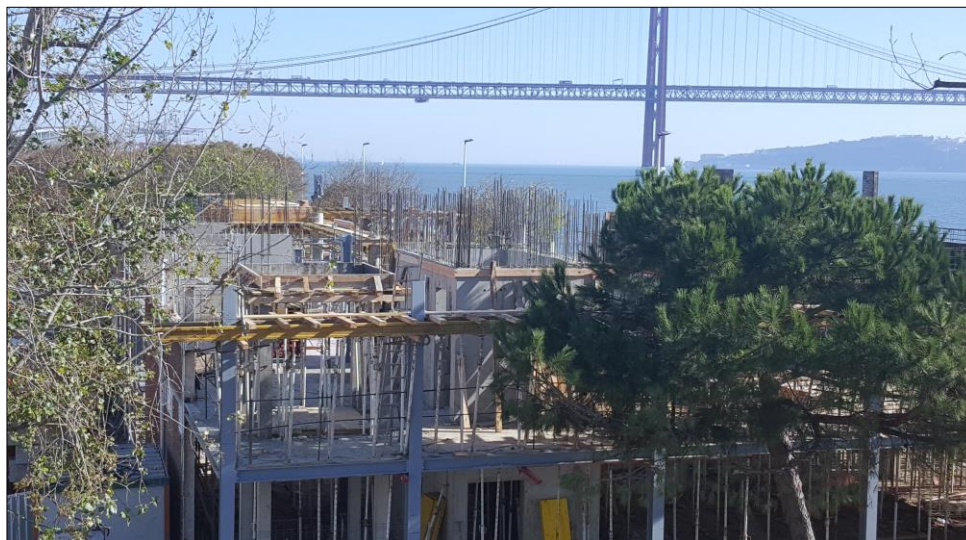




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Reconstrução do Edifício conhecido por “BBC-Belém, Bar, Café”

CATARINA ISABEL MARQUES PEREIRA
(Licenciada em Engenharia Civil)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na área de
Especialização de Estruturas

Orientador (es):

Professor Doutor, Luciano Carmo Jacinto

Licenciado Heliodoro Carlos da Costa Roque

Júri:

Presidente: Mestre Cristina Ferreira Xavier de Brito Machado

Vogais:

Licenciado José António Fontelas dos Santos Viseu

Professor Doutor Luciano Alberto do Carmo Jacinto

Setembro 2016

RESUMO

O presente Relatório de Estágio foi desenvolvido no âmbito do trabalho final de Mestrado do Curso de Engenharia Civil, na área de especialização de Estruturas, enquanto membro da equipa de Preparação e Direcção de Obra afecta à empreitada “*Reconstrução do Edifício actualmente conhecido como “BBC- Belém, Bar, Café”*”, na Avenida Brasília, em Lisboa.

A aludida empreitada compreende a reconstrução dos edifícios “BBC- Belém, Bar, Café” e “Piazza di Mare”, bem como a construção de um passadiço pedonal em estrutura metálica em formato de Baleia, para ligação dos dois edifícios.

A entidade de acolhimento foi a empresa Metaloviana, Metalúrgica de Viana SA., a qual evidencia um percurso de mais de 33 anos no âmbito das estruturas metálicas, serralharias, caixilharias de inox ou alumínio, concepção e construção de edifícios metálicos, apoio à construção naval e manutenção industrial, marcada por uma cultura de empreendedorismo e de inovação na procura permanente de novos horizontes.

O estágio teve uma duração de dezoito semanas com início em 1 de Setembro de 2015 e terminus em 30 de Dezembro de 2015, o qual visou a caracterização das várias fases de execução de uma estrutura metálica, tendo como base a obra supra identificada.

Efectuou-se uma caracterização pormenorizada de todas as fases desde o processo de produção da estrutura metálica ao transporte e montagem, dando-se especial enfoque ao controlo de qualidade de todo o processo.

Durante este processo a utilização do software “TEKLA STRUCTURE”, que permite criar um modelo 3D real e detalhado de qualquer estrutura metálica, revelou-se uma ferramenta indispensável não só na modelação mas também no planeamento da produção e montagem de toda a estrutura metálica.

PALAVRAS-CHAVE

Estruturas Metálicas, Concepção, Construção, Fabrico, Montagem, Controlo de Qualidade

ABSTRACT

This Training Report was developed as part of the final work of the Master's Degree of Civil Engineering, in the specialization area of Structures, as a member of the Preparation and Construction Management team under the contract "Reconstruction of the Building currently known as 'BBC- Belem, Bar, Café'" in Brasília Avenue, in Lisbon.

The aforesaid contract includes the reconstruction of the buildings "BBC- Belem, Bar, Café" and "Piazza di Mare", as well as the construction of a pedestrian walkway in a whale-shaped steel structure so as to connect the two buildings.

The host entity was Metaloviana, Metalúrgica de Viana SA., which has a history of more than 33 years working with steel structures, metalwork, stainless steel and aluminium frames, as well as with the design and construction of steel buildings, the support to shipbuilding and industrial maintenance, marked by a culture of entrepreneurship and innovation in constant search of new horizons.

The traineeship comprised eighteen weeks beginning on September 1, 2015 and ending on December 30, 2015, which aimed to characterize the various stages of implementation of a steel structure, based on the abovementioned contract.

A detailed characterization of all stages was performed, from the production process of the steel structure to the transport and assembly, focusing particularly on the quality control of the whole process.

During this process, the use of the "TEKLA STRUCTURES" software, which allows the creation of a real and detailed 3D model of any steel structure, proved to be an indispensable tool not only in terms of modeling but also in the planning of production and the assembly of all the steel structures.

KEYWORDS

Steel Structures, Project, Construction, Fabrication, Assembly, Quality Control

AGRADECIMENTOS

Uma tese de mestrado, apesar do processo solitário a que qualquer mestrando está destinado, não seria possível sem o contributo indispensável de diversas pessoas.

Em primeiro lugar, desejo agradecer ao meu Orientador Científico, Professor Luciano Jacinto pela orientação científica, pelo conhecimento e motivação transmitida.

Ao meu co-orientador Engenheiro Heliodoro Roque um profundo agradecimento pelo seu permanente e incansável apoio, pela confiança que sempre transmitiu, permitiu-me nunca duvidar da conclusão e sucesso desta dissertação. O seu empenho, a experiência ímpar e o mérito científico que se lhe reconhecem foram fundamentais para que o trabalho que hoje aqui se apresenta seja actual e de importância prática incontestável, para além do interesse académico.

Ao meu professor de Construções Metálicas e Mistas, o Engenheiro Santos Viseu quero expressar a minha gratidão pelo primeiro contacto que tive nesta área e que me levou a querer trabalhar e a desenvolver os meus conhecimentos para além do percurso académico. A sua orientação e visão sobre esta área foram sem dúvidas indubitáveis para a minha opção de escolha.

A todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, que contribuíram com a sua experiência e conhecimento para a melhoria contínua da minha formação pessoal e profissional.

Quero ainda expressar, o meu agradecimento à empresa Metaloviana, pela disponibilidade e pela oportunidade de integrar a sua equipa e acompanhar esta obra, em particular ao Senhor Morais, ao Engenheiro José Barros, ao Engenheiro Gabriel e à Senhora Fernanda, e ainda, ao Engenheiro Ricardo Coutinho por todo o apoio, estímulo, disponibilidade e conhecimento transmitido, indispensáveis à concretização deste trabalho.

Um agradecimento especial aos meus colegas do Departamento Técnico da Metaloviana pelos conhecimentos transmitidos e pela ajuda prestada, em particular ao Pedro Araújo e à Engenheira Anabela que sempre se disponibilizaram para me ajudar. E ainda a todos os elementos da produção quero manifestar o meu respeito e admiração pelo seu incansável trabalho e dedicação em condições menos favoráveis.

Por fim, quero dedicar este trabalho aos meus pais, Joaquim Pereira e Isabel Marques, aos meus irmãos, Patrícia Pereira e Emanuel Pereira e ao meu namorado Sérgio Piedade, por todo o amor incondicional e por nunca terem desistido de mim. Sem eles nada disto teria sido possível.

ÍNDICE DE TEXTO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2	OBJECTIVOS E METODOLOGIA	1
1.3	CARACTERIZAÇÃO DA ENTIDADE DE ACOLHIMENTO	2
1.4	ESTRUTURA DO RELATÓRIO	4
2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPREITADA	5
2.1	ENQUADRAMENTO E LOCALIZAÇÃO DA EMPREITADA	5
2.2	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ESTRUTURAL	6
2.3	ENTIDADES INTERVENIENTES	8
3	CONCEITOS GERAIS	9
3.1	ENQUADRAMENTO GERAL	9
3.2	FABRICO DO AÇO E PRODUTOS SIDERÚRGICOS	10
3.3	MARCAÇÃO CE E REGULAMENTAÇÃO	16
4	PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA	25
4.1	CONSULTA/ PROPOSTA	25
4.2	PLANEAMENTO	34
4.2.1	Considerações Finais	37
4.3	ANÁLISE DOS REQUISITOS DE PROJECTO	41
4.3.1	Considerações Finais	43
4.4	PREPARAÇÃO DE TRABALHO PARA PRODUÇÃO – PTP'S	46
4.4.1	Trabalhos de Preparação de Produção para Fabrico	46
4.4.2	Disposições de Projecto e Pormenorização.	51
4.4.2.1	Pormenorização para Preparação de Furos	52
4.4.2.2	Pormenorização de Estruturas Metálicas para minorar a susceptibilidade à Corrosão	55
4.4.2.3	Pormenorização para preparação de processos de Galvanização e Lacagem	59
4.4.2.4	Simbologia e Preparação de Juntas Soldadas	60
4.4.2.5	Notas Finais	68
4.5	APROVISIONAMENTO E COMPRAS/ RECEPÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	69
4.6	PRODUÇÃO	73
4.6.1	Corte e Furação	73
4.6.1.1	Guilhotina	74
4.6.1.2	Prensa de Corte	75
4.6.1.3	Serrote	75
4.6.1.4	Plasma, Oxicorte e Laser	76
4.6.1.5	Furação	78
4.6.1.6	Notas Finais	78
4.6.2	Pré-Montagem	80
4.6.2.1.1	Soldadura	81
4.6.3	Considerações Finais	96
4.7	SISTEMAS DE PROTECÇÃO	100
4.7.1	Corrosão	100
4.7.2	Classificação de Ambientes de Corrosividade Atmosférica	102
4.7.3	Revestimentos de Protecção	104
4.7.3.1	Pintura	105
4.7.3.2	Revestimentos Metálicos	106
4.7.4	Seleção de Revestimentos de Protecção	107
4.7.5	Protecção ao Fogo	109
4.7.6	Considerações Finais	116
5	EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE	118
5.1.1	Considerações Finais	120

6 MONTAGEM	122
6.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE MONTAGEM	122
6.2 FOTOGRAFIAS DE ALGUMAS FASES DA REALIZAÇÃO DA OBRA	127
7 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	128
ANEXOS	133
ANEXOS III	134
ANEXOS IV	135

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro I – Elementos Intervenientes na Obra.....	8
Quadro II – Principais características e aplicações dos aços-carbono.....	12
Quadro III – Composição Química [8].....	12
Quadro IV – Matriz de definição da classe de Execução [16]	22
Quadro V – Decomposição de Custos de 3 Casos de Estudo.	29
Quadro VI – Requisitos de Projecto do caso em estudo.	45
Quadro VII – Folgas Nominais buchas (mm).[33]	53
Quadro VIII – Folgas Nominais para Parafusos e Cavilhas (mm).	53
Quadro IX – Folgas Nominais para Rebites e Parafusos de Cabeça de Embeber (mm).	54
Quadro X – Pormenorização de Peças de fácil acesso para pintar e manter.	55
Quadro XI – Pormenorização para evitar a formação de zonas com humidade e poeira: drenagem com furos e aberturas a> 30mm para drenar humidade e sujidade.	55
Quadro XII – Evitar o aparecimento de humidade, de sujidade e elementos corrosivos na e entre as partes da estrutura: Isoladas hermeticamente em secções.....	56
Quadro XIII – Evitar rigidificadores, acumulação de sujidade e humidade: Pormenorização de estruturas metálicas sem arestas e cantos onde humidade e sujidade têm tendência a acumular.56	
Quadro XIV – Exemplos de bom Pormenorização de estruturas.	57
Quadro XV – Estruturas com arestas arredondadas para evitar corrosão. Arestas e cantos são pontos críticos para a corrosão mesmo que protegidas por revestimentos	57
Quadro XVI – Exemplos de uma correcta pormenorização para revestimentos e controlo de superfícies	58
Quadro XVII – Evitar Contacto com outros Materiais usando o isolamento e protecção contra corrosão galvânica.	58
Quadro XVIII – Quadro comparativo de Juntas Soldadas.	62
Quadro XIX – Distâncias requeridas para diferentes ferramentas.[8]	67
Quadro XX– Exemplo de má acessibilidade de soldaduras.	68
Quadro XXI – Tolerâncias Geométricas.	73
Quadro XXII – Comparação das características associadas às tecnologias de corte de chapas[52]	79

Verificou-se que as três tecnologias de corte térmico têm características diferentes, como se ilustra no Quadro XXIII, no entanto, constata-se que aquele que garante melhor qualidade é o corte por

laser, contudo costuma ser preterida devido aos seus elevados custos com o consumo de energia e manutenção comparativamente ao oxicorte e plasma.	80
Quadro XXIV– Quadro comparativo de Inspeção Não Destrutiva.	91
Quadro XXV – Análise de Produção Ex-Edifício BBC-PIAZZA DI MARE.	97
Quadro XXVI – Classificação das categorias de corrosividade atmosférica segundo a EN ISO 12944-2	103
Quadro XXVII – Categorias para estruturas imersas ou enterradas segundo a ISO 12944.	103
Quadro XXVIII – Quadro comparativo de Sistemas de Protecção.[46]	108
Quadro XXIX – Medidas e Peso máximo a transportar com e sem autorização especial.	119
Quadro XXX – Dimensões limites de contentor “Open Top” e Flat.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Instalações da Sede da Metaloviana	3
Figura 2 – Planta de Localização [1].....	5
Figura 3 – Modelo Tridimensional dos Edifícios PIAZZA DI MARE e o BBC-BELÉM BAR CAFÉ ...	7
Figura 4 – Previsão Mundial da demanda do Aço [3]	9
Figura 5 – Rotas de Produção do Aço [15]	10
Figura 6 – Processo de produção de Produtos Planos e não Planos	14
Figura 7 – Laminagem a Quente [3].....	14
Figura 8 – Produtos obtidos por Laminagem a Quente	15
Figura 9 – Regulamentação essencial de estruturas metálicas.	17
Figura 10 – Relação entre as exigências essenciais das obras e a Marcação CE.[29]	18
Figura 11 – Condições a verificar NP EN1090.[25]	20
Figura 12 – Como requerer para ser certificado.[9]	21
Figura 13 – Marcação CE de Viga de Aço soldada – M346. [27].....	23
Figura 14 – Fluxograma de Consulta/Proposta	26
Figura 15 – Principais objectivos da Gestão de Projectos.....	36
Figura 16 – Influência das diversas fases de um Projecto entre si.....	36
Figura 17 – Primeira Prioridade de Fabrico - Peso 8819Kg	37
Figura 18 – Segunda Prioridade de Fabrico - Peso 11684 Kg	38
Figura 19 – Terceira Prioridade de Fabrico - Peso 28356 Kg	38
Figura 20 Quarta Prioridade de Fabrico – Peso 2766 Kg;	38
Figura 21 Quinta Prioridade de Fabrico – Peso 42607 Kg;	39
Figura 22 Sexta Prioridade de Fabrico – Peso 20706 Kg.....	39
Figura 23 Sétima Prioridade de Fabrico – Peso 17061 Kg.....	39
Figura 24 – Modelação Tridimensional em Tekla da Estrutura Metálica do Passadiço com revestimento em formato de Baleia.....	40
Figura 25 – Procedimento de Qualificação de soldadura.	42
Figura 26 – Modelo Tridimensional do Antigo Edifício Piazza-BBC.	46
Figura 27 – Exemplo de um Desenho de Elemento (neste caso o elemento é uma Chapa) pertencente a um cachorro da Obra Piazza-BBC.....	49

Figura 28 – Exemplo de Desenho de Desenho de Conjunto de uma Treliza da Obra Piazza-BBC49	
Figura 29 – Fluxograma da sequência de Preparação de Trabalhos para Produção	51
Figura 30 – Pormenor de Ligação da Base do Pilar das Escadas Exteriores do Antigo Edifício-BBC, Belém, Bar Café.....	52
Figura 31 – Exemplos de Ligações Aparafusadas Galvanizadas e não Galvanizadas.....	60
Figura 32 – Representação esquemática de uma junta soldada e respectiva nomenclatura.[35] ..	61
Figura 33 – Tipos de Juntas de soldaduras	62
Figura 34 – Nomenclatura relacionada com a geometria dos cordões de soldadura	63
Figura 35 – Representação das dimensões do cordão segundo a norma Iso 2553 e AWS (z-cateto da soldadura, a- altura da soldadura e s- soldadura + penetração)	63
Figura 36 – Representação Completa	64
Figura 37 – Representação da simbologia correspondente a uma soldadura em fillet, comparando as normas ISO 2553 e AWS.	65
Figura 38 – Representação Esquemática e Teórica da simbologia segundo a Norma ISO 2553. .	65
Figura 39 – Representação Esquemática e Teórica da simbologia segundo a Norma AWS.	66
Figura 40 – Geometria de Cutelos[20]	67
Figura 41 – Procedimento de Compra e Recepção de Matéria-Prima.....	71
Figura 42 – Tolerâncias Geométricas segundo especificado na Norma EN 1090.	73
Figura 43 – Vista de uma superfície típica de uma peça cortada por guilhotina.	75
Figura 44 – Serrote de Fita Vertical , Marca Kaltenbach, modelo KDS615+KBS750.	75
Figura 45 – Máquina de Corte de Chapa, Marca Peddinghaus, modelo Hsfdb2500/B, através do processo de plasma.	77
Figura 46 – Máquina de Corte marca ESAB e modelo SXE P4500, corta através de Plasma e Oxi-Corte dependendo da espessura da chapa,	77
Figura 47 – Máquina de Corte de Laser, Marca Trumpf.....	78
Figura 48 – Pilares do Edifício BBC-PIAZZA.	80
Figura 49 – a) Soldadura no estado sólido; b) Soldadura por fusão.	81
Figura 50 – Processos de soldadura: a) Eléctrodo Revestido b) MAG; c) Arco Submerso[53]	82
Figura 51 – Processos mais utilizados na construção metálica.	83
Figura 52 Acções a desenvolver durante a avaliação da qualidade na construção soldada	84
Figura 53 – Informação necessária para garantir a qualidade da soldadura.	85

Figura 54 – Representação esquemática de um cordão de soldadura em corte transversal, mostrando a zona fundida (ZF), a zona termicamente afectada (ZTA) e o material base (MB).[7]	85
Figura 55 – Subdivisão de uma amostra em diferentes provetes para os ensaios de tracção de uma junta.[40]	86
Figura 56 – Avaliação da tenacidade na ZAC.[41]	86
Figura 57 – Ensaio de Dobragem: a) Raiz; b) Face; c) Lateral.[42]	87
Figura 58 – Sequência de fases no processo por líquidos penetrantes: a) peça a controlar, b) aplicação do líquido penetrante, c) líquido de limpeza, d) limpeza, e) aplicação do revelador e f) observação dos defeitos sob luz própria.	88
Figura 59 – Processo de controlo por Magnetoscopia.)[35]	88
Figura 60 – Raios-X com película.[43]	89
Figura 61 – Esquema geral de Inspeção por Ultrasons	90
Figura 62 – Equipamentos utilizados na inspeção visual de soldaduras.	92
Figura 63 – Etapas de Controlo Não Destrutivo.	94
Figura 64 – Principais causas para o aparecimento de defeitos de soldadura	94
Figura 65 – Principais defeitos de soldadura.	95
Figura 66 – Forma dos cordões de soldadura em função dos erros de regulação eventualmente cometidos sobre cada um dos parâmetros de soldadura no processo de Eléctrodos revestidos...	96
Figura 67 – Influência do desvio isolado de determinados parâmetros no aspecto dos cordões de soldadura no processo MAG	96
Figura 68 – Prioridades de Fabrico Ex-Edifício BBC-PIAZZA DI MARE.	97
Figura 69 – Soldaduras realizadas em Obra no Edifício Piazza.	98
Figura 70 – Soldadura realizada em Obra no Edifício BBC.	98
Figura 71 – Soldadura MAG/FF realizada nas Instalações da Metaloviana.	99
Figura 72 – Defeitos de soldadura detectados.	99
Figura 73 – Exemplos de Corrosão Uniforme [47].	101
Figura 74 – Tipos de Protecção.[25]	105
Figura 75 – Esquema de Pintura.	105
Figura 76 – Diagrama de tensão-extensão do Aço a Alta Temperatura	109
Figura 77 – Incêndio sobre a Ponte Rodoviária no Rio de Janeiro.	110
Figura 78 – Vigas que sofreram encurvadura local.[50]	111
Figura 79 – Comportamento de uma laje e viga mista em situação de incêndio	112

Figura 80 – Padrão típico de linhas de rotura para uma laje rectangular simplesmente apoiada ao longo de quatro bordos	113
Figura 81 – Protecção passiva - Gesso	115
Figura 82 – Reacção da Tinta Intumescente.	115
Figura 83 – Aplicação de Argamassa Projectada	116
Figura 84 – A) Transporte Especial com plataforma rebaixada de uma coluna para uma Torre Eólica. B) Transporte Especial com plataforma normal de uma hélice para uma Torre Eólica. ...	119
Figura 85 – Comprimento das Treliças do Edifício BBC.....	121
Figura 86 – Planta de Estaleiro com a Grua Torre implantada.....	124
Figura 87 – Meios de elevação utilizados	125
Figura 88 – Sequência de montagem da Estrutura em geral	126
Figura 89 – Sequência de montagem do Pavimento Misto	126
Figura 90 – Registo Fotográfico	127

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CS- Categoria de serviço

CP- Categoria de Produção

CC- classe de consequência

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral

O sector da construção metálica nacional revela, nos últimos anos, um crescimento sustentado contrariando a estagnação vivida no sector da construção tradicional, centrada em betão.

Sendo hoje em dia já uma referência a nível mundial, pela sua capacidade produtiva e competência técnica na construção de obras de referência arquitectónica e de engenharia nos mais diversos países.

A Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista (CMM) revelou que este segmento registou nos últimos anos um crescimento anual dos valores de exportações "superior a 20% ao ano".

Constituindo-se cada vez mais como uma solução que permite ao sector da construção fazer a transição de uma indústria tradicional e artesanal para uma actividade industrializada, com os consequentes ganhos de competitividade e qualidade.

Factores como a facilidade e a rapidez de execução, a flexibilidade e a facilidade de alteração, o menor impacto ambiental deste tipo de soluções, bem como a significativa redução do peso total da estrutura definem cada vez a construção metálica como a solução estrutural do futuro. O aço é um material totalmente reciclável, ao contrário do betão, diminuindo drasticamente os custos e em termos de sustentabilidade é excelente.

Pelas razões expostas supra e com o intuito adquirir competências ao nível prático das estruturas metálicas e reforçar as já competências técnicas adquiridas no presente Mestrado foi realizado o presente estágio, enquanto membro da equipa de Preparação e Direcção de Obra afecta à empreitada "Reconstrução do Edifício do conhecido "BBC- Belém, Bar, Café", na Avenida Brasília em Lisboa.

O estágio teve uma duração de dezoito semanas com inicio em 1 de Setembro de 2015 e término em 30 de Dezembro de 2015, tendo como objectivo a caracterização das várias fases de execução de uma estrutura metálica, assente na empreitada supra identificada.

1.2 Objectivos e metodologia

O presente relatório de estágio curricular visou conferir, aprofundar e desenvolver competências práticas e técnicas do estagiário, com o desempenho de funções relacionadas com projecto, preparação e fabrico, execução e gestão de obras, produção, no subsector da construção, que é a construção metálica.

Para alcançar tais objectivos procedeu-se a uma caracterização pormenorizada de todas as fases de execução da estrutura metálica acompanhada, desde a preparação/planeamento, gestão de fabrico e finalmente ao transporte e montagem da estrutura metálica, dando-se especial enfoque ao controlo de qualidade de todo o processo.

A metodologia adoptada consistiu na colaboração diária do estagiário com a equipa técnica de projecto, direcção de obra, preparação e qualidade e acompanhamento de todo o processo de fabrico da estrutura nas instalações da Metaloviana SA, sob a supervisão do Coordenador Engenheiro Heliodoro Carlos da Costa Roque, durante quatro meses.

1.3 Caracterização da entidade de acolhimento

A trajectória da Metaloviana iniciou-se há 33 anos e, desde sempre o seu percurso esteve ligado ao fornecimento de materiais para indústrias pesadas, designadamente para refinarias, petroquímicas, construção industrial, etc.

Quando a empresa iniciou o seu percurso, a conjuntura económica era adversa e Portugal estava muito afectado pela crise dos anos setenta. Pilares económicos como a Galp, a indústria naval e do papel, tinham sido nacionalizados e os investimentos pararam bruscamente, o que provocou consequências como a redução drástica do volume de encomendas aos fornecedores de produtos metálicos.

Pese embora, um factor contrariou a corrente: as reservas de divisas enviadas pelos emigrantes portugueses no estrangeiro impulsionaram a construção civil tradicional, que se relançou em força, exigindo a produção de componentes metálicos para o uso nas estruturas de construção ligeira. Aqueles que foram ágeis o suficiente para alterar o ritmo de trabalho conseguiram alcançar um sustento para negócio e esperar que a indústria recuperasse o seu ritmo.

Ora, a Metaloviana aproveitou aquela ocasião e algum tempo depois comprou uma empresa concorrente que veio reforçar a sua presença no segmento da construção industrial e, lhe valeu uma maior posição no mercado espanhol.

Hoje em dia, desenvolve a sua actividade no ramo da actividade no sector das estruturas metálicas diversas, com particular destaque nas áreas da Construção Metálica, Edificações, Naves Industriais, Reservatórios, Tanques, Conduitas e Pipe-Racks para várias Indústrias, Cimbres Metálicos, Vigas de Lançamento e Carros de Avanço para construção de Viadutos, Pontes Metálicas Pedonais e Rodo Pedonais, Serralharias Diversas em Ferro, Alumínio e Inox e diversos tipos Revestimentos em Fachadas e Coberturas.

Para o efeito, dispõe de um quadro técnico habilitado para o desenvolvimento, concepção e montagem.

A Metaloviana, S.A. está certificada desde 2002 segundo a NP EN ISO 9001:2000 (a primeira empresa do sector em Portugal a deter esta qualificação) e, em 2009, efectuou a transição para a NP EN ISO 9001:2008.

Também em 2009, iniciou a implementação da marcação CE de Janelas e Portas Pedonais Exteriores, segundo a NP EN ISO 14351-1, sendo este requisito avaliado em Auditorias da Qualidade, anualmente, pela entidade acreditada de Certificação.

Actualmente, a Metaloviana encontra-se a implementar a marcação CE nas Estruturas Metálicas conforme a norma EN 1090.

Desde 2011, rege-se igualmente segundo as NP EN ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007, as quais fazem parte de um sistema integrado em Qualidade, Ambiente e Segurança.

Estas distinções são os frutos de um trabalho de excelência que a empresa pratica, representando o compromisso da Administração e de todos os Colaboradores em cumprir com os requisitos normativas e legislativas que regulamentam e permitem a atribuição destes Qualificações.

Dispõem ainda de um vasto Curriculum com clientes internacionais na área da exploração petrolífera offshore, para os quais fabricam componentes metálicos de grande complexidade e inovação no processo produtivo.

O Grupo Metaloviana é constituído por 200 funcionários, dos quais cerca de 30 são Engenheiros, num total de 40 Licenciados.

Com uma grande aposta na sua internacionalização, constitui em Angola a METALOVIANA (Angola) Construções Metálicas, Lda., em França a BÂTIMETAL, SARL, em Moçambique a METALOVIANA- Moçambique, Lda., e no Brasil a METALOVIANA – Engenharia de Construções Metálicas do Brasil, LTDA.



Figura 1 – Instalações da Sede da Metaloviana

1.4 Estrutura do Relatório

O presente relatório de estágio encontra-se dividido por capítulos que se diferenciam no seu conteúdo, sendo composto na totalidade por cinco capítulos:

- **Capítulo I – Introdução:**
Neste capítulo procede-se ao enquadramento, apresentam-se os objectivos, caracteriza-se a entidade de acolhimento, assim como, são expostas as metodologias adoptadas e a define-se a estrutura integral do trabalho.
- **Capítulo II – Caracterização da Empreitada:**
Neste capítulo procede-se á caracterização da empreitada, as suas disposições arquitectónicas e as entidades envolvidas no empreendimento.
- **Capítulo III – Conceitos Gerais:**
Este capítulo refere-se ao enquadramento geral do aço enquanto matéria-prima da construção metálica e mista, descrevem-se as suas valências, as suas propriedades e o seu processo de fabrico, e por último faz-se um enquadramento em termos de regulamentação e marcação CE.
- **Capítulo IV – Processo de Produção de uma Estrutura Metálica**
O quarto capítulo é alusivo a todas as fases de concepção e produção de uma estrutura metálica, desde a fase de consulta e proposta, ao planeamento, controlo de qualidade, ao fabrico da estrutura metálica, sendo caracterizadas todas as etapas da linha de fabrico de uma estrutura metálica, nomeadamente o corte, furação, soldadura e Revestimentos de protecção.
- **Capítulo V – Expedição e Transporte**
Nesta fase é descrita a Fase de Expedição e Transporte.
- **Capítulo VI – Montagem**
Nesta Capítulo procede-se á pormenorização da Fase de Montagem da Empreitada.
- **Capítulo VII – Conclusão e Desenvolvimentos Futuros**
No sexto e último capítulo apresentam-se as conclusões do trabalho efectuado, sendo abordadas alguns dos possíveis desenvolvimentos futuros do tema.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPREITADA

2.1 Enquadramento e Localização da Empreitada

Com a aquisição do Grupo Azinor, proprietário do Grupo Sana Hotels, os dois edifícios onde anteriormente funcionavam o PIAZZA DI MARE e o BBC-BELÉM BAR CAFÉ resultaram na construção de dois restaurantes de luxo à beira-rio, em Belém.

O ex-Piazza di Mare foi alvo de remodelações ao nível da arquitectura e do conceito, com vista a tornar-se num restaurante de inspiração italiana, com espaço lounge, sessões com DJ e esplanada. Para a ex-discoteca e bar BBC, o grupo planeou criar um espaço para realizar eventos, com uma agenda regular de iniciativas e noites temáticas.

Os edifícios estão situados na zona que provavelmente melhor reflecte o inconfundível carácter ribeirinho de Lisboa que é a Avenida Brasília, em Belém, com uma vista desafogada para o Tejo.

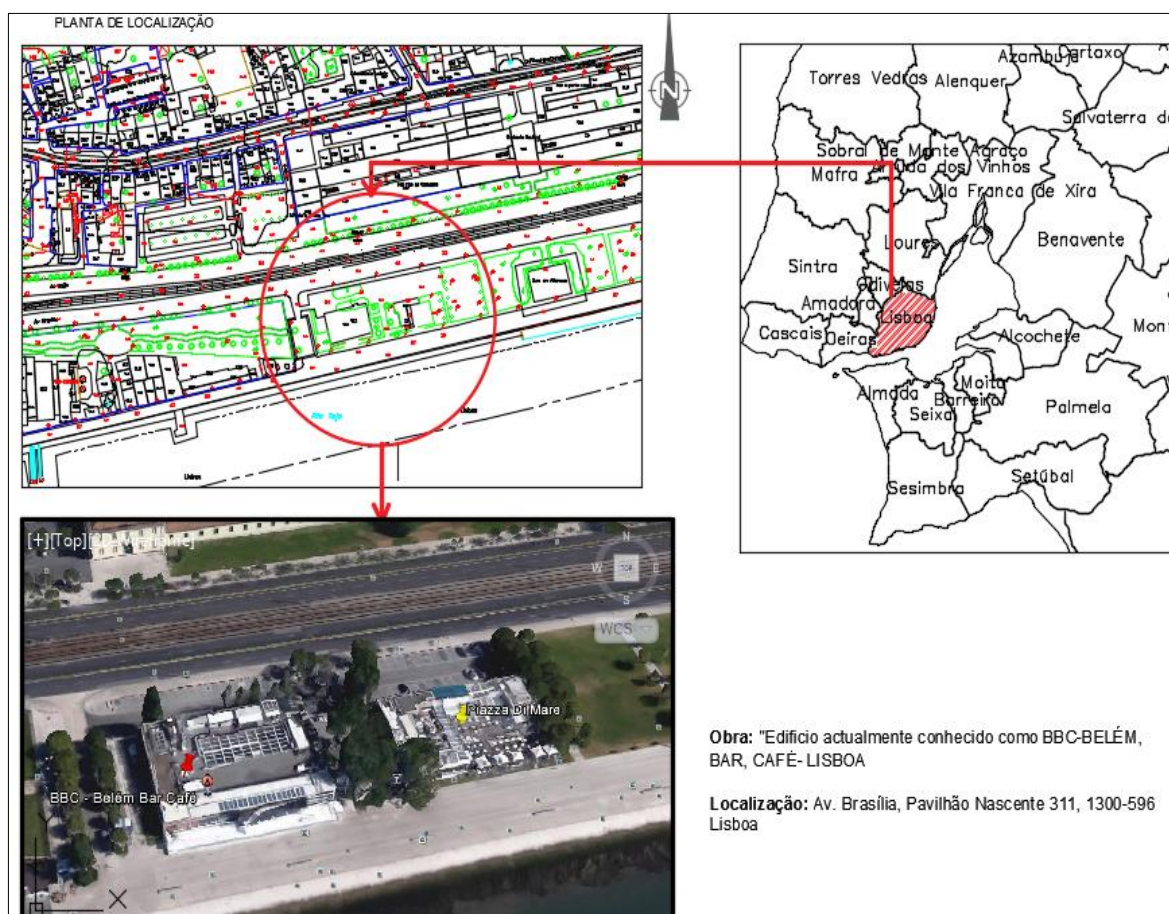


Figura 2 – Planta de Localização [1]

2.2 Descrição da Solução Estrutural

A presente obra prevê a reconstrução de dois edifícios, o antigo edifício BBC, Belém Bar Café e o antigo edifício Piazza Di-Mare.

Relativamente ao edifício BBC, Belém, Bar Café foi logo tornou-se necessário proceder à demolição parcial do edifício existente, designadamente a cobertura e os elementos interiores.

A estrutura é essencialmente nova, contudo foram preservadas as fachadas Nascente, Norte e Poente (com elementos metálicos e alvenaria), com manutenção das fundações existentes.

Trata-se de um edifício isolado, com uma configuração em planta rectangular com 29x42,5m.

Na maior parte da sua planta, o edifício terá apenas um piso (R/C), com pé direito elevado e com cobertura em terraço acessível.

Na zona de tardo (Norte) existirá um piso intermédio intercalado entre o R/C e a cobertura. Nesta zona, na cobertura, existem algumas partes com cobertura sobre as zonas de instalações sanitárias e sobre as escadas interiores de acesso ao terraço.

A estrutura do edifício reconstruído incorporará a estrutura existente nas zonas a manter, a qual é constituída por pilares em perfis metálicos e vigas também metálicas ao nível das vergas das portas e, de remate periférico ao nível do terraço actual.

Na zona reconstruída, a estrutura é de dois tipos:

- No alçado tardo, com o piso intermédio, a estrutura do novo edifício será genericamente em betão armado, com lajes maciças, vigas e pilares. Em alguns casos as lajes apoiam directamente nos pilares, por meio de capitéis de maior espessura. A estrutura inclui também paredes de betão armado dispostas nas duas direcções principais, com vista à resistência aos esforços sísmicos.

No alçado tardo existe ainda uma escada interior de acesso ao terraço, com uma configuração helicoidal que será realizada em betão armado.

- No alçado frontal, onde existe uma sala de eventos com cerca de 17m de vão, a estrutura da cobertura é constituída por um conjunto de vigas metálicas treliçadas paralelas afastados de 2,4m e por uma laje superior em betão armado. Esta laje será ligada à corda superior da viga metálica por meio de conectores. Proporciona-se assim às vigas principais um comportamento mais eficaz como vigas mistas, permitindo diminuir a sua altura estrutural e melhorando a sua rigidez.

A distância entre as vigas treliçadas foi concebido de forma a respeitar os alinhamentos de apoio da estrutura actual (afastados cerca de 7,3m) embora tenha sido necessário a colocação de vigas intermédias para permitir uma diminuição da altura estrutural, reduzir o vão da laje superior e permitir a inserção das tubagens de AVAC.

A estrutura inclui ainda uma escada metálica e um elevador panorâmico exterior, sendo a primeira constituída por perfis metálicos de secção corrente e a segunda por perfis tubulares.

Finalmente prevê-se a construção de um passadiço pedonal a Nascente, ligando o terraço do edifício ao outro edifício (ex-Piazza di Mare) a Nascente, sendo que a estrutura é metálica e incluiu uma cobertura de protecção.

Por sua vez, o edifício Piazza di Mare trata-se de um edifício isolado, com uma configuração em planta rectangular com 22x42m.

Na maior parte da sua planta o edifício terá apenas um piso (R/C), com pé direito elevado e com cobertura em terraço acessível.

Na zona de canto a tardoz (Noroeste e Nordeste) existirá um piso intermédio intercalado entre o R/C e a cobertura. Na cobertura, nesta zona de tardoz, existirão ainda algumas zonas com cobertura sobre as Instalações Sanitárias e sobre as escadas interiores de acesso ao terraço.

A estrutura do edifício reconstruído incorporará a estrutura existente nas zonas a manter e que é constituída por pilares e vigas metálicas ao nível das vergas das portas e de remate periférico ao nível do terraço actual.

Na zona a reconstruir a estrutura será genericamente em betão armado, com lajes maciças, vigas e pilares. Em alguns casos, por razões arquitectónicas, os pilares serão metálicos.

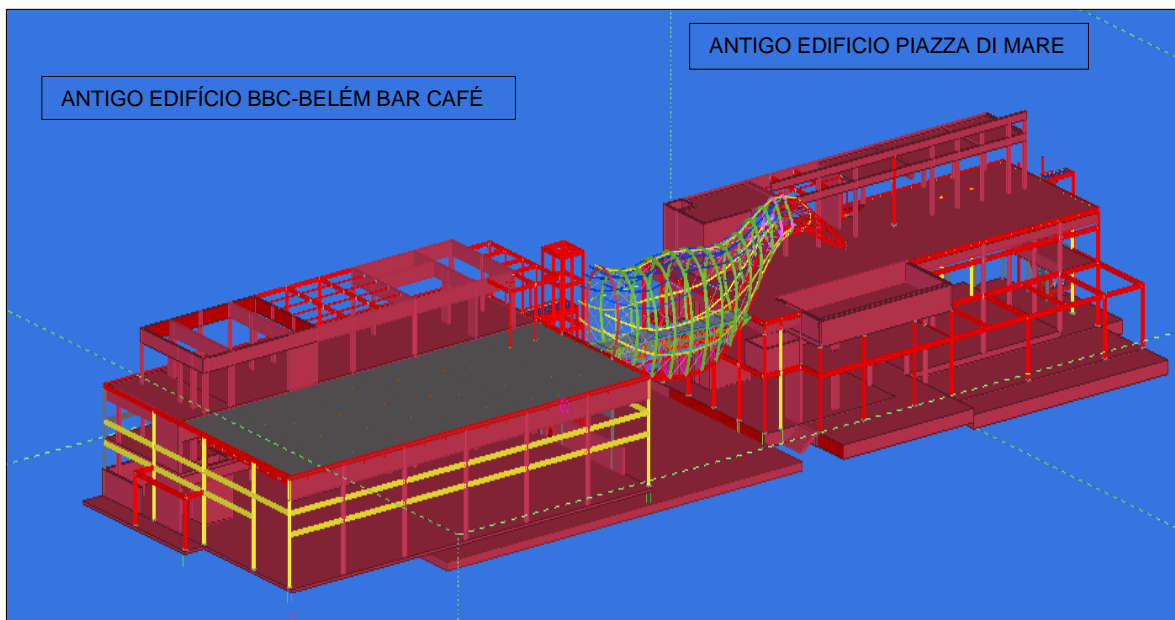


Figura 3 – Modelo Tridimensional dos Edifícios PIAZZA DI MARE e o BBC-BELÉM BAR CAFÉ

2.3 Entidades intervenientes

Tal como anteriormente referido, esta é uma obra do Grupo Sana Hotels S.A, coordenada pelo Director Técnico Paulo Pinheiro, "*Head of Project Engineering*".

O responsável pela elaboração do Projecto inicial foi o Gabinete GAPRES - Gabinete de Projectos, Engenharia e Serviços, S.A., sendo o responsável pelo projecto de estabilidade o Engenheiro Eduardo Cansado Carvalho e consultor na área de projecto em fase de obra.

O Gabinete de arquitectura responsável pelo projecto de arquitectura foi o Nuno Leónidas Arquitectos Associados, sendo os arquitectos responsáveis pelo projecto os Arquitectos Nuno Leónidas, Vasco Leónidas, António Pinto, Ana Oliveira e João Moreira.

O Empreiteiro Geral foi a Econ-Eco Construções Lda., tendo como director de Obra o Engenheiro José Guerra. A Metaloviana foi subcontratada para o fabrico e montagem da estrutura metálica, representada pelo Engenheiro Heliodoro Carlos da Costa Roque.

Deste modo, no presente Relatório apenas nos debruçaremos sobre a estrutura metálica da obra.

	PROMOTOR DO PROJECTO: Grupo Sana Hotels SA
	EMPREITEIRO GERAL: Econ-Eco Construções Lda
	SUB-EMPREITEIRO EM ESTRUTURAS METÁLICAS: Metaloviana Metalúrgica de Viana SA
	PROJECTO: Gabinete GAPRES - Gabinete de Projectos, Engenharia e Serviços, S.A
	ARQUITECTURA: Nuno Leónidas Arquitectos Associados

Quadro I – Elementos Intervenientes na Obra

3 CONCEITOS GERAIS

3.1 Enquadramento Geral

O aço é essencial para o mundo moderno. É usado para construir edifícios, estradas, ferrovias e outras infra-estruturas. Para um país em desenvolvimento, o aço é também essencial para o crescimento económico.

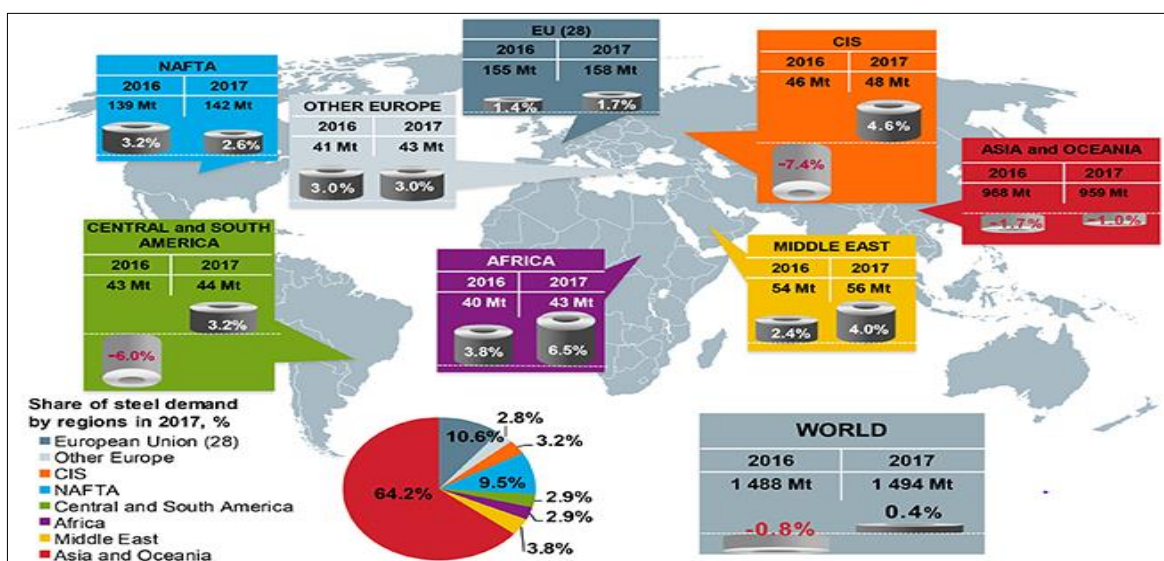


Figura 4 – Previsão Mundial da demanda do Aço [3]

Em Portugal, por exemplo, o sector da construção metálica garante mais de 26 mil postos de trabalho directos, permitindo um volume de negócios superior a 3.500 milhões de euros em 2014 (o último ano de que há registos oficiais, segundo apurou o Económico).

A evolução tecnológica da indústria do aço nos últimos anos aliada ao facto dos metais serem 100% recicláveis, resolveu os problemas da construção tradicional, no que respeita à durabilidade, sustentabilidade e capacidade de ser exportada, conferindo à construção metálica uma importância que deve ser considerada pela indústria. Este sector industrial exporta 80% da produção nacional.

Em Portugal e nos mercados externos, a construção metálica está a ter uma procura crescente, uma vez que os especialistas do sector consideram que é a opção mais adequada para a reabilitação, praticamente a única área em que se vê hipótese de crescimento no sector da construção a nível nacional.

3.2 Fabrico do Aço e Produtos Siderúrgicos

Para um melhor entendimento da matéria em questão importa começar por definir o conceito de aço.

Ora, chama-se aço a toda a liga de ferro-carbono, com ou sem outros elementos de liga, cujo teor em carbono varia entre 0,03% e 2,1%, salvo casos excepcionais.

Actualmente, os aços são produzidos em duas rotas principais. A primeira corresponde a 70% da produção mundial, denominada de siderurgia integrada, a qual utiliza o alto-forno e o conversor na produção do aço e operam em três fases básicas, a redução, refino e laminação.

E a outra, denominada de siderurgia semi-integrada ou siderurgia a forno eléctrico a arco, produz cerca de 30% do aço mundial e têm como insumo básico o ferro gusa, ferro esponja ou sucata ferrosa adquiridas de terceiros para convertê-los em aço nas aciarias eléctricas e a sua posterior laminação.

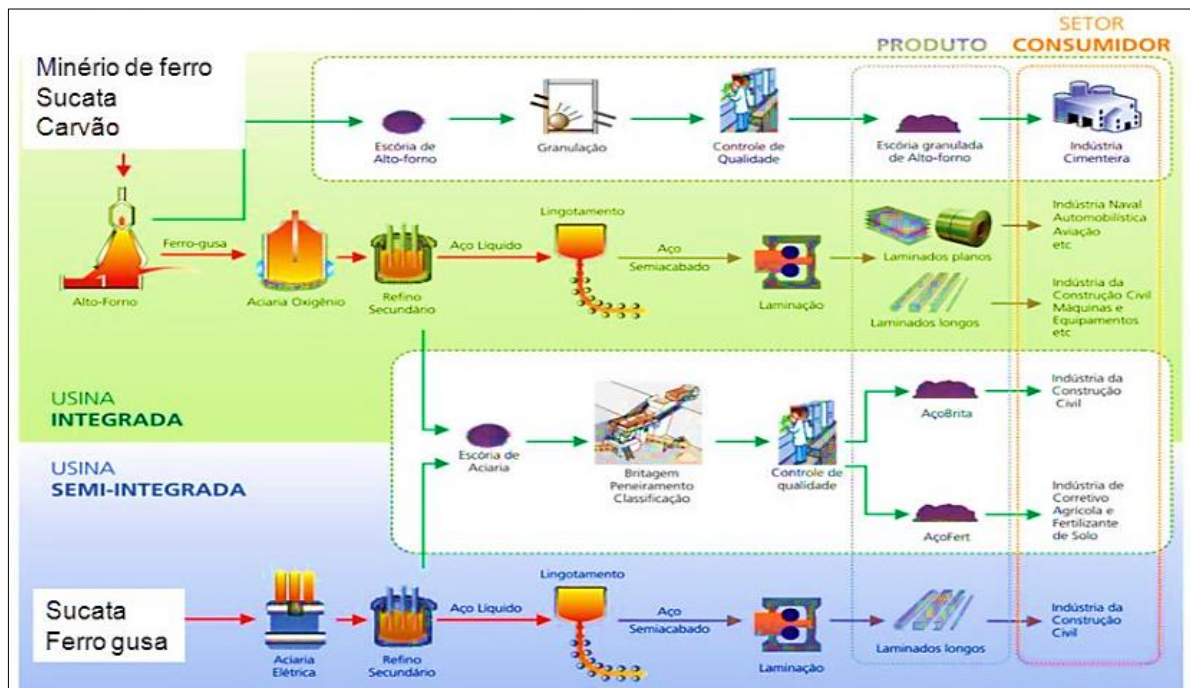


Figura 5 – Rotas de Produção do Aço [15]

A principal diferença entre as rotas é o tipo de matérias-primas que consomem. Assim para a rota de alto-forno e conversor as matérias-primas, são predominantemente o minério de ferro, o carvão, e aço reciclado. Invés a rota de forno eléctrico a arco produz aço com o recurso a aço reciclado e electricidade.

Cerca de 70% do aço é produzido usando a rota de alto-forno e conversor em que o alto-forno produz o ferro através do minério de ferro, do sínter, do coque e do carvão pulverizado.

A redução do minério de ferro, em ferro metálico ocorre a 1500° C, pela reacção do monóxido de carbono com a hematita. Após a redução saem do alto-forno o gusa e a escória líquidos, que são separados por diferença de densidade. O gusa líquido é transferido para a aciaria por carros-torpedo.

A transformação do ferro-gusa em aço é realizada em conversores a oxigénio, através da oxidação dos elementos do gusa que se deseja remover ou diminuir, como o carbono, silício, fósforo e enxofre. O teor destes elementos no gusa tornam esse metal demasiadamente frágil para ser útil como material de engenharia. A utilização de sucata de aço nos conversores evita que a temperatura atinja valores muito altos durante a oxidação. O aço líquido é transportado em panela até o lingotamento contínuo.

No caso de aços produzidos por forno eléctrico a arco utilizam a electricidade para fundirem o aço reciclado. Aditivos, como ligas, são utilizados para obtenção composição química desejável. [3]

Os aços podem ser classificados em grupos, em base de propriedades comuns:

- Composição; como por exemplo aços-carbono e aços liga, ou de aço inoxidável;
- Métodos de fabricação; tais como têmperas, processos de oxigenação, ou métodos de alto-forno;
- Métodos de acabamentos; tais como laminação a quente e a frio, e diferentes técnicas de plaqueamento;
- Tipos de produto; como por exemplo barras, fios, chapas, folhas, tiras, tubos ou aço estrutural;
- Práticas de desoxidação; como decapagem, semi-decapagem, dessulfuração para determinada classe de material;
- Microestrutura; tais como ferrítica, perlítica e martensíticos;
- Tratamento térmico; tais como o recozimento, têmpera e revenimento.

Há ulteriores subdivisões desses grupos, como aços-carbono de baixo, médio ou alto teor de carbono.

Não obstante a sua designação, os aços-carbono contém outros elementos de liga para além do carbono. Esta designação é utilizada em aços cujos teores de elementos de liga não ultrapassem os seguintes valores: C <1.7%, Mn <1.65%, Si < 0.6% e Cu < 0,6%.

Nesta categoria estão aços que vão desde os designados aço macios (C <0.15%) até aos aços de alto carbono (0.6% <C <1.7). Os aços carbono aplicados em estruturas, normalmente têm teores em carbono compreendidos entre 0.15% e 0.30%.

Estes aços têm aplicações genéricas em construção de estruturas rebitadas ou soldadas, apresentando tensões de cedência até cerca de 275 MPa. O aumento do teor de carbono aumenta a sua tensão de cedência, mas também reduz a tenacidade e a soldabilidade do aço.[7]

ELEMENTO	f_u (MPa)	CARACTERÍSTICAS	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
BAIXO CARBONO C ≤ 0,30%;	<440	Boa tenacidade, conformabilidade, e soldabilidade	Pontes, edifícios, navios, caldeiras, tubos, estruturas mecânicas, etc.
MÉDIO CARBONO 0,30% < C ≤ 0,60%;	Entre 440 a 590	Média conformabilidade e soldabilidade.	Estruturas parafusadas de navios e vagões, tubos, estruturas mecânicas, implementos agrícolas, etc.
ALTO CARBONO 0,60% < C < 1,70%.	≤ Entre 590 a 780	Más conformabilidade e soldabilidade, alta resistência ao desgaste.	Peças mecânicas, implementos agrícolas, trilhos e rodas ferroviárias.

Quadro II – Principais características e aplicações dos aços-carbono

Na composição química dos aços surge um grande número de elementos ligados ao ferro e ao carbono. Alguns deles são indesejáveis e são retirados o máximo durante a fusão e subsequente produção do aço. Como o fósforo que torna o aço quebradiço no estado frio e o enxofre torna-o quebradiço no estado quente.

São adicionados aos aços os diversos elementos de liga, para que adquiram as propriedades que melhor se adaptem à sua função (ver Anexo III).

Segundo o grau de desoxidação os aços podem ser classificados como:

- Calmados (R);
- Especialmente calmados (RR);
- Aços Efervescentes.

Os aços Calmados (R) são aqueles em que se procedeu à completa desoxidação, não desprendendo gases durante a sua solidificação. Os aços efervescentes são aqueles em que a desoxidação foi incompleta, havendo desprendimento de gases durante a sua solidificação, o que origina a formação de vazios e segregações (P e S) no núcleo.

Normalmente, utiliza-se o alumínio para calmar os aços, contudo, os últimos anos surgiram novos processos utilizando o vácuo.[6]

AÇO	COMPOSIÇÃO QUÍMICA								
	C	Mn	Al	Si	O	N	P	S	Cu
S355 Calmado	0,2	1	0,03	0,5	0	0	0,03	0,03	0,1
S355 Semi-Calmado	0,2	1	0,01	0,5	0	0	0,02	0,02	0,2
S235 Efervescente	0,1	0,3	0	0,01	0,05	0,01	0,03	0,02	0,1

Quadro III – Composição Química [8]

Segundo a NP-1788 podemos ainda classificar genericamente os aços como:

Produtos longos:

- Perfilados pesados e ligeiros, em forma de I, H, ou U com alturas iguais ou superiores a 80 mm;
- Laminados correntes (barras) de secção transversal circular, quadrada, etc., varão circular, vergalhão, varão para betão;
- Fio laminado, enrolado a quente em rolos.

Produtos planos laminados a quente ou frio:

- Barras obtidas por laminagem ($e > 5$ mm);
- Chapas de $3 \text{ mm} < e < 5 \text{ mm}$;
- Bandas (largura > 600 mm - enrolado em bobinas).

Produtos Revestidos:

- Folha-de-flandres (aço macio ($e < 0.5$ mm) revestido a estanho);
- Chapa estanhada (produto plano que não satisfaça as características da folha-de-flandres);
- Chapa revestida a liga de chumbo;
- Chapa galvanizada;
- Chapa electrozincada.

A laminagem é um processo de conformação onde o metal é obrigado a passar entre dois cilindros, girando em sentidos opostos, com a mesma velocidade tangencial e distanciados entre si num valor menor que a espessura do material a ser deformado. Ao passar entre os cilindros, o metal sofre uma deformação plástica, a espessura é reduzida e o comprimento e a largura são aumentados. A laminação divide-se em dois grandes ramos:

- Laminagem de produtos planos;
- Laminagem de produtos não planos.

Na laminagem de produtos não planos o objectivo é produzir chapas de determinada espessura a partir de chapas mais grossas, ou de blocos ou lingotes. A redução é progressiva, em vários passes e sempre num mesmo plano, cada passe reduzindo a espessura num certo percentual. Os esforços chegam a milhares de toneladas devido às grandes áreas envolvidas. Os cilindros de trabalho, que entram em contacto com o material, são suportados por cilindros de encosto, de maior diâmetro o que evita que aqueles se quebrem. De todo o modo, a deformação elástica resulta em uma deflexão maior no meio do que nas extremidades dos cilindros. Para evitar que as chapas tenham espessuras diferentes ao longo da largura, os diâmetros dos cilindros de trabalho são maiores no meio do que nas extremidades.

Na laminagem de produtos não planos o objectivo é produzir barras (redondas, quadradas, achatadas) ou perfis (cantoneiras, vigas U e I, trilhos, dormentes metálicos, etc.). Para isso é necessário que a deformação seja muitas vezes alternada entre dois planos, de modo que a largura e espessura sejam reduzidas. Ao contrário dos cilindros usados para chapas, aqui eles recebem canais maquinados, por onde passam as barras e perfis, que são assim obrigados gradualmente, passo a passo, a mudar da secção inicial (por exemplo: quadrada) até o perfil final.[4]

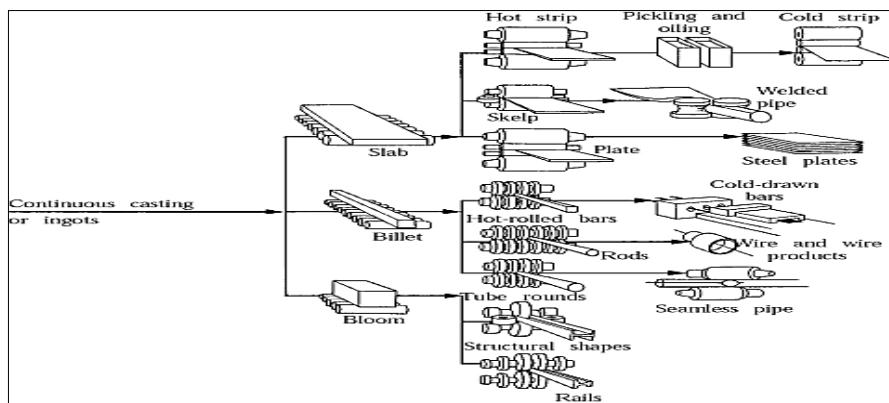


Figura 6 – Processo de produção de Produtos Planos e não Planos

Os aços mais utilizados na construção metálica são os aços laminados a quente (também designados por aços macios), caracterizados por percentagens de carbono baixas, que poderão ir até valores na ordem 0,25%, dependendo do processo de produção. A grande maioria dos processos de laminagem é realizada a quente em consequência dos valores de deformação que são exigidos na transformação dos produtos. Adicionalmente, a laminagem a quente tem a vantagem de praticamente não introduzir tensões residuais nos produtos fabricados e de as suas propriedades serem isotrópicas. Contudo, trata-se de um processo em que o controlo dimensional é particularmente difícil, para além da qualidade superficial dos produtos transformados ser má, em virtude da camada de óxidos superficiais que sempre se forma. Por este motivo, é usual depois das operações a quente proceder-se a operações de laminagem a frio, destinadas a aumentar a resistência do material, a controlar dimensionalmente e a melhorar a qualidade dos produtos fabricados.

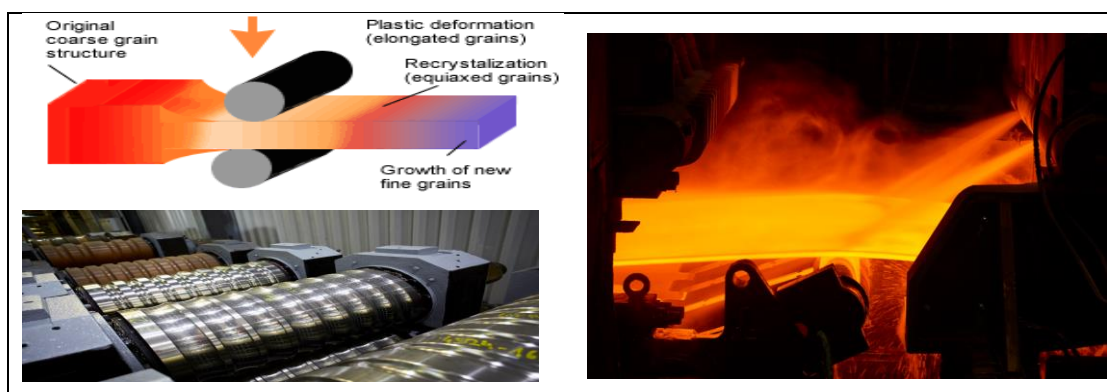


Figura 7 – Laminagem a Quente [3]

Os produtos obtidos por laminagem a quente são os seguintes:



Figura 8 – Produtos obtidos por Laminagem a Quente

As estruturas metálicas são regra geral constituídas por peças lineares (perfis simples ou composto) que formam estruturas reticuladas. Os perfis mais utilizados em elementos resistentes principais são formados por laminagem a quente ou por soldadura de chapas ou barras formando perfis compostos soldados, quando se pretende obter secções não comerciais ou de peças de secção variável. A forma da secção dos perfis depende do tipo de esforços actuantes, da facilidade de montagem, dos processos de ligação ou ainda de condicionantes estéticos de durabilidade.

Os perfis metálicos enformados a frio apresentam diferenças significativas em relação aos perfis laminados a quente, os quais são fabricados a partir de chapas muito finas com espessura uniforme, em geral com protecção anti corrosão prévia, permitindo obter secções com formas muito variadas, com boas propriedades mecânicas, reduzidos gastos de material. O aço destes perfis é menos dúctil, e como tal não deve ser utilizado em estruturas em que a fadiga seja predominante, sendo em geral utilizados em elementos secundários ou em estruturas de pequeno porte. [2]

Por último os sistemas estruturais metálicos podem ter as seguintes tipologias:

a) Tipologia geral dos sistemas estruturais metálicos:

- Reticulados (pórticos): os elementos resistentes têm ambas as dimensões das respectivas secções transversais muito menores que o comprimento (edifícios industriais e multi- pisos);
- Laminares (cascas): os elementos resistentes têm espessura muito reduzida quando comparada com as outras dimensões (reservatórios e silos);

3.3 Marcação CE e Regulamentação

Não existe um padrão global de aço comum ou do sistema de classificação ao invés há um número de classificações e designações de sistemas aceites e utilizados em todo o mundo, que são desenvolvidos e padronizados nacionalmente e internacionalmente, quer pela Standard Development Organizations (SDOs), ou por indústrias verticais específicas ou por fornecedores.

Alguns dos padrões mais utilizados para aço e sistemas de classificação incluem:

- AISI (American Iron and Steel Institute) normas de aço, que são tradicionalmente usados nos EUA e no exterior. Embora esse padrão não é mais mantido e tem sido cada vez mais substituído pela SAE, ASTM e outras normas dos EUA, ainda é mais generalizada.
- EN (Euronorm), que é um sistema harmonizado de metal e normas de aço dos países europeus. Embora seja aceite e usado efectivamente em todos os países europeus, é "obsoleto" por sistemas nacionais, como o alemão DIN, BS britânico, AFNOR francês e italiano UNI são comumente utilizados e muitas vezes encontrada em muitos documentos e especificações.
- Japonesa JIS normas de aço, que são amplamente utilizados em regiões da Ásia e do Pacífico. Especificações do aço JIS foram também muitas vezes utilizadas como base para outros sistemas nacionais, tais como coreanos, chineses, taiwaneses.
- Normas de aços de países recém-industrial, como o chinês GB e YB, índio IS, e a brasileira NBR, embora às vezes menos desenvolvidas e detalhadas, estão sendo cada vez mais utilizadas devido ao crescimento e integração global. O mesmo se aplica para a Rússia GOST, que é praticamente do padrão de fato para toda a Comunidade de Estados Independentes

Os Eurocódigos Estruturais constituem um conjunto de Normas Europeias (EN) relativas ao projecto de estruturas de engenharia civil, realizadas com diferentes materiais. Adicionalmente, os Eurocódigos estabelecem o enquadramento para a elaboração de especificações técnicas harmonizadas destinadas a produtos e elementos estruturais e proporcionam um meio de proceder à sua caracterização técnica; daí que os Eurocódigos tenham um papel muito importante de suporte à marcação CE de produtos e elementos estruturais, dado que permitirão, por meio de cálculo, o estabelecimento dos valores declarados das propriedades (neste caso, essencialmente as resistências mecânicas).

De entre os Eurocódigos aplicar no dimensionamento de estruturas metálicas há de ter em consideração o Eurocódigo 3 – Projecto de estruturas de aço que inclui regras gerais para análise e dimensionamento de elementos em estruturas metálicas.

O Eurocódigo 3 (ver figura 9) deve ser utilizado de uma forma consistente com as normas: NP EN 1990 (bases para projecto de estruturas), NP EN 1991 acções em estruturas, EN1090 (Execução

de estruturas de aço e de estruturas de alumínio) e com os restantes eurocódigos estruturais (EN 1992 e EN 1994 a EN1999).[26]

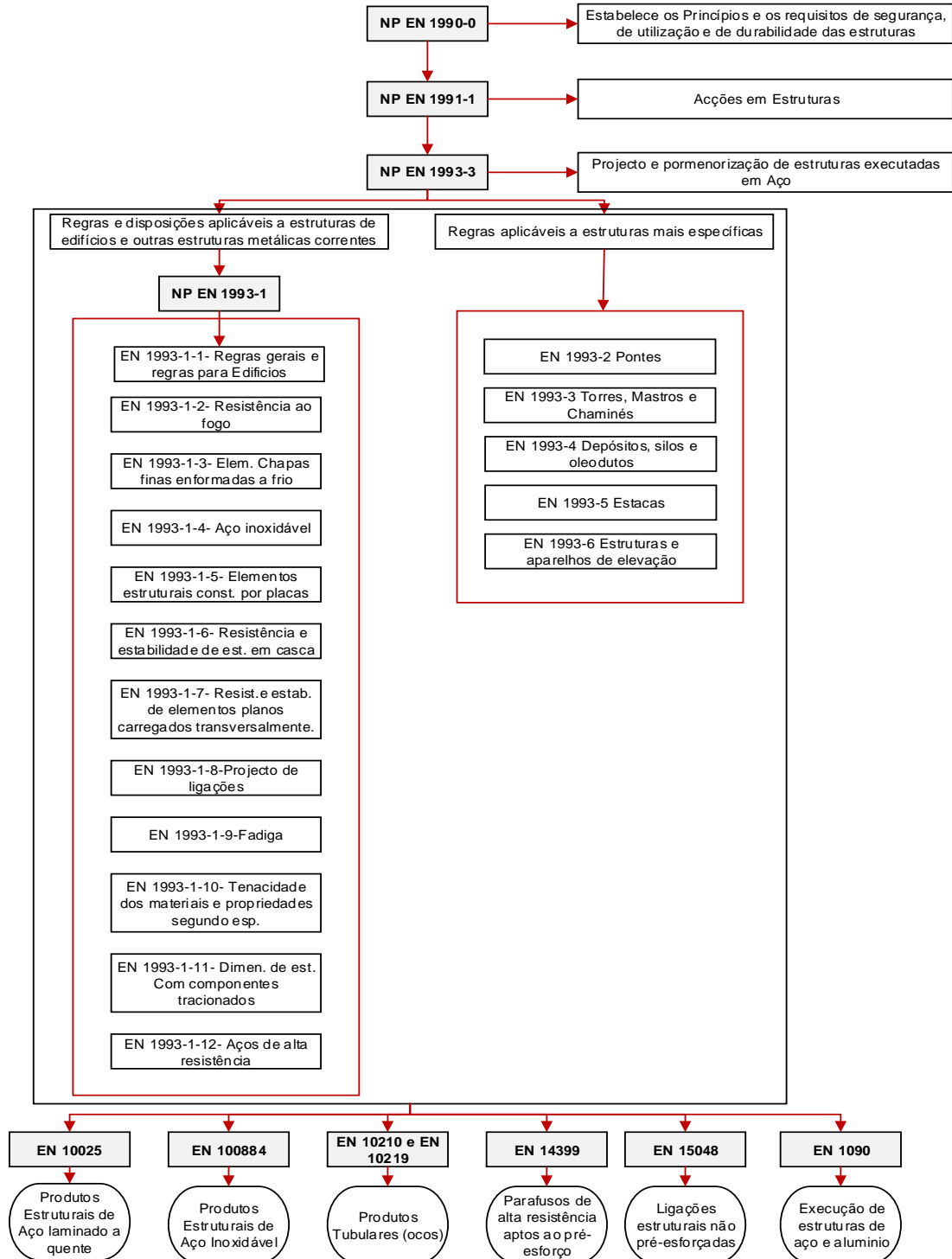


Figura 9 – Regulamentação essencial de estruturas metálicas.

O Eurocódigo 3, bem como os restantes Eurocódigos, devem ser utilizados em simultâneo com as normas de produtos, de dimensões, tolerâncias das dimensões, limites mínimos para as propriedades dos materiais (f_y e f_u) pela norma de execução, de especificações para a qualidade mínima de execução relativamente a alinhamentos, tolerâncias ou imperfeições e, pelas normas de dimensionamento, de resistências características.

O Regulamento (UE) Nº 305/2011, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção, e revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho, pelo que estabeleceu a partir de 1 de Julho de 2014 todas as estruturas metálicas em aço e/ou em alumínio colocadas no espaço económico Europeu, sejam elementos, subconjuntos ou kits de estruturas estão obrigadas a terem marcação CE.

As características essenciais dos produtos de construção encontram previsão nas especificações técnicas harmonizadas em função dos requisitos das obras de construção.

Na figura infra visualiza-se a relação existente entre as exigências essenciais das obras, que estão na origem de todo o processo, e a marcação CE dos produtos e construção que permite a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu.

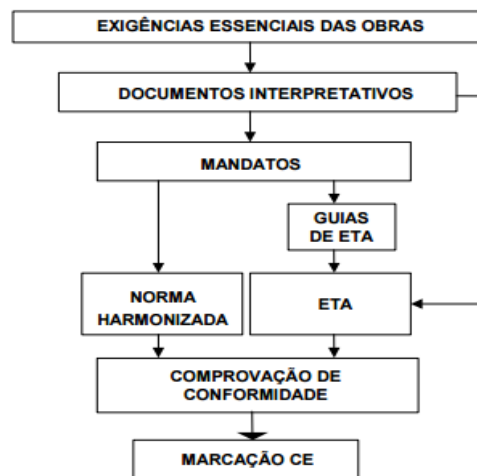


Figura 10 – Relação entre as exigências essenciais das obras e a Marcação CE.[29]

Daí que os requisitos básicos das obras de construções são:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndio;
- Higiene, Saúde e Ambiente;
- Segurança e acessibilidade na utilização;
- Protecção contra ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico;
- Utilização sustentável dos recursos naturais.

No caso dos produtos e componentes de aço, apenas são aplicáveis a resistência mecânica e estabilidade, e a segurança ao incêndio. As normas harmonizadas de produtos permitem direccionar estes requisitos gerais para pressupostos mais específicos, utilizando propriedades mensuráveis para atestar o seu desempenho (por exemplo, cedência, resistência e capacidade de carga) e estabelecendo os valores a serem cumpridos. No caso dos produtos e componentes metálicos as principais normas harmonizadas são:

- Produtos estruturais de aço laminado a quente – EN 10025-1;
- Produtos estruturais de aço inoxidável – EN 100884-5;
- Perfis tubulares (ocos) - EN 10210-1 e EN 10219-1;
- Parafusos de alta resistência aptos ao pré-esforço – EN 14399-1;
- Ligações estruturais não pré-esforçadas- EN 15048-1;
- Execução de estruturas de aço e alumínio – EN 1090-1.

O fabricante é o único responsável por um sistema de controlo de produção (CPF) na fábrica que garanta que o produto está em conformidade com as especificações técnicas correspondentes, nomeadamente as Normas Harmonizadas (hEN) e aprovações técnicas europeias (ATE).

Desta forma, é reconhecido que qualquer elemento fabricado a partir de aço estrutural pode receber a Marcação CE a partir do momento em que o demonstrar o cumprimento de norma harmonizada, de acordo com um sistema de comprovação adequado (CPF), em particular a família das normas EN 1090.

A família das normas EN 1090 estabelece os requisitos técnicos e de desempenho a que devem obedecer as estruturas metálicas de aço e alumínio, assim como o nível de exigência necessário ao controlo de fabrico interno CPF.

Ora, a família da norma EN 1090 articula-se em três partes:

- EN 1090-1: Exigências para a avaliação da conformidade dos elementos estruturais;
- EN 1090-2: Exigências Técnicas para as estruturas em aço;
- EN 1090-3: Exigências Técnicas para as estruturas em alumínio

Segundo a norma NP EN 1990, as estruturas metálicas devem ser dimensionadas, fabricadas e montadas, de forma a desempenharem as funções para as quais são concebidas, durante um período de vida útil estimado, conforme figura 11.**[25]**

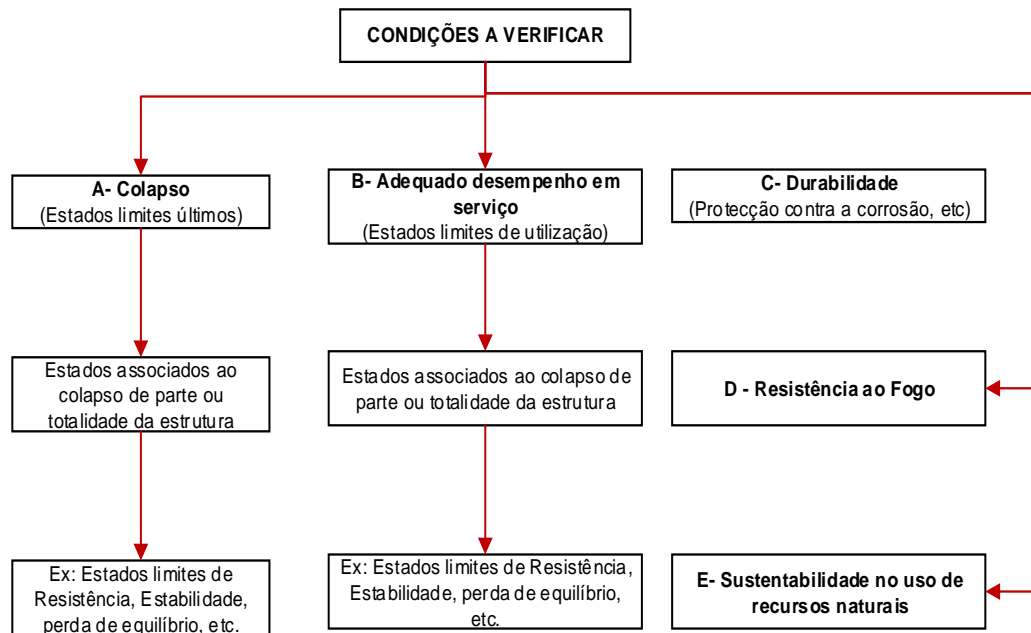


Figura 11 – Condições a verificar NP EN1090.[25]

Estas normas estabelecem sucintamente: a organização do projecto e especificações técnicas; aspectos construtivos e respectivos processos tecnológicos; plano de Inspeção e Ensaio; e qualificação dos processos tecnológicos, dos operadores e outros técnicos.

A fim de dar resposta a estas novas exigências, as empresas precisam de avaliar qual o seu estado actual, em que medida já respondem aos novos requisitos exigidos, identificar os requisitos a implementar, e estabelecer planos de acções a desenvolver.

O princípio fundamental da marcação CE baseia-se na declaração do fabricante atestando que os seus produtos satisfazem as características de desempenho, definidas como essenciais para a sua aplicação no domínio da construção.

Com este objectivo, o fabricante deve conhecer os requisitos em termos de características de desempenho definidas como essenciais e os valores necessários à sua satisfação. Para os componentes de aço estrutural estes requisitos estão definidos na cláusula 4 da EN 1090-1.

Cabe assim ao fabricante, para cada um destes requisitos, estabelecer o Controlo de Produção em Fábrica (CPF), de modo a evidenciar a conformidade dos mesmos conduzindo à emissão da declaração e cada uma das características de desempenho atrás mencionadas, aplicáveis ao seu processo, conforme previsto no anexo ZA.1 da EN 1090-1. Para os componentes de aço estrutural, o sistema de avaliação de conformidade encontra definição na cláusula 6 da EN 1090-1.

O fabricante deverá utilizar métodos de ensaio especificados para avaliar se os produtos estão em conformidade com os requisitos especificados. Para os componentes de aço estrutural estes métodos de avaliação estão definidos na cláusula 5 da EN 1090-1.

Por fim, deverá marcar os produtos de modo correcto, utilizando uma classificação adequada e sistema de designação conforme definido nas cláusulas 7 e 8 da EN 1090-1.

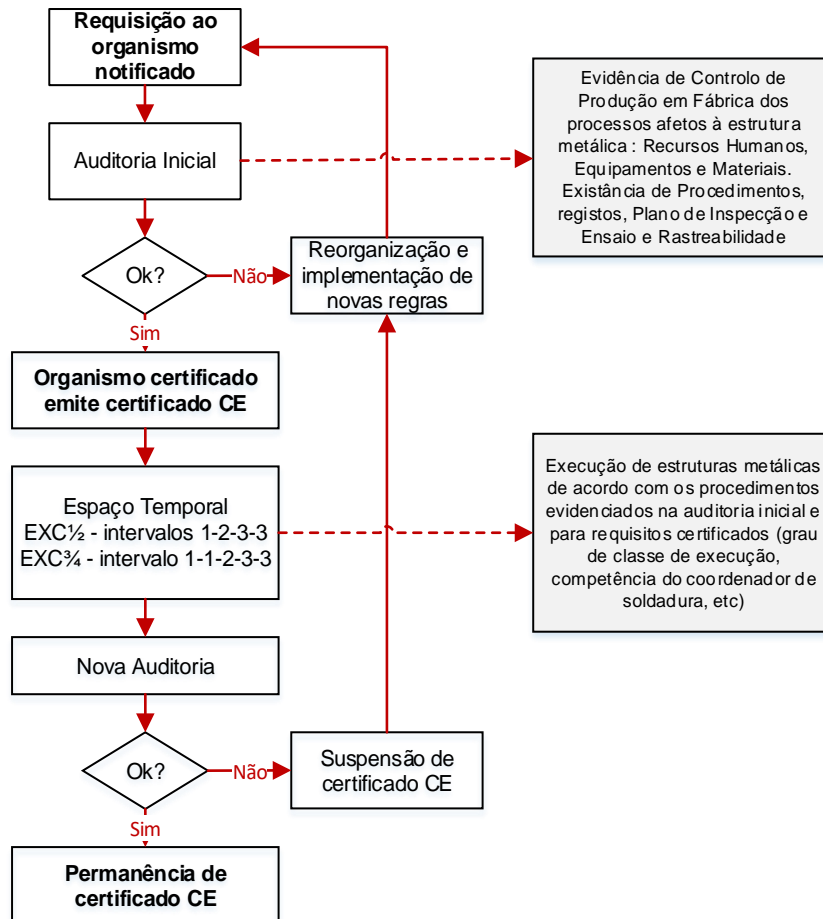


Figura 12 – Como requerer para ser certificado.[9]

No que concerne à análise da implementação da EN 1090 importa analisar mais detalhadamente três pontos principais, a saber:

- O primeiro ponto refere-se à classificação da estrutura ou componente estrutural em termos de classe de execução (EXC) e material.
- A classe de execução EXC é definida conhecendo a natureza dos materiais envolvidos, tipo de solicitações (por exemplo, estáticas, dinâmicas) e classe de consequência em caso de falha ou colapso da estrutura ou componente estrutural em termos de vidas humanas, impacto económico e ambiental.
- A norma estabelece quatro classes de execução, desde a classe 1 (EXC1) até à classe 4 (EXC4), ou seja, da menos à mais restritiva. Cada classe de execução contém uma série de requisitos específicos para a execução da fabricação em seu conjunto.

No caso da classe de execução não ter sido definida pelo projectista a norma prevê que a classe a considerar é EXC2. Desta forma, determina-se a classe de execução com base numa matriz de três entradas: classe de consequência, categoria de serviço e categoria de produção, conforme ilustrado no Quadro IV. Conhecendo o EXC tem-se as condições suficientes para conhecer os requisitos associados a cada classe de execução expressos na EN 1090-2 e EN 1090-3 para estruturas de aço e estruturas de alumínio, respectivamente.

CLASSES DE CONSEQUÊNCIAS		CC1		CC2		CC3	
CATEGORIAS DE SERVIÇO		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
CATEGORIAS DE PRODUÇÃO	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3a)	EXC3 a)
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 a)	EXC4

a) A classe de execução EXC4 deve ser aplicada a estruturas especiais ou estruturas com consequências extremas no caso de uma falha estrutural tal como requerido pelas disposições nacionais

Quadro IV – Matriz de definição da classe de Execução [16]

As categorias de serviço podem ser as seguintes:

- **SC1**- Estruturas sujeitas a acções estáticas, sísmicas ou de fadiga de baixa intensidade;
- **SC2** - Estruturas submetidas a acções de fadiga ou acções sísmicas em regiões de média a alta actividade.
- Quanto às categorias de produção podemos classificar como:
- **PC1** - Estruturas sem componentes soldados ou com componentes soldados fabricados de aço de classe inferior a S355;
- **PC2** - Estruturas com componentes soldados fabricados com aço de classe S355 ou superior, ou outros componentes de elevada complexidade de fabrico.

No caso em estudo, o projectista não definiu a classe de execução logo a classe considerada foi a EXC2.

O segundo ponto da implementação da EN 1090 é relativo ao dimensionamento. Ora, o projecto estrutural deve ocorrer baseado no dimensionamento por eurocódigos aplicáveis (Método de declaração 2 ou por outro código método 3b). Neste caso, a organização deve evidenciar a competência dos seus recursos e a validação dos meios de cálculo.

Por último, temos o controlo de produção em fábrica (CPF). Assim, a organização deve estabelecer os procedimentos necessários que evidenciem o processo de execução em conformidade com os requisitos da norma. Por exemplo, a organização deve identificar os produtos constituintes necessários para a execução de estrutura ou componente estrutural, como o aço, consumíveis de soldadura (eléctrodos, gás, etc.), ligações mecânicas e outros. Para estes produtos constituintes a organização deve cumprir com a compra e respectiva recepção especificando a norma aplicável e tipo de certificação para o respectivo produto, conforme indicação da EN 1090-2 ou EN 1090-3. Por

exemplo, para uma obra EXC2 que usa uma chapa em aço S275JR deverá especificar de acordo com a EN 10025 e certificado tipo 2.1.

Importa referir que a forma como as características essenciais de desempenho do componente pode depender dos produtos constituintes utilizados no fabrico, e pode ser identificada através da verificação das características essenciais de desempenho discriminadas na norma harmonizada para o produto constituinte (vide figura 13 infra).

CE
01234 AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050
08 01234-CPD-00234 EN 1090-1
Viga de aço soldada – M 346
Tolerâncias geométricas: EN 1090-2.
Soldabilidade: Aço S235J0 de acordo com EN 10025-2.
Tenacidade à fractura: 27 J a 0°C.
Reacção ao fogo: Material classificado: Classe A1.
Libertação de cádmio: DND.
Emissão de radioactividade: DND.
Durabilidade: Preparação da superfície de acordo com EN 1090-2, grau de preparação P3. Superfície pintada de acordo com EN ISO 12944-5, S.1.09.
Características Estruturais:
Dimensionamento: DND.
Fabrico: De acordo com a especificação do componente CS-034/2006, e EN 1090-2, classe de execução EXC2.

Figura 13 – Marcação CE de Viga de Aço soldada – M346. [27]

Por outro lado, a organização deve evidenciar que estabelece a rastreabilidade necessária de acordo com a classe de execução. Deve ainda evidenciar a avaliação da capacidade dos seus processos como corte, quinagem, furação, outros e controlar o processo de decapagem, pintura, galvanização, metalização, conforme especificado na EN 1090-2 (no caso do aço), assim como no processo de soldadura. Para este último, a organização deve salvaguardar que tem um coordenador de soldadura de competência adequada à EXC, tipo de material e respectiva espessura e que realiza o processo de soldadura conforme a EN1090 recomenda. Para estabelecer o aperto de ligações mecânicas deve ser evidenciado a conformidade dos requisitos da norma.



4 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA

4.1 Consulta/ Proposta

O processo de produção de uma estrutura metálica inicia-se com a recepção da consulta do cliente.

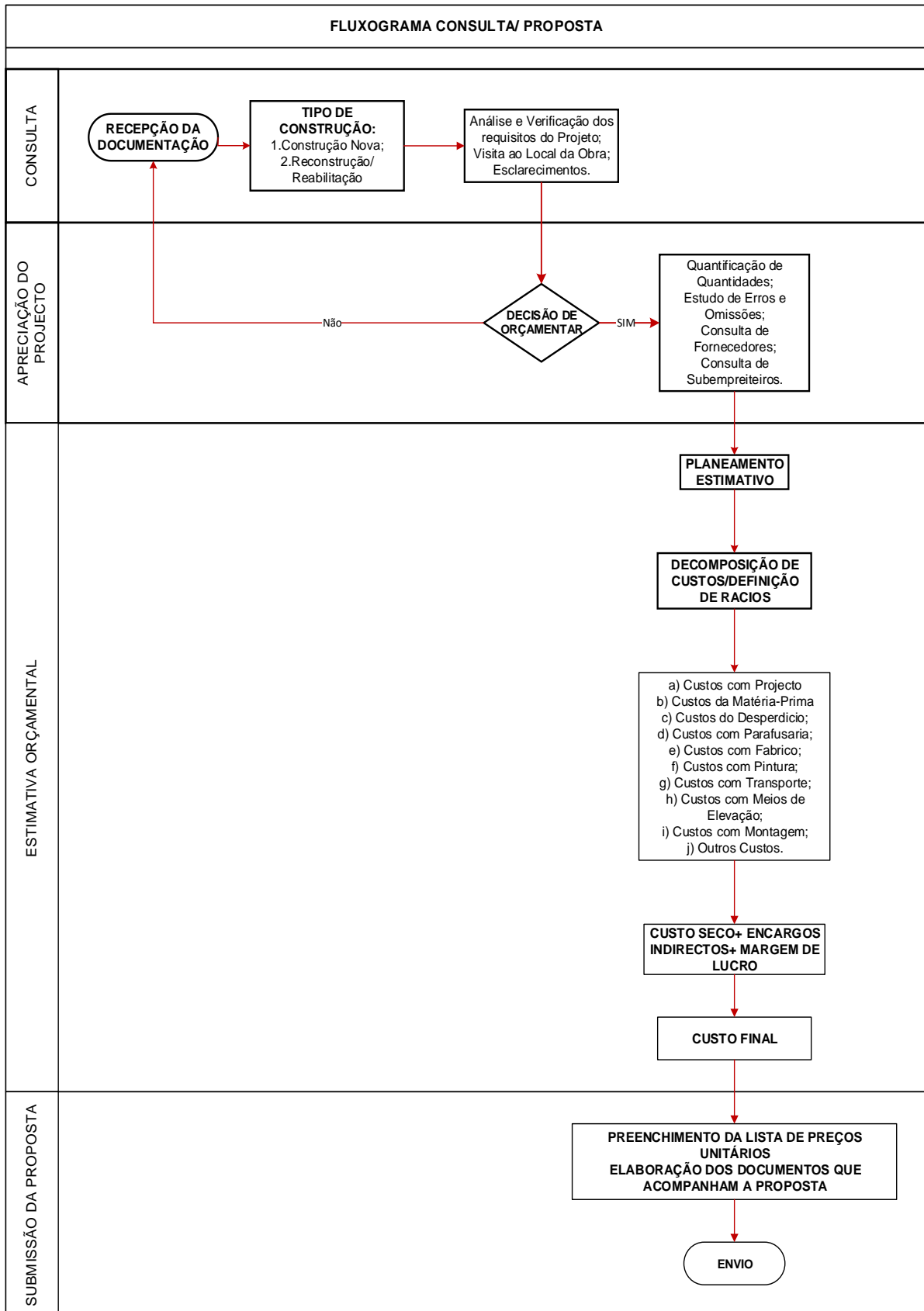
Numa análise superficial, poder-se-ia concluir erroneamente que um edifício estruturado em aço tem um custo final superior ao do mesmo edifício estruturado convencionalmente, porque o preço de uma estrutura metálica é regra geral, superior ao preço das estruturas de betão armado.

Ressalvamos que não se trata de uma pura substituição do sistema estrutural, mas de uma troca de sistema construtivo. Ou seja, é necessário aproveitarmos a alta qualidade do aço e das excelentes características das estruturas obtidas a partir dele: resistência, leveza, nível, rapidez e principalmente pela possibilidade de abordagem industrial com grande planeamento e racionalização do processo construtivo.

Mostra-se, contudo, fundamental que os responsáveis pela elaboração da proposta comercial e por quem a analisa retenham tais conceitos.

A proposta quando recepcionada é analisada pelo Departamento de Orçamentos, o qual realiza uma medição detalhada por forma a quantificar os produtos e as quantidades necessárias a partir dos desenhos/ lista de quantidades, cadernos de encargos e especificações técnicas fornecidas pelo cliente.

Posteriormente, definem-se as empresas a consultar (fornecedores de matérias-primas, como armazenistas de aço e/ou directamente as empresas de laminagem, fornecedores de parafusos, tratamentos, etc.) e analisam-se qualitativamente e quantitativamente os pedidos de cotação solicitados.


Figura 14 – Fluxograma de Consulta/Proposta

Conforme resulta do fluxograma (figura 14), numa proposta comercial os custos são decompostos e agrupados em grupos, designadamente:

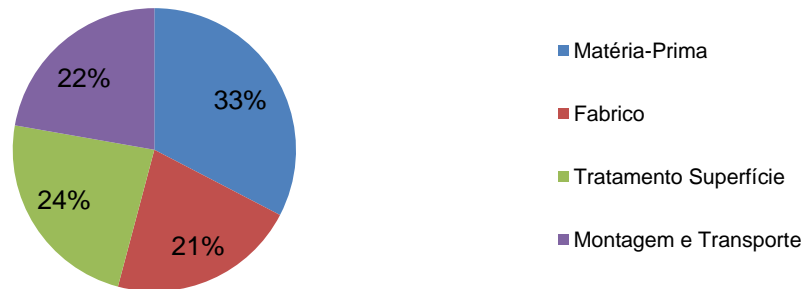
- **Custos de Matéria-Prima** – incluem-se todas as matérias-primas que são necessárias para a execução de uma dada estrutura: perfis, chapas, elementos de revestimento, etc. O custo da matéria-prima é posteriormente corrigido com a adição dos custos dos desperdícios.
 - **Custo do Desperdício** – é respeitante ao desperdício de material proveniente do corte e fabrico das diversas peças metálicas. A taxa de desperdício pode variar entre os 3% a 5%. Este valor é aferido com base na experiência adquirida em obras da mesma tipologia, quantificando o resíduo proveniente do fabrico. Este custo está relacionado com os comprimentos dos perfis referidos no projecto e a irregularidade geométrica das chapas a cortar.
 - **Custos com parafusos, buchas, chumbadouros, tirantes e esticadores (acessórios)** - O custo dos acessórios é obtido pela medição e quantificação dos chumbadouros, parafusos, buchas, tirantes e esticadores, devendo tomar-se especial atenção aos parâmetros, como a classe (se são sistema HV – EN 14399-4, podem ser da classe 8.8 ou 10.9 enquanto que se forem sistema HR- EN 14399-3 são da classe 10.9), ao diâmetro, o custo para corte, abertura de rosca etc., pois as diferenças são substanciais em termos de custos. Sem esquecer que, o custo destes acessórios é bastante influenciado pela protecção anticorrosiva a que estes têm de ser submetidos (zincado, galvanizado a quente, inox, etc.).
 - **Custos de Fabrico**- O custo de fabrico está dependente do número de horas de produção que a empresa despende para executar determinada estrutura, desenvolvendo actividades como corte, furação, pré-montagem em oficina, soldadura etc. (h/Ton) e também do seu custo/hora de produção (€/h), contabilizando não só custos directos (salários, consumíveis, etc.), mas também os custos indirectos (aluguer de fábrica, amortizações, etc.). Neste grupo, faz-se uma previsão do número de perfis a cortar, o número de chapas de ligação e reforço a executar, a abertura de chanfros sempre que são requeridas soldaduras com elevado factor de ligação, quantificação de soldaduras etc. As soldaduras se forem quantificadas em obra geralmente são contabilizadas num grupo à parte.
 - **Custos de Pintura**- O custo de pintura é normalmente apresentado como área de pintura e depende do esquema de pintura a aplicar na estrutura. Como os perfis são normalizados facilmente se obtém custo por Kg de aço pintado. No que respeita aos trabalhos de pintura, podemos considerar o tratamento anticorrosivo em que se atendem três grandes grupos, a saber: a galvanização por imersão em zinco quente, a metalização a quente por projecção de zinco e metalização a frio através da aplicação de tintas líquidas epóxi com elevado teor em zinco e o tratamento antifogo onde se aplicam tintas intumescentes. Uma vez que os custos associados
-

as soluções de pintura variam bastante com os materiais a utilizar, estes valores são fornecidos geralmente pelo departamento de produção.

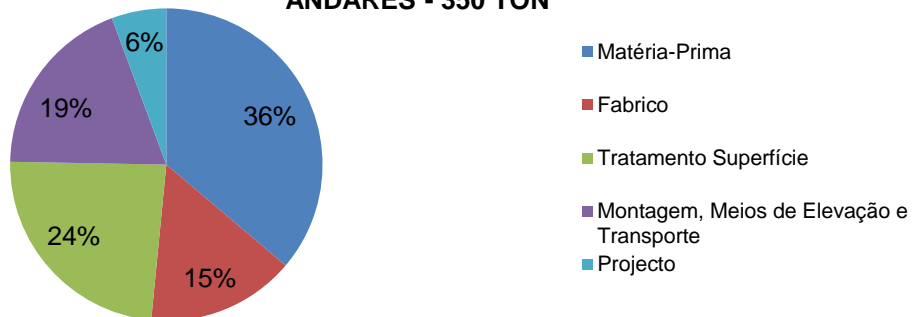
- **Custo de Montagem-** O custo de montagem pode ser calculado de várias formas, no entanto, está sempre ligado ao número de dias e de trabalhadores que são necessários para montar a estrutura e aos custos com meios de elevação e estaleiro.
- **Custo de Transporte-** O custo de transporte depende do número de viagens que são necessárias e a distância entre a fábrica e a obra. Refira-se que no caso de existirem subempreitadas para execução de alguma actividade esses Kms também devem ser contemplados neste grupo.
- **Custo dos Meios de elevação-** Os custos dos meios de elevação dependem directamente dos elementos a montar, do tempo e da sua complexidade. Assim para este tipo de estruturas é normal o recurso a um multifunções/ ou uma grua para posicionar os elementos estruturais e uma plataforma elevatória para aplicar os acessórios. Ressalve-se que deve ser adicionado ao custo do número de dias de utilização destas máquinas a sua mobilização e desmobilização.
- **Outros Custos-** Este último grupo engloba todos os custos referentes a projecto, pormenorização, garantias bancárias, seguros, encargos (como taxas, selos, licenças, impostos), custo de transporte marítimo (barco e contentorização), custos de deslocação (transporte, alimentação e estadia).

Para além de compreender os factores de custo discutidos supra, é também importante perceber a repartição dos diferentes elementos que compõem o custo global da estrutura, as suas proporções relativas típicas e a inter-relação entre eles.

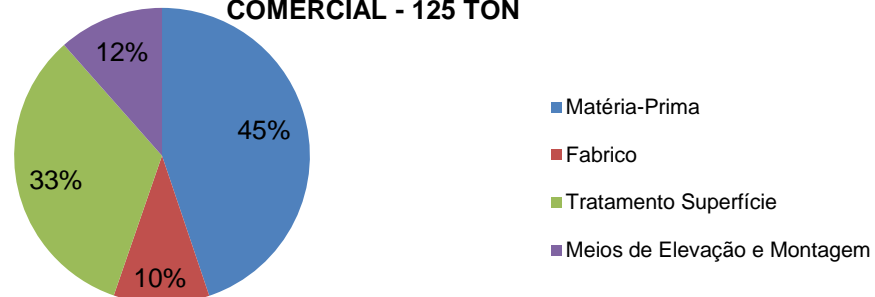
Para uma análise mais aprofundada, revela-se relevante apresentar, a par do caso em estudo, outros exemplos reais de forma a inferirmos alguns resultados.

DECOMPOSIÇÃO DE CUSTOS DE UM EDIFÍCIO MULTI-PISO DE 3 ANDARES - (PIAZZA-BBC) - 132 TON


Matéria-Prima	Fabrico	Tratamento Superfície	Montagem e Transporte	Total
71 985,80 €	40 033,71 €	40 495,57 €	29 960,73 €	182 475,81 €

DECOMPOSIÇÃO DE CUSTOS DE UM EDIFÍCIO MULTI-PISO DE 8 ANDARES - 350 TON


Matéria-Prima	Fabrico	Tratamento Superfície	Montagem, Meios de Elevação e Transporte	Projecto	Total
246 730,00 €	104 866,92 €	161 923,45 €	129 915,56 €	38 650,00 €	682 085,94 €

DECOMPOSIÇÃO DE CUSTOS DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL COMERCIAL - 125 TON


Matéria-Prima	Fabrico	Tratamento Superfície	Meios de Elevação e Montagem	Total
76 560,50 €	17 880,96 €	56 671,48 €	19 691,44 €	170 804,38 €

Quadro V – Decomposição de Custos de 3 Casos de Estudo.

Para facilitar a análise e melhor inferirmos sobre os resultados agruparam-se os custos em quatro grandes grupos, a saber:

- **Matéria-Prima** - onde se incluem todos os custos com as matérias-primas associadas à estrutura, como perfis, chapa, elementos de revestimentos, parafusos, etc.;
- **Fabrico** - onde se incluem todos os custos associados ao fabrico, como corte, armação, soldadura);
- **Tratamento de Superfície**- que engloba todos os custos associados à protecção anti corrosão e à protecção passiva ao fogo;
- **Transporte, Meios de Elevação e Montagem**- todos os custos associados ao transporte de elementos que vão ser montados em obra, aos meios de elevação e à montagem de todos os elementos etc.).[22]

No entanto, a análise é sempre complexa, uma vez que o custo de uma estrutura é extremamente influenciado não só pelo tipo de estrutura, no caso dos edifícios que podem ser do tipo industrial (armazéns industriais e fabris, instalações desportivas, coberturas para zonas de exposição, supermercados, shoppings, etc.) ou edifícios Multi-Piso (habitações, escritórios, comércio etc.) e ainda pontes. Mas também pela complexidade da obra a executar, pelo tipo de fábrica onde é produzida, nomeadamente se é mais ou menos automatizada e, ainda, pela localização geográfica onde é produzida [20].

Como demonstrado pelos exemplos apresentados no Quadro V, em que os custos da matéria-prima são 33%, 36% e 45%, respectivamente, assume-se que uma estrutura com uma tonelagem menor também terá menor custo.

Logo, quanto mais leve for a solução estrutural desenvolvida pelo projectista, ou seja, com o menor rácio Kg/m² (m² como superfície de implantação), menor será o custo final.

Pese embora, este pode tornar-se um objectivo inglório, pela complexidade de soluções introduzidas, quer do ponto de vista de fabrico, quer do ponto de vista da montagem.

É pois fundamental perceber como se podem criar soluções igualmente leves, mas também que transformem o fabrico e montagem em operações mais simples e rápidas, diminuindo o número de horas.Homem (hrs.H) a despender nas referidas actividades. [8]

Ademais a optimização de uma estrutura deve ser feita de uma forma inteligente, para que não se esteja apenas a empurrar problemas para jusante, pois uma solução mais leve não significa necessariamente uma solução estrutural mais favorável, podendo causar problemas como empenos, deformações etc.[8]

Quando a arquitectura o permite, a definição de elementos estruturais com base em medidas comerciais correntes deverá ser tida sempre em mente, uma vez que podem ser encontrados mais facilmente no mercado, tendo repercussões no seu custo.

Os projectistas devem atender igualmente às dimensões dos elementos que projectam, dado que a utilização de dimensões que sejam diferentes das resultantes do processo de laminação, obriga sempre a cortes ou emendas, tornando mais onerosa a execução.[20]

No caso de edifícios habitacionais com utilização de lajes mistas de pequenas dimensões, como é o caso do segundo exemplo de estudo apresentado, podem ser responsáveis por um acréscimo do peso da estrutura, pela necessidade de um maior número de pilares, vigas principais e secundárias etc.

Por outro lado, considerou-se de especial interesse dissociar os custos de fabrico do tratamento de superfície (protecção anti-corrosão e protecção passiva ao fogo), para percebermos em que proporção é realmente condicionante este custo no custo global da estrutura. Contudo, este custo é variável dependendo do tipo de estrutura que se trata e qual a sua funcionalidade, como podemos constatar pelo casos em estudo em que apuramos 24% para edifícios Multi-Piso e no caso da Unidade Industrial a percentagem é superior sendo de 33%.

No caso de estruturas exteriores, como é o caso das pontes esta percentagem seria claramente inferior, uma vez que não havia a necessidade de aplicação de tratamento de superfície de protecção ao fogo. No entanto, em edifícios, o mesmo não acontece como podemos visualizar pelos casos em estudo.

Os sistemas de protecção das estruturas metálicas contra a corrosão podem realizar-se através de revestimentos metálicos e projecção (metalização), galvanização e revestimentos por pintura, enquanto os sistemas de protecção passiva ao fogo, como as tintas intumescentes e argamassas projectadas são revestimentos especiais para estruturas metálicas que oferecem protecção passiva contra a acção do fogo.

Tal custo não é só um custo inicial mas um custo ao longo do ciclo de vida de uma estrutura metálica, pois a resistência deste tipo de protecção é de período limitado exigindo manutenção periódica.

Da análise a todos os casos apresentados, nos quais foram aplicados, em todos, sistemas de protecção contra a corrosão e ao fogo por pintura, conclui-se pela onerosidade do custo, principalmente no que respeita à aplicação de tintas intumescentes. A diminuição desse custo teria de passar forçosamente pela utilização de argamassas projectadas que são uma solução menos onerosa, no entanto, esteticamente menos viáveis, pelo que são aplicadas em elementos não visíveis.

Importa, nesta fase, compreender a aplicação dos regulamentos no contexto nacional.

Ora, a maneira mais simples de garantir a resistência ao fogo de uma estrutura consiste em assegurar que os seus elementos (vigas, pilares e lajes) trabalhando isoladamente possuem resistência ao fogo exigida regulamentarmente.

No caso das estruturas de aço, alguns países recomendam temperaturas críticas que não devem ser excedidas antes do tempo regulamentar. Invés, em Portugal, o Anexo Nacional da parte 1-2 do Eurocódigo 3 estipula a utilização de uma temperatura crítica de 540°C para elementos traccionados e para vigas em que a encurvadura lateral não é potencial o modo de colapso e de 500°C para pilares ou elementos estruturais que podem sofrer de fenómenos de instabilidade. Este procedimento, habitualmente designado por abordagem prescritiva, embora estando do lado da segurança é demasiado conservativo, conduzindo à aplicação de protecção passiva contra incêndio em todos os elementos sujeitos à acção do fogo, por si só nefasto em termos de custos, podendo ser decisivo para a proposta não se tornar económica e comercialmente vantajosa.[9]

Outra das parcelas condicionantes para o custo final é o do fabrico que engloba custos com as operações de corte, pré-montagem e soldadura, representando, 21%, 15% e 10% respectivamente dos casos em estudo. Esta parcela pode ser variável dependendo do tipo de estrutura e especialmente da complexidade do mesmo.

Um dos pontos a ressaltar é a falta de visão global por parte dos projectistas, dado ser usual surgirem chapas de diversas espessuras, onde algumas delas têm poucos metros quadrados. O mesmo sucede com os perfis, resultando numa taxa de desperdício elevada que podia ser perfeitamente evitada. Até, porque hoje em dia com a ajuda de algumas aplicações informáticas, como o CUT-IQ, já conseguimos otimizar ao máximo o desperdício, através do aproveitamento do material. Logo, é aconselhável tentar uniformizar ao máximo a estrutura, utilizando um número limitado de espessuras de chapas e/ou perfis, resultando na redução do tempo despendido a executar cada tarefa, na diminuição dos custos com energia, na simplificação da movimentação dos elementos dentro da fábrica, e conseqüentemente, na obtenção de uma taxa de utilização do material superior.[20]

Por outro lado, o custo das ligações também influencia o custo global da estrutura. Temos, por exemplo, o caso da adopção de ligações encastradas invés de ligações rotuladas nas fundações. Ora, as ligações rotuladas não implicam tantos chumbadouros, traduzindo-se em fundações de menores dimensões e logo mais económicas e rápidas de fabricar. Ou mesmo, a colocação de cutelos de forma massiva desnecessária, que além de encarecerem o fabrico das peças, aumenta o tempo de execução das mesmas. Ademais, cada cutelo representa um pequeno empeno da peça, devendo só ser considerados se tiverem realmente um propósito estrutural.[8]

No que concerne a esta temática, é consentâneo o entendimento que, até mesmo em países tradicionalmente considerados com um nível técnico elevado, causa das ocorrências de não-qualidade em edifícios remonta às fases de Projecto ou planeamento da construção (e em particular a primeira). Estas assumem magnitudes consideráveis - entre um terço e metade dos custos totais de reparação de todas as deficiências construtivas detectadas. Este facto pode suscitar, desde já, alguma surpresa pois é durante a fase de Projecto que o

nível técnico dos intervenientes é, geralmente, mais elevado, que as condições de trabalho são mais agradáveis, que as diversas alternativas podem ser analisadas e especificadas de forma eficaz, que as propostas finais podem ser devidamente confrontadas com todas as exigências regulamentares, construtivas e outras relevantes, antes de serem colocadas em execução. Mesmo assim, esta fase é responsável por montantes iguais ou superiores de reparações que a fase de construção propriamente dita, realizada por equipas com muito maior número de elementos, com preparação técnica de nível mais baixo, submetida a condições de trabalho por vezes adversas. Se pensarmos na sequência habitual das diversas fases de um empreendimento verifica-se que será nas fases iniciais que as oportunidades para influenciar o resultado final são maiores e com custos de produção mais baixos. Por mais que custe a qualquer projectista admitir que o trabalho realizado terá de ser revisto e, eventualmente, refeito sob outros princípios, os custos incorridos, nesta fase, serão sempre uma pequena percentagem do custo global da produção do edifício. Antes de se iniciar a construção lida-se, apenas, com ideias e papel. É durante a fase de Projecto que todas as discussões devem tomar lugar. Que todas as opções devem ser analisadas e a coerência global do Projecto ser testada. Em suma, é essencial que todos os intervenientes terminem esta sua fase de trabalho com a consciência que as soluções propostas são, efectivamente, as melhores possíveis perante os condicionalismos próprios da realização e das necessidades das outras especialidades.

Um correcto planeamento e preparação podem colmatar alguns destes erros e consequentemente reduzir substancialmente os custos. Ou seja, um planeamento e preparação mais detalhados, simplificados e com prioridades de fabrico bem definidas permitirão optimizar a produção de estruturas metálicas. Tendo por base o conhecimento detalhado de cada uma das fases, permite-nos avaliar e corrigir soluções de projecto, recorrendo às mais avançadas ferramentas de pormenorização de estruturas metálicas.

O que conduz não só a um fabrico sem desvios do expectável em termos de prazos e custos mas também numa redução dos custos em termos de matéria-prima pois poderá prever-se atempadamente as necessidades de aprovisionamento material e ter mais margem de negociação com os fornecedores. Aumentando o grau de certeza, reduz-se a necessidade de improvisos, trabalhos a mais, possíveis não conformidades e desperdício de material. Assim como, uma aposta na qualificação no pessoal operacional deverá ser tida em conta. Investindo na formação reduzimos a margem de erro e aumentamos a produtividade. Só assim, será possível organizarmos o processo produtivo de maneira a que se alcance a máxima utilização dos factores produtivos envolvidos no processo, procurando como resultado baixos custos de produção e o incremento de bens e serviços, e como resultado temos um produto final mais barato (economia de escala).

Por outro lado, a construção em aço apresenta uma logística de execução mais complexa. Se por um lado constitui uma vantagem pois o fabrico pode iniciar-se antes mesmo do início

da obra e sobrepor-se no cronograma geral em relação às estruturas de betão que necessitam de tempo de cura etc., representa em termos logísticos uma desvantagem pois o local de montagem pode estar a milhares de quilómetros do local onde a estrutura é fabricada, o que representa um incremento nos custos. Uma das formas de reduzirmos estes custos será evitar peças cujas dimensões ultrapassem as dimensões normais de transporte evitando assim custos adicionais com licenças de transporte especiais.

A acrescer às condicionantes resultantes do transporte verifica-se ainda que a a obrigatoriedade de mão-de-obra especializada e o aumento ao longo dos anos das medidas de segurança na montagem deste tipo de estruturas demonstram ser agravantes dos custos.

Um projecto optimizado e um planeamento logístico são determinantes para garantir economia e segurança em obras com estruturas metálicas.

4.2 Planeamento

A gestão de um projecto de sucesso obriga a que se considere como alicerces, três parâmetros essenciais, a saber: tempo, custo e qualidade.

Estes três factores são cruciais e interdependentes entre eles e ao negligenciar um deles desencadeia um efeito negativo e prejudicial sobre os restantes. Apesar destas evidências, a construção portuguesa reporta-nos para outra realidade, em que apenas dois desses factores são considerados: o tempo e o custo. Na tentativa de cumprir prazos de uma maneira desenfreada, não reconhecem a interdependência do tempo, custo e qualidade o que resulta em custos acrescidos desnecessários.

O objectivo do cliente quando adjudica um projecto pode e deverá ser alcançado através de uma gestão de esforço concertada que permitirá reduzir os custos, aumentar a qualidade do serviço prestado, dentro do prazo contratual estipulado.

As empresas que procuram excelência dentro da sua área de actuação, têm vindo a reconhecer com o tempo, que planear é o pilar central que lhes permitirá um crescimento sustentado, e dessa forma alcançar os resultados pretendidos. O planeamento pode ser visto como a base da gestão, podendo afirmar-se deste modo, que a execução de um planeamento não garante sucesso, mas falhar, ou não executar um projecto segundo um plano, muitas vezes condena ao fracasso.

Planear pode ser definido como uma antecipação das acções necessárias ao cumprimento de um dado objectivo, que podem estar relacionadas com a previsão de recursos (humanos, materiais ou financeiros) ou outros. O planeamento está então relacionado com a fixação de metas e objectivos, e com a execução de planos de acção e prazos de cumprimento.

No caso particular, das estruturas metálicas o conceito de planejar é indissociável do conceito de pré-fabricação.

Ora vejamos, o êxito das acções que conduzem à diminuição dos custos, prazos, ao aumento da produtividade e ao incremento da qualidade nos processos de produção e no produto final depende da evolução das actividades construtivas, ou seja, do incremento dos seus níveis de industrialização. Evoluir no sentido de aperfeiçoar-se como indústria é um caminho natural do sector da construção civil. A industrialização é um método baseado essencialmente em processos organizados de natureza repetitiva, nos quais a variabilidade incontroável e casual de cada fase de trabalho, que caracteriza as acções artesanais, é substituída por graus pré-determinados de uniformidade e continuidade executiva, característica das modalidades operacionais ou totalmente mecanizadas.

Resumindo, o conceito de industrialização voltada para a construção civil pressupõe organização, um planeamento, continuidade executiva, repetição e eficiência no processo de produção, tudo dentro de uma visão global das várias interfaces que compõem a execução de um projecto. A sua principal ferramenta é a racionalização construtiva, que permite otimizar o uso recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.[28]

Esta é uma das vantagens da utilização da estrutura metálica, a qual consiste na possibilidade de aplicação do conceito de prefabricação. Os diversos elementos estruturais são executados em fábrica, incluindo as chapas auxiliares e furações necessárias para ligações. Em casos particulares, poderão ser pré-montadas partes da estrutura em fábrica, desde que o seu transporte para o local da obra não constitua um problema.

O que possibilita que o fabrico da estrutura de aço e a construção civil se sobreponham no cronograma geral da obra reduzindo o prazo de execução substancialmente. No caso de edifícios em meio urbano, como é o caso em estudo, esta vantagem torna-se imprescindível dada a envolvimento da obra, que não permite a implantação de estaleiros de grandes dimensões necessários à construção de estruturas em betão armado.

Como tal, para que o processo de fabrico acompanhe o desenvolvimento da construção é elaborado após a adjudicação um planeamento pormenorizado onde se definem as prioridades de projecto e conseqüentemente as de fabrico que serão mais tarde materializadas através da preparação, tendo em conta os prazos contratuais definidos e os meios de execução necessários para executar a obra.

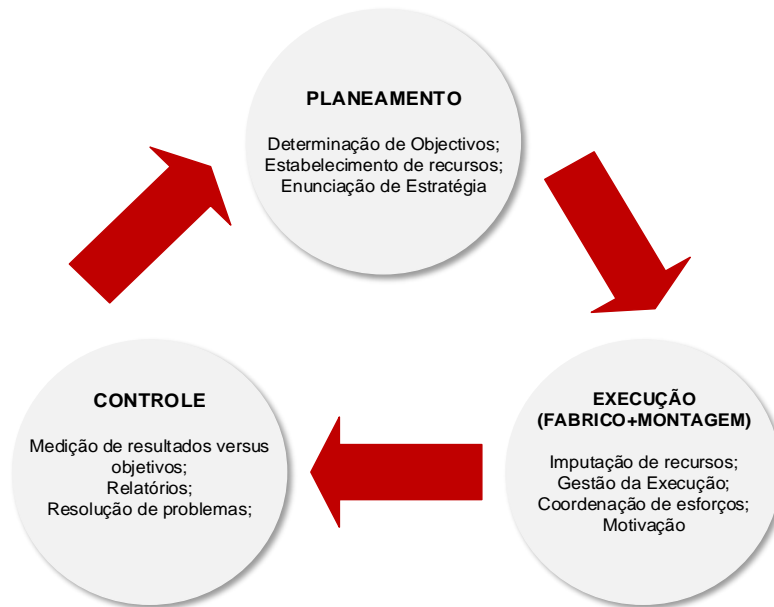


Figura 15 – Principais objectivos da Gestão de Projectos.

No planeamento são fixados objectivos e os recursos necessários, devendo realizar-se balizamentos periódicos (mínimo mensal) para controlar desvios e propor ao cumprimento desses objectivos acções para recuperação de atrasos, modificação ritmos execução, etc. E é nesta fase que temos a capacidade de antecipar resolução de problemas provocados por atrasos e temos a capacidade de influir sobre os resultados finais, como se ilustra na Figura 16.

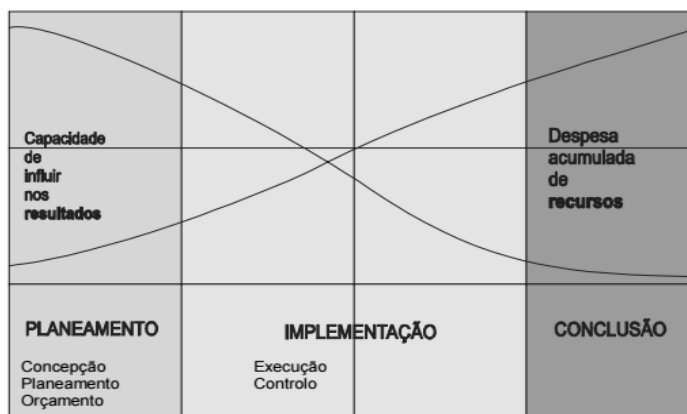


Figura 16 – Influência das diversas fases de um Projecto entre si.

Ora, o planeamento engloba, nomeadamente:

- O programa de produção e montagem;
- A determinação do encadeamento de acções/ actividades paralelas.
- A estimativa das durações das várias acções/actividades paralelas;

- A estimativa dos recursos necessários em cada momento;
- O estudo antecipado de cenários possíveis.

Como tal, é essencial compilar todas as informações disponíveis e compatibilizar os prazos com as das outras especialidades.

4.2.1 Considerações Finais

Ín casu, o planeamento foi essencialmente condicionado pelos seguintes factores:

- Prazos contratuais;
- Pela sequência de montagem em obra, nomeadamente pela interdependência com a progressão da estrutura de betão e pelos prazos de fornecimento de matéria-prima;
- Pelos equipamentos de elevação e transporte disponíveis;
- Por condicionantes externos ao edifício - imposições regulamentares relativamente às vias de circulação.

Foram definidas sete prioridades de fabrico para toda a estrutura perfazendo um peso total 132 TON.

A primeira prioridade de fabrico compõe os Pilares e Vigas do Edifício Piazza di Mare que constituem os seguintes alinhamentos:

- Alinhamento A;
- Alinhamento F-G-6;
- Alinhamento G-H, 4-1;
- Alinhamento C-6 - PME14,
- Alinhamento D6-P8.

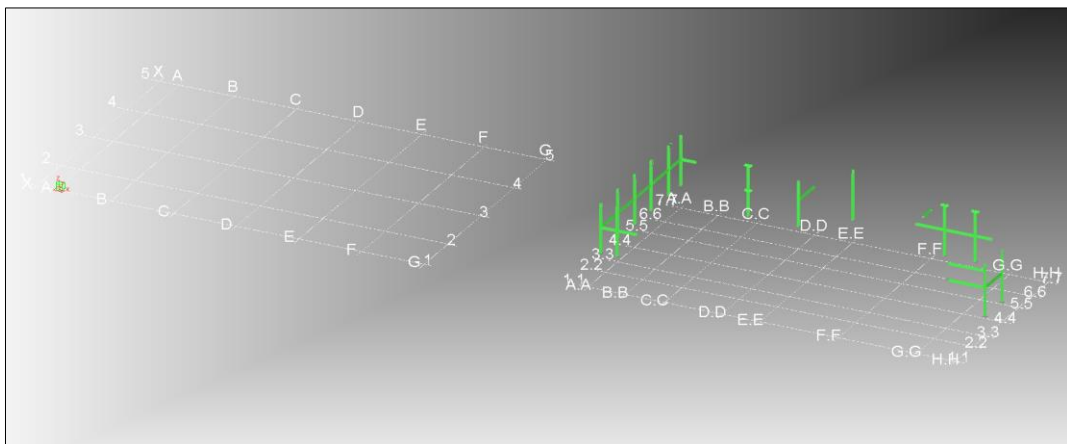


Figura 17 – Primeira Prioridade de Fabrico - Peso 8819Kg

A segunda prioridade de fabrico compreende os Pilares e Vigas do Edifício BBC, Belém Bar Café, que compõem os seguintes alinhamentos:

- Alinhamento A;
- Alinhamento 1;
- Alinhamento X (PM01-PM02);
- Alinhamento G-2-1.

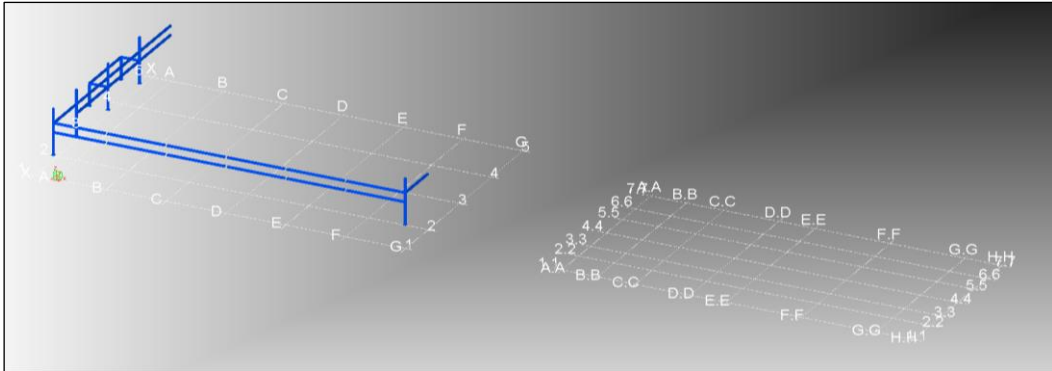


Figura 18 – Segunda Prioridade de Fabrico - Peso 11684 Kg

A terceira prioridade de fabrico compreende as Trelças do Edifício BBC.

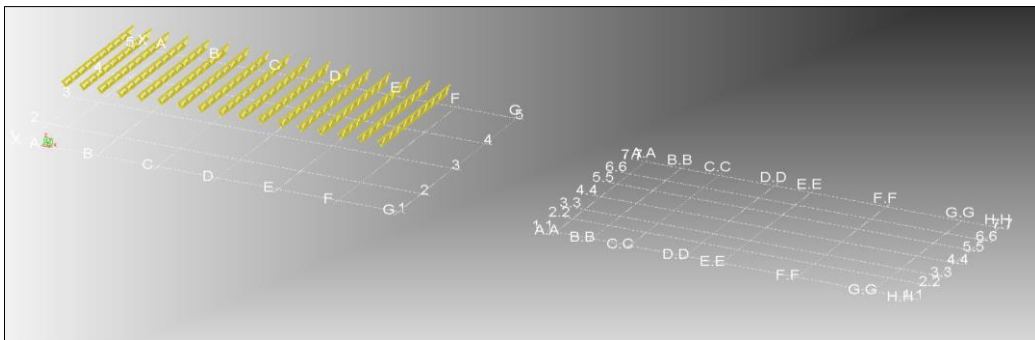


Figura 19 – Terceira Prioridade de Fabrico - Peso 28356 Kg

A quarta prioridade de fabrico é composta pelas Vigas e Pilares do Alinhamento 2.2 do Edifício Piazza Di-Mare.

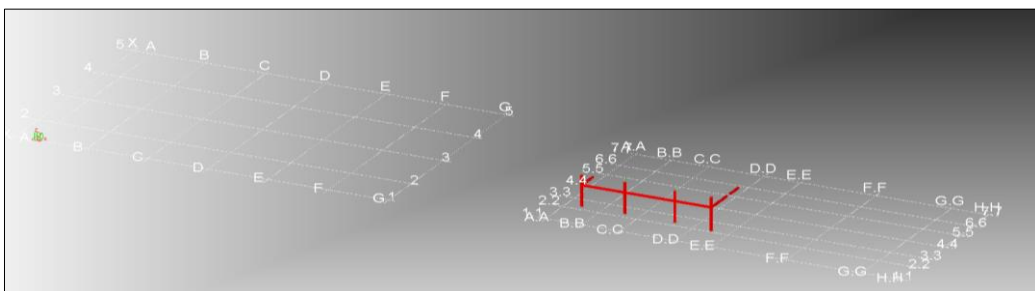


Figura 20 Quarta Prioridade de Fabrico – Peso 2766 Kg;

A quinta prioridade de fabrico é composta pela Viga Perimetral e restantes Vigas e Pilares que não foram montadas na 2ª Fase do BBC-Belém Bar Café.

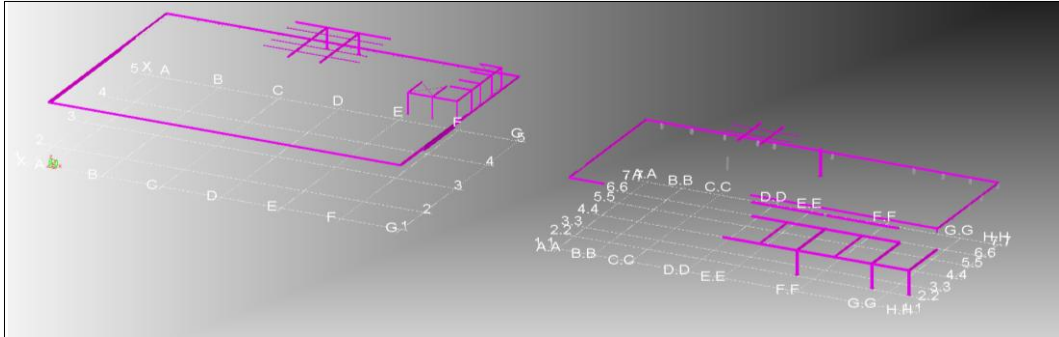


Figura 21 Quinta Prioridade de Fabrico – Peso 42607 Kg;

A sexta prioridade de fabrico compreende elementos do Edifício PIAZZA como o elevador Exterior EL2, a escada em caracol E2 (tirantes e cachorros). E o elevador panorâmico EL3, a Escada E3, a escada em caracol E2 (tirantes mais cachorros).

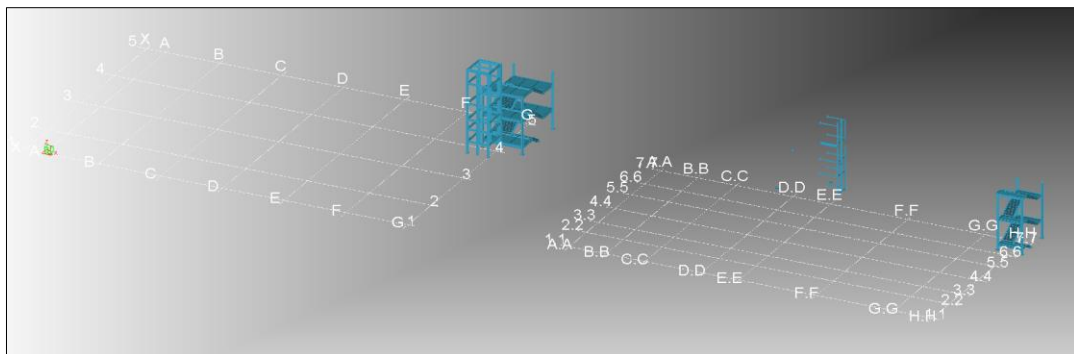


Figura 22 Sexta Prioridade de Fabrico – Peso 20706 Kg

Por último, será realizado o fabrico da estrutura, a qual constitui o passadiço pedonal entre edifícios, em formato de baleia. O planeamento de Produção e Montagem encontra-se no anexo IV.

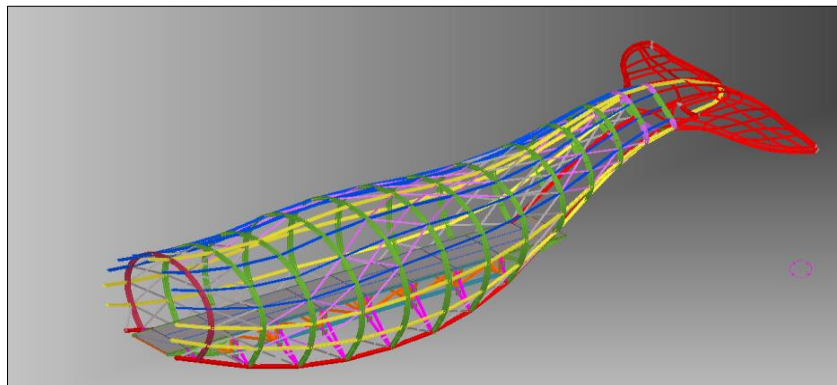


Figura 23 Sétima Prioridade de Fabrico – Peso 17061 Kg

Pese embora as diversas diligências no sentido de cumprir o planeamento inicial tal não foi possível, uma vez que a obra foi embargada pela entidade fiscalizadora por factos não imputáveis à Metaloviana. O projecto terá ultrapassado a cêrcea definida pelo Plano Director Municipal (PDM). Face às circunstâncias, foi necessária a realização de alguns trabalhos de adaptação de algumas estruturas metálicas, às novas cotas altimétricas impostas pela entidade fiscalizadora competente (Câmara Municipal de Lisboa), entre as quais passo a enunciar:

- Alterações no Edifício Ex-BBC – na zona de chegada da escada metálica exterior e elevador panorâmico foi necessário baixar a estrutura para uma cota inferior e desmontada a estrutura metálica da cobertura e montada a uma nova cota a definida.
- Alterações no Edifício Ex-Piazza – Foi igualmente reposicionada a estrutura que serve de cobertura à zona técnica e foi criada uma viga metálica de apoio (voltada à Avenida Brasília, em substituição da viga de betão projectada inicialmente.
- Outra das alterações relevantes e para mim uma das características que diferenciavam o projecto foi a substituição do passadiço com revestimento em formato de baleia por um passadiço sem ser revestido (ver figura 24).

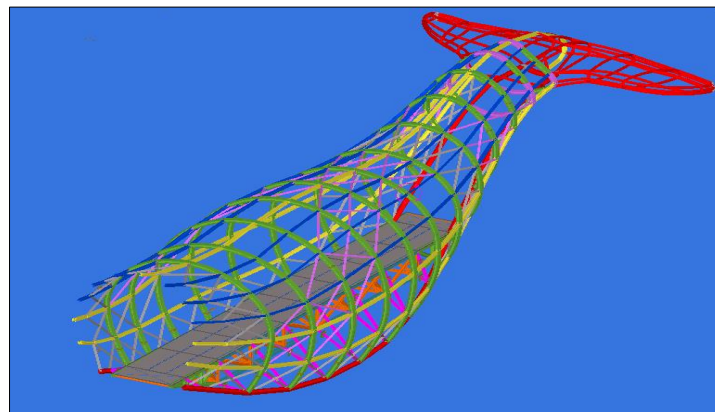


Figura 24 – Modelação Tridimensional em Tekla da Estrutura Metálica do Passadiço com revestimento em formato de Baleia.

Em suma, para um projecto de sucesso devemos ter como principais princípios do planeamento os seguintes pontos:

- Dar datas quando se tiver tempo para avaliar todos os factores;
- Eliminar a incerteza sempre que possível. No entanto evitar pormenorizar exhaustivamente as tarefas que não são críticas para o projecto.
- Colocar vários planos de contingência para lidar com variações e considerar tempo para atrasos e imprevistos

- Escolher o nível ideal de granularidade. Quanto maior detalhe melhor controlo se tem mas mais tempo se gasta no controlo.
- Planear o inesperado.

4.3 Análise dos Requisitos de Projecto

Antes de iniciar a obra, deve-se fazer uma análise rigorosa a todo o processo da obra (lista de trabalhos, caderno de encargos, desenhos, lista de quantidades, datas de início e fim de obra), de forma a tomar conhecimento de todas as especificidades. Nesta análise devem ser identificadas toda a legislação e normas aplicáveis que constam no caderno de encargos do cliente.

Após realizada uma análise exaustiva de todos os requisitos projecto é elaborado o Processo de Qualidade Inicial, a enviar ao Cliente onde constam os seguintes documentos:

- Plano de Inspeção e Ensaio (PIE);
- Especificações de Fabrico (EF) ;
- Especificações de Soldadura (EPS)
- Pedido de Aprovação de Produtos (PAP);
- Esquema de Pintura/ Tratamento;
- Qualificação dos Processos de Soldadura (WPQR);
- Qualificação de Soldadores;
- Especificações de Ensaio.

O Plano de Inspeção e Ensaio é o documento que indica qual a fase do processo que deve ser controlada, frequência de controlo, documentos a utilizar, responsáveis, dispositivos de monitorização e medições e acções de monitorização. Para melhor clarificação destes conceitos o Plano de Inspeção e Ensaio da Obra em causa encontra-se disponibilizado no Anexo IV, assim como todos os outros elementos.

Este documento, depois de concluída cada uma das operações a que ele se refere, deve ser assinado por forma a certificar o seu cumprimento.

As Especificações de fabrico são documentos que de uma forma detalhada se indica como deve ser executada determinada fase de construção e especifica os meios envolvidos.

O objectivo dos Procedimentos de qualificação de soldadura é garantir e demonstrar que o Processo de Soldadura é o adequado para cumprimento dos requisitos de Qualidade definidos na especificação técnica do projecto, permitindo a validação das Especificações de Procedimento de Soldadura.

Com excepção da classe de execução 1, todas as operações de soldadura devem ser realizadas de acordo com procedimentos devidamente qualificados. As especificações dos

procedimentos de soldadura (WPS) a utilizar devem ser baseadas no Registo de Qualificação do Procedimento de Soldadura (WPQR).

Vejamos um excerto de uma Procedimento de Qualificação de soldadura:

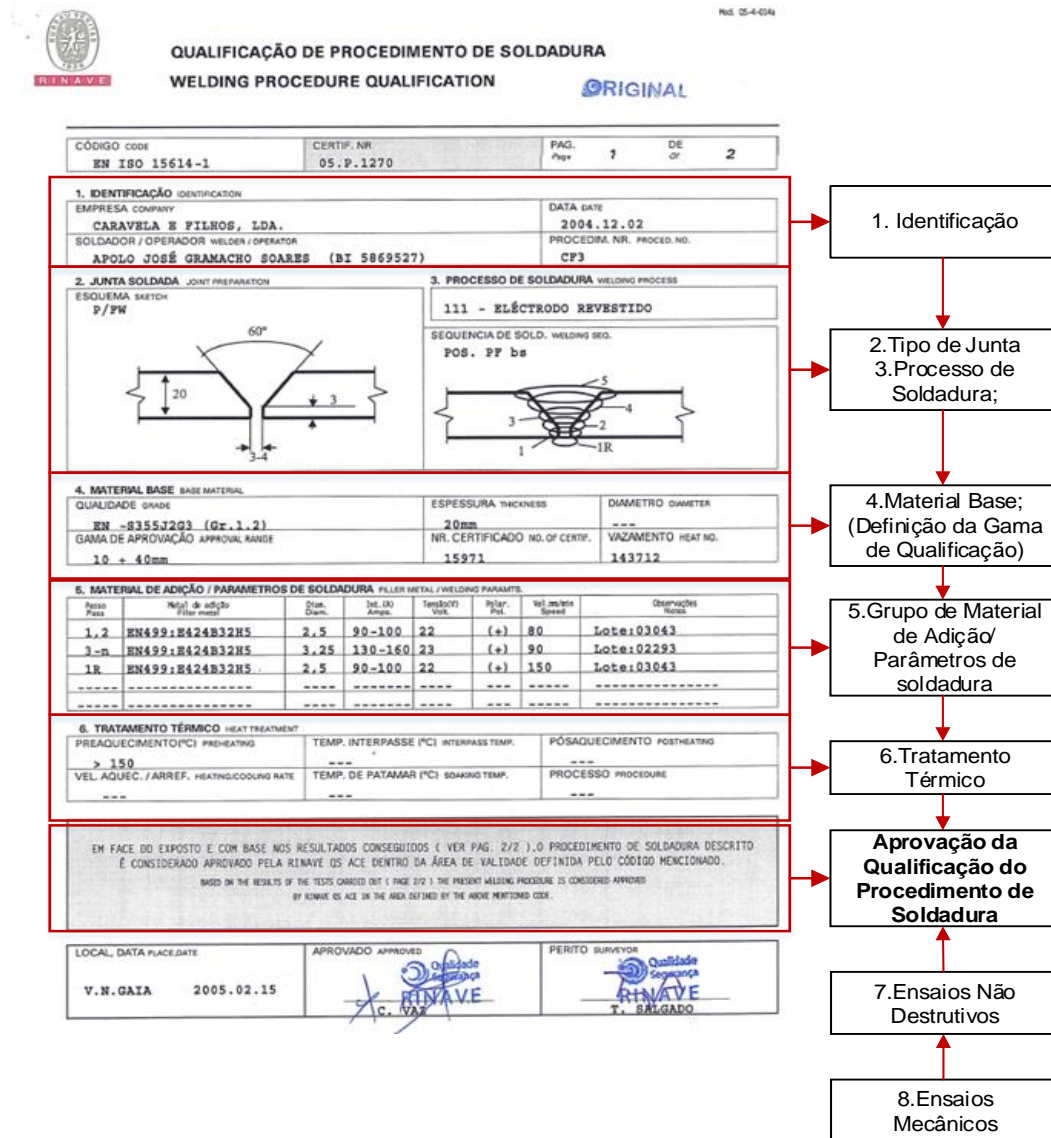


Figura 25 – Procedimento de Qualificação de soldadura.

A qualificação do procedimento de soldadura deve ser efectuada antes de se iniciar a soldadura em produção. O fabricante ou construtor deve elaborar uma EPSp (Especificação de Procedimento de Soldadura preliminar) e deve garantir que ela é aplicável ao caso real em produção, recorrendo à experiência de fabricos anteriores e aos conhecimentos da tecnologia de soldadura. [23]

As especificações dos procedimentos de soldadura são indispensáveis para o estabelecimento de uma base bem definida, que permita planificar as operações de

soldadura e controlar a qualidade durante a execução. A soldadura é considerada um processo especial na terminologia das normas dos sistemas da qualidade.

Para cada processo de soldadura o fabricante deve dispor de soldadores devidamente qualificados de acordo com EN 287-1 (aço) e EN ISO 9606-2 (alumínio). Os Soldadores para fillet welds devem ter qualificação específica.

4.3.1 Considerações Finais

Da análise dos requisitos de projecto da Obra em estudo concluiu-se o seguinte:

A - GENERALIDADES DE FABRICO	
1. Classe de execução do projecto:	EXC2
2. Fabrico em conformidade com:	EN1090
3. Preparação das arestas	Sem requisito especificado – EXC2
4. Tolerâncias em geral de fabrico	EN 1090
5. Tolerâncias de maquinagem em conformidade com:	Sem especificação
6. Cálculo de projecto estrutural em conformidade com:	- Regulamento de Segurança e Acções (RSA) - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP) - Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (REAE). - Dec Lei 220/2008 de 12 de Novembro – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios e na Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro – Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios
B - MATERIAIS	
1. Qualidade dos aços para chapas:	S275JR segundo EN10025-2
2. Qualidade dos aços para produtos longos:	S275JR segundo EN10025-2
3. Qualidade dos aços para tubos:	Tubos S275J0H segundo a EN10219-1;
4. Carbono equivalente:	Sem especificação
5. Certificados dos aços:	Rastreáveis, segundo a EN10204, certificado tipo 3.1
6. Parafusos:	Zincados, Din933, Classe 8.8,
7. Porcas:	Zincadas, DIN934, Classe 8
8. Anilhas	Zincadas, DIN125, HV100
9. Varão roscado	DIN975, classe 8.8
10. Varão liso	Sem especificação
12. Ligações pré esforçadas com momentos de aperto:	Referidos atrás
13. Buchas químicas	Resina sem especificação
14. Equipamentos de medição	Calibrados/ verificados
15. Rastreabilidade	Parcial sem transferência de marca em conformidade com a EN1090
C - SOLDADURA	
1. Todos os elementos devem ser completamente soldados.	
2. WPS em conformidade com:	EN15609
3. WPQ em conformidade com:	EN15614

4. Soldadores qualificados em conformidade com:	EN 287-1 OR EN ISO 9606-1
5. Operadores de soldadura qualificados em conformidade com:	EN 1418 or EN ISO 14732
6. Material de adição e gás em conformidade com:	Aços a soldar, WPS e WPQ
Certificados dos consumíveis de soldadura em conformidade com:	EN10204, 2.2
7. Cordão de soldadura em conformidade com	Especificação nos desenhos, Plano de soldadura. Caso não existe especificação o $\alpha=0,7*$ menor espessura
8. Símbolos de soldadura nos desenhos em conformidade com:	EN ISO 2553,SYSTEM A
9. Operadores de Ensaio não destrutivos qualificados	
10. Ensaio não destrutivos	Frequência em conformidade com a EN1090
11. Símbolos de soldadura nos desenhos em conformidade com:	Sem especificação
12. Outros aspectos:	Sem outros aspectos a relevar.
D- TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE	
D.1 PINTURA	
1. Especificação de pintura	Em conformidade com ISO12944-5
2. Preparação da superfície:	ISO 12944- 4 (Section 6.1) desengordurar
3. Preparação de superfície	ISO 8501-3 (Steel preparation) Min. grau P1
4. Limpeza: (a):	ISO 8501-1 (Grit Blast) Min. Grau Sa 21/2
D.2 OUTROS	
1. Galvanização	EN1461
E- REVESTIMENTOS	
1. Chapas de cobertura	
1.1 Cobertura Zonas de Descarga	Chapa cobertura – ACH30 Saint Gobain /204 ou FTB2 com 0.6mm ral 9006 na qualidade S220+Z180 Chapa ondulada ACH18 Saint Gobain ou FTB6 com 0.5mm S220+Z180
1.2 Cobertura Palas de Entrada	ACH30 Saint Gobain /204 ou FTB2 com 0.6mm RAL 9006 na qualidade S220+Z180 RAL9010 Chapa ondulada ACH18 Saint Gobain ou FTB6 com 0.5mm S220+Z180 RAL 9010
1.3 Cobertura	Chapa da Arval – 4.262,5.30S em S320GD+Z100com 0.7mm espessura em RAL9010 ou Chapa ACH40/250 em S220GD+Z225 com 0.7mm espessura RAL9002
1.3 Rufos	Rufos em chapa lisa quinada S220GD+Z180 espessura 0.5mm
2. Chapas de revestimento (fachada)	FTB PF1000 liso em S220GD+Z180 Espessura chapa ext=0.8 RAL9006 Espessura chapa int=0.6RAL9010
3. Madres	Aço S220+Z200

Os esquemas de Tratamento de Superfície definidos são os seguintes:

• **Esquema II:**

A- ESQUEMA DE TRATAMENTO II PARA ELEMENTOS INTERIORES		
Nº de demão (s)	Produto	Espessura seca
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	120µm
2 Demãos acabamento	7M 200 CPOX ENAMEL S200	50µm/cada demão
B- ESQUEMA DE TRATAMENTO II PARA ELEMENTOS EXTERIORES		
Nº de demão (s)	Produto	Espessura seca
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	120µm
2 Demãos acabamento	7P 258 CTHANE S258	50µm/cada demão

• **Esquema III:**

C- ESQUEMA DE TRATAMENTO III PARA ELEMENTOS INTERIORES COM INTUMESCENTE		
Nº de demão (s)	Nº de demão (s)	Nº de demão (s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
	Intumescente: <ul style="list-style-type: none"> • Em perfis abertos - 7B 420 HENSODERME 420 KS • Em perfis fechados - 7B 600CTHERM IC600 • As espessuras conforme a massividade dos perfis e para garantir um grau de protecção EF90min. (Temperatura crítica 600°C) 	
1 Demão Acabamento	7G 300 C THERM ENAMEL S300	80µm
D- ESQUEMA DE TRATAMENTO III PARA ELEMENTOS INTERIORES SEM INTUMESCENTE		
Nº de demão (s)	Nº de demão (s)	Nº de demão (s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
1 Demão Acabamento	7G 300 C THERM ENAMEL S300	80µm
E- ESQUEMA DE TRATAMENTO III PARA ELEMENTOS EXTERIORES SEM INTUMESCENTE		
Nº de demão (s)	Nº de demão (s)	Nº de demão (s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
1 Demão Acabamento	7P 258 CTHANE S258	80µm

• **Esquema IV:**

F- ESQUEMA DE TRATAMENTO IV PARA APLICAÇÃO DAS VIGAS TRELIÇADAS DA COBERTURA		
Nº de demão (s)	Nº de demão (s)	Nº de demão (s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	60µm
Projecção Argamassas	Biofire com espessura necessária para garantir estabilidade ao fogo EF90	

Quadro VI – Requisitos de Projecto do caso em estudo.

4.4 Preparação de Trabalho para Produção – PTP'S

4.4.1 Trabalhos de Preparação de Produção para Fabrico

A preparação dos trabalhos de produção é definida pelos desenhos desenvolvidos pelo fabricante da estrutura de aço, que mostram todos e cada um dos componentes ou elementos em detalhe para fabrico. A conformidade dos desenhos de fabrico é regra geral, avaliada pelo engenheiro que fiscaliza o projecto, permitindo reduzir a margem de erro decorrente desta fase.

Para além do projecto e todos os elementos constituintes do processo de obra o preparador toma como referencial, o Plano de Qualidade elaborado. A compilação de todas estas informações permite criar um modelo tridimensional da estrutura através de softwares como o Autocad, Tekla Structures, Inventor, Lantek e Solidworks que posteriormente permitem gerar desenhos 2D para pormenorização dos detalhes. A preparação de fabrico do caso em estudo foi feita usando o software Tekla Structures. A modelação iniciou-se com a criação de uma grelha tridimensional que serviu de referencial para a criação de todo o modelo, conforme se ilustra na figura 26.

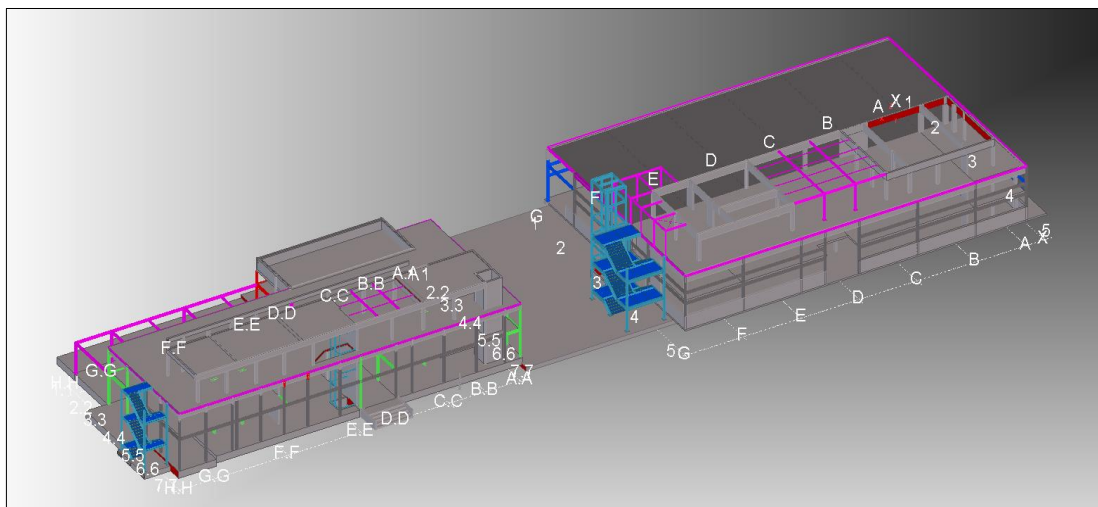


Figura 26 – Modelo Tridimensional do Antigo Edifício Piazza-BBC.

O modelo tridimensional é a fonte principal que permite gerar informação representando na íntegra a descrição de todos os elementos da estrutura, parafusos, soldaduras, pintura etc. que constituem a totalidade ou parte de uma estrutura de aço. Em qualquer fase da criação do modelo 3D, plantas 2D, detalhes, listas ou qualquer outra informação pode ser automaticamente reproduzida pelo sistema. Uma vez criado, a informação do banco de dados pode ser utilizada por outros softwares que geram informação diversificadas como detalhes, listas de materiais, ficheiros CNC, etc. [31]

Os fluxos de trabalho baseados em modelos tridimensionais automatizados aumentam a produtividade, aprimoram a transferência de informações, previnem erros humanos e ajudam manter o cronograma.

Pois, a transferência ineficiente dos dados de fabrico, desenhos incorrectos ou imprecisos e a comunicação insuficiente entre membros do projecto levam ao desperdício e ao retrabalho, além de afectarem a qualidade da produção.

De todos os programas enunciados anteriormente, dá-se particular destaque ao Tekla Structures, sendo do consenso geral o programa de preferência das empresas do ramo das estruturas metálicas. O Tekla fornece quantidades precisas, o que reduz os riscos na elaboração da proposta. Os modelos de orçamento dinâmicos ajudam a ganhar propostas, enquanto o recurso de visualização torna mais fácil demonstrar soluções alternativas.

Com o software Tekla, o processo de detalhamento torna-se mais eficiente e flexível. Os modelos Tekla precisos e inteligentes contêm informações que permitem gerar planos e relatórios, que são actualizados acompanhando eventuais alterações.

Visto que o software lida com todos os materiais, todos os participantes do projecto de construção podem partilhar o modelo e identificar incompatibilidades. Poupano-se assim tempo e dinheiro a conferir o ajuste das diferentes estruturas no modelo, antes de implementá-las na obra.

Por outro lado a sua integração na tecnologia BIM (Building Information Model), permite a compatibilização com as outras especialidades envolvidas permitindo detectar mais facilmente problemas que possam surgir a jusante da preparação.

Os modelos Tekla incluem uma vasta quantidade de informações que podem ser utilizadas no planeamento da produção, compras e direcção de obra, nomeadamente:

- Planear a recepção e aprovisionamento dos materiais;
- Criar listas de expedição;
- Usar informações de status;
- Empregar os materiais certos no lugar e na hora certa;
- Definir o encaixe preciso das peças;
- Definir Planos de Montagem e Transporte;

Os desenhos de fabrico abrangem todos os detalhes de fabrico e pormenores construtivos como, corte, furação, soldaduras, calandragem, quinagem, tolerâncias e materiais, visando dotar a fábrica de todas as informações para proceder ao fabrico da estrutura.

Nestes desenhos todas as peças são detalhadas com os materiais pré-definidos no projecto e aprovados pelo à priori no plano de qualidade.

Estes desenhos podem ser classificados como desenhos de conjunto em função do plano de montagem da estrutura. Tendo como finalidade montar o máximo de elementos possíveis na fábrica, limitadas apenas pelo espaço disponível para transporte. Optimizando assim ao máximo o processo de montagem em obra. Assim, os desenhos de Conjunto, definem o posicionamento dos diferentes elementos que montados compõem o conjunto, definem o tipo de ligação (especificam o tipo de preparação de junta, o tipo de cordão de soldadura), parâmetros de qualidade, especificações de pintura etc., conforme se ilustra na figura 28 apresentada.

Depois temos os desenhos de elementos, que definem as operações sobre chapas e/ou perfis onde constam as medidas de cada elemento, inclinações para o corte ou quinagem (no caso das chapas), diâmetros, espessuras, localização das furações, quantidades, qualidade do material, especificações de pintura, nome do conjunto a que a peça de encontra alocada (ver figura 27).

Ou ainda, os Desenhos de Montagem que identificam, mostram a localização, o posicionamento e fixação de cada peça na Estrutura a ser montada.

Posteriormente são elaboradas as listas de corte unitárias, as listas de peças de conjunto, listas de parafusos e outros elementos de ligação e fixação.

As Listas de Corte Unitárias referem-se aos elementos de fabrico nomeadamente perfis ou chapas e contêm informações sobre o tipo de perfil ou chapa, quantidade, comprimento, qualidade de aço e área de pintura.

Enquanto, que as Listas de Peças de Conjuntos definem cada tipo de conjunto em termos de quantidade de conjuntos com a mesma referência, o peso desse conjunto, os elementos constituintes desse conjunto, as quantidades, o peso e a área de pintura. Estas listas são utilizadas para desenvolver listas de expedição e planos de montagem.

Por último, temos listas de parafusos que definem o diâmetro, o comprimento, o número de parafusos necessários.[20]

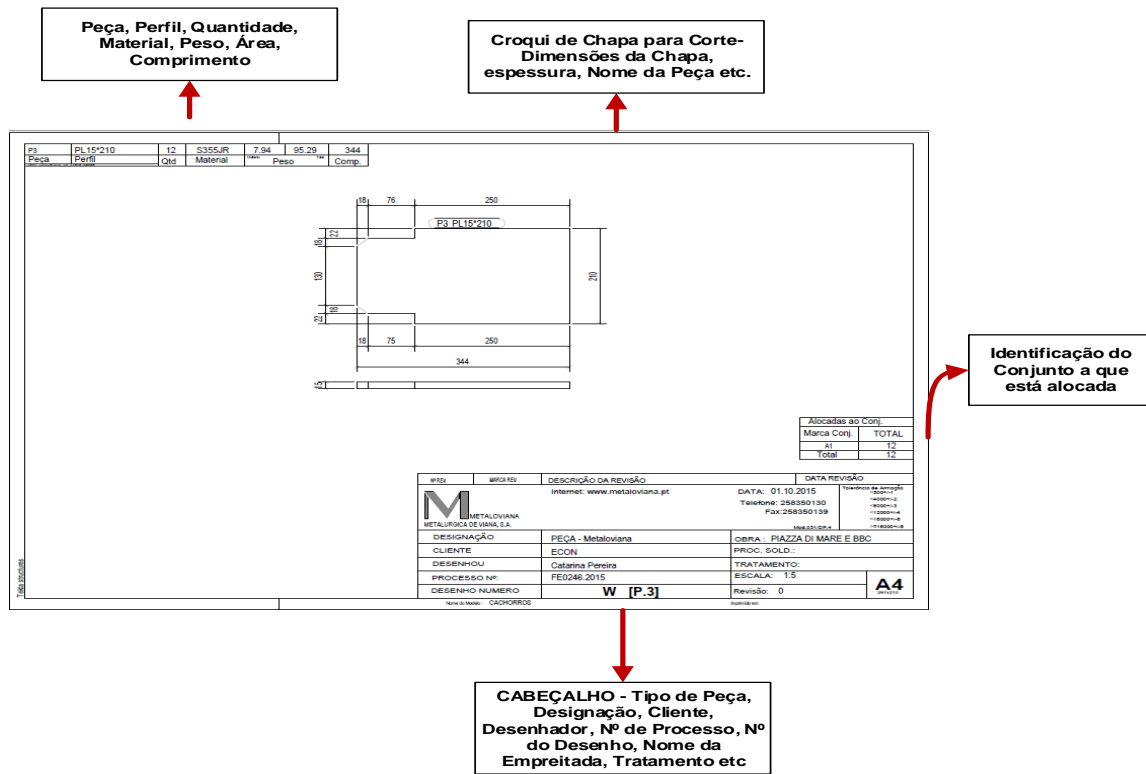


Figura 27 – Exemplo de um Desenho de Elemento (neste caso o elemento é uma Chapa) pertencente a um cachorro da Obra Piazza-BBC

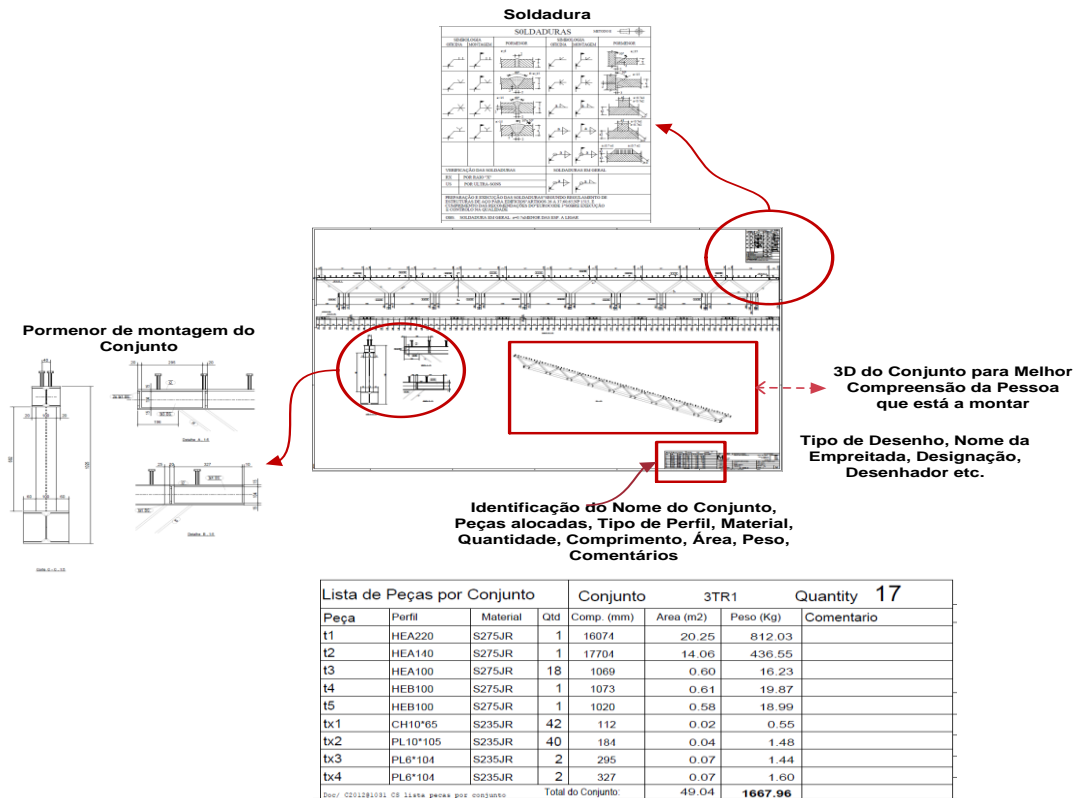


Figura 28 – Exemplo de Desenho de Desenho de Conjunto de uma Treliça da Obra Piazza-BBC

Em resumo, os modelos tridimensionais gerados por programas devem ser capazes de produzir e facilmente rever todos os elementos seguintes:

- Desenhos de fabrico, para todos os elementos, estruturas e acessórios;
- Modelos em tamanho real para goussets;
- Arranjo geral da estrutura em plantas, alçados, cortes e fundações;
- Desenhos de Montagem com vistas ocultas de qualquer parte da estrutura;
- Listas de Material da estrutura completa ou parcial, listas de parafusos, etc;
- Arquivos de interface para máquinas ferramentas CNC (links directos para todo o tipo máquinas de fabrico);
- Interface com o sistema de informação de administração (Management Information Systems- MIS), como o sector das compras e controlo de stocks, orçamentação, controlo de produção, contabilidade, banco de dados, etc)
- Dimensionamento de ligações – para ligações padrão de acordo com a normalização imposta. **[31]**

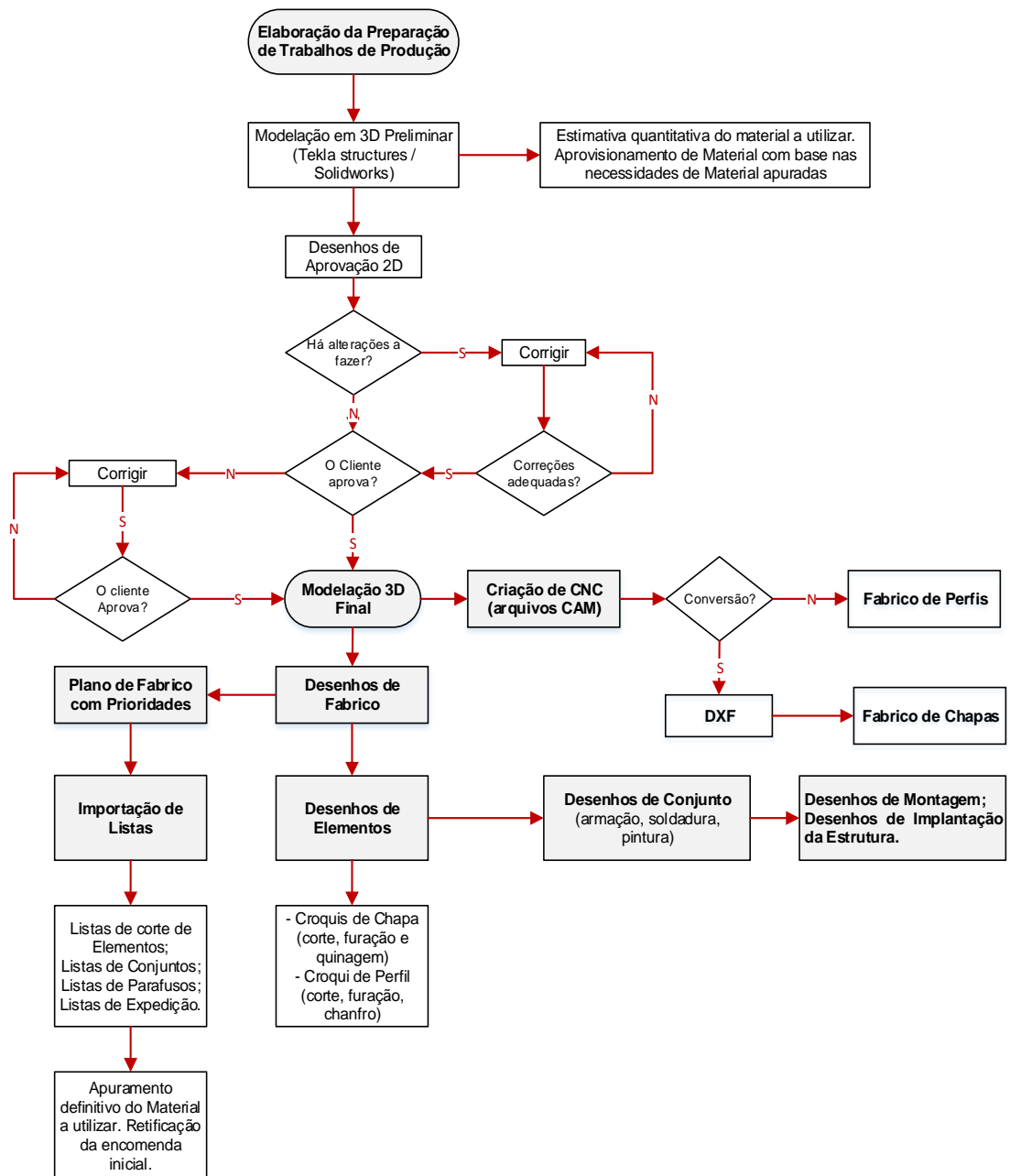


Figura 29 – Fluxograma da seqüência de Preparação de Trabalhos para Produção

4.4.2 Disposições de Projecto e Pormenorização.

Embora os custos de pormenorização sejam pequenos, quando comparados com os custos totais de uma obra, as consequências de não conformidades provocadas por esta fase são elevadíssimas. Como tal, é crucial que o preparador responsável, tenha um conhecimento aprofundado das implicações decorrentes das suas más práticas, devendo tentar ao máximo que a sua preparação seja inequívoca, por forma a não hajam duvidas para quem a for produzir, executar e/ou montar.

A descrição que se segue não é exaustiva, pretende-se com ela apenas enunciar algumas directrizes fundamentais que podem contribuir para uma boa preparação, que sucintamente são:

- Pormenorização para Preparação de Furos.
- Pormenorização de Estruturas Metálicas para minorar a susceptibilidade à corrosão;
- Pormenorização para preparação de Processos de Galvanização e Lacagem;
- Pormenorização para preparação de Juntas Soldadas;

4.4.2.1 Pormenorização para Preparação de Furos

Qualquer peça que tenha que ser introduzida dentro de outra deve possuir folga. No entanto, a pormenorização fornecida pelos elementos de projecto nem sempre define o diâmetro do furo apenas o diâmetro do ligador mecânico, conforme se ilustra na figura 30 abaixo apresentada.

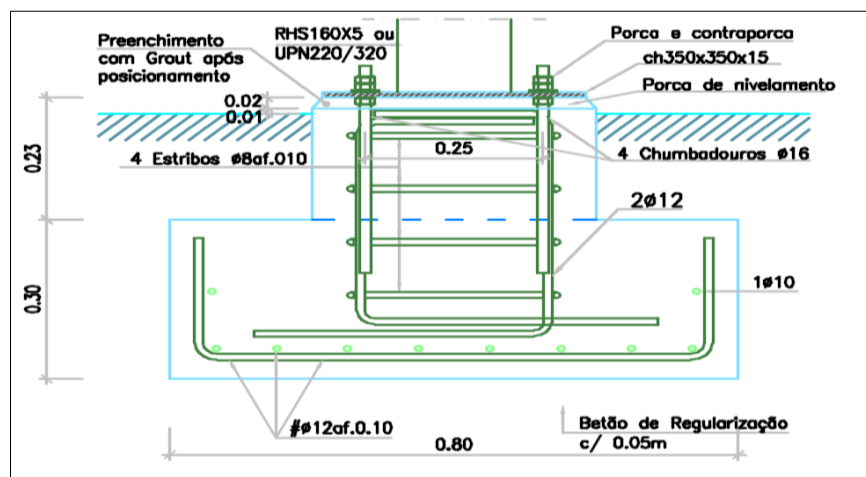
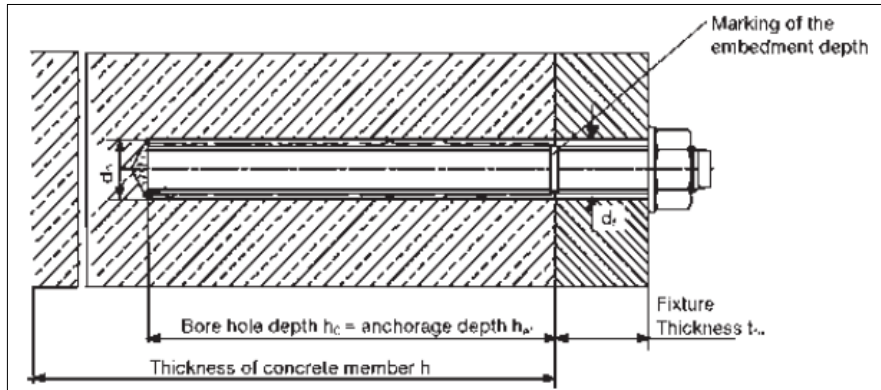


Figura 30 – Pormenor de Ligação da Base do Pilar das Escadas Exteriores do Antigo Edifício-BBC, Belém, Bar Café.

Normalmente os projectistas, quando dimensionam este tipo de ligações base, preocupam-se com a máxima optimização da resistência das buchas e não acautelam o posicionamento dos mesmos. Assim, em chapas quadradas, os furos não devem ser colocados de forma assimétrica, uma vez que esta situação pode levar a que a chapa na armação seja posicionada/ rodada a 90° relativamente à posição pretendida e, conseqüentemente, a problemas de montagem em obra.[20]

Quando se tratam de buchas temos as seguintes folgas nominais para os furos:



DIÂMETRO DA ANCORAGEM		M8	M10	M12	M16	M20	M24
Furo no Betão	Diâmetro nominal da broca d0 [mm]	10	12	14	18	22	28
Furo na Chapa	Diâmetro do furo necessário para a fixação. df [mm]	9	12	14	18	22	26

Quadro VII – Folgas Nominais buchas (mm).[33]

Para os **Parafusos** e **Cavilhas** as folgas nominais, não previstas para utilização em condições ajustadas, devem realizar-se conforme o especificado no Quadro X infra.

DIÂMETRO NOMINAL DO PARAFUSO OU CAVILHA (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 ou superior
Furos circulares normalizados ^a	1 ^{b c}		2				3	
Furos circulares sobredimensionados	3		4			6		8
Furos ovalizados curtos (sobre o comprimento) ^d	4		6			8		10
Furos ovalizados longos (sobre o comprimento) ^d	1,5 d							

^a Em aplicações tais como torres e mastros, a folga nominal para furos circulares normalizados deve ser reduzida em 0,5 mm salvo especificação em contrário.

^b Para peças de ligação com tratamento de superfície, a folga nominal pode aumentar 1 mm devido à espessura do tratamento de superfície da peça de ligação.

^c Parafusos com diâmetro nominal de 12 e 14 mm, ou parafusos com cabeça de embeber também podem ser utilizados em furos com folga de 2 mm, nas condições especificadas na EN1993-1-8.

^d Para parafusos em furos ovalizados, a folga nominal segundo a largura deve ser igual à folga no diâmetro especificado para furos circulares normalizados.

Quadro VIII – Folgas Nominais para Parafusos e Cavilhas (mm).

A folga nominal é definida como:

- A diferença entre o diâmetro nominal do furo e o diâmetro nominal do parafuso para furos circulares;
- A diferença entre o comprimento ou largura do furo e o diâmetro nominal do parafuso para furos ovalizados.

As dimensões especiais devem ser especificadas para juntas que permitam deslocamentos.

No caso de parafusos ajustados, o diâmetro nominal do furo deverá ser igual ao diâmetro da espiga do parafuso.

Em parafusos ajustados segundo a EN 14399-8, o diâmetro nominal da espiga é 1mm superior ao diâmetro nominal da parte roscada.

Para os **Rebites e Parafusos com cabeça de embeber** temos as seguintes folgas nominais, conforme se ilustra no Quadro abaixo.

REBITES	Em rebites para aplicação a quente o diâmetro nominal deve ser especificado. Para rebites cegos usados na fixação de chapa perfilada, o diâmetro do furo (d_h) deve estar em conformidade $d_{nom} + 0,1 \text{ mm} \leq d_h \leq d_{nom} + 0,2 \text{ mm}$ com d_{nom} = diâmetro nominal do rebite.
PARAFUSOS DE CABEÇA DE EMBEBER E REBITES	Para aplicação a quente, as dimensões nominais do furo escareado e as tolerâncias nos mesmos devem ser tais que após a instalação, o parafuso ou rebite deve ficar faceado com a superfície exterior da camada exterior. Se os parafusos de cabeça de embeber forem identificados para utilização em aplicações à tração ou para aplicação pré-esforçadas, a profundidade nominal do escareamento do furo deve ser no mínimo 2 mm menor do que a espessura nominal da camada exterior. NOTA: Os 2 mm são para permitir tolerâncias adversas.

Quadro IX – Folgas Nominais para Rebites e Parafusos de Cabeça de Embeber (mm).

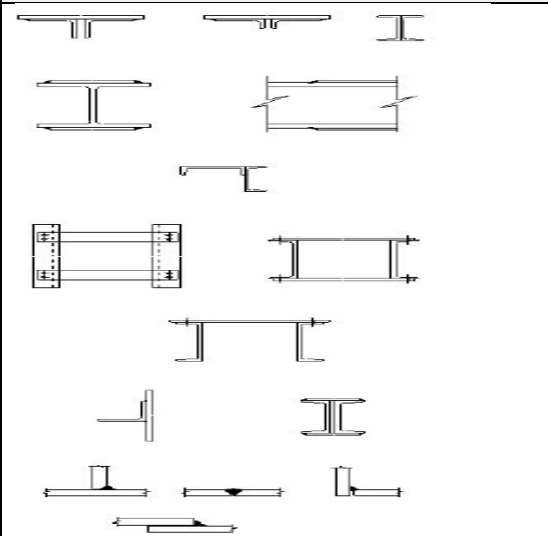
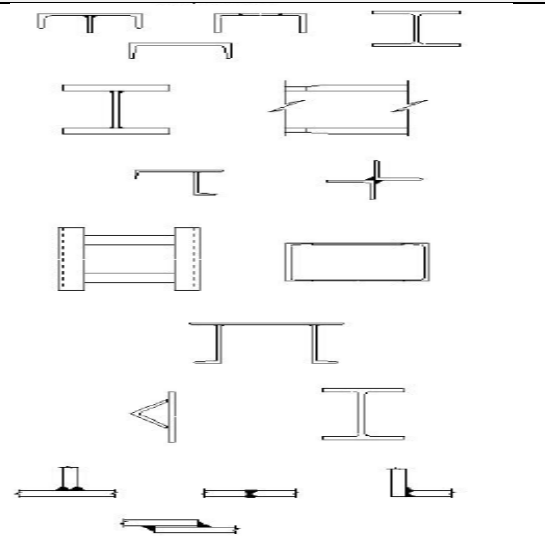
Para os Furos Ovalizados deverá ter-se em conta a classe de execução para aplicar as tolerâncias:

EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Tolerância Funcional classe 1	Tolerância Funcional classe 1	Tolerância Funcional classe 2	Tolerância Funcional classe 2

4.4.2.2 Pormenorização de Estruturas Metálicas para minorar a susceptibilidade à Corrosão

O dimensionamento de uma estrutura metálica com vista à minoração da susceptibilidade à corrosão deverá ter em conta:

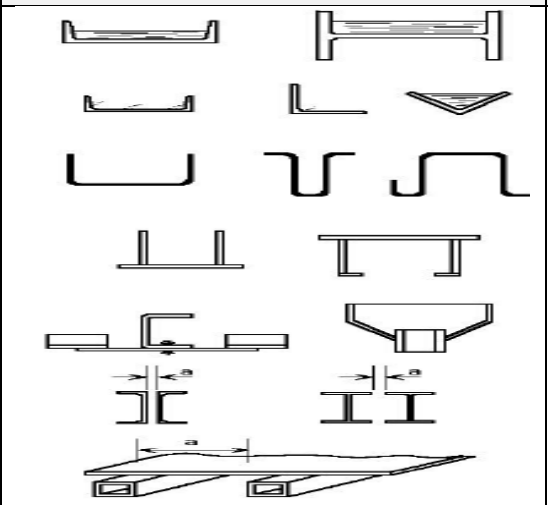
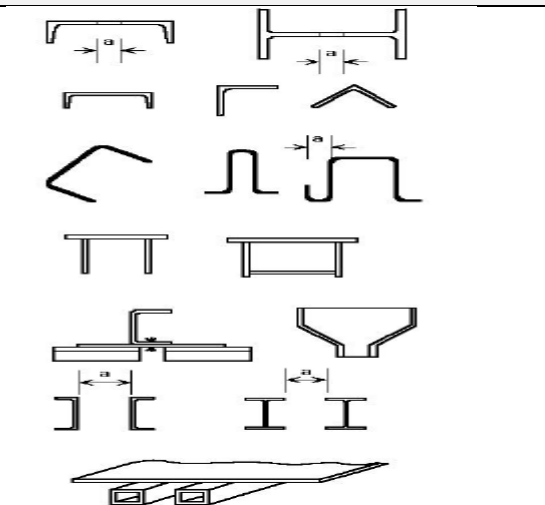
- O método de protecção mais adequado, sua aplicação e manutenção, nomeadamente no que respeita à acessibilidade dos detalhes;

NÃO	SIM
	

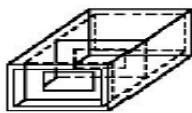
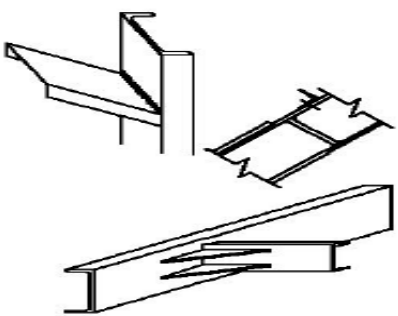
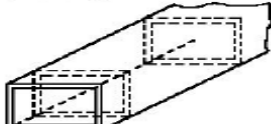
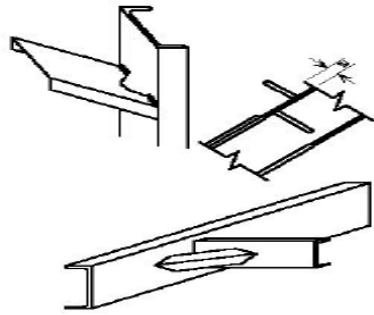
Quadro X – Pormenorização de Peças de fácil acesso para pintar e manter.

Os detalhes construtivos escolhidos devem ter em conta diversos aspectos:

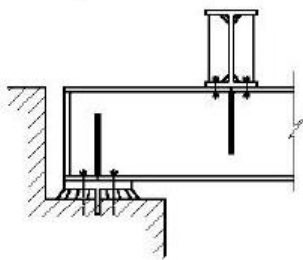
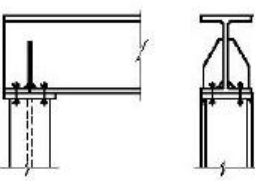
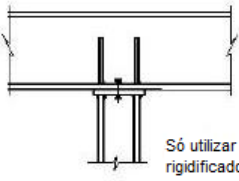
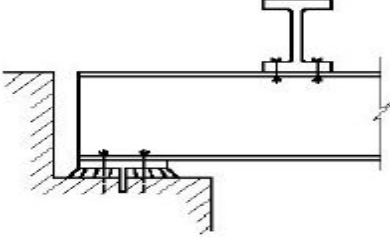
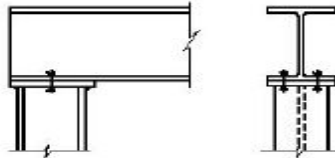
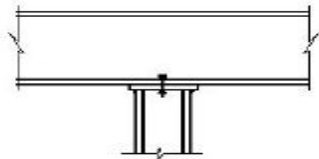
- Eliminar bolsas e cantos onde se possam acumular sujidade e água;

NÃO	SIM
	

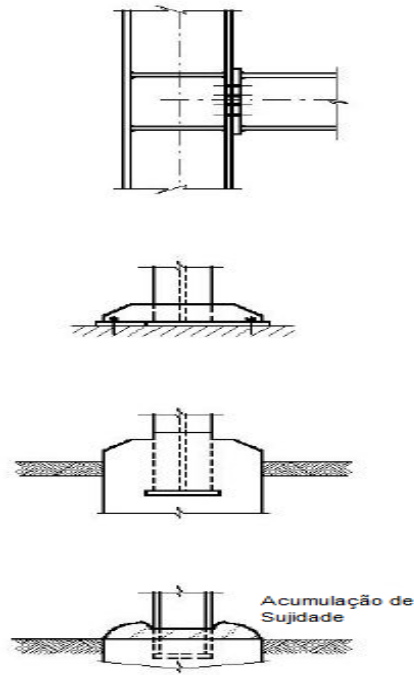
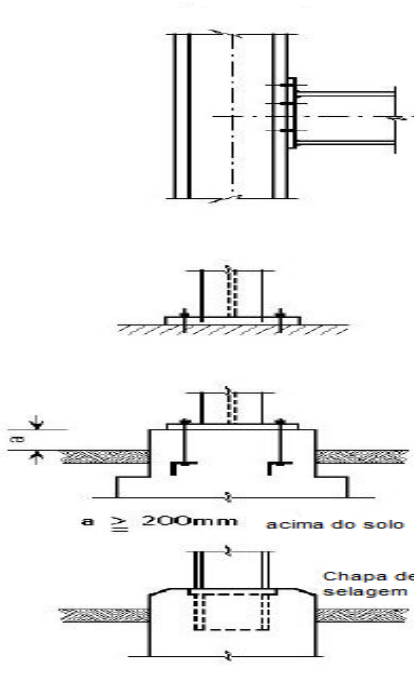
Quadro XI – Pormenorização para evitar a formação de zonas com humidade e poeira: drenagem com furos e aberturas $a > 30\text{mm}$ para drenar humidade e sujidade.

NÃO	SIM
 <p style="text-align: center;">Aberto</p> 	 <p style="text-align: center;">Soldadura Hermética Atenção à flutuação da pressão nas paredes devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mudanças de temperatura; - Mudanças na pressão barométrica; - Consumo de oxigênio através da formação de ferrugem. 

Quadro XII – Evitar o aparecimento de humidade, de sujidade e elementos corrosivos na e entre as partes da estrutura: Isoladas hermeticamente em secções

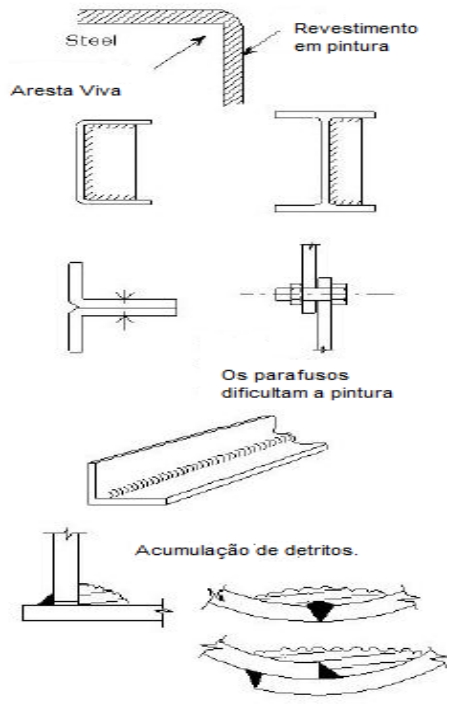
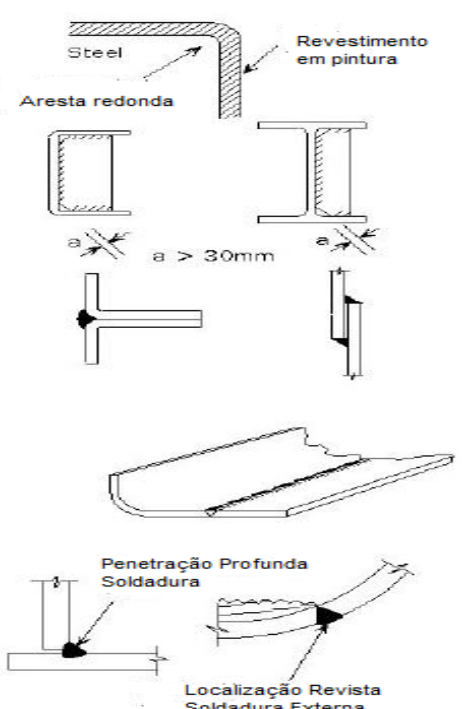
NÃO	SIM
   <p style="text-align: center;">Só utilizar rigidificadores se for mesmo necessário</p>	  

Quadro XIII – Evitar rigidificadores, acumulação de sujidade e humidade: Pormenorização de estruturas metálicas sem arestas e cantos onde humidade e sujidade têm tendência a acumular.

NÃO	SIM
 <p>Acumulação de Sujidade</p>	 <p>$a \geq 200\text{mm}$ acima do solo</p> <p>Chapa de selagem</p>

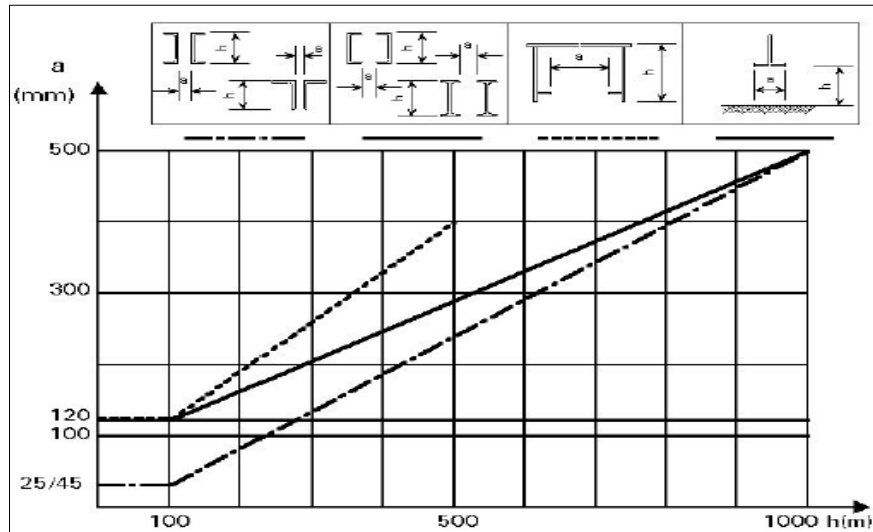
Quadro XIV – Exemplos de bom Pormenorização de estruturas.

- Eliminação de cantos e arestas vivas.

NÃO	SIM
 <p>Steel</p> <p>Revestimento em pintura</p> <p>Aresta Viva</p> <p>Os parafusos dificultam a pintura</p> <p>Acumulação de detritos.</p>	 <p>Steel</p> <p>Revestimento em pintura</p> <p>Aresta redonda</p> <p>$a > 30\text{mm}$</p> <p>Penetração Profunda Soldadura</p> <p>Localização Revista Soldadura Externa</p>

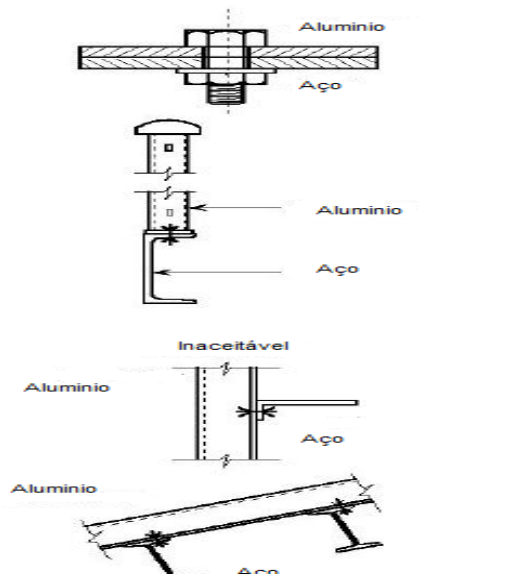
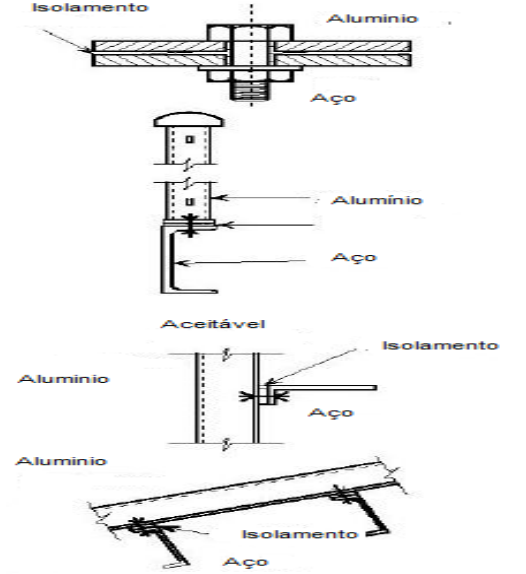
Quadro XV – Estruturas com arestas arredondadas para evitar corrosão. Arestas e cantos são pontos críticos para a corrosão mesmo que protegidas por revestimentos

- Providenciar acesso fácil para pintura, nomeadamente o uso de trincha ou pistola;



Quadro XVI – Exemplos de uma correcta pormenorização para revestimentos e controlo de superfícies

- Áreas inacessíveis devem ser protegidas através de um sistema de protecção dimensionado para durar o tempo de vida da estrutura;
- Há secções mais adequadas à aplicação de um determinado sistema protector do que outras (por exemplo secções tubulares);
- No caso de ser previsível a corrosão galvânica, devem ser tomadas medidas especiais de protecção;[37]

NÃO	SIM
 <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Inaceitável</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p>	 <p>Isolamento</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Aceitável</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Alumínio</p> <p>Aço</p> <p>Isolamento</p> <p>Aço</p>

Quadro XVII – Evitar Contacto com outros Materiais usando o isolamento e protecção contra corrosão galvânica.

4.4.2.3 Pormenorização para preparação de processos de Galvanização e Lacagem

Algumas construções metálicas têm tendência a sofrer empenamentos quando são galvanizadas. Isto deve-se, sobretudo, às tensões induzidas durante o fabrico do aço e/ou durante o fabrico e montagem por soldadura da estrutura/construção metálica. Para reduzir ao mínimo este efeito, os projectistas devem ter em conta as seguintes recomendações:

- a) Sempre que possível, devem-se utilizar perfis laminados simétricos, tais como perfis em I ou duplo T (H), no lugar de perfis em U ou cantoneiras;
- b) Para reduzir as solicitações térmicas da soldadura devem ser especificadas técnicas da redução de tensões (preparação de juntas de forma a reduzir o volume da soldadura e, portanto, a quantidade de calor, estudo da sequência da soldadura, etc.);
- c) Quando se tem que quinar ou deformar o aço, deve fazer-se com o maior raio de dobragem possível;
- d) Sempre que possível, é preferível construir em partes separadas, de maneira que cada conjunto ou elemento possa galvanizar-se numa só imersão;
- e) A configuração das peças deve prever pontos de suspensão, extracção de gases (evitar a formação de bolsas de ar), e escoamento/ drenagem dos fluídos ao longo do processo;
- f) Deve evitar-se a combinação de materiais, de secção e massa muito diferentes. Assim as diferenças de velocidade de aquecimento e arrefecimento das peças vão ser eliminadas.

Estas deveriam ser considerações tidas na fase de projecto, no entanto, o que se verifica na maioria dos casos é que tal não acontece ficando muitas vezes, ao cargo dos preparadores contornar estas situações.

No que respeita a elementos de ligação em construção aparafusada, deverá ter-se em atenção, que quando se projecta uma estrutura metálica com o objectivo de a submeter a um tratamento anticorrosivo, a protecção aplicada aos diversos componentes seja compatível e tenha comportamento semelhante, em termos de durabilidade. No caso de estruturas metálicas galvanizadas, em construção aparafusada, deve utilizar-se parafusos, porcas e pernos galvanizados, que têm uma resistência à corrosão idêntica à das peças a ligar. É oportuno assinalar que com demasiada frequência, nas ligações aparafusadas de estruturas galvanizadas é utilizada por desconhecimento, parafusos protegidos por zincagem electrolítica (electrozincagem), cuja resistência à corrosão é muito inferior aos parafusos galvanizados, devido há muito menor espessura daqueles revestimentos. Esta prática inadequada é a causa de muitos problemas posteriores, pelo facto de os pontos críticos da construção, que são as uniões, não estarem devidamente protegidos e

apresentarem óxido de ferro (ferrugem) ao fim de poucos anos, através dos elementos de ligação, que, além de inestético, põe em causa, a prazo, a estabilidade da estrutura.[34]

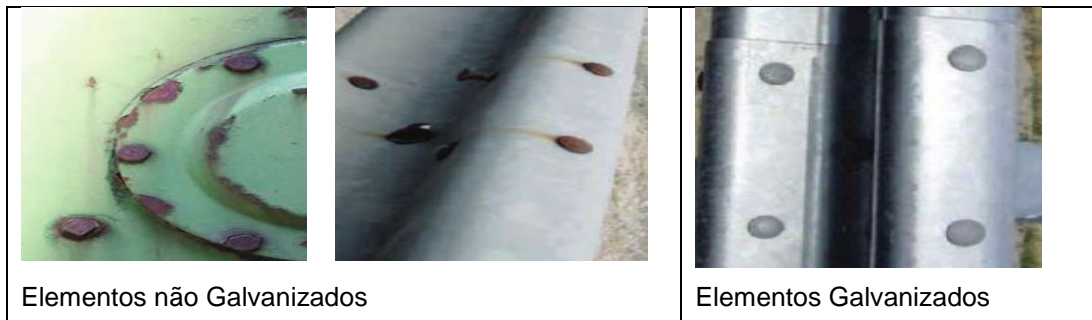


Figura 31 – Exemplos de Ligações Aparafusadas Galvanizadas e não Galvanizadas.

No caso de peças lacadas também se deverá prever furação para permitir o apoio das peças para lacagem.

4.4.2.4 Simbologia e Preparação de Juntas Soldadas

A simbologia é extremamente útil na soldadura, tal como qualquer outro meio de referência usado no projecto mecânico. No fundo trata-se de um código que, de uma forma simples, traduz a ideia do projectista a quem tem que realizar a obra, permitindo ainda que o trabalho seja facilmente controlado por terceiros, no que toca à geometria. Em termos mundiais existem vários códigos, consoante as normas vigentes em cada País. No entanto existem dois códigos, correspondentes às normas ISO e AWS que se destacam devido à universalização do seu uso, a primeira mais usada na Europa, enquanto a segunda se utiliza mais na América.

Com objectivo de dar a conhecer a terminologia mais comum relativa às juntas soldadas, são mostradas seguidamente algumas figuras, onde se indica a nomenclatura habitualmente utilizada e as abreviaturas normalmente usadas, assim como a zona a que correspondem numa junta.

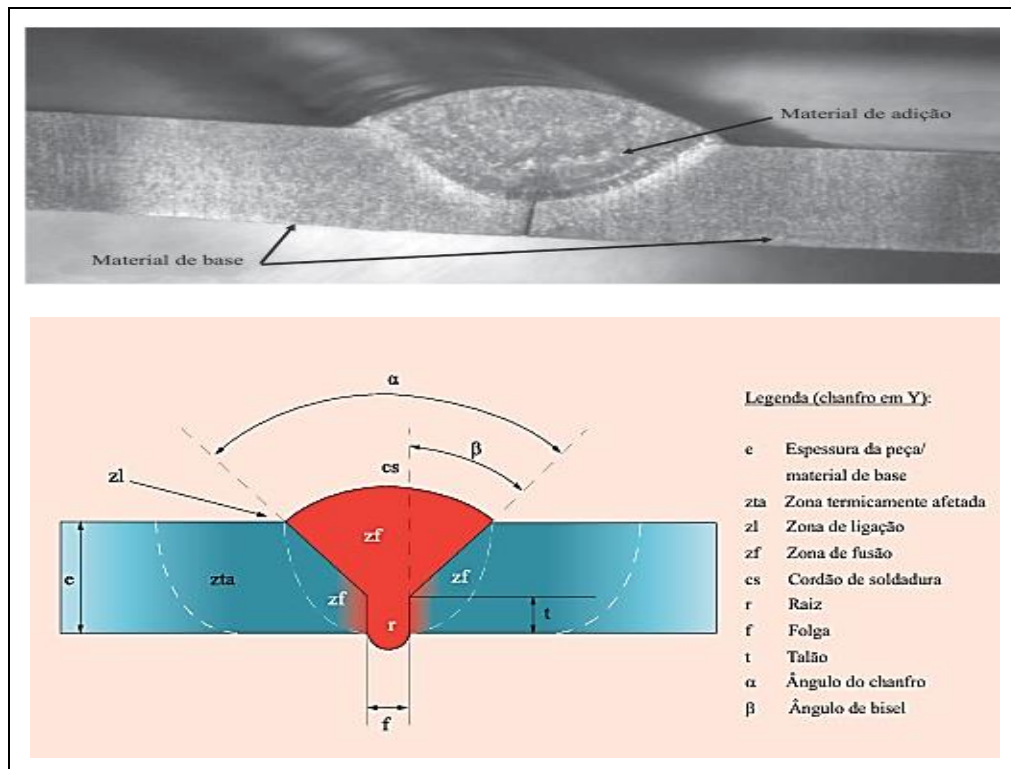


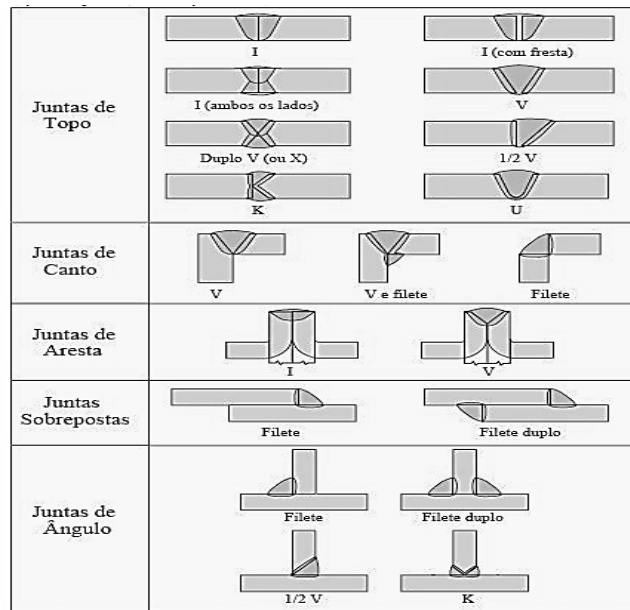
Figura 32 – Representação esquemática de uma junta soldada e respectiva nomenclatura.[35]

Existem ainda outros conceitos que deverão ficar desde já explicados, com vista a uma melhor relação com o tema.

De acordo com a posição relativa das peças a soldar, podem distinguir-se as seguintes juntas de soldadura:

- Junta de soldadura topo-a-topo (ou de topo),
- Junta de soldadura de ângulo (ou de canto);
- Junta soldadura de sobreposição;
- Junta de soldadura de aresta.

Estas uniões podem ser executadas através de três tipos de soldas: solda de topo, de filete e de enchimento.


Figura 33 – Tipos de Juntas de soldaduras

No Quadro XVIII, são apresentados os tipos de juntas e as vantagens de cada uma.

Tipo de junta	Continuidade	Custo	Segurança	Resistência a esforços dinâmicos	Utilização	Exemplos
Junta de Topo	Boa transmissão de esforços.	Em função dos processos de soldadura	Muito boa.	Muito boa (penetração total).	Muito solicitadas.	Reservatórios de Pressão.
Sobreposição.	Medíocre transmissão de esforços.	Baixo, fácil posição das peças.	Média, não permite continuidade raios x, ultra-sons.	Medíocre.	Pouco solicitadas	Fundos planos.
Junta em T	Medíocre para soldaduras sem penetração.	Baixo em relação á de canto e elevada para com a penetração total.	Muito boa para penetração total pois permite ultra-sons.	Boa.	Muito utilizada em Perfis.	Estruturas metálicas.
Junta de canto.	Medíocre para soldaduras sem penetração.	Baixo, para soldadura sem penetração	Muito boa para penetração total pois permite ultra-sons.	Boa.	Muito utilizada	Vigas caixão, caixas.

Quadro XVIII – Quadro comparativo de Juntas Soldadas.

Ainda relativamente ao próprio cordão, e no que se refere à sua geometria após execução, tanto em juntas topo-a-topo como em juntas de canto, existe terminologia própria para nos

referirmos a cada zona do cordão. Este, logo à partida, poderá ser liso, côncavo ou convexo (o mais comum). Depois, deverá ainda ser caracterizado em termos de altura, largura e penetração. Neste sentido, deverá ser observada a relação existente entre a geometria do cordão e restantes parâmetros geométricos normalmente utilizados na definição dos diferentes cordões de soldadura (ver Figura 34).

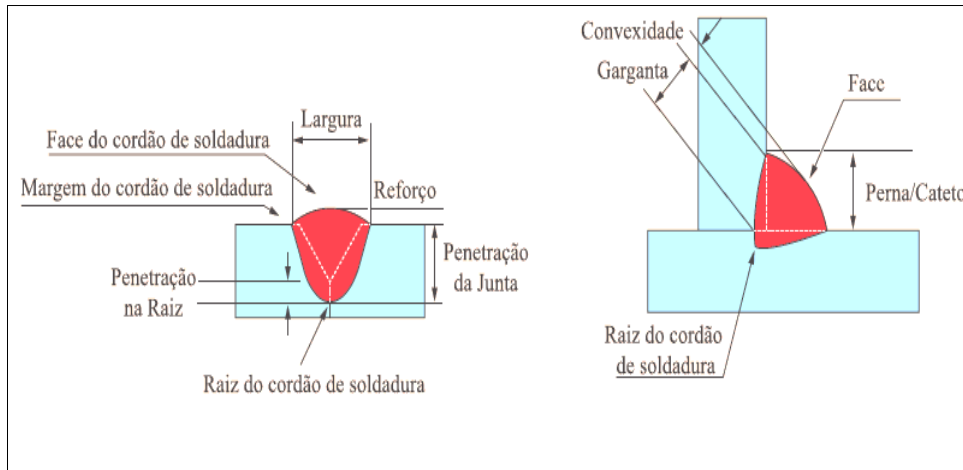


Figura 34 – Nomenclatura relacionada com a geometria dos cordões de soldadura

A superfície interior do cordão de soldadura pode apresentar formas diversas, com secções em V, em U, em Y, etc. Na figura 35 seguinte ilustra-se a representação das dimensões do cordão segundo a ISO2553.

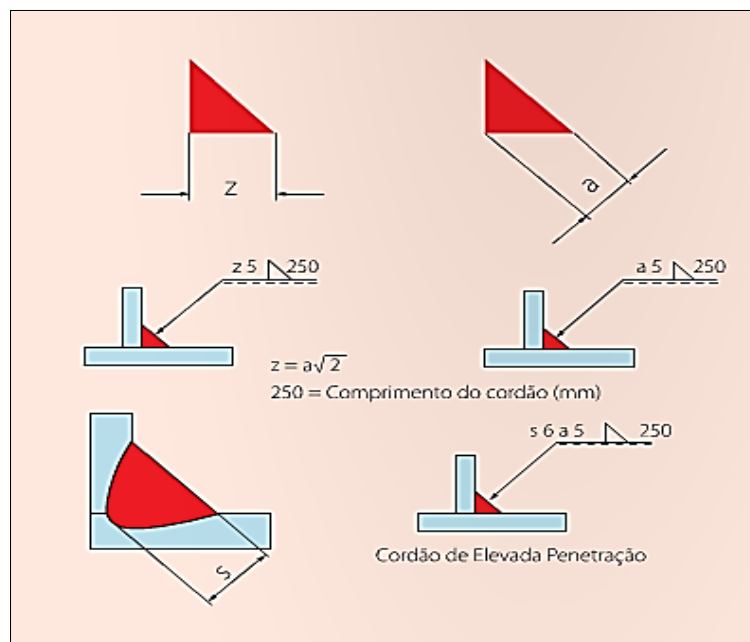


Figura 35 – Representação das dimensões do cordão segundo a norma Iso 2553 e AWS (z-cateto da soldadura, a- altura da soldadura e s- soldadura + penetração)

A representação de uma ligação soldada entre duas peças deve conter as seguintes indicações:

- O local da soldadura;
- O tipo e a natureza do cordão;
- As dimensões do cordão;
- Outras informações.

Em desenho, as juntas soldadas podem ter uma representação completa ou uma representação simbólica (a mais usada).

Na Representação Completa são as normas gerais de representação e de cotação do desenho deverão ser respeitadas,

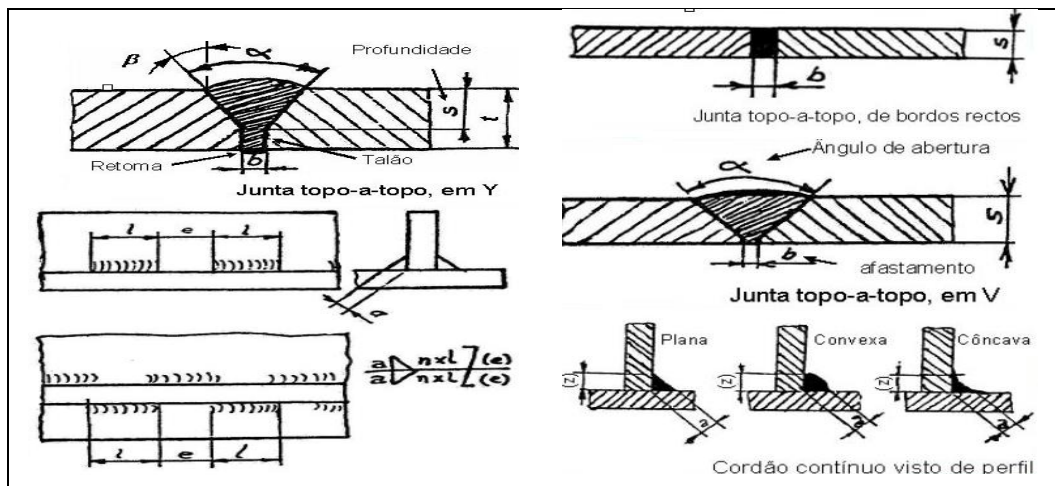


Figura 36 – Representação Completa

Na Representação simbólica é a mais conveniente para as juntas soldadas correntes, pois fornece todas as indicações necessárias para definir uma determinada junta, sem sobrecarregar o desenho com notas ou vistas complementares.

Nesta representação simbólica é variável consoante a norma que se está a interpretar. Embora existam algumas outras diferenças será de salientar essencialmente duas que, pela sua importância e frequência, são dignas de registo:

- Interpretação do lado da junta: na norma ISO2553 é necessário ter em atenção que a linha a cheio (continua) representa ao lado pelo qual é efectuada a soldadura (lado para onde aponta a seta), enquanto a linha do tracejado representa o lado contrário àquele pelo qual é realizada a soldadura (lado contrário aquele para onde aponta a seta). Resumindo, do lado da linha a cheio representa-se a simbologia relativa ao lado para onde aponta a seta, enquanto do lado da linha a tracejado se representa a simbologia do cordão a efectuar do lado contrário aquele para onde aponta a seta. De referir que a linha a tracejado é normalmente representada por baixo da linha a cheio, mas poderão existir situações em que o projectista possa

representar a linha a tracejado por cima da linha a cheio. O raciocínio anterior mantém-se: a simbologia sobre a linha a tracejado diz respeito ao lado contrário para onde aponta a seta, enquanto a simbologia agregada à linha a cheio corresponde à soldadura a efectuar do lado da seta;

- Na norma AWS, como só existe uma linha a cheio, tudo o que está representado por cima da linha diz respeito ao lado contrário da junta para onde aponta a seta, enquanto a simbologia colocada na parte inferior da linha diz respeito ao lado contrário da junta para onde aponta a seta, enquanto a simbologia colocada na parte inferior da linha a cheio diz respeito a soldadura a produzir do lado da junta para onde aponta a seta;
- Nas juntas compridas com cordões interrompidos, a forma a indicar o comprimento dos cordões e o intervalo entre eles também é significativamente diferente. Na norma ISO indica-se o número de cordões, o comprimento dos mesmos e a distancia que medeia dois cordões consecutivos, enquanto que na norma AWS indica-se apenas o comprimento de cada cordão e o passo entre cordões 8 distancia entre dois pontos homólogos de cordões consecutivos.[35]

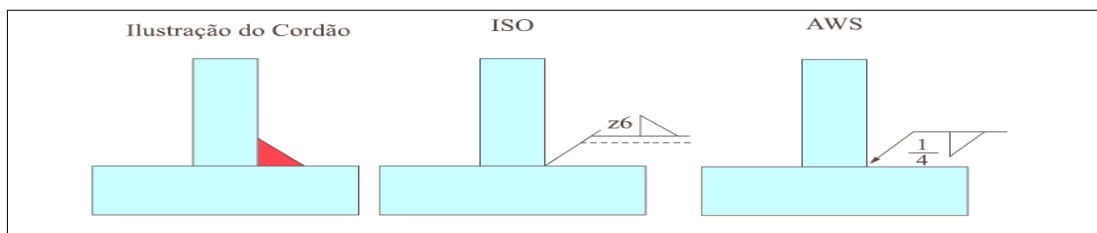


Figura 37 – Representação da simbologia correspondente a uma soldadura em fillet, comparando as normas ISO 2553 e AWS.

Nas figuras 38 e 39 ilustra-se a forma de representação da soldadura consoante a norma vigente seja ela a ISO2553 ou AWS.

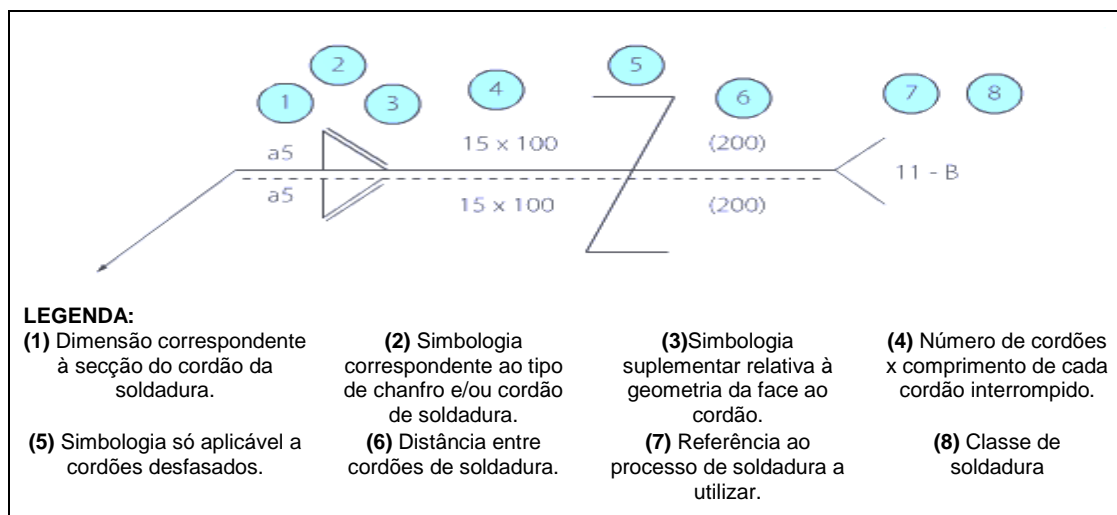


Figura 38 – Representação Esquemática e Teórica da simbologia segundo a Norma ISO 2553.

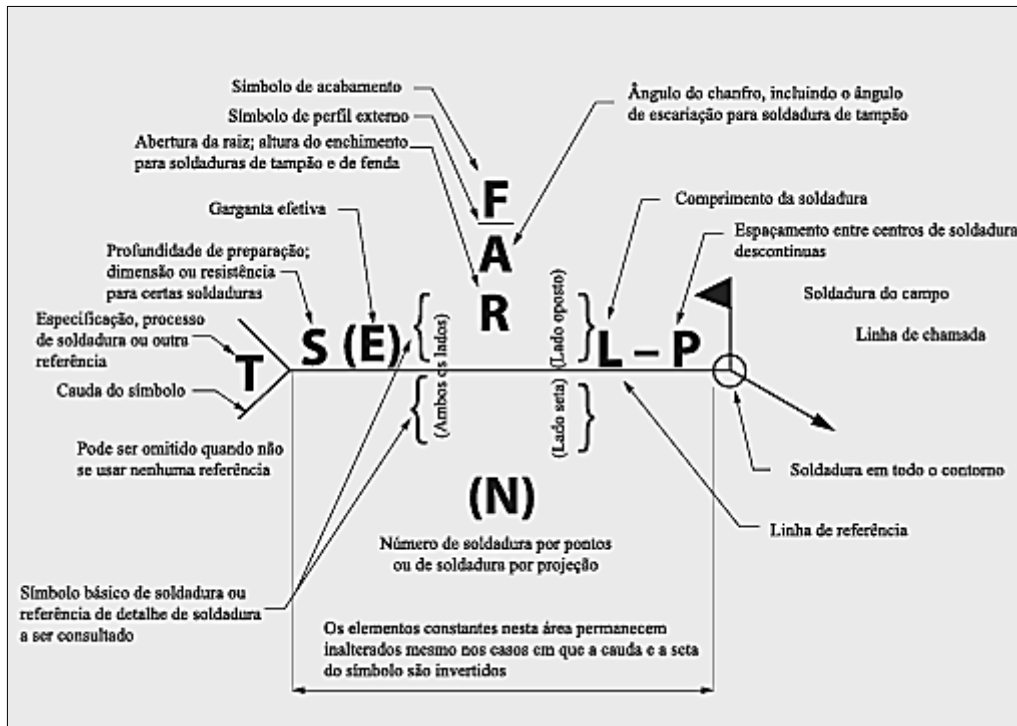


Figura 39 – Representação Esquemática e Teórica da simbologia segundo a Norma AWS.

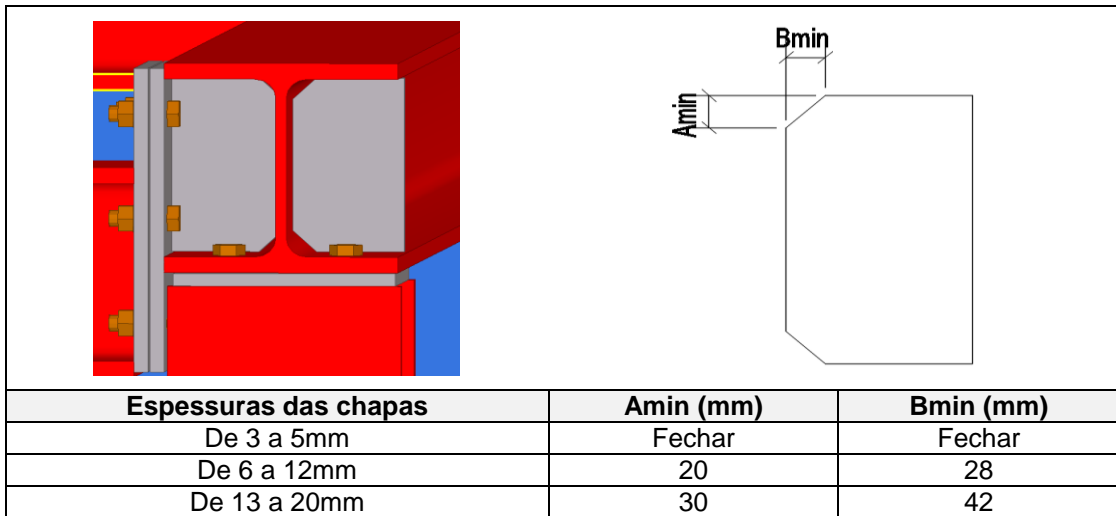
Dependendo essencialmente da espessura dos materiais de base a soldar a preparação da junta pode ser uma operação extremamente importante para a qualidade global da soldadura. A preparação das juntas, para além da limpeza obrigatória das superfícies a unir, implica na maior parte das vezes a realização de chanfros, os quais podem ser produzidos nas peças através de maquinaria por arranque de apara ou através de rebarbagem.

Os símbolos elementares devem ser combinados para soldaduras realizadas pelos dois lados (juntas com preparação de abertura dupla) de modo a que os símbolos elementares aplicáveis sejam dispostos simetricamente, em relação à linha de referência.

Depois temos os Símbolos Suplementares, que caracterizam a forma da superfície exterior ou a forma da soldadura.

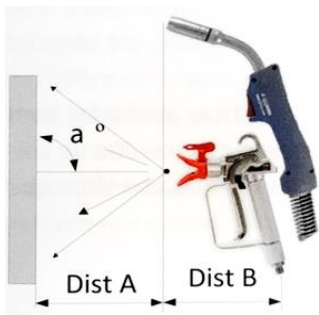
A ausência de um símbolo suplementar significa que a forma da superfície da soldadura não necessita de ser indicada com precisão.

No caso particular dos rigidificadores, há que prever a realização de “chanfros” ou “boeiras”, para que seja possível efectuar o fecho do cordão de soldadura. Este aspecto prende-se com a facilidade de acesso do aparelho de soldar à parte de dentro do chanfro/boeira, que, caso, não seja fechado, pode surgir corrosão nesses pontos. Para que a execução do fecho da soldadura se faça de uma forma fácil, podem adoptar-se as distâncias abaixo apresentadas:

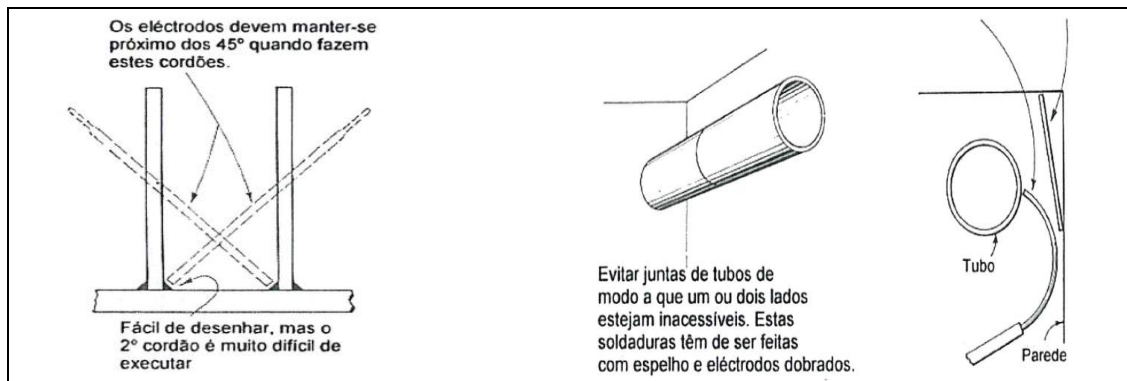

Figura 40 – Geometria de Cutelos[20]

Para além dos requisitos necessários para uma boa soldadura é necessário prever uma folga na geometria da peça, pois os perfis possuem pequenas variações nas suas dimensões e, para que não exista dificuldade na montagem de cutelos no interior do perfil, deve possuir um máximo de 1mm em elementos até 100 mm e 2mm para valores superiores, por cada face de contacto. Estas folgas devem ser preparadas aquando da passagem do projecto para a fase de detalhe, de forma a prevenir dificuldades de fabrico.[20]

Devem-se evitar entalhes que promovam o acesso condicionado durante as operações, nomeadamente na soldadura, na decapagem mecânica e na pintura.

	Operação	Distância entre a ferramenta e o ponto de aplicação (dist. A) mm	Comprimento da ferramenta (dist.b) mm	Ângulo de operação a (graus)
	Limpeza Manual	0	100	De 0 a 30
	Decapagem com Granalha	400	800	De 60 a 90
	Aplicação de Tinta			
	Trincha	0	200	De 45 a 90
	Rolo	0	200	De 10 a 90
Airless	300	200	90	

Quadro XIX – Distâncias requeridas para diferentes ferramentas.[8]



Quadro XX– Exemplo de má acessibilidade de soldaduras.

Outro aspecto na pormenorização da soldadura é o facto de os projectos indicarem a definição da espessura da garganta do cordão com 0,7 da menor espessura do elemento a ligar. Esta indicação, no caso de projectos que utilizem chapas de grandes espessuras, pode trazer custos muito elevados. Assim recomenda-se o cálculo e pormenorização de cada cordão neste tipo de estruturas, de forma a obter baixos custos de execução.

É fulcral para a boa execução das soldaduras que as peças desenhadas apresentem toda a informação necessária ao seu fabrico, e em particular, toda a informação relativa à soldadura.

4.4.2.5 Notas Finais

Durante a preparação do antigo Edifício BBC-PIAZZA detectaram-se essencialmente incompatibilidades entre as cotas de projecto e as cotas de obra, nomeadamente nas cotas dos novos pilares de betão com os novos pilares metálicos. Também se verificaram incongruências no levantamento das estruturas de betão existentes, pelo que foi necessário proceder à adaptação de alguns elementos durante a preparação.

Por isso torna-se essencial que antes de se iniciar a preparação deverá proceder-se a uma análise exaustiva de todos os desenhos de projecto e confrontar com as implantações e dimensões das fundações e estruturas em betão, no local.

Além do que, verificou-se a ausência de ligações em diversos elementos da estrutura incrementando assim o trabalho e o tempo disponível para preparação, pois foi necessário prever ligações e submetê-las a aprovação o que torna o processo ainda mais moroso.

Assim sendo, revela-se fundamental que aliadas às “boas” práticas mencionadas anteriormente exista um conhecimento teórico-prático, que obrigue o preparador a ter uma formação suficientemente abrangente que lhe permita a obtenção não só de soluções económicas mas também de soluções estruturalmente eficientes.

Por outro lado, foi desenvolvido todo o trabalho de preparação respeitante ao passadiço com revestimento em formato de Baleia que não se chegou a concretizar e representou várias horas de trabalho sem utilidade.

Um aspecto final a salientar, e transversal a todos os projectos, especialmente se os diversos especialistas desenvolvem a sua actividade em locais e com metodologias diferentes, definir de forma rigorosa as regras a seguir na produção dos elementos, de modo que o conjunto final seja um todo coerente. De entre os aspectos que, correntemente, levantam problemas de coordenação, entre as diversas especialidades cuja organização prévia é essencial, podem destacar-se:

- Rótulo geral das peças desenhadas
- Referências, datas e registo de alterações;
- Numeração de peças desenhadas - sequencial ou por especialidades e modo da sua distinção;
- Standardização de suportes informáticos a utilizar, incluindo a separação por níveis de representação gráfica em CAD, simbologias, em especial no que respeita a elementos existentes em diversas especialidades (caso de aberturas em lajes, por exemplo);
- Mapas de trabalhos e quantidades - capítulos a incluir, modo da sua organização e inclusão de trabalhos complementares partilhados por diversas especialidades.

4.5 Aprovisionamento e Compras/ Recepção de Matéria-Prima

Nesta fase realizam-se consultas relativas aos materiais necessários para executar a obra tendo em conta as quantidades, prazos de entrega e os requisitos de qualidade que são definidos cumulativamente pelos requisitos impostos pelo Cliente nas Peças Escritas e Desenhadas e pelos requisitos legais impostos pelas Normas que cumprem todo o espectro de componentes e materiais.

A garantia da qualidade passa também pelos campos da certificação de materiais e homologação de processos construtivos.

De modo a definir as orientações e os requisitos técnicos e legais de todas as fases do processo de fabrico é elaborado um Plano de Inspeção e Ensaio. A primeira fase é o de controlo de recepção de Matéria-Prima (ver Anexo IV) de chapas ou perfis e outros materiais constituintes.

Na óptica de um correcto controlo de qualidade é extremamente importante o registo pormenorizado da peça e de todas as fases de fabrico a que esteve sujeita, de modo a definir quais as causas do defeito detectado, pois este pode ter sido originado numa fase a

montante de todo o processo. Desta forma, é assumida uma atitude de prevenção de eventuais anomalias, tendo em conta que o cumprimento dos requisitos de qualidade é executado numa óptica global do processo de fabrico [30].

Deverá assegurar que o produto comprado está conforme com os requisitos de compra especificados e os fornecedores deverão ser avaliados e seleccionados de acordo com a sua aptidão para fornecer um produto conforme.

A verificação da conformidade da recepção de matéria-prima é feita a partir das especificações técnicas, nomeadamente:

- Através de documentos de registo;
- Por amostragem da verificação de procedimentos;
- Por inspecção;
- Através de ensaios suplementares de confirmação (pode ser pedido parecer do projectista).

Os resultados do processo são evidenciados em:

- Pareceres;
- Relatórios,
- Comunicações de Não Conformidade;
- Actas;
- Notificações;
- Registos (em modelos da qualidade).

A capacidade do fornecedor para fornecer pode ser avaliada a partir de diversos meios, incluindo o historial da relação com a organização, referências internas e externas, experiência, auditorias e/ou diagnósticos financeiros.

O processo de compra e recepção de matéria-prima processa-se da seguinte forma:

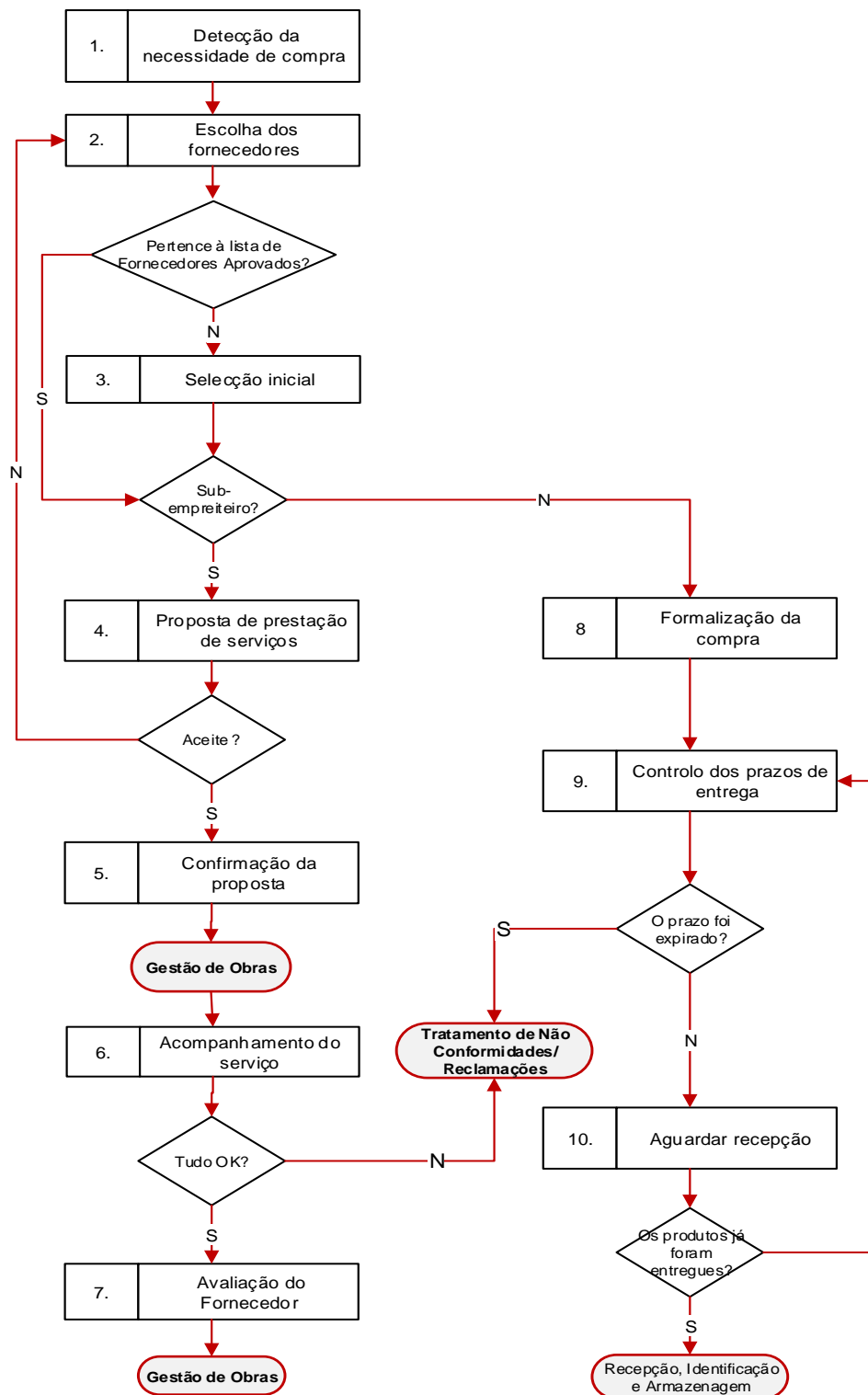


Figura 41 – Procedimento de Compra e Recepção de Matéria-Prima.

Após análise cuidada processam-se as encomendas com todas as especificações do produto: qualidade, tipo de certificados, prazos de entrega, quantidades.

O controlo de recepção de matéria-prima é feito através dos seguintes documentos apresentados no Anexo IV:

- Mapa de controlo de recepção dos produtos;
- Controlo de recepção de Material;

No aprovisionamento de matéria-prima é necessário informar o fornecedor que tipo de certificado é necessário para garantir que um dado produto está de acordo com a exigência legal e/ou pela exigência imposta pelo cliente.

Por exemplo, no caso de encomenda de chapa o procedimento deve-se incluir não só a especificação do tipo de aço (EN10025), as tolerâncias (EN 10029), o tipo de certificado (EN 10204), o estado da superfície (EN 10163), mas também a necessidade de realização de um ensaio para determinar problemas de folheamento. Normalmente é realizado um ensaio ultra-som de acordo com a norma EN 10160 sendo o mais utilizado o S1 E2. Deve exigir também que tenha marcação CE de acordo com a Directiva 89/ 106/ CEE.[20]

Neste capítulo deverão reter-se os seguintes conceitos:

- **Produto constituinte**- Material ou produto utilizados para produzir um componente e que continuam a fazer parte integrante desse componente, tal como, por exemplo, um produto de aço de construção, um produto de aço inoxidável, um ligador mecânico ou um produto consumível para soldadura.
- **Componente** - Parte de uma estrutura de aço que pode, por si só, constituir um conjunto de diversos componentes de menores dimensões.
- **Tolerância essencial**- Limites fundamentais para uma tolerância geométrica, necessários para respeitarem as hipóteses de projecto das estruturas, em termos de resistência mecânica e de estabilidade.
- **Tolerância funcional**- Tolerância geométrica que pode ser requerida para cumprir uma função, para além da resistência mecânica e da estabilidade, tal como o aspecto ou o ajuste.
- **Tolerância especial**- Tolerância geométrica que não é coberta pelos tipos ou valores de tolerâncias fornecidos na presente Norma Europeia, e que necessita de ser especificada para cada caso particular.
- **Tolerância de produção**- Gama de variação permitida para o valor de uma dimensão de um componente, resultante da produção desse componente.

Face ao exposto, as tolerâncias processam-se da seguinte forma:

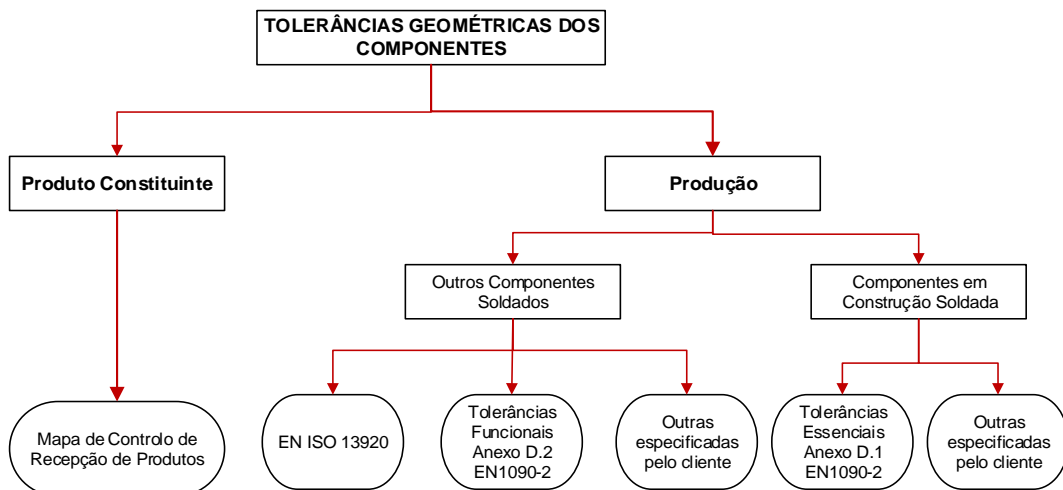


Figura 42 – Tolerâncias Geométricas segundo especificado na Norma EN 1090.

Salvo indicação contrária no projecto devem considerar-se as seguintes Tolerâncias Geométricas, conforme se ilustra no Quadro XXVI:

EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Tolerâncias em conformidade com a EN ISO13920	Tolerâncias em conformidade com a EN ISO13920	Tolerância Funcional classe 1 EN1090	Tolerância Funcional classe 1 EN1090

Quadro XXI – Tolerâncias Geométricas.

4.6 Produção

4.6.1 Corte e Furação

Os materiais utilizados nas estruturas metálicas são sujeitos a operações de medição, corte, furação, punçonagem e marcação, em linhas automáticas, integradas por meio de sistemas transportadores. Estes equipamentos são programados directamente a partir da sala de projecto, com a qual estão ligados, minimizando a possibilidade de erro humano e assegurando uma elevada fiabilidade e rigor dimensional.

Por corte entende-se a obtenção de uma peça extraída de uma chapa ou peça metálica, segundo um determinado contorno. Este é um processo constantemente utilizado no fabrico de estruturas metálicas uma vez que os elementos fornecidos não vêm regra geral com as medidas de projecto sendo necessário proceder-se ao seu corte.

É um processo automatizado, onde todas as informações necessárias são importadas do Tekla Structures em formato CNC'S (Controlo Numérico Computorizado) para a máquina de corte, possibilitando a execução de um plano de corte pormenorizado, acelerando todo o

processo, onde a intervenção humana deixa de ter um papel preponderante, minimizando a probabilidade de erros e consequentemente de custos.

Basicamente, existem dois processos de corte: Corte de Elementos Lineares (Perfil) e Corte de Elementos Planos (Chapas).

O corte de Elementos Lineares é um processo pelo qual se acerta o comprimento de uma peça e é normalmente efectuado com um disco de serra ou guilhotina (neste último caso não necessita de fluido de corte).

No corte de Elementos Planos o contorno é recto e a forma convexa, o corte de chapa pode também ser feito com guilhotina ou prensa de corte. Nos casos, em que os contornos são mais complexos requer-se outro tipo de tecnologias como o Oxi-corte, Corte por Plasma, por Laser ou por jacto de água com abrasivo.

Todas estas tecnologias podem envolver a utilização de comando numérico, que permite otimizar a utilização da chapa e eliminar os erros de traçagem.

4.6.1.1 Guilhotina

As guilhotinas são máquinas ferramentas para corte de chapas ou lâminas de metal.

Esta máquina é utilizada principalmente para acertar o comprimento ou largura de uma peça e é normalmente adequada em barras até 12mm.

No processo de corte por guilhotina as chapas são submetidas à acção de pressão exercida por um punção, uma lâmina ou uma navalha de corte. Este é um processo que não apresenta grande precisão e as extremidades têm que ser tratadas para remover defeitos. A superfície de uma peça metálica cortada desta forma normalmente apresenta quatro regiões, ilustradas na Figura 43.

- Uma pequena região de deformação plástica pela compressão da navalha sobre a superfície da chapa (roll over zone);
- Uma região lisa de cisalhamento, brilhante (burnish zone ou shiny), na qual a navalha efectivamente penetra no material;
- Uma região rugosa, opaca (matte ou fracture zone), na qual ocorre a ruptura final e assim também conhecida como região de "explosão";
- Eventualmente, uma rebarba de arrancamento final (burr).

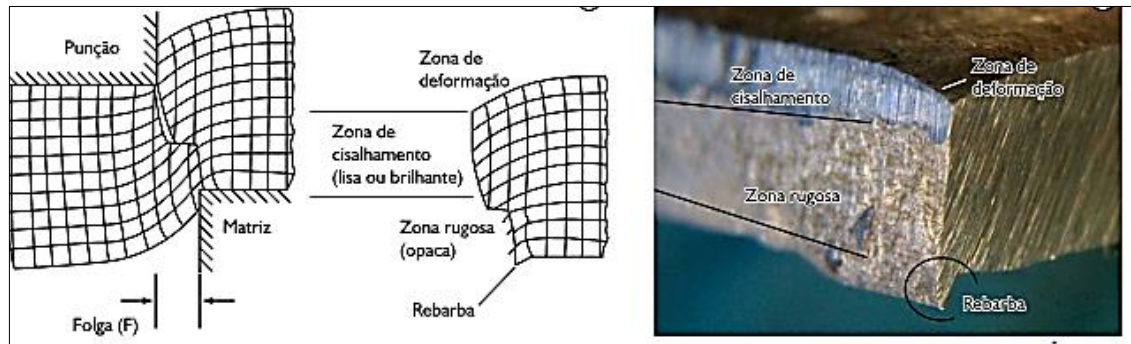


Figura 43 – Vista de uma superfície típica de uma peça cortada por guilhotina.

4.6.1.2 Prensa de Corte

Mediante a adaptação de um punção cortante a uma prensa é possível cortar peças com formas ligeiramente complexas.

O princípio de corte é semelhante ao da guilhotina: um movimento relativo entre uma lâmina móvel e uma lâmina fixa secciona a chapa.

4.6.1.3 Serrote

O corte por serra é um dos mais recomendados (serra rígida ou por fita rotativa), por não introduzir tensões residuais, sendo o equipamento mais usual o serrote.

Esta ferramenta é rápida e faz cortes de atados, tem algumas limitações quando tem de fazer cortes mais complexos e/ou com mais de 45°. Pode ser de fita ou de disco. Este processo é normalmente aplicado, a perfis ou barras.

Em geral, o corte dos perfis deverá ser feito de preferência por serrote e, só nos casos em que a natureza do corte o exija, poderá ser feito a maçarico (no caso de entalhes, etc.).



Figura 44 – Serrote de Fita Vertical , Marca Kaltenbach, modelo KDS615+KBS750.

4.6.1.4 Plasma, Oxicorte e Laser

Os processos de corte que envolvem fusão localizada são por plasma, oxicorte e por laser. Cada um possui uma faixa de aplicações relativamente definida em função da espessura da peça a ser cortada. Esses processos são caracterizados por obter formas complexas em peças muito espessas (oxicorte ou plasma) ou em altas velocidades de produção aliadas à flexibilidade de tipos de corte (laser).

O oxicorte com maçarico ou corte por chama é de longe o processo de corte mais antigo que pode ser utilizado em aço macio. É geralmente considerado um processo simples e o equipamento e consumíveis são relativamente baratos. Um maçarico de oxicorte consegue cortar chapa muito grossa, limitado principalmente pela quantidade de oxigénio que pode ser fornecida. No entanto é o menos preciso ($\pm 1\text{mm}$) e também o mais lento ($0,5\text{m/min}$).

Quando devidamente regulado, um maçarico de oxicorte fornece uma superfície de corte recta lisa. A escória no bordo inferior é muito reduzida e o bordo superior é apenas ligeiramente arredondado derivado das chamas do pré-aquecimento. Esta superfície é idealmente adequada para muitas aplicações sem tratamento posterior.

Neste processo de corte poderão surgir algumas imperfeições de fabrico como, entalhes devido a corte inadvertido, entalhes devido a perturbação do fluxo (Tensões Residuais), desempenho a calor (temperaturas dos 480° a 570°C), entre outras.

Por sua vez, o plasma é um processo que tem uma precisão de mais $\pm 0,8\text{mm}$ e uma velocidade elevada (2 m/min). Uma das vantagens deste processo é o corte resultante ser mais limpo do que o do processo do oxi-corte. As suas principais desvantagens são o facto de o corte ficar inclinado relativamente à superfície da chapa (2° - 10°), dependendo da velocidade da operação bem como o facto do limite da espessura de chapa que corta ser de 35mm (a partir deste valor o corte fica imperfeito).

O corte por plasma é um processo em que o material metálico é fundido na zona de corte pelo jacto de plasma, sendo a junta de corte removida por jacto de ar. Também são utilizados gases de corte de efeito oxidante e gases com injeção suplementar de água. O consumo de energia é relativamente elevado, porque o material tem de ser fundido numa junta larga. Os gases utilizados nas aplicações de corte por plasma são o argón, o hidrogénio e o azoto.

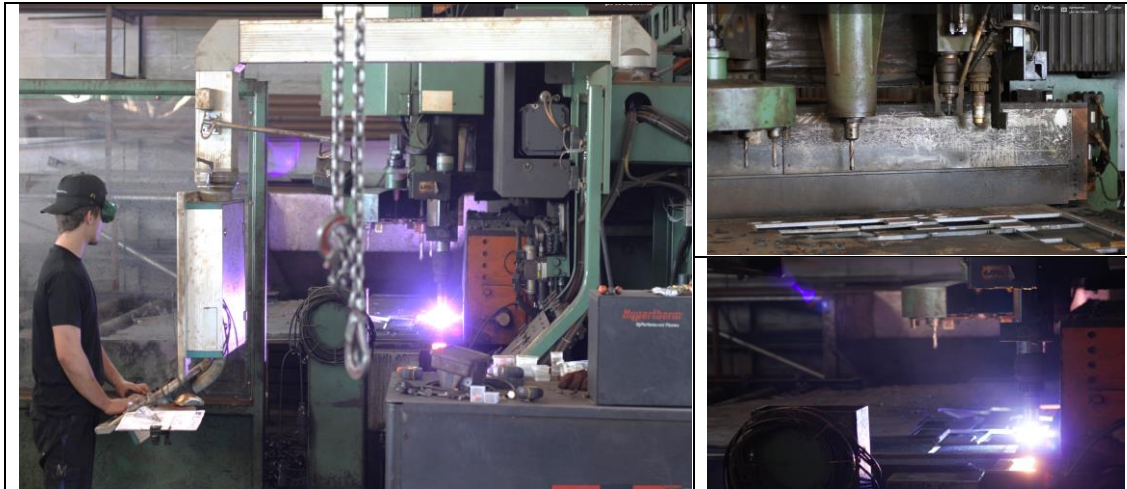


Figura 45 – Máquina de Corte de Chapa, Marca Peddinghaus, modelo Hsfdb2500/B, através do processo de plasma.

A máquina acima apresentada para além do corte de chapa por plasma permite ainda a furação através de brocas.

O corte plasma, pode ser combinado com cabeça de oxicorte, em mesas de corte controladas por sistemas CNC (ver Figura 46).



Figura 46 – Máquina de Corte marca ESAB e modelo SXE P4500, corta através de Plasma e Oxi-Corte dependendo da espessura da chapa,

No processo por laser, a energia eléctrica é transformada em uma luz com um só comprimento de onda (λ), que concentra energia de forma muito eficaz. O meio para formação do laser pode ser sólido (YAG) ou gasoso (CO_2 , N_2 ou He). Como nos demais processos de corte térmico, no corte por laser é empregado um gás de assistência, dentre os quais os mais utilizados são: o oxigénio, o nitrogénio ou o ar comprimido. A definição da combinação entre o gás de assistência e o metal cortado é feita conforme a espessura, a

velocidade e a qualidade de corte necessárias para as peças a serem obtidas. A precisão do corte por laser dependerá de factores adicionais: regulação do equipamento, qualidade superficial da chapa, nível de tensão residual e composição química. Neste caso, a rugosidade do corte de chapas de aço aumenta com maiores teores de carbono, fósforo e molibdênio e a qualidade do corte é melhorada com menores teores de enxofre e silício.

Através deste último método de corte as peças não necessitam de acabamento uma vez que as superfícies não apresentam rebarbas.

No corte por laser são utilizadas máquinas com comandos numéricos para maximizar as potencialidades de corte.



Figura 47 – Máquina de Corte de Laser, Marca Trumpf.

4.6.1.5 Furação

A furação é normalmente realizada segundo dois processos: Broca e Punção. Pode igualmente ser realizada com oxi-corte, plasma ou laser, embora no plasma e oxi-corte nem sempre tenha a qualidade exigida e, no caso do plasma revela-se uma solução pouco competitiva.

4.6.1.6 Notas Finais

Para o caso em estudo o corte de elementos lineares foi realizado com recurso a um serrote de fita, que pode ser visto na figura 44. Trata-se de uma máquina Kaltenbach, modelo

KDS615+KBS750, que para além do processo de corte através de uma serra vertical, procede à furação dos perfis.

Para corte de Elementos Planos (chapas) recorreu-se ao laser, ilustrado na figura 47.

Entre os diversos processos podemos chegar às seguintes conclusões:

	Oxi-corte	Plasma			Laser
		Tradicional	Longa vida	Alta definição	
Investimento	Baixo	Baixo-médio	Médio	Médio	Elevado
Custos operacionais	Relativamente baixos Utiliza grande volume de gases	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Baixos-elevados Depende muito do tipo de gás seleccionado	Elevados Consumos de gás e energia elevados Componentes como espelhos e ópticas aumentam os custos
Manutenção	Simples Pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Moderada Geralmente pode ser feita pela empresa	Complexa Requer técnicos especializados
Espessuras					
Aço	3 mm-30 mm	1.3 mm-76 mm	1.3 mm-76 mm	0.5 mm-12.7 mm	0.076 mm-19 mm
aço inoxidável	Não	0.8 mm-12.7 mm	0.8 mm-76 mm	0.4 mm-12.7 mm	1 mm-16 mm
Alumínio	Não	0.8 mm-15.2 mm	0.8 mm-76 mm	1.3 mm-12.7 mm	1 mm-16 mm
Velocidade de corte	Diminui à medida que aumenta a espessura	Altas velocidades de corte para todas as espessuras	Altas velocidades de corte para todas as espessuras Melhor escolha para grandes espessuras	Maior velocidade com a melhor qualidade de corte na maior gama de espessuras Ligeiramente mais lento que os processos tradicional e de longa vida	Mais rápido que o plasma em materiais muito finos (menos de 3.2 mm)
Materiais	Aço e titânio	Todos os materiais electricamente condutores	Todos os materiais electricamente condutores	Todos os materiais electricamente condutores	Metais
Flexibilidade	Limitada	Corta uma gama maior de espessuras para mais tipos de metais	Alta velocidade e precisão para cortar todos os materiais condutores	Maior que o laser Tolera oxidação, óleo e outras condições de superfície	Muito bom Pode ter dificuldade em superfícies altamente reflectoras
Precisão	0.8 mm	0.8 mm	0.8 mm	0.23 mm	0.076 mm
Qualidade	Média	Semelhante ao oxi-corte com controlo numérico	Semelhante ao oxi-corte com controlo numérico	Aproximada à do laser em material fino e semelhante ao oxi-corte à medida que a espessura aumenta	Melhor para chapas de espessura inferior a 6.4 mm

Quadro XXII – Comparação das características associadas às tecnologias de corte de chapas[52]

Atendendo ao caso em concreto, verificou-se que o processo de corte foi influenciado pelos seguintes elementos:

- Pela qualidade exigida à superfície de corte/ furação, imposta pelo Plano de Inspeção e Ensaio e pelos requisitos legais e impostos pelo cliente;
- Pela tecnologia disponível e pela combinação de processos;
- Pela quantidade de perfis/chapas no aproveitamento de corte do material base, este é um factor que pode em muito condicionar a celeridade do processo;
- Pela quantidade de furos a cortar;
- Pelo aproveitamento versus emendas de material, pois quanto menor for o aproveitamento maior é o incremento no custo;
- E por último pelos tempos de movimentação do material, o layout da fábrica é neste ponto crucial.

Verificou-se que as três tecnologias de corte térmico têm características diferentes, como se ilustra no Quadro XXIII, no entanto, constata-se que aquele que garante melhor qualidade é o corte por laser, contudo costuma ser preterida devido aos seus elevados custos com o consumo de energia e manutenção comparativamente ao oxicorte e plasma.

4.6.2 Pré-Montagem

Depois de cortadas as chapas, procede-se com a limpeza de arestas vivas, à preparação de juntas e inicia-se pré-montagem dos conjuntos que consiste em posicionar as diferentes peças que constituem os conjuntos, conforme os desenhos de montagem.

Sucede-se a soldadura dos conjuntos em que deverão ser respeitadas as especificações do projecto, os processos de soldadura qualificados e as especificações elaboradas para a obra respeitando: espessura do cordão, talão, chanfro, material de adição, gás, amperagem voltagem, e velocidade.



Figura 48 – Pilares do Edifício BBC-PIAZZA.

4.6.2.1.1 Soldadura

Uma soldadura quando correctamente projectada e executada oferece uma característica e comportamento no mínimo igual e muitas vezes superior à própria resistência dos elementos ligados. As soldaduras são realizadas, na maioria dos casos, em oficina devido à facilidade de execução comparativamente à execução em obra; as ligações aparafusadas são em geral preferidas, para a montagem em obra, devido à maior facilidade de controlo na sua efectivação.

Os processos de soldadura destinam-se a unir peças de um modo permanente, através da fusão na zona de contacto do metal das peças ou de um material adicionado. Os diferentes processos de soldadura podem distinguir-se de uma maneira muito geral, quer pela fonte de energia utilizada para fundir o metal a soldar e o metal de adição, quer pela técnica como o metal em fusão é protegido da oxidação. O metal de adição pode estar na forma de eléctrodos revestidos, fio ou barra. A soldadura pode ser manual, semiautomática ou automática.

A ligação soldada ocorre ao nível atómico, pelo que requer a aproximação dos átomos de superfície dos dois corpos a unir até distâncias muito reduzidas inferiores à rugosidade superficial dos corpos. Essa aproximação atómica pode ser feita com os materiais no estado sólido, soldadura no estado sólido, ou no estado líquido, soldadura por fusão. A soldadura no estado sólido requer esforços elevados e cuidados de limpeza, que justificam a sua menor utilização nas estruturas metálicas. A soldadura por fusão resolve em grande medida estes problemas, pois a aproximação atómica ocorre no estado líquido, mas apresenta outros, como as alterações estruturais e de propriedades mecânicas, os defeitos e as tensões e deformações induzidas nos elementos soldados.

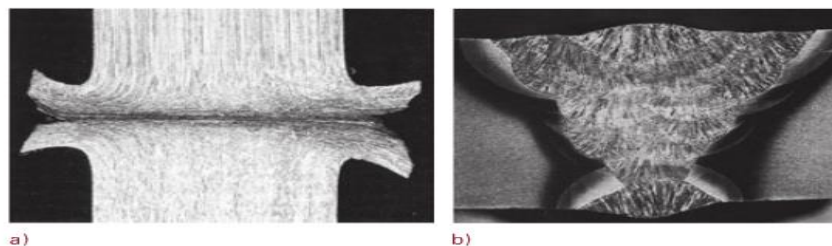


Figura 49 – a) Soldadura no estado sólido; b) Soldadura por fusão.

Os processos de soldadura por fusão são frequentemente classificados quanto à sua fonte de calor requerida para fundir materiais a unir. Os materiais mais usuais nas estruturas metálicas são os aços, cuja temperatura de fusão ronda 1500°C, pelo que são necessárias fontes de calor muito intensas e focadas, como o arco eléctrico, a resistência eléctrica, o laser ou o feixe de electrões. Destas o arco eléctrico é a fonte de calor mais usada, porque é fácil de manipular e barata. O arco eléctrico é uma descarga eléctrica entre dois elementos

metálicos, o eléctrodo e a peça, onde se atingem temperaturas superiores a 5000°C. Neste grupo estão os processos de soldadura mais usados na construção de estruturas metálicas, como a soldadura por eléctrodo revestido (SER), a soldadura MAG (Metal Active Gás) e a soldadura por arco submerso (SAS), conforme se ilustra na figura 50.

O aço, quando fundido reage facilmente com o oxigénio e o azoto do ar dando origem a óxidos e nitretos que apresentam más propriedades mecânicas, pelo que é essencial evitar estas reacções químicas durante a soldadura. [53]

Um aspecto que distingue os processos enunciados na figura 50 é o modo de protecção do metal enquanto fundido. Na SER e na SAS o revestimento do eléctrodo ou o fluxo, respectivamente, constituídos por elementos minerais, óxidos, silicatos, carbonatos, etc. fundem sob o arco eléctrico e formam uma escória que sobrenada o metal fundido, protegendo-o do ar. No caso da soldadura MAG, é o gás que é injectado no arco e faz essa protecção.

Outro aspecto distingue estes processos: a SER é um processo manual, a soldadura MAG é semiautomática ou automática e a SAS automática, o que se traduz em diferenças significativas de produtividade. Taxas de depósito da ordem de 0.25 a 1.2Kg/h para SER, 2 a 5 Kg/h para a soldadura semiautomática e 3 a 10Kg/h para a SAS. Estes valores podem ser aumentados com a utilização de arcos múltiplos ou no caso da soldadura MAG com utilização de eléctrodos fluxados (eléctrodos com fluxo interior).

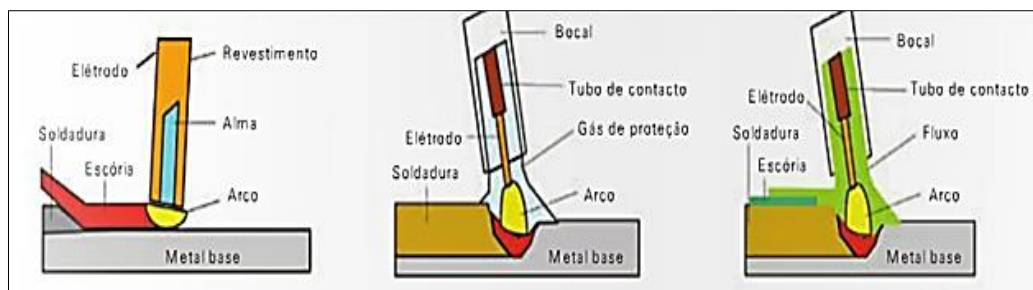


Figura 50 – Processos de soldadura: a) Eléctrodo Revestido b) MAG; c) Arco Submerso[53]

Estes processos apresentam também diferenças, quer ao nível da flexibilidade, maior na SER e menor na SAS, quer ao nível da produtividade, maior na SER e menor na SAS, quer ao nível do investimento, maior na SAS e muito menor na SER, a SAS e MAG com eléctrodo sólido são mais aplicadas na oficina enquanto a SER e a MAG com eléctrodo fluxado e sem gás de protecção são muito usadas no estaleiro, devido à sua menor sensibilidade aos agentes atmosféricos. A soldadura MAG, sem e com eléctrodo fluxado (MAG FF), é a que tem maior utilização no fabrico de estruturas metálicas, e com tendência a crescer, ao contrário do SER, cuja utilização tende a diminuir, veja-se a figura 51, devido à

sua menor produtividade. A utilização da soldadura por arco submerso tende a crescer, devido à sua maior produtividade e excelente qualidade nas soldaduras.

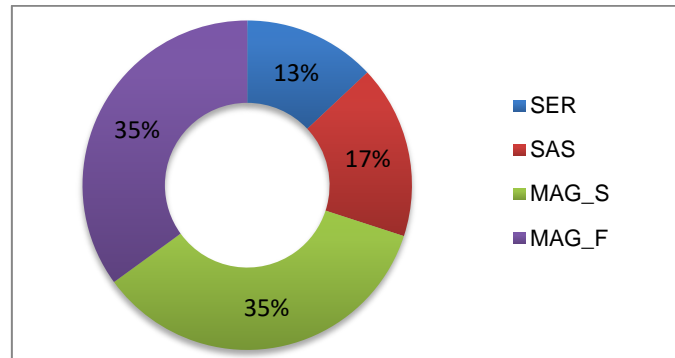


Figura 51 – Processos mais utilizados na construção metálica.

A selecção do processo de soldadura mais adequado para uma dada aplicação leva em consideração não só factores como a produtividade e o local de execução, já referidos acima, mas também outros como a espessura dos elementos a soldar, a posição e acesso da junta e também a qualidade da soldadura. A soldadura MAG e SER podem ser usadas em toda a gama de espessuras habituais em construção metálica, se bem que geralmente em espessuras acima dos 15mm a SAS seja mais económica. No entanto, a SAS só é realizada na posição horizontal. A SAS só se usa correntemente em espessuras acima dos 5mm. A soldadura MAG é mais económica que a SER, mas não se recomenda o seu uso na posição ao tecto. Por vezes, foge-se à utilização de soldadura MAG com eléctrodo fluxado, principalmente quando se tem pessoal pouco qualificado porque a má manipulação da tocha de soldadura pode originar faltas de fusão, correntemente designadas de colagens. Por ultimo há que ter em atenção o investimento que, dependendo do mecanismo de automatização no caso da SAS é mais de vinte vezes o do equipamento para SER.[53]

Em resumo, na construção de estruturas metálicas é utilizado um número restrito de processos de soldadura, essencialmente devido à flexibilidade e produtividade que esses processos apresentam. A selecção do processo de soldadura mais adequado para uma aplicação específica rege-se por factores bem conhecidos, onde os factores técnicos e económicos devem ser considerados.

A soldadura apesar de ser um processo largamente utilizado e com benefícios enormes para a industria metalomecânica no seu global, é um processo extremamente susceptível à geração de defeitos, os quais podem acarretar consequências extremamente graves em serviço. Isso implica, que a aplicação da soldadura nem sequer seja equacionada em alguns tipos de produtos, dadas as dificuldades em se obter peças com um elevado nível de confiabilidade, sem a necessidade de passar por um rigoroso controlo de qualidade.

O controlo de qualidade corresponde ao conjunto das acções que visam garantir que a construção soldada é projectada e construída de acordo com as especificações constantes dos códigos de construção e com especificações adicionais acordadas com o cliente. Este controlo é geralmente da responsabilidade do fabricante. O controlo de qualidade de estruturas soldadas é uma actividade muito complexa, e regulada por normas específicas como por exemplo a NP EN 1090-2:2008+A1 2015, e à qual estão associadas muitas outras normas.

Essa complexidade resulta da multiplicidade de acções requeridas nas actividades de soldadura, nas quais algumas podem ser realizadas da soldadura, das quais algumas devem ser realizadas antes da soldadura, outras durante e outras só após da soldadura, conforme se ilustra na figura 52.



Figura 52 Acções a desenvolver durante a avaliação da qualidade na construção soldada

A fase antes corresponde à verificação do caderno de encargos e do projecto, da aplicabilidade das normas e de outros requisitos legais, como a existência da qualificação de procedimentos de soldadura e qualificação de soldadores. As fases durante e após correspondem à verificação de certificados dos materiais, à verificação dos procedimentos de fabrico e especificações de soldadura e à realização dos testes destrutivos e não destrutivos previstos no programa de qualidade, bem como à produção dos registos de verificação e ensaio. Grande parte das acções correspondem ao processo burocrático que visa garantir a rastreabilidade dos materiais e acções, como a verificação dos certificados dos materiais ou dos soldadores, das especificações de soldadura ou mesmo a elaboração do dossier da qualidade (ver figura 53).



Figura 53 – Informação necessária para garantir a qualidade da soldadura.

Vejamos, a observação em corte transversal de uma junta soldada de aço (figura 54) permite identificar de uma forma geral três zonas distintas: o material base (MB), a zona termicamente afectada, onde apenas ocorreram reacções no estado sólido (ZTA), ou seja onde a temperatura variou entre a temperatura ambiente e a temperatura de fusão do aço, e a zona fundida onde foi excedida a temperatura de fusão do aço (ZF).

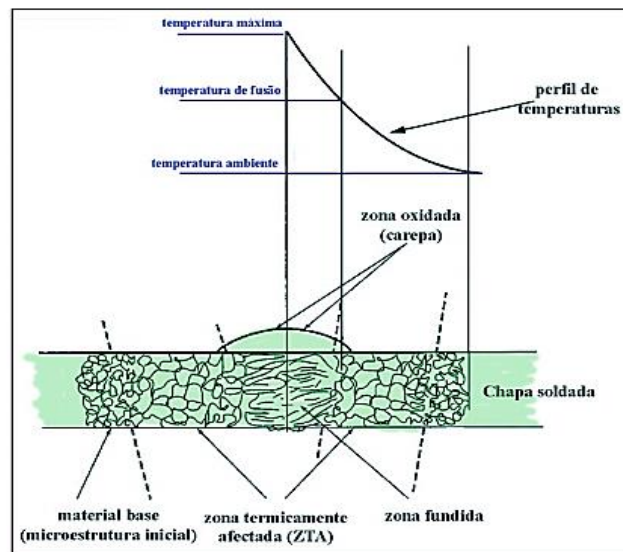


Figura 54 – Representação esquemática de um cordão de soldadura em corte transversal, mostrando a zona fundida (ZF), a zona termicamente afectada (ZTA) e o material base (MB).[7]

Os ensaios da qualidade podem ser divididos em dois grandes grupos, os destrutivos e os não destrutivos. Os ensaios designam-se por destrutivos pois implicam a remoção de material da estrutura ou equipamento para realização desses ensaios. Estes métodos são utilizados para determinar a integridade ou desempenho da soldadura, tipicamente através de seccionamento e/ou quebra do componente soldado e avaliando várias características mecânicas, embora nalguns casos também podem servir para verificar a presença de

defeitos, como os poros ou as colagens [39], nas soldaduras. Como, a soldadura é por natureza, heterogénea, apresentando uma zona fundida e zonas afectadas ao calor (ver figura 54), veja-se com propriedades mecânicas muito diferenciadas, alguns ensaios procuram avaliar propriedades globais, como o ensaio da tracção, que procura avaliar a zona menos resistente à soldadura, enquanto outros, como o ensaio de dureza ou o ensaio de tenacidade, procuram avaliar propriedades locais.

Através dos ensaios de Tracção pretende-se, essencialmente garantir que as propriedades de resistência à tracção oferecidas pela junta são iguais, ou excedem mesmos os valores patenteados pelo material base. Os provetes para tracção podem ser retirados transversalmente á soldadura, conforme se ilustra na figura 55 a), e nesse caso avalia-se apenas as propriedades da zona menos resistente da soldadura. Os provetes podem também ser removidos apenas da zona fundida, figura 55b), e nesse caso podem ser avaliadas as propriedades mecânicas só dessa zona.

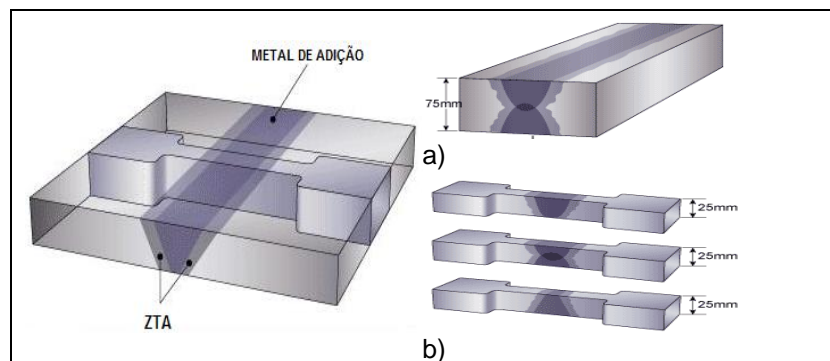


Figura 55 – Subdivisão de uma amostra em diferentes provetes para os ensaios de tracção de uma junta.[40]

Os ensaios de tenacidade, dos quais o mais utilizado é o ensaio Charpy, são também largamente utilizados para avaliar as propriedades mecânicas locais, na zona fundida, zona afectada pelo calor (ZAC), conforme se ilustra na figura.

A tenacidade é a capacidade de um material absorver energia até a sua fratura. Fatores importantes para definir esta propriedade é a forma geométrica do corpo de prova, bem como a maneira com que a carga é aplicada. Para uma elevada taxa de deformação e a presença de um entalhe no corpo de prova, a tenacidade ao entalhe é verificada com o uso de um ensaio de impacto.

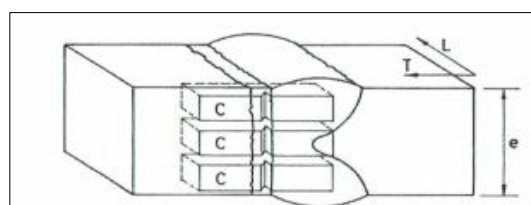


Figura 56 – Avaliação da tenacidade na ZAC.[41]

Outro ensaio mecânico concorrente usado na verificação da qualidade da soldadura é o ensaio de dobragem que se destina a verificar a ductibilidade da soldadura, mas também a ausência de defeitos como colagens. A dobragem pode ser de raiz conforme figura 57 a), onde se traciona a zona da raiz da soldadura, uma zona onde a probabilidade de formação de defeitos é maior. Pode também ser dobragem de face, onde se traciona a face (figura 57 b)) ou dobragem latera conforme figura 57 c). Variando o angulo entre 90° a 280° e/ ou reduzindo o diametro de punção aumenta-se a deformação plástica induzida.

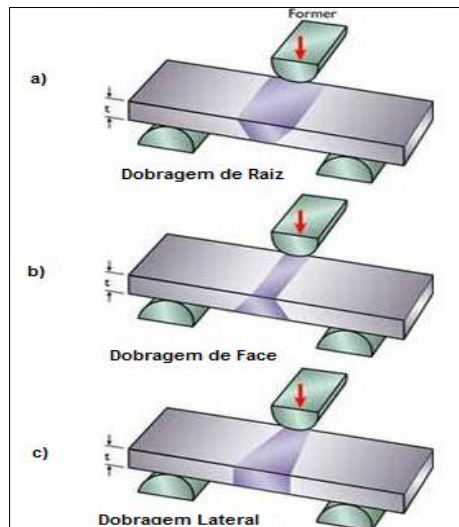


Figura 57 – Ensaio de Dobragem: a) Raiz; b) Face; c) Lateral.[42]

Por sua vez, os Ensaio Não Destrutivos destinam-se a detectar defeitos internos, isto é, que não são visíveis á superfície, ou externos mas difíceis de ver á superfície a olho nu. Este grupo engloba a grande maioria do testes que normalmente se efectuam em juntas soldadas, já que, na maior parte dos casos, não é prático estar a inutilizar um conjunto soldado, extrair uma amostra de dimensões relativamente reduzidas para análise e proceder a todo o trabalho de preparação e caracterização das amostras. Estes ensaios apresentam as seguintes:

- Permitem praticar a inspecção a 100%;
- Fornecem resultados relativamente a todo o volume de um conjunto soldado;
- Contribuem para melhorar o projecto e o conjunto soldado;
- Permitem antever a possível ocorrência de falhas em serviço;
- Permitem fazer a caracterização metrológica por verificação das dimensões, entre outros.

Das técnicas de ensaio não destrutivo normalmente usadas em soldadura, poderão destacar-se as seguintes:

- Inspeção Visual: a mais simples de efectuar, e também mais intuitiva, mas quase sempre não totalmente eficaz, necessitando de ser complementada por outras que verifiquem o estado da ligação no seu todo, e não apenas de forma superficial;
- Líquidos penetrantes: restringe-se a uma análise superficial, mas possui características que o tornam vantajoso, relativamente às restantes, sendo um dos mais simples e de maior utilização, regulado pela norma EN 571.

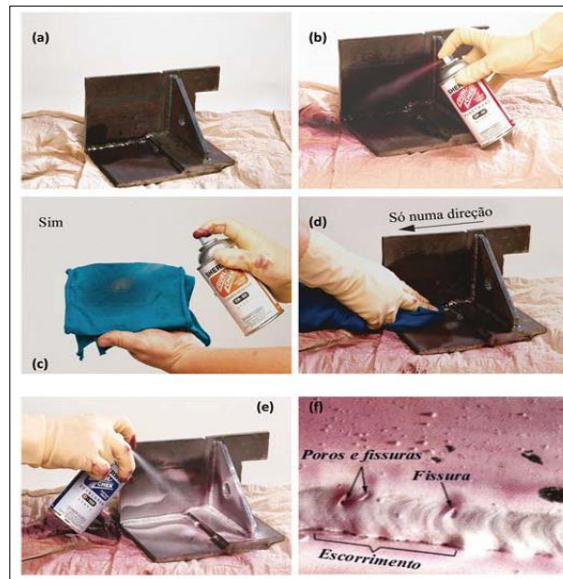


Figura 58 – Sequência de fases no processo por líquidos penetrantes: a) peça a controlar, b) aplicação do líquido penetrante, c) líquido de limpeza, d) limpeza, e) aplicação do revelador e f) observação dos defeitos sob luz própria.

- Inspeção por partículas Magnéticas: permite uma análise interior, mas apresenta alguns condicionalismos que impedem o seu uso generalizado, logo pelo facto de ser apenas aplicável a materiais sensíveis a campos magnéticos. Esta técnica baseia-se na criação de um campo magnético na vizinhança da superfície da peça, o qual na presença de um defeito, como uma fenda, por exemplo, veja-se figura 59, cria um espectro magnético. A dispersão de fina limalha de ferro, a seco ou em suspensão num óleo, na superfície, evidencia esse espectro;

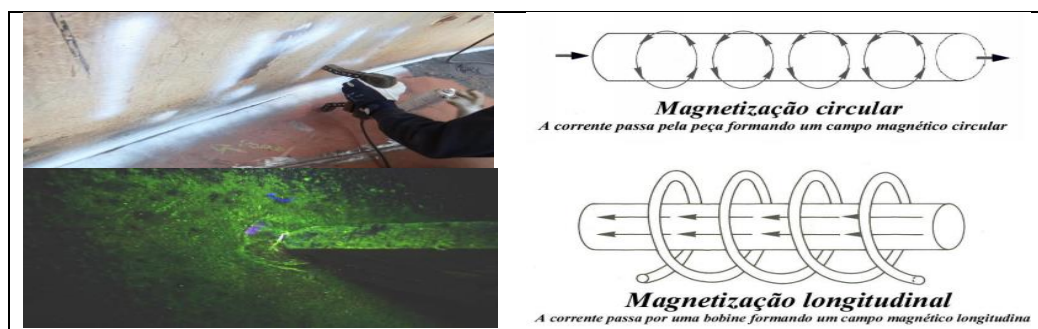


Figura 59 – Processo de controlo por Magnetoscopia.][35]

- Raios X: técnica relativamente versátil e de aplicação quase generalizada, mas que implica a protecção do analista e uma cuidada operação, para que os resultados possam ser o mais fiáveis possível, regulado pela Norma EN 1435. Nesta técnica, o custo e a necessidade de preservação do analista relativamente às radiações traz algumas limitações na sua aplicabilidade.

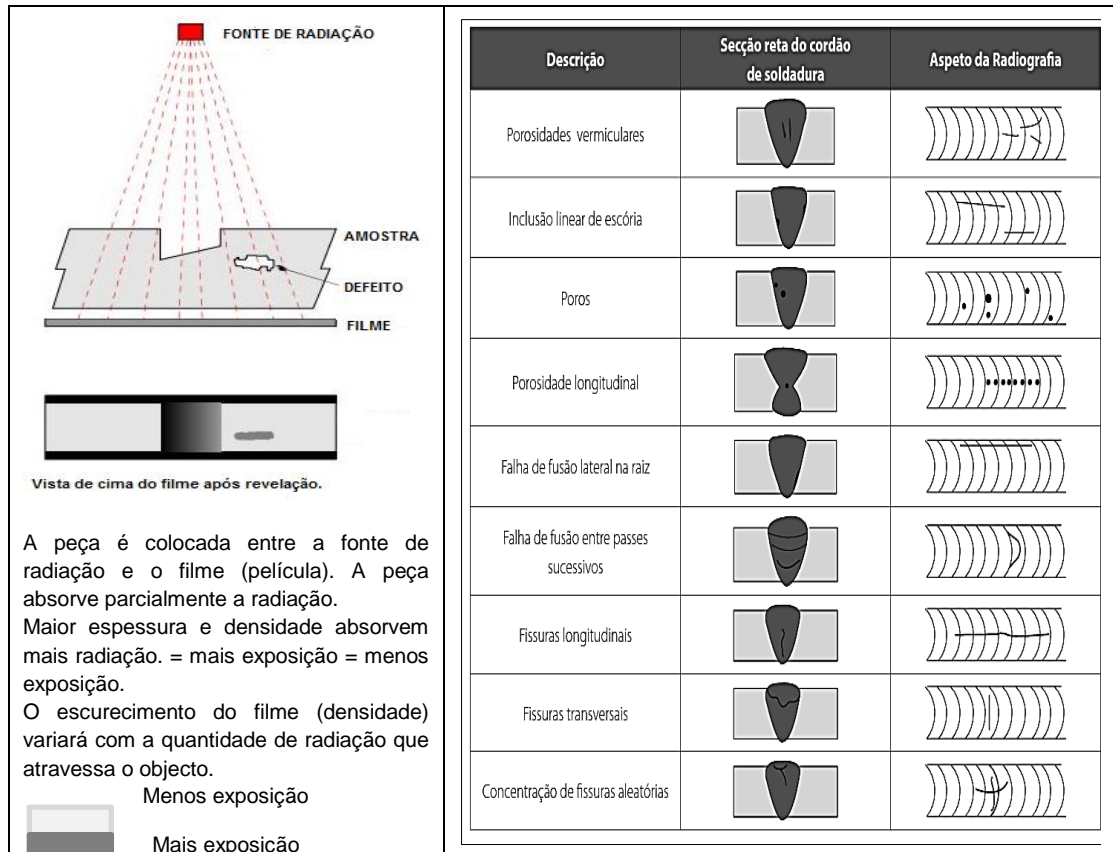


Figura 60 – Raios-X com película.[43]

- Ultra-sons: técnica bastante precisa e sem grandes limitações, regulada pela norma EN1714. No entanto, os analistas precisam ter uma adequada formação para saber calibrar o equipamento e interpretar resultados. São usadas sondas que emitem som de alta frequência que atravessam o material e são reflectidas nas paredes de fundo ou discontinuidades. A energia sonora reflectida é representada em função do tempo em um ecrã, podendo o inspector avaliar a secção da peça e também a profundidade a que se encontra a discontinuidade.

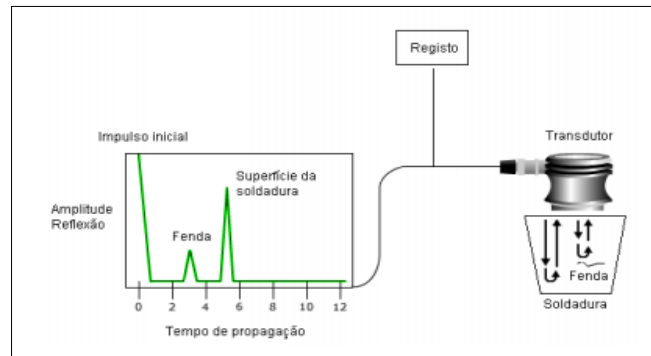


Figura 61 – Esquema geral de Inspeção por Ultrasons

- Correntes induzidas (ou de Eddy): é uma técnica usada essencialmente para a detecção de descontinuidades superficiais ou subsuperficiais, sendo normalmente usada quase exclusivamente para despistagem de defeitos na superfície ou perto dela, em tubos, condutas ou varões redondos.

No quadro infra apresentam-se as vantagens e desvantagens de cada um dos processos.

INSPECÇÃO NÃO DESTRUTIVA	VANTAGENS	DESvantagens
ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES EN 571-1	Método simples e com resultados rápidos; Aplicável a todos os metais; Sensível; Portátil; É utilizado em soldaduras de canto e topo.	Método lento; Só para descontinuidades em contacto com a superfície; Só permite analisar o lado com acesso; Não tem registo (só relatório); Não aplicável a materiais porosos.
ENSAIO POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS EN ISO 17638	Rápido (mais rápido do que os PT); Aplicável em superfícies pintadas; Portátil; Permite detectar alterações de materiais com propriedades magnéticas diferentes, assim como descontinuidades subsuperficiais ou superficiais que estejam obstruídas. É utilizado em soldaduras de canto e topo.	Somente é aplicável a materiais magnéticos; Limitado à forma e posição de descontinuidades superficiais ou subsuperficiais; Necessidade de desmagnetização das peças; Não tem registo (só relatório).
ENSAIO RADIOGRÁFICO EN 1435	Registo permanente (Película); Detecção de descontinuidades internas e externas; Utilização em todos os materiais.	Necessidade de protecção contra radiações; Necessidade de acesso aos dois lados da peça; Impossibilidade de detecção de descontinuidades em função do seu tipo e da sua orientação (exemplo, folheamento/delaminações); Resultados morosos (necessidade da exposição e de revelação da película).

INSPECÇÃO NÃO DESTRUTIVA	VANTAGENS	DESvantagens
CONTROLO POR ULTRASSONS EN ISO 17640	Ensaio que analisa todo o volume em tempo real; Controla, se necessário, só por um lado; Boa resolução/sensibilidade; Controla facilmente espessuras até 6 metros; Detecta facilmente descontinuidades planares (exemplo, folheamento – delaminações); Equipamento portátil.	Necessidade de operadores com muita formação e experiência; Necessidade de acesso/contacto e preparação das superfícies; Só aplicável a espessuras superiores a 6 mm ($\frac{1}{4}$ "- 10mm); Não aplicável a materiais porosos ou ferros fundidos cinzentos; Não tem registo (só relatório) salvo em técnicas automáticas

Quadro XXIV– Quadro comparativo de Inspeção Não Destrutiva.

Conforme se pode constatar há muitas técnicas de inspeção não destrutiva, contudo, há uma que deve ser sempre utilizada, até porque é de fácil aplicação, que é a inspeção visual.

A inspeção visual é talvez o ensaio mais comum e mais difundido na indústria, que se realiza a todos os momentos de produção, e que proporciona indicações imediatas, que frequentemente não precisam de uma interpretação elaborada. É um ensaio simples, rápido de executar, e de resultados imediatos, daí que tenha uma difusão muito ampla e em diversos tipos de produtos e equipamentos. É aplicado com frequência na deteção de defeitos, tais como:

- Falta de penetração;
- Bordos queimados;
- Sobreespessura e falta de enchimentos dos cordões de soldadura;
- Defeitos superficiais (exemplo: poros, fissuras).

A inspeção visual baseia-se no seguinte princípio, a peça a inspecionar, é iluminada com uma fonte de luz e, de seguida, examinada pelo inspetor.

Trata-se de um ensaio, no qual a preparação do inspetor que o realiza é essencial para que os resultados obtidos sejam fiáveis. O erro mais comum de quem realiza este tipo de ensaio é assumir que "o que se vê, é como se vê", e em muitos casos o que se está a ver deve ser interpretado em função da peça a inspecionar, e da própria técnica de observação.

A inspeção visual é dependente de vários factores como por exemplo:

- Iluminação: cor, intensidade, tipo, etc.;
- Características do produto;
- Técnica de observação empregue;
- Instrumentos e equipamentos utilizados.

A inspecção visual é um ensaio não destrutivo que deverá ser o primeiro a ser realizado, sofrendo a peça um primeiro controlo de resposta rápida e de baixo custo.

A norma ISO 17637 define requisitos mínimos para a execução de inspecção visual em soldadura, estabelecendo alguns tópicos importantes que vale a pena referir:

- Mínimo de iluminação na superfície a inspecionar de 350 lux, no entanto recomendam a utilização de 500 lux;
- Ângulo de visualização não deve ser inferior a 30°
- Distância de visualização não superior a 600 mm excepto quando tal não for possível por condicionantes externas ao ensaio.

A inspecção visual pode ser dividida em dois métodos:

1. Inspecção visual directa - resulta da observação directa, na qual pode utilizar, ou não, equipamentos auxiliares como por exemplo lupas e microscópios.
2. Inspecção visual indirecta - resulta da aplicação de técnicas de visão artificial como meio auxiliar. Os requisitos fundamentais para a obtenção de bons resultados, com este tipo de inspecção, são a limpeza e a iluminação da peça a examinar.

Para auxílio da inspecção visual e registo/medição das discontinuidades verificadas aquando da realização do ensaio não destrutivo é necessário o recurso a vários equipamentos de forma a poder fazer uma correta avaliação da peça como por exemplo os equipamentos representados na Figura 62.

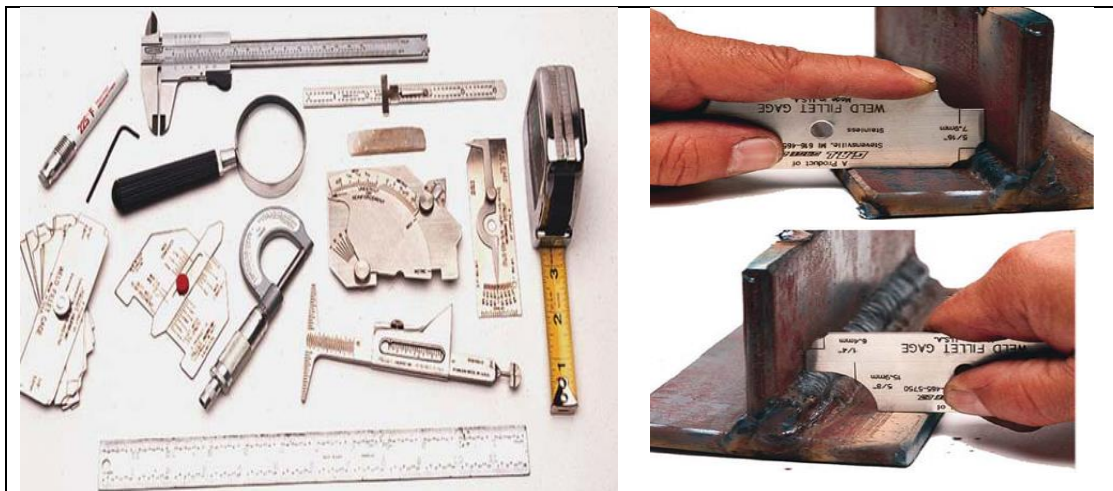


Figura 62 – Equipamentos utilizados na inspecção visual de soldaduras.

A inspecção visual é dividida em três etapas:

1. Detecção - análise da peça identificando uma a discontinuidade na peça;
2. Interpretação - identificação da discontinuidade;

3. Avaliação - Analise da descontinuidade e comparada com o valor máximo permitido pelo critério de aceitação estabelecido.

Caso exista uma descontinuidade que ultrapasse o critério de aceitação estabelecido a peça têm um defeito e deve ser reparada ou rejeitada. As principais vantagens da utilização desta técnica de ensaio não destrutivo são:

- Facilidade de execução;
- Interpretação simples
- Rapidez na execução do ensaio;
- Baixo custo.

As principais desvantagens da utilização desta técnica de ensaio não destrutivo são:

- Só consegue detectar descontinuidades superficiais;
- Inspeção extremamente dependente da acuidade visual do inspector;
- Conhecimento elevado do processo de fabrico.

Nem todas as soldaduras são perfeitas e ausentes de descontinuidades, sendo a existência de descontinuidades numa soldadura, não significa necessariamente que a mesma seja um defeito.

Existe uma enorme diferença entre descontinuidade e defeito em soldadura e depende de aplicação a que se destina o componente e é em geral caracterizado pela comparação das descontinuidades observadas ou propriedades medida com níveis de aceitação estabelecidos numa norma ou código de construção.

Desta forma é necessário definir alguns termos importantes como por exemplo descontinuidade, defeito e imperfeição.

Uma descontinuidade é uma interrupção da estrutura típica de uma junta soldada, podendo-se considerar como descontinuidade, a falta de homogeneidade de características físicas, mecânicas ou metalúrgicas do material ou da soldadura.

Enquanto um defeito de soldadura tem origem numa descontinuidade e que ultrapassa o critério de aceitação estabelecido (quando comparado). Quando a descontinuidade não ultrapassa o critério de aceitação a soldadura apresenta uma imperfeição, daí no início deste ponto ter referido que não existem soldaduras perfeitas mas sim com imperfeições e não como convencionalmente referido mundo da metalomecânica.

Na figura 63 está representado um fluxograma exemplificativo sobre quais as etapas e a distinção entre as definições abordadas anteriormente.

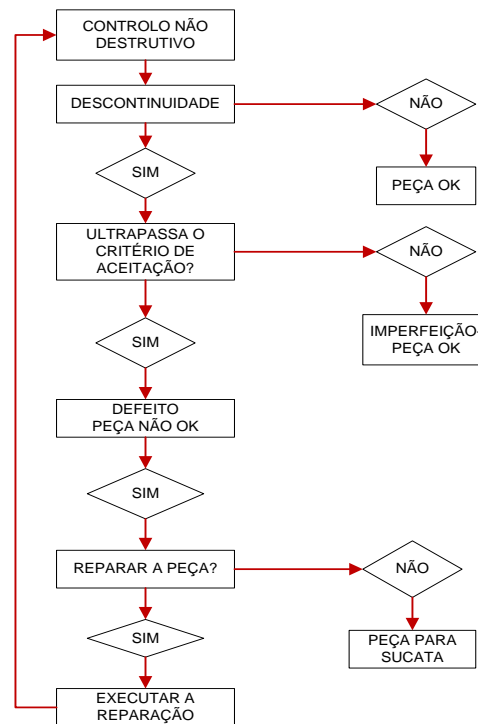


Figura 63 – Etapas de Controlo Não Destrutivo.

A soldadura, apesar de ser um processo largamente utilizado e com benefícios enormes para a indústria metalomecânica no seu global, é um processo extremamente susceptível à geração de defeitos, os quais podem acarretar consequências extremamente graves em serviço.

Segundo Clifford Mathews, da ASME (American Society for Mechanical Engineers), entre as causas mais comuns para o aparecimento de defeitos de soldadura figuram as fracas condições na execução de projecto (45%), os erros do operador, onde se inclui a parametrização do processo (32%), a má execução do processo no que diz respeito à sua técnica e processo seleccionado (12%), má conjugação do binómio material de adição (10%) e ainda a má preparação da junta (5%).

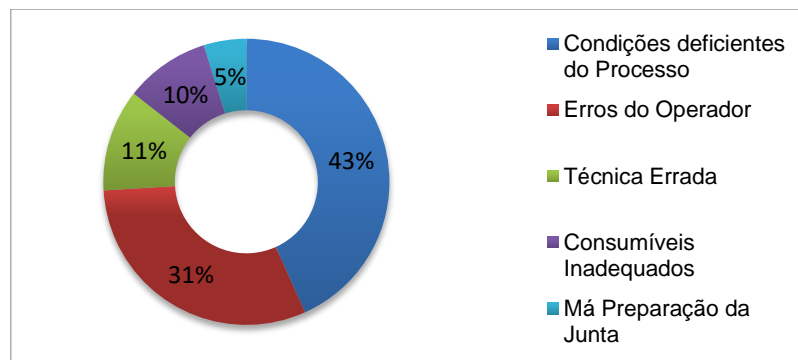


Figura 64 – Principais causas para o aparecimento de defeitos de soldadura

A maioria das ligações soldadas são efectuadas em oficina. Um dos problemas que mais afecta as ligações soldadas é a falta de ductilidade do material de adição; todavia, este problema pode ser resolvido se forem respeitadas determinadas regras. Em ligações estruturais deve-se usar sempre soldadura por arco, excepto em casos especiais tais como "stud welding". Quando se adopta este procedimento, as propriedades mecânicas do metal de adição devem ser compatível com as do metal de base e a espessura das peças a ligar deve ser igual ou superior a 4mm (na soldadura de elementos de paredes finas pode haver necessidade de se aplicar regras especiais).

Os defeitos têm como característica a amplificação das tensões presentes nas soldaduras devido à redução da área resistente que a estes se encontra associada, ou seja, quanto maior o defeito, maior a redução da área resistente da soldadura e conseqüentemente menor a resistência da soldadura às solicitações. Por sua vez estas descontinuidades apresentam diversas características que devem ser tidas em conta, sendo estas: a sua dimensão, a sua intensidade, orientação em relação à soldadura e sua respectiva localização na soldadura.

A classificação dos defeitos de soldadura não é consensual assim, neste caso, considerou-se que os defeitos das soldaduras seriam classificados como defeitos geométricos quando são imperfeições nas dimensões da ligação soldada, ou na forma dos cordões de soldadura, cuja gravidade irá depender essencialmente da aplicação. E defeitos intrínsecos quando são descontinuidades na micro ou macroestrutura, na zona da soldadura. Normalmente, estes defeitos estão associados à falta de material ou à presença de material estranho á soldadura (ver figura 65).

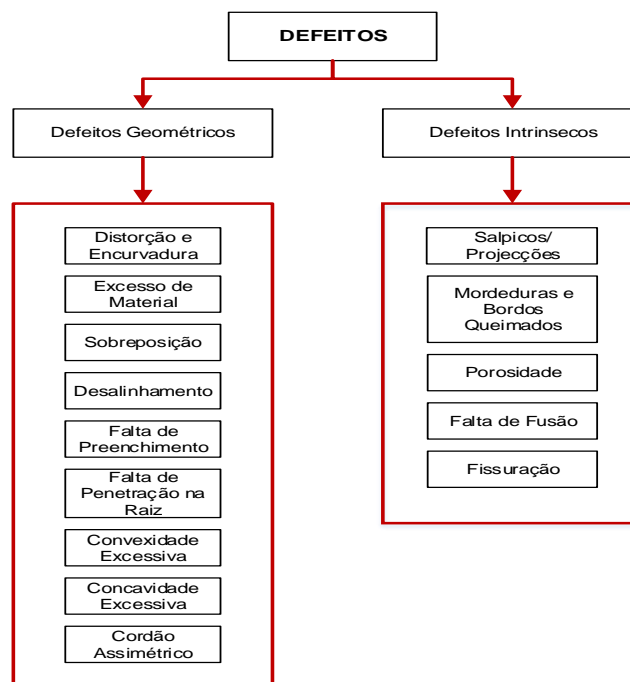


Figura 65 – Principais defeitos de soldadura.



Figura 66 – Forma dos cordões de soldadura em função dos erros de regulação eventualmente cometidos sobre cada um dos parâmetros de soldadura no processo de Eléctrodos revestidos.

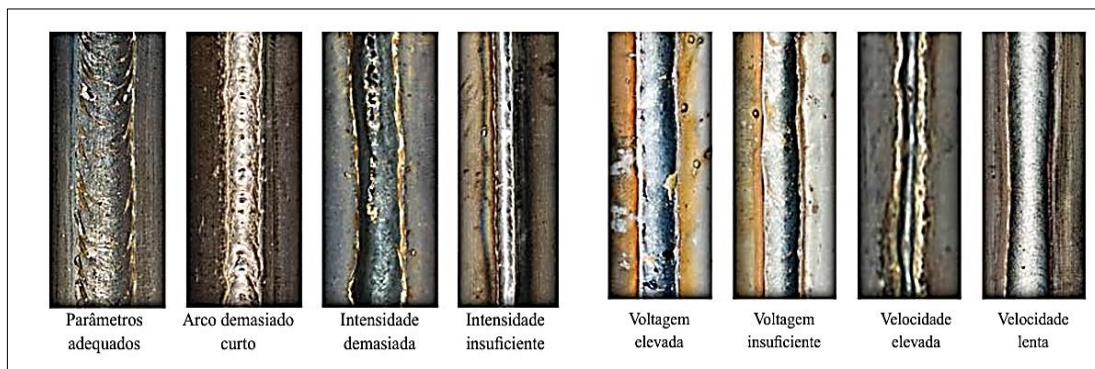


Figura 67 – Influência do desvio isolado de determinados parâmetros no aspecto dos cordões de soldadura no processo MAG

É também necessário referir que todos os trabalhos de reparação devem ser rigorosamente controlados, uma vez que as reparações efectuadas podem originar defeitos ainda mais gravosos, que os que se pretendiam eliminar.

De referir que algumas anomalias permanecem sempre nas peças soldadas:

- Umas que são aceites e consideradas como tendo menor relevância;
- Outras que escapam ao controlo da qualidade.

4.6.3 Considerações Finais

É condição essencial e obrigatória para que o fabrico decorra com normalidade e a temporalidade previamente definida que se estabeleçam prioridades de fabrico. Para o caso em estudo definiram-se as seguintes prioridades de fabrico:

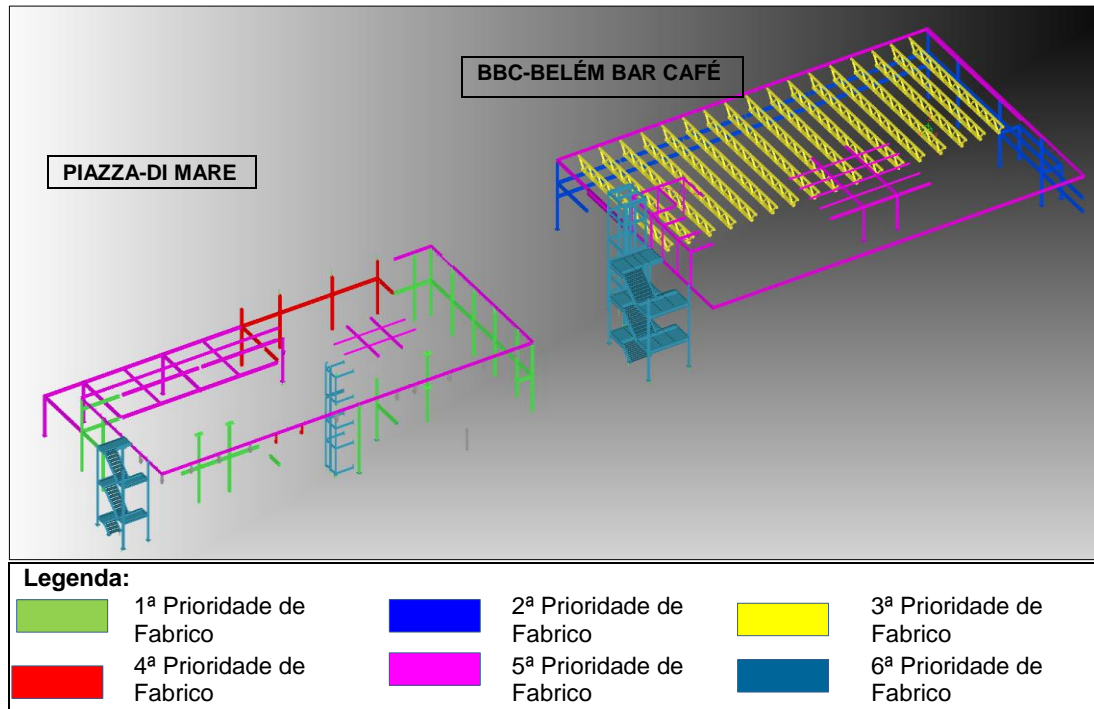


Figura 68 – Prioridades de Fabrico Ex-Edifício BBC-PIAZZA DI MARE.

As actividades desenvolvidas durante o processo de fabrico encontram-se enunciadas no quadro seguinte consoante a prioridade de fabrico:

ANÁLISE DE PRODUÇÃO									
		1ª Prioridade de Fabrico		2ª Prioridade de Fabrico		3ª Prioridade de Fabrico		4ª Prioridade de Fabrico	
		Peso	8819Kg	Peso	11684Kg	Peso	28356 Kg	Peso	2766Kg
Operações Realizadas		Soldar		Soldar				Movimentar	
		Montar		Movimentar				Montar	
Local de Produção		Laser		Montar				Soldar	
		Movimentar		Corte Perfis				Laser	
		Limpar		Corte Chapa				Quinar	
		Metaloviana		Metaloviana		Subempreitado		Caravela	
5ª Prioridade de Fabrico				6ª Prioridade de Fabrico					
		Peso	42607Kg	Peso	20706 Kg				
Operações Realizadas		Montar		Soldar		Montar			
		Soldar		Montar		Soldar			
		Movimentar		Laser		Corte Perfis			
		Corte Perfis		Corte Perfis		Marcação			
		Laser		Quinar		Furação			
Local de Produção		Caravela		Metaloviana		Caravela			
PESO TOTAL DA ESTRUTURA FABRICADA:						114938 Kg			

Quadro XXV – Análise de Produção Ex-Edifício BBC-PIAZZA DI MARE.

Neste subcapítulo foi dado especial enfoque à fase da soldadura, devido à sua complexidade de execução e relevância para o caso em estudo.

Com referência ao caso em estudo, e apesar de anteriormente se ter especialmente ressalvado que a soldadura deverá ser realizada preferencialmente em oficina devido ao controlo rigoroso em termos de qualidade que necessita, verificou-se indispensável realizar soldaduras em obra. Das quais se destaca as seguintes soldaduras:

- **Edifício Piazza**

Ligação das Vigas do Piso Intermédio aos Pilares do alinhamento 1 (Fachada virada a Sul) – P30 ao P33;

Viga VM3 ao Pilar Metálico P33 e nos Cachorros;



Figura 69 – Soldaduras realizadas em Obra no Edifício Piazza.

- **Edifício BBC**

Ligação da estrutura do elevador ao piso de cobertura através de duas chapas 400x200x20 soldadas ao perfil HEB200 nos banzos e ao perfil SHS160x5 da estrutura do elevador.

Ligação dos Pilares Metálicos Existentes à Viga alinhamento A (PME35 ao PM15) e no Alinhamento 5 (PME01 ao PME07) – conforme se ilustra na Figura 62.

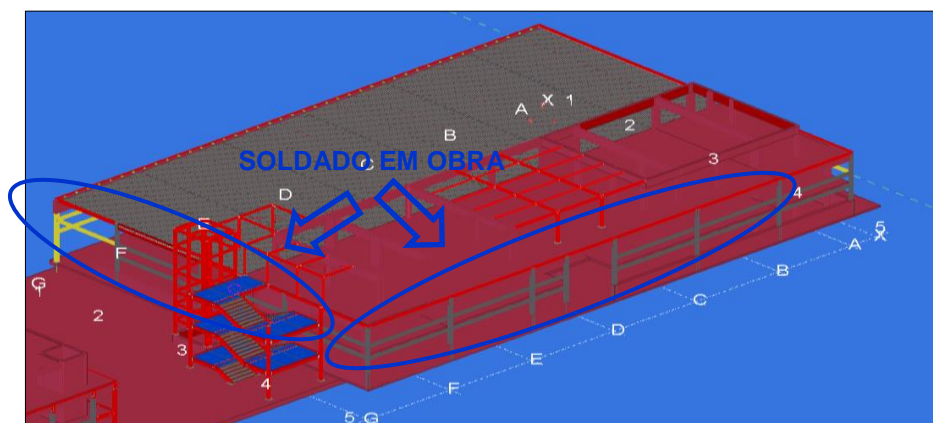


Figura 70 – Soldadura realizada em Obra no Edifício BBC

A soldadura em obra acarreta normalmente dificuldades acrescidas, já que este tipo de ligação está fortemente dependente das condições envolventes à sua execução, devendo prevalecer soldaduras executáveis em oficina.

Em oficina os processos utilizados foram soldadura por arco sob atmosfera activa com fio fluxado (Soldadura /MAG/FF- 136 e 138) e em estaleiro utilizou-se soldadura por eléctrodo revestido.



Figura 71 – Soldadura MAG/FF realizada nas Instalações da Metaloviana

Em termos de Ensaios Não Destrutivos todas as soldaduras foram todas submetidas a inspeção visual, 10% das soldaduras topo a topo transversais e soldaduras de penetração parcial sujeitas a esforços de tracção com $U \geq 0,5$ a ensaios por Ultra-Sons, assim como, 5% das soldaduras topo a topo transversais e soldaduras de penetração parcial em Juntas em T. Por último, as juntas de canto sujeitas a esforços de tração ou corte com espessura do cordão superior a 12mm ou a espessura do material (t) superior a 20mm foram sujeitas a inspeção por partículas magnéticas.

Os defeitos detectados foram porosidades, salpicos e mordeduras que foram corrigidos quando não estão em conformidade com os parâmetros de aceitação.



Figura 72 – Defeitos de soldadura detectados.

A título conclusivo é importante salientar alguns pontos que deverão ser tidos em conta na fase de projecto por forma a facilitar o fabrico:

- Em projecto, na concepção das juntas ter-se-á de ter em consideração a facilidade de fabrico e montagem, devendo ter-se em atenção aos espaçamentos necessários para apertar os parafusos, às necessidades de acesso para executar as soldaduras, aos requisitos dos processos de soldadura e aos efeitos das tolerâncias angulares e lineares no ajustamento das peças.
- Deve ainda ter-se em atenção os requisitos derivados das necessidades de: inspecções posteriores; tratamento de superfícies; manutenção.
- Qualquer desempenho ou enformação a realizar, devem ser feitos com recurso a processos que não reduzam as propriedades dos materiais para além dos especificados.
- Os perfis que tenham sido galvanizados, devem ser novamente desempenados ou enformados caso necessário, de modo a satisfazer os limites das tolerâncias especificadas.
- Os critérios relativos aos empenos a exigir nas superfícies de contacto para transmitir as forças devem ser especificados.
- Deve indicar-se no caderno de Encargos, qualquer tratamento especial que seja necessário aplicar, nomeadamente nas peças recortadas.
- As superfícies e bordos não devem ter defeitos susceptíveis de prejudicar a eficácia do sistema de protecção aplicado.[25]

4.7 Sistemas de Protecção

4.7.1 Corrosão

A corrosão é um dos principais mecanismos de degradação das estruturas de aço. Este facto torna essencial proteger as estruturas metálicas para prevenir a corrosão e possibilitar o bom desempenho no tempo de vida útil previsto.

Os materiais mais utilizados na construção civil são os aços, os ferros fundidos e as ligas de alumínio, cobre e zinco. Para além dos processos físicos de deterioração, de que se destaca principalmente a fadiga, a corrosão constitui a principal forma de degradação destes materiais. O desempenho à corrosão depende naturalmente, não só do tipo de metal ou liga e da sua microestrutura, mas também das condições de exposição.

Dado que os mecanismos de corrosão e os factores que determinam a velocidade de corrosão no ar, na água e no solo são distintos, é usual considerar três tipos de exposição: atmosférica, em águas e em solos. Por sua vez na exposição atmosférica, são habitualmente consideradas várias categorias de corrosividade que dependem

principalmente, da humidade e da presença de agentes agressivos como, por exemplo, os cloretos e o dióxido de enxofre.

Alguns metais, como o aço inoxidável, formam espontaneamente na sua superfície uma fina camada de óxidos, muito estável e aderente, que proporciona uma barreira protectora eficiente e confere a este tipo de aços uma excelente resistência à corrosão uniforme em diversos ambientes. Contudo a grande maioria dos materiais metálicos utilizados na construção, devido à sua fraca resistência à corrosão, necessita de ser protegida, sendo o método de protecção mais usual a aplicação de revestimentos que exercem efeito barreira entre o metal e o meio ambiente. Os alumínio são protegidos por anodização ou por lacagem. O aço não ligado é habitualmente revestido com revestimentos metálicos, com revestimentos orgânicos ou mesmo, com revestimentos mistos (sistemas duplex), constituídos por revestimentos metálicos e orgânicos.



Figura 73 – Exemplos de Corrosão Uniforme [47].

Assiste-se actualmente a importantes desenvolvimentos na área dos revestimentos de protecção de materiais metálicos, impulsionados quer pelas crescentes exigências de desempenho na protecção anti-corrosiva quer pelas crescentes exigências de sustentabilidade ambiental.

Para além da aplicação de revestimentos, outro método comum utilizado contra a corrosão de estruturas metálicas é a protecção catódica. Este tipo de protecção envolve a modificação do potencial do substrato metálico, seja pela aplicação de uma corrente fornecida por uma fonte de alimentação ou pela acção galvânica resultante da ligação elétrica a um metal mais electronegativo. Em alguns casos, a eficácia da protecção contra a corrosão pode ser melhorada através da utilização conjunta da protecção catódica com sistemas de revestimento adequado.

Embora exista uma grande variedade de sistemas de protecção, não existe uma solução universal para a protecção contra a corrosão das estruturas de aço. Assim, deve ser escolhido um sistema de protecção apropriado, de acordo com os requisitos especificados, considerando diferentes factores: o projecto, a preparação da superfície, o custo, a aplicação, o desempenho, a manutenção, a agressividade do ambiente e as condições de exposição expectáveis.

4.7.2 Classificação de Ambientes de Corrosividade Atmosférica

Ao seleccionar um sistema de protecção, é fundamental apurar correctamente as condições a que as estruturas, instalações ou construções vão estar sujeitas quando operacionais. A fim de se estabelecer o efeito da corrosividade ambiental, é necessário ter em conta os seguintes factores:

- Humidade e temperatura (temperatura de serviço e gradientes térmicos);
- Presença de radiação UV;
- Exposição química (exemplo: uma exposição específica numa instalação química);
- Solicitação mecânica (impacto, abrasão, etc.).

No caso de estruturas enterradas, devem ser consideradas as características e o arejamento (presença de oxigénio) do solo onde vão ser colocadas. A humidade e o pH do terreno, assim como a eventual exposição biológica a bactérias e microorganismos, assumem uma importância crítica.

No caso de estruturas imersas, é também importante conhecer o tipo e a composição química da água.

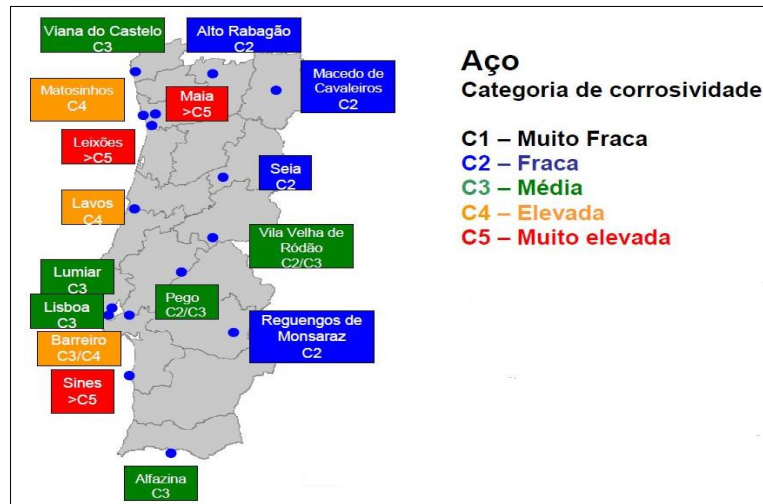
A corrosividade do meio ambiente vai ajudar a determinar:

- O tipo de tinta a utilizar;
- A espessura total do sistema de pintura;
- A preparação de superfície exigida;
- Os intervalos de recobrimento, mínimo e máximo.

É de salientar que, quanto mais agressivo for o ambiente, mais rigorosa e cuidada deverá ser a preparação da superfície. Adicionalmente, torna-se ainda mais importante que sejam respeitados os intervalos de recobrimento entre as diversas demãos que compõem o sistema de pintura, incluindo retoques que sejam necessários.

A protecção anti-corrosiva a aplicar às estruturas metálicas é definida, atempadamente, em projecto, em função da agressividade do meio onde o edifício será implantado. O esquema de tratamento e acabamento será previsto para corresponder aos diversos ambientes e longevidade necessária.

Segundo a Parte 2 da ISO 12944, são indicadas as classificações de corrosividade relativas a ambientes da atmosfera, do solo e da água. Trata-se de uma avaliação genérica, baseada no tempo de corrosão do aço-carbono e do zinco. Não reflecte exposições específicas de natureza química, mecânica ou de temperatura. Contudo, a classificação indicada pela norma pode ser aceite como um bom indicador que deve ser tido em consideração na selecção global de sistemas de pintura para um determinado projecto.



Categori a	Corrosiv idade	Velocidade de Corrosão		Exemplos de ambientes típicos em climas temperados (apenas informativo)	
		g/(m2ano)	µg/ano	Exterior	Interior
C1	Muito Baixa	≤10	≤1.3	-	Edifícios aquecidos, com atmosferas limpas (escritórios, lojas, escolas, hotéis)
C2	Baixa	>10≤200	>1.3≤2.5	Atmosferas com baixo nível de poluição. Principalmente áreas rurais	Edifícios não aquecidos onde a condensação pode ocorrer (depósitos, pavilhões desportivos)
C3	Média	>200≤400	>25≤50	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada de SO ₂ . Áreas costeiras com baixa salinidade	Salas de produção com alta humidade e alguma poluição (instalações de processamento de alimentos, lavandarias, fábricas de cervejas e de lacticínios)
C4	Alta	>400≤650	>50≤80	Áreas industriais e áreas costeiras com elevada salinidade	Indústrias químicas, piscinas, estaleiros navais
C5-I	Muito alta (industrial)	>650≤1500	>80≤200	Áreas industriais com alta humidade e atmosfera agressiva	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição
C5	Muito alta (marítima)	>1500	>200	Áreas costeiras e "offshore" com alta salinidade	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição

Quadro XXVI – Classificação das categorias de corrosividade atmosférica segundo a EN ISO 12944-2

As categorias para estruturas imersas ou enterradas segundo a ISO 12944 são:

Categoria de Corrosividade	Ambiente	Exemplos de Ambientes Estruturas
Im1	Água doce	Instalações de rio, centrais hidroelétricas.
Im2	Água do mar ou salobra	Áreas portuárias com estruturas, tais como portas de comportas, diques, quebra-mares, estruturas de plataforma.
Im3	Solo	Tanques enterrados, condutas de aço e vigas de aço.

Quadro XXVII – Categorias para estruturas imersas ou enterradas segundo a ISO 12944.

4.7.3 Revestimentos de Protecção

A aplicação de revestimentos constitui o meio de protecção mais usual para as estruturas em aço. Os revestimentos de protecção integram habitualmente várias camadas compatíveis entre si. O aço não ligado é habitualmente revestido com revestimentos metálicos, por exemplo, os revestimentos à base de zinco ou zinco e alumínio, ou com revestimentos orgânicos (tintas e vernizes), ou mesmo com revestimentos, constituídos por revestimentos metálicos e orgânicos ("sistemas duplex"). Desde que sejam respeitados os períodos de manutenção geralmente a durabilidade de um revestimento misto é superior à soma da durabilidade de cada um dos revestimentos, uma vez que se beneficia de um efeito sinérgico entre eles.

Estes sistemas podem funcionar da seguinte forma:

- **Protecção por efeito barreira-** Desenvolve-se uma barreira que isola o substrato impedindo o contacto com a água e o oxigénio, através de aplicação de espessuras elevadas, ligantes com permeabilidades muito baixas e pigmentos laminares (alumínio, óxido de ferro micáceo).
- **Protecção por efeito inibição-** Este mecanismo utiliza substâncias que inibem o processo corrosivo, interferindo nas reacções catódicas ou anódicas do processo electroquímico da corrosão. A actuação destas substâncias implica uma certa solubilidade na humidade que atravessa normalmente o filme de tinta, daí que não deve ser utilizado nunca em emersão.
- **Protecção galvânica-** Este mecanismo usa as propriedades anódicas sacrificiais do zinco metálico, em relação ao aço e é próprio das tintas normalmente designadas como sendo ricas em zinco. O factor fundamental é o teor do zinco no revestimento assegurando o contacto partícula a partícula.

Para garantir um adequado desempenho destes sistemas de protecção devem ser tidos em conta os seguintes factores:

- Caracterização das condições ambientais;
 - Estabelecimento dos requisitos exigidos ao sistema de revestimento e selecção do mais adequado nessas condições;
 - Adequação do revestimento tendo em conta os pormenores de projecto e as técnicas de aplicação;
 - Preparação de especificações técnicas inequívocas sobre revestimento de protecção;
 - E controlo da qualidade dos materiais a aplicar e do processo de aplicação.
 - Inspecção de todas as fases do processo de aplicação do revestimento.
-

Além destes factores também é fundamental uma preparação adequada da superfície do aço para melhorar a adesão ao revestimento.[46]

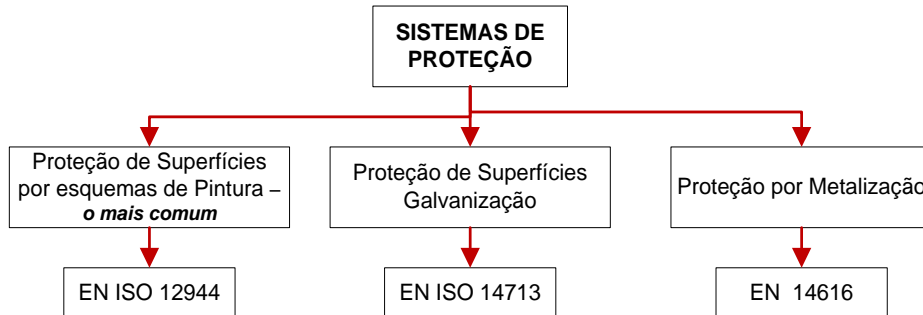


Figura 74 – Tipos de Protecção.[25]

4.7.3.1 Pintura

Os esquemas de pintura são os sistemas de protecção mais aplicados nas estruturas metálicas, pois oferecem diversas vantagens, tais como, fácil aplicação, inexistência de limitações na dimensão de elementos a proteger, possibilidade de aplicação em obra e acabamento decorativo. A protecção fornecida por este sistema é geralmente assegurada mediante a aplicação de várias camadas de tinta, cada uma com uma função específica, formando assim, um revestimento orgânico de protecção por barreira. Os diferentes tipos de camadas são definidos segundo a ordem de aplicação do substrato (primário, camada (s) intermediária (s) e camada de acabamento, com cores diferentes para facilitar a sua identificação, quer durante a fase de aplicação quer já na fase de exploração e conservação.[48]

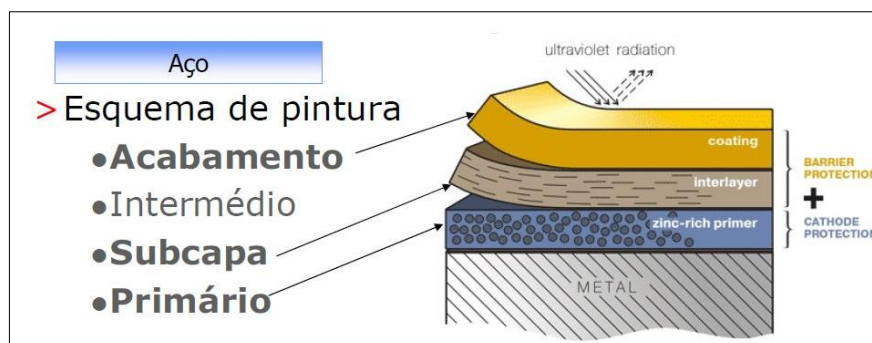


Figura 75 – Esquema de Pintura.

Um esquema de pintura com uma protecção eficaz contra a corrosão deve ser aplicável sobre um conjunto especificado de condições: a secagem/cura deve ser feita dentro do limite especificado; aderir eficazmente ao substrato metálico, fornecer um revestimento com propriedades adequadas, cumprir requisitos de decoração e cumprir a durabilidade especificada.

O primário aplicado deve possuir características de "molhagem da superfície de aço, proporcionando uma boa aderência ao substrato e uma protecção anticorrosão, ao mesmo tempo que originam uma boa base de aderência às tintas subsequentes. A camada intermediária é utilizada para aumentar a espessura geral do esquema de pintura. O acabamento deve apresentar boas características de resistência aos factores ambientais, por exemplo, luz ultravioleta do sol, possuir resistência à abrasão e proporcionar um acabamento decorativo especificado. Os esquemas de pintura podem ser aplicados em estaleiro ou "in situ". A aplicação oferece vantagens como maior controlo das condições de aplicação, maior facilidade na reparação de danos e melhor controlo de desperdícios e poluição. Quanto às desvantagens existem limitações quanto às dimensões dos componentes e à possibilidade de provocar danos durante o seu manuseamento, transporte e montagem.

Existem três grandes tipos de tintas:

- Tintas de secagem por oxidação- Tintas alquídicas que formam película por reacção com o oxigénio do ar.
- Tintas de secagem física - Tintas reversíveis e termoplásticas. Poder ser à base de solventes orgânicos ou de base aquosa (por exemplo, tintas acrílicas). Estes últimos apresentam grandes vantagens do ponto de vista ambiental.
- Tintas de secagem por reacção química- Tintas não reversíveis e não termoplásticas que filmificam por uma reacção química (entre os seus componentes) (por exemplo, tintas epoxídicas, de poliuretano, etc.).

4.7.3.2 Revestimentos Metálicos

Os revestimentos metálicos, que são normalmente compostos por zinco ou ligas de zinco e alumínio, formam uma ligação química com o metal base e conferem protecção das estruturas metálicas contra a corrosão, por acção barreira e por protecção galvânica. Os métodos de aplicação mais utilizados são:

- Imersão a quente;
- Projecção térmica;
- Electrodeposição;
- Sherardização.

A Galvanização a quente é um processo de aplicação de revestimentos de zinco a componentes de aço ou ferro fundido através de imersão do componente em banho de zinco fundido. A simplicidade do processo de galvanização a quente é uma vantagem sobre outros métodos de protecção contra a corrosão.

Os revestimentos aplicados por projecção térmica envolvem o aquecimento de materiais até que estes atinjam um estado plástico ou fundido para depois projecta-los sobre uma superfície metálica previamente tratada, possibilitando a metalização por chama ou por arco eléctrico. Também podem ser aplicados por pós-tratamentos para obter propriedades específicas do material depositado.

A electrodeposição é um processo utilizado para protecção contra a corrosão através da deposição de diferentes metais no substrato metálico. Nas estruturas de aço, os revestimentos de zinco são mais utilizados por este método de aplicação, dependendo a sua capacidade de protecção da espessura e das condições de serviço

A sherardização é um processo de difusão térmica onde os componentes de aço são aquecidos juntamente com uma mistura composta por pó de zinco (com ou sem material inerte) ate uma temperatura de processamento, normalmente abaixo do ponto de fusão do zinco, num recipiente fechado. Durante este processo, formam-se ligas de zinco/ferro com a superfície do aço. A sherardização é geralmente utilizada para proteger contra a corrosão e o desgaste. Enquanto que a protecção contra a corrosão é influenciada pelo método de aplicação e condições de exposição ambiental. A protecção contra o desgaste é influenciada é proporcionada por propriedades específicas deste tipo de revestimentos, tais como resistência à abrasão e dureza elevada.[49]

4.7.4 Selecção de Revestimentos de Protecção

Durante a selecção do revestimento para protecção contra a corrosão de aço estrutural devem ponderar-se as vantagens e desvantagens de ambos os tipos de revestimentos disponíveis metálicos ou obtidos com esquemas de pintura:

ESQUEMAS DE PINTURA		REVESTIMENTOS METÁLICOS
VANTAGENS	<p>Geralmente a aplicação é fácil.</p> <p>A aplicação dos diferentes tipos de revestimento ao aço é mais simples.</p> <p>O equipamento necessário à pintura é adquirido facilmente.</p> <p>Não existem limites na dimensão ou tipo de estrutura.</p> <p>Ao contrário dos revestimentos metálicos proporcionam uma boa resistência em condições ácidas e podem cumprir com diversos requisitos devido à disponibilidade de uma ampla gama de produtos e cores.</p> <p>A NP EN ISO 12944-5:2007 fornece orientação na identificação e selecção de esquemas de pintura mais adequados.</p>	<p>A aplicação é simples e facilmente controlável.</p> <p>A especificação é mais simples e devido às normas disponíveis e ao maior nível de certeza quanto ao desempenho.</p> <p>A durabilidade é fácil de prever e raramente ocorrem falhas prematuras.</p> <p>Maior resistência aos danos e ao manuseamento mais fácil.</p> <p>A resistência à abrasão é aproximadamente 10 vezes superior, ou mais, aos esquemas de pintura convencionais.</p> <p>Em caso de danos, a corrosão ataca preferencialmente o revestimento metálico, em vez do aço estrutural. É possível um revestimento espesso nas bordas</p>
DESvantagens	<p>A aplicação é susceptível de muitos erros quando a mão-de obra tem pouca qualidade. Logo devem ser adoptados procedimentos adequados no controlo da qualidade.</p> <p>A vida expectável é muitas vezes difícil de prever mesmo quando estão disponíveis normas e especificações.</p>	<p>Quando é necessária pintura adicional, a aplicação no revestimento metálico pode ser complicada.</p> <p>Na galvanização por imersão a quente existem limitações nas dimensões permitidas para fabricação e na disponibilidade de plantas de galvanização.</p> <p>Se não for aplicada protecção adicional os revestimentos metálicos normalmente desenvolvem uma aparência pouco agradável com o tempo.</p> <p>Quando é necessário soldar depois da aplicação de um revestimento metálico ou quando ocorrem danos graves no revestimento, é difícil atingir um Padrão de protecção idêntico ao resto da estrutura nessas zonas.</p>

Quadro XXVIII – Quadro comparativo de Sistemas de Protecção.[46]

Os factores mais importantes na selecção de revestimentos de protecção são: o tipo de estrutura e a sua importância, que permitem estabelecer o tempo de vida desejável; a caracterização ambiental, nomeadamente macro e micro climas, durabilidade exigida e o desempenho do revestimento e o seu custo. Particularmente, a temperatura e a humidade ambiental são muito importantes devido à sua influência no desempenho da durabilidade do revestimento. Devem ser aplicados revestimentos com elevada resistência em ambientes agressivos, enquanto revestimentos menos resistentes são satisfatórios para ambientes moderados, pois são normalmente de baixo custo.

4.7.5 Protecção ao Fogo

Como é do conhecimento geral o aço tem um fraco desempenho quando sujeito a altas temperaturas. Por um lado a sua elevada condutividade térmica faz com que a temperatura se propague rapidamente e por outro as suas propriedades mecânicas degradam-se drasticamente com o aumento da temperatura. Assim, qualquer que seja o sistema estrutural adoptado para uma edificação, ele terá inevitavelmente perda de resistência mecânica quando sujeito a altas temperaturas.

A capacidade resistente do aço diminui drasticamente com o aumento da temperatura. A 700°C possui apenas 23% da sua capacidade resistente à temperatura ambiente, a 800°C já só possui 11% e a 900°C restam somente 6% daquela capacidade resistente. O efeito da temperatura pode ser observado na Figura 68, onde estão representados gráficos tensão-extensão do Aço S235 para várias temperaturas. Por outro lado o módulo de elasticidade a 600°C reduz-se cerca de 30% do seu valor à temperatura ambiente, e a tensão de cedência aquela temperatura vale cerca de 50% do seu valor à temperatura ambiente.

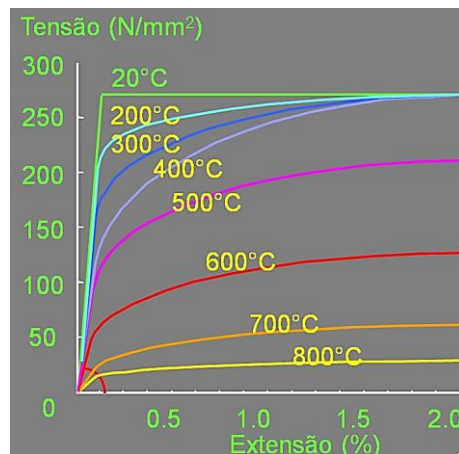


Figura 76 – Diagrama de tensão-extensão do Aço a Alta Temperatura

Assim a regulamentação vigente contém um conjunto de disposições destinadas a dar resposta às exigências de segurança contra incêndio, tendo em vista que as construções devem ser projectadas e construídas de tal forma que, na hipótese de ocorrência de um incêndio:

- A produção e propagação de fogo e fumo, no interior da construção, sejam limitadas;
- A propagação do incêndio a construções vizinhas seja limitada;
- Se possam evacuar os seus ocupantes ou salvá-los por outros meios;
- A segurança das equipas de intervenção seja tida em consideração;

- A capacidade resistente da construção possa ser garantida durante um período de tempo pré-determinado.

A resistência ao fogo define-se como o tempo que decorre desde o início de um processo de aquecimento normalizado (ISO 834) a que um elemento é submetido até ao momento em que ele deixa de desempenhar as funções para que foi projectado.

A maneira mais simples de garantir a resistência ao fogo de uma estrutura consiste em assegurar que os seus elementos (vigas, pilares, lajes) trabalhando isoladamente possuem a resistência ao fogo exigida regulamentarmente. No caso de estruturas de aço alguns países recomendam temperaturas críticas que não devem ser excedidas antes do tempo regulamentar. Em Portugal, por exemplo o Anexo Nacional da parte 1-2 do Eurocódigo 3 estipula a utilização de uma temperatura crítica de 540°C para elementos traccionados e para vigas em que a encurvadura lateral não é um potencial modo de colapso e de 500°C para pilares ou elementos estruturais que devem poder sofrer fenómenos de instabilidade.



Figura 77 – Incêndio sobre a Ponte Rodoviária no Rio de Janeiro.

Raramente a resistência ao fogo das estruturas metálicas não protegidas é superior a meia hora, sendo assim, difícil que se satisfaçam as exigências regulamentares de resistência ao fogo senão adoptarem medidas adequadas. Estas medidas passam pelo aumento da massa dos elementos, ou pela utilização de materiais de protecção térmica (protecção passiva) reduzindo-se em ambos os casos a taxa de aquecimento dos elementos. É no entanto, geralmente menos económica a primeira solução que a segunda.

A predisposição de uma qualquer chapa que constitui a secção transversal para encurvar, pode limitar a capacidade resistente aos esforços axiais ou a resistência à flexão da secção, ao impedir que o limite elástico seja alcançado. É possível evitar a ruína prematura provocada pelos efeitos da encurvadura local, limitando a relação do comprimento/ espessura de cada chapa individual que constitui a secção transversal.[46]

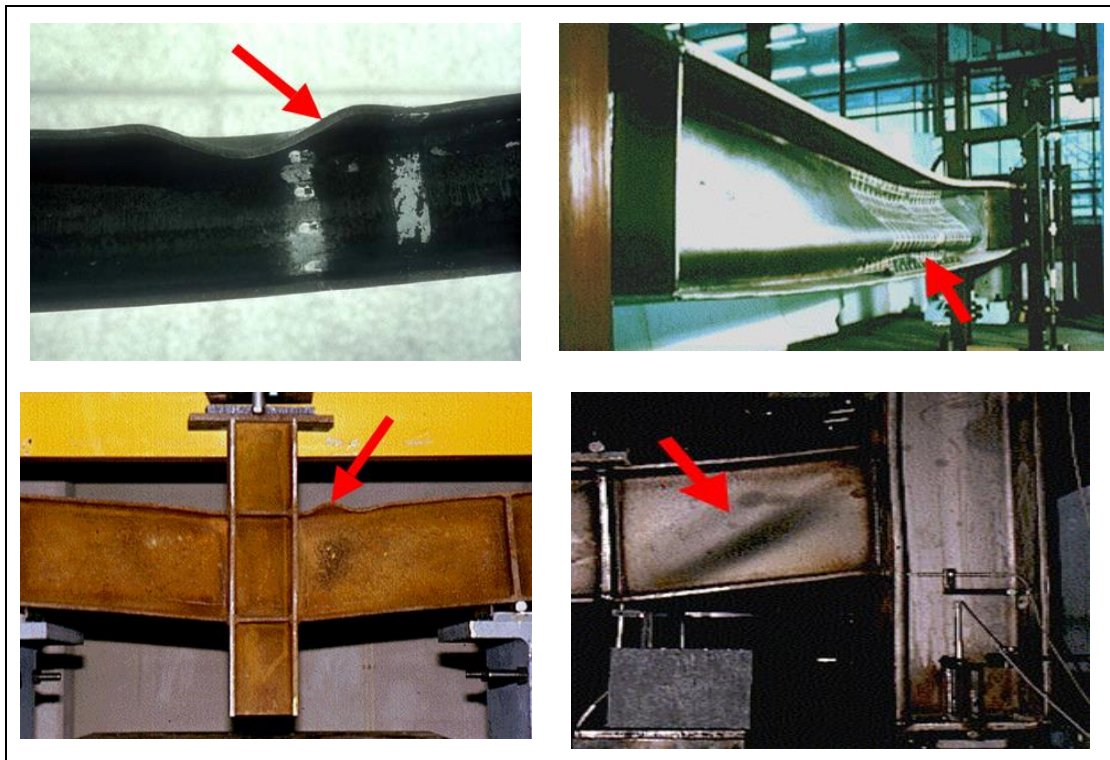


Figura 78 – Vigas que sofreram encurvadura local.[50]

No que respeita à proteção ao fogo de lajes mistas, ensaios ao fogo à escala real realizados em vários países e as observações de fogos reais em edifícios mostraram que o desempenho de estruturas metálicas mistas de edifícios com pavimentos mistos (lajes mistas ligadas a vigas de aço por pernos de cabeça) é bastante melhor do que o indicado pelos testes de resistência ao fogo em lajes mistas ou vigas mistas como elementos estruturais isolados. É notório que existe uma grande reserva de resistência dos edifícios metálicos porticados modernos quando sujeitos à ação do fogo e que os testes de resistência ao fogo padrão em elementos isolados não restringidos não fornecem um indicador satisfatório do desempenho dessas estruturas.

Os Trabalhos experimentais à escala real e a evidência de outros incêndios reais em estruturas de edifícios serviram para ilustrar que existem reservas significativas de resistência nos edifícios mistos de aço e betão, o que significa que o comportamento da estrutura ao fogo excede as expectativas geradas por ensaios de incêndio padrão em elementos estruturais isolados. Demonstrou-se que era possível deixar as vigas metálicas mistas, que suportavam a laje de betão, sem proteção.

As análises revelam que este excelente desempenho ao fogo se deve ao desenvolvimento das ações de membrana de tração na laje de betão reforçada e da ação catenária nas vigas metálicas.

Este conceito de dimensionamento permite aos projetistas tirar partido do comportamento de todo o edifício, permitindo manter alguns elementos sem proteção enquanto mantém os níveis de segurança esperados para estruturas de edifícios totalmente protegidas ao fogo. O método de cálculo permite que a resistência ao fogo de pavimentos mistos parcialmente protegidos seja avaliada considerando a exposição ao incêndio natural ou ao incêndio padrão.

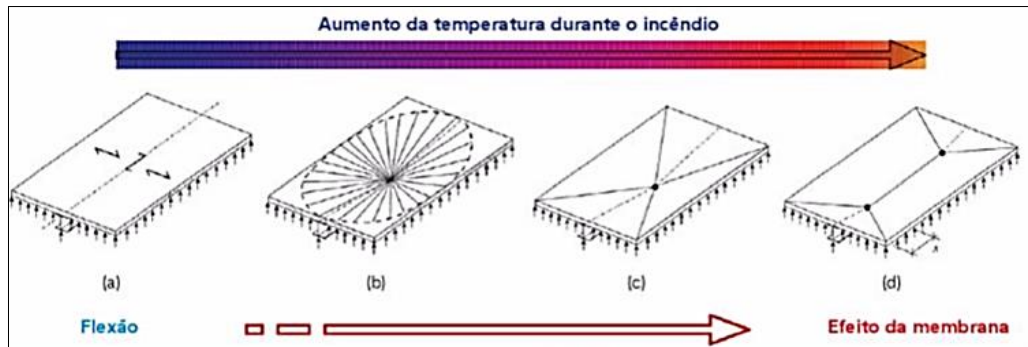


Figura 79 – Comportamento de uma laje e viga mista em situação de incêndio

Investigadores do *Building Research Establishment (BRE)*, com financiamento do *Steel Construction Institute (SCI)*, desenvolveram um método de cálculo simplificado para o dimensionamento de pavimentos com lajes mistas de aço e betão para permitir que os projetistas de estruturas justifiquem o dimensionamento ao fogo de uma laje de pavimento apoiada em vigas metálicas não protegidas.

Este método simplificado baseia-se na teoria das linhas de rotura e ações de membrana das lajes na melhoria da capacidade de suporte de carga das lajes de betão quando comparada com as estimativas da resistência baseada apenas no comportamento à flexão.

A teoria das linhas de rotura desenvolvida por Johansen é uma teoria de estado limite último baseada em mecanismos de colapso pré-definidos e nas propriedades plásticas das lajes de betão fracamente armadas. O mecanismo de colapso é definido por um padrão de linhas de rotura ao longo das quais a armadura plastifica e a laje sofre deformações plásticas. As zonas limitadas pelas linhas de rotura são como um corpo rígido, com toda a rotação a ocorrer na linha de rotura.

A capacidade de suporte de carga de uma laje de betão é melhorada pelas forças de membrana desde que o apoio vertical se mantenha ao longo do contorno da laje. Lajes planas, que têm apenas apoios verticais nos seus cantos, não desenvolvem forças de membrana à tração significativas, o que faz com que a melhoria devido à ação de membrana seja pequena. Assim, para uma laje mista apoiada numa grelha de vigas metálicas em situação de incêndio, é importante dividir a laje em áreas retangulares, referidas como zonas de dimensionamento da laje, onde os apoios verticais podem manter-se no perímetro de cada área. Estas linhas de apoio verticais são alcançadas garantindo

que as vigas estão alinhadas com os pilares e possuem proteção contra incêndio. À temperatura normal, o pavimento é contínuo ao longo da fronteira de cada zona de dimensionamento da laje. No entanto, em situação de incêndio é provável que as fendas se formem nas vigas periféricas, devido à grande curvatura térmica a que a laje está sujeita. Este fenómeno pode levar à rotura da armadura, quer devido à curvatura quer devido à combinação das tensões de membrana e de flexão. A rotura da armadura nas regiões de momento negativo irá ocorrer antes da rotura da armadura no centro da zona de dimensionamento da laje. Por conseguinte, considera-se que nas zonas de dimensionamento da laje não existem quaisquer restrições transversais ou de rotação ao longo do limite da laje.

Os pressupostos de dimensionamento para uma laje de pavimento mista, o padrão da linha de rotura vai depender do comportamento das vigas mistas não protegidas, que estão a perder resistência continuamente com o aumento da temperatura. Ao contrário das condições normais de temperatura, o mecanismo de carregamento do pavimento muda com o aumento da temperatura. Inicialmente, a laje mista atua como um elemento armado numa direção, apoiado nas vigas secundárias. À medida que essas vigas perdem a resistência com o aumento da temperatura e o comportamento da laje tende para o comportamento de um elemento simplesmente apoiado armado em duas direções, forma-se um padrão de linha de rotura conforme ilustrado na Figura 80 – Padrão típico de linhas de rotura para uma laje rectangular simplesmente apoiada ao longo de quatro bordos

. Considerando que esta condição de rotura irá ocorrer quando a resistência da viga for pequena quando comparada com a da laje, pode-se obter uma estimativa conservativa relativamente simples da capacidade de suporte de carga.

A capacidade de suporte de carga da laje é calculada com o pressuposto de que a viga mista não tem resistência e baseia-se no padrão da linha de rotura, que é compatível com as condições de fronteira e proporcionam a menor capacidade de suporte de carga. A resistência aumenta tendo em conta os efeitos de membrana de tração com base na estimativa da deformada da laje e nos modos de rotura descritos anteriormente. A resistência à flexão das vigas mistas é adicionada a este aumento da resistência da laje de modo a dar a capacidade total de suporte de carga do sistema.



Figura 80 – Padrão típico de linhas de rotura para uma laje rectangular simplesmente apoiada ao longo de quatro bordos

A utilização de materiais de protecção térmica permite a obtenção de resistências de fogo que podem ir desde a meia hora às quatro horas consoante a natureza e a espessura do material de protecção utilizado. Os vários métodos e sistemas de protecção geralmente utilizados podem agrupar-se da seguinte forma:

- Protecção envolvendo o elemento: pintura intumescente, materiais projectados, envolvimento por betão ou protecção em caixão;
- Protecção com resguardos ou ecrãs;
- Irrigação do Aço.

Assim aos materiais usados na protecção de estruturas contra incêndio devem ser exigidas as seguintes propriedades:

- Elevada temperatura de fusão;
- Boa capacidade para se deformarem sob a acção do calor;
- Resistência às acções de origem térmica;
- Condições de perfeita aderência às estruturas em que são aplicados;
- Resistência ao longo do tempo aos agentes atmosféricos, químicos, choques, etc.

Para desta forma evitarem a sua separação provocada pelo aumento da temperatura ou excessiva deformação da estrutura.

De seguida indicar-se-ão sucintamente alguns materiais mais utilizados na protecção ao fogo das estruturas de aço:

- **Betão**

O betão normal ou leve (celular) é correntemente utilizado como material de protecção, envolvendo o elemento estrutural a proteger, em torno da qual é lançado contido por cofragens ou sob a forma de placas pré-fabricadas, que se ligam à estrutura por dispositivos adequados. Uma das vantagens da sua utilização envolvendo os componentes de aço, é a sua excelente durabilidade em ambientes agressivos, no entanto, é dispendioso.

- **Gesso**

O gesso é um sulfato de cálcio que, no estado seco, contém cerca de 20% de água cristalizada. Quando sujeito a altas temperaturas, transforma-se num sulfato de cálcio anidro, com absorção de grande quantidade de calor. Por outro lado, a água resistente na sua constituição absorve também calor para se vaporizar. Ao absorver grande quantidade de calor quando sujeito ao fogo, o gesso atrasa a passagem do fluxo térmico funcionando assim como material de protecção térmica.

O emprego do gesso exige a utilização de um suporte adequado que evite a sua desagregação, como por exemplo uma rede metálica ou em fibra de vidro.

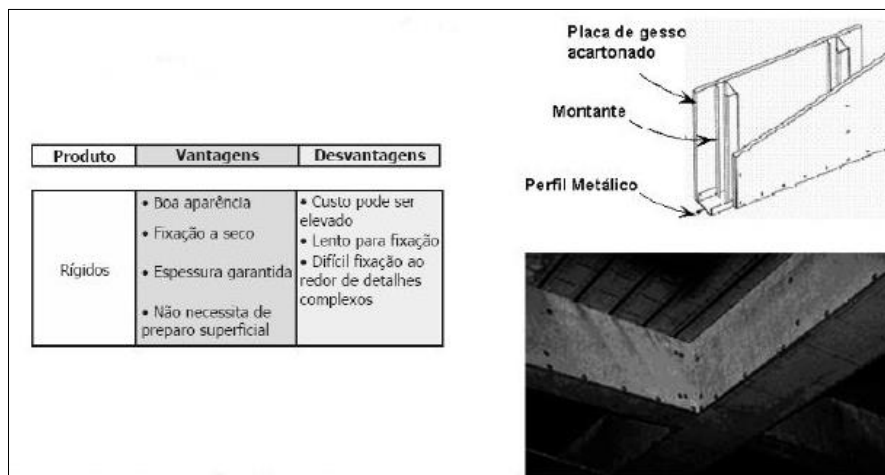


Figura 81 – Protecção passiva - Gesso

As pinturas intumescentes utilizam uma tinta de características especiais. Estas tintas constituem derivados celulósicos que, pela adição de ligantes orgânicos especiais e agentes dilatadores, tendem a aumentar de volume quando a temperatura atinge valores da ordem de 100 a 300°C, formando uma camada protectora que pode atingir várias de vezes a espessura do filme de tinta inicial, podendo retardar até cerca de duas horas o momento em que se atinge a temperatura crítica do elemento a proteger.

O sistema de aplicação consiste na decapagem do aço, seguida da aplicação de um primário anti-corrosão, após o que se aplica a tinta, sobre a qual pode levar acabamento final. Dado que a resistência mecânica e química da pintura no tempo é limitada, torna-se necessário renovar periodicamente o sistema de protecção, total ou parcialmente. É aconselhável estar atento ao estado de conservação do revestimento, por meio de um controlo visual periódico a fazer, em caso de necessidade, aplicações pontuais de tinta.



Figura 82 – Reacção da Tinta Intumescente.

- **Argamassas Projectadas**

São produtos económicos que apresentam bom isolamento térmico às altas temperaturas, mantendo a integridade da estrutura durante a evolução do incêndio.

São aplicados por jateamento e, após sua secagem, trabalham monoliticamente com a estrutura, acompanhando seus movimentos, sem a ocorrência de fissuras ou desprendimento.

Sua durabilidade deverá ser a mesma da estrutura, dispensando manutenção, e não promovendo qualquer tipo de ataque corrosivo ao aço.

Não são higroscópicos, tornando desnecessário o uso de tintas de fundo ou outros sistemas de protecção contra a corrosão em estruturas internas.

Estruturas externas costumam receber protecção de um primário anticorrosivo e uma ponte de aderência (resina acrílica de base água) com a argamassa, para que não haja o desenvolvimento da corrosão sob a camada passiva.

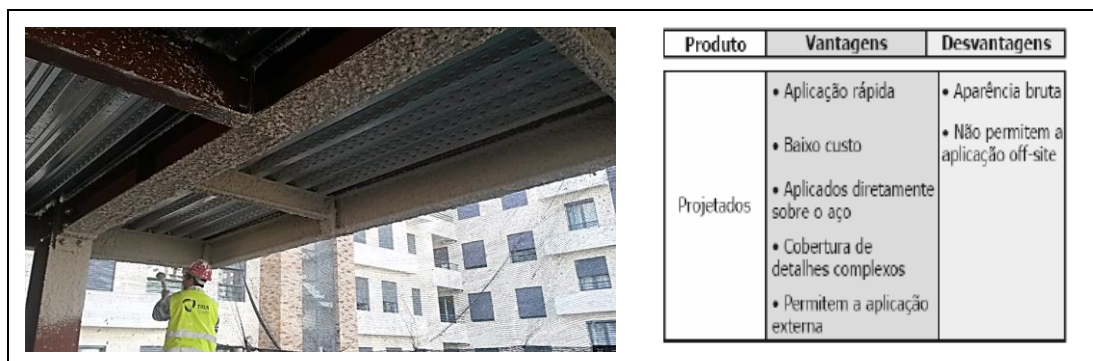


Figura 83 – Aplicação de Argamassa Projectada

4.7.6 Considerações Finais

As exigências de segurança impostas no caderno de encargos e projecto ditaram a escolha dos sistemas de protecção. Nos elementos metálicos exteriores e nas faces exteriores dos pilares metálicos foi aplicado um esquema de Pintura anti corrosão.

Nas treliças metálicas da cobertura foi aplicado um sistema de protecção ao fogo por projecção de argamassas Biofire assegurando EF90 (para temperatura crítica 600°C).

Nas faces interiores dos pilares metálicos para assegurar EF90 (para temperatura crítica 600°C) foi aplicado um sistema de protecção com tinta intumescente.

Os esquemas de pintura podem ser visualizados no subcapítulo 4.3 ou em alternativa nos esquemas de pintura constantes no Plano de Qualidade disponibilizado no anexo IV.

Com vista a cumprir os prazos estipulados optou-se por aplicar o acabamento em tinta intumescente em obra enquanto que o primário foi aplicado em oficina.

Como acontece no processo de soldadura a aplicação de esquemas de pintura em oficina deve ser privilegiada porque permite um controlo mais rigoroso sobre todas as variáveis que interferem na qualidade da pintura. No entanto nem sempre é possível devido aos prazos impostos.

Além do que o espaço temporal entre a aplicação do primário e do acabamento é limitado. Neste caso em específico, devido ao local de implementação da obra, o boletim técnico do produto 7K-200 C-Pox Primer ZP200 HB remetia para um período entre a aplicação do primário e o acabamento que não poderia ultrapassar os 6 meses. Quanto menor o tempo de exposição sem acabamento mais benéfico seria para a pintura, uma vez que é comum existirem zonas com menor espessura, nomeadamente nas arestas e que poderão revelar-se mais sensíveis a uma exposição prolongada.

Até porque o local da empreitada possui elevada salinidade atmosférica e antes de se proceder a retoques ou pintura final da estrutura, esta teve que ser lavada com jacto de água a alta pressão para remover os sais depositados. Como é natural, quanto mais tempo a estrutura estivesse exposta mais sais se iriam depositar na estrutura.

Todos estes factores foram tidos em conta relativamente à pintura em obra.

5 EXPEDIÇÃO E TRANSPORTE

A operação de transporte deve ser estruturada como todas as restantes sempre que o local de fabrico da estrutura não coincide com o seu local de montagem. Esta operação tem uma importancia diretamente proporcional á distancia entre o local de fabrico e o local de montagem.

O planeamento do transporte é essencial para o sucesso da obra. Obviamente, depende de disponibilidade de peças prontas na fábrica que possam ser enviadas à obra. Depende igualmente, de uma análise do trajeto e das limitações dimensionais e de peso. Portanto, pode-se enumerar o aspectos mais relevantes para o planeamento e execução do transporte das peças da estrutura:

- Escolha da modalidade de transporte mais adequada para vencer a distância entre a fábrica e a obra. Para esta escolha devem ser analisadas a disponibilidade de meios e vias de transporte no trajeto.
- Análise do veículo mais conveniente para o transporte, verificando-se limitações dimensionais, capacidade de carga, rendimento, localização geográfica, prazos de execução etc.
- Define-se por rendimento a quantidade de peças transportadas por viagem ou mesmo o menor custo por tonelada transportada.
- Definição do ritmo de embarques tendo em conta a disponibilidade de peças prontas e do espaço de armazenamento no local da montagem. As peças devem ser embarcadas para a obra de acordo com o planeamento da montagem. Nos casos em que não se dispõe de área para armazenamento de todas as peças no estaleiro, o transporte deverá ser programado com grande precisão.
- Análise da ordem de embarque das peças em função da seqüência de montagem e armazenamento em obra.

O transporte rodoviário é a forma de transporte de estruturas metálicas mais comum, uma vez que o material pode ser carregado dentro da fábrica e descarregado no exacto local da montagem, tornando-se bastante flexível. Uma das desvantagens é o seu elevado custo devido ao preço dos combustíveis.

No transporte rodoviário com veículos pesados, as formas mais comuns dos reboques são: as plataformas ditas "normais" mais utilizadas para transporte de vigas, pilares, madres, revestimentos etc., e as plataformas rebaixadas mais utilizadas para transporte dos equipamentos.



Figura 84 – A) Transporte Especial com plataforma rebaixada de uma coluna para uma Torre Eólica. B) Transporte Especial com plataforma normal de uma hélice para uma Torre Eólica.

Apresenta-se no quadro infra as medidas e o peso máximo a transportar com e sem autorização especial.

Plataforma "Normal" Sem Qualquer Autorização		Máx. Carga Útil (Kg)	25000
Medidas	Medidas exteriores da plataforma (mm)	Medidas máximas das peças soltas (mm)	Medidas máximas das peças indivisíveis (mm)
Comprimento	13600	13600	15600
Largura	2500	2500	3100
Altura	1500	2500	40000
Plataforma "Normal" com Autorização Especial		Máx. Carga Útil (Kg)	40000
Medidas	Medidas exteriores da plataforma (mm)	Medidas máximas das peças soltas (mm)	Medidas máximas das peças indivisíveis (mm)
Comprimento	13600	-	20150
Largura	2500	-	4000
Altura	1500	-	4600

Quadro XXIX – Medidas e Peso máximo a transportar com e sem autorização especial.

Em cargas com largura superior a 3m é necessário um carro piloto e em largura superiores a 4m são necessários dois carros pilotos. O acompanhamento por batedores é obrigatório em comprimentos superiores a 32,5m ou em largura superiores a 4,5m.

Para transporte de estruturas metálicas existe outra modalidade também bastante utilizada que é o transporte marítimo que tem um baixo custo quando comparado com estruturas pré-fabricadas de betão (peso elevado), ou madeira (volume elevado). Assim esta mais valia deverá ser considerada e potenciada.

O transporte marítimo de estruturas metálicas prontas é utilizado, na sua grande maioria para transporte entre países. O transporte marítimo pode ser realizado de duas formas: Contentores ou carga convencional/granel.[20]

Apresenta-se no quadro infra as medidas dos contentores para mercadorias acondicionadas em contentores.

Contentor 20' Open Top		Máx. Carga Útil (Kg)		18270
Medidas	Exteriores (mm)	Interiores (mm)	Abertura da Porta (mm)	Abertura do Teto (mm)
Comprimento	6058	5900	-	5720
Largura	2438	2330	2315	2190
Altura	2591	2350	2220	-
Contentor 40' Open Top		Máx. Carga Útil (Kg)		26280
Medidas	Exteriores (mm)	Interiores (mm)	Abertura da Porta (mm)	Abertura do Teto (mm)
Comprimento	12192	12010	-	11400
Largura	2438	2315	2315	2186
Altura	2591	2330	2220	-
Contentor Flat 20'		Máx. Carga Útil (Kg)		17850
Medidas	Exteriores (mm)	Abertura Lateral (mm)	Largura entre escoras(mm)	Altura Interior (mm)
Comprimento	6058			
Largura	2438	5320	2230	2285
Altura	2591			
Contentor Flat 40'		Máx. Carga Útil (Kg)		40100
Medidas	Exteriores (mm)	Abertura Lateral (mm)	Largura entre escoras(mm)	Altura Interior (mm)
Comprimento	12192			
Largura	2438	11720	2230	1975
Altura	2591			

Quadro XXX – Dimensões limites de contentor "Open Top" e Flat.

Nas fases de projeto e pormenorização deverá ser dado especial enfoque às dimensões das peças, de forma a se evitar transportes especiais. Caso o elemento estrutural possua um comprimento superior a 12 metros, pode-se subdividi-lo deixando a execução da união entre as partes para ser realizada no estaleiro de obra.

5.1.1 Considerações Finais

O critério de transporte acabou por se reflectir na fase de preparação, em particular, no que se refere ao número e localização das ligações, uma vez que a definição das ligações de montagem e transporte foi concebida de forma que a as peças estruturais não ultrapassassem os 12 m de comprimento.

Neste caso em particular o transporte foi essencialmente condicionado pelas peças que ultrapassaram as medidas standard tendo sido necessário recorrer-se a transporte especial para transporte das Vigas Trelçadas que apresentavam as seguintes características:

- Comprimento por unidade: 17.7metros
- Peso/unidade: 1668 kg (17 unidades)

Todos os elementos metálicos foram transportados para a obra em camiões com metade do esquema de pintura aplicado. Tendo sido aplicado o sistema de protecção anti-fogo em obra. O betão foi transportado por Autobetoneira e o restante material necessário para executar os trabalhos como parafusos e ferramentas de trabalho foram transportados por

carrinhas juntamente com o pessoal. Todo o material foi transportado devidamente acondicionado e amarrado por cintas de amarração de cargas.

A sequência de montagem deve estar conjugada com o transporte e com a disponibilidade do estaleiro para armazenar devidamente as peças.

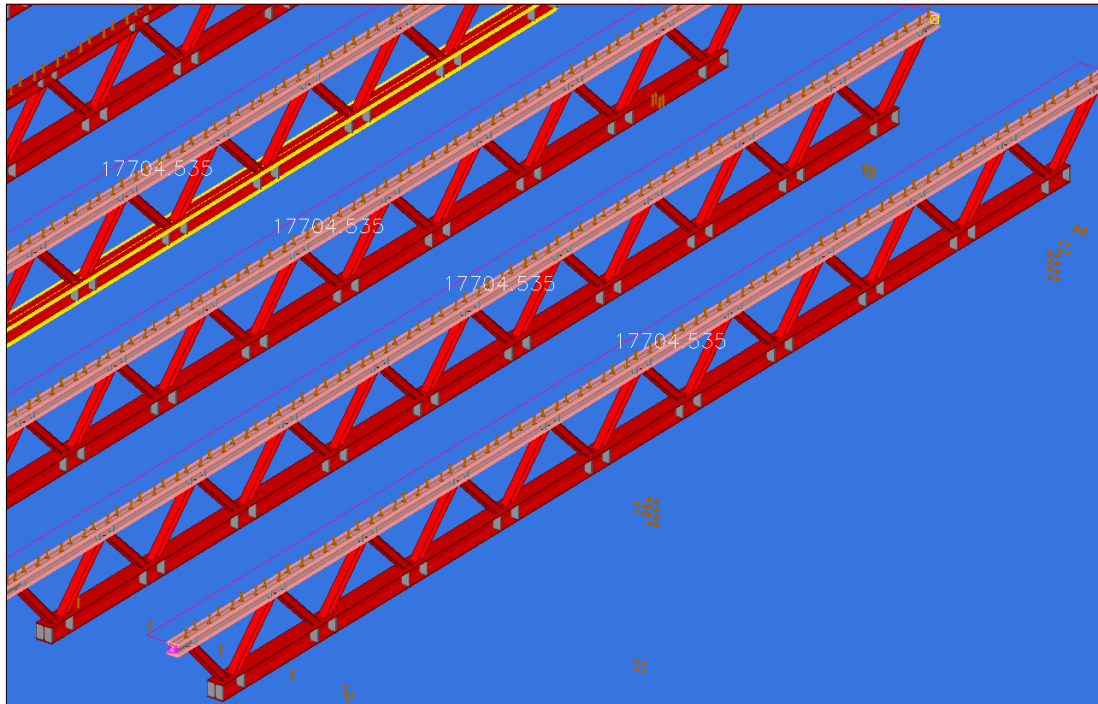


Figura 85 – Comprimento das Treliças do Edifício BBC.

6 MONTAGEM

6.1 Descrição do Processo de Montagem

Nos casos correntes, a facilidade de montagem da estrutura metálica resulta numa vantagem quando comparada com a execução de outros tipos de estrutura, nomeadamente estrutura de betão armado, devido ao ritmo que é possível de impor à construção. No entanto, para tal se verificar, deverão ser considerados alguns aspectos em fase de projecto.

Por exemplo, deverão ser conhecidos que meios de elevação são possíveis de mobilizar na obra, ou se será fácil recorrer a mão-de-obra especializada. Uma avaliação correcta dos meios de elevação necessários à montagem pode economizar valores importantes à obra.

A montagem deste tipo de edifícios requer um conjunto de cuidados para que as operações sejam rápidas e sequenciais. A optimização das operações passa pela diminuição do tempo de montagem, garantindo a segurança de homens e máquinas. Qualquer processo de montagem não deve iniciar-se sem a entrega e explicação ao responsável da montagem de todos os procedimentos, nomeadamente planos de montagem e os procedimentos de segurança e saúde de montagem das estruturas.

Se a estabilidade da estrutura durante a fase de montagem não é evidente, deverá ser disponibilizada uma metodologia de montagem segura durante a fase de projecto, na qual se baseou o processo de dimensionamento. Esta metodologia de montagem de base do projecto deve considerar os seguintes itens:

- Localização e tipo de ligações em obra;
 - Dimensões máximas, peso e localização das peças;
 - Sequência de montagem;
 - Conceito de estabilidade para as fases intermédias da montagem, incluindo qualquer requisito de contraventamento ou escoramento temporário;
 - Escoramento ou outras medidas para a execução da fase de betonagem nas estruturas mistas;
 - Condições para a remoção de contraventamentos ou escoramentos temporários ou qualquer requisito para aliviar ou incrementar as tensões na estrutura;
 - Características que possam criar situações perigosas durante a construção;
 - Plano e metodologias para ajuste das ligações à fundação ou apoios e para a aplicação de argamassa de enchimento;
 - Contraflecha e pré-acertos requeridos em relação aos fornecidos na fase de produção;
 - Utilização de chapas perfiladas de aço para assegurar estabilidade;
-

- Utilização de chapas perfiladas de aço para conferir contraventamento lateral;
- Transporte de unidades, incluindo acessórios para elevar, virar ou puxar;
- Posições e condições de apoio e elevação;

Por sua vez, o construtor deverá preparar um programa de montagem de acordo com regras de projecto, principalmente no que se refere à resistência da estrutura parcialmente montada, às acções de montagem e a outras acções.

O programa de montagem pode divergir da metodologia de montagem de base do projecto, desde que seja uma alternativa segura.

O programa de montagem deve descrever os procedimentos a utilizar para uma montagem segura e deve ter em conta os requisitos técnicos relacionados com a segurança dos trabalhos.

O programa de montagem deverá ter em conta os pontos seguintes que sejam considerados relevantes:

- Restrições necessárias para assegurar estabilidade antes da soldadura e para controlar o movimento local da junta;
 - Equipamentos de elevação necessários;
 - Necessidade de marcar pesos e/ou centros de gravidade em peças de grandes dimensões ou de forma irregular;
 - Relação entre os pesos a elevar e o raio de operação das gruas a serem usadas;
 - Identificação de forças horizontais ou de derrube, em particular aquelas devidas às condições previsíveis de vento em obra durante montagem e os métodos exactos para manter a resistência adequada a forças horizontais e de derrube;
 - Medidas para lidar com riscos de segurança;
 - Proporcionar postos de trabalho seguros, com meios de acesso igualmente seguros; Adicionalmente, em estruturas mistas aço-betão aplicam-se os seguintes pontos:
 - A sequência de fixação de chapas perfiladas de aço para lajes mistas deverá ser planeada para assegurar que as chapas são convenientemente suportadas por vigas de apoio, antes de serem fixadas e estão seguramente fixas antes de servirem como zona de acesso a postos de trabalho subsequentes;
 - As chapas perfiladas de aço não devem ser usadas para acesso a soldadura de conectores, a menos que as chapas já estejam seguras com peças de ligação
 - A sequência de colocação e o método de fixação e selagem da cofragem permanente para assegurar que a cofragem está segura antes de ser usada como acesso a operações de construção subsequentes e para suportar a armadura de reforço da laje e o pavimento de betão.
-

- Factores relacionados com a execução de trabalhos com betão, tal como a sequência da colocação do betão, o pré-esforço, e a diferença de temperatura entre o aço e o betão fresco, a elevação e os apoios, devem ser considerados

Com referência ao caso em estudo, durante a descarga do material, a zona de elevação e transporte de cargas foi devidamente sinalizada e delimitada por forma a evitar a pessoas estranhas e evitar a passagem de cargas sobre pessoas. Foi proibida a passagem de cargas sobre pessoas. Foram assegurados que todas as peças a elevar, de forma alguma possam deslizar ou soltar das cintas / lingas, devendo estas serem sempre elevadas e transportadas por dois pontos de amarração. Foi definida uma zona de armazenagem temporária de peças tendo em conta o diagrama de carga dos equipamentos, o comprimento e a geometria das peças a movimentar e a interferência com as outras actividades.

Durante a descarga foram respeitados escrupulosamente os limites de carga a elevar, adotando os equipamentos corretos para o tipo de carga, o peso, distância, e o seu ponto de descarga.

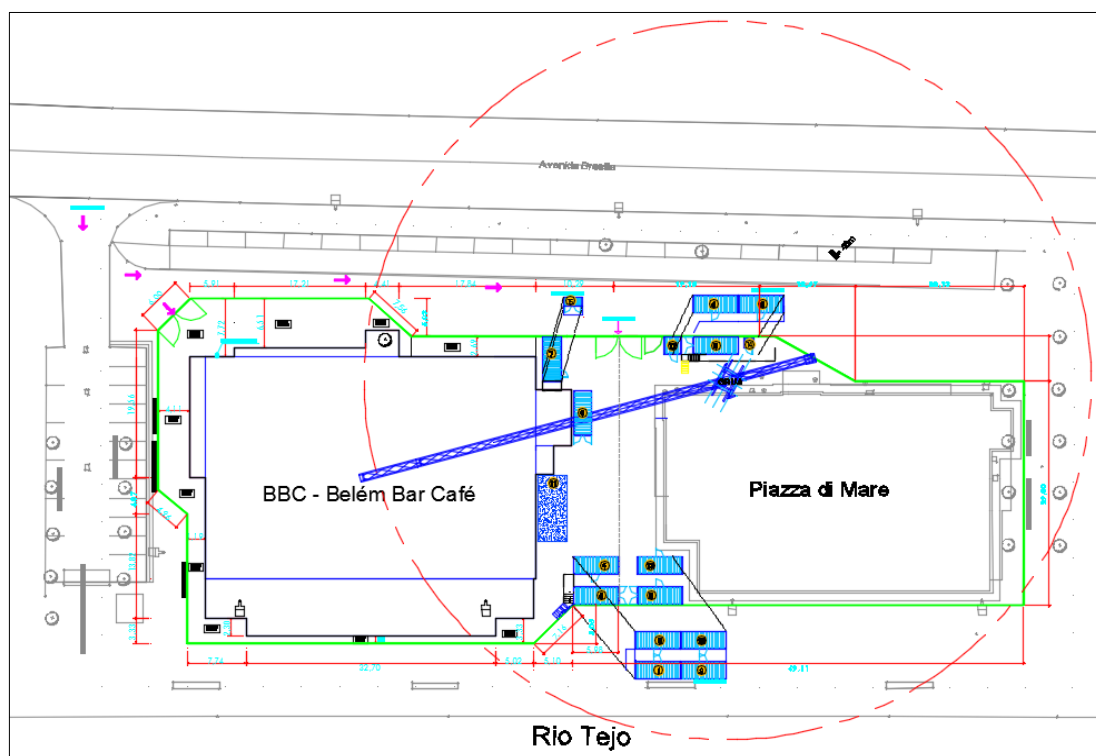


Figura 86 – Planta de Estaleiro com a Grua Torre implantada

Os meios de elevação utilizados foram os seguintes:

	<p>Grua Torre com uma capacidade 1.5 ton na extremidade</p>
	<p>Articulada a Diesel de 12 metros HA12PX – Ideal para trabalhos em exterior, em terreno irregular, para manutenção Industrial, manutenção e reparação de edifícios, pintura e para trabalhos em grande altura com afastamento horizontal.</p>
	<p>Grua Móvel</p>

Figura 87 – Meios de elevação utilizados

É essencial que durante a montagem dos elementos inspecionar-se a condição da estrutura montada de forma a identificar qualquer indício de distorção ou sobrecarga de componentes e para assegurar que quaisquer ligações temporárias foram satisfatoriamente removidas ou que cumprem os requisitos especificados.

Sucintamente, a sequência de montagem da estrutura em geral foi realizada conforme se ilustra na figura seguinte:

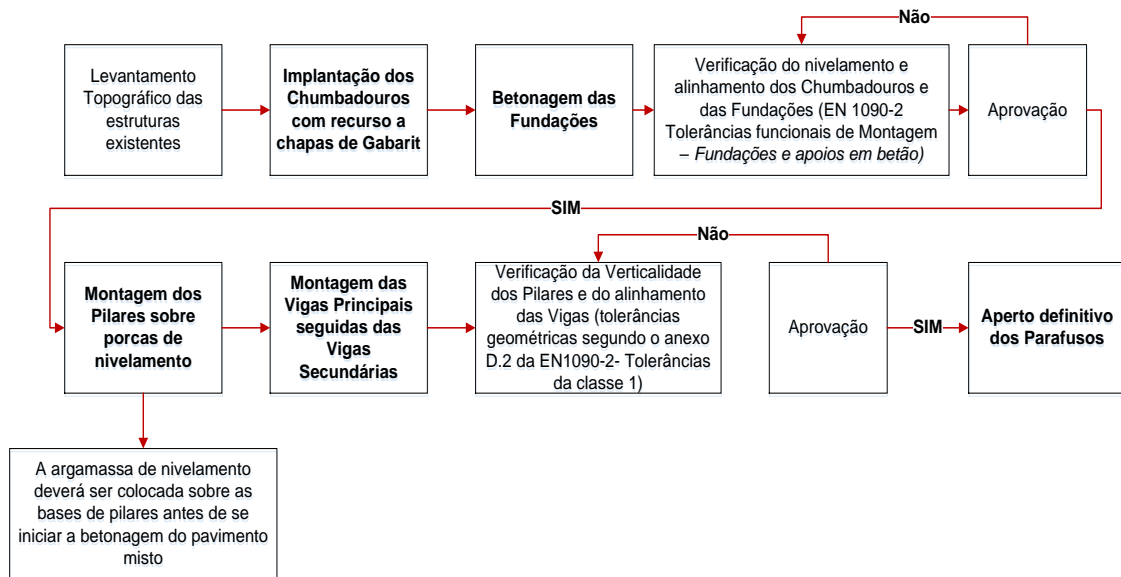


Figura 88 – Sequência de montagem da Estrutura em geral

Para montagem do pavimento misto adoptou-se a seguinte sequência de montagem:

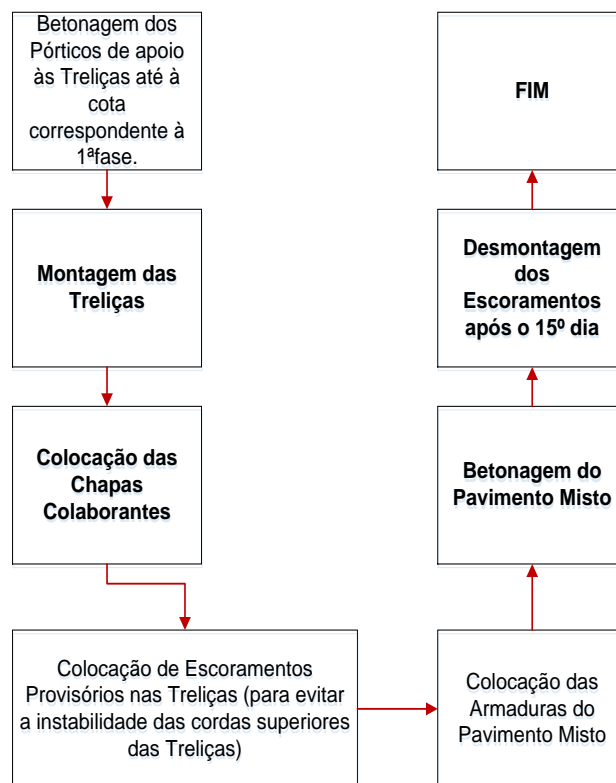


Figura 89 – Sequência de montagem do Pavimento Misto

6.2 Fotografias de algumas Fases da realização da Obra



Figura 90 – Registo Fotográfico

7 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O ritmo e as exigências cada vez maiores da indústria da construção obrigam ao desenvolvimento e implementação de novas soluções construtivas, que permitam uma maior rapidez de execução e conduzam a uma maior economia, melhorando simultaneamente as condições de segurança dos seus executantes e utilizadores e minimizando os impactos ambientais. A prefabricação de estruturas de aço é uma solução que responde, cada vez mais, a estes desafios.

A reconstrução do antigo Edifício BBC, Belém, Bar, Café e Piazza-Di-Mare recorrendo a estrutura metálica e a estrutura mista aço-betão, revelou ser a solução mais apropriada, tendo em consideração as condicionantes arquitectónicas, as limitações impostas pela estrutura existente a manter e os prazos contratuais impostos.

Esta afirmação pode ser sustentada pelas seguintes conclusões:

1. A utilização de construção metálica e mista em estruturas regulares é francamente competitiva ao permitir bons rendimentos de trabalho com recurso à prefabricação.
2. A prefabricação da estrutura metálica permite reduzir o número de falhas que ocorrem na execução das estruturas, conduzindo a uma melhoria da qualidade final do produto.
3. A consideração em fase de projecto das linhas orientadoras referidas no ponto 2, permite a obtenção de estruturas leves, optimizadas em termos de quantidade de aço estrutural, e de execução corrente.

Neste trabalho procura-se explanar essas evidências e consiste numa abordagem transversal ao processo de execução de estruturas metálicas de edifícios desde a sua produção até à montagem em obra.

O processo de execução de estruturas metálicas resulta na sucessão de etapas interdependentes e integradas entre si, o que resulta que as decisões tomadas numa determinada fase tenham em conta os condicionalismos das fases seguintes.

Pretende-se, assim, que este trabalho seja um guia de execução de estruturas metálicas em edifícios, correlacionando o fabrico e a montagem, pois é fulcral para a correcta gestão da obra o conhecimento de todo o processo a montante.

Devido ao seu carácter transversal, não foi possível nesta dissertação o desenvolvimento pormenorizado de todos os temas envolvidos na construção metálica. A investigação na área da construção metálica envolve temas muito diversificados, tais como os relacionados com o cálculo estrutural, comportamento sísmico, cálculo de ligações, entre outros.

Neste contexto, sendo quase interminável a lista de temas que se poderia indicar para desenvolvimentos futuros propõe-se como desenvolvimento futuro, o efeito em ligações sujeitas a situação de incêndio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Google Earth.; 2013 – “Google Earth”, [consult. realizada 23 Jul. 2016] Disponível na internet <URL <https://www.google.com/earth/> >;
 - [2] Simões, Rui A.D., Manual de Dimensionamento de Estruturas Metálicas 3ªEdição, Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista
 - [3] World Steel Association, <http://images.worldsteel.org/index/category/production-process/hot-rolling>, consulta realizada em Janeiro de 2016.
 - [4] WikiEngenharia, <http://wiki.ued.ipleiria.pt/wikiEngenharia/index.php/Laminagem>, consulta realizada em Janeiro de 2016.
 - [5] Instituto Superior Técnico, disponível em <http://web.ist.utl.pt/~L52491/4ano/ep/material-apoio/slides/Cap16.pdf>, consulta realizada Março 2016.
 - [6] Soares, Joaquim Pinto, 2009, Aços- Características, Tratamentos 6ªEdição, Lisboa, Publindústria.
 - [7] Colaço, Rogério, Materiais de Construção- Guia de Utilização, [consulta realizada em Agosto de 2016] disponível na internet <URL https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779572048092/Aco_GuiaMateriais.pdf >;
 - [8] Curso de Formação- Dimensionamento de Estruturas Metálicas, Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2013.
 - [9] Revista Metálica Nº27, Setembro de 2012, Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista.
 - [10] Scheid, Adriano, A Elaboração do Aço DEMEC – TM175, DEMEC-Universidade Federal do Paraná
 - [11] Viseu, José Santos, “Folhas de Apoio à disciplina de Projecto de Estruturas”, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
 - [12] Costa, Jorge Moreira da, Métodos de Avaliação da Qualidade de Projectos de Edifícios de Habitação. Porto: Faculdade de Engenharia do Porto, 1995. Tese de Doutoramento.
 - [13] Encyclopedia for UK steel construction information, disponível em [http://www.steelconstruction.info/Cost of structural steelwork](http://www.steelconstruction.info/Cost%20of%20structural%20steelwork), consulta realizada em Fevereiro de 2016
 - [14] ARBED GROUP – Profil Arbed, Edition 3-2001
 - [15] Instituto Aço Brasil; disponível em <URL <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--etapas.asp>>, consulta realizada em Abril 2016
 - [16] NP EN 1090-2 2008: “Execução de estruturas de aço e de estruturas de alumínio”, IPQ, Lisboa
-

- [17] Reis, A.J, 2008, "Folhas de Apoio à disciplina de Dimensionamento de Estruturas", Instituto Superior Técnico, Lisboa, 127 páginas;
- [18] "Design Manuals "Steel Building in Europe- Parte 1", Arcelor Mittal;
- [19] Santos, Gilson Silva; Alves, David Silva, Silva Fabiano Barros, Processo de Fabricação do Aço, Trabalho apresentado ao Curso de Processos Metalúrgicos, disciplina Siderurgia, para obtenção da nota total ou parcial, 2011, 22 páginas.
- [20] Santos, Filipe; Silva, Luis Simões da; "Manual de Execução de Estruturas Metálicas", Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista
- [21] Neves, Luís Costa, "Execução de estruturas metálicas", Mestrado e pós-graduação em construção metálica e mista, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra;
- [22] Moreira, Rodrigo Falcão, Seminário Portugal Steel Concepção e Projecto de Estruturas Sustentáveis, Porto, 2013
- [23] NP EN ISSO 15607, Julho 2008, "Especificação e qualificação de procedimentos de soldadura para materiais metálicos", Instituto Português da Qualidade (IPQ), Portugal;
- [24] Curso Marcação CE/ Estruturas Metálicas EN1090-1, APCER, Trofa, 2014
- [25] Santos, Viseu, "Patologia, Diagnóstico e Metodologias de Intervenção/ Elementos Metálicos- Pós-Graduação Conservação e Reabilitação de Construções, Lisboa, 2015
- [26] Gervásio, Helena; Silva, Luís Simões da; "Dimensionamento de Estruturas Metálicas- Métodos Avançados", Coimbra, CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista
- [27] Silvestre, Prof. Nuno, (2012) "Características estruturais na marcação CE dos produtos de Aço", Revista Metálica, nº24, 29, 2012
- [28] Couto, Armanda Bastos; Couto, João Pedro, "Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-fabricação", Artigo.
- [29] Freitas, Vasco Peixoto – Folhas da disciplina de Térmica de Edifícios, Faculdade de Engenharia do Porto
- [30] Davison, Buick e W. Owens, Graham, 2003, "Steel Designer's Manual", Blackwell Publishing;
- [31] Hayward, Alan, Weare, Frank, Steel Detailer's Manual, Blackwell Science
- [32] Tavares, João Manuel R.S.; Fonseca, Joaquim Oliveira Introdução ao SolidWorks (IV): Fundamentos para Desenhos (Vistas), Disponível em <https://web.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC/Downloads/Apontamentos/SolidWorks%20IV.pdf>, consulta realizada em Novembro de 2015.
- [33] Hilti, Chemical Anchoring Systems.
-

- [34] Metalogalva, Galvanização, disponível em <http://www.metalogalva.pt/fotos/editor2/galvanizing.pdf>; consulta realizada em Novembro de 2015.
- [35] Silva, Francisco J. G. (2016, Tecnologia da Soldadura, Porto: Publindústria Edições Técnicas, Lda.
- [36] Tavares, João Manuel R.S. ; CFCA- Concepção e Fabrico Assistidos por Computador, disponível em : <https://web.fe.up.pt/~tavares/ensino/CFAC-G/Downloads/Apontamentos/Orgaos%20de%20maquinas.pdf>; consulta realizada em Dezembro de 2015.
- [37] Curso Mestrado e Pós-Graduação- Reabilitação de Estruturas de Betão Armado e Estruturas Metálicas, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- [38] Morais, Willy Ank; Borges, Herbert Christian; Adequações nas práticas dos novos processos de corte e dobra para otimizar o desempenho de aços planos, disponível em: <http://www.tecnologiammm.com.br/files/v7n1-2/v7n1a10.pdf>; consulta realizada em Outubro de 2015.
- [39] Loureiro, Altino J.R., Defeitos de soldaduras em estruturas metálicas, Metálica, Vol.41, 2016, 32-35.
- [40] TWI GLOBAL, Disponível em <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/mechanical-testing-tensile-testing-part-2-070/>, consulta realizada em Junho de 2016.
- [41] Loureiro, Altino J.R., Importância da tenacidade ao impacto nas estruturas metálicas, Revista Metálica, Vol.33, 2014, 32-34.
- [42] TWI GLOBAL, Disponível em <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/bend-testing-073/>, consulta realizada em Junho de 2016.
- [43] Wilcox, Mark; Downes George, A brief description of NDT Techniques; disponível em <http://insight-ndt.com/papers/technical/t001.pdf>, consulta realizada em Junho de 2016.
- [44] Pereira, Elsa Vaz Pereira; Protecção de Estruturas Metálicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.
- [45] Real, Paulo Vila; Incêndios em Estruturas Metálicas-Cálculo Estrutural, Edições Orion, 2003.
- [46] Lamas, António, Real, Paulo Vila; Silva, Luís Simões da, Construção Metálica e Mista 3- Actas do III Encontro de Construção Metálica e Mista, Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2001.
- [47] DURATINET, Guia Técnico de Apoio à Manutenção e Reparação de Infra-estruturas de Transporte, Parte III Vol.5, disponível em <http://durati.Inec.pt/techguide/index.html#>, consulta realizada em Agosto de 2016.
-

- [48] Silva, Luís Simões da; Construção Metálica e Mista: actas / do VII Congresso de Construção Metálica e Mista, Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2009.
- [49] Silva, Luís Simões da; Construção Metálica e Mista: actas / do VIII Congresso de Construção Metálica e Mista, Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista, 2011.
- [50] Real, Paulo Vila; Curso Dimensionamento de Estruturas Metálicas em Situação de Incêndio segundo o EC3, Universidade Nova de Lisboa, 2004.
- [51] Lopes Castelhana Hermenegildo, António Pedro; Tecnologia da Construção de Edifícios Metálicos, Estudo do Edifício Euro Tower, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em engenharia civil, 2010
- [52] Guerra Martins, João; Materiais de Construção II- Execução de Estruturas Metálicas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2008.
- [53] Loureiro, Altino J.R., A soldadura na construção metálica, Metálica, Vol.29, Março 2013, 26-27.



ANEXOS



ANEXOS III

**LISTA CORRESPONDENTE DAS ANTERIORES DESIGNAÇÕES DOS AÇOS ESTRUTURAIS
EN 10025-2:2004 (E)**

CAPITULO III
3.9 CONCEITOS GERAIS

DESIGNAÇÃO			DESIGNAÇÕES ANTIGAS CORRESPONDENTES EM:									
Segundo EN 10027-1 E ECISS IC 10	Segundo EN 10027-2	Segundo EN10025: 1990	Alemanha	França	Reino Unido	Espanha	Itália	Bélgica	Suécia	Portugal	Austria	Noruega
S185 (3)	1.0035	Fe 310-0	St 33	A 33		A 310-0	Fe 320	A 320	13 00-00	Fe 310-0	St 320	
S235 JR	1.0037	Fe 360 B	St 37-2	E 24-2			Fe 360 B	AE 235-B	13 11-00	Fe 360 B		NS 12 120
S 235 JR G1	1.0036	Fe 360 BFU	Ust 37-2			AE 235 B-FU					USt 360 B	NS 12 122
S 235 JR G2	1.0038	Fe 360 BFN	RSt 37-2		40 B	AE 235 B-FN			13 12-00		RSt 360 B	NS 12 123
S 235 JO	1.0114	Fe 360 C	St 37-3 U	E 24-3	40 C	AE 235 C	Fe 360 C	AE 235-C		Fe 360 C	St 360 C	NS 12 124
S 235 J2 G3	1.0116	Fe 360 D1	St 37-3 N	R 24-4	40 D	AE 235 D	Fe 360 D	AE 235-D		Fe 360 D	St 360 D	NS 12 124
S 235 J2 G4	1.0117	Fe 360 D2										
S 275 JR	1.044	Fe 430 B	St 44-2	E 28-2	43 B	AE 275 B	Fe 430 B	AE 255-B	14 12-00	Fe 430 B	St 430 B	NS 12 142
S 275 JO	1.0143	Fe 430 C	St 44-3 U	E 28-3	43 C	AE 275 C	Fe 430 C	AE 255-C		Fe 430 C	St 430 C	NS 12 143
S 275 J2 G3	1.0144	Fe 430 D1	St 44-3 N	E 28-4	43 D	AE 275 D	Fe 430 D	AE 255-D	14 14-00	Fe 430 D	St 430 D	NS 12 143
S 275 J2 G4	1.0145	Fe 430 D2							14 14-01		St 430 CE	
S 355 JR	1.0045	Fe 510 B		E 36-2	50 B	AE 355 B	Fe 510 B	AE 355 B		Fe 510 B		
S 355 JO	1.0553	Fe 510 C	St 52-3 U	E 36-3	50 C	AE 355 C	Fe 510 C	AE 355 C		Fe 510 C	St 510 C	NS 12 153
S 355 J2 G3	1.0570	Fe 510 D1	St 52-3 N		50 D	AE 355 D	Fe 510 D	AE 355 D		Fe 510 D	St 510 D	NS 12 153
S 355 J2 G4	1.0577	Fe 510 D2										
S 355 K2 G3	1.0595	Fe 510 DD1		E 36-4	50 DD			AE 355 DD		Fe 510 DD		
S 355 K2 G4	1.0596	Fe 510 DD2										
E295	1.0050	Fe 490-2	St 50-2	A 50-2		A 490	Fe 480	A 490-2	15 50-00	Fe 490-2	St 490	
E335	1.0060	Fe 590-2	St 60-2	A 60-2		A 590	Fe 580	A 590-2	16 50-00	FE 590-2	St 590	
									16 50-01			
E360	1.0070	Fe 690-2	St 70-2	A 70-2		A 690	Fe 680	A 690-2	16 55-00	Fe 690-2	St 690	
									16 55-01			

CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS AÇOS ESTRUTURAIS

ANEXO IV
CONCEITOS GERAIS

Norma	Classe	Tensão de Cedência mínima fy (Mpa) para a espessura t (mm)						Tensão Última fu (Mpa)	Tenacidade (ensaio de Charpy)	
		t<16	16<t<40	40<t<63	63<t<80	80<t<100	100<t<125			
AÇOS EUROPEUS								limites	temperatura (°C)	
EN 10025-2:2004	S235JR	235	225	225	215	215	195	360-500	+20 (se especificado)	
	S235JO								0	
	S235J2								-20	
	S275JR	275	265	255	245	235	225	410-560	+20 (se especificado)	
	S275JO								0	
	S275J2								-20	
	S355JR	355	345	335	325	315	295	470-630	+20 (se especificado)	
	S355JO								0	
	S355J2								-20	
	S355K2	450	430	410	390	380	380	550-720	-20	
S450JO	0									
[JR-qualidade (JR, JO, J2, K2 - soldabilidade crescente)]										
AÇOS ISO		t<16	16<t<40	40<t<63				limites	temperatura (°C)	
ISSO 630	Fe 310-0	175	175	-				310-510	-	
	Fe360-A	235	225	215				360-460	-	
	Fe360-B								20	
	Fe360-C								0	
	Fe360-D								-20	
	Fe430-A								-	
	Fe430-B				20					
	Fe430-C	275	265	255				430-530	0	
	Fe430-D								20	
		t<16	16<t<35	35<t<50						
	Fe510-B							20		
	Fe510-C	355	345	335			490-60	0		
	Fe510-D							-20		
AÇOS AMERICANOS		todas as espessuras						limites	temperatura (°C)	
ASTM	A36M							250	400-550	especificado pelo produtor
	A529M-345							345	485-690	
	A572M-290							290	415	
	A572M-345							345	450	
	A572M-415							415	520	
	A572M-450							450	550	
AÇOS RUSSOS		t<10	10<t<20	20<t<40	40<t<100	t<100			limites	temperatura (°C)
GOST 535-2005	St3ps cat 5	245	245	235	225	205			370-480	-20
GOST 19281-89	09G2S cat 12	345	325	295	265	-			480	-40
AÇOS CANADENSES		t<65	t>65					limites	temperatura (°C)	
GSA G40.21	260W	260	250					410-590	sem requisitos	
	300W	300	280					450-620		
	350W	350	320					450-650		
	380W	380	-					580-650		
	400W	400	-					520-690		
	480W	480	-					590-790		
	550W	550	-					620-860		
	260WT	260	250					410-590		devem ser especificados com as categorias: 1 (0°C); 2 (-20°C); 3 (-30°C); 4(-45°C); 5(temp. especificada pelo produtor)
	300WT	300	280					450-620		
	350WT	350	320					450-650		
	380WT	280	-					480-650		
		400WT	400	-					520-690	
		480WT	480	-					590-790	
		550WT	550	-					620-860	
AÇOS JAPONESES		t<16	16<t<40	40<t<75	75<t<100	100<t<160	160<t<200	limites	temperatura (°C)	
JIS G 3106:2004	SM400	245	235	215	215	205	195	400-510	devem ser especificados com as categorias: A (sem requisitos); B ou C (0°C)	
	SM490	325	315	295	295	285	275	490-610		
	SM490Y	365	355	335	325	-	-	490-610		
	SM520	365	355	335	325	-	-	520-640		
	SM570	460	450	430	420	-	-	570-720	-5	
JIS G 3106:2004	SS330	205	195	175	175	165	-	330-430	sem requisitos	
	SS400	245	235	215	215	205	-	400-510		
	SS490	285	275	255	255	245	-	490-610		
AÇOS AUSTRALIANOS		t<11	11<t<17	17<t<40	t>40			limites	temperatura (°C)	
AS/NZS 3679.1:1996	250	245	235	215	215			410	podem ser especificados com as categorias: L0 (0°C); L15 (-15°C)	
	300	325	315	295	295			440		
	350	365	355	335	325			480		
	400	365	355	335	325			520		

Nota: Estas classes de aço são usadas para perfis laminados. Para chapa deve-se consultar a norma AS/NZS 3678:1996

ELEMENTOS DE LIGA E FUNÇÕES TÍPICAS DOS AÇOS

CAPITULO III
3.2 Fabrico do Aço e Produtos Siderúrgicos

ELEMENTO DE LIGA	C	Si	Mn	Mn	Cr	Ni	Ni	Al	W	V	Co	Mo	Cu	P	S	
			-1	-2		-1	-3									
PROPRIEDADES MECÂNICAS	Dureza	↑↑↑	↑	↑	↓↓↓	↑↑	↑	↓↓	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-
	Resistência à tracção	↑↑↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-
	Limite de elasticidade	↑↑↑	↑↑	↑	↓	↑↑	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	-
	Alongamento	↓	↓	~	↑↑↑	↓	~	↑↑↑	-	↓	~	↓	↓	~	↓	↓
	Estricção	~	~	~	~	↓	~	↑↑	↓	↓	~	↓	↓	~	↓	↓
	Resistência ao impacto	↓	↓	~	-	↓	~	↑↑↑	↓	~	↑	↓	↑	~	↓↓↓	↓
	Elasticidade	↓	↑↑↑	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-	-	-	-	-
	Estabilidade a quente	↓	↑	~	-	↑	↑	↑↑↑	-	↑↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑	-	-
Velocidade Crítica		↓	↓	↓↓	↓↓↓	↓↓	↓↓	-	↓↓	↓↓	↑↑	↓↓	-	-	-	
Formação de carbonetos		↓	~	-	↑↑	-	-	-	↑↑	↑↑↑		↑↑↑	-	-	-	
Resistência ao desgaste		↓↓↓	↓↓	-	↑	↓↓	-	-	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	-	-	-	
Forjabilidade		↓	↑	-	↓	↓	↓↓↓	↓↓	↓↓	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓↓↓	
Maquinabilidade	↓	↓	↓	↓↓↓		↓	↓↓↓		↓↓	-	~	↓	~	↑↑	↑↑↑	
Oxidação a quente	↓	↓	~	↓↓	↓↓↓	↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓	↓	↑↑	~	-	-	
Aptidão à Nitruração		↓	~	-	↑↑	-	-	↑↑↑	↑	↑	-	↑↑	-	-	-	
Resistência à corrosão	~	-	-	-	↑↑↑	-	↑↑	-	-	↑	-	-	↑	-	↓	
AÇOS MAGNÉTICOS	Histerese	↑↑	↓↓			↓			↓↓		~		~	↑	-	↑↑
	Permeabilidade máxima	↓↓	↑↑		↓	↑			↑↑		~		~	↓	-	↓↓
	Força coerciva	↑↑↑	↓↓		↑	↓			↓↓		~		~	↑		↑↑↑
	Remanência															
	Perdas Eléctricas (Watt)	↑↑	↑↑↑		↑	↓			↓↓↓		~		↓	↑	-	↑↑

↑ = Aumento

↓ = Redução

(1) = Em aços perlíticos (2) = Em aços austeníticos

Várias setas = maior influência

(3) = Em aços CrNi austeníticos

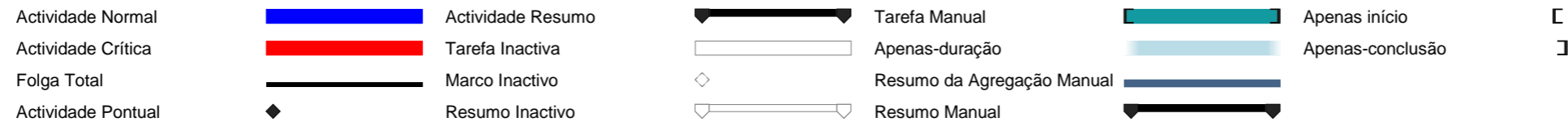
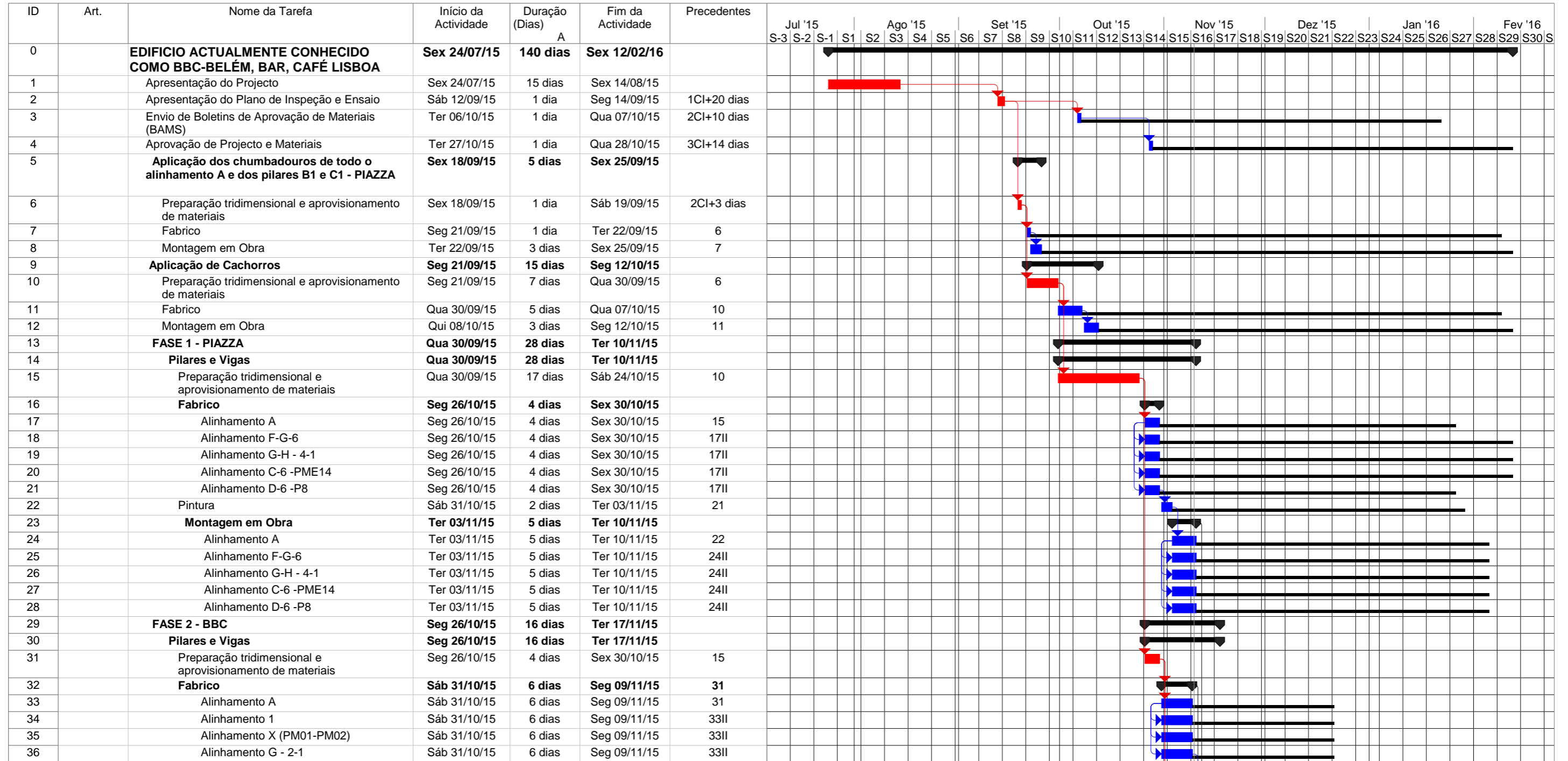
- = Não característica ou desconhecida

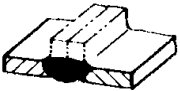






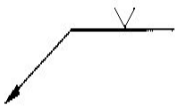


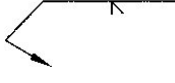









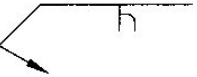


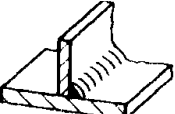


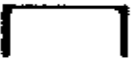
~ = aproximadamente constante

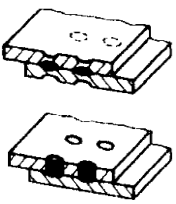

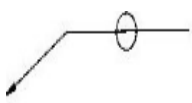
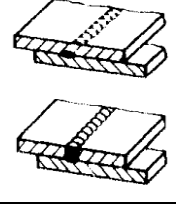

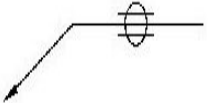
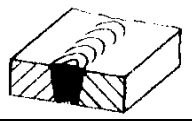

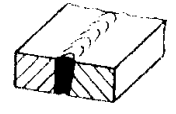

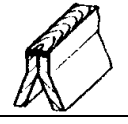



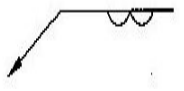
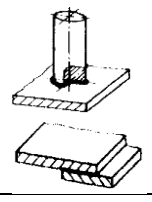
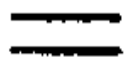




ANEXOS IV

PLANO DE PRODUÇÃO E MONTAGEM

"EDIFÍCIO ACTUALMENTE CONHECIDO COMO BBC-BELÉM, BAR, CAFÉ LISBOA"



SÍMBOLOS ELEMENTARES PARA SOLDADURAS CONSOANTE O TIPO DE CHANFRO				
DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	SÍMBOLO ISO2553	SÍMBOLO AWS	OBSERVAÇÕES (1)
Soldadura em bordas elevadas completamente fundidos				Para chapas com espessuras $t \leq 2\text{mm}$ não necessita de material de adição.
Soldadura em bordas direitas (ou rectos)				Para chapas com espessuras $t \leq 4\text{mm}$ ou $3 < t \leq 8\text{mm}$, com cobrejunta. Os bordos são sem chanfros.
Soldadura em V				Para chapas com espessuras $3 < t \leq 10\text{mm}$ ou $3 < t \leq 40\text{mm}$, com retoma. Os ângulos de abertura α de 40° a 60° .
Soldadura em meio V				Para chapas com espessuras $3 < t \leq 10\text{mm}$ ou $3 < t \leq 30\text{mm}$ com retoma. Semiângulos de abertura $35^\circ \leq \beta \leq 60$
Soldadura em Y				Para chapas com espessuras $5 < t \leq 40\text{mm}$ ou $t > 10\text{mm}$ com retoma. Ângulos de abertura α de 60° .
Soldadura em meio Y				
Soldadura única em U (ou em tulipa)				Para chapas com espessuras $t > 12\text{mm}$. Semiângulos de abertura $8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$.
Soldadura única em J (ou em U)				Para chapas com espessuras $t > 16\text{mm}$. Semiângulos de abertura $10 \leq \beta \leq 20^\circ$.
Retoma (ou cordão de confirmação na raiz da junta)				
Soldadura de canto (ou de ângulo)				Para chapas com espessuras $t > 2\text{mm}$. S
Soldadura em entalhes				

SÍMBOLOS ELEMENTARES PARA SOLDADURAS CONSOANTE O TIPO DE CHANFRE				
DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	SÍMBOLO ISO2553	SÍMBOLO AWS	OBSERVAÇÕES (1)
Soldadura por pontos				
Soldadura em linha contínua com sobreposição (ou recobrimento)				
Soldadura em V de bordas muito inclinadas				Para chapas com espessuras $t > 16\text{mm}$. Semiângulos de abertura $5^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$.
Soldadura em meio V de bordas muito inclinadas				Para chapas com espessuras $t > 16\text{mm}$. Semiângulos de abertura $15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$.
Soldadura de bordo				
Enchimento				
Junta de superfície				
Junta inclinada				
Junta dobrada				

1) Os valores de t são recomendados para preparação de juntas, dadas na norma EN ISO 962-1.2) As juntas topo-a-topo entre chapas com os bordos elevados (símbolo 1) sem penetração total, são simbolizadas como as soldaduras de bordos direitos (símbolo 2) com a indicação da espessura s do cordão de soldadura)

SÍMBOLOS COMBINADOS PARA JUNTAS SOLDADAS SIMÉTRICAS

DESIGNAÇÃO	ILUSTRAÇÃO	SÍMBOLO ISO22553	SÍMBOLO AWS	Observações (1)
Soldadura em dupla V (ou em X)				Para chapas com espessuras $t > 10\text{mm}$. Ângulos de abertura $40^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$.
Soldadura em duplo meio V				Para chapas com espessuras $t > 10\text{mm}$. Semiângulos de abertura $35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$.
Soldadura em duplo Y				Para chapas com espessuras $t > 10\text{mm}$. Semiângulos de abertura $40^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$.
Soldadura em duplo meio Y				
Soldadura em dupla em U				Para chapas com espessuras $t \geq 30\text{mm}$. Semiângulos de abertura $8^\circ \leq \beta \leq 12^\circ$.

(1) Os valores de t são recomendações para a preparação de juntas, dadas na Norma EN ISO 9692-1.

SÍMBOLOS SUPLEMENTARES

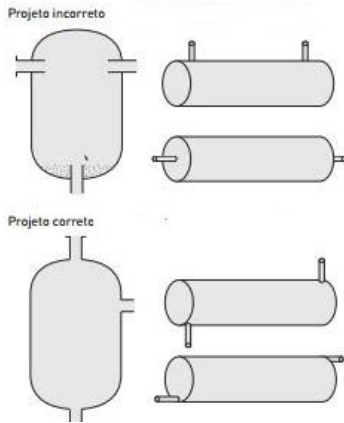
CORDÃO PLANO	CORDÃO CONVEXO	CORDÃO CÔNCAVO
Lado mais próximo 	Lado mais próximo 	Lado mais próximo
Lado mais afastado 	Lado mais afastado 	Lado mais afastado

SIMBOLOGIA COMPLEMENTAR PARA IDENTIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES PARTICULARES, SEGUNDO A NORMA ISO 2553

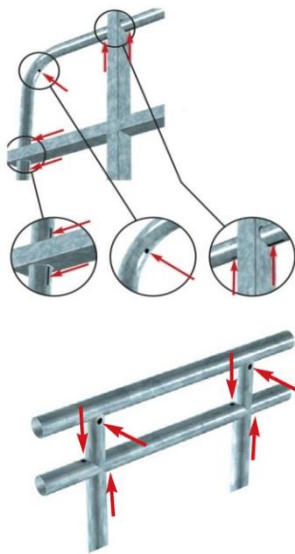
SOLDADURA EM ESTALEIRO	SOLDADURA TODA A VOLTA	IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO

BOAS PRÁTICAS PARA GALVANIZAÇÃO											
PORMENOR	DESCRIÇÃO										
 <p>Dimensões da Tina: (Comprimento x Largura x Profundidade)</p> <p>Gamil 8000*1500*2400 Megalta 12500*2200*2700 Eurogalva 12500*1700*2400</p>	<p>Tamanhos e Formas:</p> <p>Praticamente todas as peças podem ser galvanizadas, desde que os projectadas e construídas em módulos adaptáveis às dimensões da tina. É recomendável verificar as dimensões da tina. É recomendável verificar as dimensões úteis da tina, numa fase atempada de projecto</p>										
 <p>Note: 2 holes required, 1 on each end.</p>	<p>Os furos para ventilação realizados em estruturas que vão ser galvanizadas, verifica-se que:</p> <p>Furos maiores= melhor drenagem= mais qualidade.</p> <table border="1"> <tr> <td>D</td> <td>50</td> <td>100</td> <td>150</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>∅ Furo mínimo</td> <td>13</td> <td>25</td> <td>38</td> <td>50</td> </tr> </table>	D	50	100	150	200	∅ Furo mínimo	13	25	38	50
D	50	100	150	200							
∅ Furo mínimo	13	25	38	50							
	<p>Todas as chapas soldadas em perfis, quer sejam de base ou de topo, rigidificadores ou goussets, terão de apresentar os seus cantos cortados e/ou furados convenientemente, para que haja um escoamento do zinco fundido.</p>										
	<p>Com as furações e os cortes devidamente executadas nas zonas ilustradas na figura, obter-se-á um tratamento superficial mais perfeito, mais eficaz e mais limpo.</p>										
	<p>Os suportes angulares não devem tocar na borda da barra principal. Isso permitirá o fluxo livre do zinco fundido por toda a superfície da barra, melhorando a drenagem da estrutura, e ajudará na obtenção de um revestimento galvanizado mais uniforme, reduzindo o potencial de retenção de cinzas na superfície da barra e evitando a formação de bolhas de ar, o que poderia resultar em áreas não revestidas.</p>										

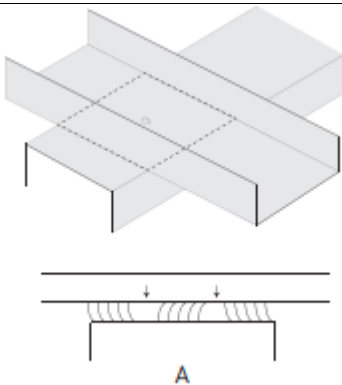
BOAS PRÁTICAS PARA GALVANIZAÇÃO



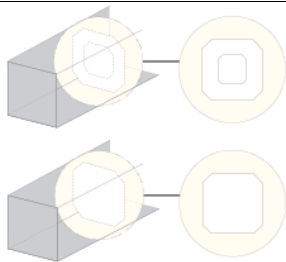
Os furos devem ser posicionados nos pontos mais elevados e menos elevados da secção, para garantir que nenhum ar fica retido durante a imersão e que a drenagem seja completa durante a retirada do banho de zinco. Os reforços internos devem ser omitidos tanto quanto possível.



Todas as estruturas soldadas devem ser ventiladas por razões de segurança e escorrimento do zinco fundido. Por estes motivos, todos os elementos terão que apresentar furações diagonalmente opostas junto das respectivas ligações, sempre que possível.

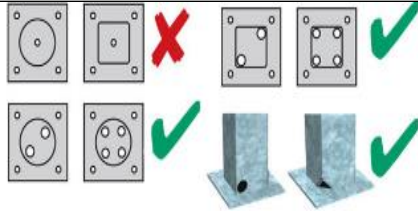


Para superfícies em contacto, conforme se ilustra na figura, terá de ser prevista uma furação que abranja os dois elementos. Se tal não for exequível, as soldaduras terão de ser intermitentes (ver figura A). Estas precauções são necessárias para evitar explosões no banho de zinco fundido e danificar o fabrico.

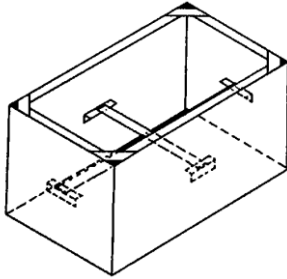


Secções que incorporam diafragmas internos e têm por flanges devem ser apropriadamente abertas. Em tubos de secção quadrada pequenos, as quatro arestas das lâminas devem ser pequenas. Tubos maiores devem incorporar um furo adicional ao centro do diafragma.

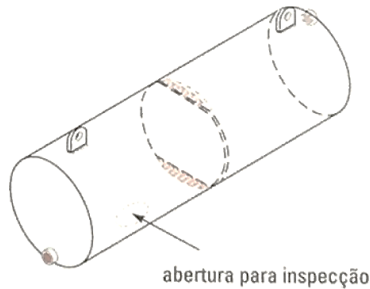
BOAS PRÁTICAS PARA GALVANIZAÇÃO



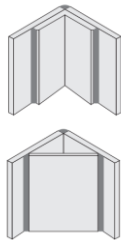
Várias soluções a adoptar para peças ligadas a chapas de base, para apropriada ventilação e necessário escoamento do zinco.



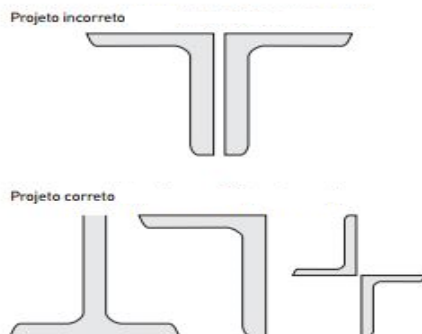
Reservatórios de grandes dimensões são normalmente estabilizados e contraventados através de ligações diagonais nas suas arestas. Nestas ligações terão de ser previstas as respectivas aberturas para escoamento do zinco fundido e os elementos planos usados nas suas ligações.



Em elementos cilíndricos, a ventilação tem de ser prevista em locais opostos, com afastamento mínimo de 50mm de diâmetro. Dispositivos interiores, terão de ser cortados nas zonas de contacto com o interior do cilindro, em áreas diametralmente opostas. É necessário prever elementos no exterior do cilindro, que permitam o seu transporte e mergulho. Deve ser possível visualizar estes dispositivos através das ventilações existentes ou através de aberturas para inspeção.

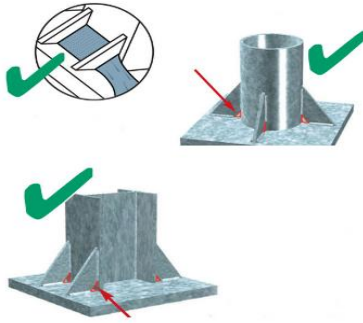


Exemplos de como encaixes soldados devem ser projetados para evitar que ácidos fiquem presos (fendas estreitas). Juntas soldadas devem ser contínuas, se elas não fecharem uma superfície não ventilada. Obtém-se melhor resultado em juntas parafusadas após a galvanização.

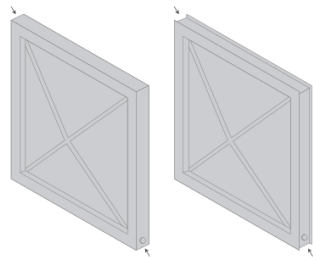


Para evitar a acumulação de sujidade e humidade, opte por perfis em T ou outra geometria.

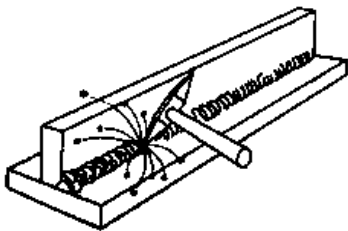
BOAS PRÁTICAS PARA GALVANIZAÇÃO



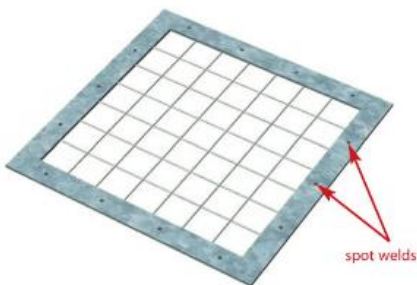
Rigidificadores exteriores para vigas ou sapatas devem ter as extremidades com furos.



Para minimizar o risco de distorção, painéis planos devem ser presos, por exemplo, em curvatura ou com nervuras, As aberturas devem ser feitas nas extremidades.



Em ligações soldadas, todos os elementos e em especial cordões de soldadura, têm de se apresentar isentos de escória, salpicos e porosidades, para que haja perfeita reacção do zinco em todas as áreas desses elementos.

Malha

Devido à expansão e contração do aço durante o processo de galvanização, existe um risco de distorção. Uma soldadura deve ser colocada somente em cada espaço alternativo ou em cada segundo fio, dependendo da construção.

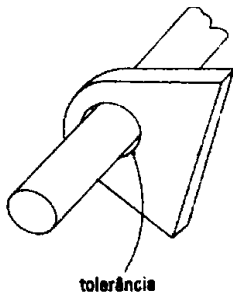
Distorção

Distorção é um risco sempre presente durante a galvanização. Decorre do alívio das tensões acumuladas durante o processo de fabrico do aço e, também, durante o fabrico das próprias estruturas. As Estruturas fabricadas com seções de diferentes espessuras e grandes áreas de superfície são particularmente propensas.

BOAS PRÁTICAS PARA GALVANIZAÇÃO

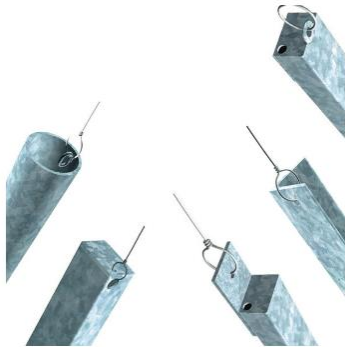


Para identificação provisória ou permanente das peças a galvanizar não poderão ser utilizadas tintas, vernizes, colas, óleos, solventes e semelhantes, pois a reacção com o zinco ficará obstruída. Dever-se-á marcar as peças através de letras soldadas ou gravadas ou através de etiquetas metálicas agarradas à peça.



Terão de ser previstas tolerâncias perfurações que irão servir para atravessamento de parafusos, varões, ganchos, etc. de modo a que a incorporação de zinco não diminua significativamente a secção útil daquelas e permita o movimento ou atravessamento devidos. Assim, deverão ser respeitadas as seguintes tolerâncias:

Peça	Tolerância do Raio
$\varnothing < 1\text{mm}$	1mm
$10 < \varnothing < 30$	2mm
$\varnothing > 30\text{mm}$	2-2,5 mm



LOCAIS DE ELEVAÇÃO

Até 1.5m	Um furo para prender numa ponta
Acima de 1.5m	Um ponto para prender nas duas pontas

DIFERENTES TIPOS DE CERTIFICADOS ESPECIFICADOS NA EN 10204			
	DESIGNAÇÃO DO TIPO DE CERTIFICADO	CONTEÚDO DO DOCUMENTO	EMITIDO POR
Tipo 2.1	Declaração de Conformidade com a Encomenda	Certificação de Conformidade com a encomenda	Produtor
Tipo 2.2	Relatório de Ensaio	Certificação de Conformidade com a encomenda, com indicação de resultados de inspeções não específicas	Produtor
Tipo 3.1	Certificado de Inspeção 3.1	Certificação de Conformidade com a encomenda, com indicação de resultados de inspeções específicas.	Entidade acreditada do fabricante e independente do processo de fabrico
Tipo 3.2	Certificado de Inspeção 3.2	Certificação de Conformidade com a encomenda, com indicação de resultados de inspeções específicas.	Entidade acreditada do fabricante e independente do processo de fabrico e a Entidade Certificadora indicada pelo Comprador ou o Inspector designado pelos Certificadores Oficiais

DOCUMENTOS NECESSÁRIOS PARA INSPECÇÃO DE PRODUTOS METÁLICOS			
PRODUTO CONSTITUINTE	DOCUMENTOS DE INSPECÇÃO		
Aços estruturais (Quadros 2 e 3)	De acordo com o Quadro B.1 da EN 10025-1:2004 ^{a b}	$S_e \leq 355$ MPa e tenacidade ($T \geq 0^\circ\text{C}$)	2.2 – Certificado de Conformidade
		$S_e \leq 355$ MPa e tenacidade ($T \leq 0^\circ\text{C}$)	3.1 ou 3.2 – Certificado de Inspeção
		$S_e \geq 355$ MPa	3.1 ou 3.2 – Certificado de inspeção
Aços inoxidáveis (Quadro 4)	3.1		
Aços vazados	De acordo com o Quadro B.1 da EN 10340:2007		
Produtos consumíveis para soldadura (Quadro 5)	2.2		
Conjuntos para ligações aparafusadas	2.1 ^c		
Rebites para aplicação a quente	2.1 ^c		
Parafusos auto-roscantes e parafusos auto-perfurantes e rebites cegos	2.1		
Pernos para soldadura por arco	2.1 ^c		
Juntas de dilatação para pontes	3.1		
Cabos de alta resistência	3.1		
Aparelhos de apoio estruturais	3.1		
^a Para os aços estruturais das classes S 355 JR ou J0, é requerido um documento de inspeção 3.1 para as classes de execução EXC2, EXC3 e EXC4 ^b A EN 10025-1 requer que os elementos incluídos na fórmula CEV sejam referidos no documento de inspeção. A indicação dos outros elementos adicionais requeridos pela EN 10025-2 deve indicar Al, Nb e Ti. ^c No caso de ser requerido um certificado 3.1, este poderá ser substituído por uma marca de identificação do lote de fabrico.			

NORMAS PARA PRODUTOS CONSTITUINTES			
NORMAS DE PRODUTO PARA OS AÇOS CARBONO			
Produtos	Condições técnicas de fornecimento	Dimensões	Tolerâncias
Perfis I e H	EN 10025-1	Não disponível	EN 10034
Perfis I laminados a quente com banzos de faces internas inclinadas	EN 10025-2	Não disponível	EN 10024
Perfis U	EN 10025-3	Não disponível	EN 10279
Cantoneiras de abas iguais e de abas desiguais	EN 10025-4	EN 10056-1	EN 10056-2
Perfis T	EN 10025-5	EN 10055	EN 10055
Chapas, placas e placas de grandes dimensões	EN 10025-6 Conforme o caso aplicável	Não aplicável	EN 10029 EN 10051
Barras e varões		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Perfis tubulares acabados a quente	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Perfis tubulares enformados a frio	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2
NOTA: A EN 10020 fornece as definições e as classificações das classes de aço As designações simbólicas e as designações numéricas dos aços são fornecidas nas EN 10027-1 e EN 10027-2, respectivamente.			

NORMAS DE PRODUTO PARA CHAPAS DE REVESTIMENTO E BANDAS APTAS PARA ENFORMAGEM A FRIO		
Produtos	Condições técnicas de fornecimento	Tolerâncias
Aços estruturais não-ligados	EN 10025-2	EN 10051
Aços estruturais soldáveis de grão fino	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Aços de alto limite de elasticidade para enformagem a frio	EN 10149, EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140
Aços laminados a frio	ISO 4997	EN 10131
Aços revestidos em contínuo por imersão a quente (EX. madres enformadas a frio)	EN 10346	EN 10143
Produtos de aço planos revestidos em contínuo com materiais orgânicos	EN 10169	EN 10169
Bandas estreitas	EN 10139	EN 10048 EN 10140

NORMAS DE PRODUTO PARA AÇOS INOXIDÁVEIS		
Produtos	Condições técnicas de fornecimento	Tolerâncias
Chapas de revestimento, chapas e bandas	EN 10088	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN ISO 9445
Tubos (soldados)	EN 10296-2	EN ISO 1127

NORMAS DE PRODUTO PARA AÇOS INOXIDÁVEIS		
Produtos	Condições técnicas de fornecimento	Tolerâncias
Tubos (sem costura)	EN 10297-2	
Barras, varões e perfis	EN 10088-3	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
NOTA As designações simbólicas e numéricas dos aços são fornecidas na EN 10088-1		

NORMAS DE PRODUTO RELATIVAS A CONSUMÍVEIS PARA SOLDADURA	
Consumíveis para soldadura	Normas de produto
Consumíveis para soldadura (material de adição e gases de protecção) - Marcação CE	EN13479
Gases de protecção para soldadura por arco eléctrico e corte	EN ISO 14175
Fio eléctrodo e outros metais de adição para soldadura MIG/MAG de aços não ligados e de grão fino	EN ISO 14341
Fio sólido, binário fio sólido-fluxo, binário fio fluxado-fluxo para soldadura por arco submerso de aços não ligados e de grão fino	EN 756
Eléctrodos revestidos para soldadura por eléctrodo revestido manual de aços de alta resistência	EN 757
Eléctrodos fluxados para soldadura por arco eléctrico com ou sem gás de protecção de aços não ligados e de grão fino	EN ISO 17632
Fluxos para soldadura por arco submerso	EN 760
Eléctrodos revestidos para soldadura por eléctrodo revestido manual de aços inoxidáveis e resistentes ao calor	EN 1600
Varetas, fios e outros metais de adição para soldadura TIG de aços não ligados e de grão fino	EN ISO636
Eléctrodos revestidos para soldadura por eléctrodo revestido manual de aços não ligados e de grão fino	EN ISO 2560
Fio eléctrodo e varetas para soldadura por arco eléctrico de aços inoxidáveis e resistentes ao calor	EN ISO 14343
Fio eléctrodo e varetas e outros metais de adição de soldadura por arco eléctrico com protecção gasosa de aços de alta resistência	EN ISO 16834
Fio eléctrodo e fio eléctrodo fluxado e binário fio-fluxo para soldadura por arco submerso de aços de alta resistência	EN 14295
Eléctrodos fluxados para soldadura por arco eléctrico com ou sem gás de protecção de aços inoxidáveis e resistentes ao calor	EN ISO 17633
Eléctrodos fluxados para soldadura por arco eléctrico com gás de protecção de aços de alta resistência	EN ISO 18276

PARAFUSOS		
LIGADORES MECÂNICOS	NORMA DE TRATAMENTO	NORMA DE PRODUTO
Conectores/ pernos de cabeça	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN13918
Parafusos sem pré-esforço	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN15048-1 EN14399-1
Parafusos com pré-esforço e porcas	Tratamento por galvanização: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN14399-1 (Marcação CE) EN14399-3 (Sistema HR) EN14399-4 (sistema HV) EN14399-7 EN14399-8 EN14399-10

PARAFUSOS		
LIGADORES MECÂNICOS	NORMA DE TRATAMENTO	NORMA DE PRODUTO
Anilhas com pré esforço	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN14399-1 (Marcação CE) EN 14399-5 EN14399-6
Anilhas indicadoras de esforço	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684	EN14399-1 (Marcação CE)
	Electrozincagem - EN ISO4042	EN 14399-9
Anilhas planas	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684	Para aço carbono: EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7091, EN ISO 7092, EN ISO 7093 ou EN ISO 7094 Para aço inox: EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7092 ou EN ISO 7093-1
	Electrozincagem - EN ISO4042	Dureza: EN 15048-1.
Anilhas sutadas	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	Conformidade com a norma de produto aplicável.
Rebites para aplicação a quente	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	Conformidade com a norma de produto aplicável.
Parafusos Auto-perfurantes	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN ISO 15480
Parafusos auto-roscentes	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684	EN ISO 1481; EN ISO7049; EN ISO1479; ISO10509
	Electrozincagem - EN ISO4042	
Rebites cegos	Tratamento por galvanização a quente: EN ISO10684 Electrozincagem - EN ISO4042	EN ISO15976; EN ISO15979; EN ISO15983; EN ISO15984

CHUMBADOUROS	
Chumbadouros	Se adquiridos - características mecânicas - EN ISO 898-1 Se fabricado em oficina - EN 10025-2 ou EN1025-4 Se especificado pode ser utilizado aço para betão armado em conformidade com a EN10080 e respectiva classe
PEÇAS DE LIGAÇÕES ESPECIAIS	
Pregos - cartuchos fulminantes	Especificação de projecto
Parafusos injectados de cabeça sextavada	
Chumbadouros com buchas químicas	
Juntas de dilatação para pontes	
Especificação de projecto	

CABOS DE ALTA RESISTÊNCIA, TIRANTES E TERMINAIS		
Cabos de alta resistência, tirantes e terminais	Fios para cabos	Estirados a frio - EN10264-3 Laminados a frio - EN10264-4 O valor de resistência à tração deve ser especificado. Se necessário deve-se especificar a classe de revestimento seguindo a EN10244-2
	Cordões dos cabos de alta resistência	Pr EN 10138-3 A designação e a classe de cordão devem ser especificadas na compra.
	Cabos de aço	EN10385-1 e EN10385-10 O valor mínimo da força de rotura e do diâmetro do cabo de aço devem ser especificados assim como, se necessário as exigências de protecção anti- corrosão
	Material de	EN13411-4

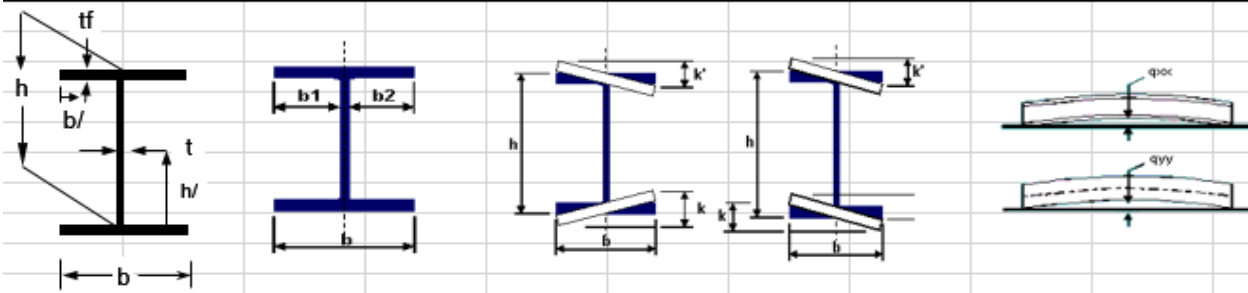
CABOS DE ALTA RESISTÊNCIA, TIRANTES E TERMINAIS	
	enchimento dos casquilhos

APARELHOS DE APOIO ESTRUTURAIS	
Aparelhos de apoio estruturais	EN 1337-2;EN 1337-3;EN 1337-4;EN 1337-5;EN 1337-6;EN 1337-7;EN 1337-8;

TRATAMENTO DE SUPERFICIE	
Pintura	Estado de Superfície EN ISO12944-4, EN ISO8501 e EN ISO8503-2
	Pintura: EN ISO12944-7
Metalização	EN ISO2063, EN15311, EN14616
Galvanização	EN ISO1461, EN1461, EN ISO14713-1 e ENISO14713-2

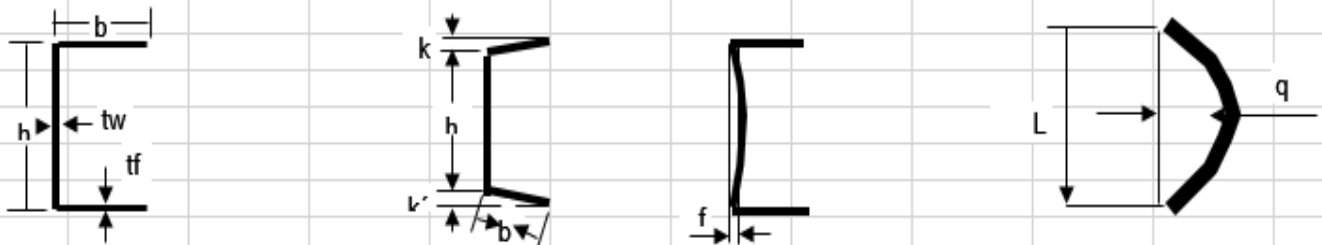
TOLERÂNCIAS PERFIS

Tolerâncias de laminagem -norma EN 10034:1993-perfis HEA , HEB, IPE



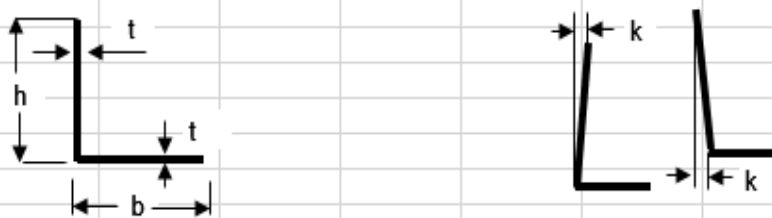
h	$h < 180$	+3/-2	b	$b < 110$	+4/-1
	$180 < h < 400$	+4/-2		$110 < b < 210$	+4/-2
	$400 < h < 700$	+5/-3		$210 < b < 325$	+4/-4
	$h > 700$	+5/-5		$b > 325$	+6/-5
tw	$tw < 7$	+0,7	tf	$tf < 6,5$	+1,5/-0,5
	$7 < tw < 10$	+1		$6,5 < tf < 10$	+2/-1
	$10 < tw < 20$	+1,5		$10 < tf < 20$	+2,5/-1,5
	$20 < tw < 40$	+2		$20 < tf < 30$	+2,5/-2
	$40 < tw < 60$	+2,5		$30 < tf < 40$	+2,5
	$tw > 60$	+3		$40 < tf < 60$	+3
(k+k')	$b < 110$	1,5	e=(b1-b2)/2	$tf < 40$	
	$b > 110$	0,02b (max. 6,5)		$b < 110$	2,5
(q)	$80 < h < 180$	0,003l		$110 < b < 325$	3,5
	$180 < h < 360$	0,0015l		$b > 325$	5
	$h > 360$	0,001l	$tf > 40$		
			$110 < b < 325$	5	
			$b > 325$	8	

Tolerâncias de laminagem -norma EN 10279:2000-perfis UPN , UAP



h	$80 < h < 200$	+2	b	$b < 50$	+1,5	(tw)	$tw < 10$	+0,5
	$200 < h < 400$	+3		$50 < b < 100$	+2		$tw > 10$	+0,7
	$h > 400$	+4		$100 < b < 125$	+2,5	(f)	$h < 100$	+0,5
tf	$tf < 10$	-0,5	$b > 125$	+3	$100 < h < 200$		+1	
	$10 < tf < 15$	-1	(k+k')	$b < 100$	$k+k' < 2$		$200 < h < 400$	+1,5
$tf > 15$	-1,5	$b > 100$		$k+k' < 0,02b$				

Tolerâncias de laminagem -norma EN 10056:1994-perfis L



h	$h < 50$	+1	t	$t < 5$	+0,5	k	$h < 100$	1
	$50 < h < 100$	+2		$5 < t < 10$	+0,75		$100 < h < 150$	1,5
	$100 < h < 150$	+3		$10 < t < 15$	+1		$150 < h < 200$	2
	$150 < h < 200$	+4		$t > 15$	+1,2			

TUBOS

Tubos EN 10210-2 - Tolerâncias nas dimensões e massa de perfis ocós acabados a quente

Tabela 1 - Tolerâncias forma e Massa

Características	Secções ocós circulares	Perfis ocós retangulares
Dimensões externas (D, B e H)	$\pm 1\%$ Com um mínimo de + 0,5 milímetros e um máximo de + 10 milímetros	$\pm 1\%$ Com um mínimo de +0,5 milímetros
Espessura (T)	-10% (1) (2)	
Circularidade (O)	2% Para perfis ocós com um diâmetro à relação de espessura não superior a 100 (3)	
Concavidade (4)	-	1%
Esquadria de lado	-	$90^{\circ} \pm 1^{\circ}$
Canto externo perfil (c1, c2 ou R) (5)	-	3T máximo em cada canto
Curva	-	2mm mais 0,5 mm/m de comprimento
Rectibilidade	0,2% de comprimento total	
Massa (M)	+ 6% Em comprimentos individuais (6)	

(1) O desvio positivo é limitado pela tolerância da massa.

(2) Para secções sem costura espessuras de menos do que 10%, mas não menos que 12,5% da espessura nominal pode ocorrer em áreas de transição suaves sobre não mais do que 25% da circunferência

(3) Quando o diâmetro à relação de espessura superior a 100 a tolerância em fora de arredondamento de ser acordado

(4) A tolerância de convexidade e concavidade é independente da tolerância sobre as dimensões externas

(5) Os lados não precisam de se tangente aos arcos de cantos.

(6) A tolerância positiva sobre a massa de perfis ocós, sem costura, é de 8%

Tabela 2 - Tolerância no comprimento - dimensões em mm

Tipo de comprimento	Gama (mm)	Tolerâncias
Comprimentos Aproximado	4000 a 16 000	500mm (2)
Comprimento Exato	> 2000 a 6000	+10 mm
	≥ 6000	+15 mm

1) O comprador deve indicar no inquérito e solicitar o tipo de comprimento necessário e a faixa de comprimentos ou comprimento necessário, conforme apropriado.

2) A tolerância do comprimento aproximado deve ser 0

Tabela 3 - Tolerância em altura do cordão de solda interno e externo para perfis ocós soldados - dimensões e mm

Espessura (7)	Altura máxima da solda
≤ 14.2	3.5
> 14.2	4.8

Tubos EN 10219-2

Tabela 1 - Face Externa do Tubo

Espessura T	Face externa do Tubo C ₁ , C ou R ¹⁾
$T \leq 6$	1.6T A 2.4T
$6 < T \leq 10$	2.0T A 3.0T
$10 < T$	2.4T A 3.6T

¹⁾ Os lados não precisam de ser tangente aos arcos de canto

Tabela 2 - Tolerâncias forma e Massa

Características	Secções ocós circulares	Perfis ocós retangulares	
Dimensões externas (D, B e H)	$\pm 1\%$ Com um mínimo de + 0,5 milímetros e um máximo de ± 10 milímetros	Comprimento Lateral mm	Tolerância
		H, B < 100 100 \leq H, B \leq 200	$\pm 1\%$ com um mínimo de $\pm 0,5\text{MM}$ $\pm 0,8\%$ $\pm 0,5\%$
Espessura (T)	Para D < 406.4mm: $T \leq 5 \pm 10\%$	$T \leq 5 \text{ mm} \pm 10\%$	
	$T > 5 \text{ mm} \pm 0,50 \text{ mm}$	$T > 5 \text{ mm} \pm 0,5\text{mm}$	
	Para D > 406.4mm: $+10\%$ com máximo de 2mm		
Circularidade (O)	2 % para perfis ocós com um diâmetro à relação de espessura não superior a 100 (1)	-	
Concavidade (2)	-	Max. 0,8% com um mínim de 0.5mm	
Esquadria de lado	-	$90^{\circ} \pm 1^{\circ}$	
Canto externo perfil	-	Veja tabela 2	
Torção (V)	-	2mm mais 0.5 mm/m comprimento	
Rectibilidade	0,2 % do comprimento total	0.15% do comprimento total	
Massa (M)	$\pm 6\%$ e comprimentos individuais		

(1) Quando o diâmetro à relação de espessura superior a 100a tolerância em fora-de-arredondamento deve ser acordado. (2) A tolerância de convexidade e concavidade é independente da tolerância sobre as dimensões externas


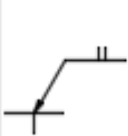
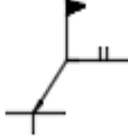
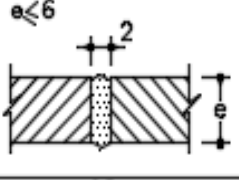
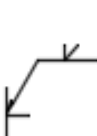
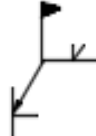
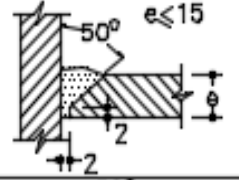
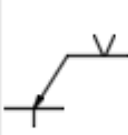
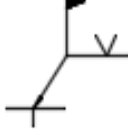
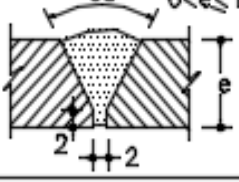
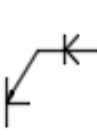
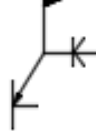
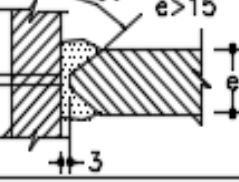
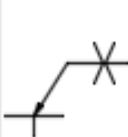
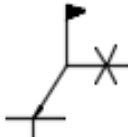
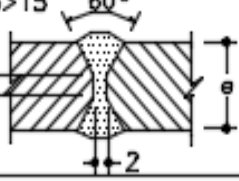

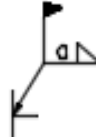
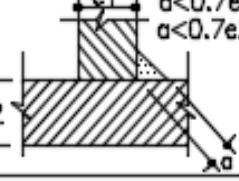
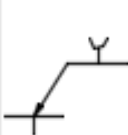
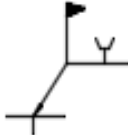
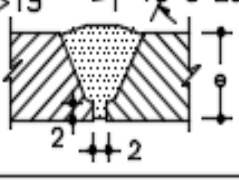
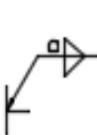
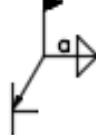
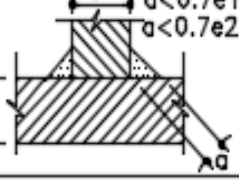
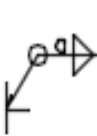
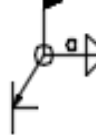

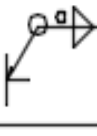
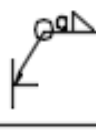
Tabela 3 - Tolerância em altura do cordão de solda interno e externo para tubos ocós

Espessura (T)	Altura máxima da solda
≤ 14.2	3.5
> 14.2	4.8


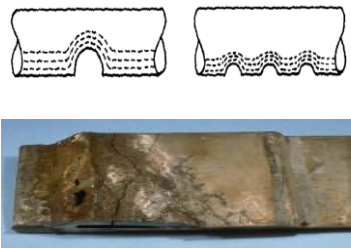

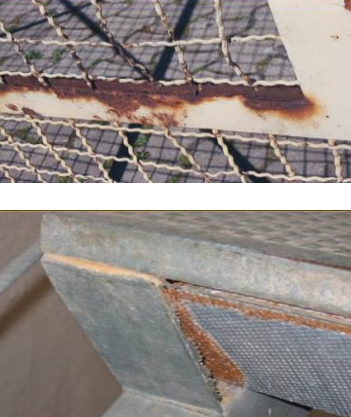

Tabela 4 - Tolerâncias de comprimento (1) - dimensões em mm

Tipo de	Range (mm)	Perfis ocós retangulares
Comprimentos aleatório	4000 - 16000 com um alcance de 2000 por item da ordem	10% das secções fornecidas poderão estar abaixo do mínimo para o intervalo solicitado, mas não menos do que 75% o mínimo da faixa
Duração aproximada	> 4000	+ 500mm - 0
	< 6000	+ 5 mm - 0
Comprimento exato	$> 6000 \text{ a } < 10000$	+ 15mm - 0
	> 10000	+ 5mm - 0

(1) O comprador deve indicar no inquérito e solicitar o tipo de comprimento necessário e a faixa de comprimento ou comprimento necessário, conforme apropriado.

SOLDADURAS						METODO E 
SIMBOLOGIA		PORMENOR	SIMBOLOGIA		PORMENOR	
OFICINA	MONTAGEM		OFICINA	MONTAGEM		
						
						
						
						
						
VERIFICAÇÃO DAS SOLDADURAS			SOLDADURAS EM GERAL			
RX	POR RAIOS "X"					
US	POR ULTRA-SONS					
PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DAS SOLDADURAS SEGUNDO REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE AÇO PARA EDIFÍCIOS ARTIGOS 26 A 37;60;65;NP 1515						
OBS. SOLDADURA EM GERAL: $a = 0.7 \times \text{MENOR DAS ESP. A LIGAR}$						

TIPO DE CORROSÃO	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
CORROSÃO UNIFORME	<p>A corrosão uniforme consiste no ataque de toda a superfície metálica em contato com o meio corrosivo com a conseqüente diminuição da espessura.</p> <p>Este tipo de corrosão ocorre em geral devido a micropilhas de ação local e é, provavelmente, o mais comum dos tipos de corrosão principalmente nos processos corrosivos de estruturas expostas à atmosfera e outros meios que ensejam uma ação uniforme sobre a superfície metálica.</p> <p>A corrosão uniforme é uma forma de desgaste de mais fácil acompanhamento, em especial quando se trata de corrosão interna em equipamentos ou instalações, tendo em vista que a perda de espessura é aproximadamente a mesma em toda a superfície metálica.</p> <p>É entretanto um tipo de corrosão importante do ponto de vista de desgaste, podendo levar o equipamento ou instalação a falhas significativas, limitando a sua vida útil.</p> <p>Os outros tipos de ataque corrosivo onde há um local preferencial para a ocorrência da corrosão, resultando numa perda localizada de espessura são denominadas corrosão localizada.</p>	 
CORROSÃO POR LIXIVIAÇÃO	<p>Este tipo de corrosão forma lâminas de material oxidado que se empilham até camadas mais profundas. O combate a esta floculação é geralmente feito com tratamento térmico.</p>	
CORROSÃO POR EROSÃO	<p>Em locais turbulentos, onde o meio corrosivo se movimenta a alta velocidade, aumenta o grau de oxidação das peças. É possível encontrar este problema em locais que contenham esgotos em movimento, descarga de produtos químicos (indústrias) ou ação directa de água do mar (portos, pontes e embarcações).</p> <p>A erosão acelera o processo corrosivo, dado que a película produzida pela corrosão é removida pela erosão expondo a superfície a novo desgaste corrosivo.</p>	 

<p>CORROSÃO POR RANHURAS – RISCO/CANT O VIVO</p>	<p>Todos os defeitos que contenham cantos vivos, locais para depósito de solução aquosa ou exposição do material não protegido podem vir a apresentar esta corrosão. Pelo seu tamanho diminuto, as ranhuras muitas vezes passam despercebidas em manutenções e tornam-se visíveis somente quando o material oxidado aflora à superfície. Riscos e gretas em ligações aparafusadas, entre outras, enquadram-se neste tipo de patologia.</p>	
<p>CORROSÃO SOB TENSÃO</p>	<p>Este problema é resultante da efeito acumulado de uma tensão de tracção e de um meio corrosivo. Essa tensão pode ser proveniente de encruamento, solda, tratamento térmico, cargas, etc.. Normalmente, as regiões tensionadas funcionam como ânodos em relação ao resto do elemento e tendem a concentrar electrões. Com o tempo, surgem microfissuras que podem acarretar um rompimento brusco da peça antes da percepção do problema.</p>	
<p>CORROSÃO POR PONTOS</p>	<p>Altamente destrutivo, este tipo de corrosão gera perfurações em peças sem uma perda notável de massa e peso da estrutura. Ocorre normalmente em locais expostos a meios aquosos, salinos ou com drenagem insuficiente.</p>	
<p>CORROSÃO POR FRESTAS</p>	<p>Ocorre entre juntas de duas superfícies em contacto ou muito próximas (0.025 a 0.1 mm). Devido à tensão superficial da água, esta aloja-se nas fendas disponíveis e tende a causar pilhas de aeração diferencial, onde a concentração de oxigénio nas bordas é superior à concentração da área mais interna da fenda, fazendo dessa uma região anódica. Como consequência, o processo de corrosão concentra-se na parte mais profunda da fresta, dificultando o acesso e o diagnóstico desse problema. Em geral, este problema afecta somente pequenas partes da estrutura, sendo portanto mais perigosa do que a corrosão uniforme, cujos sintomas são mais visíveis.</p>	
<p>CORROSÃO GALVÂNICA</p>	<p>Este tipo de corrosão ocorre devido à formação de uma pilha electrolítica quando utilizados metais diferentes. As peças metálicas podem comportar-se como eléctrodos e promover os efeitos químicos de oxidação e redução. É fácil encontrar esse tipo de contacto em construções, por galvanização de parafusos e porcas, em torres metálicas de transmissão de energia que são inteiramente constituídas de elementos galvanizados, esquadrias de alumínio encostadas indevidamente na estrutura e diversos outros casos decorrentes da inadequação de projectos.</p>	

DEFEITOS DE PINTURA

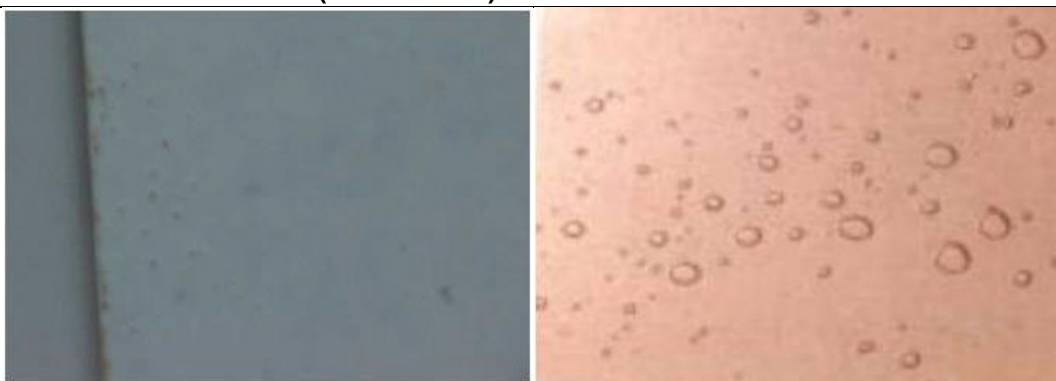
- As patologias inerentes aos esquemas de pintura devem-se principalmente a três razões:
- Má preparação do substrato;
- Defeitos no substrato;
- Envelhecimento do substrato

Portanto, para evitar o aparecimento de patologias no âmbito das pinturas é importante:

- Escolher o tipo de tinta em função do material que compõe o substrato e não por razões estéticas ou subjectivas;
- Seguir à risca as recomendações contidas no boletim técnico;
- Quando o conteúdo dos boletins técnicos não for suficientemente explícito, solicitar maiores esclarecimentos ao vendedor/ fabricante;
- Definir os procedimentos, número de camadas, prazos de cura, etc. através do conteúdo da ficha técnica;
- A nova pintura deve ser providenciada antes que a pintura actual esteja totalmente deteriorada. Quando isso acontece há alteração do substrato ocasionando a necessidade de tratamento de recuperação do substrato.

DEFEITOS A CURTO PRAZO

BOLHAS - EMPOLAMENTO (BLISTERING)



Descrição:	Caracterizado pelo aparecimento de bolhas, resultantes de uma perda de aderência à base de aplicação. Estas bolhas contêm normalmente sólidos líquidos ou gases
Causas:	Aplicação de um esquema inadequado. Deficiente preparação de superfícies antes da pintura. Deficiente processo de aplicação. Condições inadequadas durante a pintura e a secagem (secagem rápida e excesso de humidade no substrato ou ambiente)
Correcção:	Escovar ao grau SA3 a superfície afectada e proceder limpeza com solventes. Repintar. Em casos mais graves, retirar toda a pintura.

CABEÇA DE ALFINETE (PINHOLING)



Descrição:	Orifícios minúsculos que se formam na superfície de uma película de tinta e verniz ou produto similar, que se assemelham à cabeça de alfinete.
Causas:	Retenção de solventes sob a película formada. Presença de humidade no ar ou no suporte. Libertação de ar retido em películas. Ar ou solventes aprisionados no filme de tinta húmida que se escapam para a atmosfera quando a tinta ainda húmida mas que já não consegue voltar a formar um filme coerente; Pintura à pistola sobre um substrato quente; Pintura directa de uma camada espessa sobre um substrato metalizado ou pintado com Etil silicato de zinco;
Correcção:	É impossível tapar os bicos de alfinete apenas com uma nova camada de tinta. A única correcção possível é lixar a superfície afectada até os bicos de alfinete desaparecerem e voltar a aplicar o esquema de pintura previsto No caso de substratos.

CRATERAS (CRATERS)



Descrição:	Aparecimento na película de pequenas depressões circulares que persistem após secagem e se assemelham muito a olhos de peixe, sendo maiores em tamanho e geralmente incorporam pequenas partículas de matérias estranhas.
Causas:	Deficiente preparação de superfície. Contaminação da superfície por óleos e gorduras. Regulação incorrecta de ar / tinta e/ ou ar contaminado. Solventes que se libertam do filme de tinta algum tempo após a aplicação de tinta devido à má mistura dos componentes da tinta
Correcção:	Se pontual, lixar e reaplicar o sistema. Se generalizado, remover todo o revestimento e repintar.

ENRUGAMENTO (WRINKLING)/ LEVANTAMENTO




Descrição:	Desenvolvimento de rugas numa película, em toda ou em parte da sua espessura, durante a sua secagem.
Causas:	Este defeito ocorre quando se aplica uma tinta com solventes fortes (Tintas epoxídicas) sobre uma tinta alquídica ou que oxida ao ar, aplicada recentemente. Ao estar em contacto com o solvente forte começa a dissolver, “enrugando”. Após algum tempo levanta e grandes áreas podem perder a aderência ao substrato. Condições de secagem deficientes. Atmosferas contaminadas ou com correntes de ar. Aplicação de tintas com solventes fortes sobre outras não resistentes aos mesmos. Secagem demasiado rápida ou tempo de cura insuficiente.
Correcção:	Após secar, lixar toda a zona afectada, preparar a superfície e repintar com uma tinta compatível; Se necessário remover todas as camadas de tinta. Respeitar os tempos de cura

ESCORRIMENTO - DESCAIMENTO (SAG)




Descrição:	Defeito de pintura consequente do excesso de espessura de película, dando a aparência de cortina ou lágrimas.
Causas:	Deficiência na regulação do leque. Movimentos muito lentos ou próximos da superfície. Pressão do ar baixa ou viscosidade alta da tinta. Uso incorrecto de diluente. Relação ar / tinta incorrecta.
Correcção:	Lixar a superfície afectada e proceder limpeza com solventes. Repintar. Em casos mais intensos, remover todo revestimento.

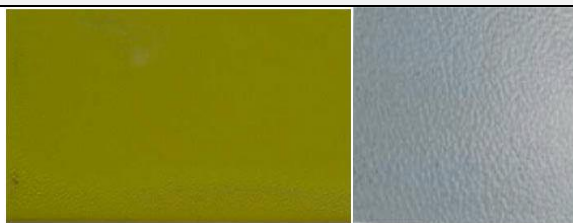
ESPESSURA IRREGULAR (FALTA OU EXCESSO)

	
Descrição:	Falta de uniformidade do filme, fora das tolerâncias médias. As áreas em escassez apresentam pouca cobertura, "sombreamento" da demão anterior, podendo até favorecer a corrosão.
Causas:	Falta de habilidade do pintor Trincha ou rolo inadequado. Pintura com pistola ao vento. Tinta muito viscosa ou com pouco alastramento. Diluição incorrecta. Falta de controlo da espessura húmida. Pistola desregulada - Pistola com pulverização espasmódica. Superfícies difíceis de pintar.
Correcção:	Em casos de excesso de camada, desde que a película esteja bem aderida sobre o substrato ou demão anterior não há necessidade de se fazer qualquer retrabalho; havendo falta de aderência deve-se remover todo o revestimento e refazer o esquema de pintura Em casos de espessura insuficiente deve-se aplicar uma demão adicional para atingir a espessura especificada respeitando-se o intervalo de repintura; caso tenha sido ultrapassado o intervalo máximo de repintura

EXFOLIAÇÃO/ DESCAMAÇÃO - PERDA DE ADERÊNCIA (FLAKING)

	
Descrição:	Perda total de aderência de uma película ou de um esquema composto por mais de uma tinta ou demão à respectiva base de aplicação e que provoca a sua separação em tiras.
Causas:	.Superfície mal preparada, contaminada com gorduras ou partículas sólidas soltas ou contaminação que ocorra após a preparação da superfície; .Humidade no substrato, a qual, sob efeito do calor, passa ao estado de vapor, pressionando o filme de tinta, que se desprende assim do substrato; .Pintura sobre superfície quente; .Reacção da tinta com o substrato em tintas à base de água; .Rugosidade inadequada (pouca rugosidade); .Inobservância dos intervalos para repintura. .Contaminação da superfície entre demãos
Correcção:	.Controlar o perfil de rugosidade; .Eliminar partículas sólidas soltas; .Medir a temperatura do substrato; .Rever possíveis pontos de contaminação durante o manuseio da peça; .Ajustar a viscosidade de maneira a garantir a tensão superficial baixa pra uma completa umectação da superfície; .Não aplicar tintas incompatíveis com a camada anterior ou com o substrato; .Nunca usar tintas convencionais sobre superfícies com uma temperatura acima de 40°C.

CASCA DE LARANJA



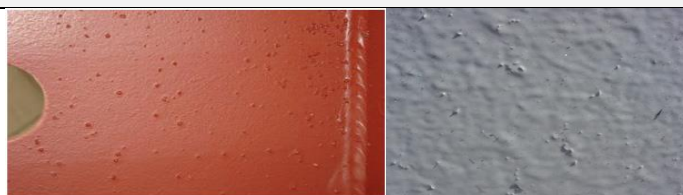
Descrição:	Apresenta irregularidades em toda a película similares á caca de laranja. É um defeito estético e não de protecção
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> .Atomização da tinta insuficiente; .Utilização de solventes de evaporação muito rápida; .Ambiente muito quente durante a pintura; .Viscosidade elevada da tinta; .Velocidade de aplicação e distância pistola-superfície incorrecta. .Pela falta de solventes
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> .Após secagem deve-se lixar a superfície afectada e proceder limpeza com solventes. Repintar. .Em casos mais graves, retirar toda a pintura.

FLUTUAÇÃO DE PIGMENTOS



Descrição:	Apresenta aspecto não homogéneo.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . Uso inadequado de aditivos. . Produtos incompatíveis.
Correcção:	. Lixar a superfície afectada e proceder limpeza com solventes. Repintar.

IMPREGNAÇÃO DE ABRASIVO E/OU DE MATERIAIS ESTRANHOS



Descrição:	Defeito estrutural na película devido à exposição da tinta ainda não seca ao toque, em ambientes contaminados com abrasivo em suspensão, contaminação das tintas ou dos equipamentos de aplicação.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . Pintura sobre superfície contaminada com poeira e / ou grãos de abrasivo. . Contaminação da superfície da tinta ainda húmida pelo abrasivo que cai sobre ela. . Tinta, rolo ou trincha contaminada por areia, terra, abrasivo, etc. . Poeira levada pelo vento sobre a tinta fresca.
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> . Antes da secagem: aplicar panos com solvente para remover a pintura contaminada. . Após secagem: dependendo da intensidade, lixar ou remover toda a pintura contaminada e aplicar outra demão. . Limpar o equipamento contaminado. . Filtrar a tinta contaminada. . Limpar a superfície, removendo o pó antes de pintar. . Proteger a área de pintura contra as contaminações.

INCLUSÃO DE PÊLOS



Descrição:	Defeito estrutural da película decorrente de impregnação de pêlos de trincha, rolo ou de outras fontes durante a aplicação.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . Contaminação da superfície a ser pintada ou ainda com tinta fresca por pêlos (fios, fiapos, cabelos, etc.), originados de trinchas, rolos, estopas, panos, etc. . Pêlos levados pelo vento e que caem sobre a tinta fresca. . Tintas contaminadas.
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> . Antes da secagem: remover as impurezas e retocar. . Após a secagem: lixar e retocar as áreas contaminadas. . Descartar trinchas e rolos defeituosos. . Limpar os equipamentos contaminados. . Filtrar tinta contaminada. . Limpar as superfícies antes de pintar. . Evitar o uso de estopa e utilizar panos.

MARCAS DA TRINCHA



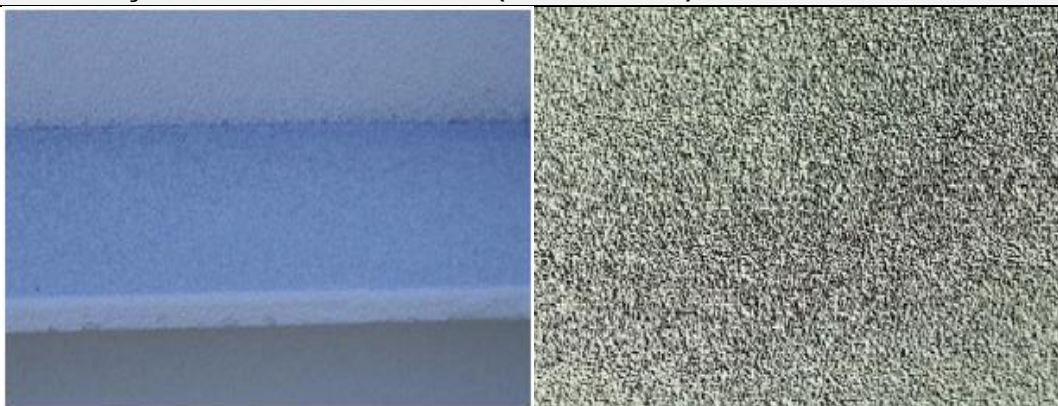
Descrição:	Trilhas" que permanecem no filme após a aplicação com pincel. É comum quando se aplica demãos cruzadas.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> .Viscosidade muito alta. .Diluyente incorrecto. .Agitação inadequada ou insuficiente .Ultrapassou o pot life da tinta (tinta de 2 componentes).
Correcção:	Usar diluentes correctos, diluição correta e respeitar o pot-life Dependendo da extensão das marcas, lixar e repintar.

MANCHA QUÍMICA



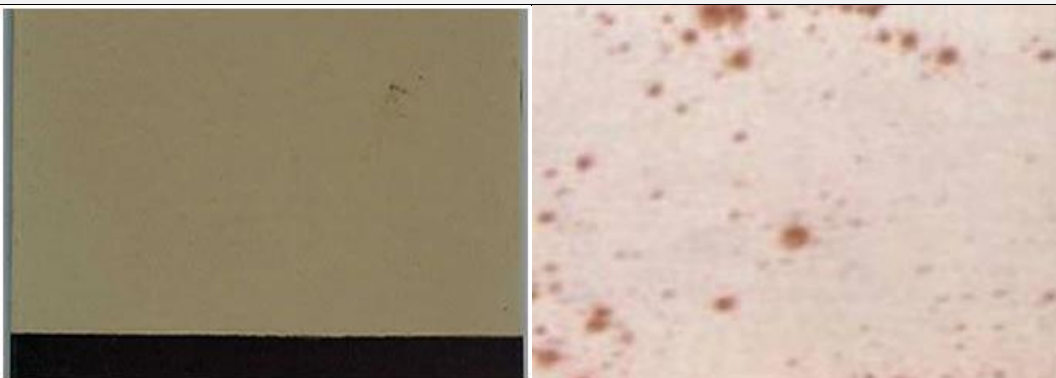
Descrição:	É a perda de coloração através de ataque químico.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . Lavagem prematura da pintura. . Má utilização do produto. . Ataque químico. . Tinta não Conforme . Contaminação da superfície, dos equipamentos de aplicação ou da área de trabalho;
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> . Lixar a superfície afectada e proceder limpeza com solventes. . Repintar. . Em casos mais graves, retirar toda a pintura e aplicar produto mais resistente.

PULVERIZAÇÃO SECA OU DEFICIENTE (OVER SPRAY)



Descrição:	Defeito estrutural da película decorrente da pulverização deficiente, de modo que as partículas não se aglutinam, resultando em espaços intersticiais ou poros no filme com penetração dos agentes corrosivos.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . As partículas da tinta quase secas atingem a superfície devido à evaporação muito rápida do solvente. . Pistola muito distante da superfície. . Calor intenso do ambiente. . Diluição excessiva com excesso de ar na atomização.
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> . Lixar e aplicar outra demão. . Utilizar solventes pesados (evaporação lenta) adequados para o verão. <p>OBS: Esse defeito é mais comum em tintas de secagem rápida.</p>

SANGRAMENTO



Descrição:	Formação de manchas na superfície do acabamento. Aparecem manchas róseo-avermelhadas no acabamento
Causas:	.Esta ocorrência é mais acentuada na aplicação ou logo após a aplicação como resultado da solubilização de pigmentos solúveis nas demãos anteriores, que se difundem para a última demão. Entretanto, pode ocorrer tardiamente como resultado da migração de plastificantes, corantes, óleos ou substâncias betuminosas presentes nas demãos anteriores. . Contaminação da linha de ar. . Aplicação sobre alcatrão de hulha.
Correcção:	. Remover a pintura através de decapagem manual e repor o esquema de retoques previsto

CASCA DE LARANJA



Descrição:	Pintura com superfície ondulada e de alastramento insuficiente (semelhante à casca de laranja).
Causas:	.Temperatura ambiente muito quente. .Alta viscosidade da tinta (tinta muito grossa). .Tipo de pistola inadequada, falta de ajuste de pressão de ar, vazão da tinta muito aberta. .Velocidade de aplicação muito lenta. .Pequena distância entre a pistola de pulverização e a superfície a ser pintada. .Espessura da película muito fina. .Pela falta de solventes .Aplicação da tinta sobre superfície lixada inadequadamente.
Correcção:	Em casos simples, depois da tinta seca, lixar e polir. E em casos graves, lixar até obter a superfície lisa e repintar.

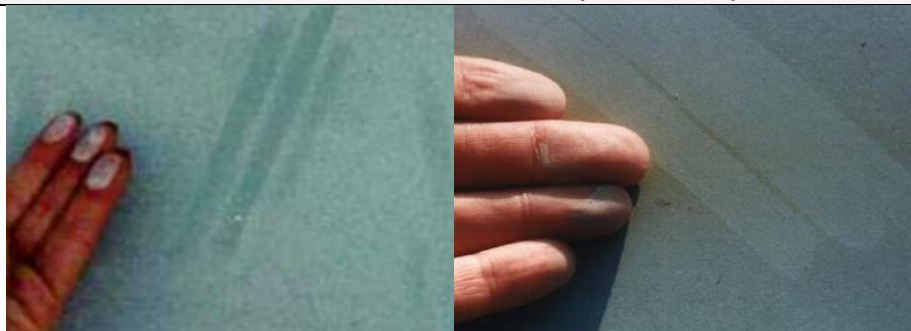
CRATERA (OLHO DE PEIXE)



Descrição:	A ausência de tinta em pontos onde existam impurezas provoca o surgimento de crateras com aparência de olho de peixe.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> .Limpeza inadequada da superfície a ser pintada .Presença de graxa, óleos, ceras, silicone procedentes de produtos de polimento .Uso roupas e panos de limpeza inadequados ou sujos .Óleo e contaminantes na linha de ar .Contaminação do ambiente por óleos e resíduos
Correcção:	Lixar as crateras até que elas desapareçam, preparar novamente a superfície, fazer uma boa limpeza e repintar correctamente. No caso de grande parte da peça estar com crateras, aconselhamos decapar (raspar) toda a peça.

DEFEITOS A LONGO PRAZO

EMPOAMENTO, PULVERULÊNCIA OU GIZAMENTO (CHALKING)



Descrição:	Alteração que envolve a libertação de um ou mais dos constituintes de uma película seca, durante o seu envelhecimento, sob a forma de poeiras finas e pouco aderentes.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> . Acção da radiação U.V. proveniente do espectro solar sobre as superfícies revestidas a ele expostas. .É um defeito comum quando se pinta a ultima camada do revestimento com tintas epoxídicas. O grupo Epóxi decompõe-se ao fim de algum tempo, com a acção da luz solar. .Por este motivo, hoje em dia é muito raro a utilização de tintas epoxídicas na última camada do sistema de pintura nos casos em que a estrutura pintada fica localizada ao ar livre.
Correcção:	. A correcção consiste da limpeza das superfícies afectadas, escovagem das mesmas para aumentar a aderência e aplicação de uma demão de tinta que resista à acção da luz solar (Ex: Tintas à base de poliuretano)

PINTURA QUEIMADA / MANHAS QUÍMICAS



Descrição:	A pintura fica fosca, sem brilho e com aparência ressecada. A cor fica desbotada.
Causas:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pintura realizada com produto de baixa qualidade (resistência). 2. Contacto com água durante o tempo de cura 3. Forte irradiação de raios UV. 4. Exposição durante muito tempo à intempérie. 5. Fixação de poeiras em áreas de maior porosidade
Correcção:	Lixar as partes afectadas e repintar conforme o especificado ou nos casos mais críticos, preparar e pintar novamente.

FISSURAÇÃO OU FENDIMENTO (CRACKING AND CHECKING)



Descrição:	<p>Defeito na película seca, sob a forma de fendas ou fissuras na película, com ou sem exposição do substrato.</p> <ul style="list-style-type: none"> . Fendimento Superficial (Checking) - A película forma pequenas fissuras estreitas e pouco profundas que não penetram até o substrato. . Fendimento até o Substrato (Cracking) - A película apresenta fendas profundas que penetram até o substrato, sendo visíveis a olho nu.
Causas:	<ul style="list-style-type: none"> .Inabilidade do Pintor; .Aplicação de espessura elevada; .Secagem superficial rápida, enquanto a película continua pastosa por retenção do diluente; .Diluição inadequada; .Aplicação de uma tinta muito dura sobre tintas e/ou substratos mais flexíveis.
Correcção:	<ul style="list-style-type: none"> . Se o defeito for pontual, lixar e pintar com tinta epóxi rica em zinco. Consultar o fabricante. . Se for generalizado, remover todo o revestimento e aplicar novamente. . Observar especificação. .No caso de tintas de etilsilicato de Zinco, remoção total por decapagem por jacto abrasivo

CORROSÃO – OXIDAÇÃO



Descrição:	Pequenos pontos que aparecem em um filme de pintura, normalmente de baixa espessura. Frequentemente começa como pequenos pontos localizados,
Causas:	.Danos causados por acção mecânica (p.ex. projecção de pedras, riscos) da superfície da pintura e depois alastramento da ferrugem por baixo da pintura .Pré-tratamento deficiente do substrato metálico. .Limpeza inadequada. .Protecção das cavidades, insuficiente ou inexistente (corrosão de dentro para fora).
Correcção:	.Reparar sem demora os locais danificados. .Limpeza cuidadosa da superfície metálica. .Remoção da ferrugem até a chapa nua ficar à vista .Fazer tratamento adequado do substrato.



RINA VE

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MAGNETOSCOPIA

Magnetic Particle Test Report

Mod. QS-1-002.8

L0049
Ensaíolos

CLIENTE E MORADA Client & Address Metaloviana - Metalúrgica de Viana, S.A. Zona Industrial - 2ª Fase - Neiva 4935-232 Viana do Castelo FABRICANTE Manufacturer Metaloviana - Metalúrgica de Viana, S.A. OBRA Job FE0246.2015 - PIAZZA DI MARE E BBC (1ºFASE)	RELATÓRIO Nº Report Nr 15.P.12967
	PÁGINA Page 1 DE Of 1
	CONTRATO Nº Job Nr. 8649607
	LOCAL DE ENSAIO Test Location Viana do Castelo
DATA DO ENSAIO Date of Test 2015-10-30	

1. CONDIÇÕES TÉCNICAS E OPERATÓRIAS Technical and Operational Conditions

DOCUMENTO REFERÊNCIA / CATEGORIA ENSAIO Reference Standard / Testing Class EN ISO 17638:2009		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO Acceptance Criteria EN ISO 23278:2015 - Nivel 2		
PROCESSO DE FABRICO Fabrication Process <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Weld <input type="checkbox"/> Fundição Cast <input type="checkbox"/> Outro Other	FASE PRODUÇÃO Production Stage <input checked="" type="checkbox"/> Pré-fabrico Pre-fabric <input type="checkbox"/> Antes TT Before TT <input type="checkbox"/> Depois TT After TT <input type="checkbox"/> Em serviço In Service	DIMENSÃO DA PEÇA Specimen Dimension <input checked="" type="checkbox"/> Des. Anexo Attach. Drw. <input type="checkbox"/> Outro Doc. Other Doc.	MATERIAL BASE Parent Material AÇO CARBONO MATERIAL DE ADIÇÃO Weld Material AÇO CARBONO	ESTADO SUPERFÍCIE Surface Finish NORMAL TIPO DE JUNTA Joint Type L, V, I
TIPO DE MAGNETIZAÇÃO Type of Magnetization <input checked="" type="checkbox"/> Yoke Yoke S = 150 mm <input type="checkbox"/> Bobina Coil S = mm Lef = <input type="checkbox"/> Outro Other		TIPO DE CORRENTE Type of Current <input type="checkbox"/> AC AC <input checked="" type="checkbox"/> CC DC <input type="checkbox"/> Permanente Permanent	INDICADOR DE CAMPO Filed Indicator ASME DESMAGNETIZAÇÃO Demagnetizing N/A	TEMP. DE ENSAIO Test Temperature <input checked="" type="checkbox"/> Amb. Amb. (+5 °C a + 50 °C) <input type="checkbox"/> Outra Other (<+5 °C; >+ 50 °C)
MEIO DE DETEÇÃO Detecting Medium <input checked="" type="checkbox"/> Húmido Wet <input type="checkbox"/> Seco Dry <input type="checkbox"/> Fluorescente Fluorescent <input checked="" type="checkbox"/> Não Fluorescente Not Fluorescent		COND. VISUALIZAÇÃO Viewing Conditions <input checked="" type="checkbox"/> Luz Natural ou Branca Natural or White Light (>1000 lx) <input type="checkbox"/> Câmara Escura Dark Room (< 20 lx)		EQUIPAMENTO TESTE Test Equipment <input checked="" type="checkbox"/> N-END-079 <input type="checkbox"/> Auxiliar
PART MAGNÉTICAS Magnetic Particles NEGRAS-MR 76S	APLICAÇÃO Application Method Spray	LOTE PART. MAGN. Magnetic Particle Batch 76S/1120A	TINTA CONTR. Contrast Paint BRANCA-MR 72	APLICAÇÃO Application Method Spray
		LOTE TINTA CONTR. Contrast Paint Batch 72/1150A		

2. EXTENSÃO DO ENSAIO Test Extension

100% das soldaduras das peças com ref° 1CV13, 1CV29, 1CV10, 1CV7, 1CV15(2uni), 1CV3, 1CV2, 1CV32, 1CV23, 1CV16, 1CV30 1CV31, 1CV24, 1CV9.

3. RESULTADOS Results

Não foram detectadas quaisquer indicações fora dos limites de aceitação do código.

4. OBSERVAÇÕES Remarks

Soldadores- L, Y, I, C.

LOCAL E DATA DE EMISSÃO Place & Issue Date V.N.Gaia, 2015-11-18	OPERADOR(ES) E CERTIFICAÇÃO Operator(s) & Certification D. Gomes EN ISO 9712 - Nivel 2	ELABORADO POR Prepared by D. Gomes	VALIDAÇÃO Validation Pedro Oliveira EN ISO 9712 - Nivel 2
--	--	---	---

Copyright BUREAU VERITAS RINA VE, - 12/2013

DELEGAÇÃO SUL
 Polo Tecnológico de Lisboa, Lote 21
 1600-485 Lisboa

DELEGAÇÃO NORTE
 Rua 28 Janeiro, nº 350
 Candal
 4400-335 VILA NOVA DE GAIA

DELEGAÇÃO SINES
 Edifício ZILS - Monte Feio
 Salas 627, 628 e 630
 7520-064 SINES

Nota: Não é permitida a reprodução parcial deste relatório
 Este relatório diz respeito apenas aos itens ensaiados

Note: It is forbidden a partial reproduction of this report
 This report only concerns the identified tested item



RINA VE

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MAGNETOSCOPIA

Magnetic Particle Test Report

Mod. QS-1-002.8

L0049
Ensaíos

CLIENTE E MORADA Client & Address Metaloviana - Metalúrgica de Viana, S.A. Zona Industrial - 2ª Fase - Neiva 4935-232 Viana do Castelo FABRICANTE Manufacturer Metaloviana - Metalúrgica de Viana, S.A. OBRA Job FE0246.2015 - PIAZZA DI MARE E BBC (2ºFASE)	RELATÓRIO Nº Report Nr 15.P.12962
	PÁGINA Page 1 DE Of 1
	CONTRATO Nº Job Nr. 8649607
	LOCAL DE ENSAIO Test Location Viana do Castelo
DATA DO ENSAIO Date of Test 2015-11-05	

1. CONDIÇÕES TÉCNICAS E OPERATÓRIAS Technical and Operational Conditions

DOCUMENTO REFERÊNCIA / CATEGORIA ENSAIO Reference Standard / Testing Class EN ISO 17638:2009		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO Acceptance Criteria EN ISO 23278:2015 - Nivel 2		
PROCESSO DE FABRICO Fabrication Process <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Weld <input type="checkbox"/> Fundição Cast <input type="checkbox"/> Outro Other	FASE PRODUÇÃO Production Stage <input checked="" type="checkbox"/> Pré-fabrico Pre-fabric <input type="checkbox"/> Antes TT Before TT <input type="checkbox"/> Depois TT After TT <input type="checkbox"/> Em serviço In Service	DIMENSÃO DA PEÇA Specimen Dimension <input checked="" type="checkbox"/> Des. Anexo Attach. Drw. <input type="checkbox"/> Outro Doc. Other Doc.	MATERIAL BASE Parent Material AÇO CARBONO MATERIAL DE ADIÇÃO Weld Material AÇO CARBONO	ESTADO SUPERFÍCIE Surface Finish NORMAL TIPO DE JUNTA Joint Type L, V, I
TIPO DE MAGNETIZAÇÃO Type of Magnetization <input checked="" type="checkbox"/> Yoke Yoke S = 150 mm <input type="checkbox"/> Bobina Coil S = mm Lef = <input type="checkbox"/> Outro Other		TIPO DE CORRENTE Type of Current <input type="checkbox"/> AC AC <input checked="" type="checkbox"/> CC DC <input type="checkbox"/> Permanente Permanent	INDICADOR DE CAMPO Filed Indicator ASME DESMAGNETIZAÇÃO Demagnetizing N/A	TEMP. DE ENSAIO Test Temperature <input checked="" type="checkbox"/> Amb. Amb. (+5 °C a + 50 °C) <input type="checkbox"/> Outra Other (<+5 °C; >+ 50 °C)
MEIO DE DETEÇÃO Detecting Medium <input checked="" type="checkbox"/> Húmido Wet <input type="checkbox"/> Seco Dry <input type="checkbox"/> Fluorescente Fluorescent <input checked="" type="checkbox"/> Não Fluorescente Not Fluorescent		COND. VISUALIZAÇÃO Viewing Conditions <input checked="" type="checkbox"/> Luz Natural ou Branca Natural or White Light (>1000 lx) <input type="checkbox"/> Câmara Escura Dark Room (< 20 lx)		EQUIPAMENTO TESTE Test Equipment <input checked="" type="checkbox"/> N-END-079 <input type="checkbox"/> Auxiliar
PART MAGNÉTICAS Magnetic Particles NEGRAS-MR 76S	APLICAÇÃO Application Method Spray	LOTE PART. MAGN. Magnetic Particle Batch 76S/1120A	TINTA CONTR. Contrast Paint BRANCA-MR 72	APLICAÇÃO Application Method Spray
		LOTE TINTA CONTR. Contrast Paint Batch 72/1150A		

2. EXTENSÃO DO ENSAIO Test Extension

100% das soldaduras das peças com refº 2CV2 (1uni), 2CV13 (1uni), 2CV18 (2uni), 2CV17 (1uni), 2CV6 (1uni), 2CV7 (1uni), 2CV1 (1uni), 2CV10 (2uni).

3. RESULTADOS Results

Não foram detectadas quaisquer indicações fora dos limites de aceitação do código.

4. OBSERVAÇÕES Remarks

Soldadores- SS, L, NM, AM.

LOCAL E DATA DE EMISSÃO Place & Issue Date V.N.Gaia, 2015-11-18	OPERADOR(ES) E CERTIFICAÇÃO Operator(s) & Certification D. Gomes EN ISO 9712 - Nivel 2	ELABORADO POR Prepared by D. Gomes	VALIDAÇÃO Validation Pedro Oliveira EN ISO 9712 - Nivel 2
--	--	---	---

Copyright BUREAU VERITAS RINA VE, - 12/2013

DELEGAÇÃO SUL
 Polo Tecnológico de Lisboa, Lote 21
 1600-485 Lisboa

DELEGAÇÃO NORTE
 Rua 28 Janeiro, nº 350
 Candal
 4400-335 VILA NOVA DE GAIA

DELEGAÇÃO SINES
 Edifício ZILS - Monte Feio
 Salas 627, 628 e 630
 7520-064 SINES

Nota: Não é permitida a reprodução parcial deste relatório
 Este relatório diz respeito apenas aos itens ensaiados

Note: It is forbidden a partial reproduction of this report
 This report only concerns the identified tested item



RINA VE

RELATÓRIO DE ENSAIO DE MAGNETOSCOPIA

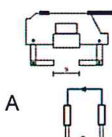
Magnetic Particle Test Report

Mod. QS-1-002.9



CLIENTE E MORADA Client & Address METALOVIANA-METALÚRGICA DE VIANA, S.A. Zona Industrial - 2ª Fase - Neiva 4935-232 Viana do Castelo	RELATÓRIO N° Report Nr 16.P.01967	
	PÁGINA Page	DE Of
	CONTRATO N° Job Nr. 8649607	
	LOCAL DE ENSAIO Test Location Viana do Castelo	
FABRICANTE Manufacturer METALOVIANA-METALÚRGICA DE VIANA, S.A.	DATA DO ENSAIO Date of Test 2015-11-19	
OBRA Job FE0245.2015 - Piazza di Mare EBBC - Fase 5		

1. CONDIÇÕES TÉCNICAS E OPERATÓRIAS Technical and Operational Conditions

DOCUMENTO REFERÊNCIA / CATEGORIA ENSAIO Reference Standard / Testing Class EN ISO 17638:2009		CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO Acceptance Criteria EN ISO 23278:2015 - Level 2		
PROCESSO DE FABRICO Fabrication Process <input checked="" type="checkbox"/> Soldadura Weld <input type="checkbox"/> Fundição Cast <input type="checkbox"/> Outro Other	FASE PRODUÇÃO Production Stage <input checked="" type="checkbox"/> Pré-fabrico Pre-fabric <input type="checkbox"/> Antes TT Before TT <input type="checkbox"/> Depois TT After TT <input type="checkbox"/> Em serviço In Service	DIMENSÃO DA PEÇA Specimen Dimension <input type="checkbox"/> Des. Anexo Attach. Drw. <input type="checkbox"/> Outro Doc. Other Doc. --	MATERIAL BASE Parent Material AÇO CARBONO	ESTADO SUPERFÍCIE Surface Finish NORMAL
TIPO DE MAGNETIZAÇÃO Type of Magnetization <input checked="" type="checkbox"/> Yoke Yoke S = 150 mm <input type="checkbox"/> Bobina Coil S = mm Lef = <input type="checkbox"/> Outro Other			MATERIAL DE ADIÇÃO Weld Material AÇO CARBONO	TIPO DE JUNTA Joint Type -----
TIPO DE CORRENTE Type of Current <input type="checkbox"/> AC AC <input checked="" type="checkbox"/> CC DC <input type="checkbox"/> Permanente Permanent	INDICADOR DE CAMPO Filed Indicator ASME	TEMP. DE ENSAIO Test Temperature <input checked="" type="checkbox"/> Amb. Amb. (+5 °C a + 50 °C) <input type="checkbox"/> Outra Other (<+5 °C; >+ 50 °C)	DESMAGNETIZAÇÃO Demagnetizing N/A	
MEIO DE DETEÇÃO Detecting Medium <input checked="" type="checkbox"/> Húmido Wet <input type="checkbox"/> Seco Dry <input type="checkbox"/> Fluorescente Fluorescent <input checked="" type="checkbox"/> Não Fluorescente Not Fluorescent	COND. VISUALIZAÇÃO Viewing Conditions <input checked="" type="checkbox"/> Luz Natural ou Branca Natural or White Light (>1000 <input type="checkbox"/> Câmara Escura Dark Room (< 20 lx)	PODER DE ELEVAÇÃO Lifting Capacity <input checked="" type="checkbox"/> 18 kg ID: MT-2.1	EQUIPAMENTO TESTE Test Equipment <input checked="" type="checkbox"/> N-END-079	
PART MAGNÉTICAS Magnetic Particles NOIR-MR 76S	APLICAÇÃO Application Method Spray	LOTE PART. MAGN. Magnetic Particle Batch 76S/1132A	TINTA CONTR. Contrast Paint BLANC-MR 72	APLICAÇÃO Application Method Spray
		LOTE TINTA CONTR. Contrast Paint Batch 72/1164A		

2. EXTENSÃO DO ENSAIO Test Extension


100% das soldaduras das peças com ref. 5CP13, 5CP19(2 un.), 5CP96, 5CP44, 5CP48, 5CP47, 5CP46, 5CP37, 5CP36, 5CP52, 5CP56, 5CP53, 5CP54, 5CP69, 5CP57, 5CP32, 5CP83, 5CP66(2 un.), 5CP85, 5CP86, 5CP76, 5CP73, 5CP33, 5CP38, 5CP67, 5CP24, 5CP80, 5CP77, 5CP98 e 5CP31.

3. RESULTADOS Results

Não foram detetadas indicações fora dos limites de aceitação do código.

4. OBSERVAÇÕES Remarks

Soldadores - SS, L, A, Y e NM.

LOCAL E DATA DE EMISSÃO Place & Issue Date V.N.Gaia, 2016-02-29	OPERADOR(ES) E CERTIFICAÇÃO Operator(s) & Certification Daniel Gomes EN ISO 9712 - Nivel 2	ELABORADO POR Prepared by Daniel Gomes	VALIDAÇÃO Validation  Pedro Oliveira EN 473 - Nivel 1
---	---	--	--

Copyright BUREAU VERITAS RINA VE, - 12/2013

DELEGAÇÃO SUL
 Polo Tecnológico de Lisboa, Lote 21
 1600-485 Lisboa

DELEGAÇÃO NORTE
 Rua 28 Janeiro, nº 350
 Candal
 4400-335 VILA NOVA DE GAIA

DELEGAÇÃO SINES
 Edifício ZILS - Monte Feio
 Salas 627, 628 e 630
 7520-064 SINES

Nota: Não é permitida a reprodução parcial deste relatório
 Este relatório diz respeito apenas aos itens ensaiados

Note: It is forbidden a partial reproduction of this report
 This report only concerns the identified tested item

Obra:	Piazza BBC- Belém Lisboa	Nº Obra	FE0246.2015	Cliente	ECON - Eco Construção Lda	Classe de Execução	EXC2
-------	--------------------------	---------	-------------	---------	---------------------------	--------------------	------

Ponto	Atividade	Tipo de Inspeção	Responsável	Meios	Frequência	Critério de Aceitação	Norma/ Procedimento	Registo	Validação Partes interessadas
-------	-----------	------------------	-------------	-------	------------	-----------------------	---------------------	---------	-------------------------------

1. Receção de Materiais

1.1	Identificação dos materiais de acordo com a encomenda	Documental e visual	DP	Documento de inspeção	100%	Mapa de Controlo de Receção de Produtos	Materiais rececionados de acordo com o mencionado na encomenda e documento de fornecimento	Documento de Inspeção	
1.2	Dimensões e tolerâncias	Dimensional e Visual	DP/DC	Fita métrica/Paquímetro	100%	<p>Mapa de Controlo de Receção de Produtos/ 100%</p> <p>Mapa de Controlo de Receção de Produtos:</p> <p>Produtos em aço Estrutural:</p> <p>Metal Base :</p> <p>Perfis (chapas, perfis) em aço S275JR segundo EN10025-2</p> <p>>Tolerâncias de espessura:classe A</p> <p>>Estado de superfície: Planos- Classe A2; Longos-Classe C1</p> <p>Perfis tubulares em aço S275J0H/ S275JR segundo EN10219</p> <p>Chapas para apoio de vigas de betão soldaduras a pilares existentes - S355JR EN10025-2</p> <p>Parafusaria:</p> <p>>Parafusos Zincados- Classe 8.8 segundo DIN933</p> <p>>Porcas incadas- Classe 8 segundo DIN934</p> <p>>Anilhas Zincadas HV 100- segundo DIN125</p> <p>> Varão Zincado classe 8.8 DIN975</p> <p>Metal de Adição</p> <p>>Compatíveis com os materiais a soldar</p>	Caderno de Encargos/desenhos	MOD.106	
1.3	Análise dos documentos de inspeção	Visual	DQAS	Documento de inspeção	100%	<p>Mapa de Controlo de Receção de Produtos:</p> <p>>Aços estruturais - certificado 3.1</p> <p>>Consumíveis para soldadura - certificado 2.2/3.1</p> <p>>Conjuntos para ligações aparafusadas, varões, pernos - Certificado conformidade / declaração de conformidade</p>	Mapa de Controlo de Receção de Produtos/ EN1090-2	Documentos de inspeção	

2. Controlo Componentes

2.1	Corte	Visual	RE -AC	NA	100%	Sem rebarbas	Ausência de rebarba conforme EN1090-2	....
		Dimensional/angular	RE -AC	Fita métrica/suta	10%	Tolerâncias em conformidade com EN13920 Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenores	Desenho projecto/EN1090/IT.37	Desenhos	

2.2	Furação	Visual	RE -AC	NA	100%	Sem rebarbas	Ausência de rebarba conforme EN1090-2	....
		Dimensional	RE -AC	Fita métrica	10%	Tolerâncias em conformidade com EN13920 Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenores	Desenho projecto/EN1090/IT.41	Desenhos	
2.3	Furação- Ovalização	Visual	RE -AC	NA	100%	Sem rebarbas	EN1090-2		
		Dimensional	RE -AC	Fita métrica	10%	EXC2 Classe 1 do nº 6 do anexo D 2.8; Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormeno	Desenho projecto/EN1090/IT.41	Desenhos	
2.4	Gabarit	Dimensional	RE-AC	Fita/suta		Desenho de Projecto	PTP	NA	
2.5	Rasteabilidade	Documental	RE/DQAS	NA	100%	Obra em geral -EXC2 - Rastreabilidade parcial sem transferência de marca permanente	EN1090-2(Pt 5.2)/ IT30	MOD.106	
3. Pré-montagem									
3.1	Pingagem	Dimensional	RE-AC	Fita	20%	EN1090-2	Procedimento qualificado	NA	
3.2	Montagem (armação volante)		RE-AC	Fita/suta	20%	Tolerâncias em conformidade com EN13920 ; Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenor	Desenho projecto/EN1090/IT.41	NA	
4. Soldadura									
4.1 Antes da soldadura									
4.1.1	Qualificação dos soldadores e operadores de soldadura	Documental	CS/DQAS	Certificado	100%	Soldador e operador qualificados	EN 287-1 /EN ISO9686-1;EN 1418/ EN ISO14732	MOD.104	
4.1.2	Procedimento soldadura	Documental	CS/DQAS	Certificado	100%	Procedimentos Qualificados	EN15614-1	MOD.102	
4.1.3	Especificação do procedimento de soldadura (EPS)	Documental	CS/DQAS	Procedimento	100%	EXC2 requerida	EN ISO 15609-1	MOD.200	
4.1.4	Identificação dos materiais de base e dos consumíveis de soldadura	Documental/ Visual	CS/DQAS	Certificados	100%	EXC2 se especificado	Projecto/Plano Soldadura/EPS	MOD.102	
4.1.5	Pingos de Soldadura	Documental	CS/DQAS	Certificado	100%	Em conformidade com o procedimento de soldadura	EPS e EN1090-2	Mod.200	
4.2 Durante a soldadura									
4.2.1	Parâmetros de soldadura definidos	Visual	RE/AC e CS		100%	Parâmetros de soldadura definidos	EPS	Mod.200	
						- Temperatura de pré-aquecimento /interpass			
						Chanfro			
						- Sequência da soldadura			
						- Correta utilização e manuseamento dos consumíveis de soldadura			
4.2.2	Execução de soldadura	Visual	AC e CS	...	100%	conforme 3834-3; Espessura do cordão de soldadura $\alpha=0,7$ *menor espessura caso não exista especificação do cordão no projecto	EN1090-2	NA	

4.3 Depois da soldadura									
>Soldaduras em Oficina									
4.3.1	Inspeção Visual	Visual/Dimensional	RE/Ac	NA	100%/ 5%	Cordões regulares, Isento de defeitos visíveis: poros e cavidades segundo a EN ISO 5817 - classe C; Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenor	EN ISO 17637/ IT.43	Autocontrolo	
4.3.2	Soldaduras topo a topo transversais e soldaduras de penetração parcial sujeitas a esforços de tracção com U _z ≥ 0,5	Ultra Sons*	EEA	END	10%	EN ISO 11666:2010, Level 2; EN ISO23279	EN ISO 17640:2010	Relatório de EEA	
4.3.3	Soldaduras topo a topo transversais e soldaduras de penetração parcial em: Juntas em T	Ultra Sons*			5%	EN ISO 11666:2010, Level 2; EN ISO23279	EN ISO 17640:2011	Relatório de EEA	
4.3.4	Juntas de canto sujeitas as esforços de tracção ou corte: Com a (espessura do cordão) > 12 mm ou t(espessura do material) > 20 mm	PM*	EEA	END	5%	ENISO23278	EN ISO17638	Relatório de EEA	
4.4 Controlo dimensional									
4.4.1	Controlo Dimensional componentes	Dimensional	Eof	Fita	1 por família(cotas principais)	Tolerâncias em conformidade com EN13920 ; Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenor	VER 11. EN 1090-1/ISO 7976-1 e 2	Desenhos	
5. Tratamento de Superfície									
5.1 - Preparação da Superfície para Tratamento por Pintura e/ou Metalização									
5.1.1	Preparação de Superfície	Visual	DQAS	NA	10%	O especificado em projecto ou se omissão deve considerar-se o grau P1 conforme a EN1090 (PTO10,2)	IT.23/EN ISO 8501/NP EN ISO 4628	Mod.090	
5.1.2	Condições Atmosféricas	Documental	Eof/DQAS	TermoHigrometro	2 vezes ao dia	Temperatura, humidade relativa e humidade da superfície em conformidade com as fichas técnicas das tintas. Equipamentos de controlo calibrados	Ficha técnica das tintas	Mod.058	
5.1.3	Decapagem ao grau SA2 1/2	Dimensional	Eof	Rugusimetro	5%	Temperatura, humidade relativa e humidade da superfície em conformidade com as fichas técnicas das tintas. Equipamentos de controlo calibrados	Ficha técnica das tintas/ ENISO8503-1 e ENISO8503-2	Mod.058/DQAS	
5.1.4	Verificação de superfície	Visual		NA	100%	Decapagem em conformidade com ISO8501	IT.21	Mod.058/DQAS	
		Visual	DQAS	NA	100%	Isenção de bolhas, fissuras,escorridos			
		Dimensional	DQAS	Comparadores	100%	Preparação da superfície classe P1 em conformidade com 8503-1			
5.2 - Pintura									
5.2.1	Tratamento de superfície	Visual	RE	NA	100%	Sistema de pintura em conformidade com o aprovado para o projecto	EN12944	Mod.058	
5.2.2	Verificação do revestimento de espessura seca	Visual	DQAS	NA	100%	Cor uniforme sem defeitos:poros, cavidades, empolametos, enrrugamentos (EN12944-7)	IT.22/IT.24/ Esquema de Pintura e Fichas Técnicas das tintas	Mod.058	
		Dimensional	DQAS	Medidor de Espessuras	20%	EN12944-7 e ISO2808			
		Documental	DQAS	Relatório do SE	100%	Espessuras conforme especificado no esquema de pintura			

6. Ligações Aparafusadas								
Antes do Aperto								
6.1	Ligações pré-esforçadas e ligações e sem pré esforço	Visual	RE-Autocontrol	NA	100%	Verificação do procedimento do aperto; As superfícies doselementos a ligar devem estar limpas e isentas de ferrugem, gordura, água	EN 1090/ IT.36/ IT.35	
Durante e após o aperto								
6.2	Inspeção de ligações sem pré-esforço	Visual	RE-Autocontrol	NA	100%	Verificar o primeiro passo e o 2º passo de aperto; Apertados segundo a condição Snug-Tight - com o esforço do homem e uma chave de braço	EN 1090/IT.40	
6.3	Verificação de aperto de parafusos Sem pré-esforço e com pré esforço	Visual	Encarregado de Obra	NA	5%	Verificar a existencia de pelo menos um filete do parafusos fora da rosca; verificar a existencia do conjunto de ligação;	EN1090/IT.40	Mod.0237/ MOD.087
6.4	Verificação de ligações com Pré esforço	Visual	Encarregado de	NA	5%	Verificar o aperto em conformidade com método adequado e com chave de erro adequado ao método.		
7. Verificação Final da Montagem								
7.1	Ajustes e alinhamento dos elementos principais	Visual	Encarregado de Obra	NA	100%	Tolerâncias em conformidade com EN13920 ; Salvo indicação em contrário nos desenhos de pormenor	EN 1090/ IT37/PIE	Mod.083
		Dimensional		Nivel e suta	10%			
7.2	Assemblagem de conjuntos	Visual	Encarregado de Obra	NA	100%			
		Dimensional		Fita/ Medidor a Laser	10%			
8. Elementos Finais								
8.1	Dossier da Qualidade	Documental	DQAS	PIE	100%	Compilação de certificados/ Declarações de conformidade de todos os materiais, registos de controlo, certificados de calibração de equipamentos, Certificados de qualificação de soldadores e procedimentos de soldadura e relatórios de controlo de soldaduras		MOD.102
Legenda	CE	Caderno de Encargos	NA	Não Aplicável	Eof	Encarregado da Oficina		
	DS	Desenhos de projecto	RE- S	Responsável pela Execução Subempreiteiro	Eof	Encarregado de Obra		
	ED	Ensaio Destructivos	EEA	Entidade Externa Acreditada	DQAS	Dep. Qualidade Ambiente e Segurança		
	END	Ensaio Não estuctivos	RE	Responsável pela execução	FA	Fiel de Armazém		
	PAP's	Pedido de Aprovação de Produtos	PM	Partículas Magnéticas	US	Ultra Sons		
Observações:	*Os ensaios referidos serão realizados se aplicável à obra Quando não é especificado em projecto a classe de execução, considera-se a classe EXC2 contorme EN1090							
Metaloviana, SA			Cliente			Documento		
Elaborado	Anabela Esteves	Aprovado	José Barros	Aprovado		Nº Obra	FE0246.2015	
Função	DQAS	Função	DP	Função		Obra	Piazza BBC- Belém Lisboa	
Data	06/10/2015	Data	06/10/2015	Data		Revisão	0	
Plano de Inspeção e Ensaio - Mod.114/DQAS.7								

Cliente: Client:	Econ-Eco Construção, Lda	Obra n.º Job nº	FE0246,2015
Obra Job	Piazza BBC	Peça: part	ESTRUTURA

Controlo das Cond. Ambientais/ weather conditions control

	Decapagem shotblast	Primário primer coat	Intermédio intermediate	Acabamento Last coat
Humidade Relativa(%) relative humidity(%)	64,4	76,5		
Temperatura Ambiente(°C) Local Temperature(°C)	18,9	17,9		
Temperatura Superfície(°C) Surface Temperature(°C)	18,5	17,6		
Ponto do Orvalho(°C) Dew Point(°C)	12	13		
Data / Date	02/11/2015	03/11/2015		

Preparação da Superfície

Desengorduramento/ Solvent cleaning	Escovagem/ Ferramentas mecânicas/ Brushing/mechanical tools	Decap. a jacto abrasivo/ Blast cleaning	Controlo do grau de decapagem / Blast cleaning grade control:	Tipo de Abrasivo/ Abrasive type:	Preparação Superfície ISO8501-3 Preparation of surface ISO8501-3
X	X	X	SA21/2	ESF- WS330/ ANG-GH040	P1
Data/date			Por/ by:		

Controlo do Primário / Primer coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness	120	μm	Decisão	Decisão de Conformidade			
					C	NC	OBS	
Produto Product		7K 200 C-POX PRIMER			X			
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean	142,42	μm		Por / by			
	Desvio S. Dev	15,30	μm		Manuela Simas Data / date			
	Nº Nº	120						
	Máx. Max.	193	μm					
	Min. Min.	118	μm					
						03/11/2015		
						OBS		

Controlo do Intermédio / intermediate coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness		μm	Decisão	Decisão de Conformidade			
					C	NC	OBS	
Produto Product								
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean		μm		Por / by			
	Desvio S. Dev		μm					
	Nº Nº							
	Máx. Max.		μm					
	Min. Min.		μm					
						Data / date		
						OBS		

Controlo do Acabamento/ Last coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness		μm	Decisão	Decisão de Conformidade			
					C	NC	OBS	
Produto Product								
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean		μm		Por / by			
	Desvio S. Dev		μm					
	Nº Nº							
	Máx. Max.		μm					
	Min. Min.		μm					
						Data / date		
						OBS		

Validação/ Validation

Decisão do produto Final			Elaborado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
Conforme	Não conforme	NA	0	Anabela Esteves		
X			Data 04/11/2015	Data 04/11/2016	Data	Data



Cliente: Client:	Econ-Eco Construção, Lda	Obra n.º Job nº	FE0246,2015
Obra Job	Piazza BBC	Peça: part	ELEVADOR

Controlo das Cond. Ambientais/ weather conditions control

	Decapagem shotblast	Primário primer coat	Intermédio intermediate	Acabamento Last coat
Humidade Relativa(%) relative humidity(%)	69,8	63,6		
Temperatura Ambiente(°C) Local Temperature(°C)	13,9	12,0		
Temperatura Superfície(°C) Surface Temperature(°C)	13,7	11,7		
Ponto do Orvalho(°C) Dew Point(°C)	8,4	5,3		
Data / Date	21/12/2015	22/12/2015		

Preparação da Superfície

Desengorduramento/ Solvent cleaning	Escovagem/ Ferramentas mecânicas/ Brushing/mechanical tools	Decap. a jacto abrasivo/ Blast cleaning	Controlo do grau de decapagem / Blast cleaning grade control:	Tipo de Abrasivo/ Abrasive type:	Preparação Superfície ISO8501-3 Preparation of surface ISO8501-3
X	X	X	SA21/2	ESF- WS330/ ANG-GH040	P1
Data/date			Por/ by:		

Controlo do Primário / Primer coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness	120	μm	Decisão	Decisão de Conformidade		
					C	NC	OBS
Produto Product		7K 200 C-POX PRIMER			X		
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean	147,03	μm		Por / by		
	Desvio S. Dev	22,53	μm		Manuela Simas Data / date		
	Nº Nº	60					
	Máx. Max.	194	μm				
	Min. Min.	115	μm				
					22/12/2015		
					OBS		

Controlo do Intermédio / intermediate coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness		μm	Decisão	Decisão de Conformidade		
					C	NC	OBS
Produto Product							
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean		μm		Por / by		
	Desvio S. Dev		μm				
	Nº Nº						
	Máx. Max.		μm				
	Min. Min.		μm				
					Data / date		
					OBS		

Controlo do Acabamento/ Last coat control:

Especificação specification	Espessura Thickness		μm	Decisão	Decisão de Conformidade		
					C	NC	OBS
Produto Product							
Espessuras Secas Encontradas: Measured dry thickness	Média Mean		μm		Por / by		
	Desvio S. Dev		μm				
	Nº Nº						
	Máx. Max.		μm				
	Min. Min.		μm				
					Data / date		
					OBS		

Validação/ Validation

Decisão do produto Final			Elaborado	Aprovado	Aprovado	Aprovado
Conforme	Não conforme	NA	0	Anabela Esteves		
X			Data 23/12/2015	Data 23/12/2015	Data	Data



OBRA (SUJET):	DATA:	ASSINATURA:
Piazza BBC		
Nº	FICHA DE PINTURA :	
FE0246.2015		

ESPECIFICAÇÃO

Esquema I :	Obra Nova	Retoques	Manutenção
	x		
A aplicar:			
Grau de Preparação de Superfície			
P1 Segundo EN8501-3 x	P2 Segundo EN8501-3	P3 Segundo EN8501-3	
Decapagem:			
		Outra	

Esquema de tratamento II para elementos interiores

Nº de demão(s)	Produto	Espessura seca
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	120µm
2 Demãos acabamento	7M 200 CPOX ENAMEL S200	50µm/cada demão

Esquema de tratamento II para elementos exteriores

Nº de demão(s)	Produto	Espessura seca
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	120µm
2 Demãos acabamento	7P 258 CTHANE S258	50µm/cada demão

Esquema de tratamento III para elementos interiores COM INTUMESCENTE

Nº de demão(s)	Nº de demão(s)	Nº de demão(s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
	Intumescente Em perfis abertos - 7B 420 HENSODERME 420 KS Em perfis fechados - 7B 600CTHERM IC600 As espessuras conforme a massividade dos perfis e para garantir um grau de proteção EF90min. (Temperatura crítica 600°C)	
1 Demão Acabamento	7G 300 C THERM ENAMEL S300	80µm

Esquema de tratamento III para elementos interiores Sem INTUMESCENTE

Nº de demão(s)	Nº de demão(s)	Nº de demão(s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
1 Demão Acabamento	7G 300 C THERM ENAMEL S300	80µm

Esquema de tratamento III para elementos Exteriores Sem intumescente

Nº de demão(s)	Nº de demão(s)	Nº de demão(s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	100µm
1 Demão Acabamento	7P 258 CTHANE S258	80µm

Esquema de tratamento IV para aplicação das vigas treliçadas da cobertura

Nº de demão(s)	Nº de demão(s)	Nº de demão(s)
1 Demão primário	CIN 7K 200 CPOX PRIMER	60µm
Projeção Argamassas	Biofire com espessura necessária para garantir estabilidade ao fogo EF90	

Observação (Notes)

Os tempos de secagem devem respeitar o especificado nas fichas técnicas dos produtos
 As áreas de controlo consideradas serão zonas críticas (soldaduras e outras juntas, arestas, cantos, zonas de difícil acesso para tratamento e áreas com elevado risco de corrosão), reportadas no MOD.250/DQAS. O controlo será efetuado apenas pela Metaloviana no caso das partes interessadas não estarem presentes.

OBSERVAÇÕES

RAL a definir

É necessária a Indicação dos esquemas pretendidos para cada artigo

Nota: A aplicação de intumescente será uma mais valia e sua aplicação está prevista apenas numa das faces do perfil metálico

7K-200
C-POX[®] PRIMER ZP200 HB
Primário Epoxi Poliamida Fosfato de Zinco

Data de revisão: Novembro 2014

DESCRIÇÃO

C-Pox Primer ZP200 HB é um primário epoxi poliamida e pigmentada com fosfato de zinco cujas principais propriedades são:

- Primário anticorrosivo de alto corpo.
- Permite obter esquemas de pintura duradouros com uma ampla variedade de acabamentos.
- Excelente como shopprimer em ambientes corrosivos.
- Demão selante entre silicatos de zinco e outros acabamentos.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS

Com os acabamentos apropriados:
 Industrial – Estruturas em aço, maquinaria tubagens e exterior de tanques em fábricas de papel, refinarias, centrais térmicas, indústrias químicas e plantas de tratamento de água residual, etc.
 Marítimos – Convés, casco e superestruturas de navios: molhes, pilares e estruturas metálicas em plataformas. Interior de contentores de cargas secas.

PROPRIEDADES

Acabamento	Mate
Cor	Cinzento
Componentes	2
Proporções (em volume)	Resina 7K-201 4 partes Cure 7K-202 1 parte
Vida útil da mistura	8 horas a 20°C
Sólidos em volume	54 % (ISO 3233) Pequenas variações (±3%), podem ocorrer devido a diferenças entre cores à imprecisões do método.
Massa Volúmica	1.34 g/mL
Espessura recomendada (seca)	80 - 120 µm por demão
Nº de demãos	1
Método de aplicação	Pistola convencional e airless Podem fazer-se aplicações a trincha e rolo, mas serão necessárias 2 demãos.
Rendimento teórico	5,4 m ² /L a 100 µm Considerem-se as perdas por aplicação, irregularidades da superfície, etc.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A empresa assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela empresa, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à empresa será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecida defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

7K-200
C-POX[®] PRIMER ZP200 HB
Primário Epoxi Poliamida Fosfato de Zinco

Data de revisão: Novembro 2014

Tempo de secagem

a 20°C e 100 µm:

Tempo de indução:	Não aplicável
Ao tacto:	3 horas
Maipulação:	4 horas
Repintura:	5 horas

Os tempos de secagem dependem da temperatura, ventilação e espessura da película.

ESQUEMA DE PINTURA

Com acabamentos adequados é resistente a derrames e salpicos de água, solventes e muitos productos químicos e petrolíferos. Como acabamentos adequados entendem-se epoxi, coaltar-epoxi, acrílicos, alquídicos, poliuretanos e polisiloxanos.

C-Pox Primer ZP200 HB pode ser usado como primário com 100 µm de espessura seca, sem acabamento, por um período de 6 meses.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Aço – Decapar ao grau Sa 2½ de acordo com ISO 8501-1.

Nota: Decapar até obter entre 25 e 50 µm de perfil de rugosidade. Eliminar resíduos de pó e abrasivo da superfície.

Chapa zincada por galvanização e metalização – A superfície deve estar convenientemente desengordurada, isenta de poeiras e qualquer contaminação.

Silicatos de zinco – A superfície deve estar limpa e seca. Eliminar qualquer contaminação. Ver instruções de aplicação do Cincoat Primer IZS em particular para qualquer requisito especial do acabamento.

Importante – Aplicar o primário o mais rápido possível depois da preparação da superfície, para prevenir qualquer contaminação. Não deixar o aço decapado desprotegido durante a noite. Em caso de contaminação eliminar os contaminantes. Decapar de novo o aço nas zonas que for necessário.

APLICAÇÃO

Adicionar o componente cure ao componente resin e homogeneizar durante 5 minutos. Em zonas fechadas deverão criar-se boas condições de ventilação durante a aplicação e secagem de forma a que os solventes sejam eliminados.

Condições ambientais de aplicação:

Temperatura do ar	5 a 50°C
Humidade relativa	<85%
Temperatura mínima do suporte	3°C acima do ponto de orvalho

Equipamento de aplicação:
Pistola convencional

Bico	Recomendado
Pressão de ar	0,070 - 0,086 polegadas (1,77 – 2,18 mm)
Pressão da tinta	3,5 – 5,3 kg/cm ²
Diluição	3,1 – 3,9 kg/cm ²
	0 – 7 %

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A empresa assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela empresa, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à empresa será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

7K-200**C-POX[®] PRIMER ZP200 HB**
Primário Epoxi Poliamida Fosfato de Zinco

Data de revisão: Novembro 2014

Pistola airless	Recomendado
Bico	0,017 - 0,023 polegadas (0,43 – 0,58 mm)
Relação de compressão	30 : 1 – 45 : 1
Pressão de trabalho	150 - 170 kg/cm ²
Diluição	0 – 7 %

Diluyente: 7S-902 (CP-40); Diluyente de limpeza: 7S-902 (CP-40)

**INFORMAÇÃO
COMPLEMENTAR****Mecanismo de secagem** - Por evaporação de solventes e reação química entre componentes**Compostos Orgânicos Voláteis (COV)**

Valor limite da UE para o produto (cat. A/j): 500 g/L

Conteúdo máximo em COV 491 g/L *

Forma de fornecimento: < 471 g/L

* O valor de COV's acima referido diz respeito ao produto pronto a aplicar tintado, diluído, etc., com produtos por nós recomendados. Não nos responsabilizamos por produtos obtidos por misturas com produtos diferentes dos por nós recomendados, e chamamos a atenção para a responsabilidade que qualquer agente ao longo da cadeia de fornecimento incorre ao infringir o que a Directiva 2004/42/CE determina.

Ponto de inflamação (Vaso fechado)

Resin	26°C
Cure	25°C
Diluyente	16°C
Diluyente de limpeza	16°C

Forma de fornecimento

Resin	16 e 3,2 L
Cure	4 e 0,8 L

Estabilidade

2 anos, quando armazenado nas embalagens de origem, em interior, entre 5 e 40°C.

**HOMOLOGAÇÕES E
CERTIFICADOS**

O C-Pox Primer ZP200 HB está certificado com classificação Bs1d0 segundo a norma EN-13501-1.

Categoria de corrosividade C3 segundo EN ISO 12944-6, durabilidade alta, do esquema de pintura:

C-Pox Primer ZP200 HB	100 µm
C-Thane S250	50 µm

Categoria de corrosividade C4 segundo EN ISO 12944-6, durabilidade alta, do esquema de pintura:

C-Pox Primer ZP200 HB	90 µm
C-Pox S140 MIO FD	120 µm
C-Thane RPS-HS	50 µm

Categoria de corrosividade C5 segundo EN ISO 12944-6, durabilidade alta, do esquema de pintura:

C-Pox Primer ZP200 HB	100 µm
C-Pox S140 MIO FD	140 µm
C-Thane S760 HS	80 µm

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A empresa assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela empresa, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à empresa será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

7K-200

C-POX[®] PRIMER ZP200 HB
Primário Epoxi Poliamida Fosfato de Zinco

Data de revisão: Novembro 2014

SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE

Em geral, evite o contacto com os olhos e a pele, use luvas, óculos de protecção e vestuário apropriado. Manter fora do alcance das crianças.

Utilizar somente em locais bem ventilados. Não deitar os resíduos no esgoto.

Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.

Assegure o transporte adequado do produto; previna qualquer acidente ou incidente que possa ocorrer durante o transporte nomeadamente a ruptura ou deterioração da embalagem.

Mantenha a embalagem em local seguro e em posição correcta.

Não utilize nem armazene o produto em condições extremas de temperatura.

Deverá ter sempre em conta a legislação em vigor relativa a Ambiente, Higiene, Saúde e Segurança no trabalho.

Para mais informações, a leitura do rótulo da embalagem e da FICHA DE SEGURANÇA deste produto, dos seus componentes e de todos os produtos complementares, referidos neste Boletim Técnico, são fundamentais.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente Boletim Técnico. A empresa assegura a conformidade dos seus produtos com as especificações constantes dos respectivos boletins técnicos. Os conselhos técnicos prestados pela empresa, antes ou depois da entrega dos produtos, são meramente indicativos, dados de boa-fé e constituem o seu melhor conhecimento, atento o estado actual da técnica, não podendo, em caso algum, responsabilizá-la. As reclamações apenas serão aceites relativamente a defeitos de fabrico ou não conformidades com a nota de encomenda. A única obrigação que incumbe à empresa será, respectivamente, a substituição ou devolução do preço já pago da mercadoria reconhecidamente defeituosa ou de reposição da encomenda, não aceitando outras responsabilidades por quaisquer outras perdas ou danos. Todas as nossas vendas estão sujeitas às nossas condições gerais de venda, cuja leitura aconselhamos.

Manutenção e Limpeza

A execução de inspeções técnicas rotineiras e preventivas, realizadas nas estruturas metálicas e restantes elementos, tem um papel fundamental evitando acidentes, preservando o meio ambiente e mantendo a integridade e o pleno funcionamento dos mesmos.

As ações de manutenção são operações de natureza corretiva ou preventiva com a finalidade de garantir os níveis mínimos de qualidade e evitar a evolução da deterioração dos elementos construtivos. Como tal devem ser respeitadas pelo cliente todas as especificações de manutenção e limpeza deste plano.

i) Inspeção

No âmbito de um plano de manutenção, inspeção consiste num mecanismo de avaliação do estado de desempenho dos elementos constituintes de um edifício, permitindo determinar onde, como e quando realizar as operações de manutenção.

As inspeções realizadas no âmbito da manutenção devem, de acordo com a British Standard Institution (BSI, 1986), ser executadas segundo os seguintes princípios: verificar a necessidade de execução de operações de manutenção e averiguar a sua correta execução, com base em questões de segurança

ii) Limpeza

Este tipo de operação apresenta uma grande importância para a resolução de determinadas anomalias, tais como acumulação de sujidade, devido à poluição ou desenvolvimento microbiológico.

iii) Reparação

As reparações são ações de manutenção com o objetivo de solucionar anomalias que se manifestam em zonas localizadas, impedindo a propagação para todo o elemento.

Este Plano de Manutenção e Limpeza aplica-se a:

Estrutura metálica da obra Piazza BBC- Belém Lisboa

	<p>Para além das inspeções programadas, sempre que seja detetado um problema no esquema de pintura, dano mecânico considerável, ataque químico provocado por algum produto não previsto ou outras anomalias significativas, o esquema de pintura deverá ser alvo de manutenção tão breve quanto possível em função da disponibilidade e dimensão dos danos.</p> <p>Na generalidade dos casos, os procedimentos para reparação de problemas pontuais poderá ser o indicado em seguida.</p> <p>Na generalidade dos casos, os procedimentos para reparação de problemas pontuais deverá ser o indicado pela CIN e consta em anexo a este plano.</p> <p>Nos esquemas de pintura de proteção ao fogo, nas zonas onde se verifique danos pontuais ou delaminação da camada de tinta intumescente, proceder à reposição da camada de tinta intumescente em falta na espessura seca de acordo com o inicialmente previsto. Proceder à aplicação de duas demãos de acabamento com 60µm de espessura seca em cada demão. Nas zonas onde se verifique descasque geral da tinta intumescente, proceder à reposição da camada de tinta intumescente prevista inicialmente e proceder à aplicação de duas demãos de acabamento com 60µm de espessura seca em cada demão.</p>	

Anexos		
Pintura	Email de 08/01/2016 (com anexo da CIN)	

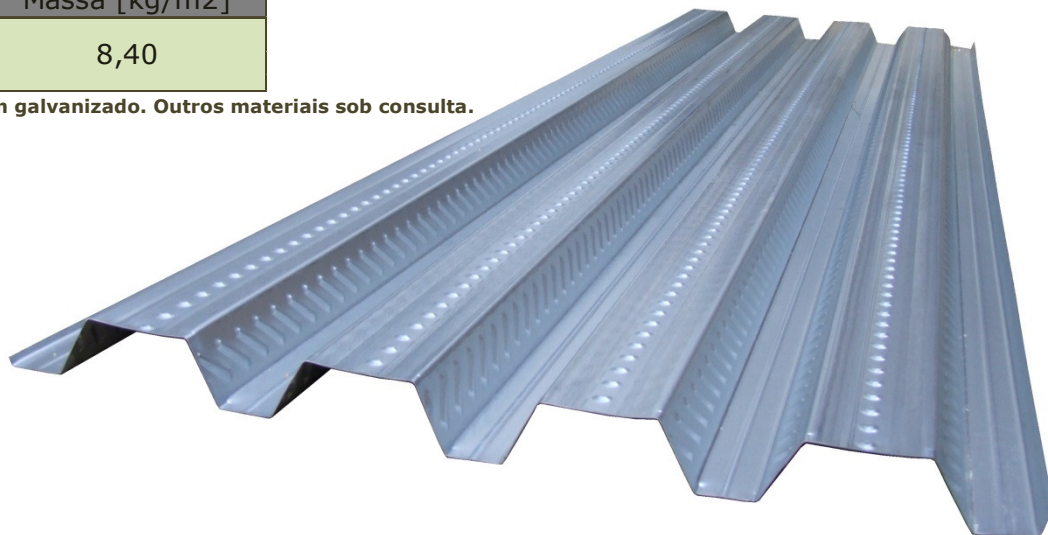
Notas importantes
<p>As periodicidades indicadas devem ser ajustadas tendo em conta a natureza e necessidades da obra. Este Plano de Manutenção deve ser revisto se se justificar. Os trabalhos de manutenção preventiva e corretiva devem ser efetuados por técnicos habilitados Devem ser mantidos e preservados os registos de manutenção</p>

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

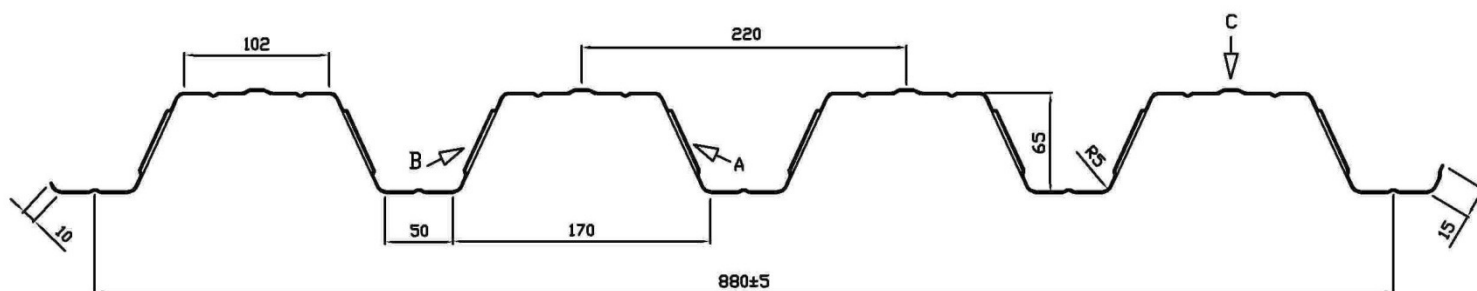
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
0,75*	8,40

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Dimensões em mm

Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10346] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re) 320 N/mm²

Resistência à Tracção (Rm) 390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos..... 1,10

Betão:

Resistência à compressão..... 20 N/mm²

Densidade..... 2400 kg/m³

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

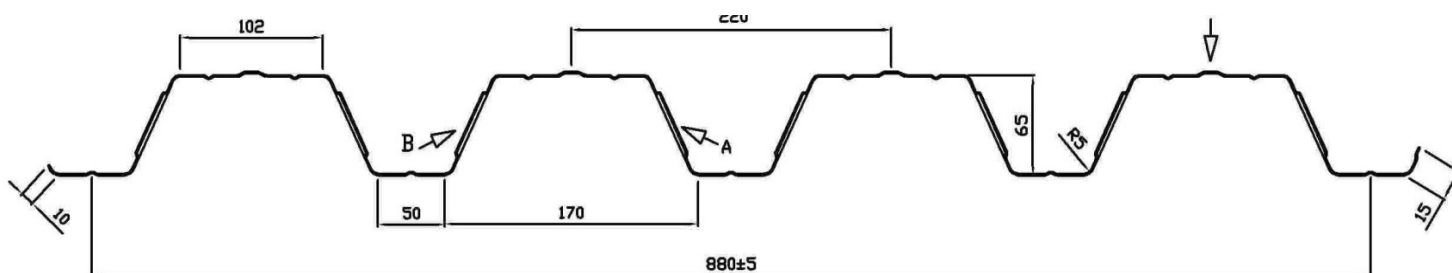
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
1,25*	13,96

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Dimensões em mm

Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10326] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re)320 N/mm²

Resistência à Tração (Rm)390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos.....1,10

Betão:

Resistência à compressão.....20 N/mm²

Densidade.....2400 kg/m³

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + Betão [kg/m ²]	205,96	258,76	311,6	361,96	414,76

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=1.25 mm

C20/25						C20/25						C30/37					
L [m]	H [cm]					L [m]	H [cm]					L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20		12	14	16	18	20		12	14	16	18	20
1.4	23.4	26.5	29.4	32.2	34.7	1.4	12.4	15.1	17.8	20.5	23.1	1.4	15.6	19.0	22.4	25.8	29.2
1.6	20.2	22.9	25.4	27.7	29.9	1.6	10.5	12.7	14.9	17.1	19.5	1.6	13.2	16.1	18.9	21.8	24.7
1.8	17.8	20.1	22.3	24.3	26.2	1.8	9.0	10.9	12.8	14.7	16.6	1.8	11.4	13.8	16.3	18.7	21.2
2.0	15.8	17.9	19.8	21.5	23.2	2.0	8.4	9.4	11.1	12.7	14.4	2.0	10.5	11.9	14.0	16.1	18.2
2.2	14.2	16.1	17.7	19.3	20.8	2.2	8.0	8.3	9.7	11.1	12.5	2.2	10.0	10.6	12.5	14.3	16.2
2.4	12.9	14.5	16.0	17.5	18.7	2.4	7.6	7.8	8.5	9.8	11.0	2.4	9.5	10.0	11.0	12.7	14.3
2.6	11.8	13.2	14.6	15.9	17.0	2.6	7.3	7.5	7.6	8.7	9.8	2.6	9.0	9.5	9.9	11.3	12.8
2.8	10.3	12.1	13.5	14.5	15.6	2.8	7.1	7.1	7.3	7.7	8.7	2.8	8.8	9.1	9.4	10.2	11.5
3.0	8.9	11.1	12.3	13.3	14.3	3.0	6.6	6.9	7.0	7.1	7.8	3.0	8.5	8.7	9.0	9.2	10.4
3.2	7.7	9.6	11.4	12.3	13.2	3.2	5.5	6.7	6.7	6.7	7.0	3.2	8.4	8.4	8.6	8.8	9.3
3.4	6.4	8.3	10.0	11.4	12.2	3.4	4.6	6.6	6.4	6.5	6.5	3.4	7.8	8.1	8.3	8.5	8.6
3.6	5.0	7.3	8.7	10.1	11.3	3.6	3.9	6.2	6.3	6.3	6.3	3.6	6.7	7.9	8.0	8.1	8.3
3.8	3.9	6.4	7.6	8.9	10.1	3.8	3.2	5.3	6.0	6.1	6.1	3.8	5.8	7.8	7.8	7.9	8.0
4.0	3.0	5.4	6.7	7.8	8.9	4.0	2.7	4.5	6.0	5.8	5.8	4.0	5.0	7.3	7.6	7.6	7.7
4.2	2.2	4.2	5.8	6.8	7.8	4.2	2.3	3.8	5.8	5.7	5.7	4.2	4.3	6.5	7.4	7.4	7.5
4.4	...	3.2	5.2	6.0	6.9	4.4	...	3.3	5.0	5.6	5.4	4.4	3.8	5.8	6.9	7.2	7.2
4.6	...	2.4	4.3	5.3	6.0	4.6	...	2.8	4.4	5.5	5.3	4.6	3.3	5.2	6.2	7.0	6.9
4.8	...	...	3.4	4.7	5.3	4.8	...	2.4	3.8	5.5	5.2	4.8	2.8	4.6	5.6	6.5	6.9
5.0	...	...	2.7	4.1	4.7	5.0	...	...	3.2	4.8	5.1	5.0	2.5	4.1	5.0	5.7	6.6

Ensaio realizado no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projetista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:

- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das ações adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

- Necessidade de um prumo de escoramento
- Necessidade de dois prumos de escoramento
- Necessidade de três prumos de escoramento

Fatores que limitam o dimensionamento:

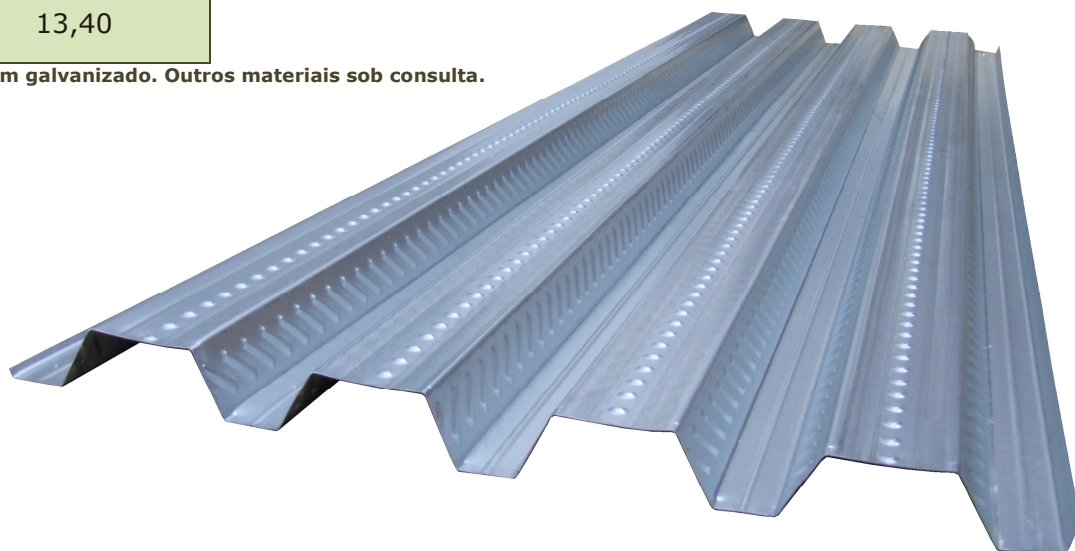
- Esforço transversal vertical (V_{RdC})
- Esforço de corte longitudinal (V_{LRd})
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd-})

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

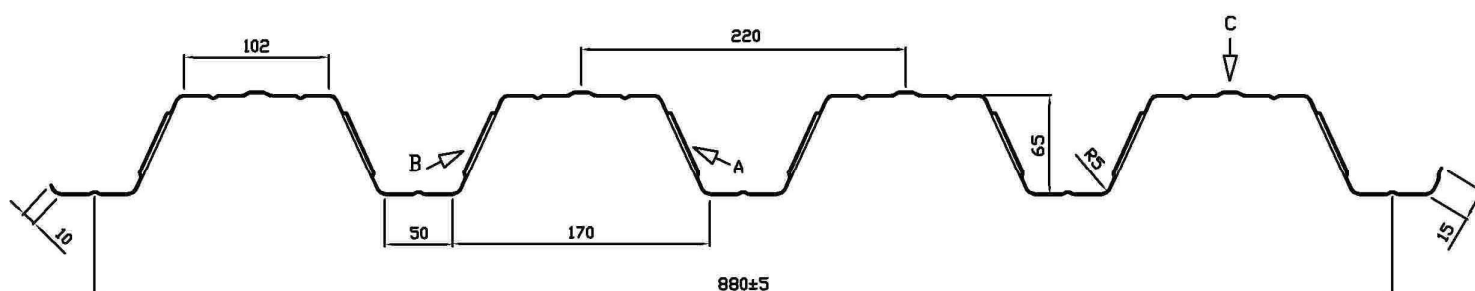
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
1,20*	13,40

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Dimensões em mm

Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10326] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re)320 N/mm²

Resistência à Tracção (Rm)390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos.....1,10

Betão:

Resistência à compressão.....20 N/mm²

Densidade.....2400 kg/m³

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + Betão [kg/m ²]	205,4	258,2	311,0	361,4	414,2

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=1.20 mm

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	23.2	26.3	29.2	31.9	34.5
1.6	20.0	22.7	25.2	27.5	29.7
1.8	17.6	19.9	22.1	24.1	26.0
2.0	15.6	17.7	19.6	21.3	23.0
2.2	14.0	15.9	17.5	19.1	20.6
2.4	12.7	14.3	15.8	17.2	18.5
2.6	11.6	13.0	14.4	15.7	16.8
2.8	10.1	11.9	13.2	14.3	15.4
3.0	8.7	10.9	12.1	13.1	14.1
3.2	7.5	9.4	11.2	12.1	13.0
3.4	6.2	8.1	9.8	11.2	12.0
3.6	4.8	7.1	8.5	9.9	11.1
3.8	3.7	6.2	7.4	8.7	9.9
4.0	2.8	5.2	6.5	7.6	8.7
4.2	2.1	4.1	5.7	6.7	7.7
4.4	-	3.1	5.1	5.9	6.8
4.6	-	2.3	4.2	5.2	5.9
4.8	-	-	3.3	4.6	5.2
5.0	-	-	2.6	4.0	4.6

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.3	15.0	17.7	20.4	23.0
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.4
2.4	7.5	7.7	8.4	9.7	10.9
2.6	7.2	7.4	7.5	8.6	9.7
2.8	7.0	7.0	7.2	7.6	8.6
3.0	6.5	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.4	6.6	6.6	6.6	6.9
3.4	4.5	6.5	6.3	6.4	6.4
3.6	3.8	6.1	6.2	6.1	6.1
3.8	3.1	5.2	6.0	5.9	5.9
4.0	2.6	4.4	5.9	5.7	5.7
4.2	2.2	3.7	5.7	5.6	5.5
4.4	-	3.2	4.9	5.5	5.3
4.6	-	2.7	4.3	5.4	5.2
4.8	-	2.3	3.7	5.4	5.1
5.0	-	-	3.1	4.7	5.0

C30/37					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.5	18.9	22.3	25.7	29.1
1.6	13.1	16.0	18.8	21.7	24.6
1.8	11.3	13.7	16.2	18.6	21.1
2.0	10.4	11.9	14.1	16.2	18.3
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1
2.4	9.4	9.9	10.9	12.6	14.2
2.6	9.0	9.4	9.8	11.2	12.7
2.8	8.7	9.0	9.3	10.1	11.4
3.0	8.4	8.6	8.9	9.1	10.3
3.2	8.3	8.3	8.5	8.7	9.3
3.4	7.7	8.0	8.2	8.4	8.5
3.6	6.6	7.8	7.9	8.0	8.2
3.8	5.7	7.7	7.7	7.8	7.9
4.0	4.9	7.2	7.5	7.5	7.6
4.2	4.2	6.4	7.3	7.3	7.4
4.4	3.7	5.7	6.8	7.1	7.1
4.6	3.2	5.1	6.1	7.0	6.9
4.8	2.7	4.5	5.5	6.4	6.8
5.0	2.4	4.0	4.9	5.7	6.5

Ensaio realizado no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projectista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:

- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

- Necessidade de um prumo de escoramento
- Necessidade de dois prumos de escoramento
- Necessidade de três prumos de escoramento

Factores que limitam o dimensionamento:

- Esforço transversal vertical (V_{Rdc})
- Esforço de corte longitudinal (VL_{Rd})
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd-})

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

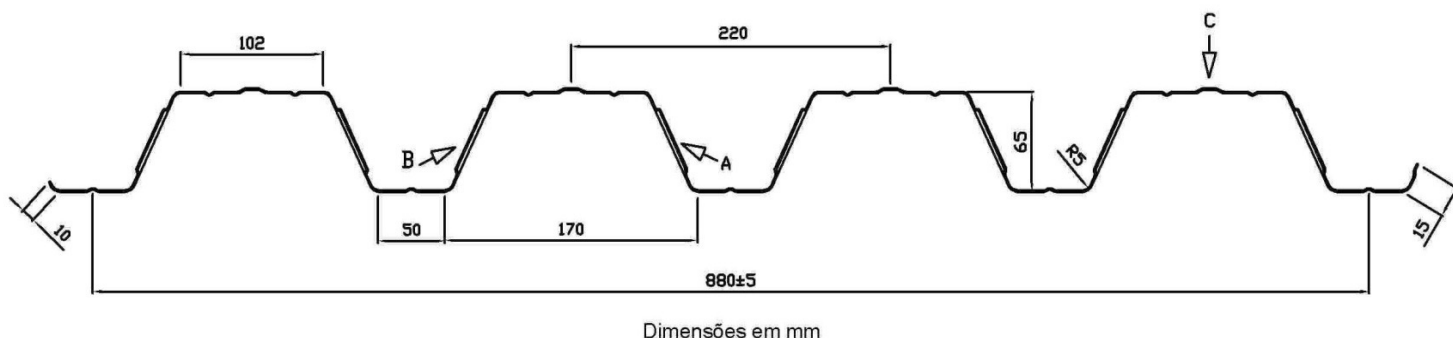
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
1,00*	11,20

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10326] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re)320 N/mm²

Resistência à Tracção (Rm)390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos.....1,10

Betão:

Resistência à compressão.....20 N/mm²

Densidade.....2400 kg/m³

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + betão [kg/m ²]	203,2	256,0	308,8	356,4	412,0

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=1.0 mm

C20/25		H [cm]				
L [m]	12	14	16	18	20	
1.4	21.9	24.9	27.6	30.1	32.6	
1.6	19.0	21.5	23.8	26.0	28.0	
1.8	16.6	18.8	20.8	22.7	24.5	
2.0	14.8	16.7	18.5	20.1	21.7	
2.2	13.3	15.0	16.5	18.0	19.4	
2.4	11.9	13.5	14.9	16.2	17.4	↓
2.6	10.0	12.3	13.5	14.7	15.8	
2.8	8.5	10.6	12.4	13.4	14.4	
3.0	7.2	9.0	10.8	12.3	13.2	
3.2	6.2	7.8	9.3	10.9	12.2	
3.4	5.3	6.7	8.1	9.4	10.7	
3.6	4.1	5.8	7.0	8.2	9.3	
3.8	3.2	5.1	6.1	7.1	8.1	
4.0	2.4	4.1	5.3	6.2	7.1	
4.2	-	3.2	4.6	5.4	6.2	
4.4	-	2.4	4.0	4.7	5.4	↓↓
4.6	-	-	3.1	4.1	4.7	
4.8	-	-	2.3	3.6	4.1	
5.0	-	-	-	2.9	3.6	

C20/25		H [cm]				
L [m]	12	14	16	18	20	
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.0	
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4	
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5	
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3	↓
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5	
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0	
2.6	7.2	7.4	7.6	8.6	9.7	
2.8	7.1	7.1	7.2	7.6	8.6	
3.0	6.5	6.8	6.9	7.0	7.7	
3.2	5.4	6.6	6.6	6.7	6.9	
3.4	4.5	6.5	6.4	6.4	6.4	
3.6	3.8	6.1	6.2	6.1	6.1	
3.8	3.2	5.2	6.0	5.9	5.9	
4.0	2.6	4.4	5.9	5.8	5.7	↓↓
4.2	2.2	3.8	5.7	5.6	5.5	
4.4	-	3.2	5.0	5.5	5.3	
4.6	-	2.7	4.3	5.4	5.2	
4.8	-	2.3	3.7	5.2	5.1	
5.0	-	-	3.2	4.6	5.0	

C30/37		H [cm]				
L [m]	12	14	16	18	20	
1.4	15.6	18.9	22.3	25.7	29.1	
1.6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6	
1.8	11.3	13.8	16.2	18.6	21.1	
2.0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3	↓
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1	
2.4	9.4	9.9	11.0	12.6	14.3	
2.6	9.0	9.4	9.8	11.2	12.7	
2.8	8.7	9.0	9.3	10.1	11.4	
3.0	8.4	8.6	8.9	9.1	10.3	
3.2	8.0	8.3	8.5	8.7	9.3	
3.4	7.0	8.1	8.2	8.4	8.6	
3.6	6.1	7.6	7.9	8.1	8.2	
3.8	5.4	6.7	7.7	7.8	7.9	
4.0	4.7	5.9	7.1	7.5	7.6	↓↓
4.2	4.2	5.3	6.3	7.3	7.4	
4.4	3.7	4.7	5.6	6.5	7.2	
4.6	2.9	4.1	5.0	5.8	6.6	
4.8	2.3	3.7	4.4	5.2	5.9	
5.0	-	3.2	3.9	4.6	5.3	

Ensaio realizado no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projetista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:

- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

- ↓ Necessidade de um prumo de escoramento
- ↓↓ Necessidade de dois prumos de escoramento
- ↓↓↓ Necessidade de três prumos de escoramento

Fatores que limitam o dimensionamento:

- Esforço transversal vertical (V_{RdC})
- Esforço de corte longitudinal (V_{LRd})
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd-})

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

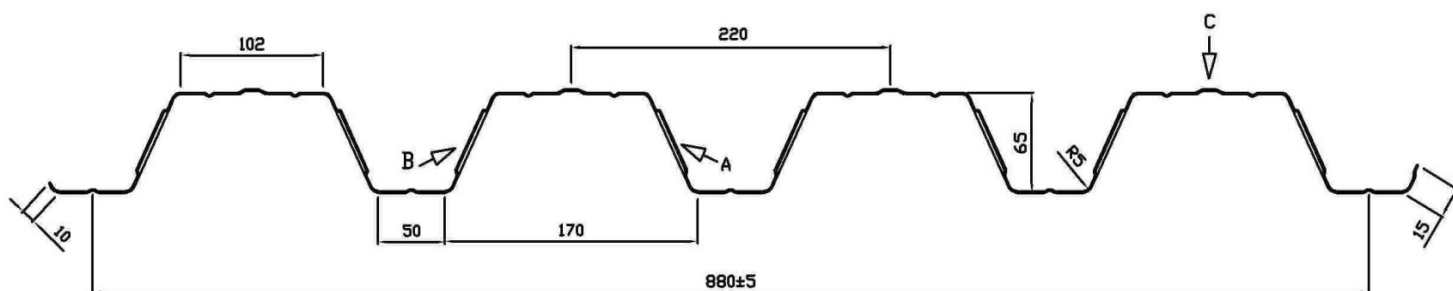
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
0,9*	10,05

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Dimensões em mm

Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10326] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re)320 N/mm²

Resistência à Tracção (Rm)390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos.....1,10

Betão:

Resistência à compressão.....20 N/mm²

Densidade.....2400 kg/m³

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + Betão [kg/m ²]	202,05	254,85	307,7	358,05	410,85

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=0.9 mm

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	20.8	23.6	26.2	28.6	30.9
1.6	17.8	20.3	22.5	24.6	26.6
1.8	14.2	17.7	19.7	21.5	23.2
2.0	11.6	14.5	17.3	19.0	20.5
2.2	9.6	12.0	14.4	16.8	18.3
2.4	8.1	10.1	12.1	14.1	16.2
2.6	6.9	8.6	10.3	12.0	13.7
2.8	5.9	7.4	8.9	10.3	11.8
3.0	5.1	6.4	7.7	8.9	10.2
3.2	4.4	5.5	6.6	7.8	8.9
3.4	3.9	4.8	5.8	6.8	7.7
3.6	3.3	4.2	5.1	5.9	6.8
3.8	2.5	3.7	4.5	5.2	6.0
4.0	-	3.3	3.9	4.6	5.2
4.2	-	2.4	3.4	4.0	4.6
4.4	-	-	3.0	3.5	4.1
4.6	-	-	2.3	3.1	3.6
4.8	-	-	-	2.7	3.1
5.0	-	-	-	2.1	2.7

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.1
1.6	10.4	12.6	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0
2.6	7.3	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	7.1	7.1	7.2	7.6	8.6
3.0	6.4	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.4	6.6	6.6	6.7	6.9
3.4	4.5	6.2	6.4	6.4	6.4
3.6	3.8	5.5	6.2	6.1	6.1
3.8	3.2	4.9	5.9	5.9	5.9
4.0	2.6	4.4	5.2	5.8	5.7
4.2	2.2	3.8	4.7	5.5	5.5
4.4	-	3.2	4.2	4.9	5.3
4.6	-	2.7	3.8	4.4	5.0
4.8	-	2.3	3.4	3.9	4.5
5.0	-	-	3.0	3.5	4.0

C30/37					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.6	18.9	22.3	25.7	29.1
1.6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6
1.8	11.3	13.8	16.2	18.6	21.1
2.0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3
2.2	9.9	10.5	12.4	14.2	16.1
2.4	9.4	9.9	11.0	12.6	14.3
2.6	8.5	9.4	9.8	11.3	12.7
2.8	7.4	9.0	9.3	10.1	11.4
3.0	6.4	8.0	8.9	9.2	10.3
3.2	5.6	7.0	8.4	8.7	9.3
3.4	5.0	6.2	7.4	8.4	8.6
3.6	4.4	5.5	6.6	7.7	8.2
3.8	3.9	4.9	5.9	6.8	7.8
4.0	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0
4.2	3.1	3.9	4.7	5.5	6.2
4.4	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6
4.6	2.3	3.1	3.8	4.4	5.0
4.8	-	2.8	3.4	3.9	4.5
5.0	-	2.5	3.0	3.5	4.0

Ensaios realizados no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projetista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:

- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

Fatores que limitam o dimensionamento:

- Necessidade de um prumo de escoramento
- Necessidade de dois prumos de escoramento
- Necessidade de três prumos de escoramento

- Esforço transversal vertical (V_{Rdc})
- Esforço de corte longitudinal (VL_{Rd})
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd-})

Lajes Mistas com Perfil Colaborante PC 65[®]

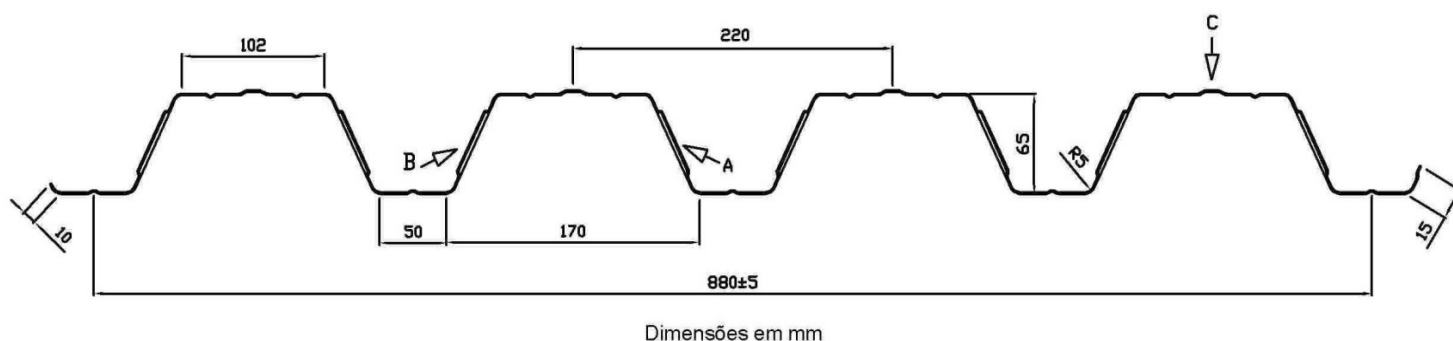
Perfil Colaborante PC65[®]:

Espessura [mm]	Massa [kg/m ²]
0,8*	8,94

*Material standard, disponível em galvanizado. Outros materiais sob consulta.



Dimensões:



Características dos materiais:

Chapa:

Galvanizada (processo Sendzimir modificado)

Aço estrutural [EN 10326] S320 GD+Z

Limite de Elasticidade (Re)320 N/mm²

Resistência à Tração (Rm)390 N/mm²

Alongamento na rotura (A%) 17%

Massa de revestimento de zinco..... 275 g/m²

Coefficiente parcial de segurança nos estados limite últimos.....1,10

Betão:

Resistência à compressão.....20 N/mm²

Densidade.....2400 kg/m³

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + Betão [kg/m ²]	200,93	253,73	306,5	356,93	409,73

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=0.8 mm

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	20.2	22.8	25.3	27.6	29.8
1.6	16.3	19.7	21.8	23.8	25.7
1.8	13.0	16.2	19.1	20.8	22.4
2.0	10.7	13.3	15.9	18.4	19.8
2.2	8.8	11.0	13.2	15.4	17.6
2.4	7.4	9.3	11.1	13.0	14.8
2.6	6.3	7.9	9.5	11.0	12.6
2.8	5.4	6.8	8.1	9.5	10.8
3.0	4.7	5.9	7.0	8.2	9.4
3.2	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1
3.4	3.5	4.4	5.3	6.2	7.1
3.6	2.8	3.9	4.6	5.4	6.2
3.8	2.1	3.4	4.1	4.8	5.4
4.0	-	2.7	3.6	4.2	4.8
4.2	-	-	3.1	3.7	4.2
4.4	-	-	2.5	3.2	3.7
4.6	-	-	-	2.8	3.2
4.8	-	-	-	2.3	2.8
5.0	-	-	-	-	2.4

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.4	15.0	17.7	20.4	23.1
1.6	10.4	12.7	14.9	17.1	19.4
1.8	8.9	10.8	12.7	14.6	16.5
2.0	8.3	9.3	11.0	12.6	14.3
2.2	7.9	8.2	9.6	11.0	12.5
2.4	7.5	7.8	8.4	9.7	11.0
2.6	7.3	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	6.8	7.1	7.2	7.7	8.6
3.0	5.9	6.8	6.9	7.0	7.7
3.2	5.2	6.5	6.6	6.7	6.9
3.4	4.5	5.7	6.4	6.4	6.4
3.6	3.8	5.1	6.1	6.2	6.2
3.8	3.2	4.5	5.4	5.9	5.9
4.0	2.6	4.0	4.8	5.6	5.7
4.2	2.2	3.6	4.3	5.0	5.5
4.4	-	3.2	3.8	4.5	5.1
4.6	-	2.7	3.4	4.0	4.6
4.8	-	2.3	3.1	3.6	4.1
5.0	-	-	2.8	3.2	3.7

C30/37					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1,4	15.6	19.0	22.3	25.7	29.1
1,6	13.2	16.0	18.9	21.7	24.6
1,8	11.3	13.8	16.2	18.7	21.1
2,0	10.5	12.0	14.1	16.2	18.3
2,2	9.9	10.5	12.4	14.3	16.1
2,4	9.2	9.9	11.0	12.6	14.3
2,6	7.9	9.4	9.8	11.3	12.7
2,8	6.8	8.5	9.3	10.1	11.4
3,0	5.9	7.4	8.9	9.2	10.3
3,2	5.2	6.5	7.8	8.8	9.3
3,4	4.6	5.7	6.8	8.0	8.6
3,6	4.0	5.1	6.1	7.1	8.1
3,8	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2
4,0	3.2	4.0	4.8	5.6	6.4
4,2	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7
4,4	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1
4,6	-	2.9	3.4	4.0	4.6
4,8	-	2.6	3.1	3.6	4.1
5,0	-	-	2.8	3.2	3.7

Ensaio realizado no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projetista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:

- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das acções adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

- Necessidade de um prumo de escoramento
- Necessidade de dois prumos de escoramento
- Necessidade de três prumos de escoramento

Fatores que limitam o dimensionamento:

- Esforço transversal vertical (V_{RdC})
- Esforço de corte longitudinal (VL_{Rd})
- Flecha em serviço (I/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd-})

PESO PRÓPRIO DA LAJE MISTA

Peso próprio chapa + betão [kg/m²]

Espessura Total da Laje [cm]	12	14	16	18	20
Consumo de Betão [m ³ /m ²]	0,08	0,102	0,124	0,145	0,167
Peso Chapa + betão [kg/m ²]	200,4	253,2	306,0	356,4	409,2

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

Espessura de chapa e=0.75 mm

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	20.1	21.8	23.6	26.2	28.3
1.6	16.1	19.5	21.6	23.4	25.5
1.8	12.8	16.0	18.9	20.6	22.2
2.0	10.5	13.1	15.4	17.9	19.3
2.2	8.3	10.8	13.0	15.2	17.4
2.4	7.2	9.1	10.9	12.8	14.6
2.6	6.1	7.7	9.3	10.7	12.4
2.8	5.2	6.6	8.1	9.3	10.6
3.0	4.6	5.8	6.9	8.1	9.3
3.2	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
3.4	3.4	4.3	5.2	6.1	6.9
3.6	2.6	3.7	4.4	5.2	5.9
3.8	...	3.2	3.8	4.6	5.1
4.0	...	2.5	3.3	3.8	4.4
4.2	...	...	2.8	3.3	3.7
4.4	...	...	2.2	2.7	3.1
4.6	...	...	...	2.2	2.6
4.8	...	...	...	...	2.2
5.0	...	...	...	...	...

C20/25					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	12.3	14.9	17.6	20.3	23.0
1.6	10.3	12.6	14.8	17.0	19.3
1.8	8.8	10.7	12.6	14.5	16.4
2.0	8.2	9.2	10.9	12.5	14.2
2.2	7.8	8.1	9.5	10.9	12.4
2.4	7.4	7.7	8.4	9.6	10.9
2.6	7.2	7.4	7.6	8.6	9.7
2.8	6.7	7.0	7.1	7.6	8.5
3.0	5.8	6.7	6.8	6.9	7.6
3.2	5.1	6.4	6.5	6.6	6.8
3.4	4.4	5.6	6.3	6.3	6.3
3.6	3.7	5.0	6.0	6.1	6.1
3.8	3.1	4.4	5.3	5.8	5.8
4.0	2.5	3.9	4.7	5.5	5.6
4.2	2.1	3.5	4.2	4.9	5.4
4.4	...	3.1	3.7	4.4	5.0
4.6	...	2.5	3.0	3.6	4.1
4.8	...	2.2	2.7	3.1	3.5
5.0	...	...	2.3	2.7	3.1

C30/37					
L [m]	H [cm]				
	12	14	16	18	20
1.4	15.5	18.8	22.2	25.6	29.0
1.6	13.1	15.9	18.8	21.6	24.5
1.8	11.2	13.7	16.1	18.6	21.0
2.0	10.4	11.9	14.0	16.1	18.2
2.2	9.8	10.4	12.3	14.2	16.0
2.4	9.1	9.8	10.9	12.5	14.2
2.6	7.8	9.3	9.7	11.2	12.6
2.8	6.7	8.4	9.2	10.0	11.3
3.0	5.8	7.3	8.8	9.1	10.3
3.2	5.1	6.4	7.7	8.7	9.2
3.4	4.5	5.6	6.7	7.9	8.5
3.6	3.9	5.0	6.0	7.0	8.0
3.8	3.5	4.4	5.3	6.2	7.1
4.0	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3
4.2	2.7	3.3	4.0	4.6	5.3
4.4	2.2	2.9	3.5	4.1	4.6
4.6	...	2.5	3.0	3.6	4.1
4.8	...	2.2	2.7	3.1	3.5
5.0	...	...	2.3	2.7	3.1

Ensaio realizado no LABEST (Laboratório da Tecnologia do Betão e do Comportamento Estrutural - FEUP) Tabelas retiradas do documento do apoio ao projetista elaborado pelo LABEST-FEUP como resultado dos ensaios realizados às lajes mistas executadas com o Perfil Colaborante PC 65®

Observações:




- Os valores de m e k utilizados na elaboração destas tabelas ($e=0,75$ mm) são os obtidos nos ensaios com chapa de espessura $e=0,8$ mm.
- Para lajes contínuas, a contribuição da classe de betão é fundamental. Assim, foram elaboradas duas tabelas correspondentes a duas classes de betão diferentes.

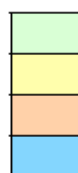
L – Distancias entre pisos [m];
H – Espessura total da laje [cm];

Os valores presentes nas tabelas representam os valores característicos da totalidade das ações adicionais a aplicar, para além do peso próprio da laje (q_k) em kN/m²

Necessidade de escoramento:

Fatores que limitam o dimensionamento:

-  Necessidade de um prumo de escoramento
-  Necessidade de dois prumos de escoramento
-  Necessidade de três prumos de escoramento



- Esforço transverso vertical (V_{RdC})
- Esforço de corte longitudinal (VL, R_d^l)
- Flecha em serviço (l/d)
- Momento negativo de continuidade no apoio central (M_{Rd^-})