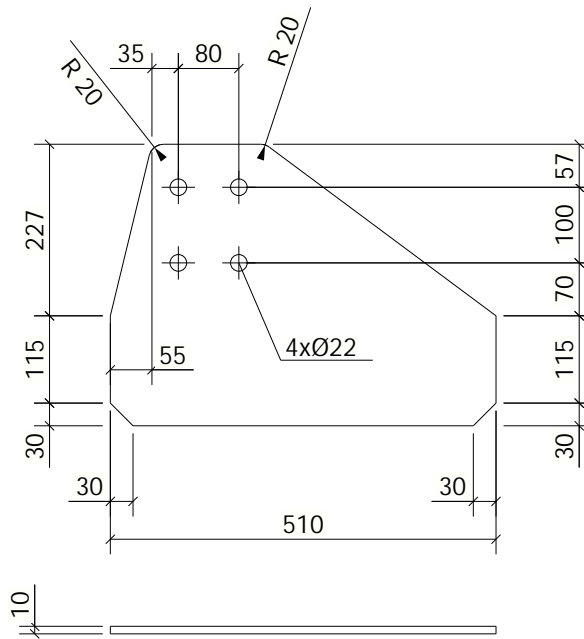


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.87	16	PL10X364.3	510	11.42	0.306	S275JR

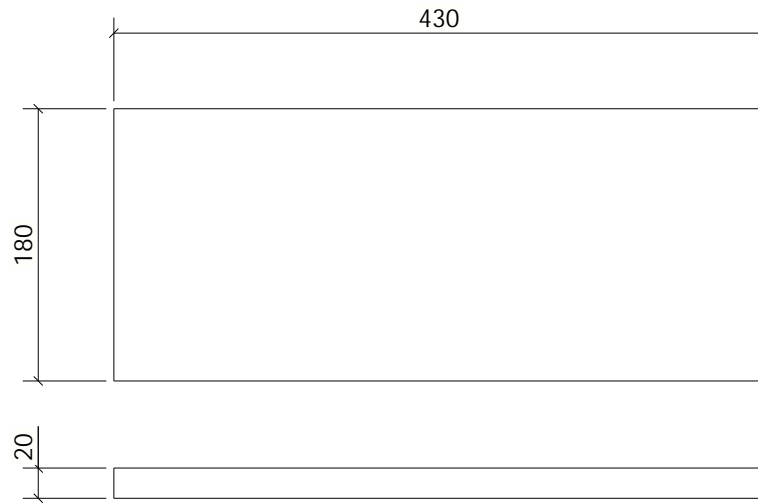
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

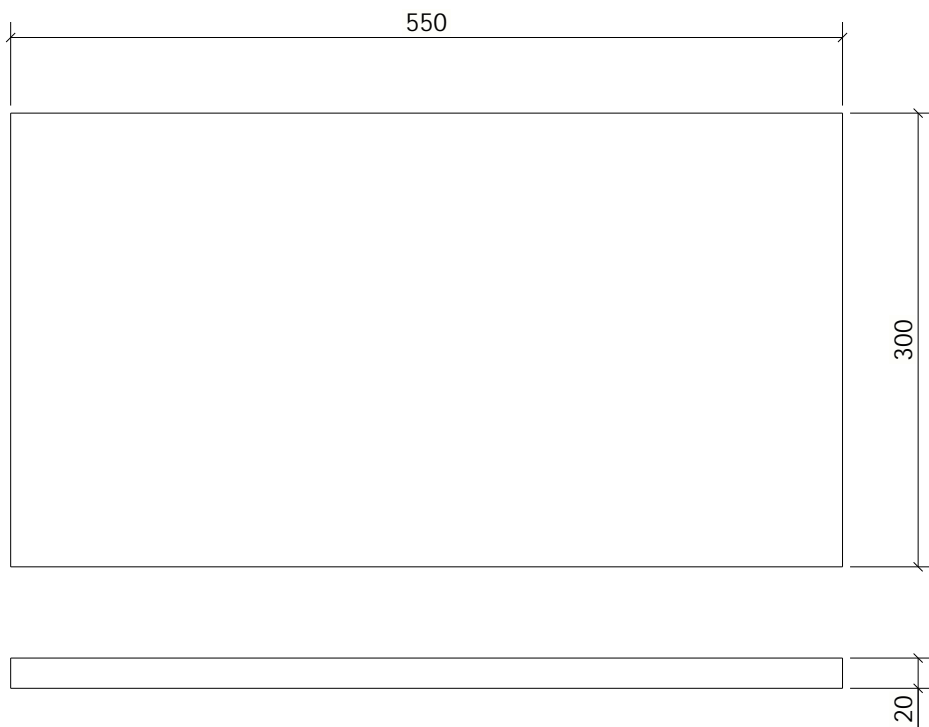
OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.87]	ESCALA	1:10	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.92	8	PL10X372.3	510	11.62	0.311	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.92]	ESCALA	1:10	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.94	4	PL20X180	429	12.15	0.179	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.94]	ESCALA	1:5	A4	

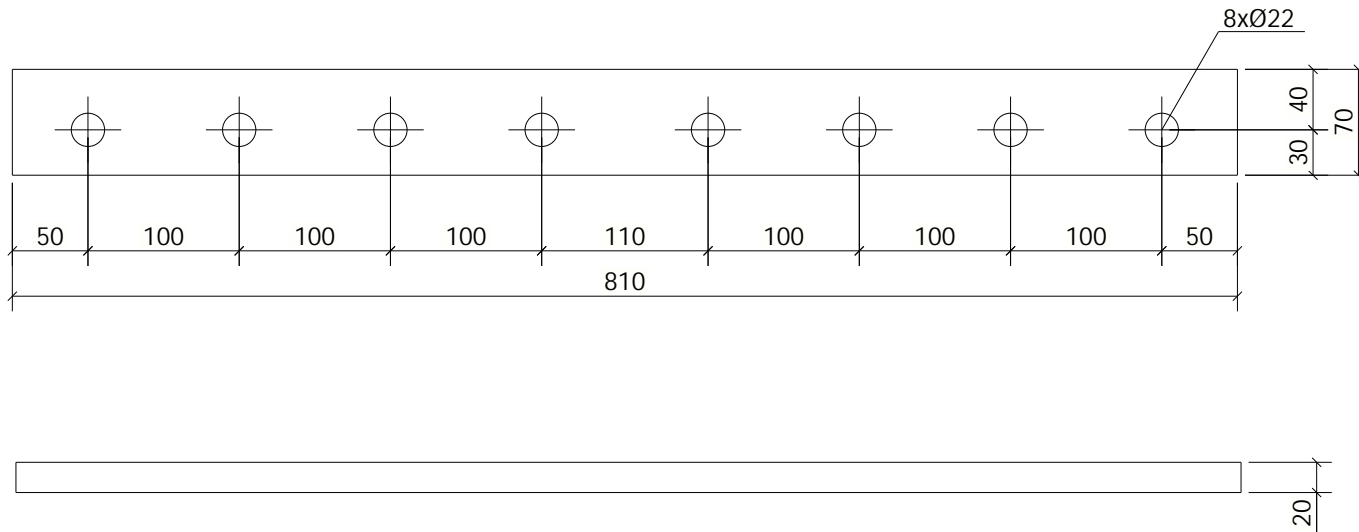



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.117	2	PL20X300	550	25.90	0.364	S235JR

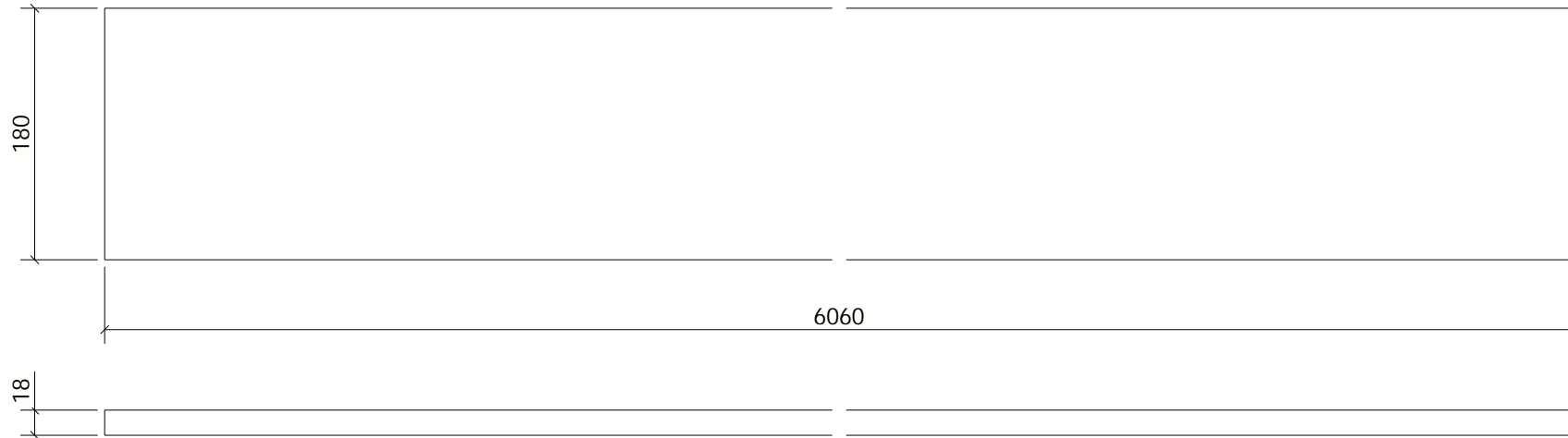
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

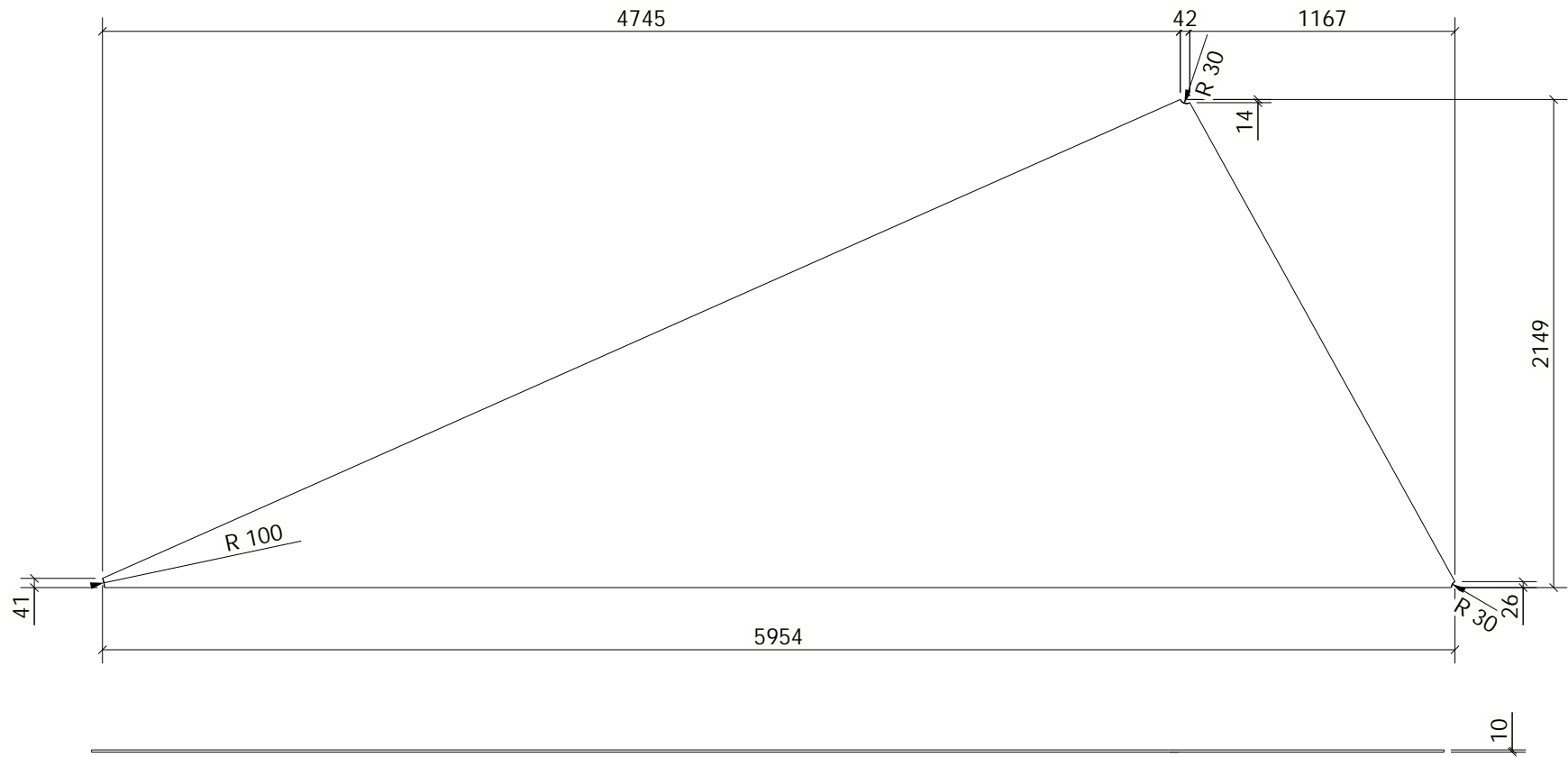
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[C.117]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.261	16	BARRA20X70	810	8.90	0.149	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			 Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[C.261]	ESCALA			



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.7	10	PL18X180	6059	154.13	2.406	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[Ch.7]	ESCALA	1:5	A4	

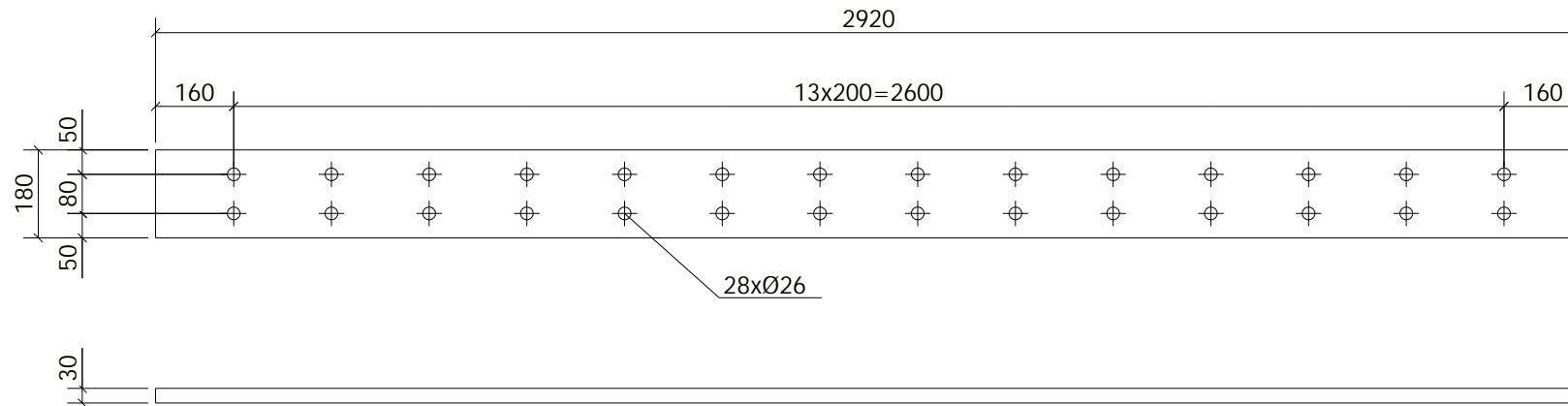


Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.8	10	PL10X2148.8	5953	513.72	13.225	S275JR

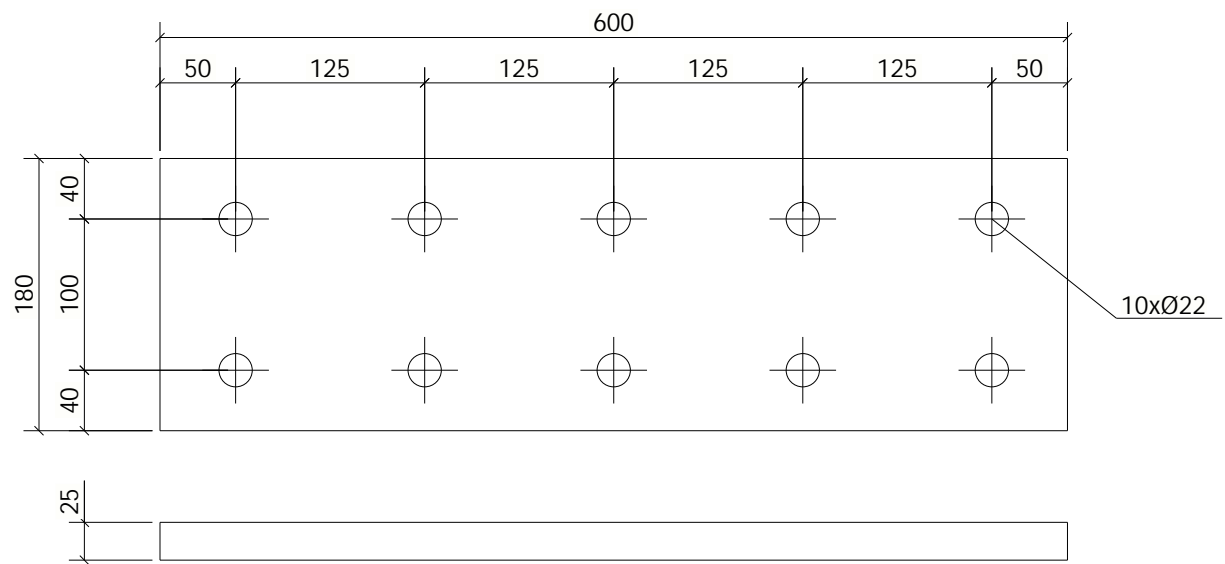
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[Ch.8]	ESCALA	1:10	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.9	10	PL30X180	2920	123.78	1.237	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[Ch.9]	ESCALA			

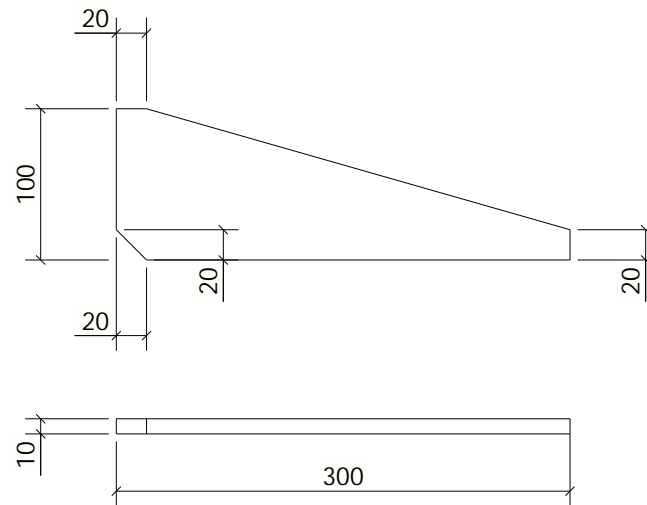


Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.14	8	PL25X180	600	21.20	0.255	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[Ch.14]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.15	56	BARRA10X100	299	1.46	0.044	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[Ch.15]	ESCALA	1:5	A4	

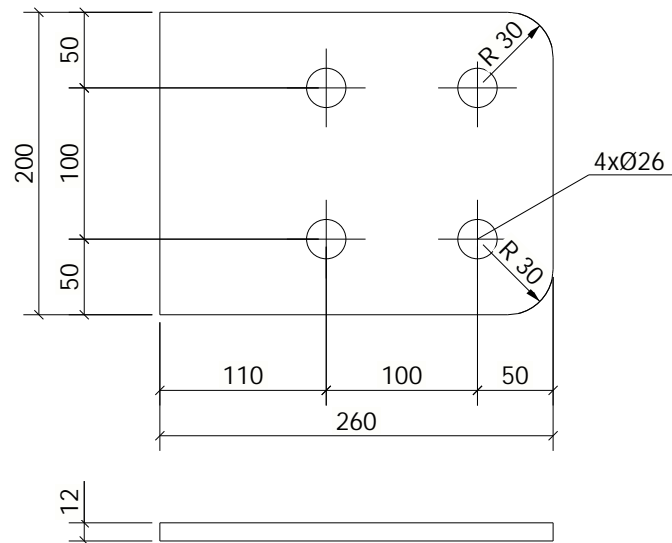


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.16	6	PL16X301.1	530	20.04	0.346	S275JR

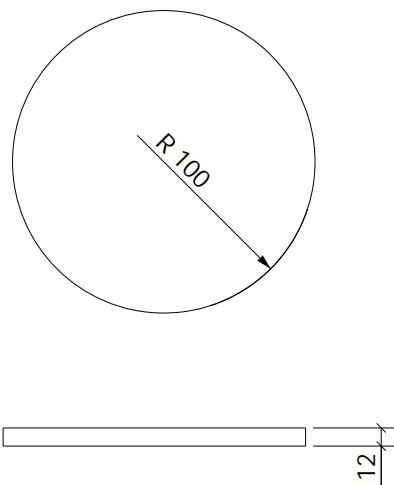
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

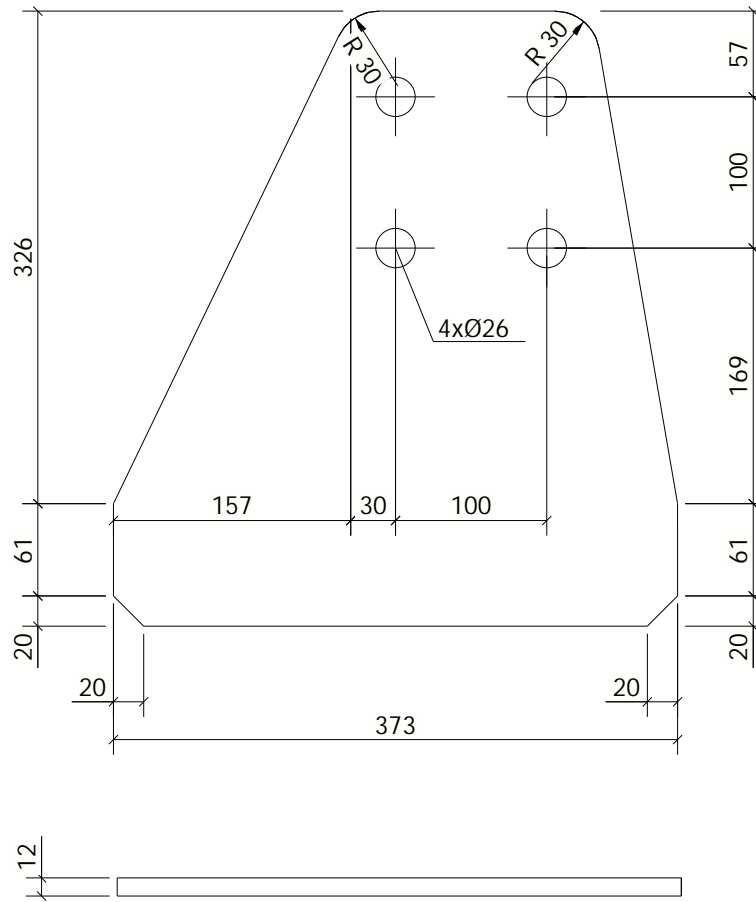
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[Ch.16]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.19	68	PL12X200	260	4.86	0.114	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.19]	ESCALA	1:5	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.20	84	PL12X200	200	2.91	0.069	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.20]	ESCALA	1:5	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.23	24	PL12X373	406	10.97	0.249	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

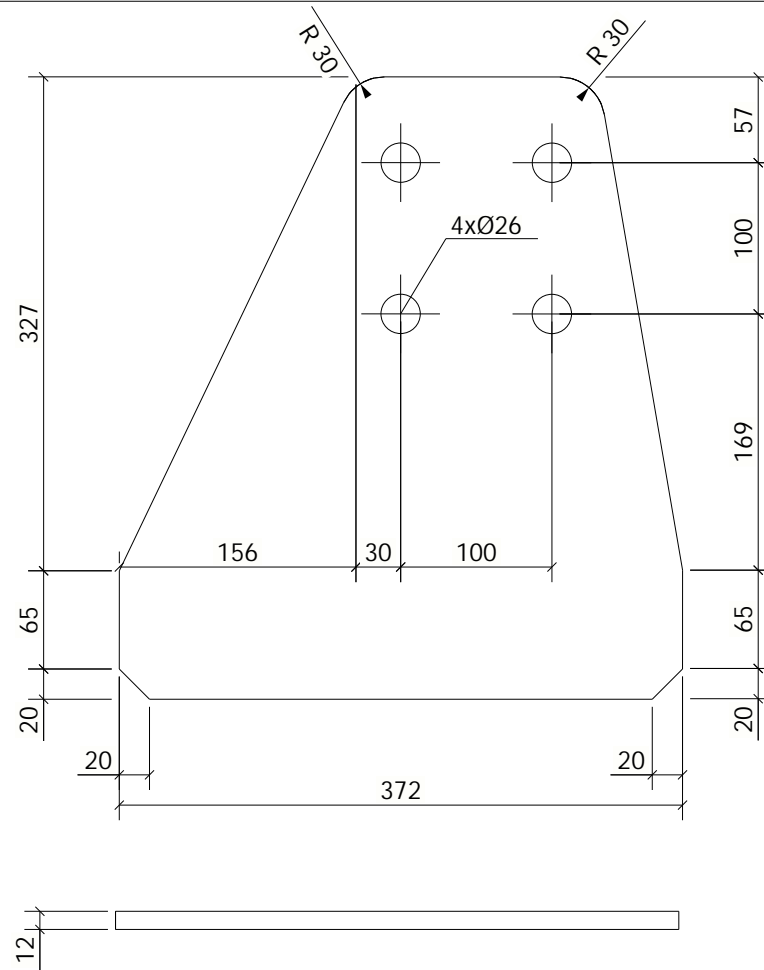
DATA

REFERENCIA [Ch.23]

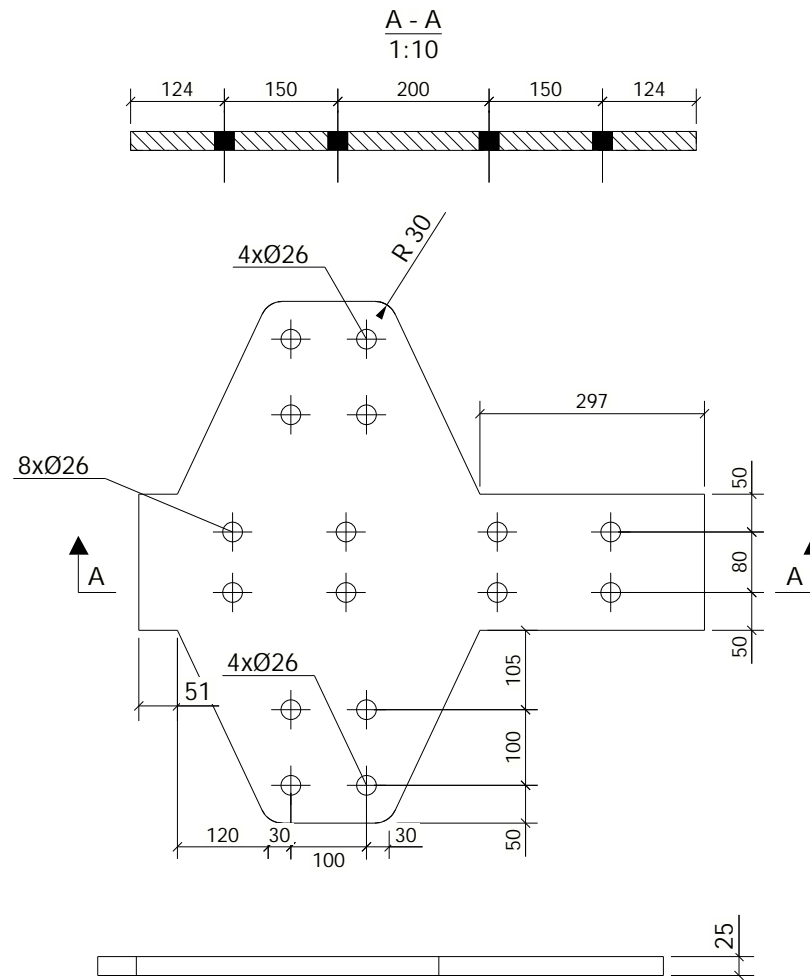
ESCALA

1:10

A4



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.24	8	PL12X372.4	411	11.11	0.252	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.24]	ESCALA	1:10	A4		

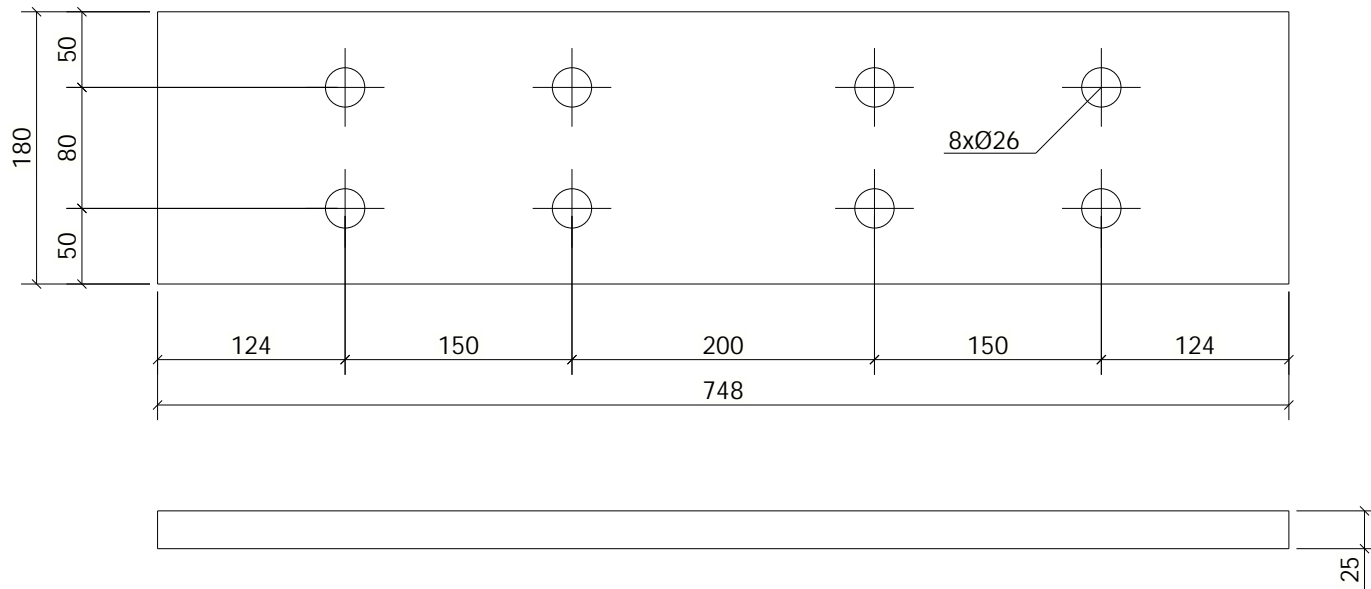


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.25	4	PL25X690	748	54.40	0.617	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[Ch.25]	ESCALA	1:10 1:15	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.26	5	PL25X180	748	26.42	0.316	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

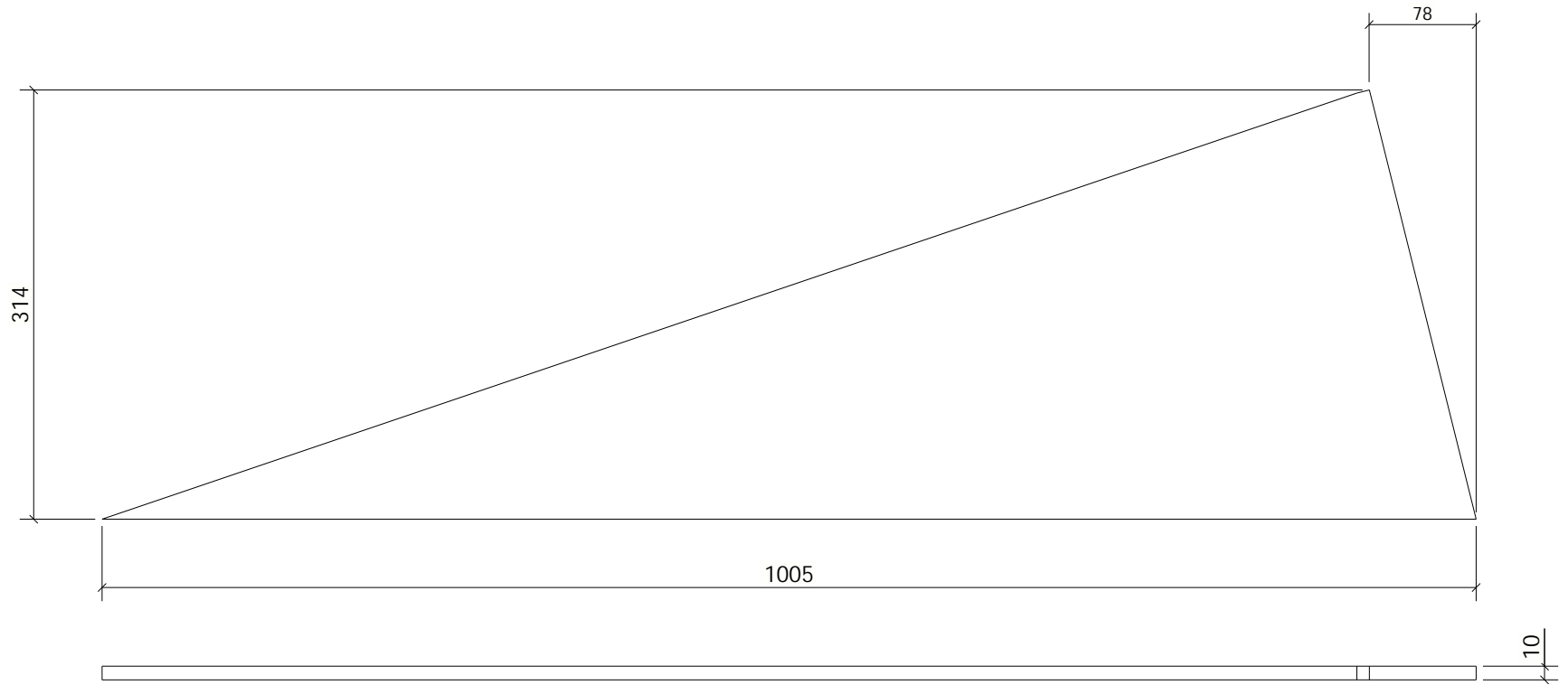
DESENHO Miguel Castro

DATA

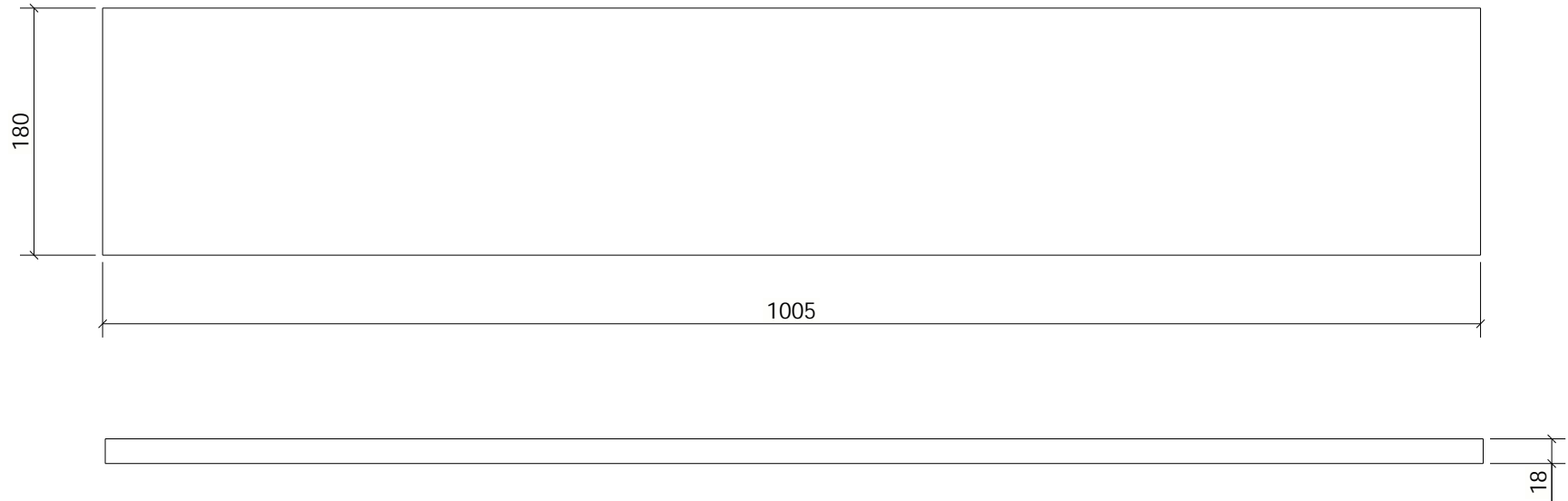
REFERENCIA [Ch.26]

ESCALA 1:5

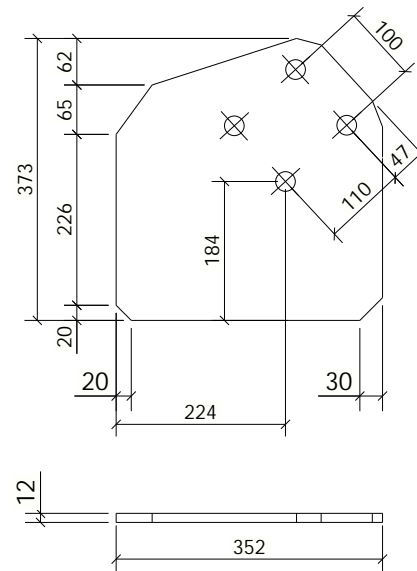
A4



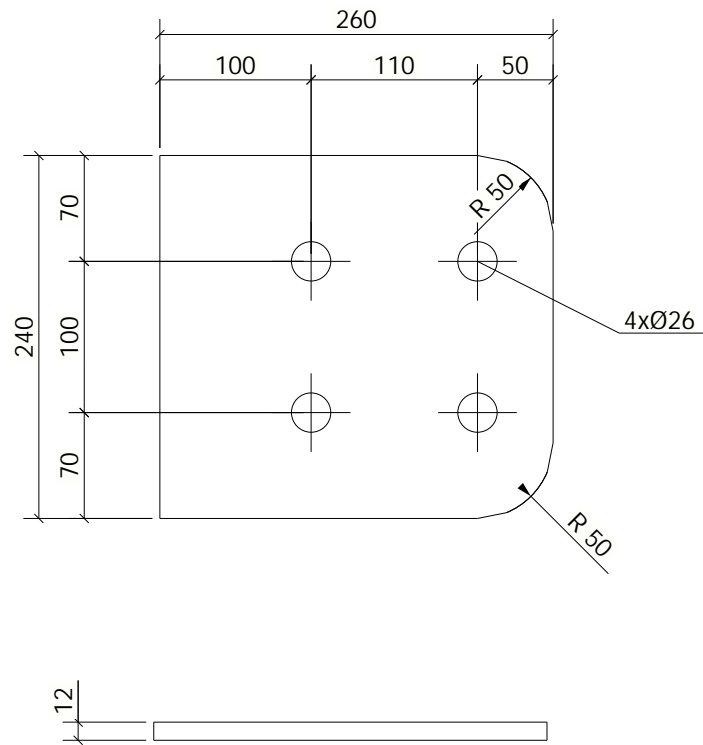
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.27	10	PL10X342	1004	12.41	0.339	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.27]	ESCALA	1:5	A4		



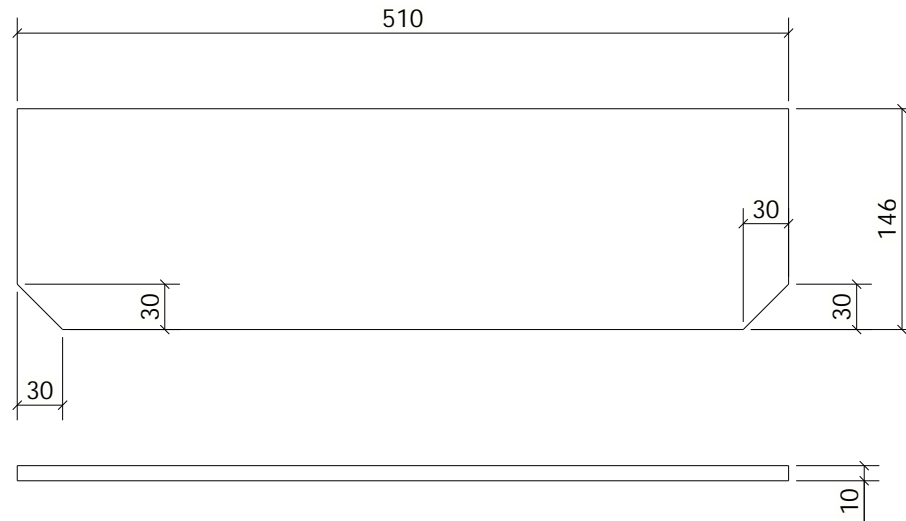
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.28	10	PL18X180	1004	25.55	0.404	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			 Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[Ch.28]	ESCALA	1:5	A4	



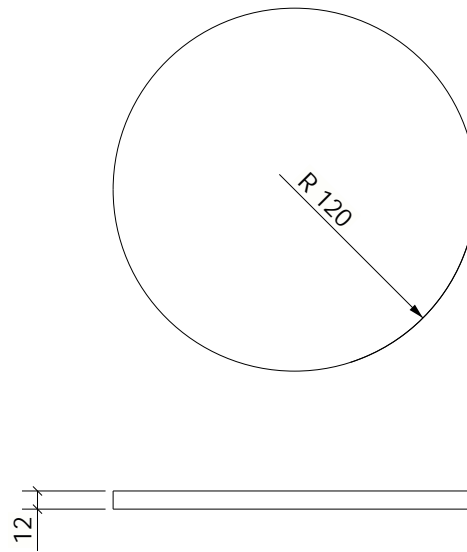
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.37	4	PL12X352.3	372	10.91	0.247	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.37]	ESCALA	1:10	A4		



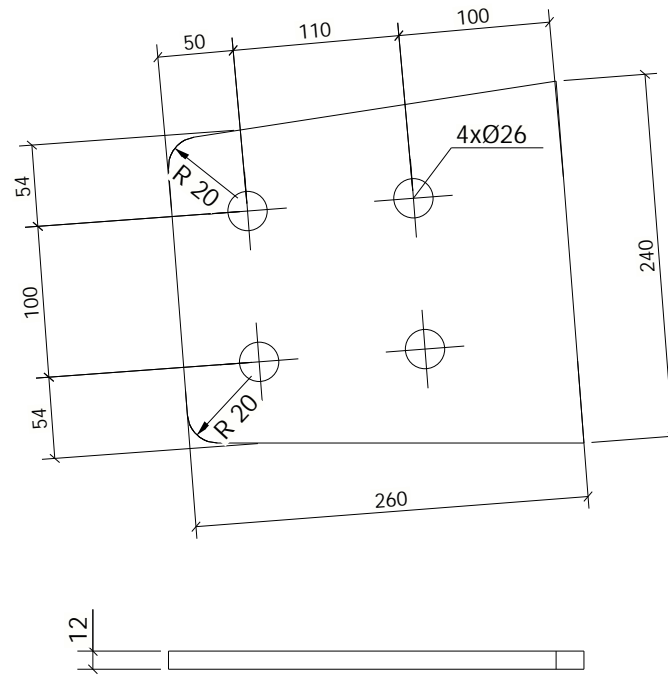
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.39	4	PL12X240	260	5.77	0.134	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.39]	ESCALA	1:5	A4		



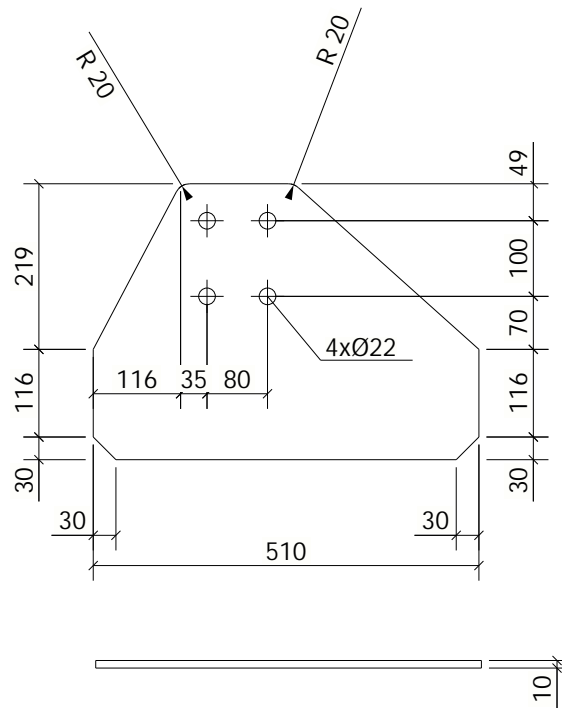
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.40	4	PL10X146	510	5.77	0.160	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.40]	ESCALA	1:5	A4		



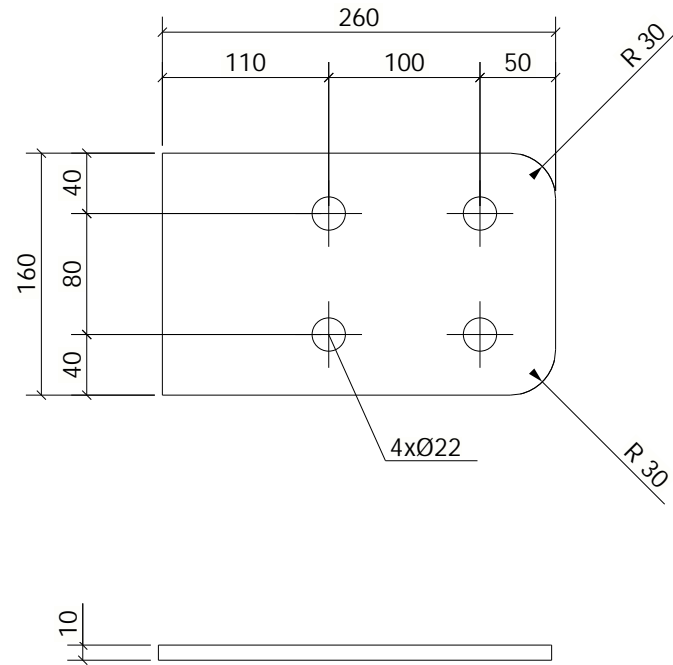
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.41	20	PL12X240	240	4.19	0.098	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[Ch.41]	ESCALA	1:5	A4	



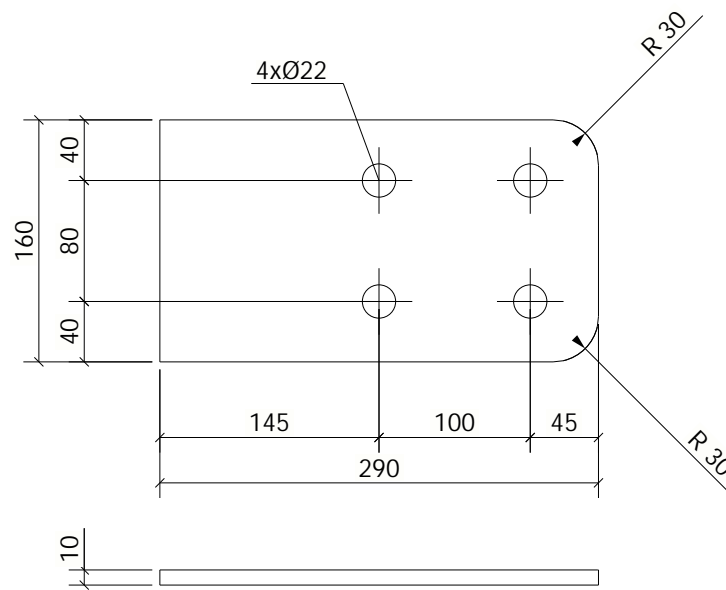
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.43	18	PL12X239.3	274	5.37	0.125	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.43]	ESCALA	1:5	A4		



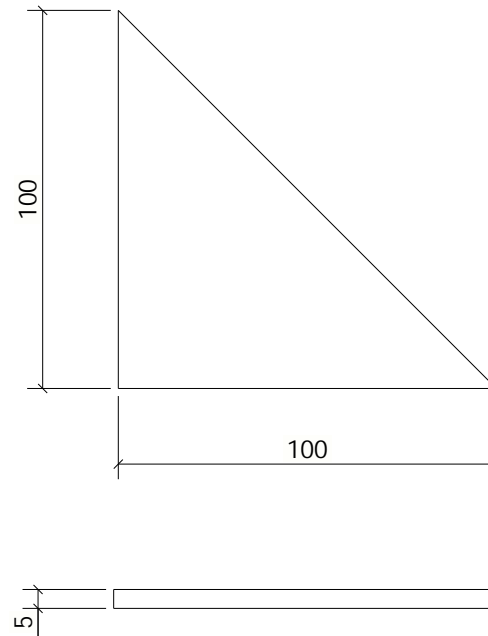
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.44	16	PL10X364.9	510	11.44	0.306	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.44]	ESCALA	1:10	A4		



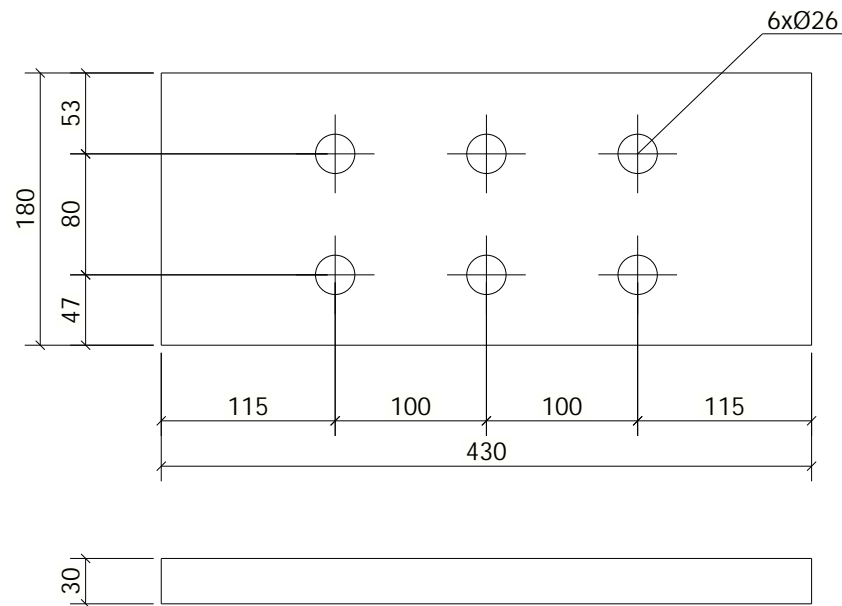
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.45	32	PL10X160	260	3.23	0.091	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.45]	ESCALA	1:5	A4		



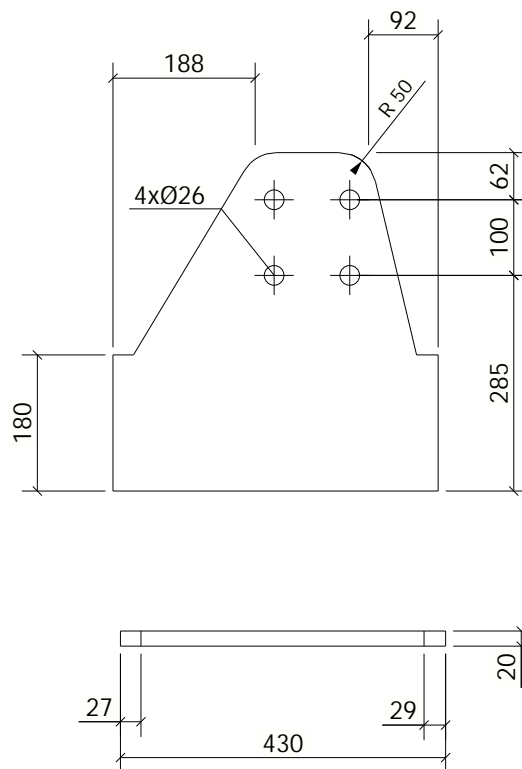
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.49	8	PL10X160	290	3.61	0.101	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA	A4		
REFERENCIA		[Ch.49]	ESCALA			



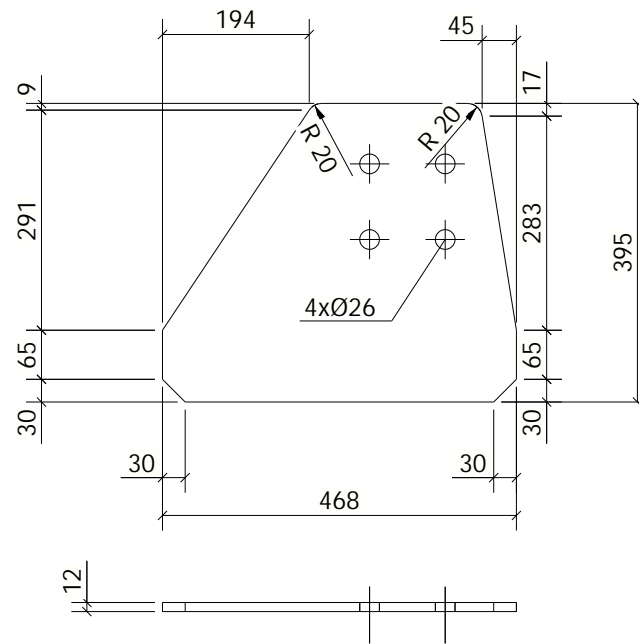
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.50	16	BARRA5X100	100	0.20	0.012	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA	A4		
REFERENCIA		[Ch.50]	ESCALA			



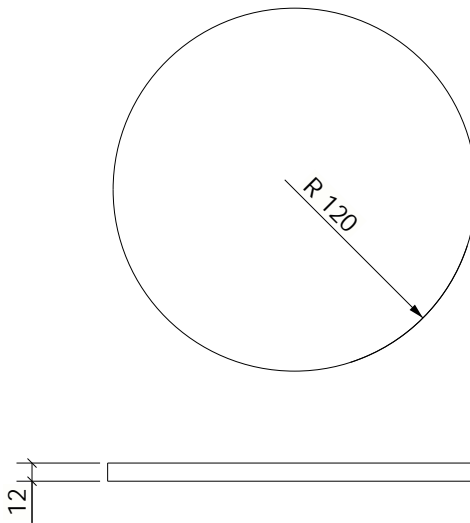
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.51	3	PL30X180	429	18.23	0.191	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			 Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[Ch.51]	ESCALA			



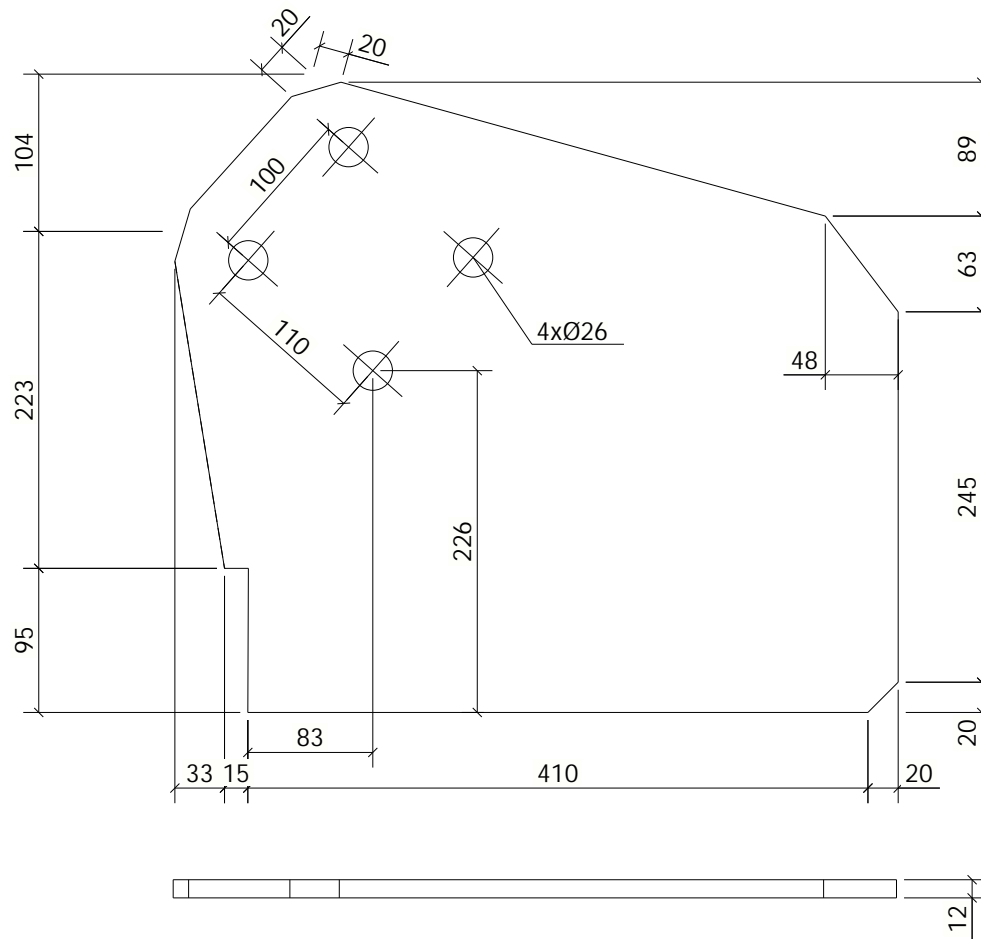
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.56	2	PL20X430	447	23.09	0.325	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.56]	ESCALA	1:10	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
Ch.86	1	PL12X394.9	468	13.81	0.311	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[Ch.86]	ESCALA	1:10	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.20	4	PL12X240	240	4.19	0.098	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.20]	ESCALA	1:5	A4	

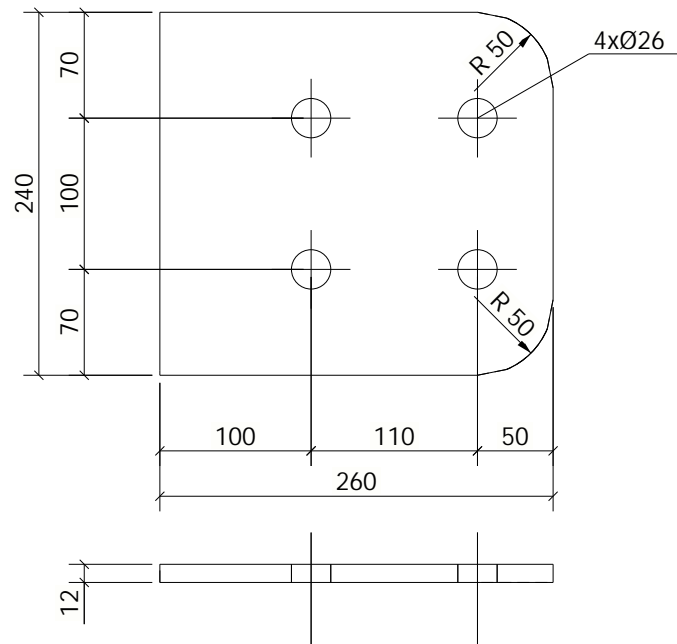


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.21	4	PL12X416.7	478	15.72	0.353	S275JR

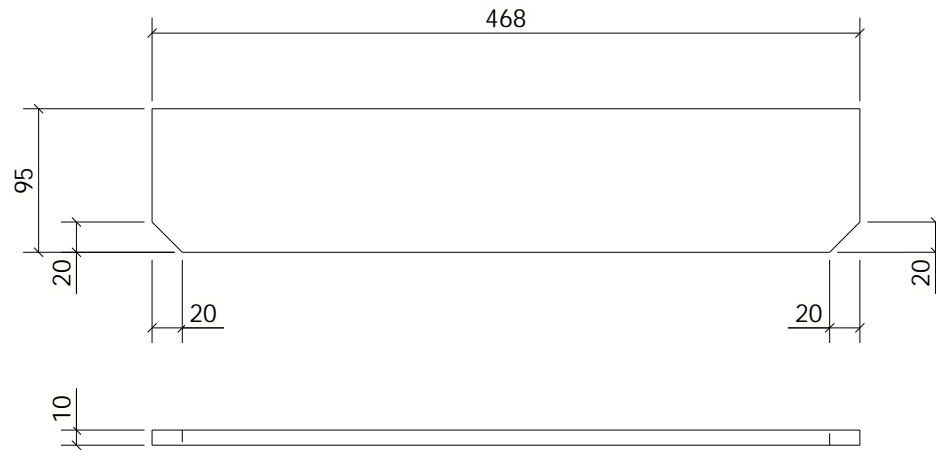
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

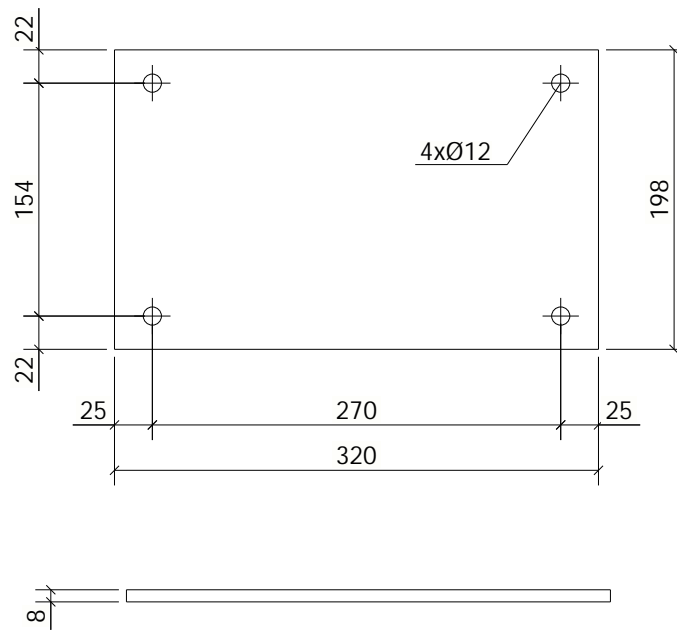
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[P.21]	ESCALA	1:5	A4	



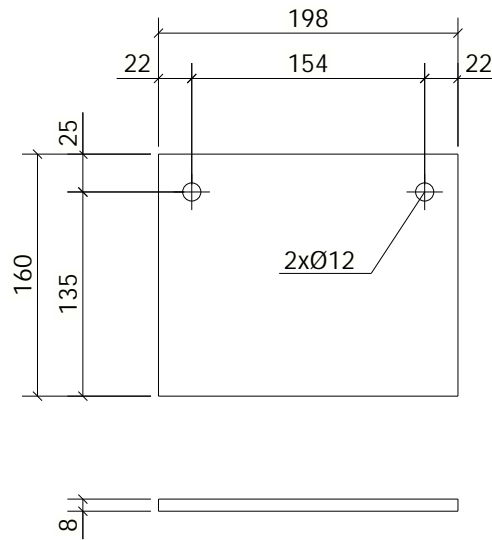
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.22	4	PL12X240	260	5.77	0.134	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.22]	ESCALA	1:5	A4	



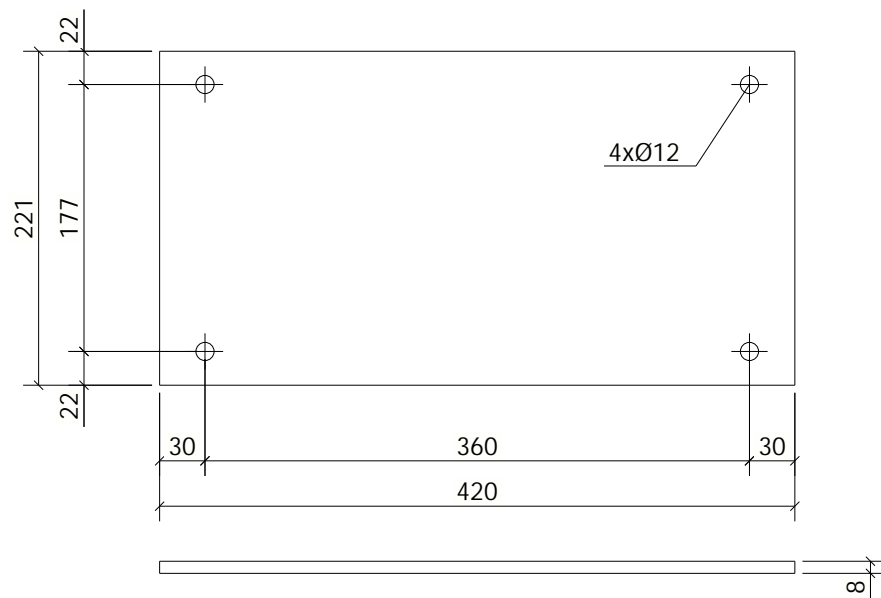
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.23	4	PL10X94.9	468	3.46	0.099	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[P.23]	ESCALA	1:5	A4		



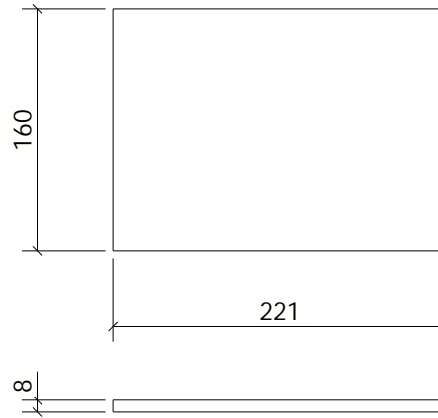
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.26	92	PL8X198	320	3.98	0.135	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.26]	ESCALA	1:5	A4	



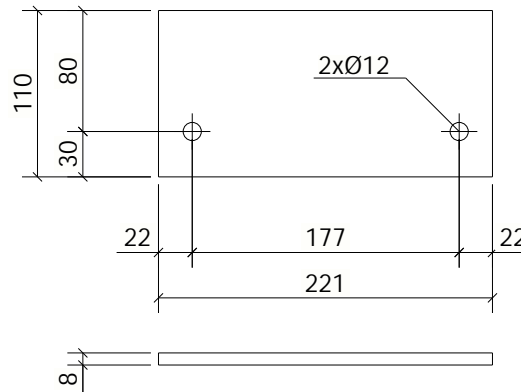
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.27	47	PL8X160	198	1.99	0.069	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.27]	ESCALA	1:5	A4	



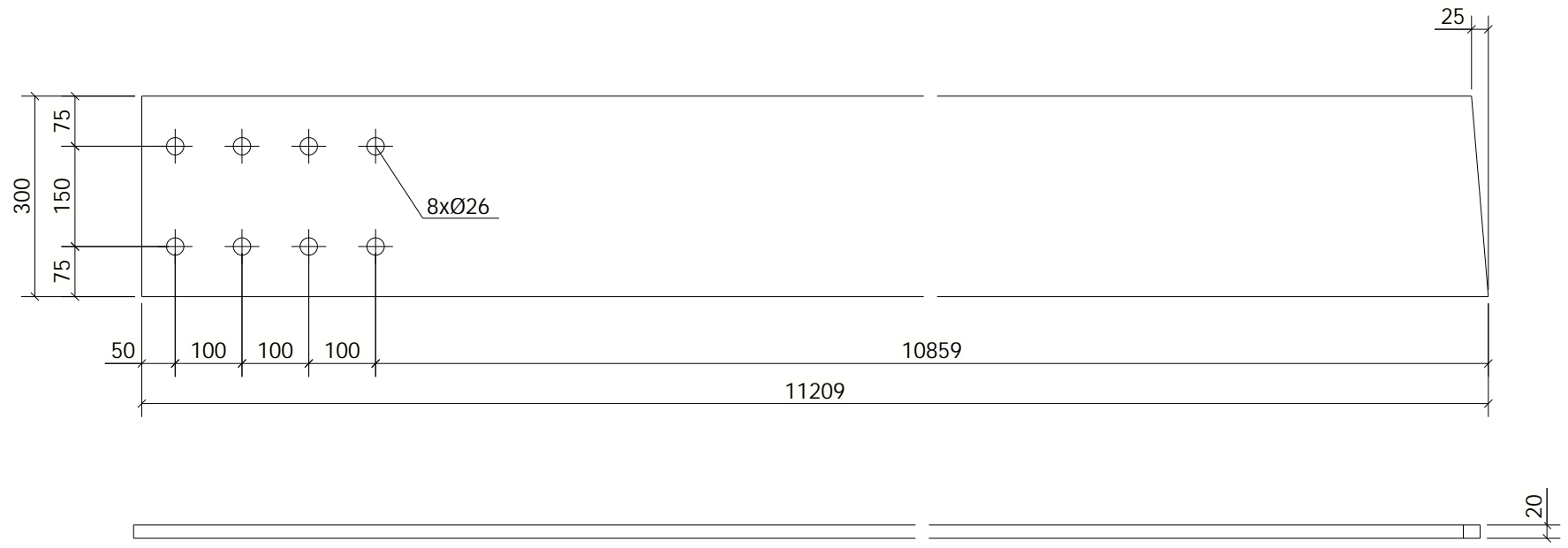
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.30	83	PL8X220.8	420	5.82	0.196	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.30]	ESCALA		1:5	
						A4



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.31	36	PL8X160	220	2.22	0.077	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[P.31]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.32	34	BARRA8X110	220	1.53	0.054	S235JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[P.32]	ESCALA	1:5	A4		

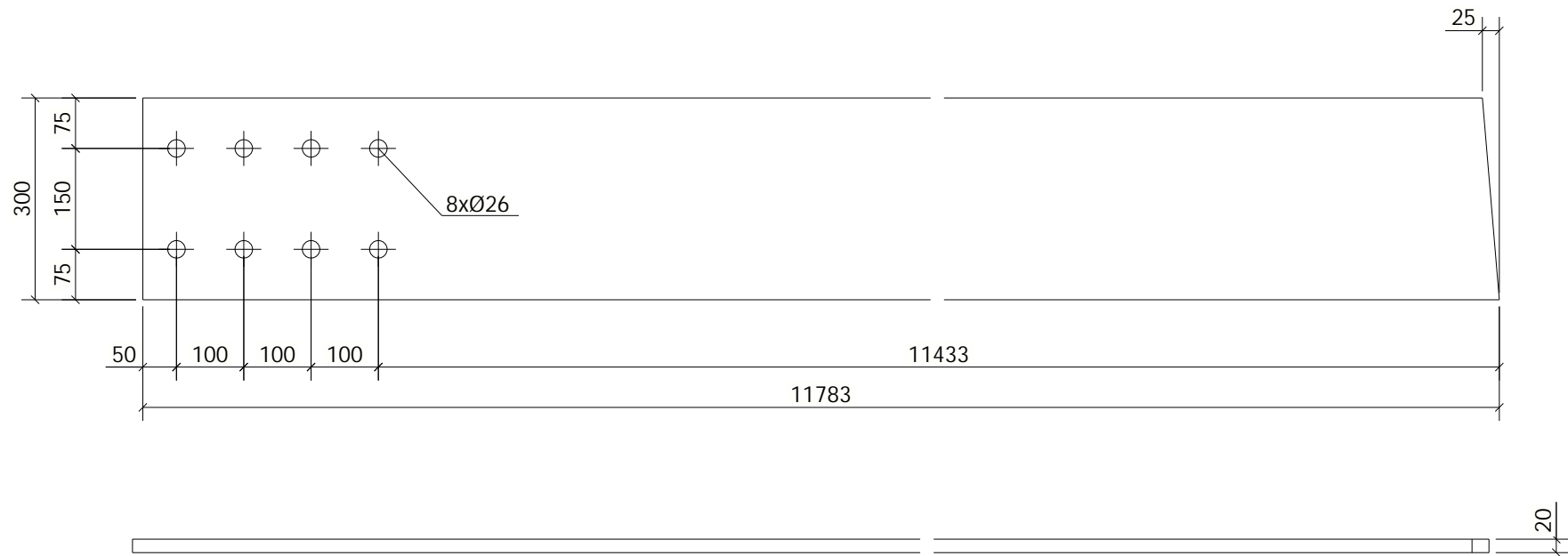


Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.4	8	PL20X300	11208	527.35	7.178	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

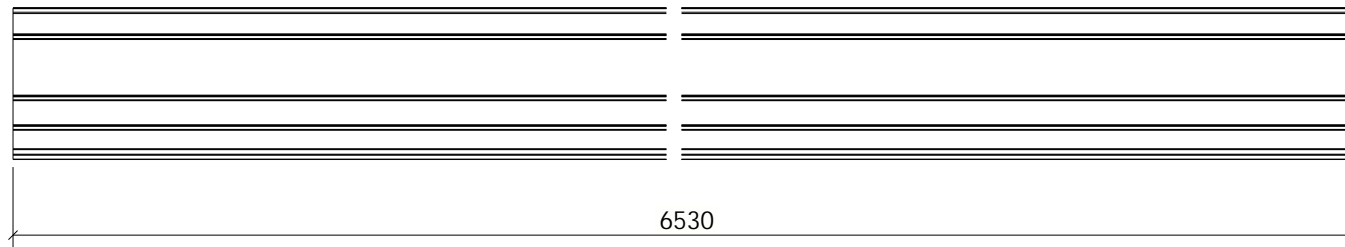
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[PR.4]	ESCALA	1:10	A4	



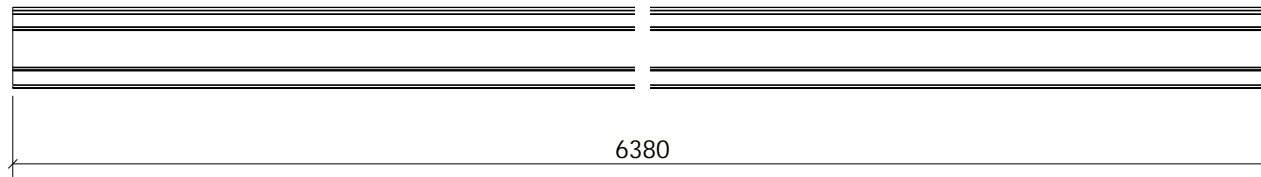
Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.6	8	PL20X300	11783	554.40	7.545	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA	A4		
REFERENCIA		[PR.6]	ESCALA			



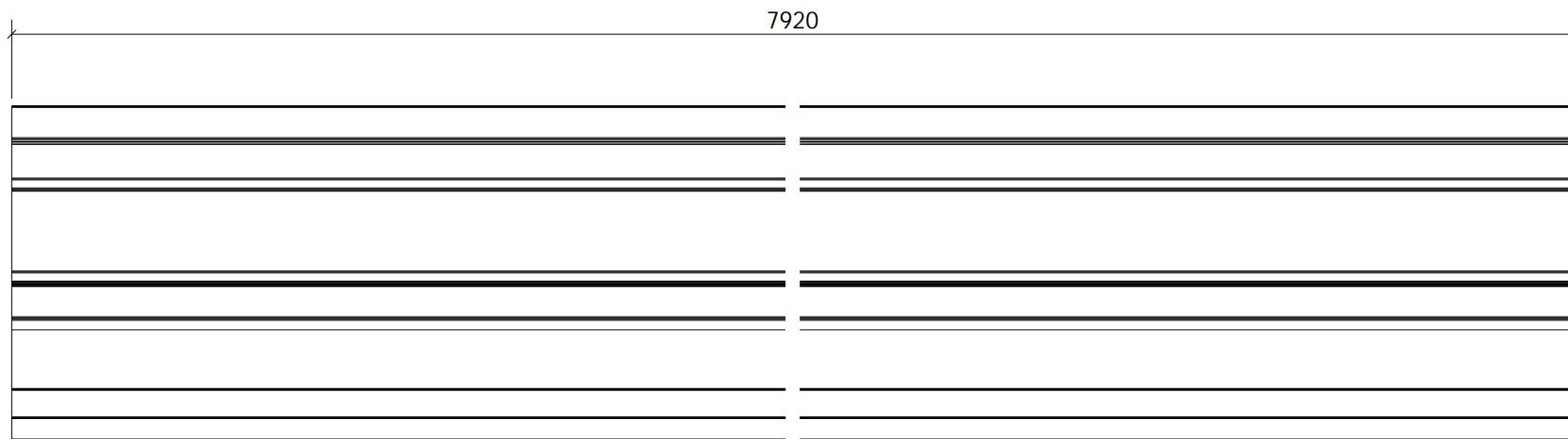
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.99	34	O200X2.5	6571	70.89	7.256	Steel_Und***
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[C.99]	ESCALA	1:10	A4	



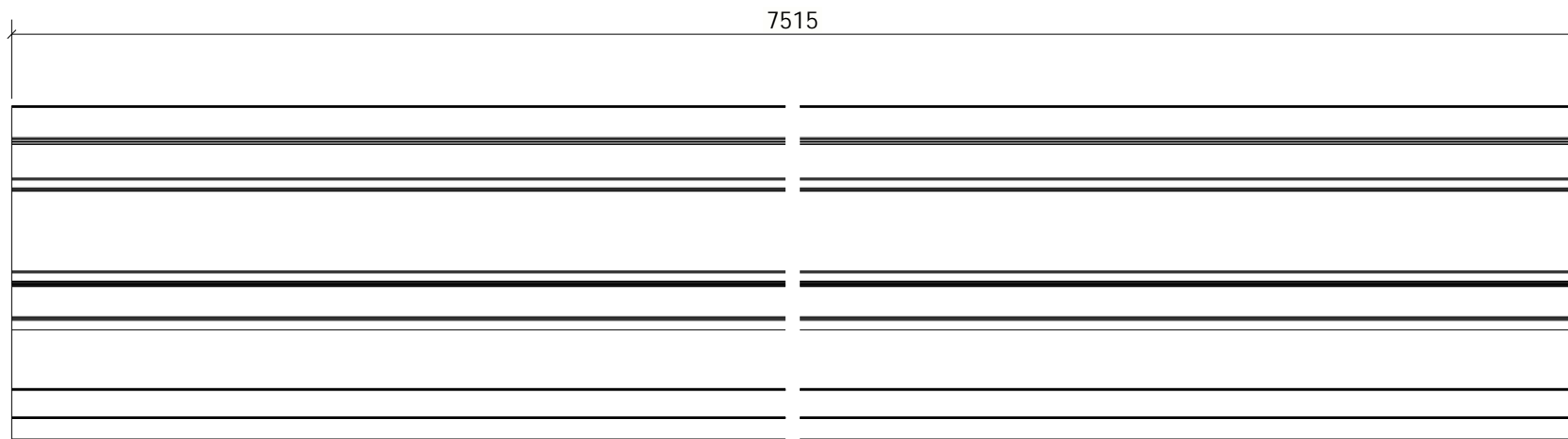
Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.106	49	O200X2.5	6530	70.44	7.210	Steel_Und***
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.106]	ESCALA	1:10	A4		



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.115	12	O160X1.5	6487	35.00	5.967	S350GD+Z
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.115]	ESCALA	1:15	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
M.2	72	O200X1.5	7920	51.40	8.757	S350GD+Z
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[M.2]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
M.4	24	O200X1.5	7515	48.77	8.309	S350GD+Z
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[M.4]	ESCALA	1:5	A4		

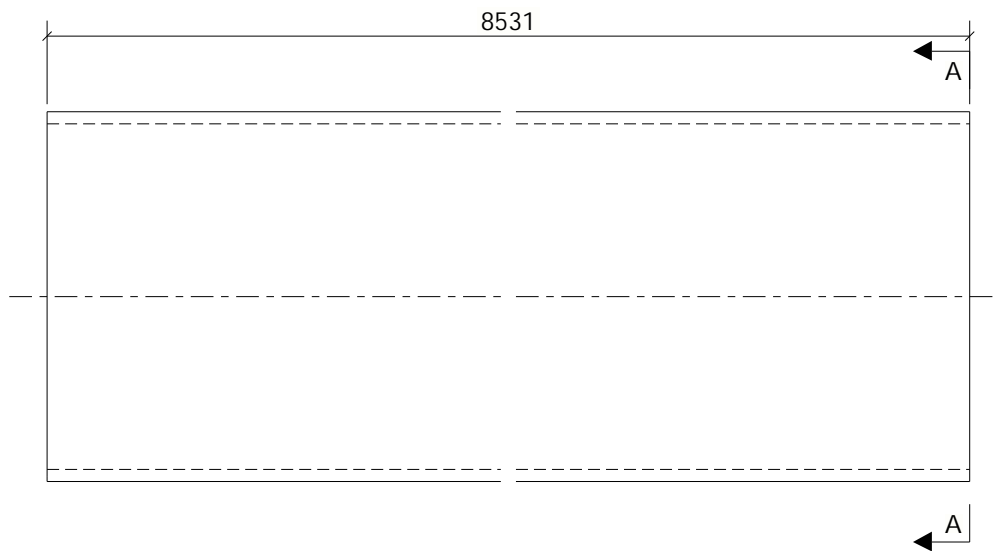


Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.120	3	CHS244.5*8.0	8570	396.57	6.576	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[C.120]	ESCALA	1:5	A4	



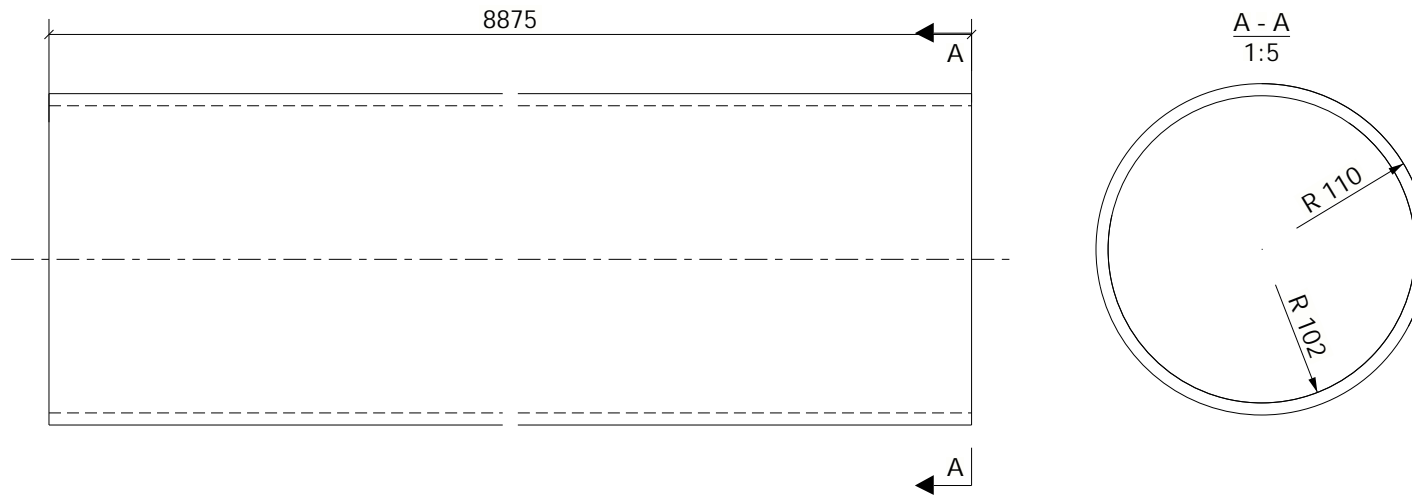
Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.121	3	CHS244.5*8.0	8531	394.72	6.545	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

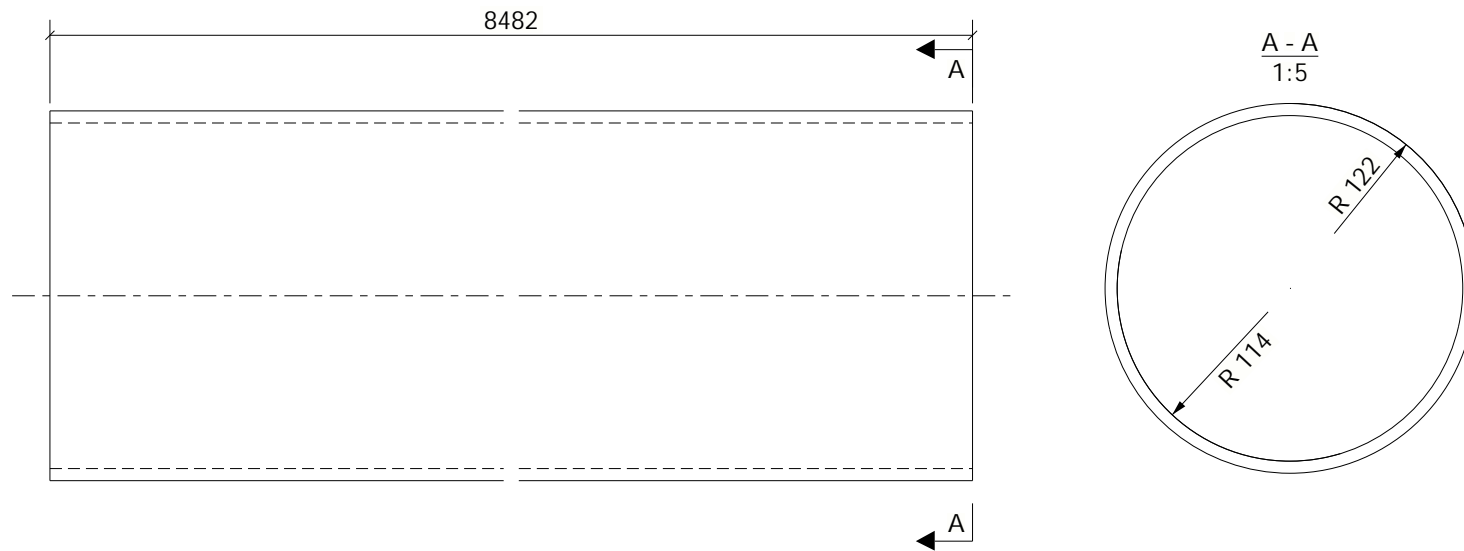
isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.121]	ESCALA	1:5

A4



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.122	8	CHS219.1*8.0	8874	366.53	6.101	S355J2H
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[C.122]	ESCALA	1:5	A4		

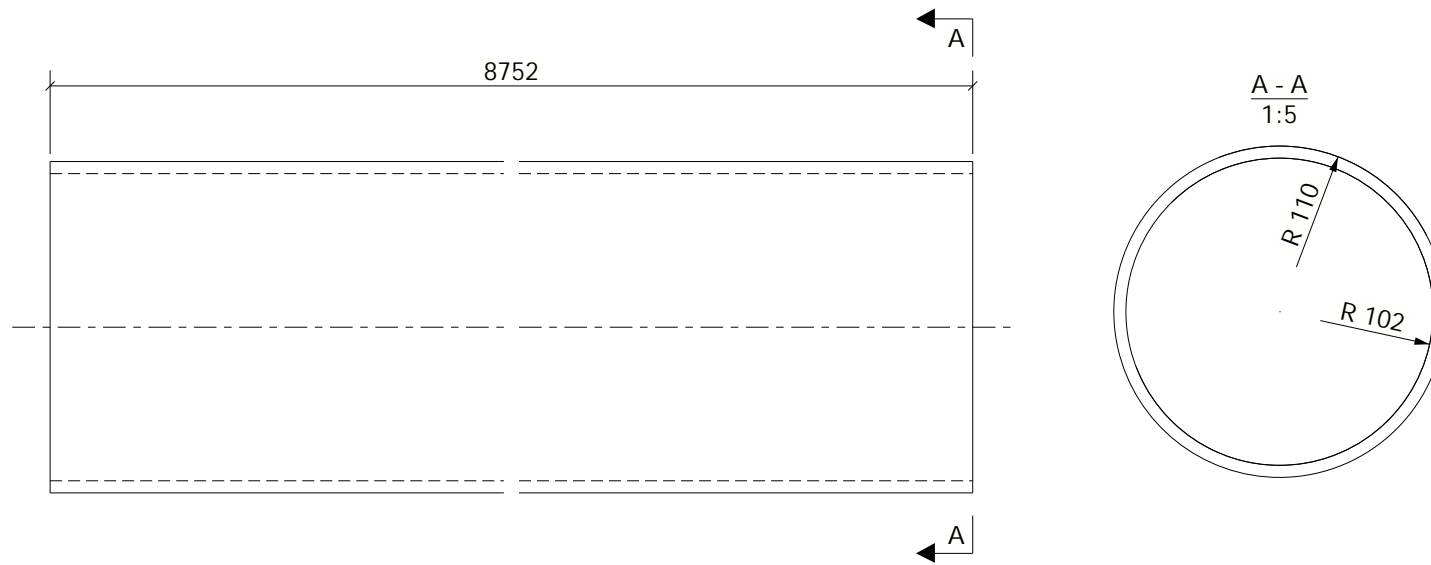


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
C.123	3	CHS244.5*8.0	8482	392.46	6.508	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.123]	ESCALA	1:5	

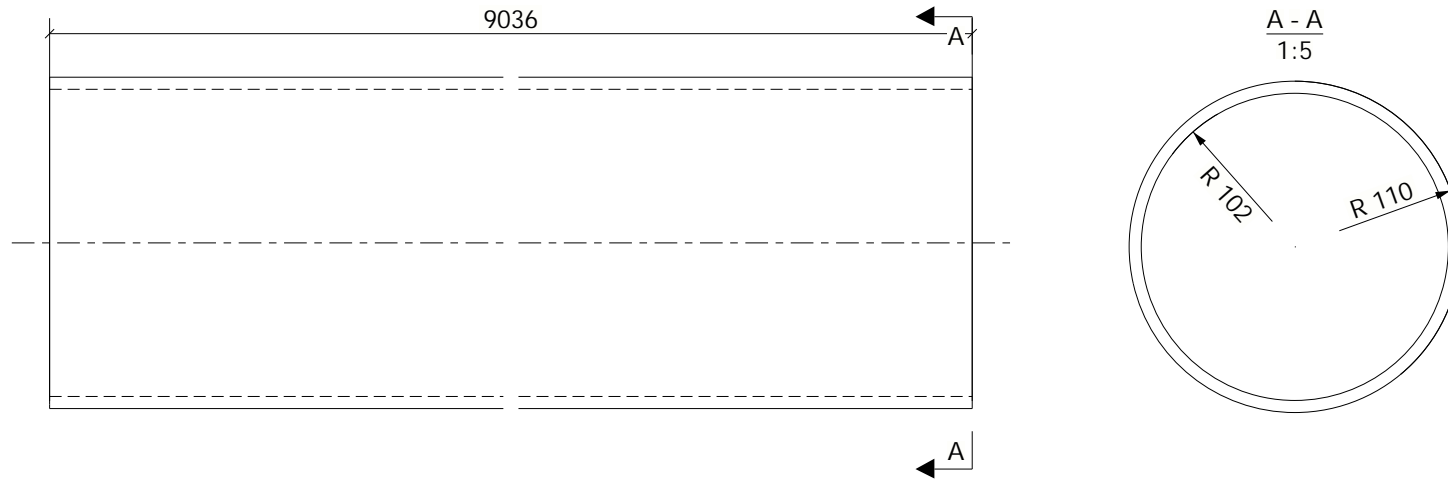


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.1	4	CHS219.1*8.0	8751	361.45	6.017	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.1]	ESCALA	1:5	A4	

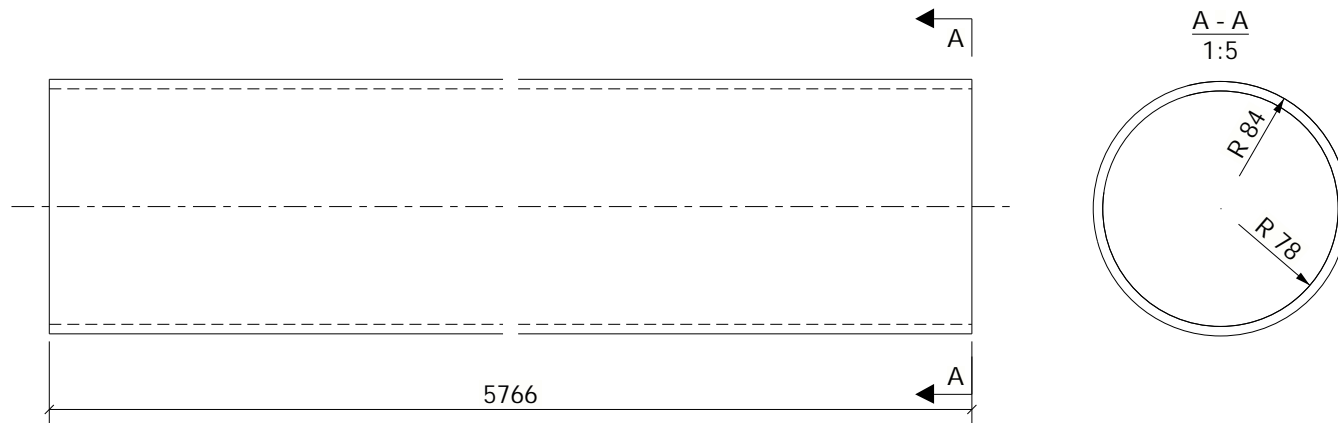


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.2	8	CHS219.1*8.0	9035	373.18	6.212	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.2]	ESCALA	1:5	A4	

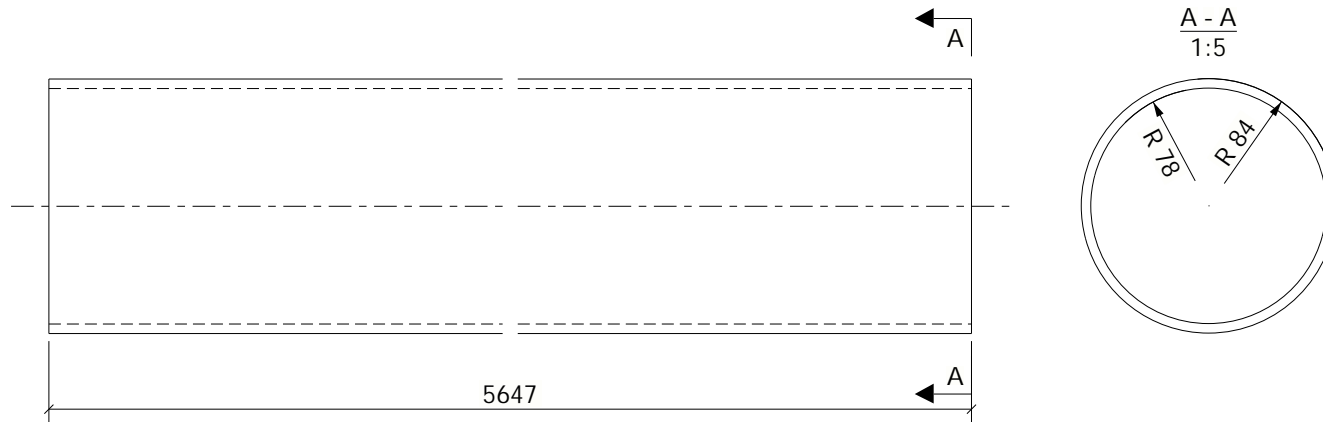


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.5	6	CHS168.3*6.3	5765	143.48	3.043	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.5]	ESCALA	1:5	A4	

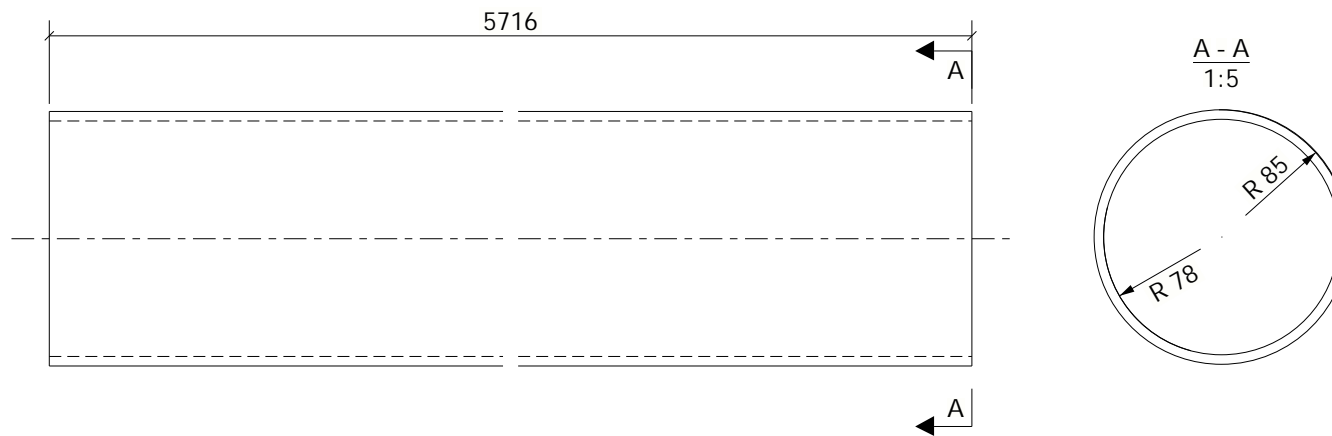


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.6	16	CHS168.3*6.3	5647	140.52	2.981	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.6]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.7	12	CHS168.3*6.3	5715	142.23	3.017	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

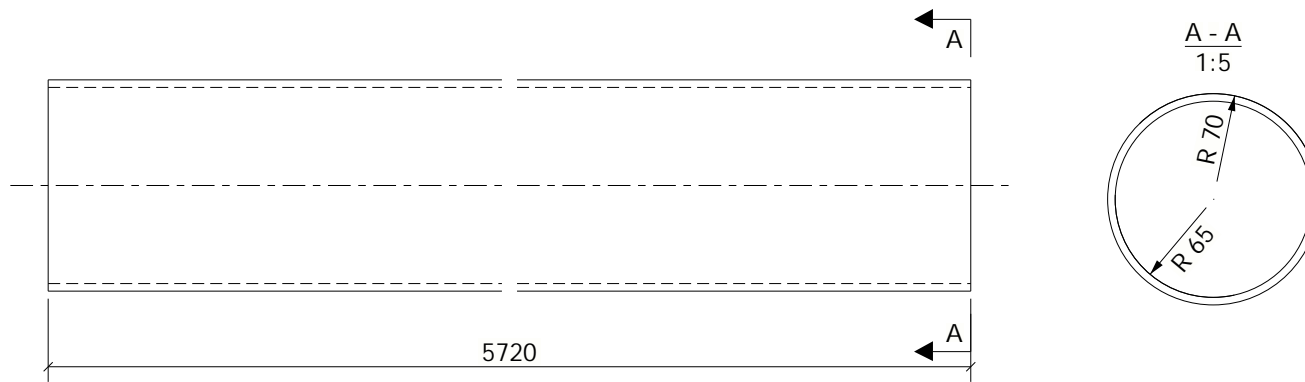
DATA

REFERENCIA [T.7]

ESCALA

1:5

A4

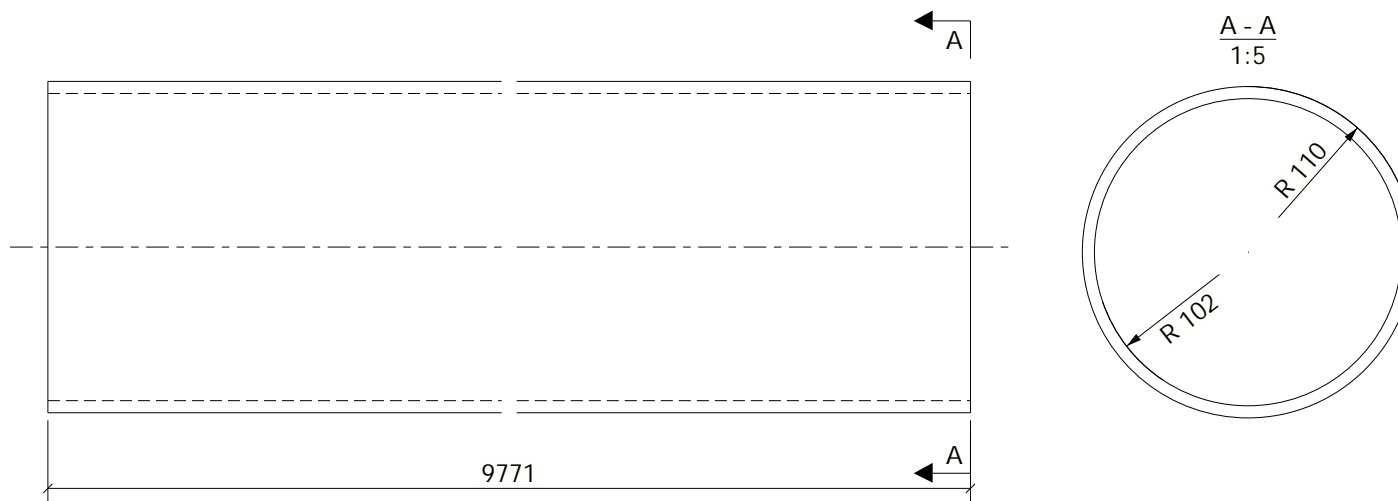


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.8	24	CHS139.7*5.0	5719	93.45	2.502	S355J2H

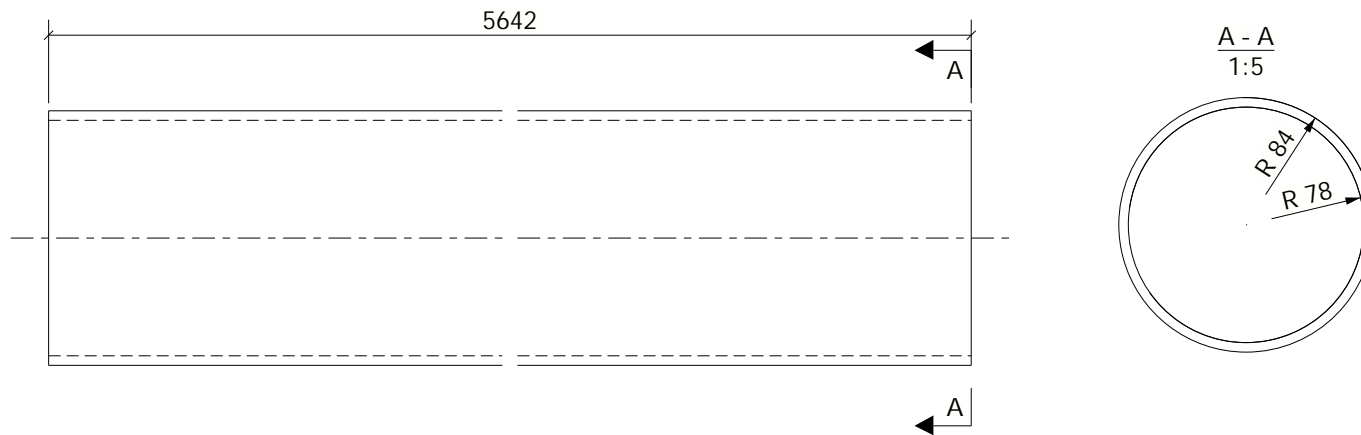
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.8]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.10	4	CHS219.1*8.0	9771	403.55	6.717	S355J2H
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[T.10]	ESCALA	1:5	A4		

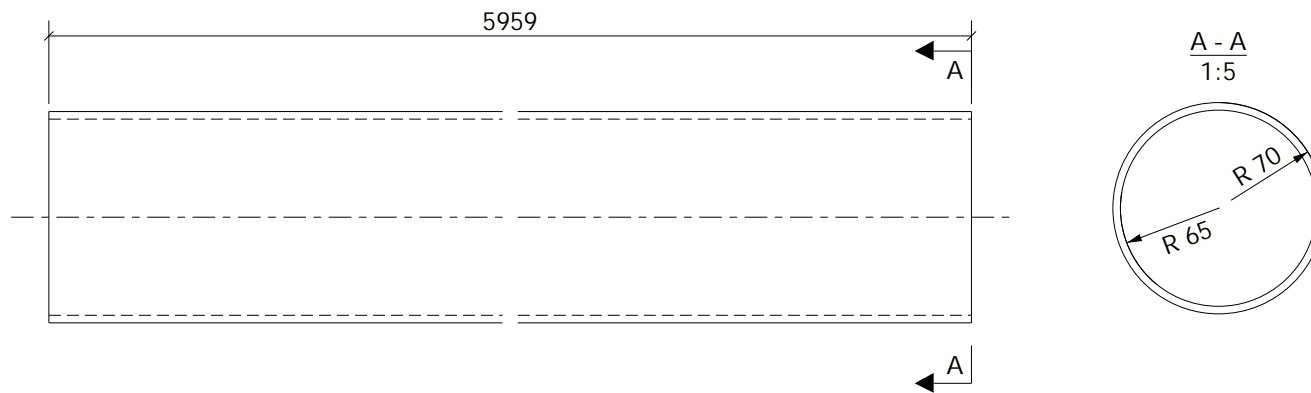


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.11	8	CHS168.3*6.3	5642	140.40	2.978	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.11]	ESCALA	1:5	A4	

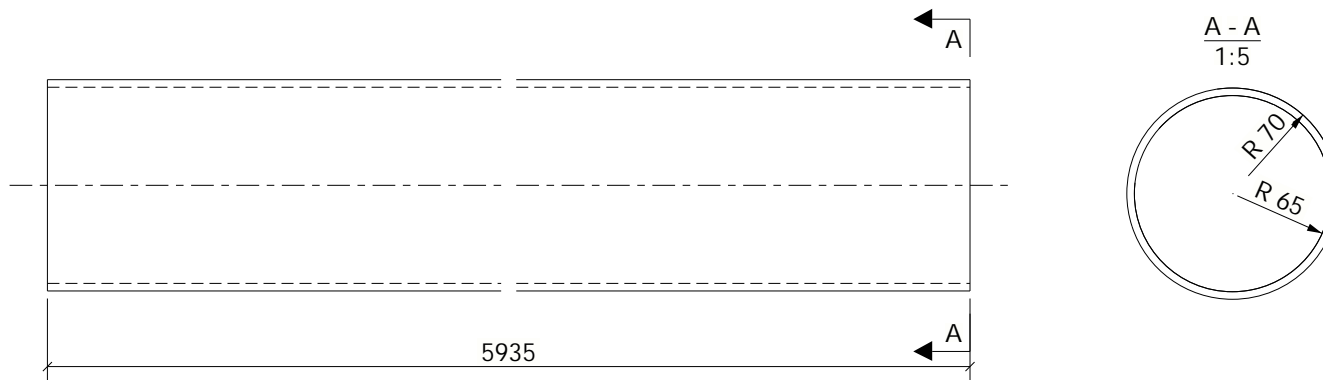


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.12	16	CHS139.7*5.0	5958	97.35	2.607	S355J2H

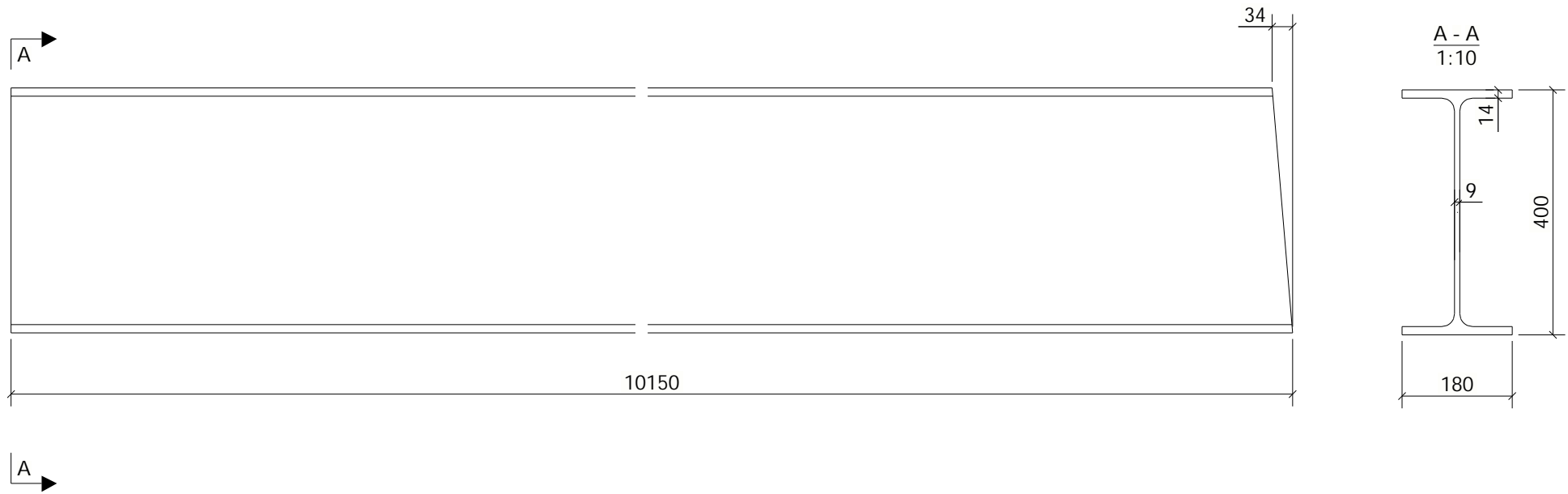
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[T.12]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
T.13	8	CHS139.7*5.0	5935	96.97	2.596	S355J2H
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[T.13]	ESCALA	1:5	A4	

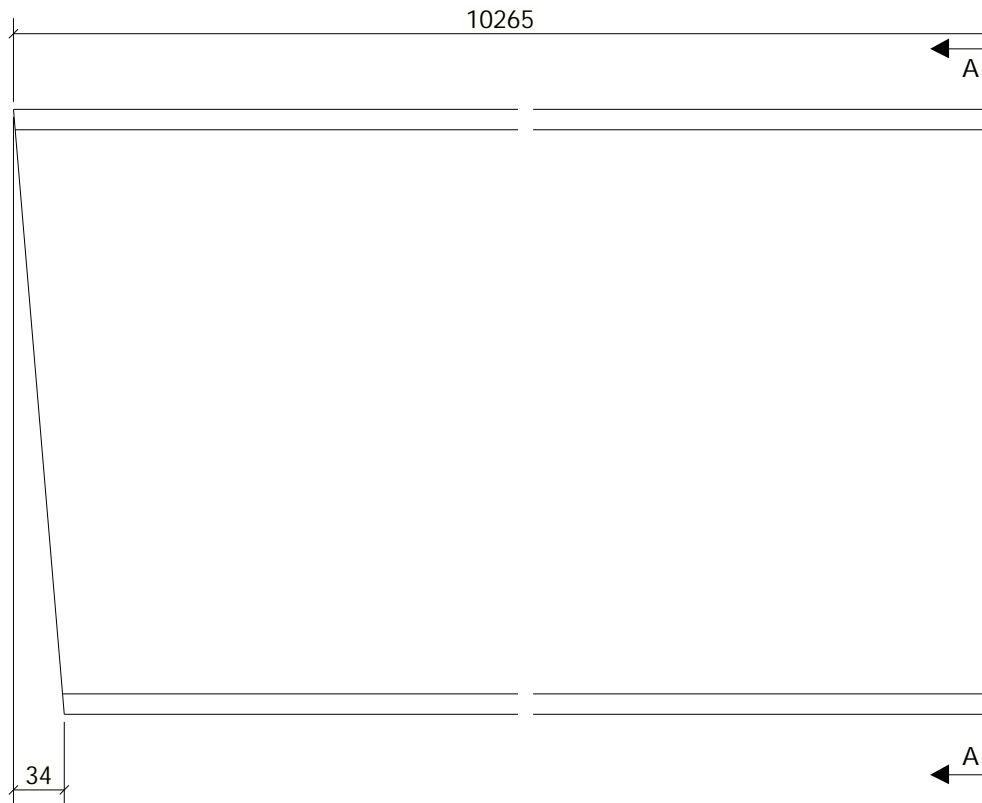
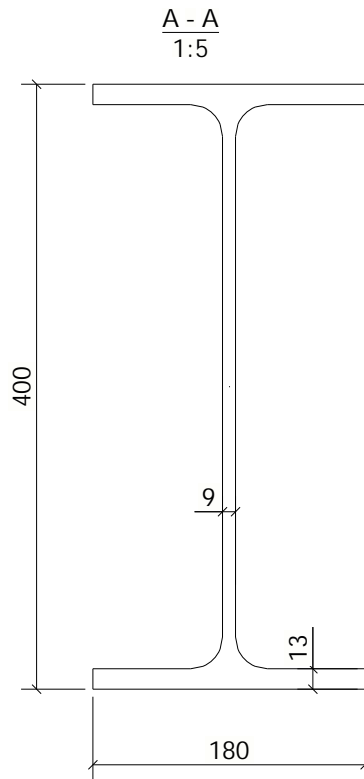


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
V.1	4	IPE400	10150	674.70	14.872	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[V.1]	ESCALA	1:10	

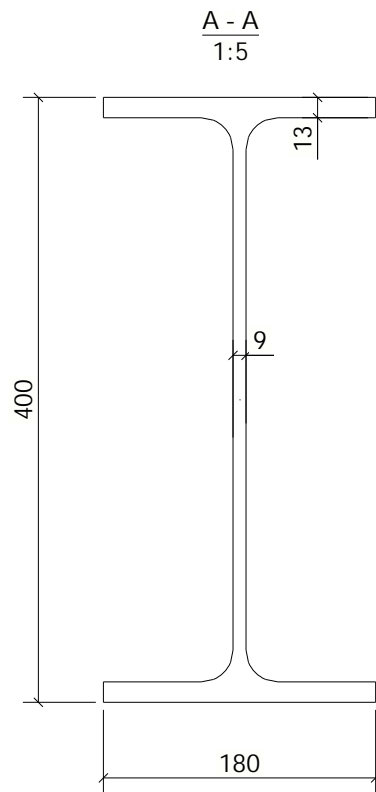


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
V.24	4	IPE400	10265	682.35	15.040	S275JR

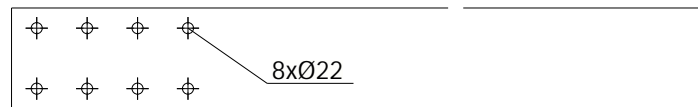
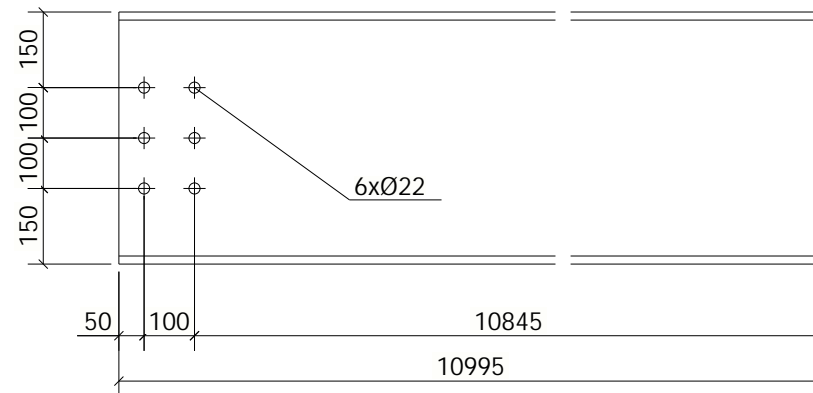
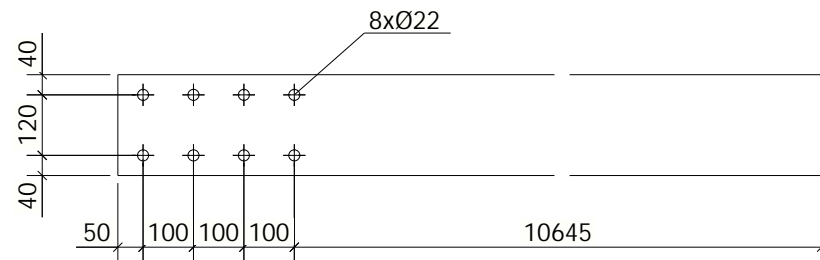
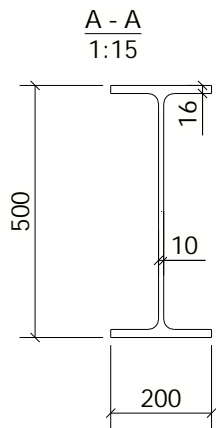
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[V.24]	ESCALA	1:5	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
V.25	10	IPE400	10269	682.65	15.047	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			 Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHO		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[V.25]	ESCALA	1:5	A4	



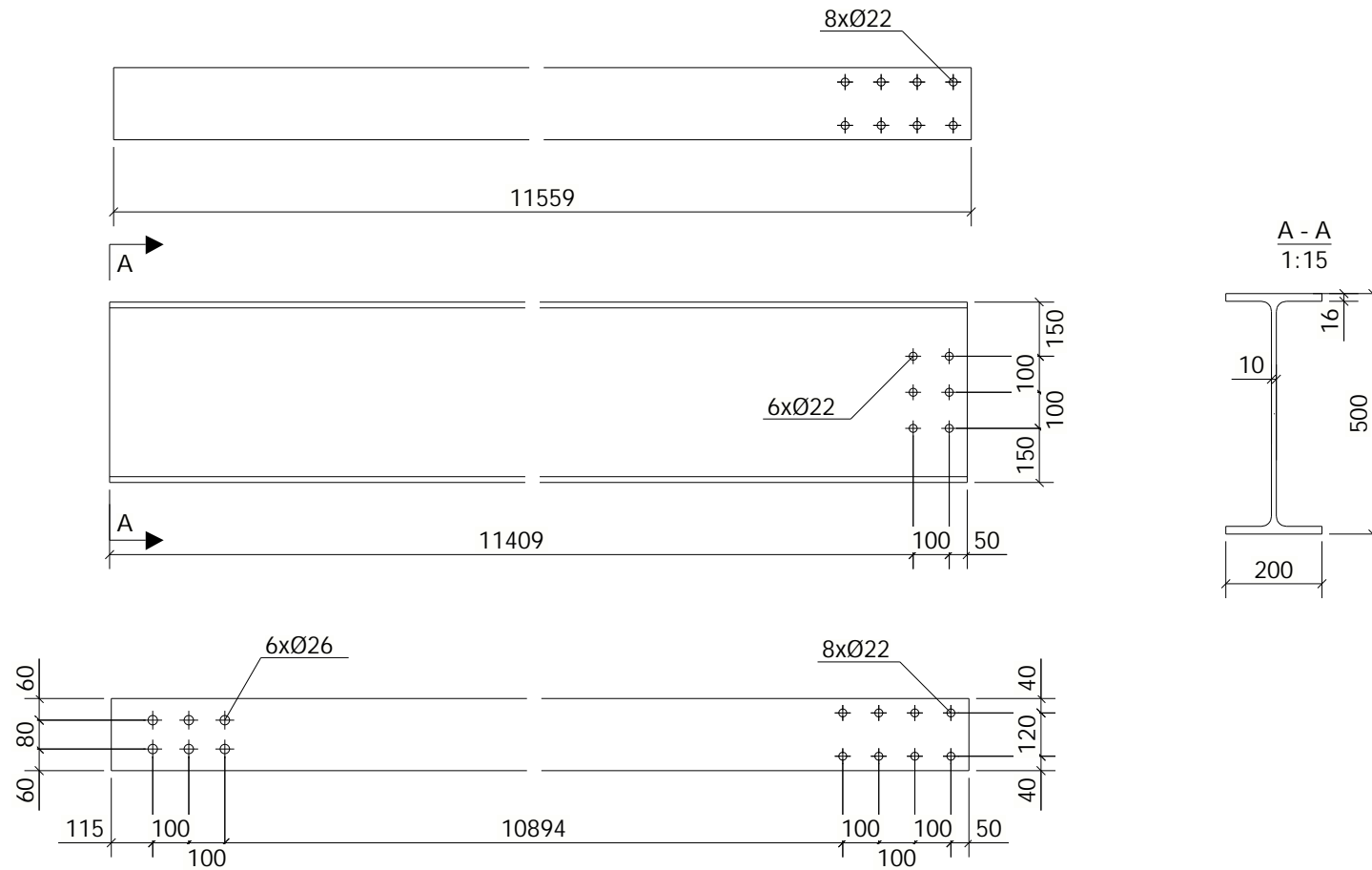
Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.0	14	IPE500	10995	1000.13	19.184	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

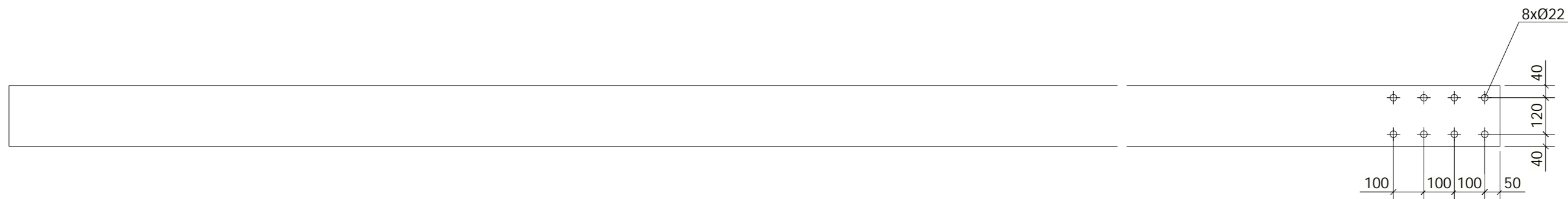
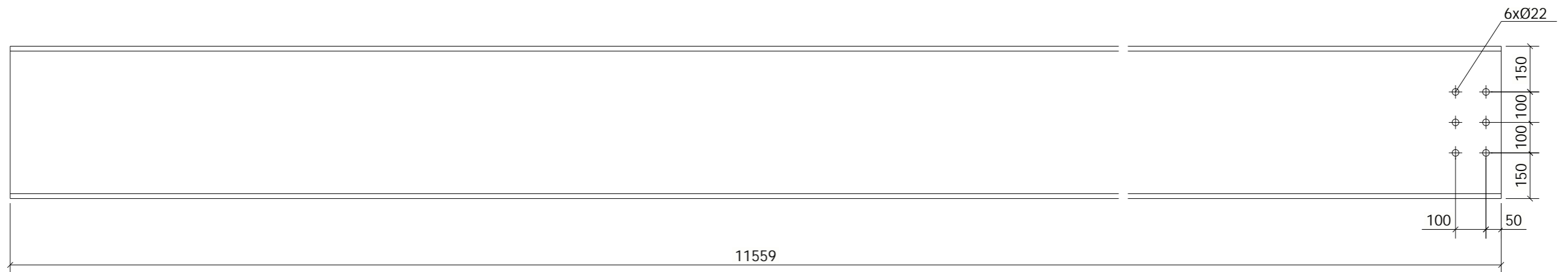
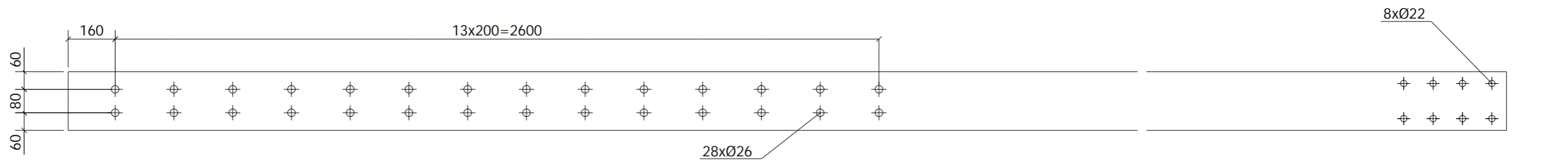
isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[P.0]	ESCALA	1:15

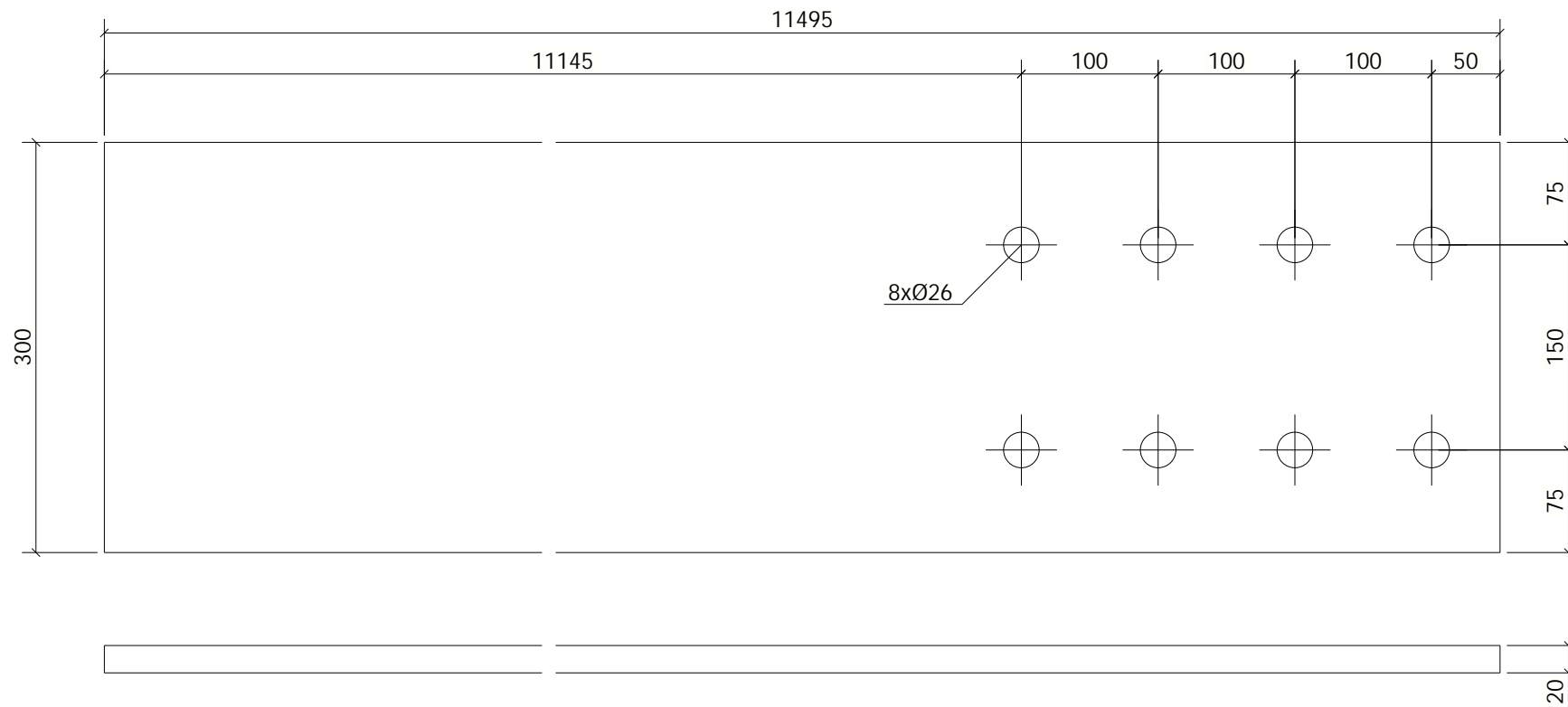
A4



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.1	1	IPE500	11559	1051.43	20.167	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			isep Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[P.1]	ESCALA	1:15	1:20	A4	



Peça	Qty.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
P.25	10	IPE500	11559	1051.43	20.167	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[P.25]	ESCALA	1:15	A3		



Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.2	16	PL20X300	11495	541.41	7.369	S275JR

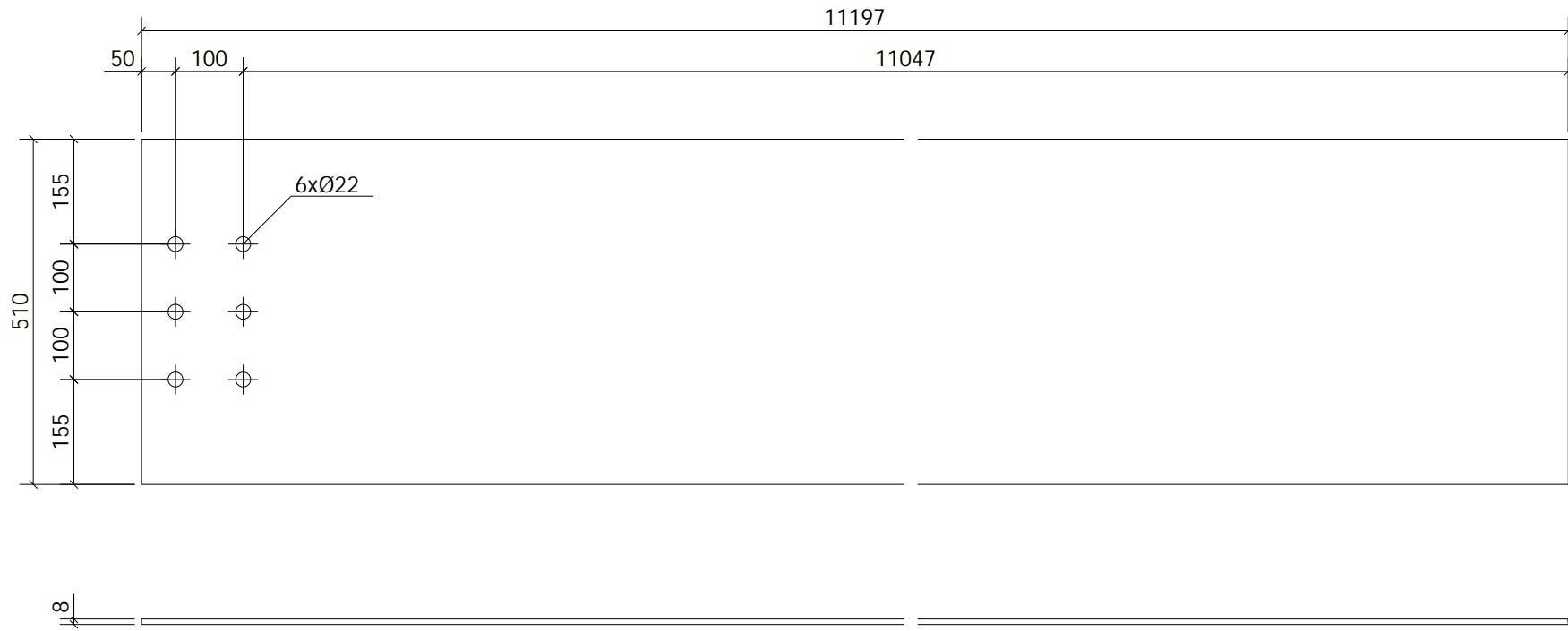
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

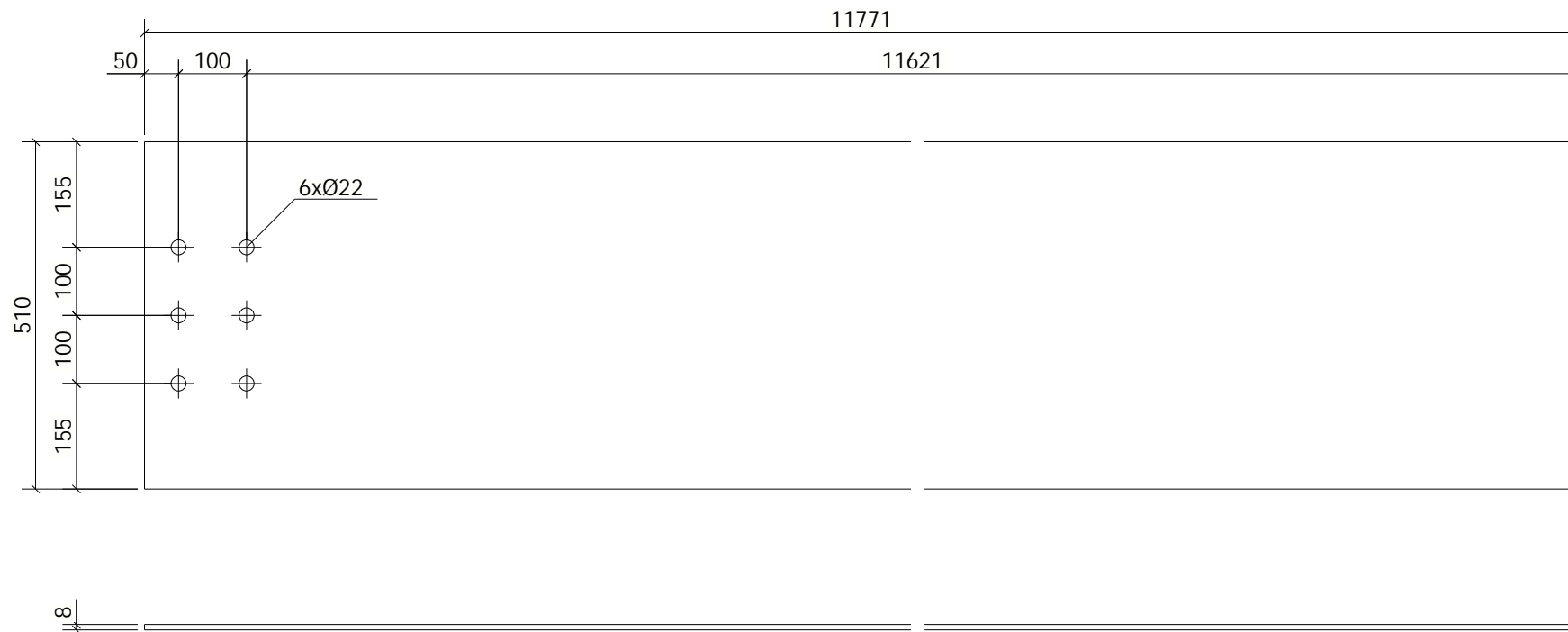
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[PR.2]	ESCALA	1:5	A4	



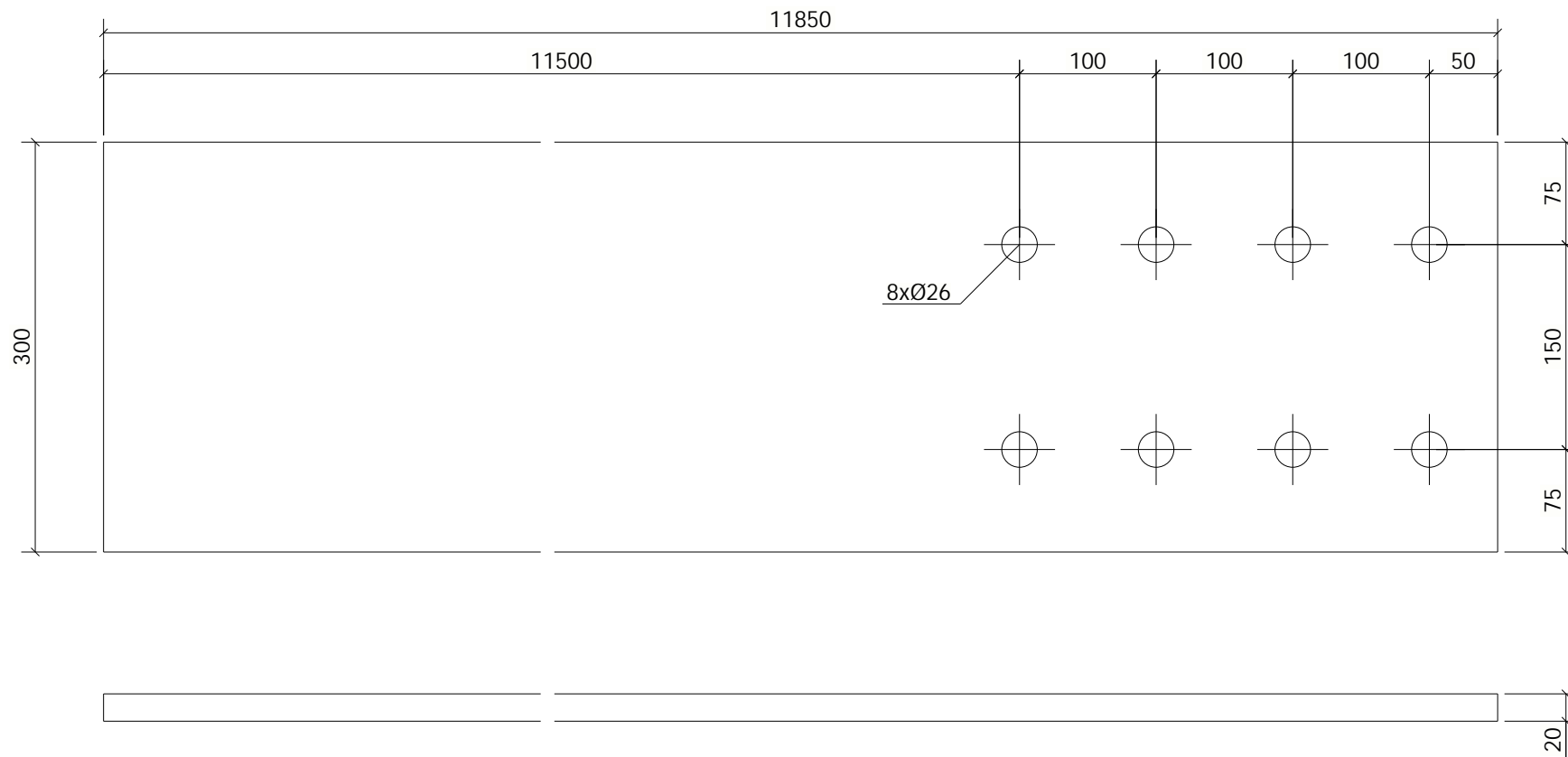
Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.3	8	PL8X510	11495	368.16	11.917	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[PR.3]	ESCALA	1:10	A4		



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.5	4	PL8X510	11196	358.59	11.608	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA		[PR.5]	ESCALA	1:10		
						A4



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.7	4	PL8X510	11770	376.99	12.203	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[PR.7]	ESCALA			

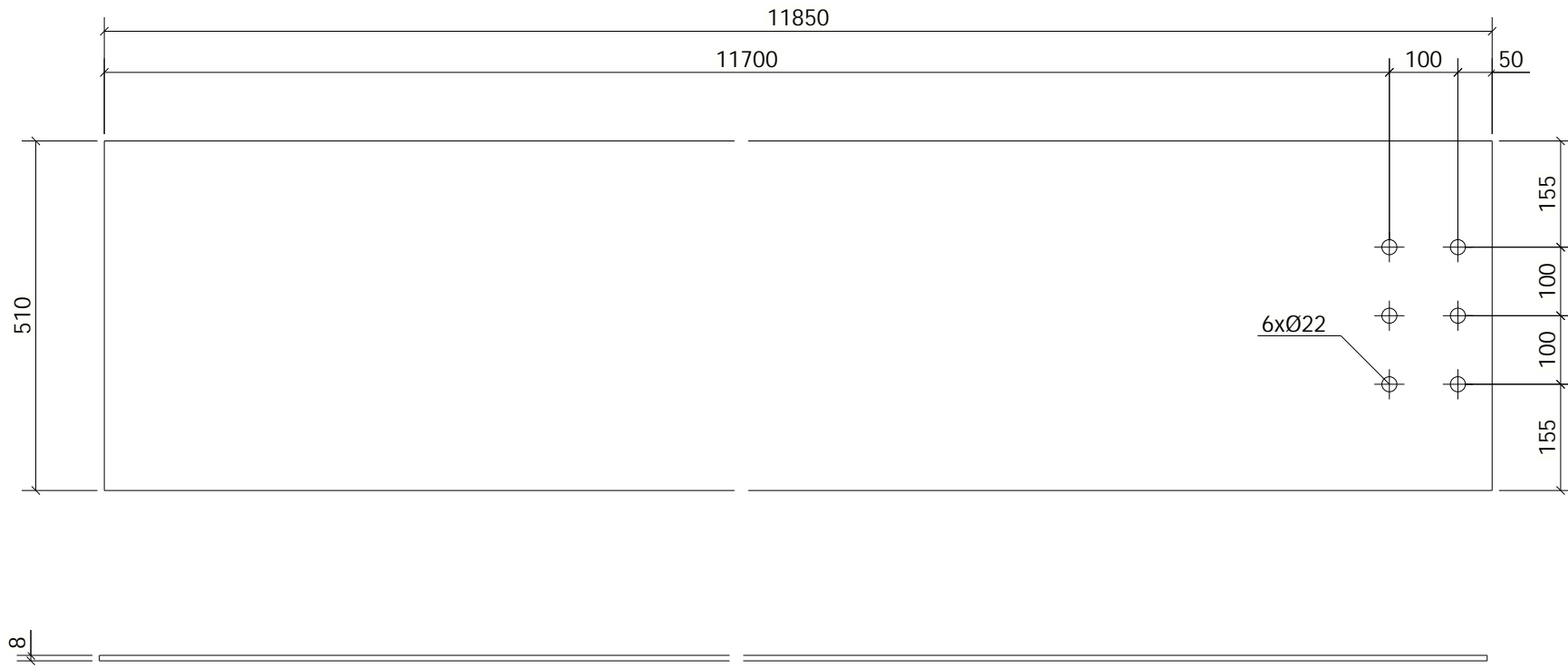


Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.8	4	PL20X300	11849	558.12	7.596	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[PR.8]	ESCALA	1:5	A4	

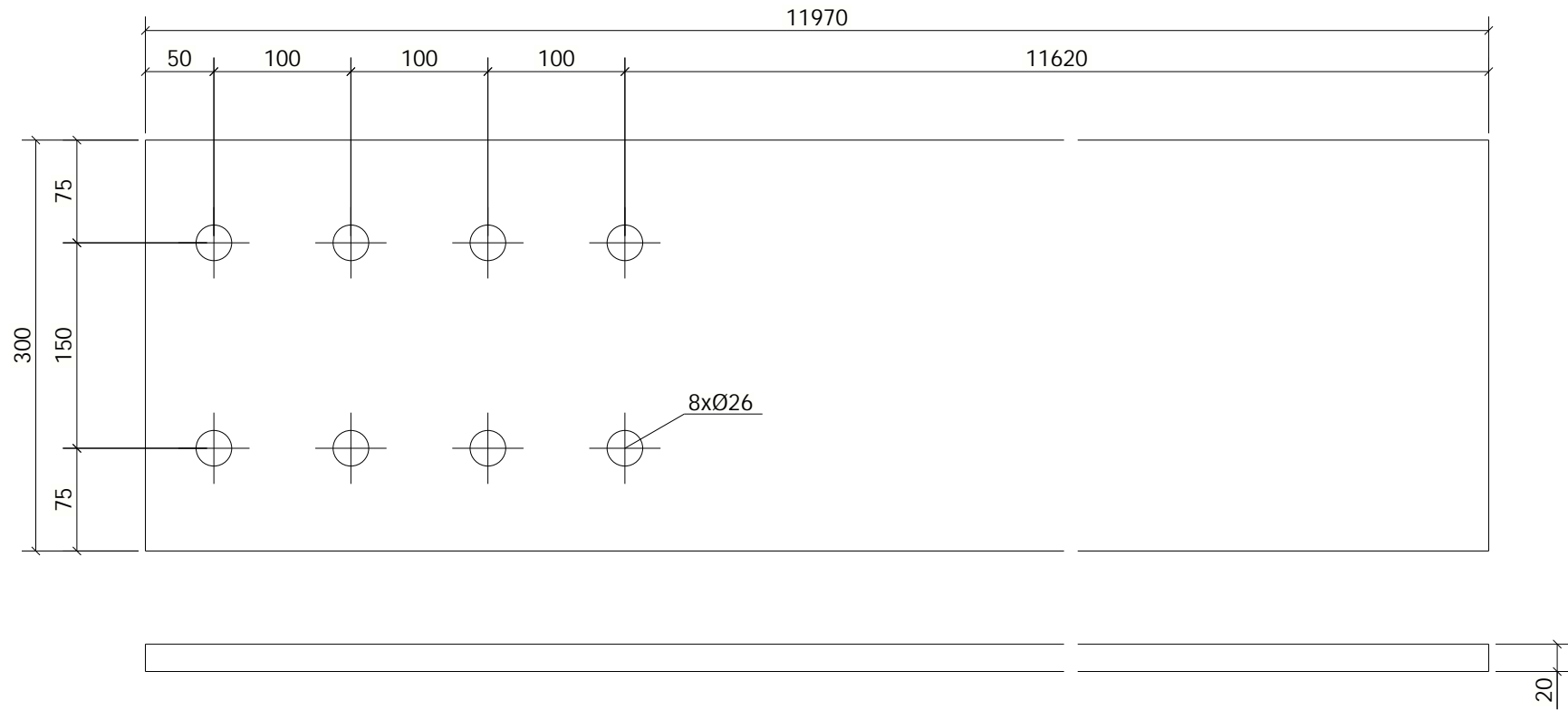


Peça	Qtd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.9	2	PL8X510	11849	379.52	12.284	S275JR

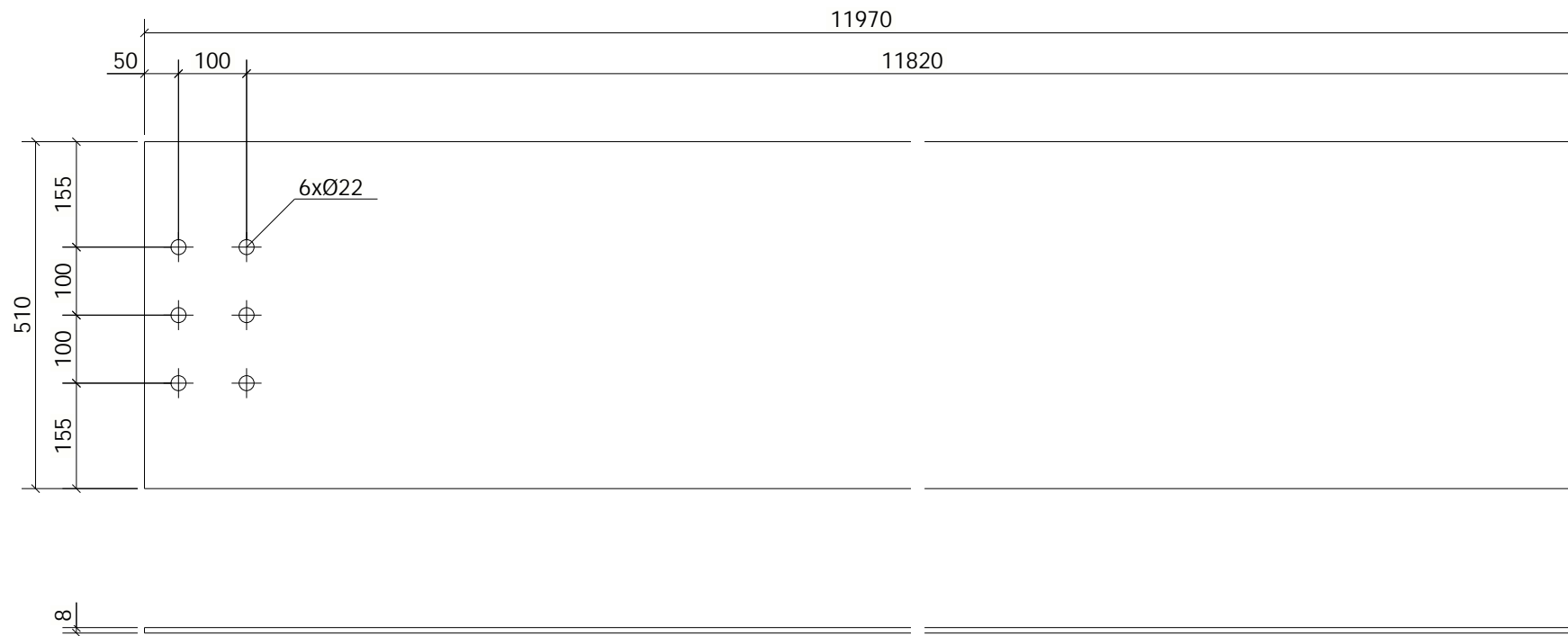
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

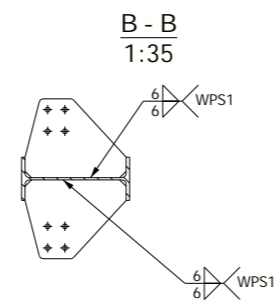
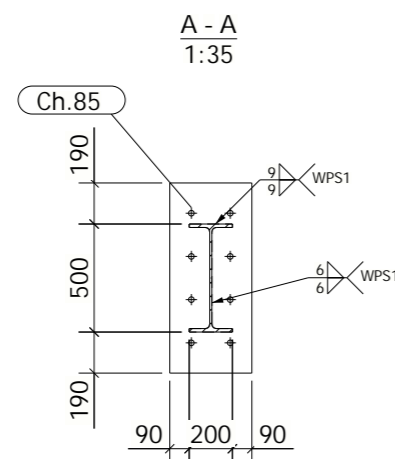
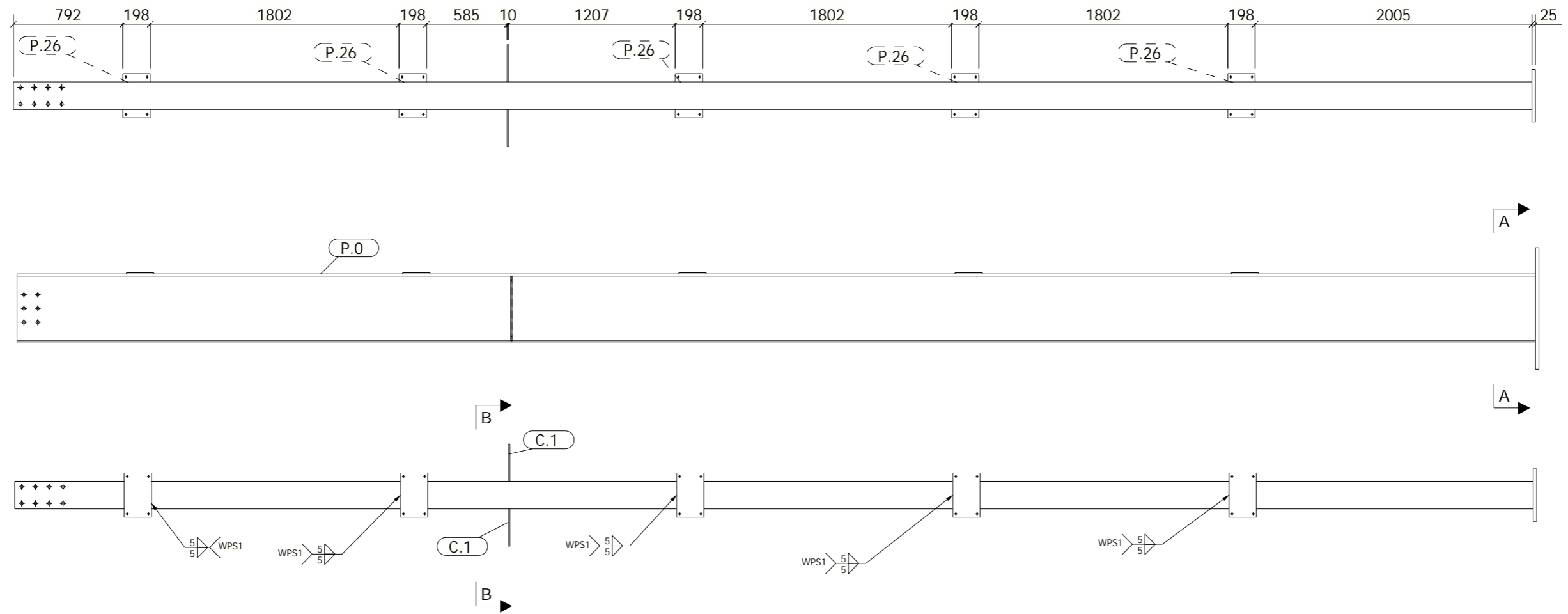
OBRA	Armazém Automatizado				
DESENHOU	Miguel Castro	DATA			
REFERENCIA	[PR.9]	ESCALA	1:10	A4	



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.17	4	PL20X300	11970	563.79	7.673	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.			 Instituto Superior de Engenharia do Porto			
OBRA		Armazém Automatizado				
DESENHOU		Miguel Castro	DATA		A4	
REFERENCIA		[PR.17]	ESCALA 1:5			



Peça	Otd.	Perfil	Comp.	Peso	Área	Material
PR.19	2	PL8X510	11970	383.38	12.409	S275JR
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.						
OBRA	Armazém Automatizado					
DESENHOU	Miguel Castro	DATA				
REFERENCIA	[PR.19]	ESCALA	1:10	A4		

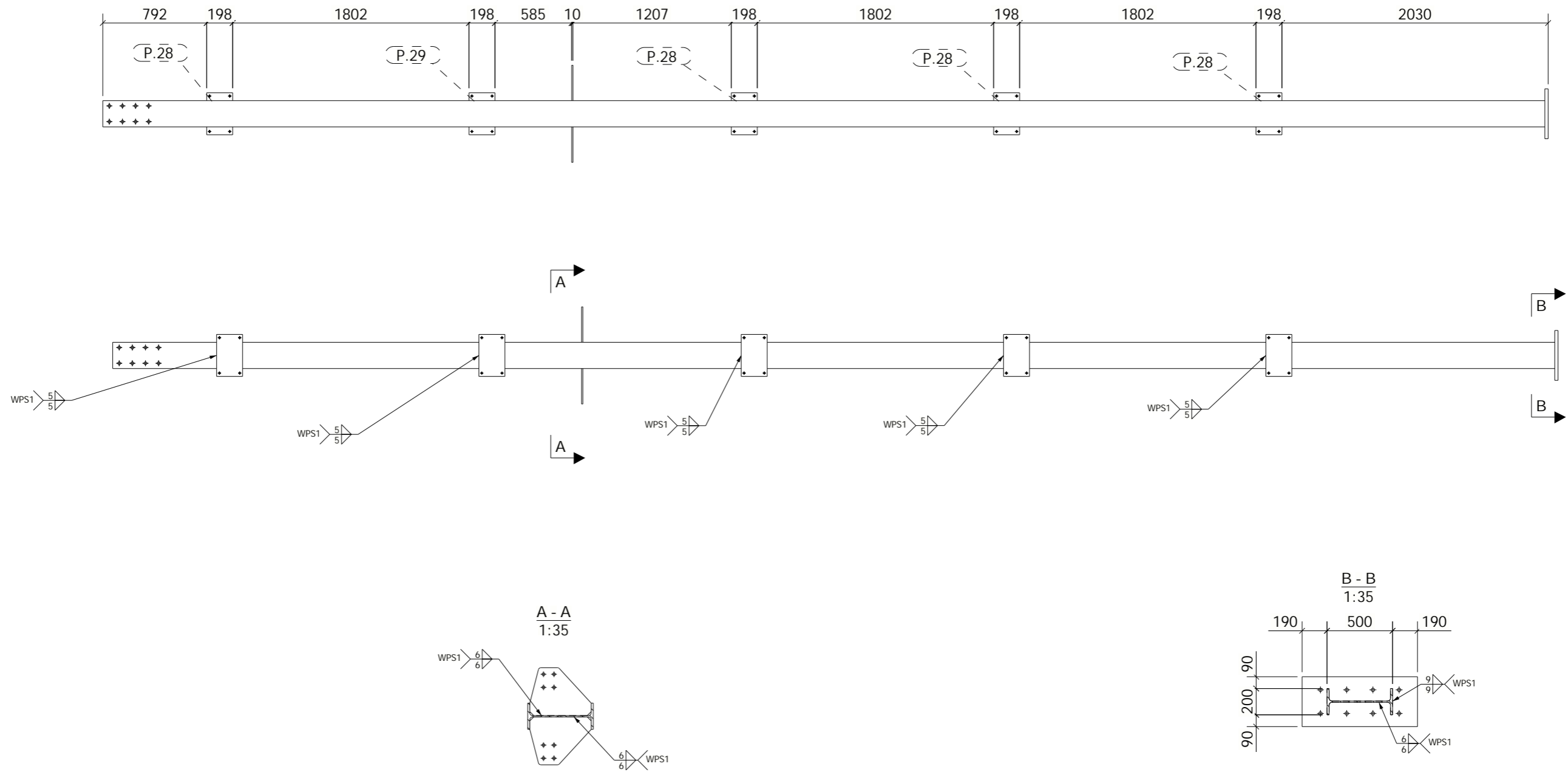


Conjunto		C.4		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1105.57 Kg	21.12 m ²	Comp. 11019mm Largura 880mm Altura 740mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.0	1	IPE500	10995	996.30	19.18	S275JR	
P.26	5	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.4]	ESCALA	1:35	

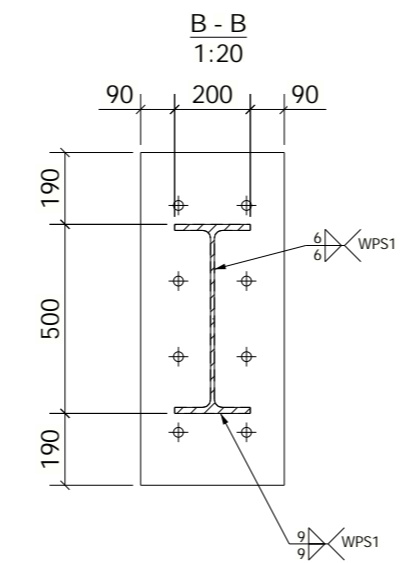
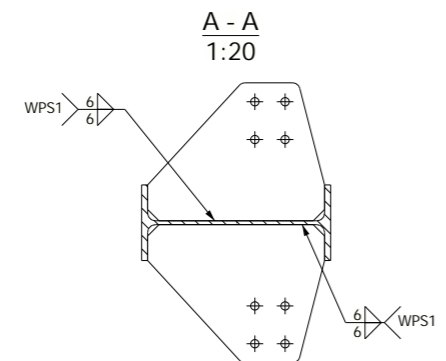
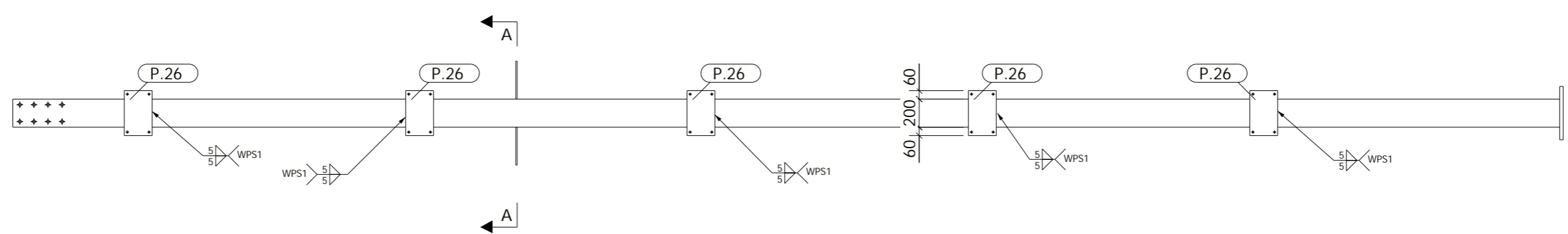
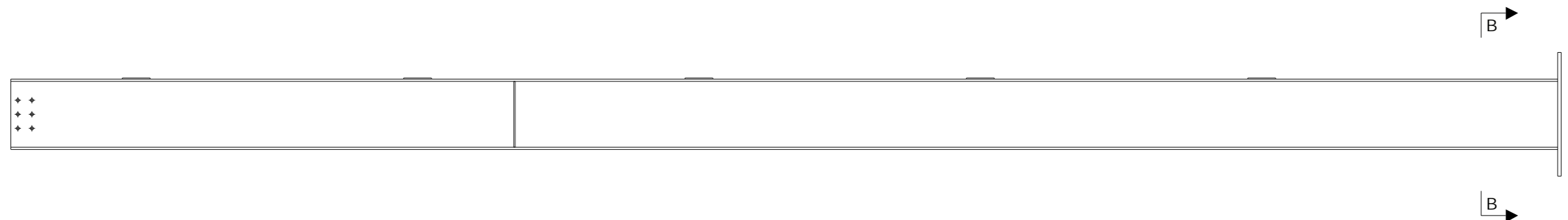
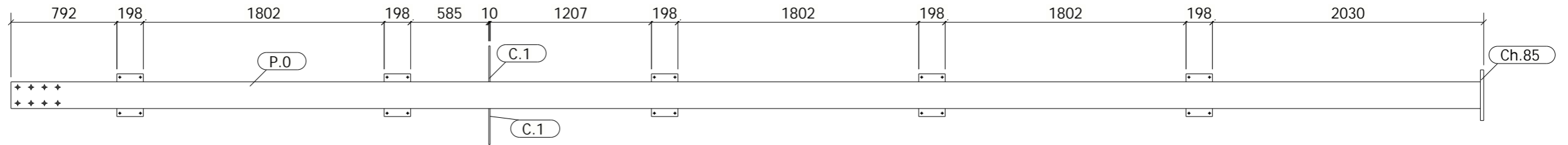


Conjunto		C.5		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1Un.	1105.57Kg	21.12 m ²	Comp. 11019mm Largura 880mm Altura 740mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.0	1	IPE500	10995	996.30	19.18	S275JR	
P.28	4	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	
P.29	1	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.5]	ESCALA	1:35	

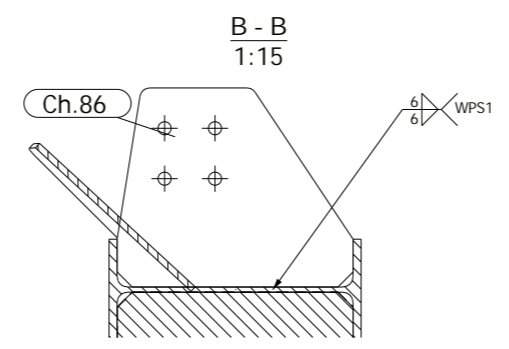
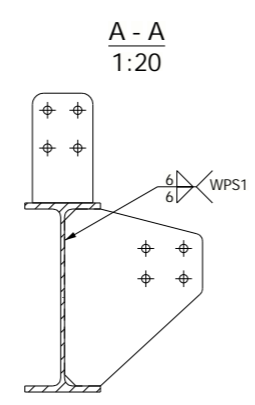
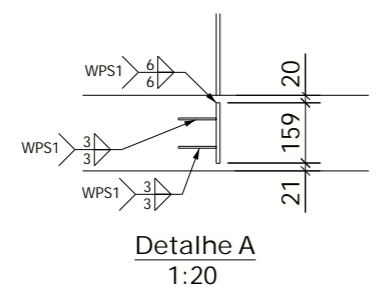
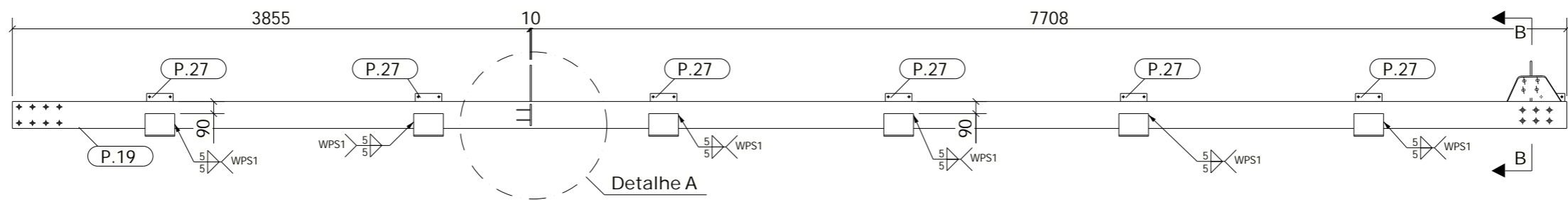
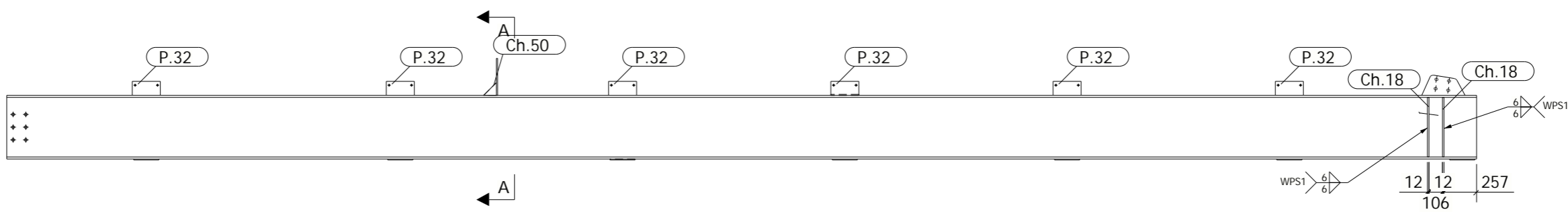
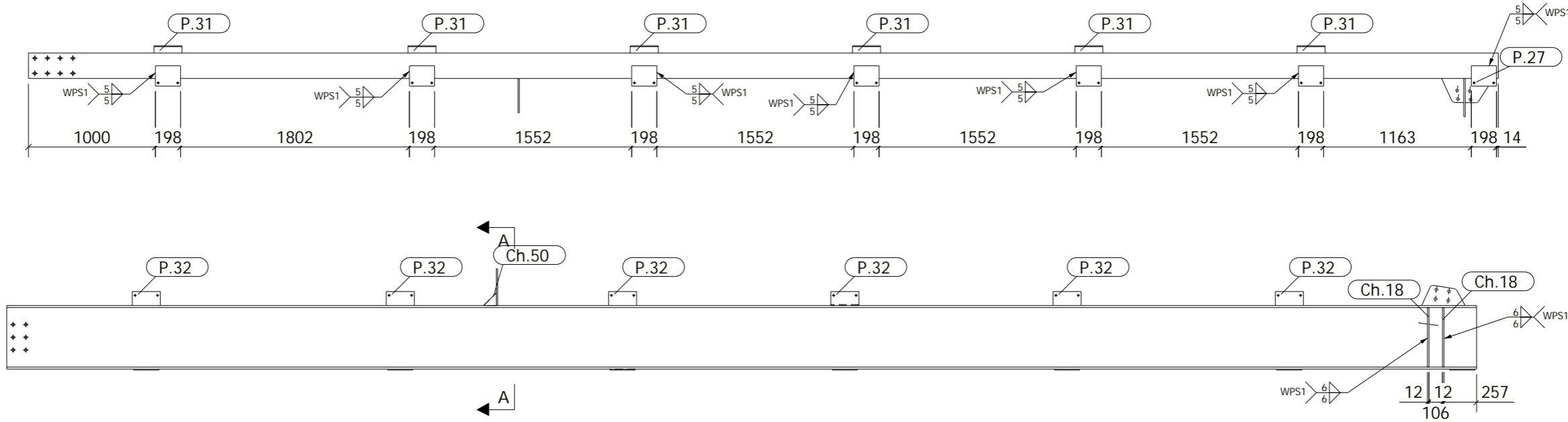


Conjunto		C.10		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1105.57 Kg	21.12 m ²	Comp. 11019mm Largura 880mm Altura 740mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.0	1	IPE500	10995	996.30	19.18	S275JR	
P.26	5	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.10]	ESCALA	1:35	



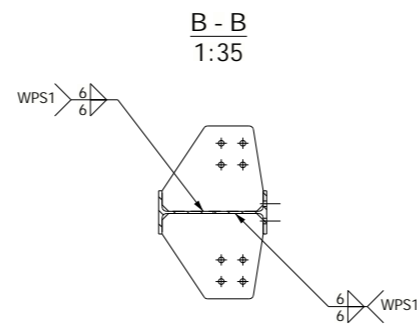
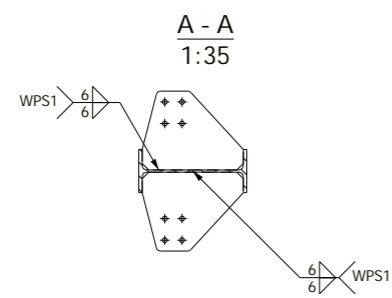
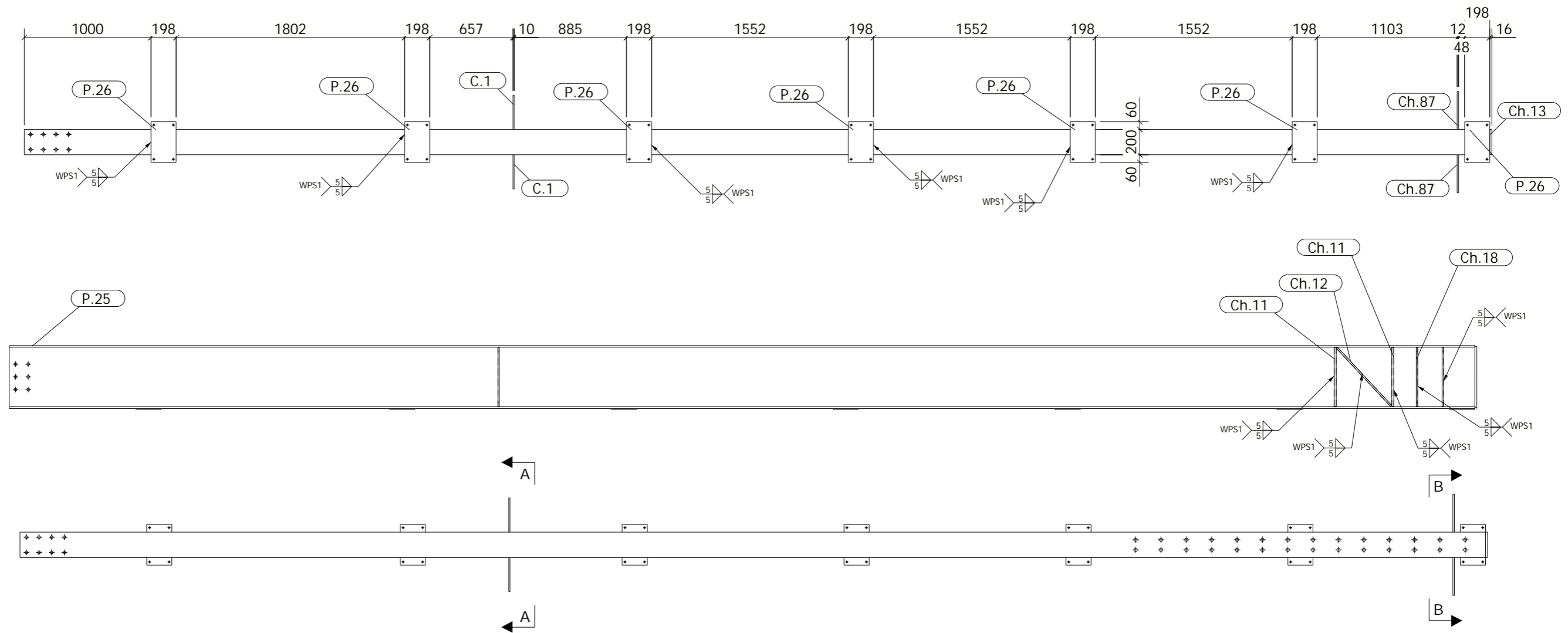
Conjunto		C.13		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1205.29Kg	24.65 m ²	Comp. 13740mm Largura 798mm Altura 557mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	1	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.18	2	PL12X94.9	468	4.08	0.10	S275JR	
Ch.36	1	PL12X422.2	425	13.38	0.30	S275JR	
Ch.49	1	PL10X160	290	3.60	0.10	S275JR	
Ch.50	2	BARRA5X100	100	0.20	0.01	S235JR	
Ch.86	1	PL12X394.9	468	13.76	0.31	S275JR	
P.19	1	IPE500	11573	1048.68	20.19	S275JR	
P.27	7	PL8X160	198	1.98	0.07	S235JR	
P.31	6	PL8X160	221	2.21	0.08	S235JR	
P.32	6	BARRA8X110	221	1.52	0.05	S235JR	
PR.10	1	IPE240	2165	66.53	2.00	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.13]	ESCALA	1:15 1:20

A3

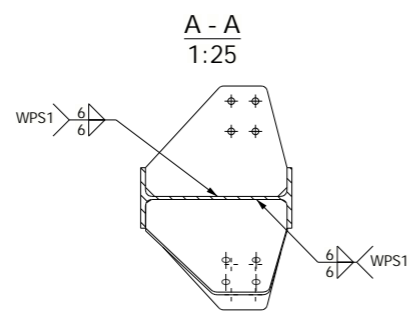
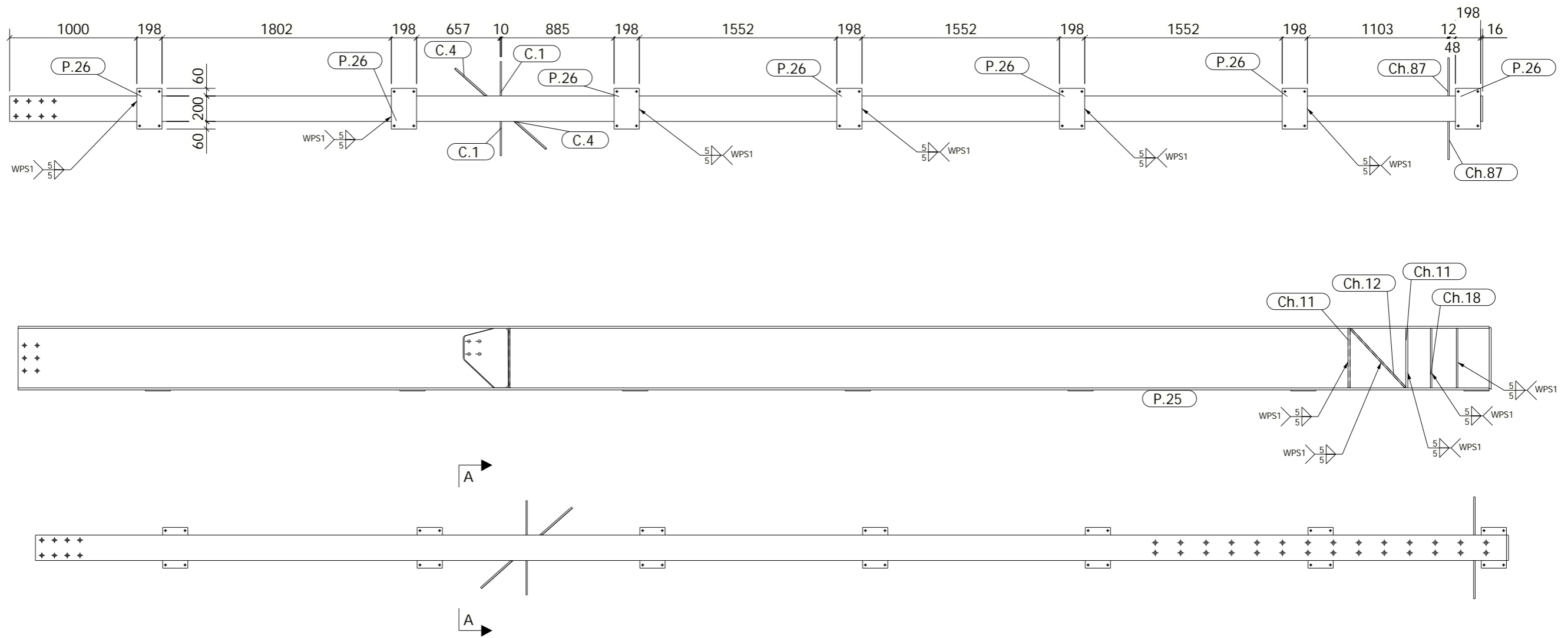


Conjunto		C.273		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1252.97Kg	25.57 m ²	Comp. 13740mm Largura 507mm Altura 800mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.11	4	PL16X95	468	5.44	0.10	S275JR	
Ch.12	2	PL12X94.7	629	5.50	0.13	S275JR	
Ch.13	1	PL16X200	480	12.01	0.21	S275JR	
Ch.18	2	PL12X94.9	468	4.08	0.10	S275JR	
Ch.87	2	PL12X394.9	468	13.76	0.31	S275JR	
P.25	1	IPE500	11559	1047.41	20.17	S275JR	
P.26	7	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	
P.239	2	PL8X198	250	3.10	0.11	S235JR	
PR.35	1	IPE240	2165	66.53	2.00	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.273]	ESCALA	1:35	

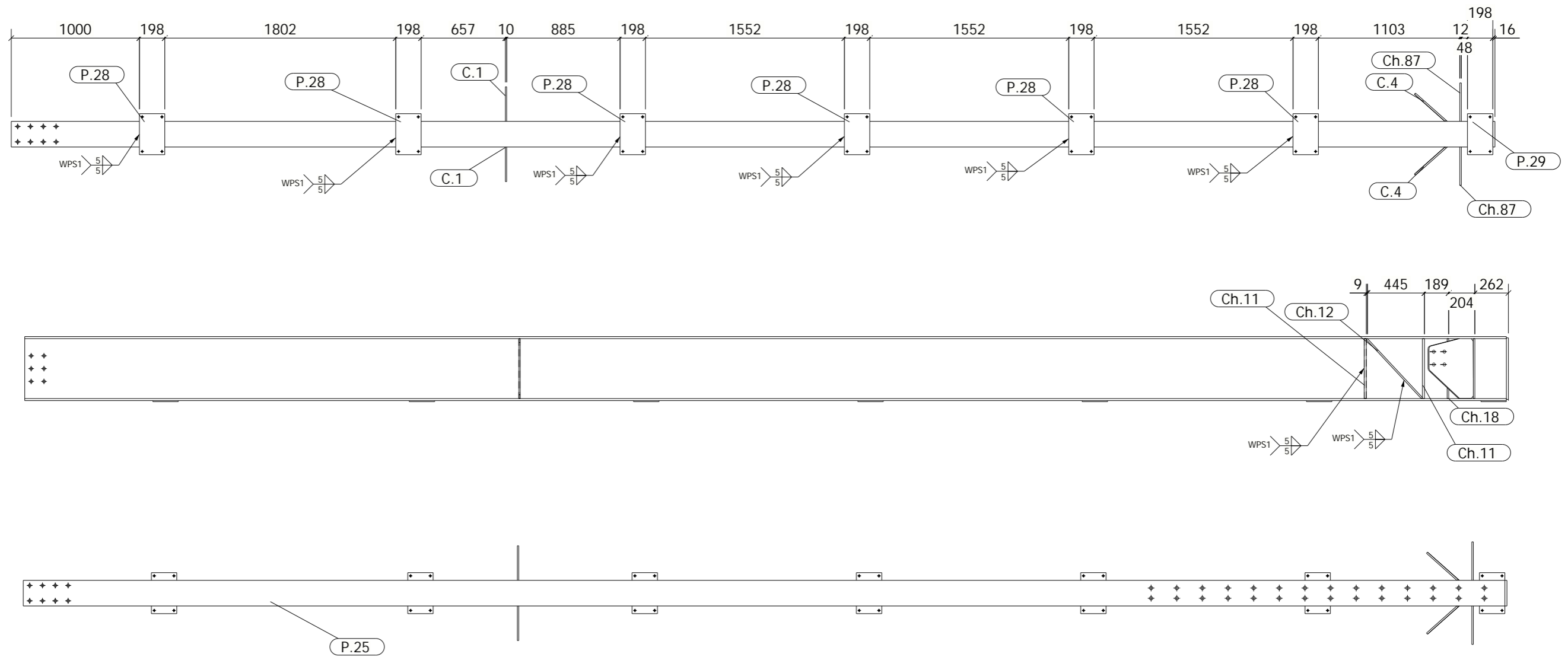


Conjunto		C.274		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1278.76 Kg	26.08 m ²	Comp. 13740mm Largura 507mm Altura 800mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
C.4	2	PL12X461.7	468	15.94	0.36	S275JR	
Ch.11	4	PL16X95	468	5.44	0.10	S275JR	
Ch.12	2	PL12X94.7	629	5.50	0.13	S275JR	
Ch.13	1	PL16X200	480	12.01	0.21	S275JR	
Ch.18	2	PL12X94.9	468	4.08	0.10	S275JR	
Ch.87	2	PL12X394.9	468	13.76	0.31	S275JR	
P.25	1	IPE500	11559	1047.41	20.17	S275JR	
P.26	7	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	
PR.35	1	IPE240	2165	66.53	2.00	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		A3
REFERENCIA	[C.274]	ESCALA	1:25 1:35	

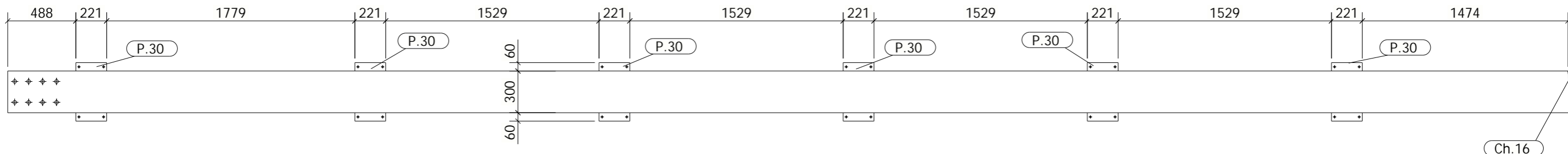


Conjunto		C.275		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1278.76 Kg	26.08 m ²	Comp. 13740mm Largura 507mm Altura 800mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	2	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
C.4	2	PL12X461.7	468	15.94	0.36	S275JR	
Ch.11	4	PL16X95	468	5.44	0.10	S275JR	
Ch.12	2	PL12X94.7	629	5.50	0.13	S275JR	
Ch.13	1	PL16X200	480	12.01	0.21	S275JR	
Ch.18	2	PL12X94.9	468	4.08	0.10	S275JR	
Ch.87	2	PL12X394.9	468	13.76	0.31	S275JR	
P.25	1	IPE500	11559	1047.41	20.17	S275JR	
P.28	6	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	
P.29	1	PL8X198	320	3.96	0.14	S235JR	
PR.35	1	IPE240	2165	66.53	2.00	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

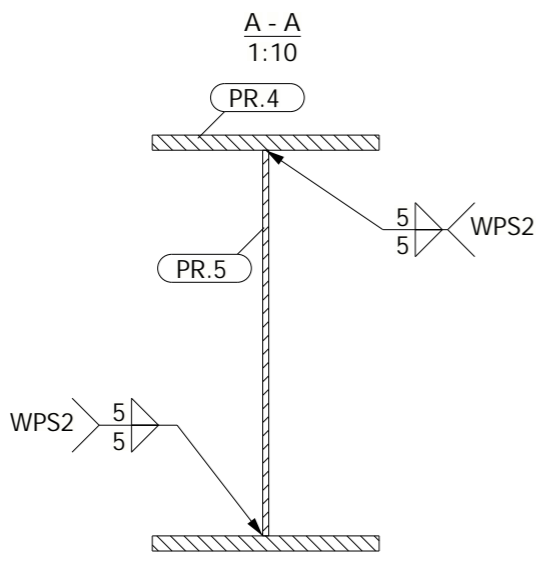
isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		A3
REFERENCIA	[C.275]	ESCALA	1:35	



A

Detalhe A



Detalhe A
1:10

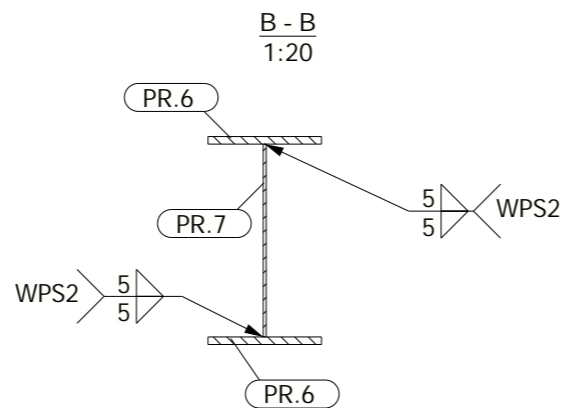
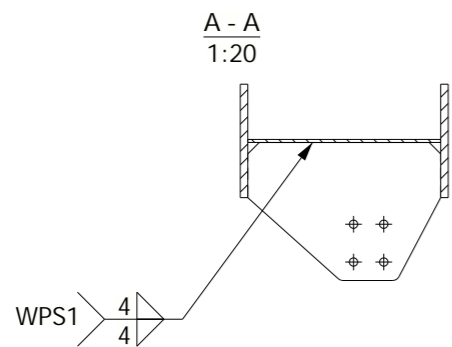
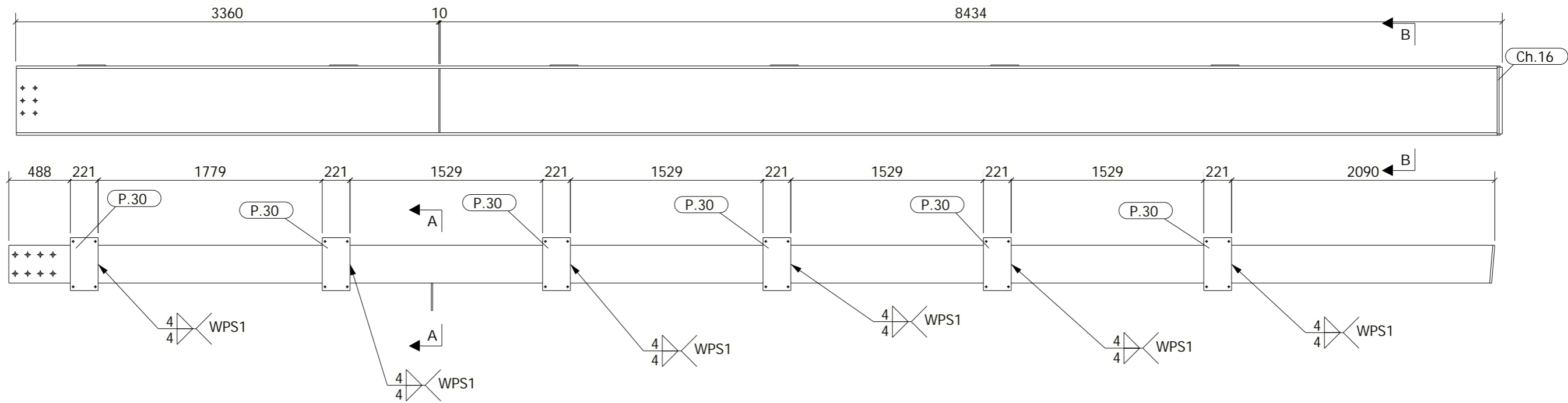
Conjunto C.43			Qtd. Total de Conjuntos 1 Un.	Peso Total (1Un.) 1468.27 Kg	Área Total (1Un.) 27.48 m ²	Volume (1Un.) Comp. 11224mm Largura 420mm Altura 557mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.16	1	PL16X301.1	530	19.96	0.35	S275JR
P.30	6	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR
PR.4	2	PL20X300	11209	525.33	7.18	S275JR
PR.5	1	PL8X510	11197	357.22	11.61	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.43]	ESCALA	1:10 1:30

A3

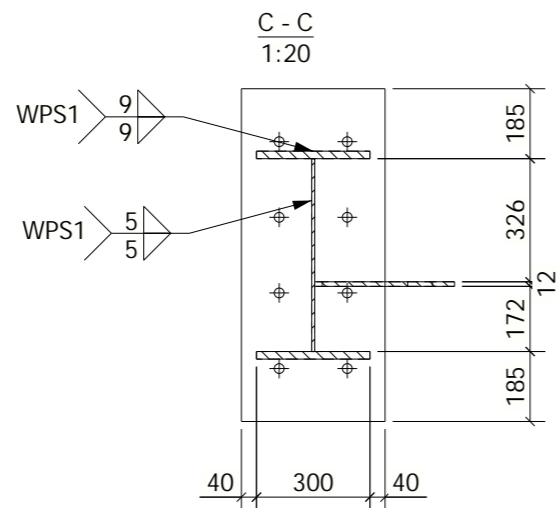
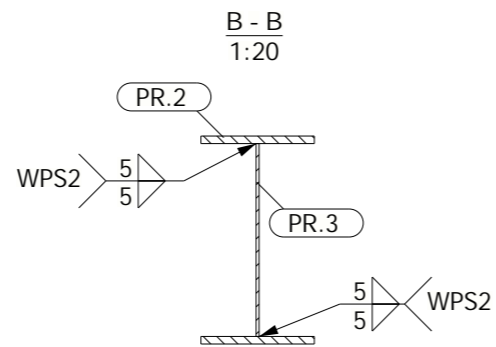
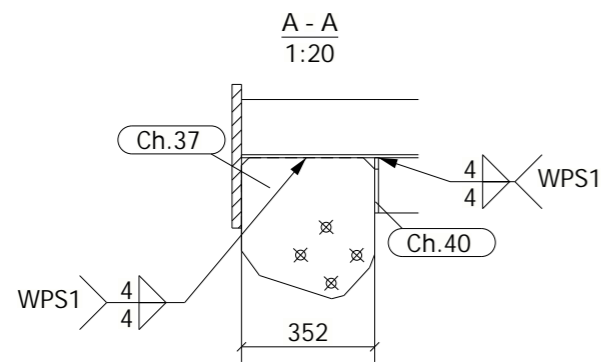
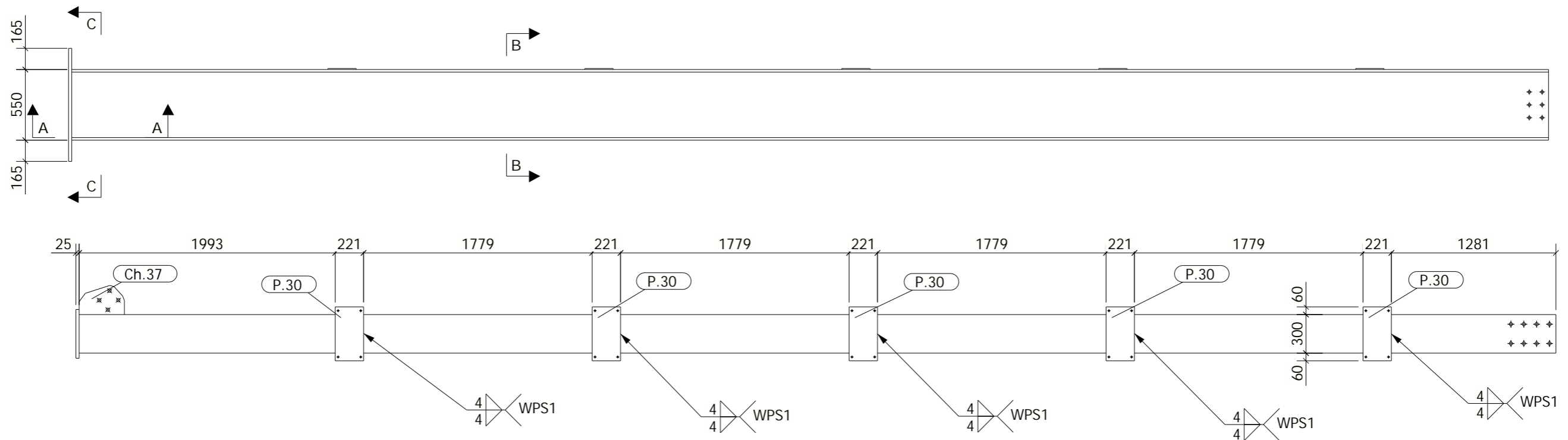


Conjunto		C.47		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1Un.	1552.21 Kg	29.12 m ²	Comp. 11799mm Largura 579mm Altura 557mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.16	1	PL16X301.1	530	19.96	0.35	S275JR	
Ch.44	1	PL10X364.9	510	11.40	0.31	S275JR	
P.30	6	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR	
PR.6	2	PL20X300	11783	552.28	7.55	S275JR	
PR.7	1	PL8X510	11771	375.55	12.20	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.47]	ESCALA	1:20 1:35	

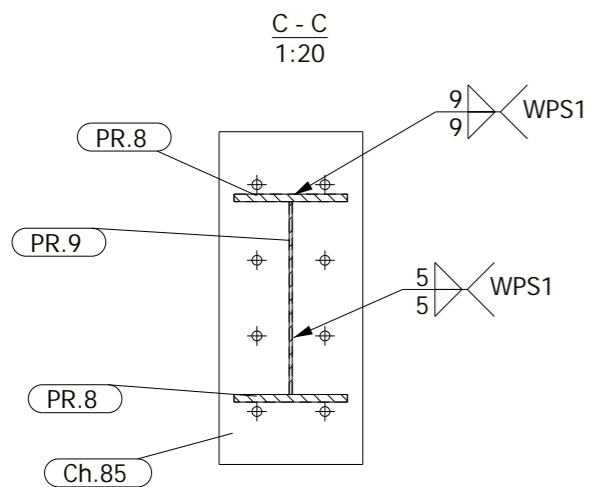
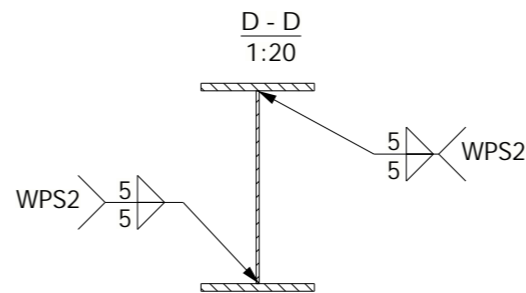
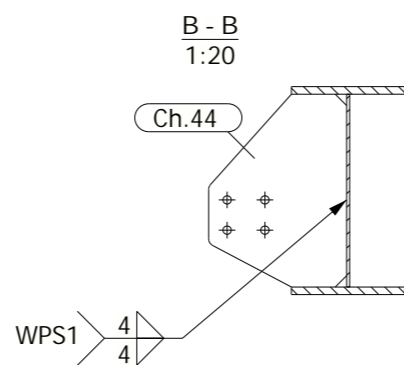
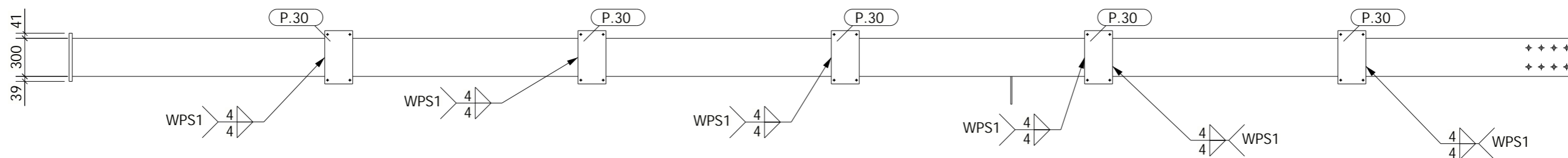
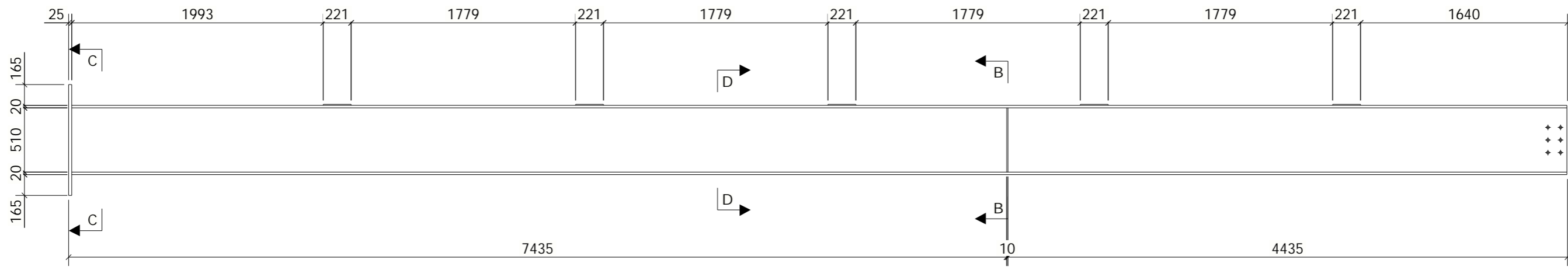


Conjunto		C.77		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1562.42Kg	28.77 m ²	Comp. 11519mm Largura 586mm Altura 880mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.37	1	PL12X352.3	373	10.86	0.25	S275JR	
Ch.40	1	PL10X146	510	5.75	0.16	S235JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.30	5	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR	
PR.2	2	PL20X300	11495	539.35	7.37	S275JR	
PR.3	1	PL8X510	11495	366.75	11.92	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		A3
REFERENCIA	[C.77]	ESCALA	1:20 1:35	

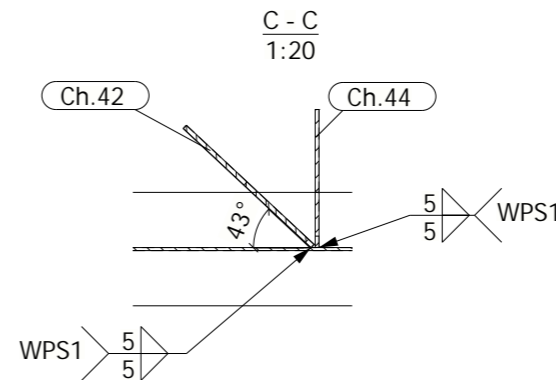
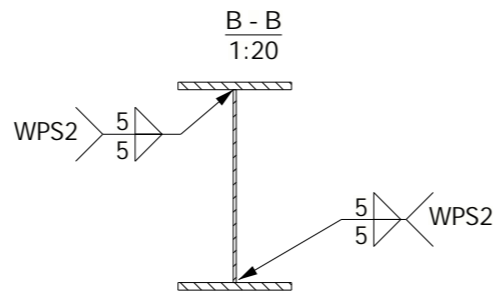
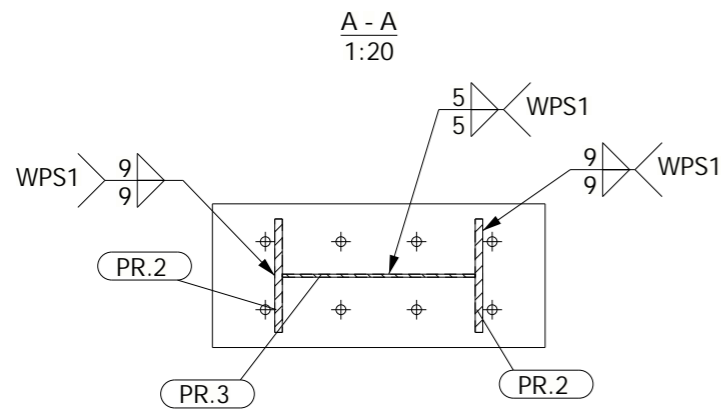
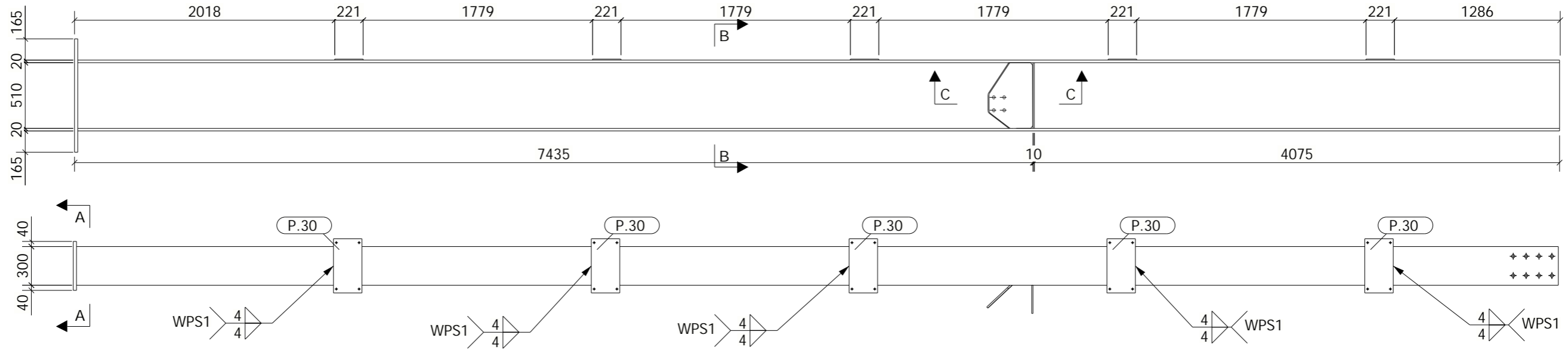


Conjunto		C.277		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1601.94 Kg	29.49 m ²	Comp. 11874mm Largura 880mm Altura 579mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.44	1	PL10X364.9	510	11.40	0.31	S275JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.30	5	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR	
PR.8	2	PL20X300	11850	555.98	7.60	S275JR	
PR.9	1	PL8X510	11850	378.07	12.28	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		A3
REFERENCIA	[C.277]	ESCALA	1:20 1:35	



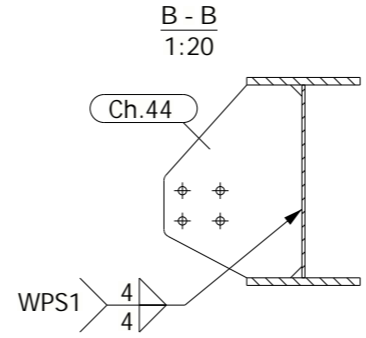
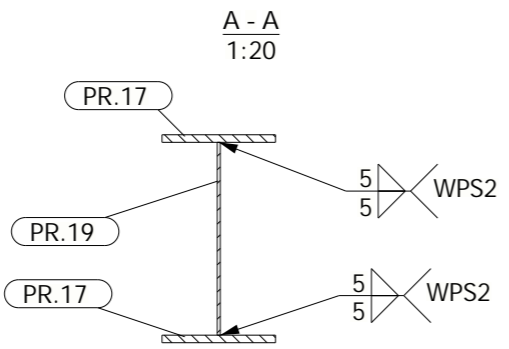
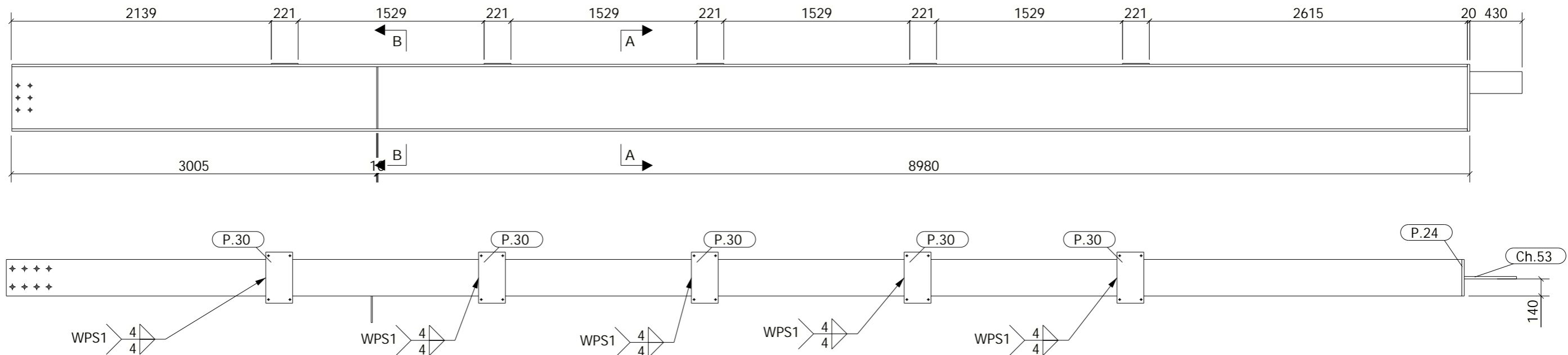
Conjunto		C.279		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1Un.	1575.52Kg	29.08 m ²	Comp. 11519mm Largura 579mm Altura 880mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.42	1	PL12X462.7	510	18.27	0.41	S275JR	
Ch.44	1	PL10X364.9	510	11.40	0.31	S275JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.30	5	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR	
PR.2	2	PL20X300	11495	539.35	7.37	S275JR	
PR.3	1	PL8X510	11495	366.75	11.92	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.279]	ESCALA	1:20 1:35

A3



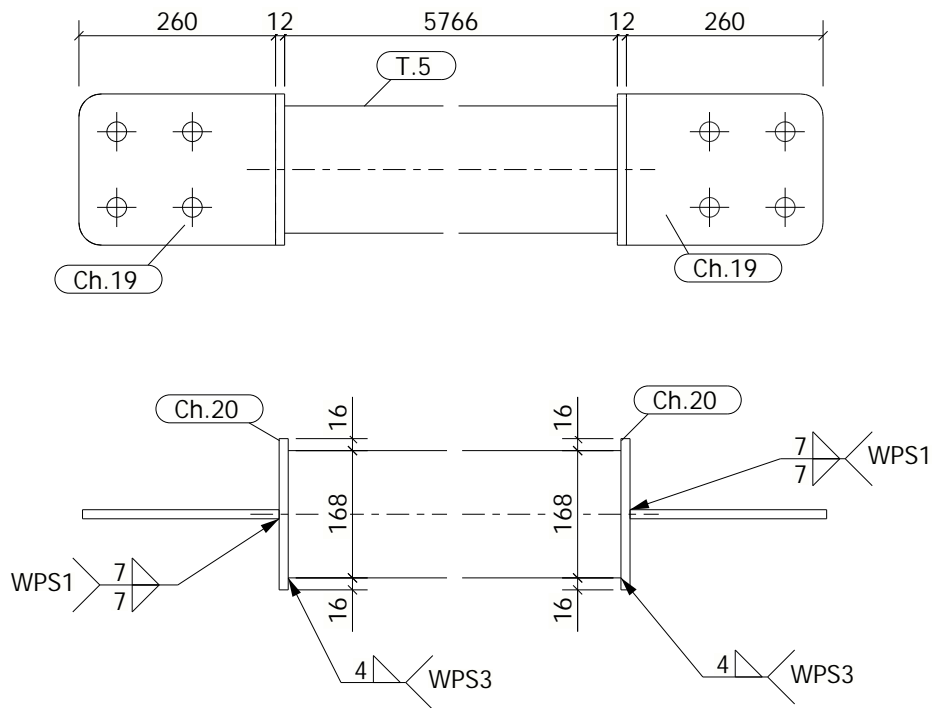
Conjunto		C.281		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1589.57Kg	29.58 m ²	Comp. 12419mm Largura 579mm Altura 557mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.44	1	PL10X364.9	510	11.40	0.31	S275JR	
Ch.53	1	PL20X180	430	12.11	0.18	S275JR	
P.24	1	PL20X300	550	25.81	0.36	S235JR	
P.30	5	PL8X220.8	420	5.80	0.20	S235JR	
PR.17	2	PL20X300	11970	561.63	7.67	S275JR	
PR.19	1	PL8X510	11970	381.91	12.41	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.281]	ESCALA	1:20 1:35

A3

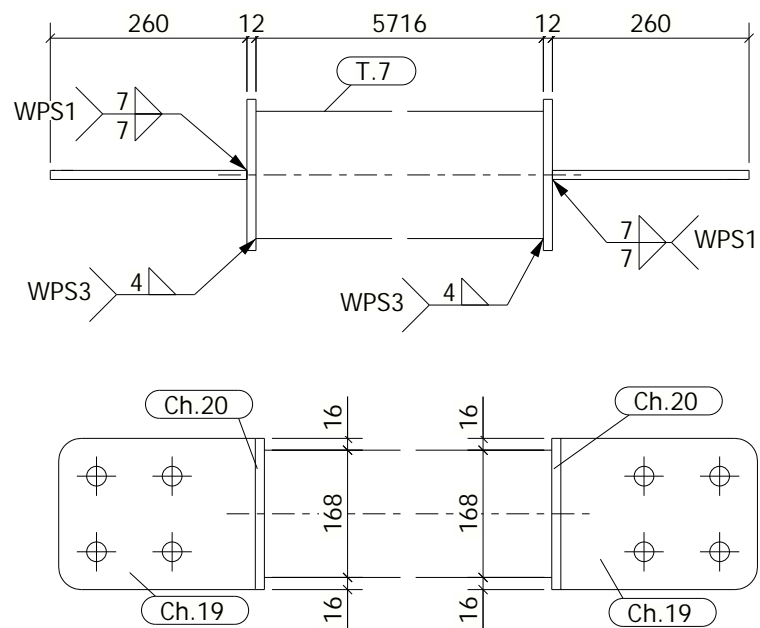


Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.52			6 Un.	159.02Kg	3.42 m ²	Comp. 6310mm Largura 200mm Altura 200mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.19	2	PL12X200	260	4.84	0.11	S275JR
Ch.20	2	PL12X200	200	2.90	0.07	S275JR
T.5	1	CHS168.3*6.3	5766	142.93	3.04	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.52]	ESCALA	1:10	

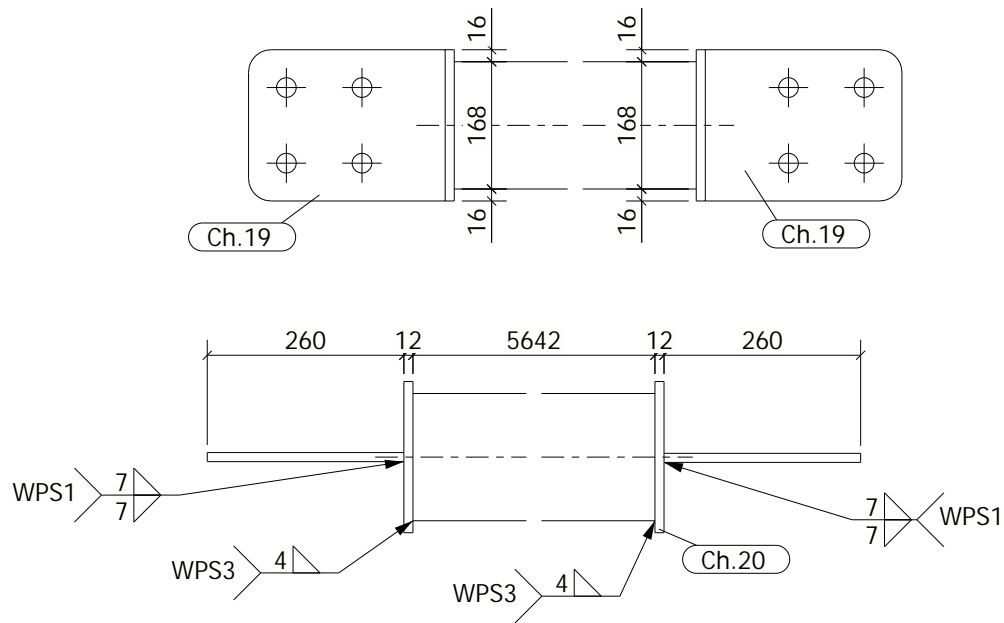


Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.53			12 Un.	157.77Kg	3.40 m ²	Comp. 6259mm Largura 200mm Altura 200mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.19	2	PL12X200	260	4.84	0.11	S275JR
Ch.20	2	PL12X200	200	2.90	0.07	S275JR
T.7	1	CHS168.3*6.3	5716	141.69	3.02	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.53]	ESCALA	1:10	



Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.54			8 Un.	155.95Kg	3.36 m ²	Comp. 6186mm Largura 200mm Altura 200mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.19	2	PL12X200	260	4.84	0.11	S275JR
Ch.20	2	PL12X200	200	2.90	0.07	S275JR
T.11	1	CHS168.3*6.3	5642	139.87	2.98	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

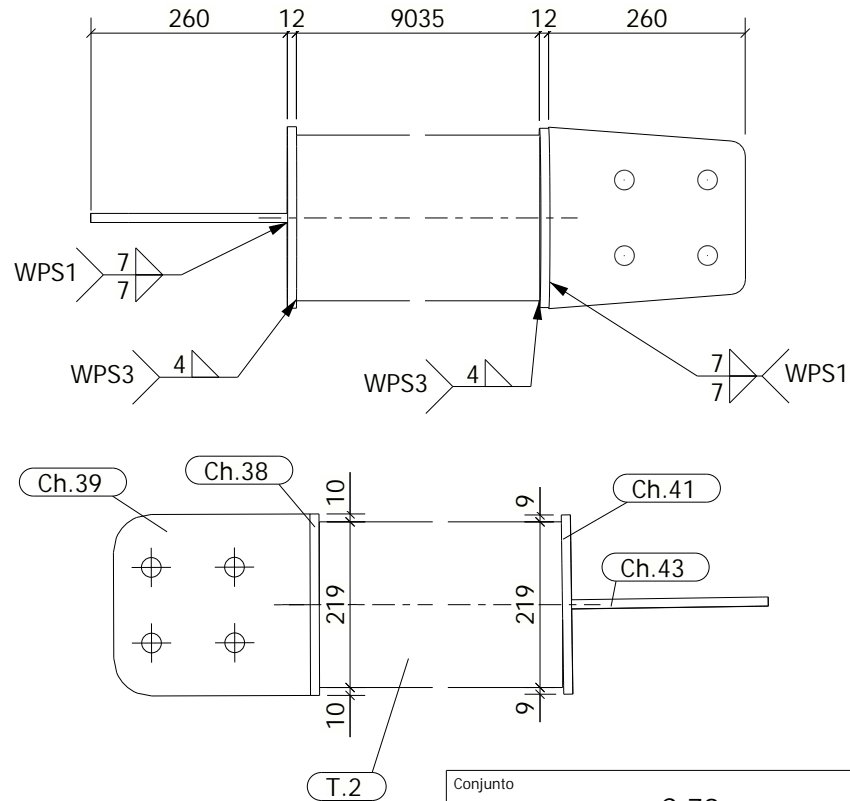
DATA

REFERENCIA [C.54]

ESCALA

1:10

A4



Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.79			2 Un.	392.74Kg	6.69 m ²	Comp. 9580mm Largura 240mm Altura 240mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.38	1	ROD240	12	4.21	0.10	S275JR
Ch.39	1	PL12X240	260	5.75	0.13	S275JR
Ch.41	1	PL12X240	240	4.18	0.10	S275JR
Ch.43	1	PL12X239.3	275	5.35	0.13	S275JR
T.2	1	CHS219.1*8.0	9036	371.76	6.21	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

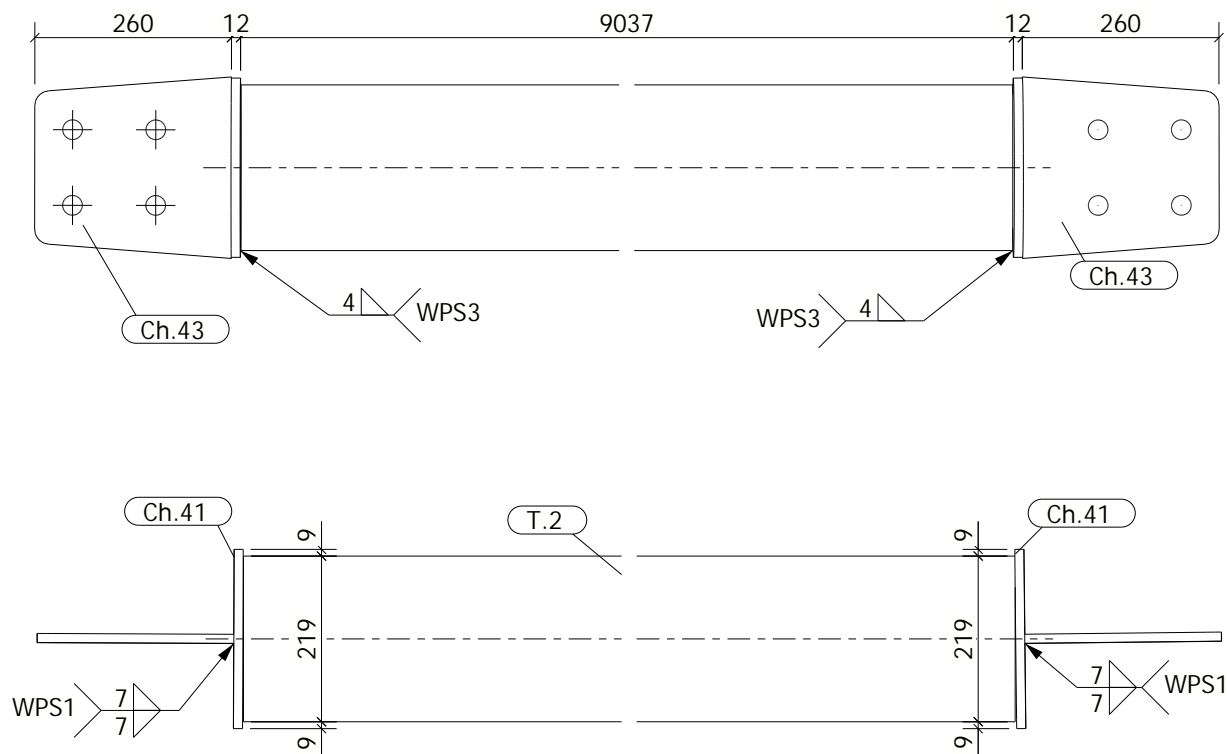
DATA

REFERENCIA [C.79]

ESCALA

1:10

A4



Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.80			2 Un.	392.31 Kg	6.68 m ²	Comp. 9581mm Largura 237mm Altura 240mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.41	2	PL12X240	240	4.18	0.10	S275JR
Ch.43	2	PL12X239.3	275	5.35	0.13	S275JR
T.2	1	CHS219.1*8.0	9036	371.76	6.21	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

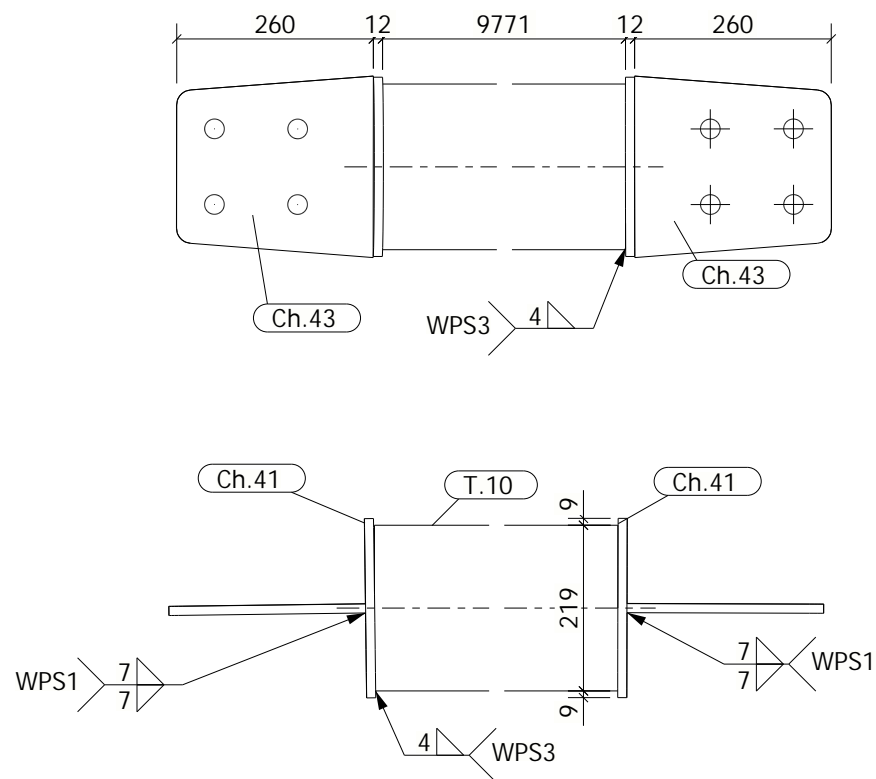
DATA

REFERENCIA [C.80]

ESCALA

1:10

A4



Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.81			4 Un.	422.68Kg	7.19 m ²	Comp. 10315mm Largura 237mm Altura 240mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.41	2	PL12X240	240	4.18	0.10	S275JR
Ch.43	2	PL12X239.3	275	5.35	0.13	S275JR
T.10	1	CHS219.1*8.0	9771	402.00	6.72	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA Armazém Automatizado

DESENHO Miguel Castro

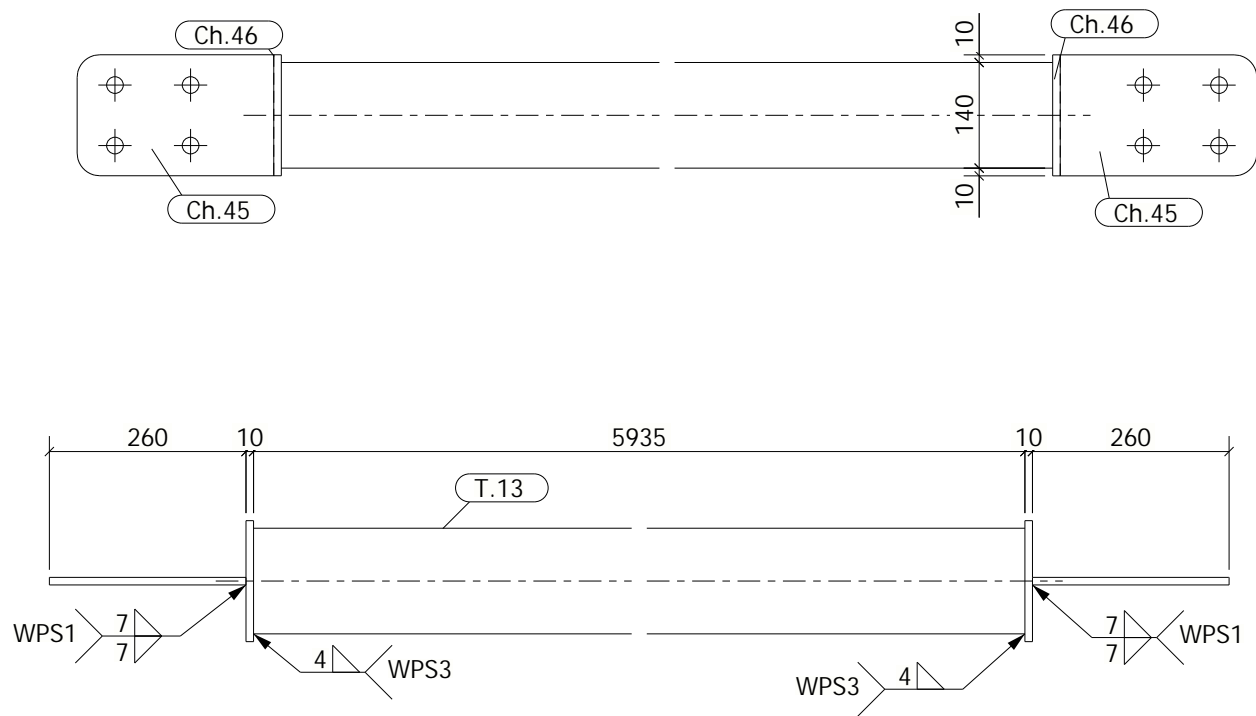
DATA

REFERENCIA [C.81]

ESCALA

1:5

A4

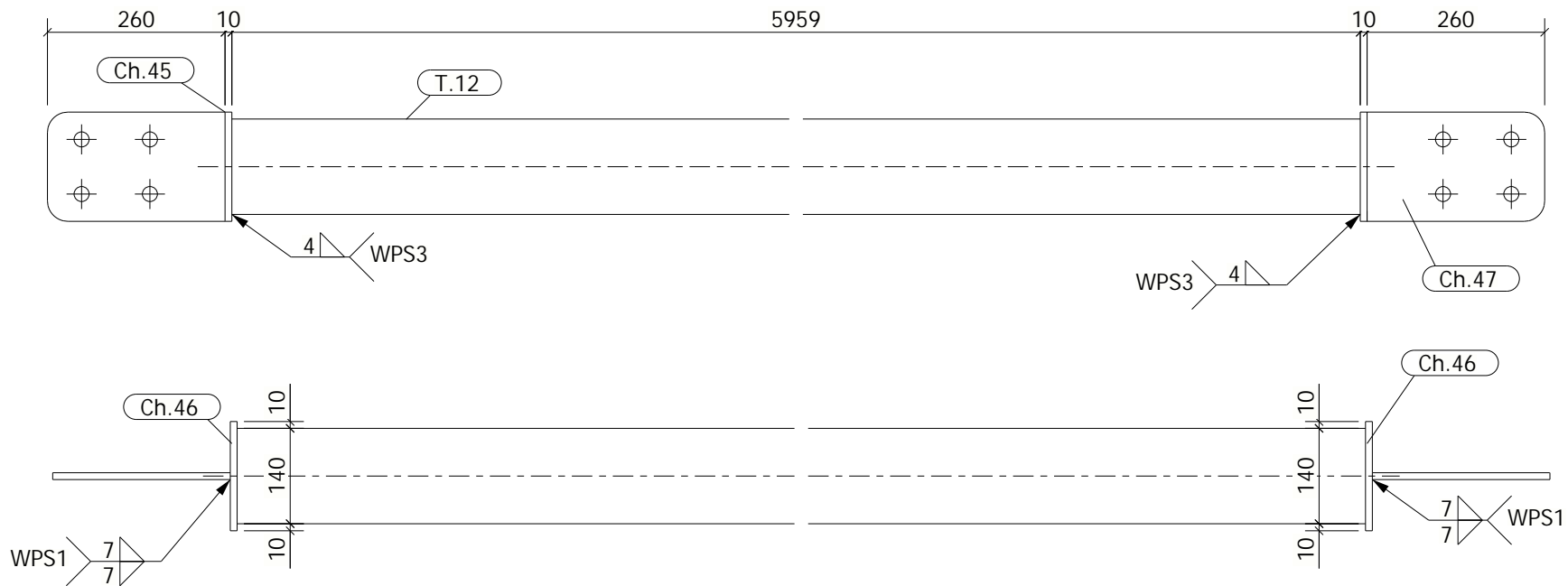


Conjunto			C.90				Qtd. Total de Conjuntos	8 Un.	Peso Total (1Un.)	106.54 Kg	Área Total (1Un.)	2.88 m ²	Volume (1Un.)	Comp. 6475mm Largura 160mm Altura 160mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material								
Ch.45	2	PL10X160	260	3.22	0.09	S275JR								
Ch.46	2	PL10X160	160	1.55	0.04	S275JR								
T.13	1	CHS139.7*5.0	5935	96.60	2.60	S355J2H								

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A4
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.90]	ESCALA	1:5 1:10	



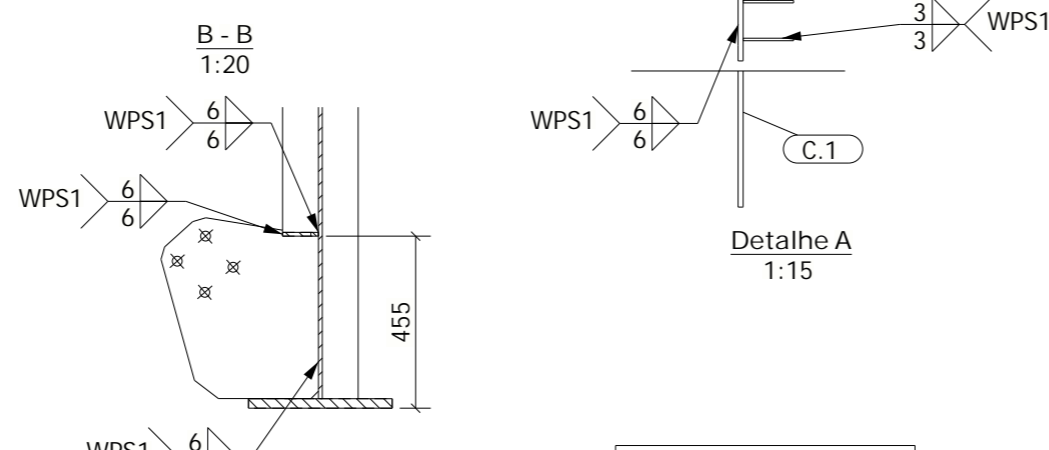
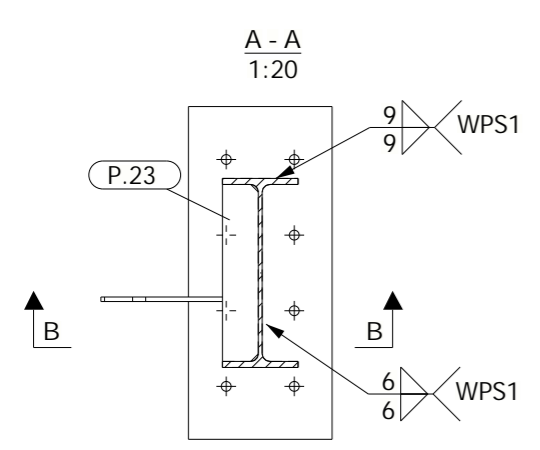
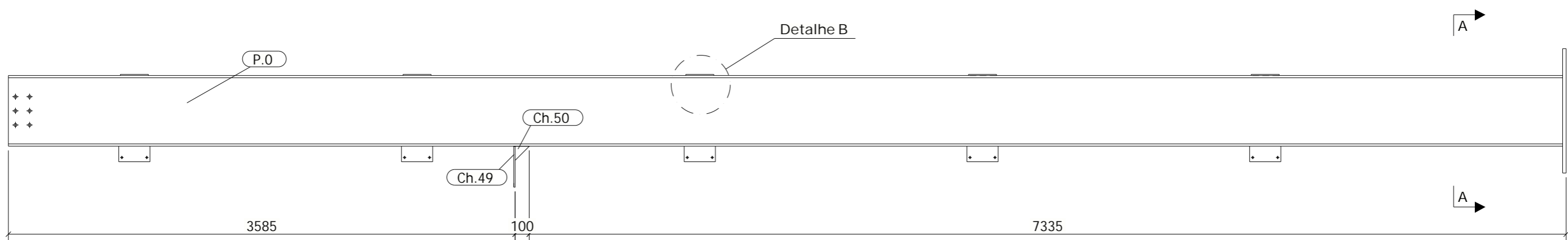
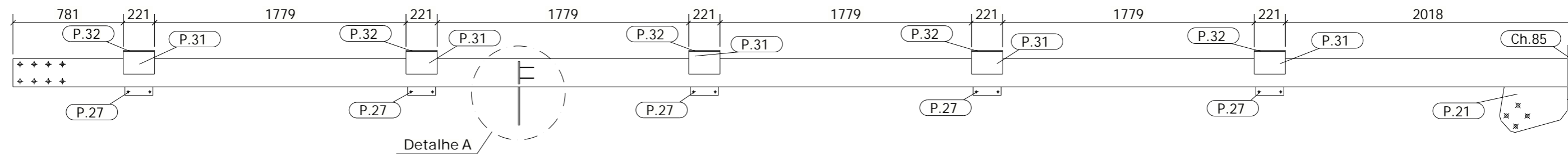
Conjunto			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
C.91			16 Un.	106.93Kg	2.89 m ²	Comp. 6498mm Largura 160mm Altura 160mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.45	1	PL10X160	260	3.22	0.09	S275JR
Ch.46	2	PL10X160	160	1.55	0.04	S275JR
Ch.47	1	PL10X160	260	3.22	0.09	S275JR
T.12	1	CHS139.7*5.0	5959	96.98	2.61	S355J2H

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.91]	ESCALA	1:10

A4



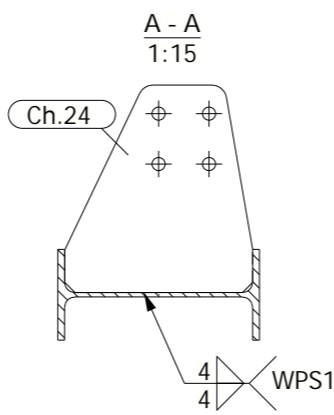
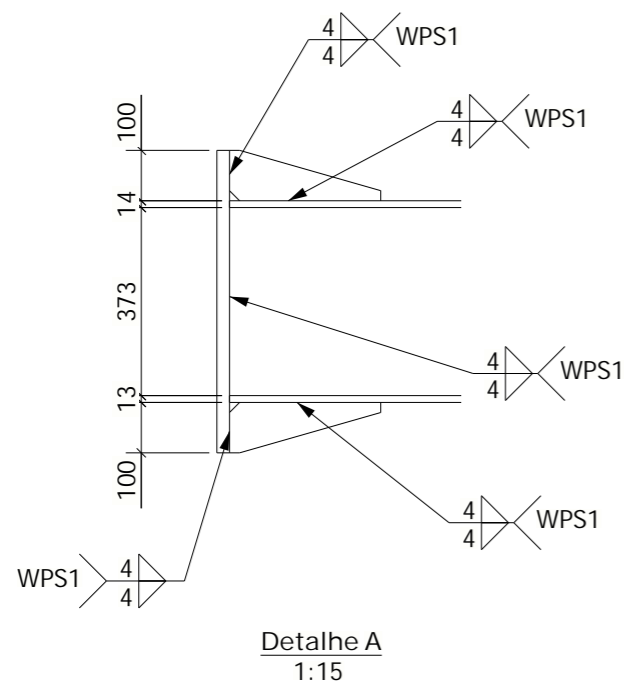
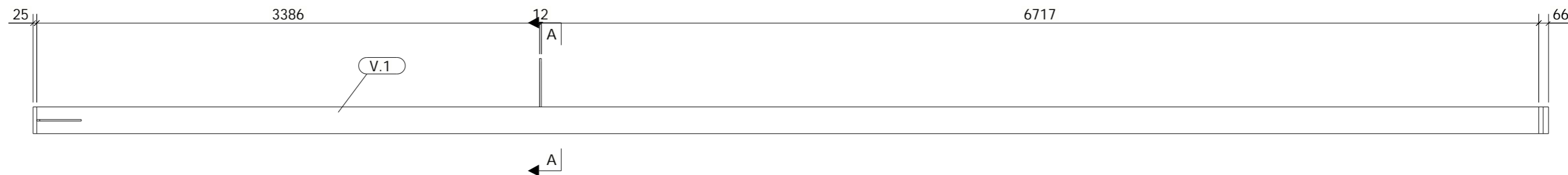
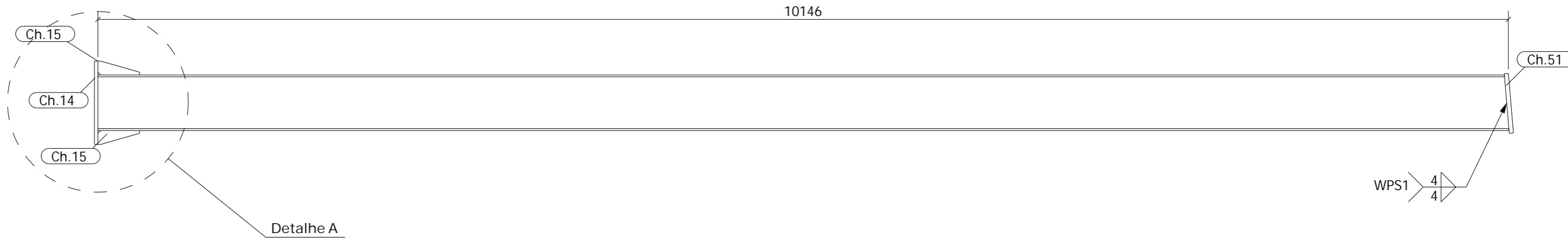
Conjunto		C.259		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1127.56 Kg	21.75 m ²	Comp. 11019mm Largura 980mm Altura 611mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
C.1	1	PL10X364.9	468	9.92	0.27	S275JR	
Ch.49	1	PL10X160	290	3.60	0.10	S275JR	
Ch.50	2	BARRA5X100	100	0.20	0.01	S235JR	
Ch.85	1	PL25X380	880	65.38	0.73	S275JR	
P.0	1	IPE500	10995	996.30	19.18	S275JR	
P.21	1	PL12X416.7	478	15.66	0.35	S275JR	
P.23	1	PL10X94.9	468	3.44	0.10	S235JR	
P.27	5	PL8X160	198	1.98	0.07	S235JR	
P.31	5	PL8X160	221	2.21	0.08	S235JR	
P.32	5	BARRA8X110	221	1.52	0.05	S235JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.



OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.259]	ESCALA	1:5 1:15

A3

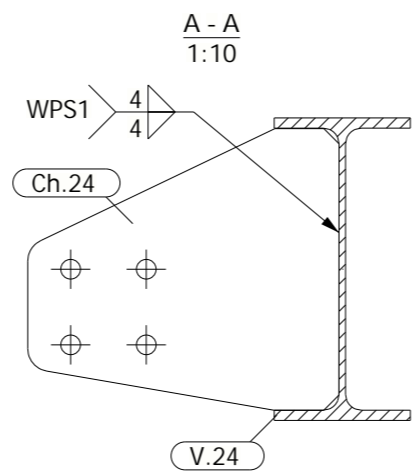
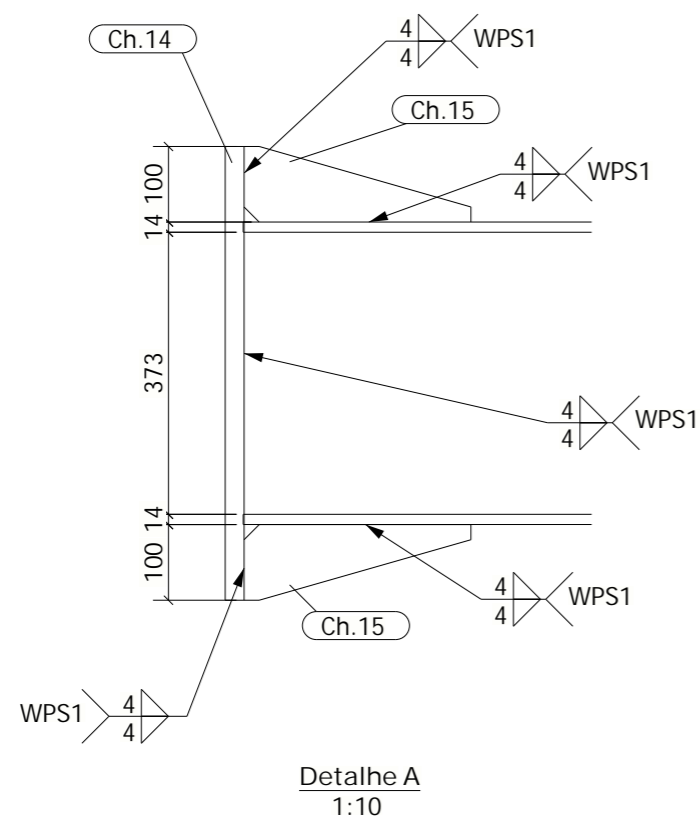
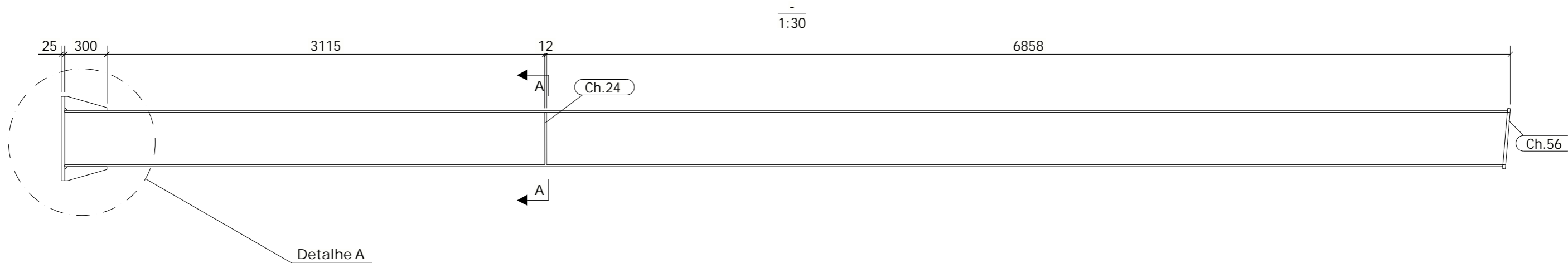


Conjunto		C.282		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	728.16 Kg	15.68 m ²	Comp. 7583mm Largura 7553mm Altura 505mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.14	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.24	1	PL12X372.4	412	11.07	0.25	S275JR	
Ch.51	1	PL30X180	430	18.16	0.19	S275JR	
V.1	1	IPE400	10150	672.12	14.87	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.282]	ESCALA	1:15 1:30	

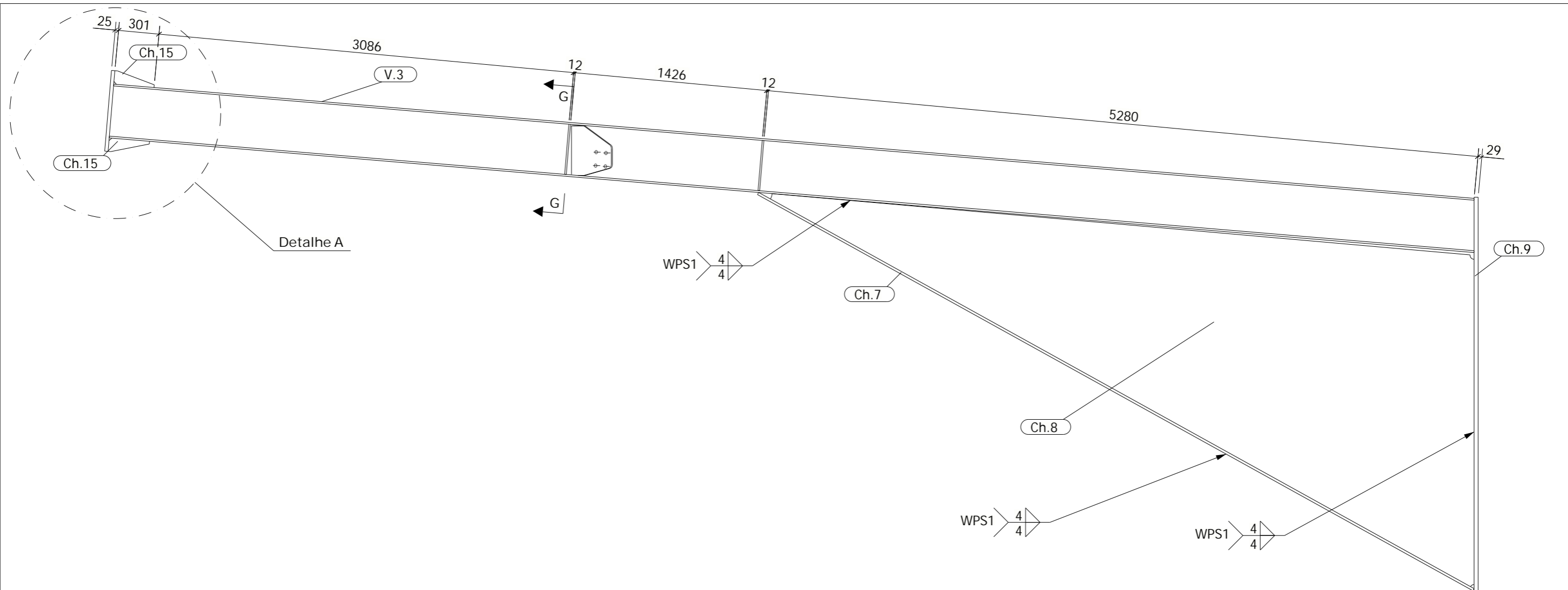


Conjunto		C.283		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	740.67Kg	15.98 m ²	Comp. 600mm Largura 505mm Altura 10310mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.14	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.24	1	PL12X372.4	412	11.07	0.25	S275JR	
Ch.56	1	PL20X430	447	23.00	0.33	S275JR	
V.24	1	IPE400	10265	679.75	15.04	S275JR	

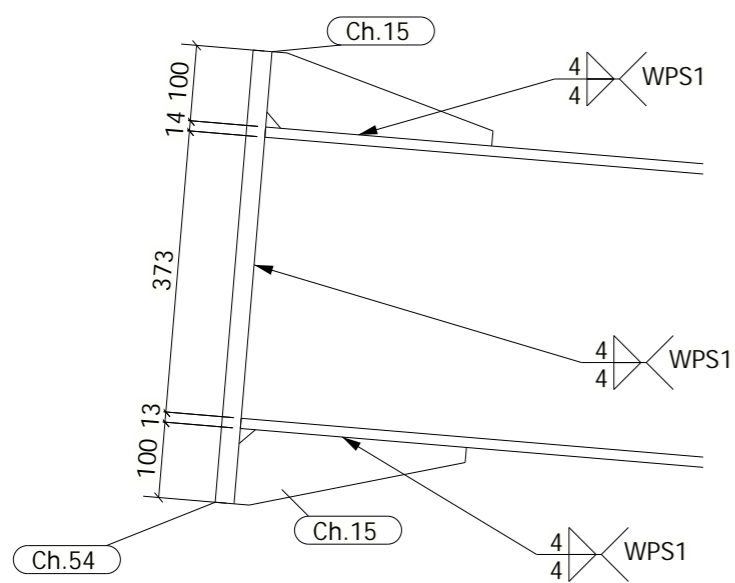
METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

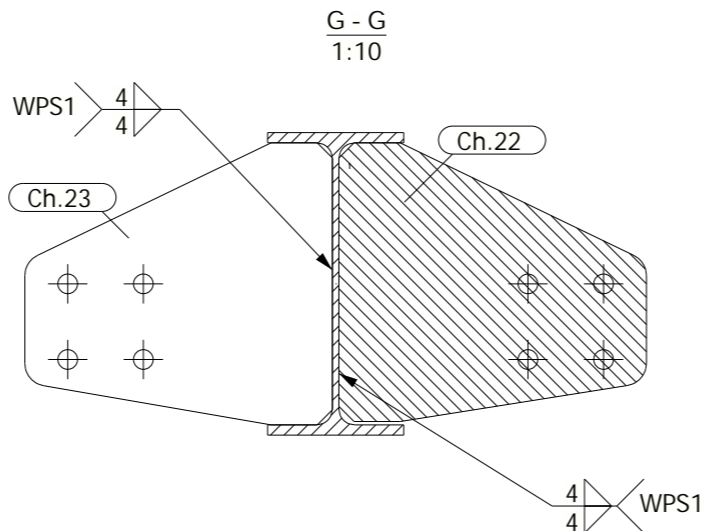
OBRA	Armazém Automatizado			A3
DESENHOU	Miguel Castro	DATA		
REFERENCIA	[C.283]	ESCALA	1:10 1:30	



Detalhe A



Detalhe A
1:10



G - G
1:10

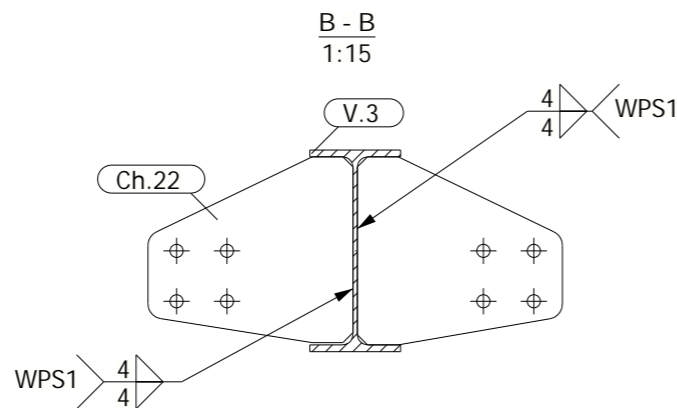
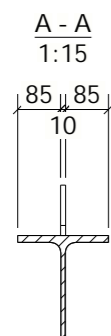
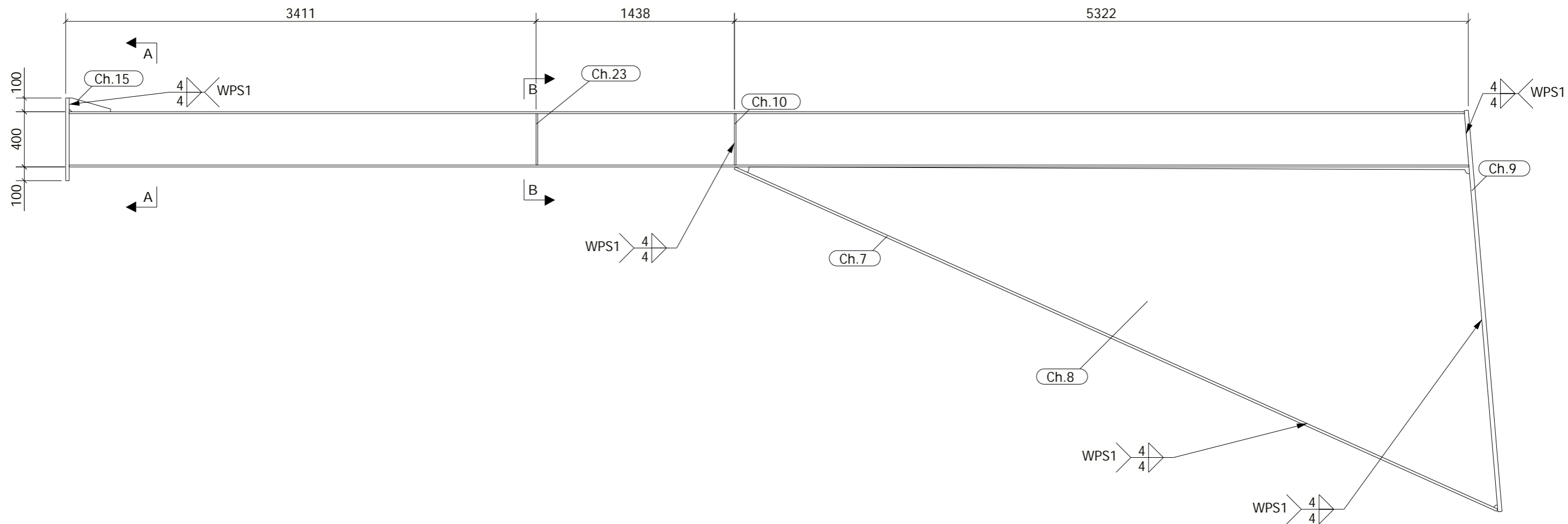
Conjunto		C.292		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1540.59Kg	33.25 m ²	Comp. 3859mm Largura 822mm Altura 10177mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.7	1	PL18X180	6060	153.54	2.41	S275JR	
Ch.8	1	PL10X2148.8	5954	511.76	13.22	S275JR	
Ch.9	1	PL30X180	2920	123.31	1.24	S275JR	
Ch.10	2	PL12X85.7	373	2.96	0.07	S275JR	
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.22	1	PL12X368.5	407	10.82	0.25	S275JR	
Ch.23	1	PL12X173	407	10.92	0.25	S275JR	
Ch.31	1	PL12X36.7	407	11.29	0.26	S275JR	
Ch.32	1	PL12X376.1	397	10.99	0.25	S275JR	
OBRA		Armazém Automatizado					
Ch.54	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
DESENHO		Miguel Castro					
V.3	1	IPE400	10150	672.12	14.87	S275JR	
REFERENCIA		[C.292]		ESCALA	1:10	1:30	

METALONGO

isep

Instituto Superior de Engenharia do Porto

A3



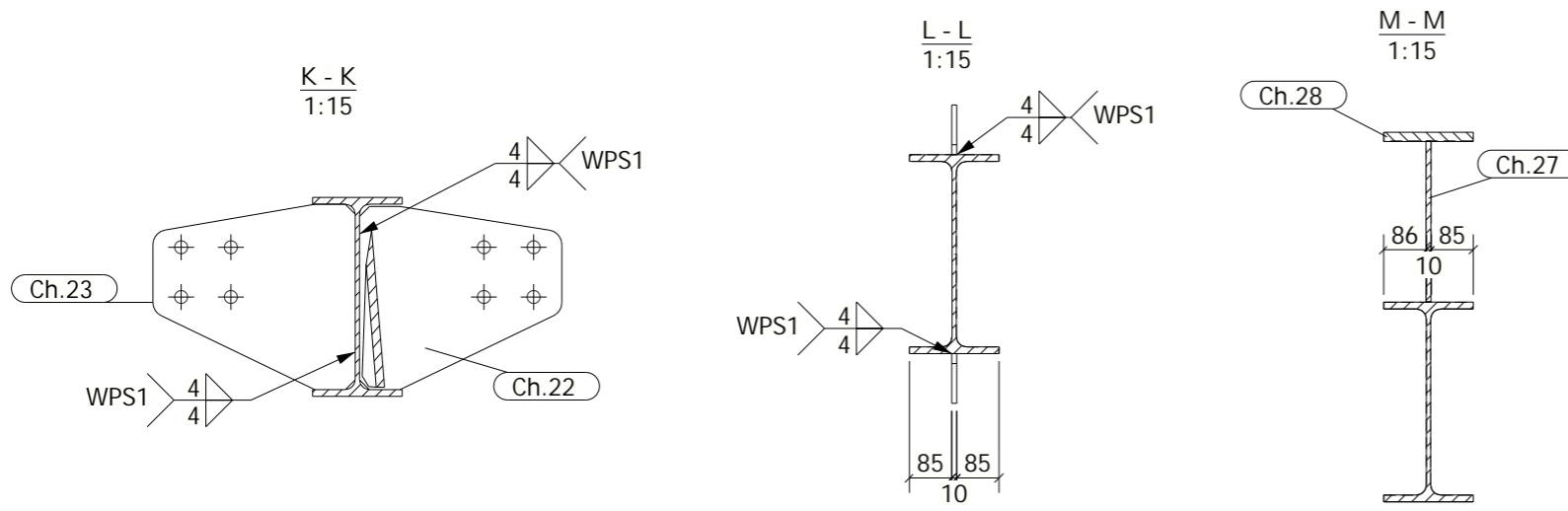
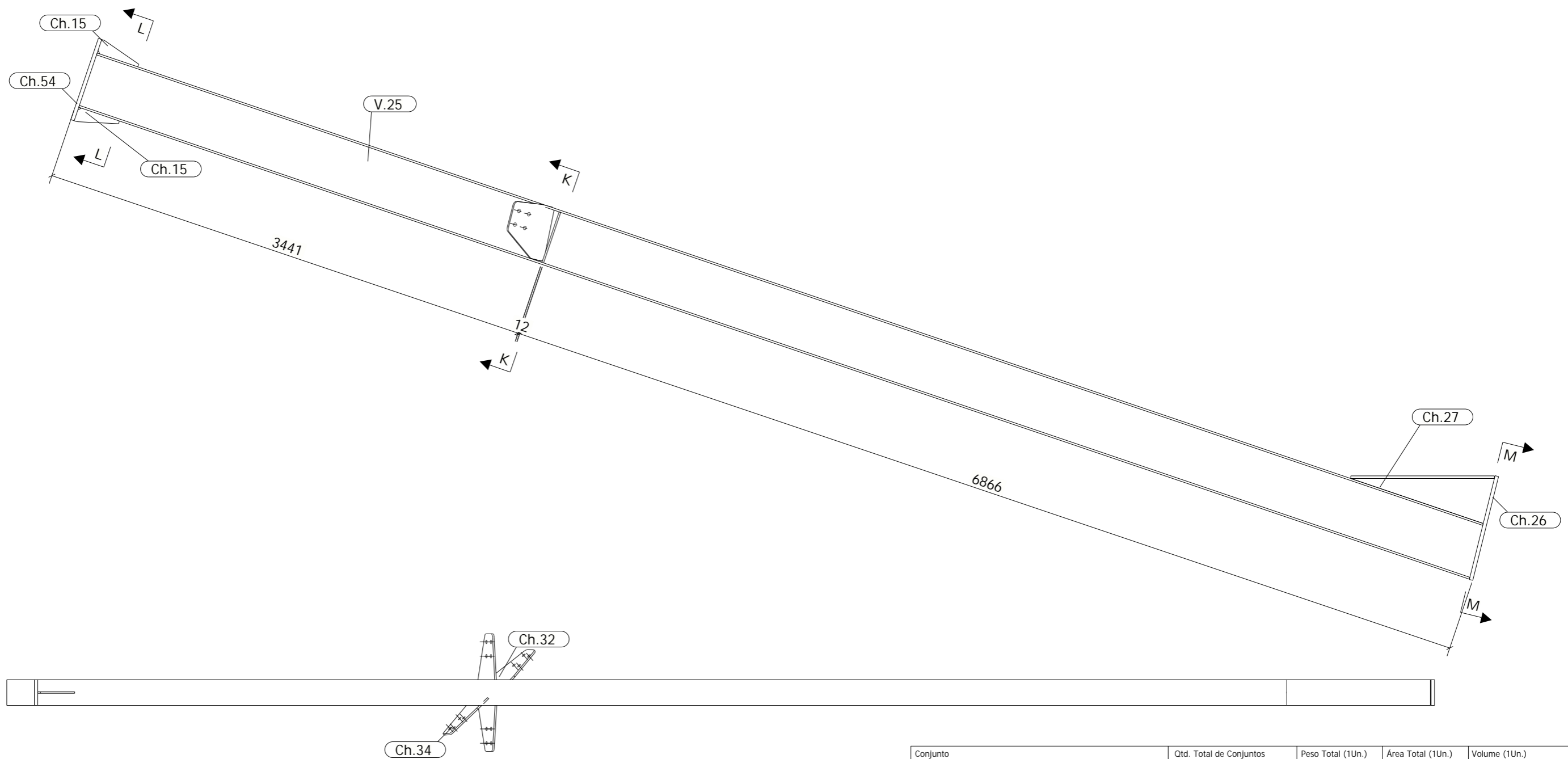
Conjunto		C.298		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	1516.76Kg	32.70 m ²	Comp. 3001mm Largura 822mm Altura 10415mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.7	1	PL18X180	6060	153.54	2.41	S275JR	
Ch.8	1	PL10X2148.8	5954	511.76	13.22	S275JR	
Ch.9	1	PL30X180	2920	123.31	1.24	S275JR	
Ch.10	2	PL12X85.7	373	2.96	0.07	S275JR	
Ch.15	1	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.22	1	PL12X368.5	407	10.82	0.25	S275JR	
Ch.23	1	PL12X373	407	10.92	0.25	S275JR	
Ch.54	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
V.3	1	IPE400	10150	672.12	14.87	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.298]	ESCALA	1:15 1:30

A3



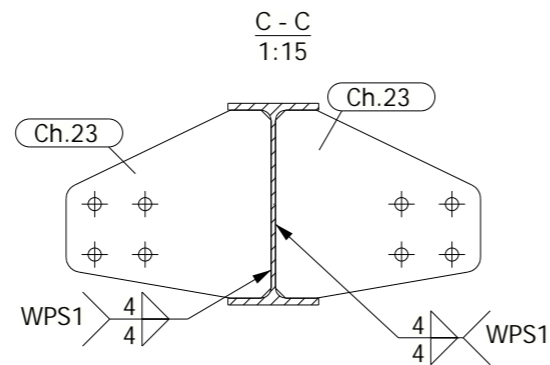
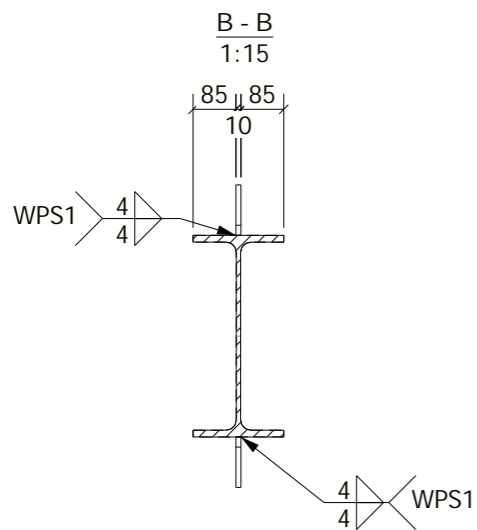
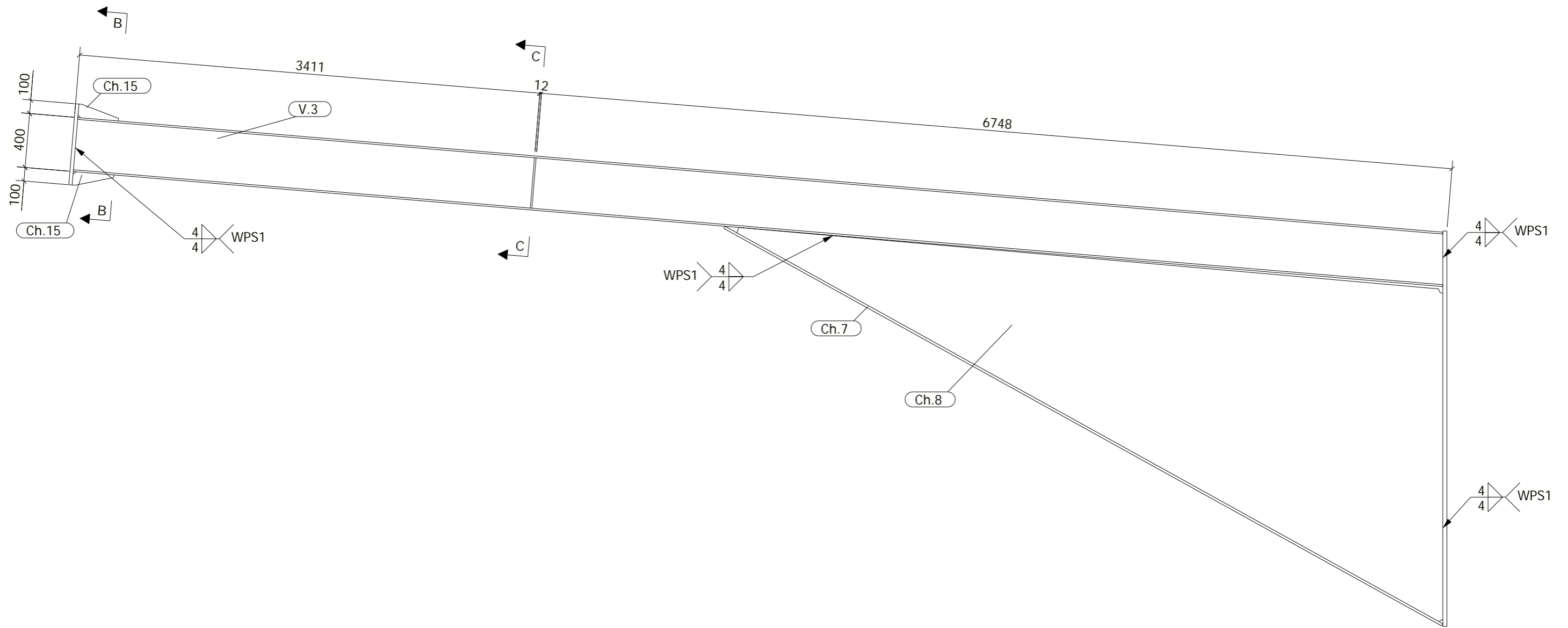
Conjunto		C.299		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	816.01Kg	17.49 m ²	Comp. 9984mm Largura 822mm Altura 3790mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.22	1	PL12X368.5	407	10.82	0.25	S275JR	
Ch.23	1	PL12X373	407	10.92	0.25	S275JR	
Ch.26	1	PL25X180	748	26.32	0.32	S275JR	
Ch.27	1	PL10X342	1005	12.37	0.34	S275JR	
Ch.28	1	PL18X180	1005	25.45	0.40	S275JR	
Ch.32	1	PL12X376.1	397	10.99	0.25	S275JR	
Ch.34	1	PL12X390.6	397	11.95	0.27	S275JR	
Ch.54	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
V.25	1	IPE400	10270	680.04	15.05	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.299]	ESCALA	1:10 1:15

A3



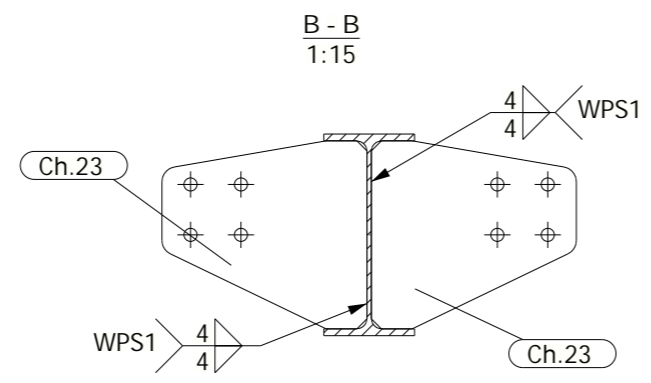
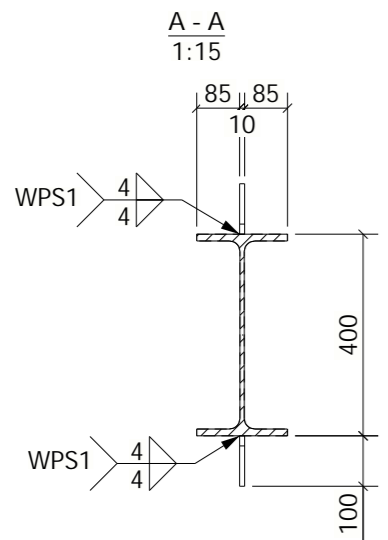
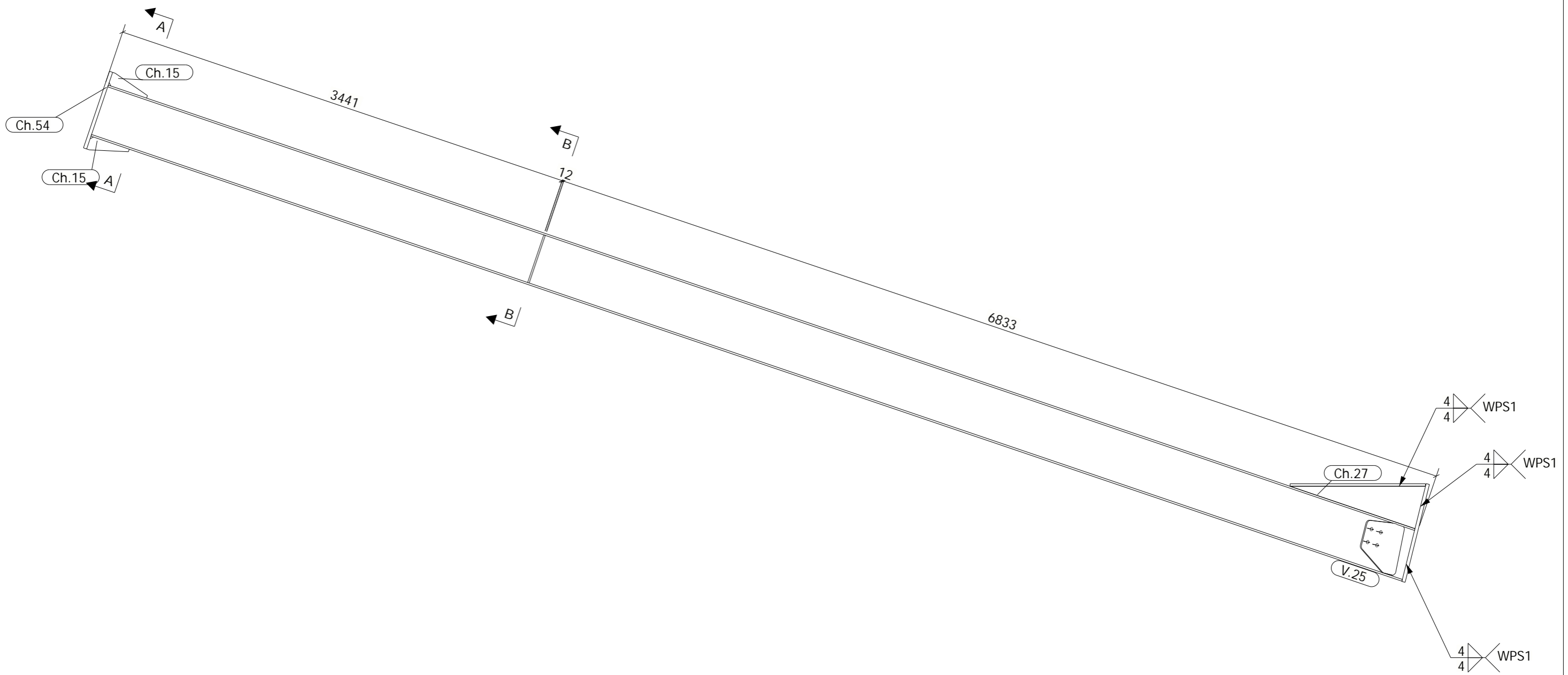
Conjunto C.303			Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
			1 Un.	1512.38Kg	32.60 m ²	Comp. 3859mm Largura 822mm Altura 10177mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material
Ch.7	1	PL18X180	6060	153.54	2.41	S275JR
Ch.8	1	PL10X2148.8	5954	511.76	13.22	S275JR
Ch.9	1	PL30X180	2920	123.31	1.24	S275JR
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR
Ch.23	2	PL12X373	407	10.92	0.25	S275JR
Ch.54	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR
V.3	1	IPE400	10150	672.12	14.87	S275JR

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.303]	ESCALA	1:10 1:15

A3



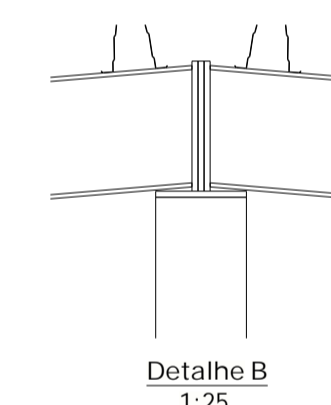
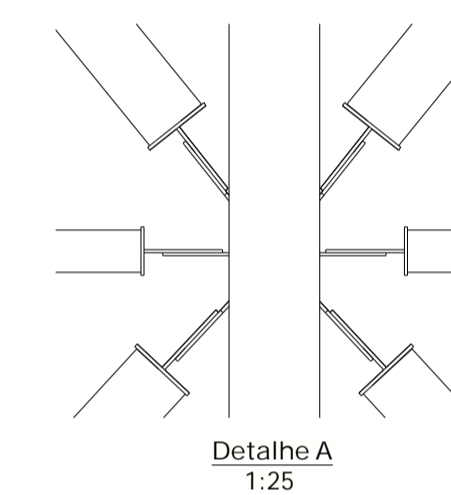
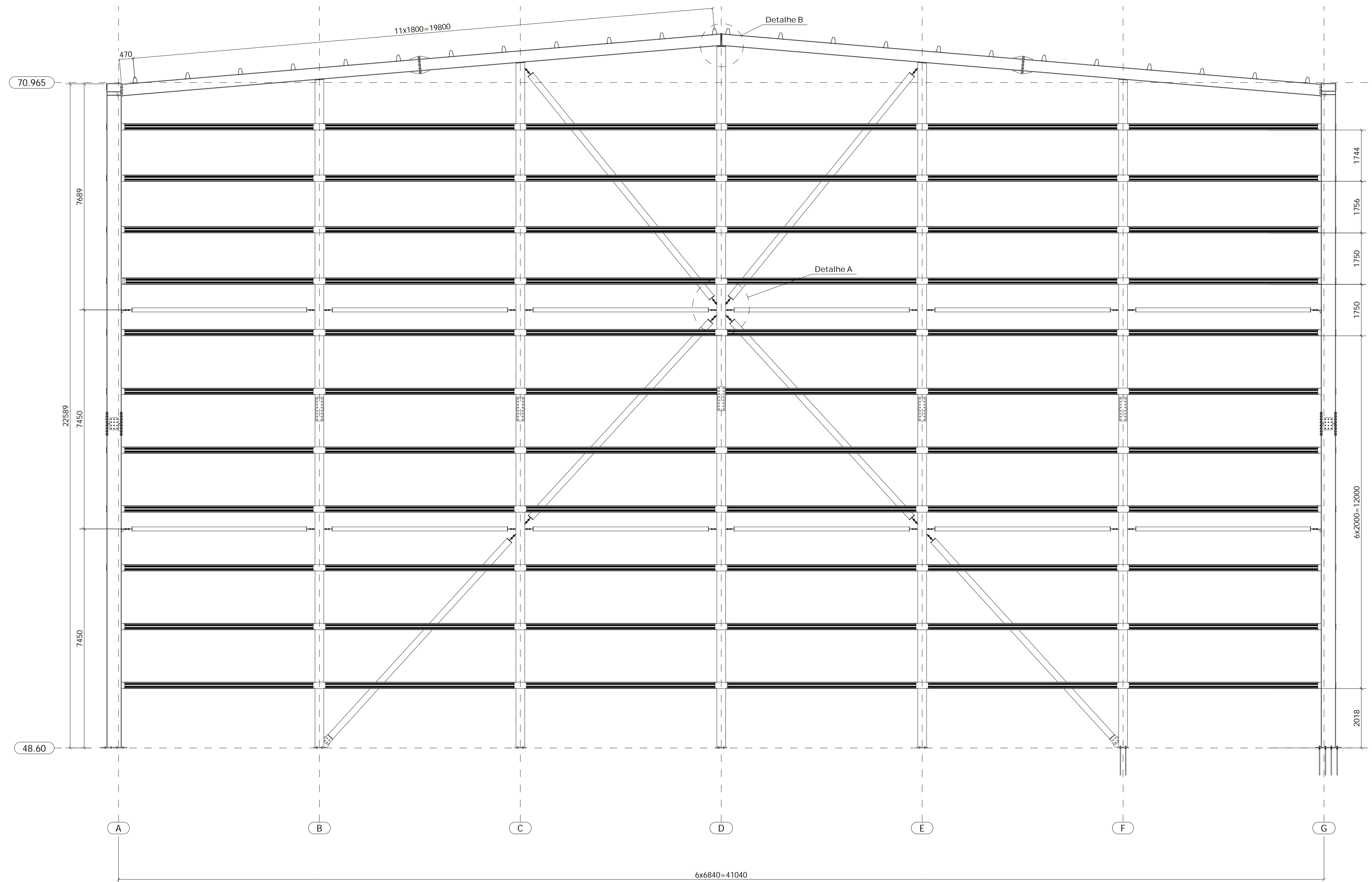
Conjunto		C.304		Qtd. Total de Conjuntos	Peso Total (1Un.)	Área Total (1Un.)	Volume (1Un.)
				1 Un.	816.65Kg	17.50 m ²	Comp. 9984mm Largura 822mm Altura 3790mm
Peça	Qtd	Perfil	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m ²)	Material	
Ch.15	2	BARRA10X100	300	1.45	0.04	S275JR	
Ch.23	2	PL12X373	407	10.92	0.25	S275JR	
Ch.26	1	PL25X180	748	26.32	0.32	S275JR	
Ch.27	1	PL10X342	1005	12.37	0.34	S275JR	
Ch.28	1	PL18X180	1005	25.45	0.40	S275JR	
Ch.54	1	PL25X180	600	21.11	0.26	S275JR	
Ch.59	2	PL12X382	398	11.74	0.27	S275JR	
V.25	1	IPE400	10270	680.04	15.05	S275JR	

METALONGO
METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.

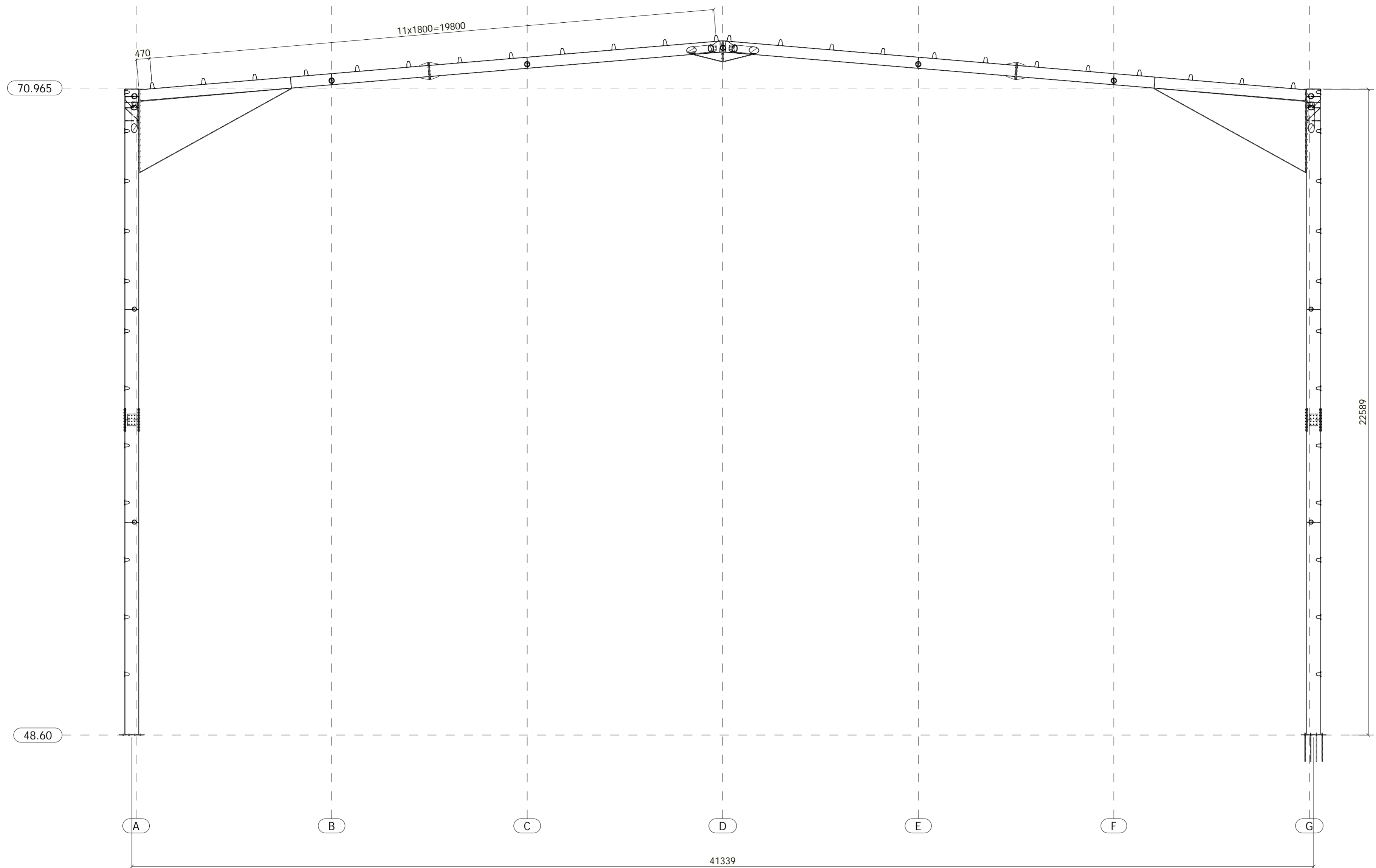
isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[C.304]	ESCALA	1:15 1:30

A3



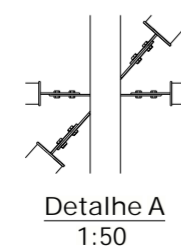
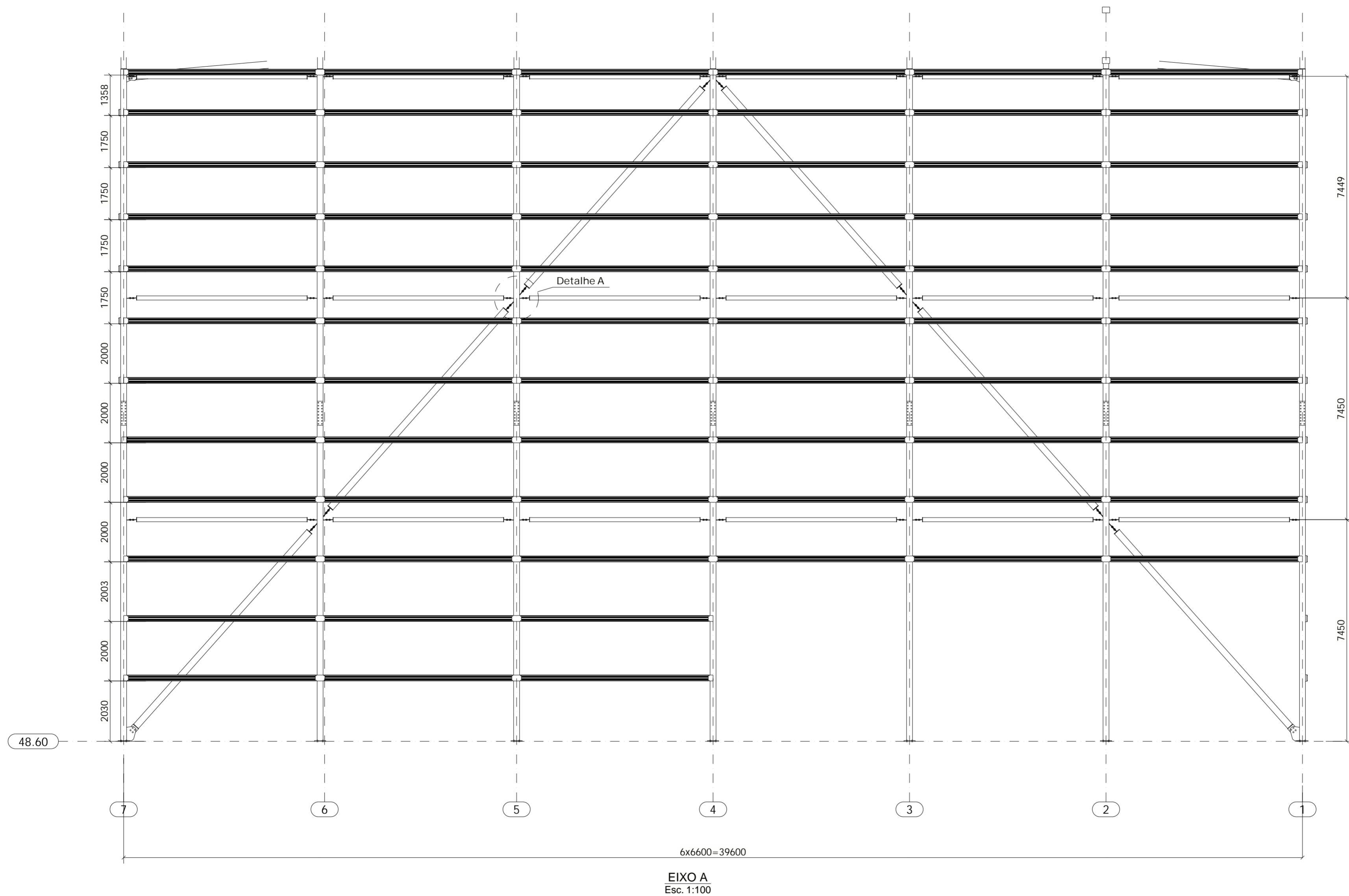
METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.		isep Instituto Superior de Engenharia do Porto	
OBRA	Armazém Automatizado	DATA	
DESENHO	Miguel Castro	ESCALA	1:25 1:80
REFERENCIA	[1]		



EIXO 4
Esc. 1:100

METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.		isep Instituto Superior de Engenharia do Portc	
OBRA	Armazém Automatizado		
DESENHOU	Miguel Castro	DATA	
REFERENCIA	[2]	ESCALA	1:100

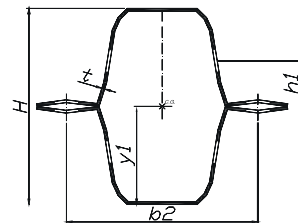
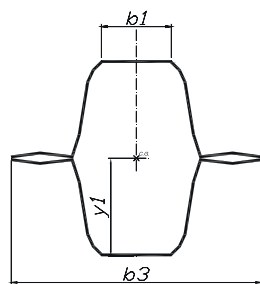
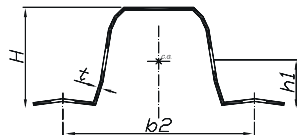
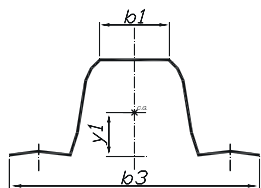
A2



METALONGO METALÚRGICA DE VALONGO, Lda.		isep Instituto Superior de Engenharia do Porto	
OBRA	Armazém Automatizado	DATA	
DESENHO	Miguel Castro	ESCALA	1:80 1:100
REFERENCIA	[3]		A2

6.3 ANEXO C – Fichas técnicas

Perfil Profile	Disposição Disposition	Dimensões Dimensions							Massa Mass	Área Area	Desenv. Develop.	Caraterísticas mecânicas Mechanical Characteristics						Fixação Fixation	
		H	h1	b1	b2	b3	t _{nom}	y1	G	A		I _y	W _{y,min}	i _y	I _z	W _{z,min}	i _z	furação Hole	parafuso Bolts (*)
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	mm ²	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	mm	
Q50×1.5		54,0	25,0	36,5	100,0	130,8	1,5	28,7	2,43	307	207	13,70	4,80	2,11	37,63	5,75	3,50	Ø12×14	M10
		55,5	-	36,5	100,0	130,8	3,0	28,7	4,86	614	-	27,40	9,60	2,11	75,25	11,50	3,50	Ø12×14	M10
		108,0	25,0	36,5	100,0	130,8	1,5	54,0	4,86	614	-	64,61	11,96	3,34	75,25	11,50	3,50	Ø12×14	M10
Q100×1.5		100,0	50,0	33,3	100,0	130,3	1,5	52,6	3,45	441	295	59,50	11,30	3,67	47,55	7,30	3,28	Ø12×14	M10
		101,5	-	33,3	100,0	130,3	3,0	52,6	6,90	882	-	119,00	22,60	3,67	95,10	14,60	3,28	Ø12×14	M10
		200,0	50,0	33,3	100,0	130,3	1,5	100,0	6,90	882	-	307,64	30,76	5,91	95,10	14,60	3,28	Ø12×14	M10
Q150×1.5		145,5	75,0	45,2	150,0	183,0	1,5	72,0	4,84	625	414	178,60	24,80	5,35	157,17	17,18	5,01	Ø12×14	M10
		147,0	-	45,2	150,0	183,0	3,0	72,0	9,68	1250	-	357,20	49,60	5,35	314,33	34,35	5,01	Ø12×14	M10
		291,0	75,0	45,2	150,0	183,0	1,5	145,5	9,68	1250	-	957,52	65,81	8,75	314,33	34,35	5,01	Ø12×14	M10
Q200×1.5		188,6	95,4	59,6	200,0	241,2	1,5	94,9	6,27	791	535	373,40	39,40	6,87	345,09	28,62	6,61	Ø12×14	M10
		190,1	-	59,6	200,0	241,2	3,0	94,9	12,54	1582	-	746,80	78,80	6,87	690,17	57,23	6,61	Ø12×14	M10
		377,2	95,4	59,6	200,0	241,2	1,5	188,6	12,54	1582	-	2087,51	110,68	11,49	690,17	57,23	6,61	Ø12×14	M10
Q200×2.0		189,1	95,7	59,8	200,0	241,2	2,0	96,4	8,36	1054	535	479,2	49,7	6,74	448,2	37,2	6,52	Ø12×14	M10
		191,1	-	59,8	200,0	241,2	4,0	96,4	16,72	2109	-	958,5	99,4	6,74	896,4	74,3	6,52	Ø12×14	M10
		378,2	95,7	59,8	200,0	241,2	2,0	188,1	16,72	2109	-	2731,9	145,2	11,38	896,4	74,3	6,52	Ø12×14	M10
Q250×2.0		225,9	125,6	60,0	250,0	288,9	2,0	109,2	9,73	1239	620	818,50	71,30	8,13	827,79	57,32	8,17	Ø12×14	M10
		227,9	-	60,0	250,0	288,9	4,0	109,2	19,46	2478	-	1637,00	142,60	8,13	1655,58	114,63	8,17	Ø12×14	M10
		451,8	125,6	60,0	250,0	288,9	2,0	225,9	19,46	2478	-	4809,53	212,91	13,93	1655,58	114,63	8,17	Ø12×14	M10
Q250×2.5		226,4	126,0	60,1	250,0	288,9	2,5	112,8	12,16	1538	620	965,5	85,6	7,92	1018,0	70,5	8,14	Ø12×14	M10
		228,9	-	60,1	250,0	288,9	5,0	112,8	24,32	3076	-	1930,9	171,2	7,92	2035,9	141,0	8,14	Ø12×14	M10
		452,8	126,0	60,1	250,0	288,9	2,5	225,1	24,32	3076	-	5928,0	263,3	13,88	2035,9	141,0	8,14	Ø12×14	M10
Q300×2.5		279,2	123,8	62,0	250,0	311,3	2,5	139,3	14,60	1843	745	1784,60	128,10	9,84	1353,87	86,98	8,57	Ø14	M10/12
		281,7	-	62,0	250,0	311,3	5,0	139,3	29,20	3686	-	3569,20	256,20	9,84	2707,74	173,96	8,57	Ø14	M10/12
		558,4	123,8	62,0	250,0	311,3	2,5	279,2	29,20	3686	-	10378,09	371,71	16,78	2707,74	173,96	8,57	Ø14	M10/12
Q300×3.0		279,4	124,0	62,2	250,0	311,8	3,0	143,1	17,52	2224	745	2086,5	145,8	9,69	1587,0	102,7	8,45	Ø14	M10/12
		282,4	-	62,2	250,0	311,8	6,0	143,1	35,04	4448	-	4172,9	291,6	9,69	3174,0	205,4	8,45	Ø14	M10/12
		558,8	124,0	62,2	250,0	311,8	3,0	277,9	35,04	4448	-	12255,0	441,0	16,60	3174,0	205,4	8,45	Ø14	M10/12



Notas

As propriedades apresentadas na tabela dizem respeito à secção bruta.
Não são considerados efeitos de não linearidade geométrica do material, bem como imperfeições de execução.
Para mais informações contactar Setor Técnico.

PT

Notes

The properties presented on the table regard the gross cross section.
Geometrical and material non-linear effects are not considered, along with any imperfection due to fabrication.
For more informations contact de Technical Sector.

EN

Notes

Les propriétés présentées dans la tableau sont les section brutes.
Les effets de no linéarités géométriques et des matériaux ne sont pas considérés, aussi bien que quelques défauts de fabrication.
Pour obtenir plus information contactez de Département Technique.

FR

Notas

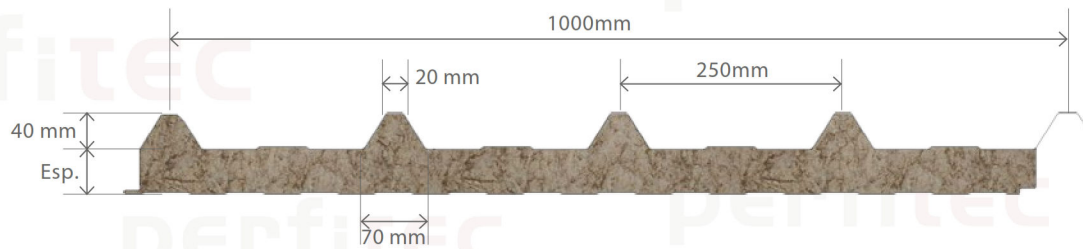
Las propiedades que se muestran en la tabla se refieren a la sección transversal. Los efectos geométricos y de no linealidad no son considerados, así como cualquier defecto de fabricación.
Para más información contacte el Soporte Técnico.

ES

ref. ROOFTEC 5 - FIRECLASS 1000 Pannel de Cobertura com núcleo isolante em Lã de Rocha.



* Comprimento máximo até 15 000 mm



Constituição do Pannel:

		STANDARD		SOB CONSULTA		
Suporte Metálico	Qualidade do Aço	S220GD+Z		DX51D+Z, S250GD+Z a S350GD+Z		
	Espessura da chapa	Superior	0,5 mm	0,6 mm	0,7 mm	
		Inferior	0,4 mm a 0,5 mm	0,4 mm a 0,5 mm	0,4 mm a 0,5 mm	
	Revestimento	Galvanizado	140 a 180 gr/m ²	Até 275 gr/m ²		
		Pré-lacado	Poliéster (25 µm)	PVDF (25/35 µm)	HDX (55 µm)	
Cores	Disponíveis na tabela RAL			Restantes		
		STANDARD		SOB CONSULTA		
Núcleo Isolante	Lã de Rocha	Densidade	100 kg/m ³	Até 150 kg/m ³		
		Cond.Térmica (λ)	0,042 W/m°C			

Características

Espessura (mm)	50	75	100	120
Largura útil (mm)	1000			
Largura total (mm)	1075			
Comprimento (m)	Mínimo de 2 m, Máximo até 15 m			
Peso próprio (aprox.)* (kg/m ²)	15,0	17,5	20,0	22,0

* Peso do Pannel Sandwich com características standard com chapa superior de 0,5mm e chapa inferior 0,4mm a 0,5mm.

Propriedades:

Espessura (mm)	50	75	100	120	
Térmicas ⁽¹⁾	Resistência Térmica (R) (m ² .K/W)	1,19	1,78	2,38	2,86
	Coefficiente transmissão térmica (U) (W/m ² .K)	0,71	0,50	0,39	0,33
Acústicas	Isolamento Sonoro (R _w) ⁽¹⁾	34 dB			Superior 34 dB
Classe de Reação ao Fogo ⁽¹⁾	A2-s1,d0				
Classe de Resistência ao Fogo Padrão	EI 45 ⁽²⁾	EI 120 ⁽³⁾	-	-	

Cargas Máximas Admissíveis (kN/m²): Para espessura de 50 mm

Vão Livre L (m)	Força Máxima (Carga de Ruptura)	Flecha Máxima (mm)
	N/m ²	Kg/m ²
1,50	6118	624
2,00	4408	450
2,50	3041	310
3,00	2224	227

(1) Ensaio realizado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC)

(2) Ensaio realizado no Laboratório de Estruturas e Resistência ao Fogo da Universidade de Aveiro (LERF)

(3) Ensaio realizado no Laboratório AFITI - LICOF

6.4 ANEXO D – Lista de Material

LISTA DE MATERIAL AÇO

Nº Projecto:;0 ; ; ; Data:;12.10.2019
 Modelo:;CEREALIS_AMPLIAÇÃO ARM*** ; ; ; Hora:;10***
 Título1:; ; ; ;

Perfil	Material	Qtd	Comp. (mm)	Área (m2)	Peso (kg)
ANCHOR_M24	S275JR	192	1000	0.08	3.39
Sub-total:			192000	14.48	651.11
BARRA5X100	S235JR	16	100	0.01	0.20
Sub-total:			1600	0.19	3.14
BARRA8X110	S235JR	36	221	0.05	1.53
Sub-total:			7949	1.94	54.91
BARRA10X100	S275JR	56	300	0.04	1.46
Sub-total:			16800	2.49	81.77
BARRA20X70	S275JR	56	810	0.15	8.90
Sub-total:			45360	8.32	498.51
BARRA20X100	S275JR	40	810	0.20	12.72
Sub-total:			32400	7.94	508.68
CHS139.7*5.0	S355J2H	24	5720	2.52	95.01
CHS139.7*5.0	S355J2H	8	5935	2.61	98.59
CHS139.7*5.0	S355J2H	16	5959	2.62	98.98
Sub-total:			280102	123.24	4652.66
CHS168.3*6.3	S355J2H	8	5642	2.99	142.00
CHS168.3*6.3	S355J2H	16	5647	2.99	142.13
CHS168.3*6.3	S355J2H	12	5716	3.03	143.86
CHS168.3*6.3	S355J2H	6	5766	3.06	145.11
Sub-total:			238686	126.50	6007.04
CHS219.1*8.0	S355J2H	4	8752	6.04	364.53
CHS219.1*8.0	S355J2H	8	8875	6.12	369.66
CHS219.1*8.0	S355J2H	4	9036	6.23	376.37
CHS219.1*8.0	S355J2H	4	9036	6.23	376.37
CHS219.1*8.0	S355J2H	4	9771	6.74	406.99
Sub-total:			217378	149.99	9054.26
CHS244.5*8.0	S355J2H	4	8482	6.53	395.51
CHS244.5*8.0	S355J2H	4	8531	6.57	397.80
CHS244.5*8.0	S355J2H	4	8571	6.60	399.65
Sub-total:			102336	78.80	4771.83
IPE400	S275JR	14	10150	14.89	673.29
IPE400	S275JR	4	10265	15.06	680.92
IPE400	S275JR	10	10270	15.07	681.21
Sub-total:			285862	419.36	18961.93
IPE500	S275JR	14	10995	19.18	1001.20
IPE500	S275JR	12	11559	20.16	1052.56
IPE500	S275JR	2	11573	20.18	1053.84
Sub-total:			315784	550.73	28755.29
O160X1.5	S350GD+Z	66	6380	0.00	31.30
O160X1.5	S350GD+Z	72	6488	0.00	31.83
Sub-total:			888180	0.02	4357.63
O200X1.5	S350GD+Z	24	7260	0.00	47.12
O200X1.5	S350GD+Z	24	7515	0.00	48.77
O200X1.5	S350GD+Z	24	7740	0.00	50.23
O200X1.5	S350GD+Z	72	7920	0.00	51.40
Sub-total:			1110600	0.02	7207.66

O200X2.5	;Steel_Undef***;	66	;	6530	;	0.00	;	70.44
O200X2.5	;Steel_Undef***;	1	;	6535	;	0.00	;	70.50
O200X2.5	;Steel_Undef***;	1	;	6535	;	0.00	;	70.50
O200X2.5	;Steel_Undef***;	34	;	6572	;	0.00	;	70.89
O200X2.5	;Steel_Undef***;	1	;	6577	;	0.00	;	70.95
O200X2.5	;Steel_Undef***;	1	;	6585	;	0.00	;	71.03
O200X2.5	;Steel_Undef***;	1	;	6585	;	0.00	;	71.04
Sub-total :	;	;	;	687234	;	0.01	;	7413.77
PL8X160	;S235JR	48	;	198	;	0.07	;	1.99
PL8X160	;S235JR	36	;	221	;	0.08	;	2.22
Sub-total :	;	;	;	17453	;	6.08	;	175.39
PL8X198	;S235JR	114	;	320	;	0.14	;	3.98
Sub-total :	;	;	;	36480	;	15.39	;	453.61
PL8X220.8	;S235JR	2	;	420	;	0.08	;	2.22
PL8X220.8	;S235JR	83	;	420	;	0.20	;	5.82
Sub-total :	;	;	;	35700	;	16.41	;	487.85
PL8X510	;S275JR	2	;	11197	;	11.61	;	358.59
PL8X510	;S275JR	2	;	11197	;	11.61	;	358.59
PL8X510	;S275JR	8	;	11495	;	11.92	;	368.16
PL8X510	;S275JR	2	;	11771	;	12.20	;	376.99
PL8X510	;S275JR	2	;	11771	;	12.20	;	376.99
PL8X510	;S275JR	2	;	11850	;	12.28	;	379.52
PL8X510	;S275JR	2	;	11970	;	12.41	;	383.38
Sub-total :	;	;	;	231469	;	239.96	;	7413.42
PL10X94.9	;S235JR	4	;	468	;	0.10	;	3.46
Sub-total :	;	;	;	1872	;	0.40	;	13.82
PL10X146	;S235JR	4	;	510	;	0.16	;	5.77
Sub-total :	;	;	;	2040	;	0.64	;	23.10
PL10X160	;S275JR	96	;	160	;	0.04	;	1.55
PL10X160	;S275JR	96	;	260	;	0.09	;	3.23
PL10X160	;S275JR	8	;	290	;	0.10	;	3.61
Sub-total :	;	;	;	42640	;	13.78	;	488.43
PL10X300	;S275JR	48	;	410	;	0.26	;	9.66
Sub-total :	;	;	;	19680	;	12.49	;	463.46
PL10X342	;S275JR	5	;	1005	;	0.34	;	12.41
PL10X342	;S275JR	5	;	1005	;	0.34	;	12.41
Sub-total :	;	;	;	10047	;	3.39	;	124.13
PL10X364.3	;S275JR	16	;	510	;	0.31	;	11.42
Sub-total :	;	;	;	8160	;	4.89	;	182.68
PL10X364.9	;S275JR	48	;	468	;	0.27	;	9.96
PL10X364.9	;S275JR	16	;	510	;	0.31	;	11.44
Sub-total :	;	;	;	30624	;	17.76	;	661.15
PL10X372.3	;S275JR	8	;	510	;	0.31	;	11.62
Sub-total :	;	;	;	4080	;	2.49	;	93.00
PL10X2148.8	;S275JR	10	;	5954	;	13.22	;	513.72
Sub-total :	;	;	;	59540	;	132.25	;	5137.21
PL12X85.7	;S275JR	20	;	373	;	0.07	;	2.97
Sub-total :	;	;	;	7455	;	1.48	;	59.43
PL12X94.7	;S275JR	20	;	629	;	0.13	;	5.52
Sub-total :	;	;	;	12575	;	2.68	;	110.35
PL12X94.9	;S275JR	28	;	468	;	0.10	;	4.10
Sub-total :	;	;	;	13104	;	2.80	;	114.77
PL12X200	;S275JR	84	;	200	;	0.07	;	2.91

PL12X200	;S275JR	; 84 ;	260 ;	0.11 ;	4.86
Sub-total :	;	;	38640 ;	15.39 ;	652.83
PL12X239.2	;S275JR	; 20 ;	275 ;	0.13 ;	5.36
Sub-total :	;	;	5507 ;	2.50 ;	107.24
PL12X239.3	;S275JR	; 20 ;	275 ;	0.13 ;	5.37
Sub-total :	;	;	5494 ;	2.51 ;	107.48
PL12X240	;S275JR	; 40 ;	240 ;	0.10 ;	4.19
PL12X240	;S275JR	; 8 ;	260 ;	0.13 ;	5.77
Sub-total :	;	;	11680 ;	4.99 ;	213.81
PL12X260	;S275JR	; 8 ;	269 ;	0.13 ;	5.59
PL12X260	;S275JR	; 7 ;	269 ;	0.13 ;	5.60
PL12X260	;S275JR	; 4 ;	270 ;	0.13 ;	5.35
Sub-total :	;	;	5120 ;	2.46 ;	105.36
PL12X260.1	;S275JR	; 4 ;	269 ;	0.13 ;	5.59
Sub-total :	;	;	1078 ;	0.52 ;	22.37
PL12X269.5	;S275JR	; 24 ;	270 ;	0.12 ;	5.34
Sub-total :	;	;	6480 ;	2.97 ;	128.22
PL12X352.3	;S275JR	; 4 ;	373 ;	0.25 ;	10.91
Sub-total :	;	;	1491 ;	0.99 ;	43.63
PL12X367.7	;S275JR	; 4 ;	407 ;	0.26 ;	11.34
Sub-total :	;	;	1629 ;	1.03 ;	45.35
PL12X368.5	;S275JR	; 16 ;	407 ;	0.25 ;	10.86
Sub-total :	;	;	6507 ;	3.95 ;	173.81
PL12X372.4	;S275JR	; 8 ;	412 ;	0.25 ;	11.11
Sub-total :	;	;	3292 ;	2.02 ;	88.91
PL12X373	;S275JR	; 24 ;	407 ;	0.25 ;	10.97
Sub-total :	;	;	9761 ;	5.98 ;	263.18
PL12X376.1	;S275JR	; 8 ;	397 ;	0.25 ;	11.03
Sub-total :	;	;	3175 ;	2.00 ;	88.25
PL12X382	;S275JR	; 4 ;	398 ;	0.27 ;	11.78
Sub-total :	;	;	1592 ;	1.07 ;	47.13
PL12X390.6	;S275JR	; 4 ;	397 ;	0.27 ;	11.99
Sub-total :	;	;	1590 ;	1.09 ;	47.98
PL12X394.9	;S275JR	; 24 ;	468 ;	0.31 ;	13.81
Sub-total :	;	;	11232 ;	7.47 ;	331.50
PL12X416.7	;S275JR	; 2 ;	478 ;	0.35 ;	15.72
PL12X416.7	;S275JR	; 2 ;	478 ;	0.35 ;	15.72
Sub-total :	;	;	1913 ;	1.41 ;	62.88
PL12X422.2	;S275JR	; 4 ;	425 ;	0.30 ;	13.44
Sub-total :	;	;	1698 ;	1.21 ;	53.74
PL12X461.7	;S275JR	; 20 ;	468 ;	0.36 ;	16.00
Sub-total :	;	;	9350 ;	7.18 ;	320.04
PL12X462.7	;S275JR	; 20 ;	510 ;	0.41 ;	18.34
Sub-total :	;	;	10198 ;	8.19 ;	366.74
PL16X95	;S275JR	; 40 ;	468 ;	0.10 ;	5.46
Sub-total :	;	;	18720 ;	4.19 ;	218.49
PL16X200	;S275JR	; 14 ;	480 ;	0.21 ;	12.06
Sub-total :	;	;	6720 ;	2.99 ;	168.81

PL16X300	;S275JR	; 2	; 530	; 0.34	; 19.97
Sub-total:	;	;	1060	0.69	39.94
PL16X301.1	;S275JR	; 2	; 530	; 0.35	; 20.04
PL16X301.1	;S275JR	; 4	; 530	; 0.35	; 20.04
Sub-total:	;	;	3180	2.07	120.24
PL18X180	;S275JR	; 10	; 1005	; 0.40	; 25.55
PL18X180	;S275JR	; 10	; 6060	; 2.41	; 154.13
Sub-total:	;	;	70645	28.11	1796.78
PL20X180	;S275JR	; 4	; 430	; 0.18	; 12.15
Sub-total:	;	;	1720	0.72	48.61
PL20X200	;S275JR	; 28	; 810	; 0.36	; 25.43
Sub-total:	;	;	22680	10.20	712.15
PL20X250	;S275JR	; 20	; 810	; 0.45	; 31.79
Sub-total:	;	;	16200	8.95	635.85
PL20X300	;S235JR	; 2	; 550	; 0.36	; 25.91
Sub-total:	;	;	1100	0.73	51.81
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11209	; 7.18	; 527.34
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11209	; 7.18	; 527.35
PL20X300	;S275JR	; 16	; 11495	; 7.37	; 541.41
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11783	; 7.55	; 554.40
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11783	; 7.55	; 554.40
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11850	; 7.60	; 558.12
PL20X300	;S275JR	; 4	; 11970	; 7.67	; 563.79
Sub-total:	;	;	463135	296.76	21804.16
PL20X430	;S275JR	; 2	; 447	; 0.33	; 23.09
Sub-total:	;	;	895	0.65	46.17
PL25X180	;S275JR	; 30	; 600	; 0.26	; 21.20
PL25X180	;S275JR	; 5	; 748	; 0.32	; 26.42
Sub-total:	;	;	21740	9.23	767.97
PL25X380	;S275JR	; 24	; 880	; 0.73	; 65.63
Sub-total:	;	;	21120	17.56	1575.02
PL25X690	;S275JR	; 7	; 748	; 0.62	; 54.40
Sub-total:	;	;	5236	4.32	380.77
PL30X180	;S275JR	; 6	; 430	; 0.19	; 18.23
PL30X180	;S275JR	; 10	; 2920	; 1.24	; 123.78
Sub-total:	;	;	31780	13.52	1347.15
ROD240	;S275JR	; 8	; 12	; 0.10	; 4.23
Sub-total:	;	;	96	0.79	33.81
Total:	;	;		2433.32	142000.20

6.5 ANEXO E – Folha de gama operatória

OP.	Descrição da operação	Equipamento	Ferramentas / Consumíveis	Tempo
P1	Corte com serrote de perfis	KALTENBACH KBS750DG	Fitas de serra Óleo de corte	-
P2	Furação CNC de perfis	EXCALIBUR 1201DE	Pastilhas Brocas Óleo de corte Massa p/lubrificar parafusos	-
P3	Corte CNC de chapas	KRONOS KR32SP	Eléttodos Líquido de refrigeração Gás de proteção Gás de combustão	-
P4	Corte com serrote/disco de tubos	KALTENBACH	Discos de corte Óleo de corte	-
P5	Soldadura das chapas para obtenção do PRS1	ESAB LAF 1000 DC	Fio de eléttrodo Fluxo	-
P6 P7	Soldadura das chapas das ligações	Máquina de soldar MIG	Fio de eléttrodo Gás de proteção	-
P8	Pintura	-	-	-
C1	Controlo dimensional	Fita métrica	-	-
C2	Controlo de soldadura	-	-	-
C3	Controlo de pintura	-	-	-

6.6 ANEXO F – Folhas de operação

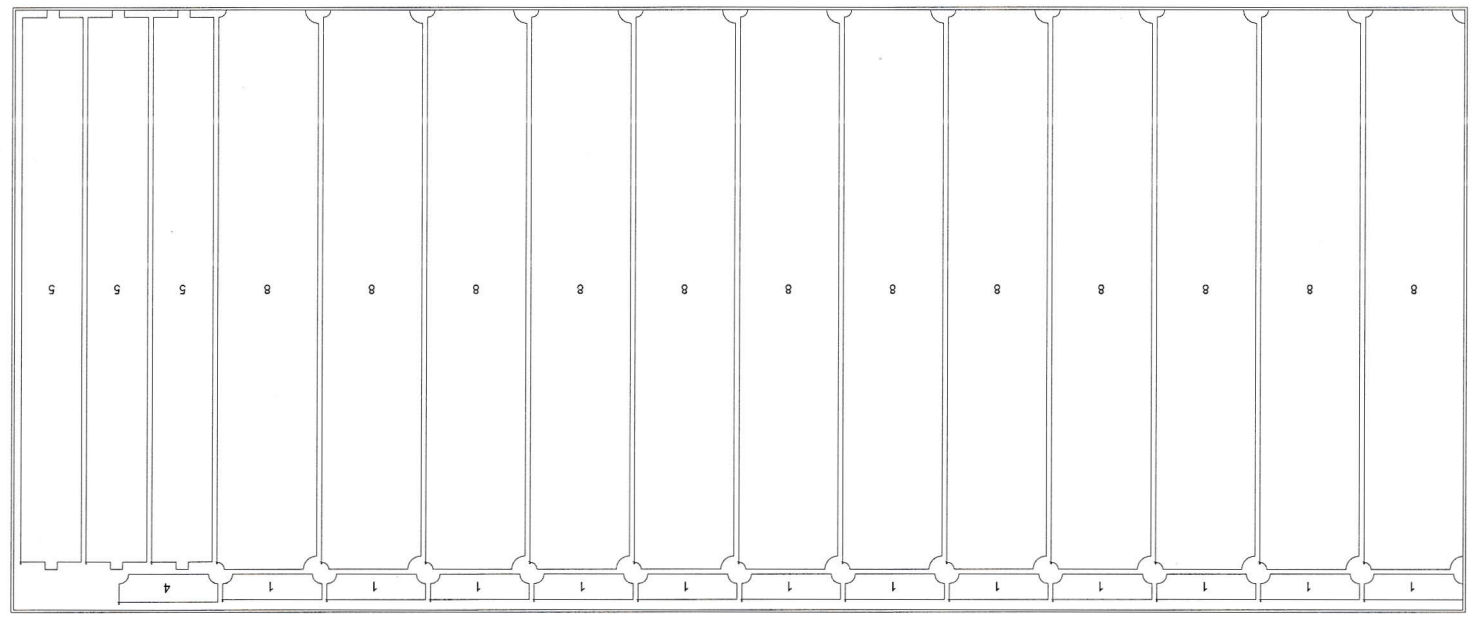
Lista de corte

Lista de corte						
Obra:	Armazem automatizado					
Ref.	Perfil	Qty.	Comp	Peso	Area	Material
A.1	PL12X461.7	18	467	16	0,359	S275JR
C.1	PL10X364.9	48	468	9,96	0,268	S275JR
C.106	O200X2,5	49	6350	70,44	7,21	S350GD+Z
C.115	O160X1.5	12	6487	35	5.967	S350GD+Z
C.117	PL20X300	2	550	25,9	0,369	S275JR
C.14	PL28X180	28	600	21,2	0,255	S275JR
C.16	PL16X301	8	530	20,04	0,346	S275JR
C.2	PL10X160	48	260	3,23	0,091	S275JR
C.24	PL12X85,7	20	372	2,97	0,074	S275JR
C.25	PL16X95	68	468	5,46	0,105	S275JR
C.26	PL12X94,7	20	628	5,52	0,134	S275JR
C.260	PL20X200	28	810	25,43	0,364	S275JR
C.261	PL20X70	46	810	8,9	0,149	S275JR
C.28	PL16X200	14	480	12,06	0,214	S275JR
C.44	PL10X300	28	410	9,66	0,26	S275JR
C.5	PL12X239,2	18	275	5,36	0,125	S275JR
C.58	PL12X368,5	16	406	10,86	0,247	S275JR
C.68	PL12X270	24	270	5,34	0,124	S275JR
C.69	PL12X260	4	269	5,35	0,125	S275JR
C.85	PL12X462.7	20	509	18,34	0,41	S275JR
C.87	PL10X364,3	16	510	11,42	0,306	S275JR
C.92	PL10X372,3	8	510	11,62	0,311	S275JR
C.94	PL20X180	4	429	12,15	0,179	S275JR
C.99	O200X2,5	34	6571	70,89	7,256	S350GD+Z
C120	CHS244,5X8	4	8570	396,57	6,576	S355J2H
C121	CHS244,5X8	4	8531	394,72	6,545	S355J2H
C122	CHS219,1X8	8	8874	366,53	6,101	S355J2H
C123	CHS244,5X8	4	8482	392,46	6,508	S355J2H
Ch.15	PL10X100	56	299	1,46	0,444	S275JR
Ch.19	PL12X200	68	260	4,86	0,114	S275JR
Ch.20	PL12X200	84	200	2,91	0,069	S275JR
Ch.23	PL12X373	24	406	40,97	0,249	S275JR
Ch.24	PL12x372,4	8	411	11,11	0,252	S275JR
Ch.25	PL25X690	5	748	54,4	0,617	S275JR
Ch.26	PL25X180	5	748	26,42	0,316	S275JR
Ch.27	PL10X342	10	1004	12,41	0,339	S275JR
Ch.28	PL18X180	10	1004	25,55	0,404	S275JR
Ch.37	PL12X352.3	4	372	10,91	0,247	S275JR
Ch.39	PL12X240	4	260	5,77	0,134	S275JR
Ch.40	PL10X146	4	510	5,77	0,16	S275JR
Ch.41	PL12X240	24	240	4,19	0,098	S275JR
Ch.43	PL12X239,3	24	274	5,37	0,125	S275JR
Ch.44	PL10X364,926	16	510	11,44	0,306	S275JR
Ch.45	PL10X160	32	260	3,23	0,091	S275JR
Ch.49	PL10X160	8	290	3,61	0,101	S275JR
Ch.50	PL5X100	16	100	0,2	0,012	S275JR

Ch.51	PL30X180	4	429	18,23	0,191	S275JR
Ch.56	PL40X430	2	447	23,09	0,325	S275JR
Ch.7	PL18X180	10	6059	154,13	2,406	S275JR
Ch.8	PL10X2148,8	10	5953	513,72	13,225	S275JR
Ch.85	PL25X380	24	880	65,63	0,732	S275JR
Ch.86	PL12X394,9	24	468	13,81	0,311	S275JR
Ch.9	PL30X180	10	2920	123,78	1,237	S275JR
M2	O200X1.5	72	7920	51,4	8,757	S350GD+Z
M4	O200X1.5	24	7515	48,77	9,309	S350GD+Z
P.20	PL12X240	48	240	4,19	0,098	S275JR
P.21	PL12x416,7	4	478	15,72	0,353	S275JR
P.22	PL12X240	4	260	5,77	0,134	S275JR
P.23	PL10X96,9	4	468	3,46	0,099	S275JR
P.26	PL8X198	92	320	3,98	0,135	S275JR
P.27	PL8X160	47	198	1,99	0,069	S275JR
P.30	PL8X220,8	83	420	5,82	0,196	S275JR
P.31	PL8X160	36	220	2,22	0,077	S275JR
P.32	PL8X110	34	220	1,53	0,054	S275JR
P0	IPE500	14	10995	1000,13	19,184	S275 JR
P1	IPE500	4	11559	1051,43	20,167	S275 JR
p25	IPE500	10	11559	1051,43	20,167	S275 JR
PR17	PL20X300	4	11970	563,79	7,673	S275 JR
PR19	PL8X510	2	11970	383,38	12,409	S275 JR
PR2	PL20X300	16	11495	541,41	7,369	S275 JR
PR3	PL8X510	8	11495	368,16	11,917	S275 JR
PR4	PL20X300	8	11208	527,35	7,178	S275 JR
PR5	PL8X510	4	11196	358,59	11,608	S275 JR
PR6	PL20X300	8	11783	554,4	7,545	S275 JR
PR7	PL8X510	4	11770	376,99	12,203	S275 JR
PR8	PL20X300	4	11849	558,12	7,596	S275 JR
PR9	PL8X510	2	11849	379,52	12,284	S275 JR
T1	CHS219,1X8	4	8751	361,45	6,017	S355J2H
T10	CHS219,1X8	4	9771	403,55	6,717	S355J2H
T11	CHS168,3X6,3	8	5642	140,4	2,978	S355J2H
T12	CHS139,7X5	16	5958	97,35	2,607	S355J2H
T13	CHS139,7X5	8	5935	96,97	2,596	S355J2H
T2	CHS219,1X8	8	9035	373,18	6,212	S355J2H
T5	CHS168,3X6,3	6	5765	143,48	3,043	S355J2H
T6	CHS168,3X6,3	16	5647	140,52	2,981	S355J2H
T7	CHS168,3X6,3	12	5715	142,23	3,017	S355J2H
T8	CHS139,7X5	24	5719	93,45	2,502	S355J2H
V1	IPE400	14	10150	674,7	14,87	S275 JR
V24	IPE400	4	10265	682,35	15,01	S275 JR
V25	IPE400	10	10269	682,65	15,047	S275 JR

#	Referência	Chapa	Total	Faltam	Peso	Dimensões
1	OP122 C-172 F1	12	12	0	4,749	408 x 105
8	OP122 C-52 F1	12	12	0	110,892	2312 x 410
5	OP122 C-42 F1	3	12	0	66,646	2312 x 250
4	OP122 C-41 F1	1	120	0	5,229	408 x 115

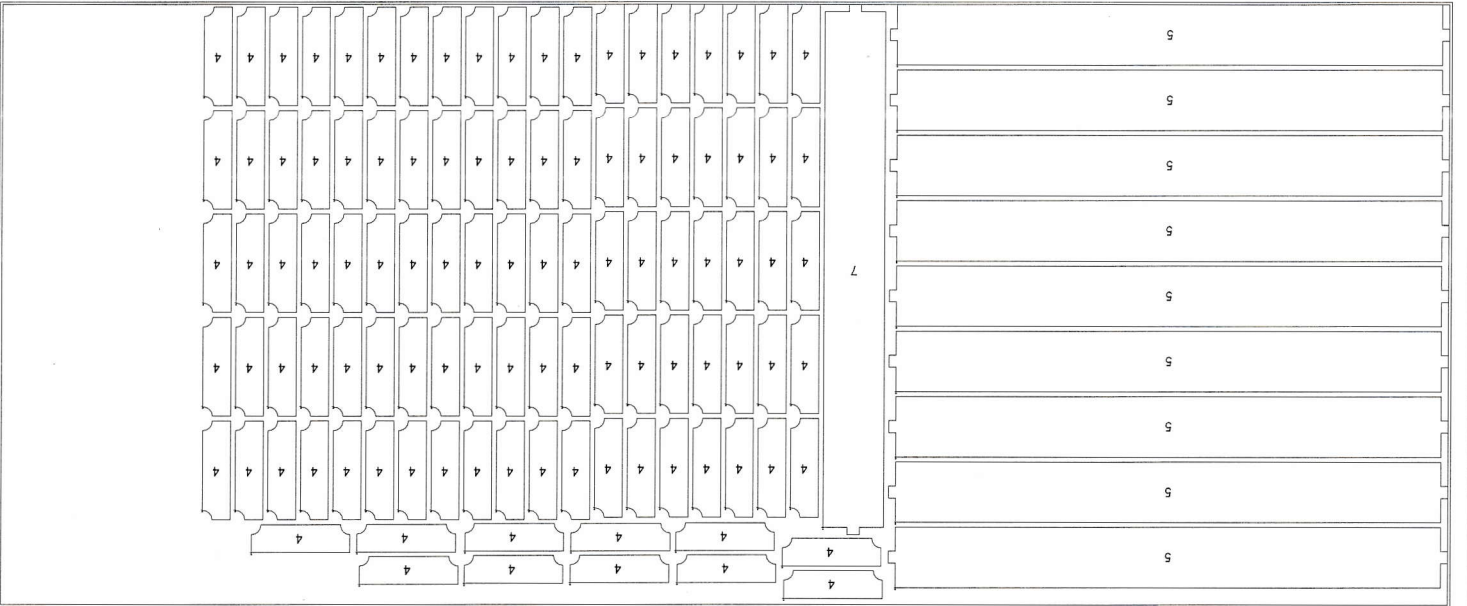
1766,25 kg	Peso	Esab NCE 390 Plasma	Material	S355J2	X	5970	Tempo total	00:19:28,36	Y	2467	Forneecedor		Aprov. (%)	90,183	Transportador		Retalho (%)	90,183	100
------------	------	---------------------	----------	--------	---	------	-------------	-------------	---	------	-------------	--	------------	--------	---------------	--	-------------	--------	-----



Ref	Trabalho	8313	6000 x 2500 x 15	Comentário
	CNC			
Quant.				

#	Referência	Chapa	Total	Faltam	Peso	Dimensões
5	OP122 C-42 F1	9	12	0	66.646	2312 x 250
7	OP122 C-45 F1	1	4	0	63.114	2192 x 250
4	OP122 C-41 F1	106	120	0	5.229	408 x 115

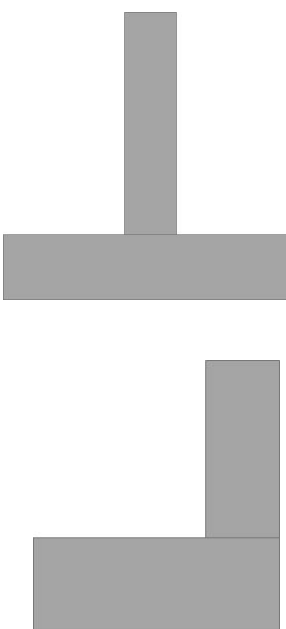
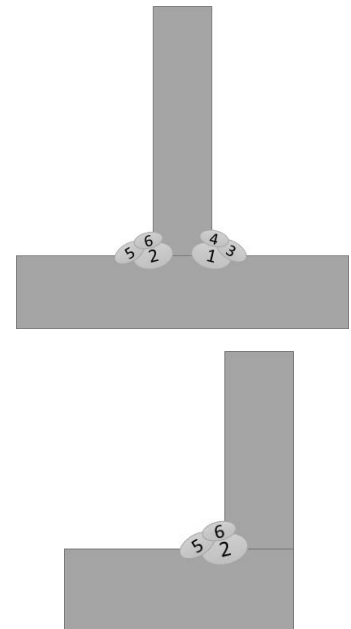
Máquina	Esab NCE 390 Plasma	Peso	1766.25 kg
Material	S355J2	X	5167
Tempo total	00:51:51.13	Y	2474.766
Fornecedor		Aprov. (%)	68.914
Transportador		Retalho (%)	68.914



Ref	Trabalho	CNC	8315	6000 x 2500 x 15	Comentário
	Quant.				

ISEP METALONGO	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	WPS Nº: 1
		REV.: 0
		NORMA: EN ISO 15609-1
PROCESSO: 138 - Soldadura MAG com arame tubular metálico		TIPO: Arco Elétrico

MATERIAL BASE A (CHAPA)	MATERIAL BASE B
QUALIDADE: S275 JR NORMA: EN ISO 10025-2 GRUPO: 1.2 ESPESSURA (mm): 5 – 30 DIÂMETRO (mm): ---	QUALIDADE: --- NORMA: --- GRUPO: --- ESPESSURA (mm): --- DIÂMETRO (mm): ---
MATERIAL ADIÇÃO 1	MATERIAL ADIÇÃO 2
NORMA: EN ISO 17632-A (T46 3 M M 2 H) FABRICANTE: Lincoln Electric PRODUTO: Outershield MC710RF-H DIÂMETRO FIO (mm): 1,2 FORMA DO PRODUTO: Arame tubular metálico	NORMA: --- FABRICANTE: --- PRODUTO: --- DIÂMETRO FIO (mm): --- FORMA DO PRODUTO: ---
GÁS DE PROTEÇÃO	
DESIGNAÇÃO (ISO 14175): M20 – ArC – 8 FABRICANTE: Praxair COMPOSIÇÃO: 92%Ar + 8%CO ₂ CAUDAL (L/min.): 15	

TIPO DE JUNTA	POSIÇÃO SOLDADURA	MÉTODO DE LIMPEZA
Junta de canto em "T" Junta de canto	PA / PB / PD / PF	Escova de arame Rebarbadora
DESIGN DA JUNTA	SEQUÊNCIA DE SOLDADURA	
		

CICLOS TÉRMICOS	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (°C): ---	
TEMPERATURA INTERPASSES (°C): ≤ 250 (T _{máx.})	
TEMPERATURA DE PÓS-AQUECIMENTO (°C): ---	
TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDADURA	
MÉTODO: ---	
TEMPERATURA (°C): ---	
TEMPO (min.): ---	
TAXA DE AQUECIMENTO (°C/min.): ---	
TAXA DE ARREFECIMENTO (°C/min.): ---	

PARÂMETROS DE SOLDADURA					
Nº PASSE	PROCESSO	MODO TRANSFERÊNCIA	MATERIAL DE ADIÇÃO	Φ ELÉTRODO/FIO (mm)	STICK-OUT (mm)
1,2	138	Spray	Outershield MC710RF-H	1,2	18
3,4,5,6	138	Spray	Outershield MC710RF-H	1,2	18
Nº PASSE	VEL. ALIMENTAÇÃO (m/min.)		TIPO CORRENTE	INTENSIDADE (A)	TENSÃO (V)
1,2	10		DC (+)	300	30
3,4,5,6	9		DC (+)	280	27
Nº PASSE	VEL. AVANÇO (mm/min.)		ENTREGA TÉRMICA (kJ/mm)		
1,2	330		1,1-1,4		
3,4,5,6	410		0,8-1,1		

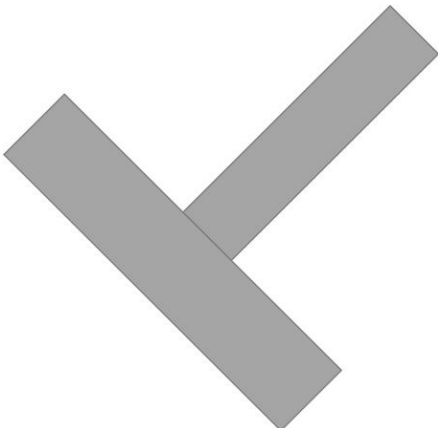
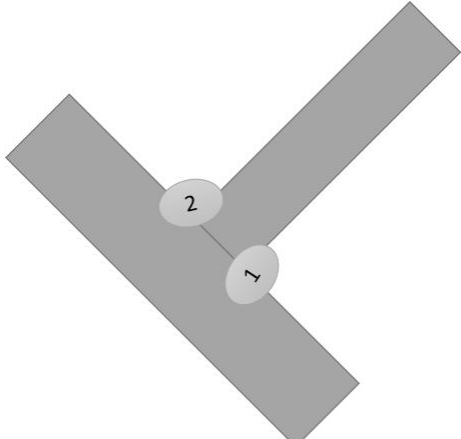
TÉCNICA DE SOLDADURA	
POSIÇÃO DA TOCHA: "A puxar"	TIPO ELÉTRODO: Mono
INCLINAÇÃO [°]: 70	PASSE: Múltiplo
DISTÂNCIA TOCHA-PEÇA [mm]: 18we	

OBSERVAÇÕES
Para as espessuras da garganta do cordão iguais a 5 mm utilizar apenas os passes 1 e 2.

ELABORADO	DATA	APROVADO	DATA
Miguel Castro	30/08/2019	---	---

ISEP METALONGO	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	WPS Nº: 2
		REV.: 0
		NORMA: EN ISO 15609-1
PROCESSO: 121 – Soldadura Arco-Submerso com um fio eléctrodo sólido		TIPO: Arco Eléctrico

MATERIAL BASE A (CHAPA)	MATERIAL BASE B
QUALIDADE: S275 JR NORMA: EN ISO 10025-2 GRUPO: 1.2 ESPESSURA (mm): 8 - 20 DIÂMETRO (mm): ---	QUALIDADE: --- NORMA: --- GRUPO: --- ESPESSURA (mm): --- DIÂMETRO (mm): ---
MATERIAL ADIÇÃO 1	MATERIAL ADIÇÃO 2
NORMA: ISO 14171-A (S2Si) + ISO 14174 (SA AB 1 67 ACH5) FABRICANTE: Lincoln Electric PRODUTO: L61 + P230 DIÂMETRO FIO (mm): 4 FORMA DO PRODUTO: Fio eléctrodo sólido + Fluxo básico	NORMA: --- FABRICANTE: --- PRODUTO: --- DIÂMETRO FIO (mm): --- FORMA DO PRODUTO: ---
GÁS DE PROTEÇÃO	
DESIGNAÇÃO (ISO 14175): --- FABRICANTE: --- COMPOSIÇÃO: --- CAUDAL (L/min.): ---	

TIPO DE JUNTA	POSIÇÃO SOLDADURA	MÉTODO DE LIMPEZA
Junta de canto em 'T'	PA	Escova de arame Rebarbadora
DESIGN DA JUNTA	SEQUÊNCIA DE SOLDADURA	
		

CICLOS TÉRMICOS	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (°C): ---	
TEMPERATURA INTERPASSES (°C): ≤ 250 (T _{máx.})	
TEMPERATURA DE PÓS-AQUECIMENTO (°C): ---	
TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDADURA	
MÉTODO: ---	
TEMPERATURA (°C): ---	
TEMPO (min.): ---	
TAXA DE AQUECIMENTO (°C/min.): ---	
TAXA DE ARREFECIMENTO (°C/min.): ---	

PARÂMETROS DE SOLDADURA					
Nº PASSE	PROCESSO	MODO TRANSFERÊNCIA	MATERIAL DE ADIÇÃO	Φ ELÉTRODO/FIO (mm)	STICK-OUT (mm)
1,2	121	---	L61 + P230	4	25
Nº PASSE	VEL. ALIMENTAÇÃO (m/min.)		TIPO CORRENTE	INTENSIDADE (A)	TENSÃO (V)
1,2	---		DC (+)	550	40
Nº PASSE	VEL. AVANÇO (mm/min.)		ENTREGA TÉRMICA (kJ/mm)		
1,2	550		1,80		

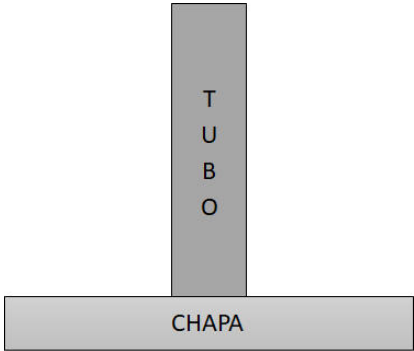
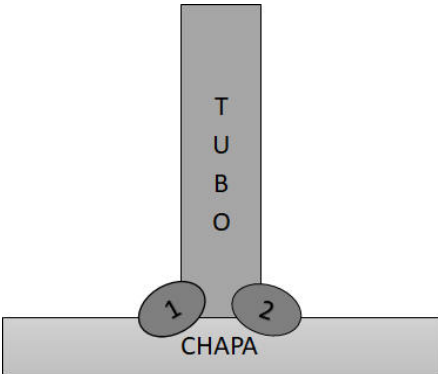
TÉCNICA DE SOLDADURA	
POSIÇÃO DA TOCHA: "A puxar"	TIPO ELÉTRODO: Mono
INCLINAÇÃO [°]: 70	PASSE: 1 passe
DISTÂNCIA TOCHA-PEÇA [mm]: 26	

OBSERVAÇÕES
Soldadura realizada com a peça a 45°.

ELABORADO	DATA	APROVADO	DATA
Miguel Castro	30/08/2019	---	---

ISEP METALONGO	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	WPS Nº: 3
		REV.: 0
		NORMA: EN ISO 15609-1
PROCESSO: 138 - Soldadura MAG com arame tubular metálico		TIPO: Arco Elétrico

MATERIAL BASE A (Chapa)	MATERIAL BASE B (Tubo)
QUALIDADE: S275 JR NORMA: EN ISO 10025-2 GRUPO: 1.2 ESPESSURA (mm): 10 - 12 DIÂMETRO (mm): ---	QUALIDADE: S355 J2 NORMA: EN ISO 10025-2 GRUPO: 1.2 ESPESSURA (mm): 5 – 8 DIÂMETRO (mm): 140 - 244
MATERIAL ADIÇÃO 1	MATERIAL ADIÇÃO 2
NORMA: EN ISO 17632-A (T46 3 M M 2 H) FABRICANTE: Lincoln Electric PRODUTO: Outershield MC710RF-H DIÂMETRO FIO (mm): 1,2 FORMA DO PRODUTO: Arame tubular metálico	NORMA: --- FABRICANTE: --- PRODUTO: --- DIÂMETRO FIO (mm): --- FORMA DO PRODUTO: ---
GÁS DE PROTEÇÃO	
DESIGNAÇÃO (ISO 14175): M20 – ArC – 8 FABRICANTE: Praxair COMPOSIÇÃO: 92%Ar + 8%CO ₂ CAUDAL (L/min.): 15	

TIPO DE JUNTA	POSIÇÃO SOLDADURA	MÉTODO DE LIMPEZA
Junta de canto	PB / PH	Escova de arame Rebarbadora
DESIGN DA JUNTA	SEQUÊNCIA DE SOLDADURA	
		

CICLOS TÉRMICOS	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO (°C): ---	
TEMPERATURA INTERPASSES (°C): ≤ 250 (T _{máx.})	
TEMPERATURA DE PÓS-AQUECIMENTO (°C): ---	
TRATAMENTO TÉRMICO PÓS-SOLDADURA	
MÉTODO: ---	
TEMPERATURA (°C): ---	
TEMPO (min.): ---	
TAXA DE AQUECIMENTO (°C/min.): ---	
TAXA DE ARREFECIMENTO (°C/min.): ---	

PARÂMETROS DE SOLDADURA					
Nº PASSE	PROCESSO	MODO TRANSFERÊNCIA	MATERIAL DE ADIÇÃO	Φ ELÉTRODO/FIO (mm)	STICK-OUT (mm)
1,2	138	Spray	Outershield MC710RF-H	1,2	18
Nº PASSE	VEL. ALIMENTAÇÃO (m/min.)		TIPO CORRENTE	INTENSIDADE (A)	TENSÃO (V)
1,2	10		DC (+)	300	30
Nº PASSE	VEL. AVANÇO (mm/min.)		ENTREGA TÉRMICA (kJ/mm)		
1,2	330		---		

TÉCNICA DE SOLDADURA	
POSIÇÃO DA TOCHA: "A puxar"	TIPO ELÉTRODO: Mono
INCLINAÇÃO [°]: 70	PASSE: Mono
DISTÂNCIA TOCHA-PEÇA [mm]: 18	

OBSERVAÇÕES

ELABORADO	DATA	APROVADO	DATA
Miguel Castro	30/08/2019	---	---