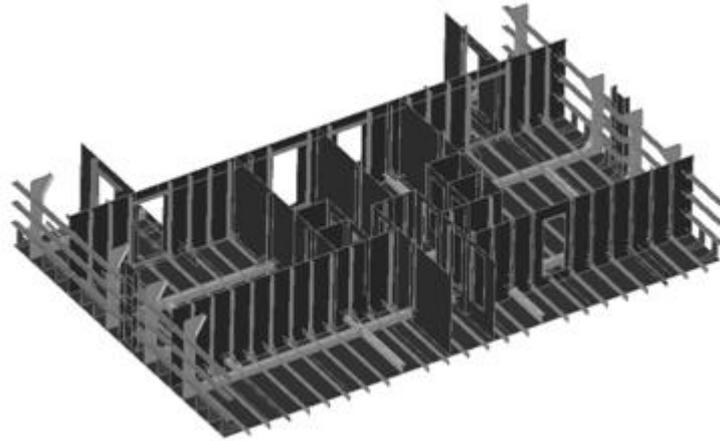




INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Estrutura de Custos de Construção do Casco de um Navio em Aço

Miguel Cunha Brito dos Reis Leal

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre

Engenharia e Arquitectura Naval

Júri

Presidente: Prof. Carlos António Pancada Guedes Soares

Orientador: Prof. José Manuel Antunes Mendes Gordo

Vogal: Prof. Francisco Jorge Gomes Lopes

Lisboa, Abril 2012

Agradecimentos

Aos meus pais pela imensa paciência, compreensão, motivação e ajuda que desde o início da minha carreira universitária demonstraram e forneceram. Para além de todos os valores que me inculcaram e que farão parte de mim para sempre.

A toda a família por todo o apoio e motivação prestados ao longo da execução deste estudo.

Aos amigos por estarem sempre presentes nos bons e maus momentos. Pela boa disposição que sempre me transmitiram e que de facto me deu alento em prosseguir nesta longa caminhada de formação universitária e me permitiu concluir este estudo.

Um especial obrigado ao Professor José Gordo, pela condução e orientação sábia da dissertação. Por toda a sua ajuda no complemento deste estudo, pelas suas correcções e opiniões de melhoramento constante deste trabalho. Ainda um obrigado pelo esforço em arranjar-me os melhores contactos possíveis dentro do meio naval a fim de melhorar o estudo.

Agradecimento especial ao Eng.^o José Cruz por todo o apoio e conhecimento partilhado ao longo destes meses de pesquisa.

Agradecimentos aos amigos e engenheiros Pedro Lopes e Lúcia Correia que sempre se mostraram disponíveis e prestáveis em auxiliar-me neste projecto.

À empresa JOPERINOX e à sua administração por se ter disponibilizado a fornecer dados de produção e me permitir o acesso nas suas instalações a todas as fases da construção dos blocos em estudo.

Ao gabinete de projecto ONE OCEAN (OCE) por toda a valiosa informação que me concedeu ao longo desta análise da estrutura de custos do projecto, preparação, produção e construção nas mais variadas áreas do desenvolvimento de um navio.

Um grande agradecimento à empresa MPG, nomeadamente aos técnicos do gabinete de preparação e engenharia das construções navais e em especial ao engenheiro António Solposto por toda a informação e sabedoria transmitida ao longo das minhas idas ao estaleiro da Lisnave. Um agradecimento também ao operador de máquina de corte Pedro pelo tempo despendido no corte de chapas destinadas ao estudo nas instalações da MPG.

A todos os mais sinceros agradecimentos e votos de continuação de sucesso nas suas respectivas áreas por um Portugal melhor.

Resumo

Analisa-se neste estudo a estrutura de custos associada aos diversos processos de construção do casco de um navio em aço. Dos processos produtivos analisados constam: procedimentos de preparação de corte; processos de corte de chapas e peças de aço que compõem os diversos elementos da estrutura de um dado bloco; processos de enformação de chapas e reforços; processos de transporte e respectiva montagem de chapas e peças; processos de soldadura.

A dissertação está repartida em 2 casos de estudo distintos realizados em diferentes locais:

1º Caso – Análise de tempos e custos inerentes aos trabalhos de preparação de corte do gabinete de projecto, ao corte e marcação de peças de aço e à sua posterior enformação relativos à construção de uma barçaça de 83 m pelos estaleiros da MPG localizados na Mitrena, 2010;

2º Caso – Análise de tempos e custos no corte de perfis, montagem de chapas e perfis e posterior soldadura destes, para a construção de diversos blocos de um navio de apoio às pescas realizado em Alverca na empresa JOPERINOX, 2008.

Todos estes casos de estudo têm em comum a participação, até um certo nível, do gabinete de projecto naval ONE OCEAN (OCE) localizado no Barreiro.

Espera-se com a análise destes 2 casos de estudo dissecar todos os custos e tempos de execução inerentes à construção naval, gerando fórmulas simplificadas para a obtenção rápida dos custos inerentes a cada um dos processos produtivos analisados e da construção do navio como um todo. E em última instância criar uma base para futuros trabalhos de estudo com vista a actualização destas fórmulas por meio de coeficientes correctivos relativos à complexidade da construção de cada bloco ou a um determinado tipo de navio.

Em anexo é fornecido uma pequena folha de cálculo que permitirá efectuar de modo simples orçamentos relativos à construção de uma embarcação.

Palavras-chave

Engenharia e Arquitectura Naval, Construção Naval, Estrutura de Custos, Corte, Soldadura, Transporte, Enformação, Montagem, Preparação, Tempos de Processos, Horas-Homem.

Abstract

This study analyses the cost structure of the several processes associated with the shipbuilding industry. The analysed productive processes are: the cutting preparation procedures; the several steel plate cutting processes; the processes of hull plates and profiles bending; the associated transport and mounting of plates and profiles; and finally the welding processes.

This dissertation is divided into 2 independent case studies that took place at different locations and covering different aspects of the shipbuilding processes:

1st Case Study – Time and cost analysis of cutting preparation processes made by the design office, cutting/marketing of steel plates and bending processes of profiles and hull plates, required for the construction of an 83m Splitting Barge, built by the MPG, at LISNAVE Mitrena Shipyard, Portugal, 2010.

2nd Case Study – Time and cost analysis of profile cutting, steel plates and profiles mounting and welding, associated with the building of several blocks of an 80m fisheries supporting vessel by JOPERINOX Shipyard at Alverca, Portugal, 2008;

All these case studies have in common the participation, with different degrees of involvement, of the naval design office ONE OCEAN (OCE) fixed currently at Barreiro, Portugal.

It is expected at the end of the analysis of these 2 studies to achieve simple formulae of costs estimation inherit to each one of the productive processes analysed and also the cost of the ship as a whole. Ultimately creating a work base for future studies in order to improve and update these formulas by adding new corrective coefficients based on the type of the built ship or construction complexity of certain ship blocks.

Annex to this study it is provided an Excel worksheet that will calculate several aspects of the construction budget and expected building times by adding simple input data.

Keywords

Marine Engineering, Naval Architecture, Ship Construction, Budget breakdown, Cutting, Welding, Transport, Bending, Preparation, Time and Cost Analysis, Man hours.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Palavras-chave.....	ii
Abstract.....	iii
Keywords.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 ESTADO DA ARTE DA INDÚSTRIA NAVAL PORTUGUESA.....	1
1.2.1 <i>Estaleiros Navais Portugueses</i>	1
1.2.2 <i>Tecnologia usada pelos Estaleiros Navais Portugueses</i>	4
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	5
2 ESTRUTURA DE CUSTOS.....	6
2.1 CUSTOS DE PREPARAÇÃO.....	9
2.2 CUSTOS DE CORTE.....	10
2.3 CUSTOS DE MOVIMENTAÇÃO E TRANSPORTE.....	12
2.4 CUSTOS DE ENFORMAÇÃO.....	13
2.5 CUSTOS DE MONTAGEM.....	14
2.6 CUSTOS DE SOLDADURA.....	14
3 PROCESSOS PRODUTIVOS DE FABRICAÇÃO DO CASCO.....	17
3.1 PREPARAÇÃO.....	17
3.2 CORTE.....	17
3.2.1 <i>Oxicorte</i>	17
3.2.2 <i>Corte por Plasma</i>	18
3.2.3 <i>Serra de Corte</i>	19
3.3 ENFORMAÇÃO.....	19
3.4 MONTAGEM.....	20
3.5 SOLDADURA.....	20
3.5.1 <i>Soldadura por Arco Submerso</i>	21
3.5.2 <i>Soldadura por Fios Fluxados</i>	22
3.5.3 <i>Soldadura por Eléctrodos Revestidos</i>	23
4 CASOS DE ESTUDO.....	24
4.1 1.º CASO DE ESTUDO.....	24
4.1.1 <i>Apresentação da Empresa</i>	24
4.1.2 <i>Descrição de Recursos Humanos</i>	24

4.1.3	<i>Descrição de Equipamentos</i>	26
4.1.3.1	Equipamento de corte.....	26
4.1.3.2	Equipamento de movimentação e transporte.....	26
4.1.3.3	Equipamento de enformação.....	27
4.1.4	<i>Análise da preparação, corte e enformação de chapas e perfis</i>	28
4.1.4.1	Preparação.....	29
4.1.4.2	Corte.....	32
4.1.4.3	Enformação.....	41
4.2	2.º CASO DE ESTUDO	46
4.2.1	<i>Apresentação da Empresa</i>	46
4.2.2	<i>Descrição de Recursos Humanos</i>	46
4.2.3	<i>Descrição de Equipamentos</i>	51
4.2.3.1	Equipamento de movimentação e transporte.....	51
4.2.3.2	Equipamento de soldadura.....	54
4.2.3.3	Equipamento de corte.....	56
4.2.3.4	Equipamento de montagem.....	57
4.2.4	<i>Análise da Construção de Blocos</i>	59
5	PROGRAMA DO MODELO DE CUSTOS	73
6	CONCLUSÕES FINAIS	78
7	TRABALHOS FUTUROS	80
8	BIBLIOGRAFIA	81
9	ANEXOS	84
9.1	1.º CASO DE ESTUDO	84
9.1.1	<i>Distribuição dos blocos da barça</i>	84
9.1.2	<i>Corte efectuado para os blocos de proa</i>	85
9.1.3	<i>Corte efectuado para os blocos de popa</i>	86
9.1.4	<i>Corte efectuado para os blocos de ligação com meio navio</i>	87
9.1.5	<i>Aninhamento exemplificativo</i>	89
9.1.6	<i>Informação fornecida para enformação</i>	90
9.2	2.º CASO DE ESTUDO	92
9.2.1	<i>Exemplos de tempos analisados no corte, montagem e soldadura</i>	92
9.2.2	<i>Distribuição dos blocos do navio de apoio às pescas</i>	95
9.2.3	<i>AC1 – 15 toneladas</i>	96
9.2.4	<i>AC2 – 28,2 toneladas</i>	97
9.2.5	<i>Bloco AC3 – 22,3 toneladas</i>	98
9.2.6	<i>Bloco AC4 – 17,3 toneladas</i>	99
9.2.7	<i>Bloco AC7 – 4,2 toneladas</i>	100

9.2.8	<i>Bloco AC8 – 17,7 toneladas</i>	101
9.2.9	<i>Bloco AC9 – 24,3 toneladas</i>	102
9.2.10	<i>Bloco AC10 – 20,9 toneladas</i>	103
9.2.11	<i>Bloco AC13 – 22,8 toneladas</i>	104
9.2.12	<i>Bloco AC14 – 18,9 toneladas</i>	105
9.2.13	<i>Bloco AC15 – 13,2 toneladas</i>	106
9.2.14	<i>Orçamentação de blocos para Ferry de Veículos e Passageiros de 150 m</i>	107

Índice de Figuras

FIGURA 1. MÁQUINA AUTOMÁTICA DE OXICORTE:	18
FIGURA 2. MAÇARICO PARA OXICORTE MANUAL.....	18
FIGURA 3. MÁQUINA DE CORTE PLASMA.....	19
FIGURA 4. SERRA DE CORTE DE DISCO	19
FIGURA 5. PRENSA DE ENFORMAÇÃO	20
FIGURA 6. CALANDRA.....	20
FIGURA 7. MÁQUINA DE SOLDADURA POR ARCO SUBMERSO PORTÁTIL.....	22
FIGURA 8. MÁQUINAS DE SOLDADURA POR FIOS FLUXADOS.....	23
FIGURA 9. SOLDADURA POR ELECTRODOS REVESTIDOS.....	23
FIGURA 10. OPERADOR DE CORTE ALINHA CABEÇA DE CORTE COM CHAPA.....	25
FIGURA 11. CALDEIREIROS A OPERAR PRENSA.....	25
FIGURA 12. MÁQUINA DE CORTE OXYTOME 30 HPC.....	26
FIGURA 13. PONTE MAGNÉTICA	26
FIGURA 14. LIMITE MÁXIMO DE CADA ÍMAN	26
FIGURA 15. CALANDRA DE ENFORMAÇÃO.....	27
FIGURA 16. PRENSA DE ENFORMAÇÃO	27
FIGURA 17. PRENSA DE ENFORMAÇÃO DE PERFIS	27
FIGURA 18. ARRANJO GERAL DA BARÇAÇA	28
FIGURA 19. DIVISÃO DE BLOCOS DA BARÇAÇA.....	28
FIGURA 20. ESTRUTURA 3D COMPLETA DA PROA (BLOCOS 8P-9S-7P-7S).....	30
FIGURA 21. ESTRUTURA 3D COMPLETA DA POPA (10P-11S-6P-6S).....	30
FIGURA 22. ESTRUTURA 3D COMPLETA DA LIGAÇÃO PROA-CORPO CENTRAL (5P-5S)	31
FIGURA 23. ESTRUTURA 3D COMPLETA DA LIGAÇÃO POPA-CORPO CENTRAL (4P-4S)	31
FIGURA 24. BLOCO 8P JÁ COM A ESTRUTURA ERIGIDA À ESPERA DO FORRO.....	31
FIGURA 25. BLOCO 8P EM FASE DE COLOCAÇÃO DE FORRO	31
FIGURA 26. CORTE DO NESTING DE UMA CHAPA DE AÇO.....	32
FIGURA 27. PONTE MAGNÉTICA A TRANSPORTAR CHAPA DE AÇO	34
FIGURA 28. PAINEL DE CONTROLO DA MÁQUINA DE CORTE.....	34
FIGURA 29. COLOCAÇÃO DA CHAPA DE AÇO NA MESA DE CORTE	35
FIGURA 30. CABEÇA DE CORTE (OXICORTE)	35
FIGURA 31. PROCESSO DE ALINHAMENTO DA CABEÇA DE CORTE	35
FIGURA 32. CHAPA COM AS MARCAÇÕES EM CADA PEÇA.....	35
FIGURA 33. ANINHAMENTO DA CHAPA 648	36
FIGURA 34. ANINHAMENTO DA CHAPA 021	36
FIGURA 35. ANINHAMENTO DA CHAPA 015	37
FIGURA 36. ANINHAMENTO DA CHAPA 004	37

FIGURA 37. ANINHAMENTO DA CHAPA 267	37
FIGURA 38. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO GASTO NO CORTE DE PEÇAS PARA O BLOCO DE PROA.....	39
FIGURA 39. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO GASTO NO CORTE DE PEÇAS PARA O BLOCO DE POPA.....	39
FIGURA 40. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO GASTO NO CORTE DE PEÇAS PARA OS BLOCOS DE LIGAÇÃO AO CORPO CENTRAL	39
FIGURA 41. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO GASTO NO CORTE DE PEÇAS DOS BLOCOS.....	39
FIGURA 42. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO GASTO POR PROCESSO ASSOCIADO AO CORTE	41
FIGURA 43. CÉRCEAS JAPONESAS	42
FIGURA 44. OPERÁRIOS A ENFORMAR CHAPA NA CALANDRA.....	42
FIGURA 45. MARCAS EM V NOS BORDOS DA CHAPA PROVOCADAS PELA DISTRIBUIÇÃO DE CALORES.....	42
FIGURA 46. AJUSTES FINAIS À FORMA DA CHAPA POR MEIO DE PRENSA MECÂNICA	42
FIGURA 47. VISTAS DA CHAPA 1000-9S	43
FIGURA 48. VISTAS DA CHAPA 696-7S.....	43
FIGURA 49. DISTRIBUIÇÃO DAS CHAPAS DE FORRO NA PROA DE ÉSTIBORDO	44
FIGURA 50. CHAPA DE CURVATURA SIMPLES COM CÉRCEAS ANTES DA ENTRADA NA CALANDRA.....	44
FIGURA 51. CHAPA DE CURVATURA SIMPLES APÓS ENFORMAÇÃO NA CALANDRA.....	44
FIGURA 52. MARCAÇÃO DAS LINHAS DE ENFORMAÇÃO	45
FIGURA 53. PERFIL BOLBO ENFORMADO.....	45
FIGURA 54. BATISMO DA BARÇA DE ABERTURA CENTRAL “DE KOP” NA DOCA SECA DA LISNAVE.....	45
FIGURA 55. INSTALAÇÕES DA JOPER INOX	46
FIGURA 56. ENCARREGADO DE OBRA AO CENTRO A RECEBER INSTRUÇÕES DOS ENGENHEIROS	47
FIGURA 57. ENGENHEIRO NAVAL EM FUNÇÕES.....	47
FIGURA 58. MONTADOR NAVAL OPERANDO MAÇARICO DE OXICORTE	48
FIGURA 59. MANOBRADOR EM OPERAÇÃO COM A PONTE ROLANTE.....	48
FIGURA 60. MONTADOR E APRENDIZ A COLOCAR REFORÇO NA SUA RESPECTIVA POSIÇÃO	49
FIGURA 61. SOLDADOR A SOLDAR BARRAS DE REFORÇO.....	49
FIGURA 62. SOLDADOR A CONTROLAR SOLDADURA DUPLA POR ROBÔS	50
FIGURA 63. AJUDANTE AUXILIANDO UM MONTADOR	50
FIGURA 64. PONTE ROLANTE DA NAVE 3	51
FIGURA 65. GRUA COM LANÇA	51
FIGURA 66. EMPILHADOR PEQUENO	52
FIGURA 67. EMPILHADOR MÉDIO.....	52
FIGURA 68. CABOS DE AÇO.....	52
FIGURA 69. CORRENTES DE AÇO	52
FIGURA 70. PATOLA DE FIXAÇÃO MANUAL	52
FIGURA 71. PATOLA DE FIXAÇÃO AUTOMÁTICA	52
FIGURA 72. GUINCHOS/ESTICADORES MANUAIS.....	52
FIGURA 73. AUTOGRUA A VIRAR PAINEL	53
FIGURA 74. AUTOGRUA A COLOCAR BLOCO EM CIMA DA GALERA DE CAMIÃO	53

FIGURA 75. CARREGAMENTO VIA AUTOGRUA.....	53
FIGURA 76. CARREGAMENTO VIA GRUA FLUTUANTE.....	53
FIGURA 77. TRANSPORTE DE BLOCOS VIA MARÍTIMA.....	54
FIGURA 78. MÁQUINA DE SOLDADURA POR ARCO SUBMERSO (SAW).....	54
FIGURA 79. CALHAS GUIA DA MÁQUINA SAW.....	54
FIGURA 80. MÁQUINA DE SOLDADURA SEMI-AUTOMÁTICA MIG POR FIOS FLUXADOS.....	55
FIGURA 81. PISTOLA DE SOLDADURA.....	55
FIGURA 82. RACK COM BOTIJAS DE GÁS DE PROTECÇÃO (MISTURA DE ARGON E CO ₂).....	55
FIGURA 83. SOLDADURA EM PARALELO DE PERFIL BOLBO COM ROBÔ.....	56
FIGURA 84. SOLDADURA ROBOTIZADA INDIVIDUAL DE UM PERFIL DE REFORÇO.....	56
FIGURA 85. BOBINES DE FIO DE SOLDADURA.....	56
FIGURA 86. SERROTE MECÂNICO DE FITA.....	56
FIGURA 87. CHANFRO MECÂNICO NUM BORDO DE CHAPA.....	57
FIGURA 88. MÁQUINA DE CHANFRAGEM POR OXICORTE.....	57
FIGURA 89. MAÇARICO DE OXI-CORTE.....	57
FIGURA 90. RACK DE BOTIJAS DE ACETILENO E OXIGÉNIO.....	57
FIGURA 91. PORTA ELÉCTRODOS.....	57
FIGURA 92. ELÉCTRODOS Ø3.2 VANDAL.....	57
FIGURA 93. REBARBADORA.....	58
FIGURA 94. VARIEDADE DE DISCO DE CORTE E RECTIFICAÇÃO.....	58
FIGURA 95. LANÇA CALORES DE DESEMPENO DE 3 BICOS.....	58
FIGURA 96. MARCAS CARACTERÍSTICAS NOS PAINÉIS APÓS A PASSAGEM DO LANÇA CALORES TRIPLO.....	58
FIGURA 97. ARRANJO GERAL DO NAVIO DE APOIO ÀS PESCAS.....	59
FIGURA 98. BLOCOS CONSTRUÍDOS PELA JOPERINOX.....	59
FIGURA 99. SOLDADURA EM T.....	60
FIGURA 100. SOLDADURA TOPO A TOPO.....	60
FIGURA 101. ESQUEMA DE SOLDADURA CONTÍNUA.....	60
FIGURA 102. PERFIL SOLDADO A ANTEPARA POR MEIO DE SOLDADURA CONTÍNUA.....	60
FIGURA 103. ESQUEMA DE SOLDADURA ALTERNADA E SIMBOLOGIA ASSOCIADA.....	61
FIGURA 104. PERFIS SOLDADOS AO PISO POR MEIO DE SOLDADURA ALTERNADA.....	61
FIGURA 105. CORDÃO DE SOLDADURA POR ARCO SUBMERSO.....	61
FIGURA 106. PERCENTAGEM DE EXECUÇÃO DA MONTAGEM E SOLDADURA DE 20 PERFIS BOLBO.....	63
FIGURA 107. DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO DE MONTAGEM E SOLDADURA DE 20 PERFIS BOLBO 140x8 COM 10 METROS.....	64
FIGURA 108. MODELO INICIAL SOMENTE COM AS LINHAS DE REFERÊNCIA DE CORTE.....	64
FIGURA 109. MODELO FINAL APÓS MODELAÇÃO 3D DAS PEÇAS.....	64
FIGURA 110. ESQUEMA DOS COMPRIMENTOS DE SOLDADURA MEDIDOS NO MODELO 3D.....	65
FIGURA 111. PESO DOS BLOCOS VS. COMPRIMENTO DE SOLDADURA.....	66
FIGURA 112. PESO DO BLOCO VS. NÚMERO DE PERFIS DE REFORÇO.....	67

FIGURA 113. BLOCO B003.....	67
FIGURA 114. BLOCO B015.....	67
FIGURA 115. BLOCO B428 ESTIBORDO.....	67
FIGURA 116. BLOCO B005.....	67
FIGURA 117. PROCESSOS DE SOLDADURA POR TIPO DE INDÚSTRIA EM 2009 NO JAPÃO [27]	69
FIGURA 118. CARREGAMENTO DOS BLOCOS NA BARCAÇA DE TRANSPORTE.....	72
FIGURA 119. PARTIDA DA BARCAÇA EM DIRECÇÃO AO ESTALEIRO DE VIGO.....	72
FIGURA 120. PROVAS DE MAR DO NAVIO ESPANHOL (FONTE: DIGITAL-SEAS.COM)	72
FIGURA 121. INTERFACE DO MENU PRINCIPAL DO PROGRAMA.....	73
FIGURA 122. MENU DE INSERÇÃO DE DADOS DE ENTRADA	73
FIGURA 123. INTERFACE COM QUADRO DE RESUMO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS	74
FIGURA 124. BLOCOS ANALISADOS PARA OS PROCESSOS DE CORTE E ENFORMAÇÃO	84
FIGURA 125. BLOCOS 3D DA PROA (8P & 9S)	85
FIGURA 126. BLOCOS 3D DOS HIDRÁULICOS DA PROA (7P & 7S)	86
FIGURA 127. BLOCOS 3D DA POPA (10P & 11S)	87
FIGURA 128. BLOCOS 3D DOS HIDRÁULICOS DA POPA (6P & 6S).....	87
FIGURA 129. BLOCOS 3D DE LIGAÇÃO DA PROA AO CORPO CENTRAL (5P & 5S)	87
FIGURA 130. BLOCOS 3D DE LIGAÇÃO DA PROA AO CORPO CENTRAL (4P & 4S)	88
FIGURA 131. FICHA DE CORTE TÍPICA ORIGINADA PELO LANTEK	89
FIGURA 132. INFORMAÇÃO GERADA DE MODO AUTOMÁTICO PELO DEFCAR NECESSÁRIA PARA A ENFORMAÇÃO DE CHAPAS.....	90
FIGURA 133. TABELA TÍPICA COM VALORES DAS CÉRCEAS DE ENFORMAÇÃO	91
FIGURA 134. INFORMAÇÃO AUXILIAR PARA A EXECUÇÃO DAS CÉRCEAS JAPONESAS.....	91
FIGURA 135. FICHAS DE ENFORMAÇÃO DE PERFIS TÍPICAS	92
FIGURA 136. BLOCOS ANALISADOS PARA OS PROCESSOS DE MONTAGEM E SOLDADURA.....	95
FIGURA 137. MODELO 3D DO BLOCO AC1	96
FIGURA 138. BLOCO AC1 Vs. MODELO 3D AC1	96
FIGURA 139. MODELO 3D DO BLOCO AC2	97
FIGURA 140. BLOCO AC2 Vs. MODELO 3D AC2	97
FIGURA 141. MODELO 3D DO BLOCO AC3	98
FIGURA 142. BLOCO AC3 Vs. MODELO 3D AC3	98
FIGURA 143. MODELO 3D DO BLOCO AC4	99
FIGURA 144. BLOCO AC1 Vs. MODELO 3D AC1	99
FIGURA 145. MODELO 3D DO BLOCO AC7	100
FIGURA 146. BLOCO AC7 Vs. MODELO 3D AC7	100
FIGURA 147. MODELO 3D DO BLOCO AC8	101
FIGURA 148. BLOCO AC8 Vs. MODELO 3D AC8	101
FIGURA 149. MODELO 3D DO BLOCO AC9	102
FIGURA 150. BLOCO AC9 Vs. MODELO 3D AC9	102

FIGURA 151. MODELO 3D DO BLOCO AC10	103
FIGURA 152. BLOCO AC10 VS. MODELO 3D AC10	103
FIGURA 153. MODELO 3D DO BLOCO AC13	104
FIGURA 154. BLOCO AC13 VS. MODELO 3D AC13	104
FIGURA 155. MODELO 3D DO BLOCO AC14	105
FIGURA 156. BLOCO AC14 VS. MODELO 3D AC14	105
FIGURA 157. MODELO 3D DO BLOCO AC15	106
FIGURA 158. BLOCO AC15 VS. MODELO 3D AC15	106
FIGURA 159. SUB-CONJUNTO 001 DO BLOCO 003	107
FIGURA 160. SUB-CONJUNTO 002 DO BLOCO 003	108
FIGURA 161. SUB-CONJUNTO 001 DO BLOCO 005	108
FIGURA 162. SUB-CONJUNTO 002 DO BLOCO 005	109

Índice de Tabelas

TABELA 1. SEQUÊNCIA DE PROCESSOS PRODUTIVOS E RESPECTIVOS CER	9
TABELA 2. TEMPO DISPENDIDO POR TAREFA DE PREPARAÇÃO DE CORTE	29
TABELA 3. PESO TOTAL DE AÇO DOS BLOCOS DA BARCAÇA ANALISADOS.....	33
TABELA 4. VELOCIDADE DE CORTE RELATIVO À ESPESSURA DA CHAPA	33
TABELA 5. CARACTERÍSTICAS DOS 5 CASOS DE CORTE DE CHAPAS ANALISADOS.....	36
TABELA 6. TEMPOS DE DIVERSAS ACÇÕES RELATIVAS AO CORTE	37
TABELA 7. COMPARAÇÃO ENTRE TEMPO DE ESTIMADO E REAL	38
TABELA 8. RESUMO DO CORTE DE 360 TONELADAS DE AÇO	38
TABELA 9. VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	40
TABELA 10. LISTAGEM DE TAREFAS ASSOCIADAS AO CORTE E RESPECTIVAS VELOCIDADES E TEMPOS GASTOS	40
TABELA 11. TEMPO TOTAL DO TRABALHO DE CORTE ANALISADO	40
TABELA 12. TEMPOS E NÚMERO DE OPERÁRIOS ASSOCIADOS À MONTAGEM DE 20 PERFIS DE 10 METROS	63
TABELA 13. VELOCIDADES MÉDIAS PARA CADA PROCESSO	64
TABELA 14. COMPARAÇÃO DE PESO DOS BLOCOS COM O COMPRIMENTO DE SOLDADURA.....	66
TABELA 15. DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS ORÇAMENTADOS.....	68
TABELA 16. DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS CONSTRUÍDOS NA JOPERI NOX.....	68
TABELA 17. DISTRIBUIÇÃO DO TIPO DE SOLDADURA DE BLOCOS ORÇAMENTADOS.....	69
TABELA 18. DISTRIBUIÇÃO DO TIPO DE SOLDADURA DE BLOCOS CONSTRUÍDOS PELA JOPERI NOX.....	69
TABELA 19. VELOCIDADE MÉDIA DE SOLDADURA FCAW COM PROTECÇÃO GASOSA.....	70
TABELA 20. GASTOS EM MATERIAL DE ADIÇÃO DE SOLDADURA	70
TABELA 21. COEFICIENTES DE COMPLEXIDADE RELATIVOS À LOCALIZAÇÃO DO BLOCO NO NAVIO	76
TABELA 22. COEFICIENTES DE COMPLEXIDADE RELATIVOS AO TIPO DE EMBARCAÇÃO	76
TABELA 23. COEFICIENTES DE COMPLEXIDADE RELATIVOS AO TIPO DE EMBARÇÃO AJUSTADOS.....	76
TABELA 24. RELAÇÕES DE ESTIMATIVAS DE CUSTOS	77
TABELA 25. COEFICIENTES RELATIVOS AO LOCAL ONDE É PRODUZIDO O NAVIO	77
TABELA 26. CHAPAS CORTADAS PARA OS BLOCOS DE PROA (8P,9S,7P,7S)	85
TABELA 27. CHAPAS CORTADAS PARA OS BLOCOS DE POPA (10P,11S,6P,6S)	86
TABELA 28. CHAPAS CORTADAS PARA OS BLOCOS DE LIGAÇÃO COM MEIO NAVIO (5P,5S,4P,4S)	88
TABELA 29. TEMPOS DE MONTAGEM DE 3 PERFIS BOLBO (3250MM DE COMPRIMENTO CADA)	92
TABELA 30. REMOÇÃO DE PERFIS BOLBO PINGADOS (3250MM DE COMPRIMENTO CADA).....	92
TABELA 31. SOLDADURA TOPO A TOPO POR ARCO SUBMERSO (1200MM DE COMPRIMENTO)	93
TABELA 32. SOLDADURA TOPO A TOPO POR ARCO SUBMERSO (6700MM DE COMPRIMENTO)	93
TABELA 33. TEMPO DE VOLTAR PAINEL COM 1,8 TONELADAS DE PESO	93
TABELA 34. TEMPO DE PREPARAÇÃO PARA EFECTUAR O PASSE DE RAIZ	93
TABELA 35. REPARAÇÃO DE AVARIA NA PONTE DE TRANSPORTE.....	93
TABELA 36. SOLDADURA COM ROBÔ, EM T POR FIOS FLUXADOS DE 3 PERFIS BOLBO (2000MM DE COMPRIMENTO CADA).....	93

TABELA 37. CORTE DE PERFIL BOLBO EM 2 PEÇAS DE REFORÇO	93
TABELA 38. CORTE DE 2 PEÇAS DE REFORÇO DE UM PERFIL BOLBO.....	93
TABELA 39. COMPRIMENTOS E TEMPOS DE SOLDADURA DE 11 SOLDADORES	94
TABELA 40. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC01	96
TABELA 41. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC02	97
TABELA 42. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC03	98
TABELA 43. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC04	99
TABELA 44. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC07	100
TABELA 45. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC08	101
TABELA 46. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC09	102
TABELA 47. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC10	103
TABELA 48. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC13	104
TABELA 49. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC14	105
TABELA 50. COMPRIMENTOS DE SOLDADURA DO BLOCO AC15	106
TABELA 51. CÁLCULO EFECTUADO PELO ORÇAMENTISTA DA JOPERINOX RELATIVO AO FERRY DE 150 M	107

1 Introdução

1.1 Motivação

É sempre de elevada importância o total conhecimento e compreensão da estrutura de custos de um dado processo produtivo de modo a poder efectuar a orçamentação de um trabalho com o máximo rigor e aproximação possíveis. Só assim é que um estaleiro poderá ser competitivo no meio de outros tantos que concorrem entre si no mercado da construção naval.

Pretende-se efectuar um “Budget breakdown”, ou seja, a decomposição do custo total da construção do casco de um navio em diversas parcelas menores associadas cada uma a um determinado centro de custo, para no final ser possível fazer uma avaliação percentual de cada um dos centros de custos que compõem o custo final. De notar que quando se fala do casco do navio neste estudo, se subentende a inclusão da superestrutura deste, mas excluindo sempre qualquer tipo de aprestamento e apêndices.

Propõe-se encontrar ferramentas que permitam de um modo aproximado efectuar estimativas simples, rápidas e realistas de orçamentação para um dado trabalho. Estimativas essas que serão encontradas por meios estatísticos de análise de tempos de construção e respectivos gastos de diversos blocos de um navio.

Estas estimativas poderão variar depois de bloco para bloco por meio de um coeficiente que ajustará o grau de dificuldade de execução de bloco, ou seja, tendo dois blocos que pesem o mesmo, poderemos ter estimativas de custos diferentes de acordo com a complexidade da sua construção. Supondo, por exemplo, que um dos blocos se encontra localizado na popa do navio e o outro na região do corpo central, é natural que as horas gastas na construção do primeiro sejam maiores que no segundo, fazendo com que o custo do primeiro bloco seja superior ao do segundo, apesar de serem compostos pelo mesmo número de toneladas de aço.

1.2 Estado da Arte da Indústria Naval Portuguesa

O estado da arte da indústria naval em Portugal encontra-se relativamente atrasada em relação a outros países. Em parte, este atraso é devido ao contexto da indústria naval do nosso país que não possui grandes mercados de exportação, nem especialização em algum tipo de navio ou tecnologia própria. Existe também uma fraca competitividade, aliada a uma falta de capacidade de organização quase inata. Durante o estudo nos locais verificou-se por vezes uma fraca produtividade relativamente ao que em teoria poderia ser esperado ou obtido em condições óptimas. Um motivo válido para esta falta de produtividade é a ausência de renovação de meios e recursos tecnológicos de ponta que logicamente iriam melhorar em muito o rendimento das tarefas produtivas.

1.2.1 Estaleiros Navais Portugueses

O panorama a nível de estaleiros navais em Portugal é o seguinte começando pelo Norte, de um modo resumido:

- Estaleiros Navais de Viana do Castelo, localizados em Viana do Castelo, que possuem uma grande participação do Estado Português e que estão direccionados para a construção naval de média e grande dimensão, englobando um mercado muito diversificado no que diz respeito ao tipo de navios construídos. A carteira de encomendas do estaleiro é de dimensão considerável tanto para o mercado doméstico como estrangeiro. É uma empresa de referência nacional e com largos anos de experiência na construção e reparação naval aliados a um grande *know-how* adquirido na indústria;

- Estaleiros da Navalria, localizados em Aveiro, recentemente adquiridos pela empresa Martifer e que estão direccionados para a reparação naval, ainda que efectuem alguma construção de navios de pequena e média dimensão. A carteira de clientes é na sua maior parte preenchida por armadores de navios de pesca, tendo depois uma carteira de menor dimensão relativa a navios de passageiros e embarcações de recreio. Encontra-se actualmente bem equipada tanto para a reparação naval como para a construção de tal forma que com a chegada da nova direcção foram iniciadas novas construções, nomeadamente de dois catamarãs de passageiros e veículos para o armador Transtejo e de 1 navio hotel pertencente ao armador Douro Azul, para fazer face ao crescente aumento do turismo no rio Douro;

- Estaleiros do Mondego, localizados na Figueira da Foz, desenvolvem actividade na área da construção e reparação naval em aço e alumínio. Possui gabinete de projecto naval autónomo que guia o estaleiro desde a fase de concepção à produção da embarcação. O seu futuro é no entanto incerto, pois apesar de ter em carteira diversas novas construções encontra-se num equilíbrio instável financeiro.

- Estaleiros Navais de Peniche, localizados como o nome indica em Peniche, é um estaleiro com um elevado conhecimento na área das construções em fibra de vidro, muito possivelmente um líder nacional nesta área a par da Nautiber. Inicialmente formado com o intuito de fornecer apoio e manutenção a toda a frota pesqueira local, rapidamente se expandiu para outras áreas como sejam a construção naval. Dispõe de uma plataforma de elevação para navios até 50 m de comprimento e 700 t de deslocamento, um amplo parque de embarcações para reparação e um cais acostável de 320 m. Possui ainda instalações cobertas de produção de compósitos, aço, serralharia mecânica, carpintaria naval e pintura. É uma das empresas mais polivalentes na área naval de Portugal. Efectua construções de embarcações de média e pequena dimensão em madeira, aço, alumínio e compósitos. Embarcações variadas que vão desde simples navios de pesca, a navios de transporte de passageiros. Na área da reparação também se demonstra bastante versátil, tendo inclusive capacidade para reparar 16 navios em simultâneo nas diversas áreas da madeira, aço, alumínio e compósitos. É um estaleiro com uma boa abertura aos mercados, estando aberto, não só ao mercado da pesca, como também a embarcações de trabalho, militares, fiscalização, recreio, réplicas históricas, entre outras;

- Estaleiro da Naval Rocha, em Lisboa, propriedade conjunta do Grupo E.T.E. e da Empordef, é caracterizado como um estaleiro vocacionado para a área das reparações de navios de média e pequena dimensão, composta por 3 docas de reparação e dois cais de acostamento. Dispõe ainda de oficinas de caldeiraria, mecânica e electricidade.

- Arsenal do Alfeite, recentemente autonomizado (desde 2009), integra agora o *cluster* naval da Empordef. Este estaleiro naval encontra-se localizado em Almada, na margem Sul do Tejo, adjacente à Base Naval de Lisboa. Tem um longo historial tanto na área das construções como reparações navais. O seu principal mercado encontra-se nas reparações dos navios da Marinha de Guerra Portuguesa. O mercado secundário encontra-se nas reparações de navios civis de média dimensão, como sejam navios de transporte de passageiros. Os meios de querenagem e atracação são compostos por dois planos inclinados, 1 doca seca, 1 doca flutuante e cais acostável. Tem ainda à sua disposição diversos guindastes sobre carris. O Arsenal possui uma vasta experiência na área da concepção e do projecto naval (militar e civil), em construções de aço, alumínio e compósitos e possui o seu próprio gabinete de estudos e projectos. No que diz respeito a novas construções o Arsenal encontra-se numa fase muito modesta quando comparada com as grandes obras navais que efectuou no seu passado, limitando-se de momento à construção de pequenas embarcações como lanchas de fiscalização e de busca e salvamento;

- Estaleiros da Navaltagus, localizados no Seixal, pertence ao grupo E.T.E. . A principal vocação deste estaleiro está dirigida para a reparação de embarcações pertencentes ao grupo E.T.E., como sejam barças, guas flutuantes e rebocadores, assim como também a reparação de embarcações de pequena/média dimensão de transporte de passageiros, de recreio e de pesca. Mais recentemente a empresa entrou nas áreas da concepção, projecto e construção naval. É uma empresa com alguma experiência na construção em alumínio. Em termos de instalações podemos contar com 3 carreiras de alagem com a capacidade de docar navios até 100 metros de comprimento para reparação, meios de elevação até 25 toneladas, cais de aprestamento com 120 metros, oficinas cobertas de mecânica, caldeiraria, electricidade, encanamentos e carpintaria;

- Estaleiros da Lisnave, localizados na Mitrena (Setúbal), é um estaleiro, hoje em dia, vocacionado somente para a área da reparação naval, apesar de em tempos idos ter sido o maior estaleiro de construção naval do país, É um estaleiro altamente qualificado e mantém ainda o renome internacional da Lisnave como empresa de referência nesta área. O estaleiro dispõe de tecnologia de ponta para a reparação de navios de grande porte, incluindo a jóia da coroa: o *Hydrolift*, com capacidade de acolher e docar até 3 navios de tipo Panamax em simultâneo. Para além do *Hydrolift* o estaleiro possui ainda mais 3 docas de reparação de grande dimensão. O estaleiro está ainda equipado com 20 guas móveis (100 t) e um pórtico (500 t) e possui oficinas de caldeiraria pesada e ligeira, de tubos, de mecânica e de electricidade. O estaleiro tem capacidade, não só efectuar reparações de todo o tipo de navios, como também de executar operações de conversão e *jumboizing*. Com vista à redução da estrutura de custos, a Lisnave foi reduzindo em larga escala o número de funcionários, passando agora a haver uma política de subcontratação de empreitadas e actualmente uma grande parte das tarefas realizadas no estaleiro são efectuadas por empresas externas;

- O estaleiro da MPG Shipyards, localiza-se em instalações alugadas à Lisnave, dentro do próprio estaleiro da Mitrena. A MPG é essencialmente uma empresa de construções metálicas, que num dado instante, dos seus longos 50 anos, procurou expandir-se a novos mercados dentro da área

das construções em aço, nomeadamente na construção naval. Para tal era necessário um conjunto de condições, nomeadamente espaço e meios produtivos cujas instalações da Lisnave Mitrena vieram a oferecer por meio de aluguer. Sendo assim a MPG passou a dispor de um enorme pavilhão coberto, equipado com os mais variados equipamentos de corte, enformação, soldadura, transporte, etc. Conta ainda com espaços externos de parque de blocos e a possibilidade de usar as docas da Lisnave na fase final de união de blocos e de lançamento do casco.

- Estaleiros Navais da Nautiber, localizados em Vila Real de Santo António, são uma empresa de dimensão pequena cuja principal actividade se encontra ligada à construção e reparação naval de embarcações de poliéster reforçado e fibra de vidro. Com instalações junto às margens do rio Guadiana, possui dois amplos pavilhões de construção com cerca de 500 m² cada, espaços próprios dedicados a trabalhos de carpintaria, serralharia e diversos armazéns (fibra de vidro, químicos e aprestamento). Conta ainda com zonas de preparação de materiais, produção de painéis e duas carreiras de construção com 30 metros cada. Este estaleiro recorre a tecnologias e materiais de ponta, produzindo actualmente laminados de PVC por meio de colagens assistidas a vácuo e laminagem por infusão, tentando assim ser competitiva nas áreas da qualidade e inovação.

1.2.2 Tecnologia usada pelos Estaleiros Navais Portugueses

Em termos dos meios usados nos processos produtivos da construção de um casco em aço, podemos verificar que existem em uso em Portugal as seguintes tecnologias associadas aos seus respectivos centros de custos:

Preparação – Modernos P.C.'s ligados em rede ou com servidores próprios onde é centralizada toda a informação, associados aos mais diversos softwares integrados de preparação e corte como seja o NUPAS, DEFCAR, SHIPCONSTRUCTOR.

Corte – Mesas de diversos tamanhos equipadas com máquinas de corte por plasma, jacto de água, oxicorte, usadas para corte de chapas; bancadas de corte equipadas com serrotes mecânicos de disco ou de fita usados para o corte de perfilaria; máquinas de corte mecânico do tipo tesoura/guilhotina e plainas. Meios portáteis de corte como sendo rebarbadoras, máquinas de chanfrar (mecânica e oxicorte), maçaricos de oxicorte, máquinas de plasma e eléctrodos de carvão.

Enformação – Calandras, diversos tipos de prensas, quinadeiras, maçaricos multi-chamas, cérceas japonesas e diversos moldes.

Transporte – Existe uma variada gama de meios que vão desde de pequenos guinchos de 1 t, guas (móveis ou fixas), pontes rolantes (fixação normal ou magnética), até a pórticos de 500 t de capacidade. No que diz respeito ao transporte rolante estão disponíveis empilhadores, zorras, camiões e auto guas.

Soldadura – É usado de modo comum as tecnologias de soldadura por arco submerso (portátil ou fixo), por arco eléctrico com gás de protecção MIG/MAG/TIG ou fios fluxados FCAW (quer automatizado, quer manual) e finalmente os vulgares eléctrodos revestidos.

Para além das tecnologias referidas anteriormente existem também, disponíveis no mercado, tecnologias alternativas de corte e soldadura [1], no entanto ainda com uma adesão limitada por parte dos estaleiros navais. Existem ainda diversos estudos de aplicação de novos processos de soldadura [2], novos tipos de soldadura de tecnologia laser e híbrida que reduzem a distorção térmica de painéis, permitindo reduzir custos em trabalhos de desempenho [3], [4] e ainda novas metodologias de produção com vista ao aumento de produtividade na soldadura [5].

1.3 Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 4 grandes partes, sendo estas a análise da estrutura de custos, o estudo dos processos produtivos, a discussão dos casos de estudo e finalmente a geração de um modelo de custos operacional.

Na análise da estrutura de custos é efectuada uma apresentação dos custos envolvidos na construção naval, incluindo os centros de custos analisados em maior detalhe nesta dissertação, onde se encontram documentadas equações relativas aos custos de cada processo.

Na segunda parte são apresentados os principais processos produtivos envolvidos na construção de um casco em aço.

No capítulo seguinte são apresentados os dois estudos práticos e independentes que tomaram parte em diferentes locais, associados à construção de navios diferentes por empresas também elas distintas. O propósito destes casos de estudo foi o de contabilizar tempos e custos reais de todas as operações envolvidas na manufactura de um casco de aço. Sendo eles os seguintes:

- O primeiro caso de estudo é relativo à construção de 3 barças destinadas ao porto de Antuérpia (Bélgica) com 83 metros de comprimento, dotadas de um sistema hidráulico que permite que estas se abram ao meio, podendo assim despejar o conteúdo do seu porão de modo único e rápido. Estas embarcações foram construídas pelo estaleiro da MPG localizado na Mitrena. Neste estudo serão analisados os aspectos relativos aos custos e tempos associados à preparação, ao corte de peças e à enformação de chapas/perfis;

- O segundo caso de estudo analisado é relativo à construção de um navio de apoio às pescas para um armador espanhol com cerca de 80 metros de comprimento, efectuada pela empresa JOPER INOX em Alverca. Neste caso serão analisados os tempos de montagem, transporte, soldadura de cada bloco e os seus respectivos custos. Além disso irão ser executados para este estudo 11 modelos 3D representativos de cada bloco analisado a fim de auxiliarem o processo de contabilização de perímetros de corte, montagem e soldadura. Assim como para poder verificar de um modo rápido o grau de complexidade de construção.

No final é apresentado o modelo de custos e um exemplo geral de orçamentação relativo à construção de um casco em aço, gerado a partir da folha de cálculo que inclui todos os custos e tempos associados às informações obtidas pelos dois casos de estudo.

2 Estrutura de Custos

Qualquer construção naval passará sempre pelas seguintes fases [6], [7], com os seus respectivos custos associados:

- Fase contratual
- Projecto básico
- Projecto de produção
- Fase de construção do casco
- Fase de aprestamento e acabamentos (tubaria, electricidade, máquinas e sistemas)
- Provas de mar e certificação
- Entrega ao armador

Entre as fases anteriormente mencionadas existirão também fases de controlo de qualidade, de transporte, de fiscalização e aprovação por parte do estaleiro de construção, do gabinete de projecto, do armador, das sociedades classificadoras e das autoridades marítimas de bandeira.

Este estudo incidirá unicamente nas fases de projecto de produção (engenharia de produção) e na fase da construção do casco, excepção feita à etapa relativa à união de blocos.

Dentro da fase de construção do casco, principal objecto deste estudo, temos as seguintes etapas:

- Corte de peças, chapas e reforços
- União de chapas (anteparas, pavimentos, forro)
- Montagem e soldadura de peças e reforços nas chapas para formar subconjuntos e painéis.
- União de subconjuntos para formar blocos
- União de blocos para formar o navio completo

Passando agora à vertente económica de cada uma destas fases, podemos dizer, de uma forma geral que os custos são medidas monetárias dos recursos com os quais um indivíduo ou organização têm de arcar a fim de atingir os seus objectivos. Sendo esses objectivos a utilização de serviços ou bens que permitam a criação de novos produtos ou serviços.

Uma estrutura de custos pode-se considerar como sendo o conjunto de despesas que uma dada empresa tem de ter em conta na manufactura de um produto ou prestação de serviços. A estrutura de custos de uma empresa pode ser avaliada como o rácio entre os custos fixos e os variáveis.

Cada despesa está associada a um centro de custo que por sua vez está associado a um tipo de actividade.

Como tipos de actividades na construção e reparação naval do casco temos o projecto, corte, montagem, soldadura, controlo de qualidade, transporte e segurança.

É importante analisar e distinguir em cada actividade quais são os custos directos e os indirectos inerentes a cada uma delas.

A estrutura de custos, ou sistema de acumulação de custos [8], de uma empresa representa o ambiente básico no qual operam os sistemas e modalidades de custeio. Este sistema encontra-se intimamente ligado ao sistema produtivo de cada empresa que pode ser em geral de dois tipos: sistema de produção por encomenda – fabricação descontínua de produtos não padronizados (caso da construção/reparação naval); sistema de produção contínua – fabricação em série de produtos padronizados (caso da indústria automóvel).

De forma análoga aos sistemas de produção aparecem os dois sistemas básicos de acumulação de custos: sistema de acumulação por encomenda e sistema de acumulação por processo.

O custo total de uma construção ou reparação naval representa um somatório de 2 parcelas: custos directos e custos indirectos.

Os custos directos representam todos os elementos despendidos num empreendimento de uma forma directa como sendo a mão-de-obra, equipamentos, utensílios, energia, etc.

Os custos indirectos representam todos os elementos que incidem de um modo indirecto no custo final do empreendimento, ou seja, que não são directamente despendidos no empreendimento, mas que são imprescindíveis para a realização deste, como sejam os custos administrativos, custos de carga tributária, custos de projecto e investigação, etc.

A margem de lucro representa a fatia dos custos que proporciona, à entidade que providência o serviço, a obtenção de ganhos relativos ao esforço gasto na execução da tarefa. Esta margem depende de estaleiro para estaleiro, de país para país e de situações financeiras ou estratégias económicas, não sendo portanto considerada neste estudo.

Ainda relativamente aos custos pode-se dizer que estes poderão ser divididos em custos fixos ou variáveis.

Os custos variáveis são custos cujas bases unitárias possuem um valor que não se altera com as quantidades produzidas, mas cujo valor total varia de modo directamente proporcional à quantidade produzida.

Os custos fixos são custos cujo valor total não se altera com a quantidade de bens ou serviços produzidos. No entanto, o seu custo unitário varia de forma inversamente proporcional à quantidade produzida.

O modelo operacional de uma actividade industrial determina a maior parte da sua estrutura de custos. Um modelo operacional que não esteja direccionado numa vertente competitiva nunca terá a possibilidade de oferecer preços competitivos no mercado. Por outras palavras, o modelo

operacional de uma empresa que não distinga o essencial do acessório está condenado à falta de competitividade na sua área de actividade.

No final, a acção de um gestor será a de organizar a estrutura de custos de uma dada actividade, verificando o que se gasta e onde se gasta, podendo assim efectuar as necessárias e possíveis alterações do modelo operacional de modo a reduzir os custos da actividade.

De um modo geral os custos de mão-de-obra tendem a ser sempre superiores aos restantes custos de operação de um dado equipamento, pelo que quanto maior for o automatismo de um dado equipamento de fabrico menor será também os gastos ligados à mão-de-obra de funcionários. Por outro lado existem tarefas que não podem ser efectuadas sem o factor humano, pelo que deve existir assim um equilíbrio entre as capacidades de automatização e a presença de operadores.

Em geral é admitido que os custos com mão-de-obra atingem metade do custo de construção do casco do navio [9], sendo que no entanto, é certo que depende muito da complexidade e equipamentos do navio, como no caso de um navio de guerra [10], [11], ou de um navio cruzeiro, este último chegando aos 60% [12]. Por outro lado verificamos que a proporção dos custos da construção de um casco em aço se divide em $\frac{1}{4}$ na compra de material (aço) e $\frac{3}{4}$ na MDO (Mão De Obra) [13].

Existem diversos factores que dificultam as estimativas de custos de uma dada construção naval como sendo: a falta de metodologias padronizadas e aceites globalmente anexadas à falta de uma base de dados global de construções; a falta de comunicação e partilha de informação entre diferentes departamentos de produção e comercial de um estaleiro; a inexistência de partilha de dados entre estaleiros e as dificuldades no fornecimento dos mesmos a outras entidades de investigação ou gestão (como sendo as universidades); a inexistência da preocupação de reunir dados estatísticos por parte dos estaleiros para uso futuro no aperfeiçoamento das estimativas de orçamentação.

Já existem, no entanto, diversas ferramentas informáticas disponibilizadas no mercado que tirando partido de grandes bases de dados de estaleiros, aliadas a modelos analíticos de custos, se propõem resolver de uma forma eficaz a orçamentação do custo de construção de um navio, dividindo a sua construção numa série de áreas de custos. Como exemplo de programa temos o SPAR ESTI-MATE que recorre ao modelo PODAC [14], [15]. Por outro lado, também já começa a ser usual ser os próprios estaleiros a desenvolver as suas próprias ferramentas informáticas para a resolução de problemas de análise de custos de produção naval [16].

Os custos podem ser indexados usualmente ao peso (€/t), a comprimentos (€/m), ao tempo (€/h) e a homens-horas requeridas (Hh).

Estas relações entre variáveis de tempo, peso, distâncias, dinheiro, entre outras, são em geral denominadas de CER (*Cost Estimation Relationship*) [17]. Os CER são desenvolvidos directamente de medições de um único atributo físico relativo a uma dada actividade, seja ele uma quantidade ou unidade medida, e o custo/MDO necessário para realizar a actividade.

Existem CER tabelados, com origem na vasta experiência de cada estaleiro. Por outro lado também existem CER obtidos empiricamente por fórmulas desenvolvidas por investigadores.

A Tabela 1 apresenta alguns dos mais comuns relacionamentos.

Tabela 1. Sequência de Processos produtivos e respectivos CER

Processo	CER
preparação de aço	Hh/t
Fabricação de aço	Hh/t
Montagem de blocos	Hh/m _{soldadura}
Pintura de blocos	Hh/m ²
Encanamentos	Hh/m
Aprestamento	Hh/equip.
União de blocos	Hh/t
Porão de carga	Hh/m ³

Pretende-se nesta dissertação dividir e analisar dentro das possibilidades 6 tipos de custos ligados directamente com a construção do casco e superestrutura em aço de um navio (excluindo a própria compra de aço). Sendo assim pode-se dizer que a estrutura de custos na área da construção naval de um casco em aço pode ser dissecada de um modo simples nos seguintes centros de custos associados a cada processo produtivo:

- Custos de Preparação;
- Custos de Corte;
- Custos de Movimentação e transporte;
- Custos de Enformação;
- Custos de Montagem;
- Custos de Soldadura.

Para cada um destes centros é aplicado uma fórmula genérica do tipo:

$$C_{\text{Processo}} = \text{Custo de MDO} + \text{Custo energético} + \text{Custo materiais} + \text{Custo de depreciação} \quad \text{€} \quad (1)$$

Nos quais o custo energético é relativo a gastos eléctricos dos equipamentos envolvidos no processo, os custos com materiais são relativos a gastos com consumíveis e finalmente os custos de depreciação que incluem a amortização, manutenção e desvalorização do equipamento utilizado. Estes 3 custos referidos são tendencialmente muito menores quando comparados com os custos de mão de obra (MDO).

2.1 Custos de Preparação

Relativamente à preparação podemos ter os seguintes custos relativos: custo de PC's (custo de depreciação), custo energético, custo de aquisição de software próprio (a ser incorporado nos custos de depreciação do equipamento), custos salariais dos preparadores/desenhadores, custos de formação (incluídos nos custos de mão de obra), culminando numa equação de custos similar à apresentada:

$$C_{PRE} = n_p \times S_p \times h_p + K_e \times P_e \times h_p + C_d \times h_p \quad \text{€} \quad (2)$$

Mão de Obra
Energia
Depreciação

Sendo que:

n_p – Número de preparadores [H]

S_p – Salário de preparador [€/Hh]

h_p – Tempo de preparação [h]

K_e – Consumo de energia [kW/h]

P_e – Preço da electricidade [€/kW]

C_d – Custo de depreciação [€/h]

Numa tentativa de simplificação e correlação destes custos relativamente ao peso de um bloco a ser construído a equação rescreve-se na seguinte:

$$C_p = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_p \cdot MDO_p + CEQ_p \quad \text{€} \quad (3)$$

Sendo que:

P_b – Peso do bloco [t]

γ_b – Coeficiente de complexidade do bloco

CER_p – Produtividade de preparação [Hh/t]

MDO_p – Custo de mão-de-obra de preparação [€/Hh]

CEQ_p – Custo com equipamento de preparação [€/t]

2.2 Custos de Corte

No que diz respeito aos custos de corte podemos ter em conta: custo de equipamento de corte (aquisição/aluguer, prestações, leasing, desvalorização, manutenção), custos energéticos, custo com gases de corte, custos salariais dos técnicos de corte, custos de formação, culminando novamente numa série de equações de custos similar às apresentadas de seguida.

Para o caso do corte por plasma:

$$C_{PLA} = n_{tc} \times S_{tc} \times h_c + K_e \times P_e \times h_c + K_{Ar} \times P_{Ar} \times h_c + C_d \times h_c \quad \text{€} \quad (4)$$

Mão de Obra
Energia
Gás de Plasma
Depreciação

Sendo que:

n_{tc} – Número de técnicos de corte [H]

S_{tc} – Salário do técnico de corte [€/Hh]

h_c – Tempo de corte [h] ($h_c = \frac{d_c}{v_c}$)

v_c – velocidade de corte [m/h]

d_c – comprimento de corte [m]

K_{Ar} – Consumo de gás de plasma [kg ou m³/h]

P_{Ar} – Preço do gás de corte [€/kg ou m³]

Para o caso do corte por oxicorte automático podemos ter a seguinte fórmula de custos:

$$C_{OXI} = \underbrace{n_{tc} \times S_{tc} \times h_c}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_\varepsilon \times P_\varepsilon \times h_c}_{\text{Energia}} + \underbrace{K_O \times P_O \times h_c}_{\text{Oxigênio}} + \underbrace{K_A \times P_A \times h_c}_{\text{Acetileno}} + \underbrace{C_d \times h_c}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (5)$$

Sendo que:

K_O – Consumo de Oxigênio [kg ou m³/h]

P_O – Preço do Oxigênio [€/kg ou m³]

K_A – Consumo de Acetileno [kg ou m³/h]

P_A – Preço do Acetileno [€/kg ou m³]

Para o caso do corte por oxicorte manual podemos ter a seguinte fórmula de custos:

$$C_{MOXI} = \underbrace{n_{tc} \times S_{tc} \times h_c}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_O \times P_O \times h_c}_{\text{Oxigênio}} + \underbrace{K_A \times P_A \times h_c}_{\text{Acetileno}} + \underbrace{C_d \times h_c}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (6)$$

E finalmente para o caso do corte mecânico por fricção:

$$C_{MEC} = \underbrace{n_{tc} \times S_{tc} \times h_c}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_\varepsilon \times P_\varepsilon \times h_c}_{\text{Energia}} + \underbrace{C_d \times h_c}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (7)$$

Dos custos anteriormente apresentados verificamos na prática que a maior fatia é sempre referente à mão de obra. Sendo assim devemos separar os custos relativos à mão de obra e juntar todos os restantes numa só parcela, como sejam os custos de aquisição, manutenção, depreciação do equipamento de corte e gastos energéticos/gases de corte.

Estes custos irão ser estimados, relativamente à variável peso de aço a ser produzido, pela seguinte equação simplificada:

$$C_c = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_c \cdot MDO_c + CC_c + CEQ_c \quad \text{€} \quad (8)$$

Sendo que:

CER_c – Produtividade de corte [Hh/t]

MDO_c – Custo de mão-de-obra de corte [€/Hh]

CC_c – Custo com consumíveis de corte [€/t]

CEQ_c – Custo com equipamento de corte [€/t]

2.3 Custos de Movimentação e Transporte

Os custos relativos aos equipamentos de transporte não são de fácil quantificação. Mas pode dizer-se que estão relacionados com o custo do equipamento em si (aquisição/aluguer, prestações, *leasing*, desvalorização, manutenção, etc.), custo de mão-de-obra com operadores e custos energéticos (eléctricos ou de combustíveis). De notar que alguns destes custos podem já vir incluídos num preço total de aluguer.

No caso de meios eléctricos como seja uma ponte de movimentação (seja ela magnética ou não), guindastes, gruas, pórticos ou empilhadores:

$$C_{POM} = \underbrace{n_{ot} \times S_{ot} \times h_t}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_e \times P_e \times h_t}_{\text{Energia}} + \underbrace{C_d \times h_t}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (9)$$

Sendo que:

n_{ot} – Número de operários de transporte [H]

S_{ot} – Salário do operário de transporte [€/Hh]

h_t – Tempo de transporte [h]

No caso de meios movidos a combustíveis fósseis como sendo zorras, auto gruas, gruas flutuantes ou monta-cargas, temos uma parcela de custos de combustíveis em substituição dos custos eléctricos:

$$C_{VEI} = \underbrace{n_{ot} \times S_{ot} \times h_t}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_C \times P_C \times h_t}_{\text{Combustível}} + \underbrace{C_d \times h_t}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (10)$$

Sendo que:

K_C – Consumo de combustível [l/h]

P_C – Preço do combustível [€/l]

Estes custos irão ser estimados, relativamente à variável peso de aço a ser produzido, de modo simplificado pela seguinte equação:

$$C_t = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_t \cdot MDO_t + CEQ_t \quad \text{€} \quad (11)$$

Sendo que:

CER_t – Produtividade de transporte [Hh/t]

MDO_t – Custo de mão de obra de transporte [€/Hh]

CEQ_t – Custo com equipamento de transporte [€/t]

2.4 Custos de Enformação

Os custos de enformação são dependentes do custo do equipamento usado na enformação (aquisição/aluguer, prestações, *leasing*, desvalorização, manutenção, etc.), do custo de mão-de-obra com operadores e dos custos energéticos.

No caso de operações com recurso a uma calandra temos:

$$C_{CAL} = \underbrace{n_{oe} \times S_{oe} \times h_e}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_e \times P_e \times h_e}_{\text{Energia}} + \underbrace{C_d \times h_e}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (12)$$

Sendo que:

n_{oe} – Número de operários de enformação [H]

S_{oe} – Salário do operário de enformação [€/h]

h_e – Tempo de enformação [h]

Nas operações de enformação por meio de calores e recorrendo a maçaricos de multi-chamas são retirados os custos eléctricos e acrescentados os custos com gases:

$$C_{MAÇ} = \underbrace{n_{oe} \times S_{oe} \times h_e}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_O \times P_O \times h_e}_{\text{Oxigénio}} + \underbrace{K_A \times P_A \times h_e}_{\text{Acetileno}} + \underbrace{C_d \times h_e}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (13)$$

Temos finalmente os custos relativos à prensa mecânica para enformação de chapas:

$$C_{PNA} = \underbrace{n_{oe} \times S_{oe} \times h_e}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_e \times P_e \times h_e}_{\text{Energia}} + \underbrace{C_d \times h_e}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (14)$$

A equação de custos da prensa de enformação de perfis será idêntica à eq. (14).

Estes custos irão ser estimados, relativamente à variável peso de aço a ser produzido, pela seguinte equação simplificada:

$$C_\varepsilon = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_\varepsilon \cdot MDO_\varepsilon + CC_\varepsilon + CEQ_\varepsilon \quad \text{€} \quad (15)$$

Sendo que:

CER_ε – Produtividade de enformação [Hh/t]

MDO_ε – Custo de mão-de-obra de enformação [€/Hh]

CC_ε – Custo com consumíveis de enformação [€/t]

CEQ_ε – Custo com equipamento de enformação [€/t]

2.5 Custos de Montagem

Os custos de montagem são dependentes do número de montadores (custos de operação), custo de equipamentos de montagem, custos de consumíveis e custos energéticos.

$$C_{MON} = \underbrace{n_m \times S_m \times h_m}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_\varepsilon \times P_\varepsilon \times h_s}_{\text{Energia}} + \underbrace{K_{ele} \times d_{sol} \times P_{ele}}_{\text{Eléctrodos Revestidos}} + \underbrace{C_d \times h_s}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (16)$$

Sendo que:

n_m – Número de montadores [H]

S_m – Salário do montador [€/h]

h_m – Tempo de montagem [h]

h_s – Tempo de soldadura [h]

K_{ele} – Consumo de eléctrodo revestido [kg/m]

d_{sol} – Comprimento de soldadura [m]

P_{ele} – Preço do eléctrodo revestido [€/kg]

Estes custos irão ser estimados, relativamente à variável peso de aço a ser produzido, pela seguinte equação simplificada:

$$C_m = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_m \cdot MDO_m + CC_s + CEQ_m \quad \text{€} \quad (17)$$

Sendo que:

CER_m – Produtividade de montagem [Hh/t]

MDO_m – Custo de mão-de-obra de montagem [€/Hh]

CC_s – Custo com consumíveis de soldadura [€/t]

CEQ_m – Custo com equipamento de montagem [€/t]

2.6 Custos de Soldadura

Os custos de soldadura são dependentes do custo das máquinas de soldadura (aquisição/aluguer, prestações, *leasing*, desvalorização, manutenção), velocidade de soldadura, número de soldadores (formação e mão de obra), custo de consumíveis e custos energéticos.

Relativamente aos custos da soldadura por arco submerso temos:

$$C_{NAW} = \underbrace{n_s \times S_s \times h_s}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_\varepsilon \times P_\varepsilon \times h_s}_{\text{Energia}} + \underbrace{K_{fid} \times d_{sol} \times P_{fid}}_{\text{Material de Adição}} + \underbrace{K_{flu} \times d_{sol} \times P_{flu}}_{\text{Fluxo Protecção}} + \underbrace{C_d \times h_s}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (18)$$

Sendo que:

n_s – Número de soldadores [H]

S_s – Salário do soldador [€/h]

K_{fio} – Consumo de fios fluxados [kg/m]

K_{flu} – Consumo de fluxo de protecção [kg/m]

P_{fio} – Preço de fios fluxados [€/kg]

P_{flu} – Preço de fluxo de protecção [€/kg]

Deverá ser tido em consideração, relativamente ao consumo de fluxo de protecção, que parte deste pode ser reaproveitado.

Já em relação ao recurso de soldadura por fios fluxados com protecção gasosa temos os seguintes custos:

$$C_{FCAW} = \underbrace{n_s \times S_s \times h_s}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_e \times P_e \times h_s}_{\text{Energia}} + \underbrace{K_{fio} \times d_{soi} \times P_{fio}}_{\text{Material de Adição}} + \underbrace{K_{pro} \times d_{soi} \times P_{pro}}_{\text{Gás Protecção}} + \underbrace{C_d \times h_s}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (19)$$

Sendo que:

K_{pro} – Consumo de gás de protecção [kg ou m³/m]

P_{pro} – Preço de gás de protecção [€/kg ou m³]

Finalmente temos a soldadura com recurso a eléctrodos revestidos que é em tudo similar à eq. (16), substituindo unicamente o tempo de mão de obra de montagem por soldadura:

$$C_{ELE} = \underbrace{n_s \times S_s \times h_s}_{\text{Mão de Obra}} + \underbrace{K_e \times P_e \times h_s}_{\text{Energia}} + \underbrace{K_{eie} \times d_{soi} \times P_{eie}}_{\text{Material de Adição}} + \underbrace{C_d \times h_s}_{\text{Depreciação}} \quad \text{€} \quad (20)$$

Estes custos irão ser estimados, relativamente à variável peso de aço a ser produzido, pela seguinte equação simplificada:

$$C_s = P_b \cdot \gamma_b \cdot CER_s \cdot MDO_s + CC_s + CEQ_s \quad \text{€} \quad (21)$$

Sendo que:

CER_s – Produtividade de soldadura [Hh/t]

MDO_s – Custo de mão-de-obra de soldadura [€/Hh]

CEQ_s – Custo com equipamento de soldadura [€/t]

Outros custos a ter em conta, mas que no entanto não irão ser analisados no presente estudo, poderão ser os custos de cariz ambiental, de controlo dimensional/qualidade, de inspecção, relacionados com trabalhos adicionais e penalidades por atraso nos prazos.

Para o cálculo dos custos ambientais totais de uma empresa soma-se o custo dos materiais desperdiçados, despesas de manutenção e depreciação e custos de salvaguarda ambiental.

Os custos de qualidade estão ligados com as despesas relativas ao controlo de qualidade na produção ou logística de um produto ou serviço prestado.

Custos de inspecção estão relacionados directamente com os custos das diversas fases de fiscalização realizados pela sociedade classificadora do casco da embarcação (caso este seja classificado obviamente).

Os custos de trabalhos adicionais referem-se a refazer soldaduras, acabamentos de peças, pintura de protecção, montagem de patolas para transporte, montagem de andaimes para acesso, corte de aberturas, corte de peças novas ou adicionais, trabalhos de graminhagem, entre outros.

Resumindo, o custo total geral e simplificado da construção de um casco de um navio em aço é, portanto, igual ao somatório dos gastos de todos os centros de custos anteriormente discutidos adicionando a parcela referente aos custos que não irão ser analisados neste estudo.

$$C_{TOTAL} = C_p + C_c + C_t + C_e + C_m + C_s + C_{EXTRA} \quad \text{€} \quad (22)$$

As actividades de corte e soldadura são, por norma, as que consomem mais homens-horas e a tecnologia utilizada pode induzir a importantes custos não produtivos [18].

A estrutura de custos da reparação naval é bastante mais complexa que a de construção. Isto porque existem muitos mais factores e detalhes a ter em consideração. A orçamentação de trabalhos de reparação requer uma análise detalhada de cada trabalho a ser realizado a bordo do navio ou fora deste, em oficina [19], [20]. E requer isto num muito curto intervalo de tempo.

3 Processos Produtivos de Fabricação do Casco

Neste capítulo são apresentados de seguida os diversos processos produtivos de fabricação do casco em aço e que foram tidos em conta neste estudo.

3.1 Preparação

Os processos relativos à preparação tidos em consideração neste estudo dizem respeito a trabalhos de engenharia de detalhe, efectuados quer por engenheiros, quer por desenhadores, que consistem na geração de todas as peças em software apropriado, peças essas, baseadas nos planos de construção do navio (planos de secções transversais, de pavimentos, de secções longitudinais, de forro). Cria-se de seguida uma base de dados de peças que irá ser exportada para programas próprios que efectuam a codificação necessária para o entendimento por parte das máquinas de corte automáticas dos diversos aninhamentos de peças (*nesting* em inglês).

Em paralelo serão gerados os modelos 3D que incluem todas as peças nas suas posições finais de montagem, de modo a poder efectuar um controlo dimensional e uma validação do corte, assim como gerar os desenhos auxiliares para a montagem dos diversos painéis, subconjuntos, blocos, corte de perfilaria e enformação.

3.2 Corte

Os processos de corte tidos em conta neste estudo foram os de corte por plasma, o oxicorte e corte mecânico ou fricção.

3.2.1 Oxicorte

O oxicorte é um processo de corte que recorre a uma reacção química de oxirredução do ferro obtida pelo fornecimento de oxigénio combinado com o aquecimento por parte de uma chama criada por combustão [21]. Para ocorrer a referida combustão é necessário um gás de aquecimento e um gás de corte. Como gases de aquecimento é usual recorrer-se ao acetileno ou propano e como gás de corte o oxigénio. Os equipamentos de oxicorte podem ser manuais ou automáticos (Figura 1) e são constituídos em geral por um maçarico de corte com duas canalizações (uma para cada um dos gases) ligado a mangueiras de abastecimento que estão ligadas às garrafas de comburente e combustível de alimentação respectivas (Figura 2).

É um processo usado amplamente na indústria naval para o corte de chapas, reforços ou outros elementos ferrosos com formas simples ou complexas e espessuras a variar entre os 2 mm e os 300 mm. É também usado muitas vezes na preparação de chanfros, em processos de pré-aquecimento e em operações de desempenho.

As principais vantagens do recurso a este processo são: o baixo custo de aquisição, operação e manutenção do equipamento; ser um processo relativamente rápido de corte; a permissão de cortes de grandes séries de elementos com uma grande variedade de espessuras; a possibilidade de automatização do processo aumentando a produtividade e a diminuição do tempo de execução com recurso a diversas tochas em operação simultânea.

Algumas das desvantagens deste processo de corte prendem-se com o facto de não cortar materiais não ferrosos; estar limitado ao corte de aços com baixo teor de carbono; a dificuldade em cortar aços inoxidáveis ou ligas; as deformações e empenos provocados pelo calor envolvido no processo; a má qualidade das superfícies cortadas e o desperdício de material devido a um *kerf* elevado.

Este processo pode também ser usado como técnica auxiliar de soldadura e em processos de chanfragem.



Figura 1. Máquina Automática de Oxicorte:



Figura 2. Maçarico para Oxicorte manual

3.2.2 Corte por Plasma

O corte por plasma é um processo de corte de aço e outros metais que recorre a um fluxo contínuo de plasma emitido pelo bocal da cabeça de corte. Este plasma é suficiente quente para derreter o metal.

O princípio básico do funcionamento é similar ao dos processos de soldadura (de tal forma que surgiu por meio de experiências nos anos 50 com o processo de soldadura TIG), e consiste basicamente num bocal estreito por onde é forçada a passagem de um fluxo de gás inerte. Existe dentro do bocal um eléctrodo com a função de criar um arco eléctrico entre este e a peça a ser cortada. A passagem desta corrente eléctrica provoca um aumento brutal da temperatura e consequente ionização do gás de corte, passando este do estado gasoso para o 4.º estado da matéria, o plasma. Ficamos assim com um poderoso condutor eléctrico de elevada densidade energética a incidir no metal a ser cortado. Este fluxo concentrado de plasma é suficiente quente para derreter o metal e o seu sopro vai empurrando material derretido conforme a cabeça de corte se vai movimentando sobre a peça a ser cortada.

É talvez hoje em dia o método de corte de aço mais utilizado na indústria naval.

As principais vantagens do recurso a este processo são: as velocidades de corte muito elevadas (mais de 5 vezes superiores às do oxicorte); não necessitar de realizar pré aquecimento do material a cortar; as baixas deformações nas peças cortadas devido ao calor; o corte de ligas de aço, aço inoxidável, metais não-ferrosos, alumínio, cobre e outros metais/ligas electricamente condutores; a alta precisão e qualidade do corte, com um acabamento das superfícies cortadas muito bom e o pequeno desperdício de material devido a um baixo *kerf*.

Algumas das desvantagens deste processo de corte são: as limitações relativas à espessura máxima do material a ser cortado, que poderá ir até aos 150 mm, ou no caso do aço estrutural estar limitado ao corte de espessuras até 30 mm; o desgaste constante do eléctrodo provoca paragens de corte sucessivas a fim de se efectuar substituição; o nível de ruído e gases tóxicos gerados e o custo elevado de aquisição de equipamento.

A Figura 3 ilustra precisamente uma máquina de plasma em operação.



Figura 3. Máquina de corte plasma

3.2.3 Serra de Corte

As serras ou serrotes de corte mais usuais são de disco (Figura 4) ou de fita. São em geral usadas para o corte de perfilaria ou pequenas peças, como esquadros de ligação. São de fácil uso e não requerem grandes competências por parte dos operadores. Devem ser refrigeradas com fluido apropriado a fim de evitar o sobreaquecimento e conseqüente empeno ou prisão da lâmina. Como existe a emissão de limalhas o operador deverá proteger adequadamente a sua visão.

As principais vantagens são o corte rápido de perfilaria, a não emissão de fumos tóxicos, baixo custo de aquisição, de operação e manutenção.

As desvantagens são o risco acrescido de acidente de trabalho para os operadores.



Figura 4. Serra de Corte de Disco

3.3 Enformação

A enformação mecânica é o conjunto de operações que permitem transformar uma superfície plana numa superfície curva pretendida, através de deformação plástica [22].

Neste estudo são analisados processos de enformação, tanto de chapa como de perfis, que incluem calandras (Figura 6), maçaricos de calores e prensas mecânicas (Figura 5).



Figura 5. Prensa de Enformação



Figura 6. Calandra

3.4 Montagem

Os processos produtivos analisados no decurso deste estudo relativos à montagem incluem somente a soldadura por eléctrodos revestidos (referida resumidamente no próximo subcapítulo) e indirectamente os meios de transporte necessários para movimentação de conjunto de peças, perfis, painéis ou subconjuntos cujo peso assim o justifique.

3.5 Soldadura

Sendo um processo industrial, os custos envolvidos na soldadura são de importância crucial na tomada de decisões de fabrico. Muitas variáveis afectam o custo total da operação de soldadura, como por exemplo o custo do equipamento, o custo da mão-de-obra, o custo dos materiais e os custos energéticos.

Dependendo do processo de soldadura, o preço do equipamento envolvido pode apresentar valores de aquisição baixos como no caso da soldadura por arco eléctrico com protecção (gás ou fluxo) e a soldadura por Brasagem ou valores extremamente altos para o caso da soldadura por Laser ou Feixe de electrões. Devido aos seus elevados custos de aquisição estes últimos equipamentos só são usados em operações que envolvam elevada produção, assim como também robots e processos automatizados (como por exemplo na indústria automóvel).

Os custos de mão-de-obra dependem da taxa de deposição e respectiva velocidade de soldadura, do salário do operador e do número de horas de operação, que inclui não só os tempos de soldadura como também os tempos de preparação e reposicionamento de equipamentos.

Os custos dos materiais incluem o preço de aquisição do material base e do material de adição, assim como a compra dos gases de protecção de soldadura.

Os custos relativos aos materiais de adição tendem a aumentar quando são requeridos materiais com propriedades especiais ou quando existe uma taxa muito elevada de desperdício (o mesmo se aplica aos materiais base).

Finalmente aparecem os custos energéticos que dependem do tipo de equipamento, do tempo de utilização e da energia requerida para a operação.

Os custos relativos à electricidade são usualmente pequenos e representam uma pequena percentagem do custo total da soldadura. Uma percentagem que rondará cerca de 2% do total do custo da soldadura.

Nos métodos de soldadura manuais a maior parte dos custos estão associados à mão de obra. A fim de minimizar estes custos são implementadas medidas que aumentem a produtividade do processo e que portanto reduzem o tempo de operação da soldadura. Uma destas medidas pode ser a escolha de taxas de deposição mais elevadas e a afinação dos parâmetros de soldadura para uma maior velocidade de soldadura. Outra solução para a minimização dos custos associados à mão de obra passa pela mecanização e automatização dos processos de soldadura. No entanto, tal é efectuado à custa de um novo custo de aquisição de equipamento e do aumento de tempo de preparação do procedimento.

Os processos de soldadura tidos em consideração nesta dissertação foram a soldadura por arco eléctrico submerso (SAW), a soldadura por arco eléctrico com eléctrodos revestidos (SMAW) e a soldadura por arco eléctrico de fios fluxados com protecção gasosa (FCAW numa variante MIG) [21].

3.5.1 Soldadura por Arco Submerso

A Soldadura por Arco Submerso (SAS) ou em Inglês *Submerged Arc Welding* (SAW) é um processo de soldadura por fusão utilizado amplamente na indústria naval. O material de adição neste tipo de soldadura é obtido por meio da fusão de um consumível do tipo fio sólido contínuo ou fluxado que é atravessado por um arco eléctrico. Para a protecção do banho de fusão e gotas de material de adição gerado recorre-se a um fluxo sólido granulado que cobre por inteiro o arco eléctrico protegendo-o da atmosfera envolvente. Alguns constituintes deste fluxo permitem a criação de um arco de plasma, a geração de uma escória que recobrem o cordão de soldadura durante o arrefecimento e a melhoria da composição química do metal depositado.

Este processo tem como principais vantagens: o recurso tanto a corrente contínua como alternada, a grande automatização do processo; a grande capacidade de penetração (permitindo a soldadura de chapas de grande espessura); uma grande tolerância à contaminação; as grandes taxas de deposição de material de adição, combinadas com grandes velocidades de soldadura; a mínima emissão de fumos de soldadura; a omissão da luz proveniente do arco eléctrico; a possibilidade de utilização tanto em locais interiores como exteriores e a total protecção do cordão aos gases atmosféricos (devido ao fluxo).

As desvantagens deste processo de soldadura prendem-se com a fraca mobilidade e acessibilidade do equipamento, a limitação das posições de soldadura (só pode ser feita em soldaduras horizontais ao baixo), a complexidade do equipamento, a formação de escórias com risco de inclusões, o arco eléctrico não ser visível, a necessidade da limpeza da escória pós soldadura e a limitação dos materiais ferrosos a ser soldados (limitado a aços normais e inoxidáveis e a algumas ligas de níquel).

Existe diversas variantes do equipamento de soldadura por arco submerso. A Figura 7 representa um carrinho de soldadura e respectiva máquina, sendo que este pode ter mais do que uma tocha e eléctrodos, dispostos em paralelo (lado a lado) ou em *tandem* (um imediatamente atrás do outro) com o propósito de aumentar a rentabilidade do processo, isto é, maior deposição de material, logo menor número de passes.



Figura 7. Máquina de Soldadura por Arco Submerso portátil

3.5.2 Soldadura por Fios Fluxados

A Soldadura por Fios Fluxados, que em inglês se traduz por *Fluxed Core Arc Welding* (FCAW), é um processo de soldadura por fusão do material base e de material de adição obtida através do calor desenvolvido por um arco eléctrico. O material de adição é um consumível do tipo fio fluxado contínuo, que na prática representa um fio tubular composto pelo metal de adição contendo no seu núcleo um fluxo sólido, ou vice-versa. Este fluxo, após a fusão, vaporiza determinados ingredientes constituintes que funcionam como protecção do material de adição derretido relativamente ao meio atmosférico envolvente. Durante o processo de arrefecimento o cordão de soldadura é protegido pela escória solidificada à superfície deste, proveniente da decomposição do fluxo. Esta protecção pode ser acompanhada, ou substituída, por protecção gasosa activa ou inerte.

De acordo com a protecção envolvida no processo pode-se dividir a soldadura FCAW em dois tipos: soldadura por fios fluxados auto-protegidos e soldadura por fios fluxados com protecção gasosa. O primeiro tipo é mais indicado para soldaduras no exterior de um estaleiro ao “ar livre”, soldaduras de aços não ligados e soldaduras de estruturas, tubos e painéis. O segundo tipo é usado com mais incidência em soldaduras em oficina e soldaduras de todos os tipos de aço, incluindo aços Inox.

O material de adição é adquirido no formato de bobinas de fios que são depois colocadas num alimentador de fio que irá encaminhar o fio para a tocha de soldadura. A protecção gasosa é efectuada com recurso a botijas de CO₂, Árgon e Oxigénio em função do fio e da sua aplicação.

As grandes vantagens deste processo são a sua elevada velocidade de soldadura, a boa penetração no metal base, a portabilidade do equipamento, a possibilidade de soldadura em todas as posições e ao ar livre, a elevada taxa de deposição e a sua relativa automatização.

Como desvantagens pode-se referir a formação de escórias, o risco de inclusões no cordão de soldadura, o custo dos consumíveis, a emissão de fumos extremamente tóxicos e a necessidade de soldadores com boas competências.

No caso de estudo em concreto a formação de escórias e emissão de fumos perigosos dá-se em proporções muito pequenas pelo facto de o material de adição possuir uma percentagem muito pequena de fluxo, aproximando assim esta soldadura a níveis de produtividade maiores e muito semelhantes a valores associados à soldadura GMAW (MIG) de fio sólido, obviamente com a agravante da necessidade da protecção ser reforçada por meio gasoso e limitando portanto a soldadura. A Figura 8 ilustra um conjunto de várias máquinas de soldadura por fios fluxados.



Figura 8. Máquinas de Soldadura por Fios Fluxados



Figura 9. Soldadura por Electrodo Revestidos

3.5.3 Soldadura por Eléctrodos Revestidos

A Soldadura em inglês SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) o arco eléctrico é escovado por meio de um curto-circuito entre a superfície da peça a ser soldada e a ponta do eléctrodo de soldadura (Figura 9).

O eléctrodo revestido é composto no seu interior por uma vareta metálica (alma) e no seu exterior por um revestimento que após a sua queima produz gases que irão efectuar a protecção do banho de material fundido e potencializam uma maior penetração deste. Este mesmo revestimento após solidificação forma uma escória que cobre todo o cordão de soldadura protegendo-o assim do meio atmosférico envolvente e ao mesmo tempo impedindo o aparecimento de bordos queimados. O revestimento funde a uma velocidade inferior ao da vareta metálica, criando assim um cone que guia o jacto de plasma, protegendo o arco eléctrico e direccionando as gotas de material de adição fundido.

As principais vantagens deste tipo de processo de soldadura são a simplicidade e baixo custo do equipamento envolvido, a possibilidade de recorrer tanto a corrente alternada como contínua, as vantagens inerentes à sua acessibilidade e mobilidade na zona de trabalho e a possibilidade de efectuar soldadura em todas as posições.

Como principais desvantagens deste processo temos os comprimentos fixos dos eléctrodos (de 230 a 460 mm), limitações relativas às correntes máximas permitidas, o baixo rendimento de deposição, não ser automatizável e a formação de escórias.

4 Casos de Estudo

4.1 1.º Caso de Estudo

Este capítulo aborda o caso de estudo relativo à construção das barcas de abertura central efectuado pela MPG Shipyards em associação com a One Ocean (OCE).

4.1.1 Apresentação da Empresa

A MPG Shipyards é uma empresa sediada em Setúbal com oficinas e docas localizadas na península da Mitrena, mais concretamente no complexo da Lisnave. Todo o espaço e parte do equipamento usado pela MPG são directamente alugados à própria Lisnave.

É uma companhia tanto especializada na construção de navios em aço de média/grande dimensão como também nas mais diversas estruturas metálicas civis. Os espaço e infraestruturas alugado pela Lisnave e toda a maquinaria disponibilizada por esta, permitem à MPG Shipyards efectuar grandes trabalhos de metalomecânica, como seja o corte, enformação, transporte e montagem de grandes blocos de navios em aço.

A OCE é o gabinete que fornece o serviço de preparação de corte, uma parte de desenhos de produção/construção e providencia todo o apoio de consultadoria ao estaleiro.

4.1.2 Descrição de Recursos Humanos

O horário de funcionamento diário do gabinete de projecto é constituído, salvo raras excepções, por dois períodos de laboração de 4 horas cada, separados por 1 hora de almoço, existindo, no entanto, alguma flexibilidade relativa à sua distribuição ao longo do dia. O trabalho de preparação pode ser efectuado tanto por um desenhador como por alguém mais qualificado como seja um engenheiro. A diferença prende-se, antes demais, com diferenças salariais, que tornam o recurso ao desenhador mais atractivo, libertando assim os engenheiros para áreas mais técnicas do projecto naval. Há que ressaltar que convém que o desenhador já possua bastante experiência na área naval e esteja dentro de toda a nomenclatura e metodologias de construção para ser minimamente produtivo.

As horas extras não tem aplicabilidade na preparação, pois muito raramente este processo é um estrangulamento ou constrangimento na construção naval, visto que na maior parte dos casos quando é iniciado ainda o estaleiro se encontra em fase de encomenda de aço.

Os **preparadores** têm como tarefa analisar o projecto naval básico de uma embarcação e adaptá-lo o melhor possível à sua construção, recorrendo para tal a um conjunto de desenhos técnicos que englobam o plano geométrico, secção mestra, secções transversais, secções longitudinais, plano de pavimentos, divisão de blocos, plano de expansão do costado, entre outros, e auxiliados por programas informáticos apropriados, que permitem efectuar a geração e catalogação de todas as peças do navio e integrá-las com o processo de corte.

O turno normal de trabalho na MPG é de 8 horas. Existem também turnos nocturnos que poderão decorrer pela noite em caso de necessidade especial a fim de compensar atrasos no material necessário em obra. O custo da hora extra por homem é em geral 1 euro por hora mais elevado que o custo normal.

O **operador de corte** é o funcionário responsável pela operação e manutenção da máquina de corte. Deverá ser um operário tecnicamente competente que sabe interagir com o *software* de corte da máquina, inserindo ficheiros de corte, analisando a sua viabilidade e introduzindo os parâmetros adequados a cada trabalho corte. O operador (Figura 10) mantém ainda uma constante vigilância aquando do corte propriamente dito, de modo a poder resolver problemas que possam surgir (como seja a falha do eléctrodo que requer manutenção imediata) e permitindo acelerar o processo, alterando momentaneamente velocidades de corte em peças que tenham extensos perímetros em linha recta.



Figura 10. Operador de corte alinha cabeça de corte com chapa



Figura 11. Caldeireiros a operar prensa

O **gruista** é basicamente um operador de uma grua, de um pórtilo ou de uma ponte rolante. Este funcionário opera normalmente a partir de um ponto elevado do próprio meio elevatório, em geral numa cabine de comando, com uma ampla visão do espaço imediatamente abaixo de modo a poder, de modo seguro, e com o auxílio de instruções do solo movimentar chapas, peças, perfis, painéis, conjuntos e blocos (dependendo da capacidade do meio elevatório) para as suas respectivas posições.

Os **caldeireiros** são operários com funções diversas dentro da área do fabrico do casco do navio. Neste caso em concreto os caldeireiros são funcionários responsáveis pela enformação de chapas e perfis de reforço de aço. Recorrendo para tal a meios mecânicos como sendo calandras, prensas ou à aplicação de calores por meio de maçaricos. Na Figura 11 é possível observar dois operários a recorrer a uma prensa mecânica.

4.1.3 Descrição de Equipamentos

De entre todo o equipamento usado pela MPG fará sentido fazer referência aos seguintes elementos ligados directamente com o processo produtivo, como sejam: o corte de chapas, transporte, limagem de peças e a enformação de chapas e perfis.

4.1.3.1 Equipamento de corte

A MPG possui uma máquina de corte automático OXYTOME 30 HPC da SAF-FRO (Figura 12) com um preço de aquisição a rondar os €180.000. A máquina está equipada com 3 montagens, uma com cabeça de corte de plasma e outras duas com bicos de oxicorte. As duas montagens com cabeças de oxicorte permitem efectuar cortes até 300 mm de espessura de chapa enquanto a única montagem de cabeça de plasma está limitada ao corte de chapas até 20 mm de espessura. As montagens de cabeças de corte encontram-se colocadas numa ponte que se desloca livremente ao longo de carris sob a mesa de corte. A mesa de corte permite o corte de chapas com um comprimento máximo de 13,5 metros por uma largura máxima de 3 metros.



Figura 12. Máquina de corte Oxytome 30 HPC

4.1.3.2 Equipamento de movimentação e transporte

A MPG usufrui de uma ponte magnética com uma capacidade elevatória de 25 toneladas (Figura 13). Esta é constituída por uma plataforma com 36 magnetos, cada um suportando uma força equivalente de 750 kg (painel afixado na ponte visível na Figura 14).



Figura 13. Ponte Magnética



Figura 14. Limite máximo de cada Íman

A principal função atribuída a esta ponte é a de transporte de chapas desde o parque até à mesa de corte e, posteriormente, o transporte da chapa com peças cortadas até à zona onde serão cortadas as pontes das peças, isto é, as ligações de cada peça à chapa mãe ou entre estas.

4.1.3.3 Equipamento de enformação

O estaleiro dispõe de uma calandra *Hugh Smith* com a capacidade de 2000 toneladas de força (Figura 15) ideal para “quebrar” chapas que ainda não receberam qualquer tipo de enformação. A calandra permite dar uma primeira forma à chapa antes desta sofrer posteriores deformações plásticas provocadas por acção da prensa ou de maçaricos de calor no caso desta ser de dupla curvatura. No entanto se a curvatura da chapa em questão for simples é possível enformá-la somente com recurso à calandra, como por exemplo uma chapa cilíndrica correspondente ao encolamento da região de meio navio.



Figura 15. Calandra de enformação



Figura 16. Prensa de enformação

Ainda dentro da enformação de chapas, a oficina dispõe também de uma prensa mecânica da marca *Hugh Smith* (Figura 16), que permite fazer pequenos ajustes na enformação de uma chapa que já tenha passado pelos processos de enformação térmica e mecânica.

Por fim existe uma máquina de enformação de perfis ilustrada na Figura 17.



Figura 17. Prensa de enformação de perfis

4.1.4 Análise da preparação, corte e enformação de chapas e perfis

Neste estudo analisa-se o corte de chapas e os processos de enformação de chapas e perfis de reforço que irão ser empregues na construção de 3 barçaças. De notar que as peças a ser cortadas tem espessuras que variam entre os 8 e 30 milímetros.



Figura 18. Arranjo Geral da Barçaça

As barçaças em questão (Figura 18) têm como armador o Porto de Antuérpia e foram construídas por subcontratação no estaleiro naval da MPG. São barçaças com 85 metros de fora a fora e uma boca de 15 metros, com cerca de 5500 toneladas (deslocamento máximo carregado), com a característica singular de possuírem um mecanismo hidráulico que permite a abertura ao meio da embarcação de modo a libertar o conteúdo do seu porão de uma só vez.

A Figura 19 (apresentada ampliada no anexo 9.1.1) ilustra os blocos a serem construídos pela empresa em questão e a sua posição relativa ao longo do navio. Os blocos analisados estão referenciados com uma pinta vermelha e incluem blocos com muita e pouca enformação para permitir extrair conclusões sobre os custos de enformação.

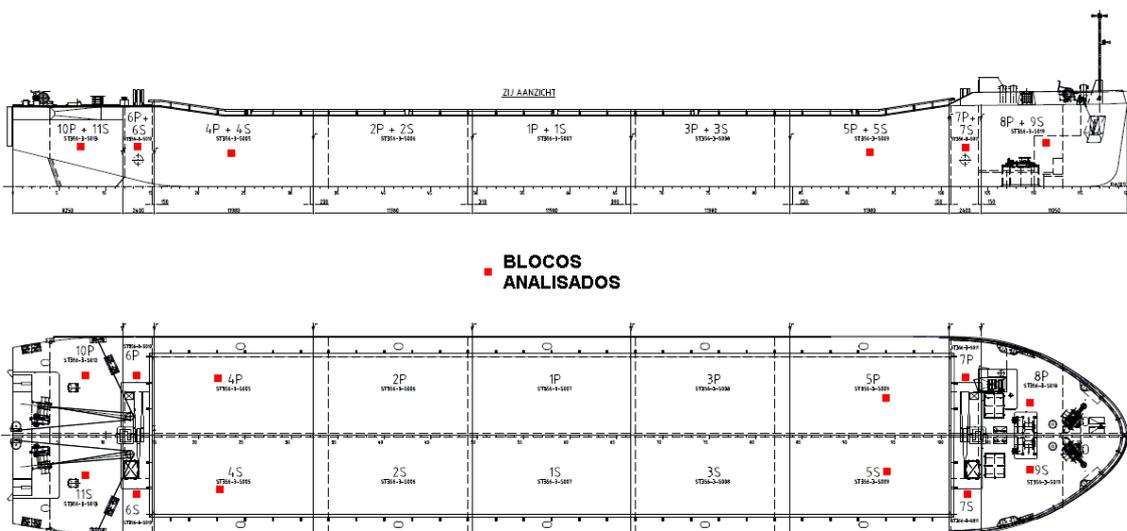


Figura 19. Divisão de Blocos da Barçaça

4.1.4.1 Preparação

A preparação para o corte esteve a cargo do gabinete de projecto naval OCE. O procedimento usual para iniciar a preparação do corte passa por uma análise atenta aos planos enviados pelo estaleiro: Plano de Arranjo Geral, Plano Geométrico, Plano de Secção Mestra, Plano de Secções Transversais, Plano de Secções Longitudinais, Plano de Planificação de Costado, Plano de Pavimentos, Plano de Estrutura de Proa, Plano de Estrutura de Popa.

De seguida é necessário passar toda essa informação 2D para um modelo 3D de controlo a fim de validar o trabalho efectuado pelo projectista (neste caso Holandês *Neptune Marine*) antes de ser aprovado o início do corte no estaleiro construtor.

O processo passa por modelar em ferramentas CAD, tais como o AutoCAD e o DEFCAR. Sendo que o último é o mais importante para as definições de corte e detalhes específicos. É a partir do DEFCAR que se definem costuras e bainhas do forro, onde começam e terminam reforços, se efectuam as marcações de reforços nos painéis, são desenhadas e identificadas todas as peças (que constituirão depois a base de dados de corte). O AutoCAD é usado após o uso do DEFCAR pois fornece uma melhor visualização gráfica do modelo 3D criado, permitindo uma melhor validação do corte das peças e verificação de existência de possíveis interferências e não conformidades. Além de facilitar todo o processo de emissão de desenhos de montagem, corte/enformação de perfis e novos Planos “As built” do navio.

A Tabela 2 permite ter uma noção do tempo despendido para a execução da preparação do corte de 360 t de aço, compreendendo 2033 peças e 669 perfis de reforço.

Tabela 2. Tempo dispendido por tarefa de preparação de corte

TAREFA	TEMPO [h]	[%]
Modelação de peças em Defcar	483	28
Modelação 3D em Autocad	660	39
Execução de ficheiros de corte em Lantek	318	19
Desenhos de produção, montagem e enformação	245	14
TOTAL	1706	100

Pode-se então estimar um custo de preparação na ordem das 5 horas para cada tonelada de aço processada.

Como exemplo prático iremos atribuir um valor hora de custo de trabalho de gabinete de preparação estimado de 30 €/h, obtendo-se um custo total de €51.180 para as 1706 horas de trabalho. Este custo de preparação é aplicado aos custos do corte uma única vez, isto porque para as restantes barcaças (navios gémeos) o processo é o mesmo.

É interessante verificar que, em geral, os custos de preparação são apenas referentes à primeira embarcação construída, sendo que se forem efectuadas mais embarcações irmãs isto não aumentará esta parcela de custos relativos à construção. No entanto, existem por vezes custos extras relativos à preparação e projecto, que se prendem com *royalties* (direitos de replicação de trabalho) a

serem pagas por incremento nas unidades a ser construídas. Por exemplo, suponhamos que se pretendem construir 4 embarcações gémeas, temos que a primeira unidade tem um custo de preparação de 100.000 euros, poderão ser de seguidas aplicadas taxas de *royalties* recorrendo à equação (23), para chegarmos a um valor final proposto para o trabalho de €208.333.

$$\text{Valor Final} = C \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \quad (23)$$

Em que C corresponde ao custo e n está associado ao número de unidades construídas.

No que diz respeito a outros custos do gabinete de arquitectura naval pode-se ter em conta que usualmente o custo de um projecto de uma nova construção oscila em valores de 3 a 10% do valor total desta e o projecto de detalhe pode envolver 5 a 15% de todas as horas de trabalho directo da construção [23].

Da Figura 20 à Figura 23 estão representados os modelos efectuados pelo gabinete de preparação de corte. De notar que não estão apresentadas as chapas correspondentes ao forro. Chapas essas que serão mais à frente representadas na parte da enformação de chapas.

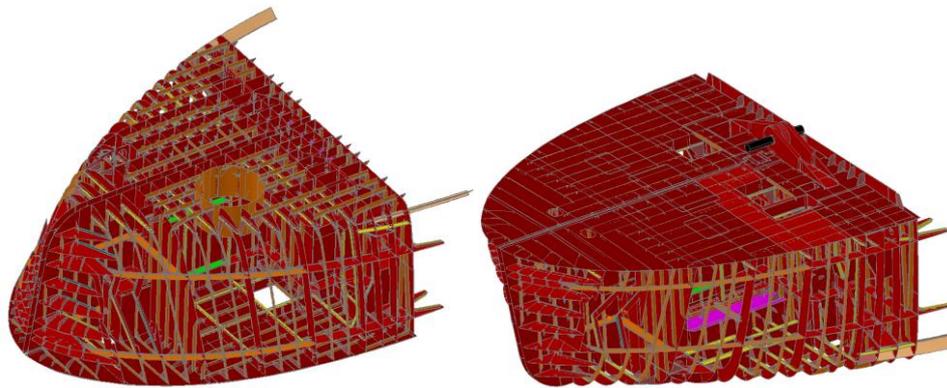


Figura 20. Estrutura 3D completa da Proa (Blocos 8P-9S-7P-7S)

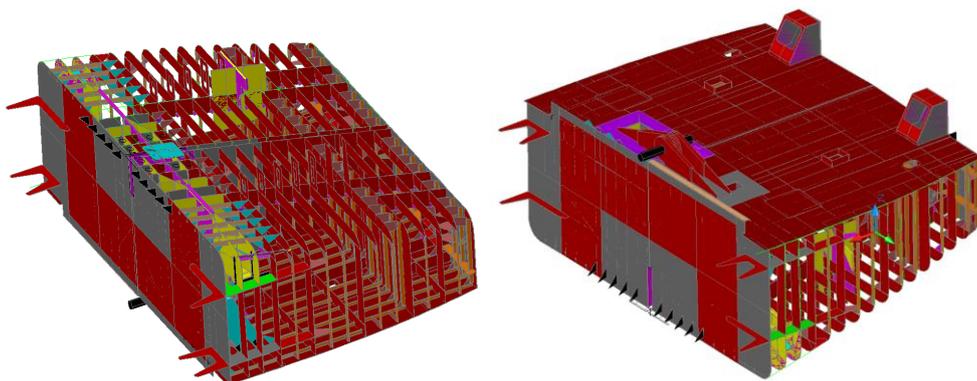


Figura 21. Estrutura 3D completa da Popa (10P-11S-6P-6S)

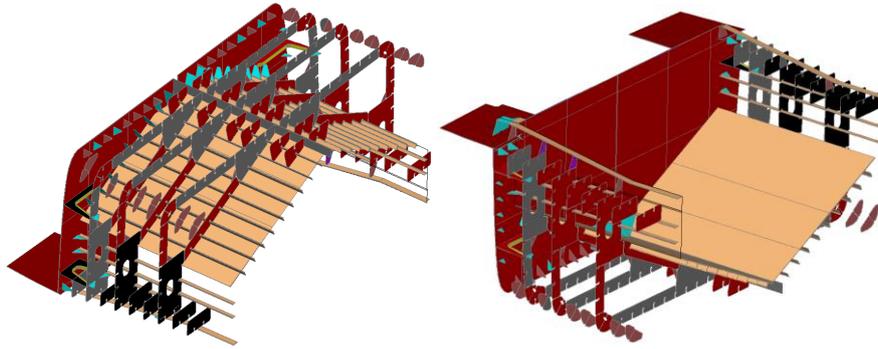


Figura 22. Estrutura 3D completa da ligação Proa-Corpo Central (5P-5S)

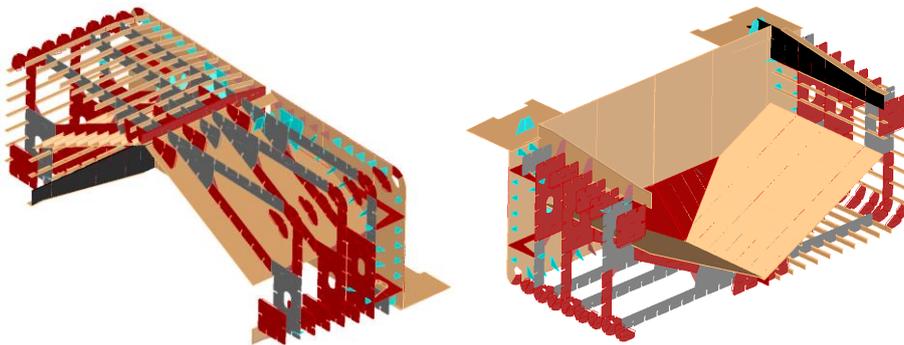


Figura 23. Estrutura 3D completa da ligação Popa-Corpo Central (4P-4S)

Nos anexos de 9.1.2 a 9.1.4 são apresentados os modelos 3D por bloco. Em baixo é observável o bloco 8P em fase final de construção (Figura 24 e Figura 25)

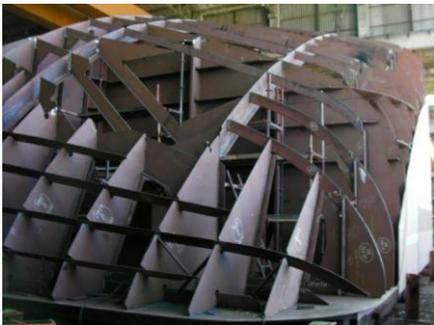


Figura 24. Bloco 8P já com a estrutura erigida à espera do forro



Figura 25. Bloco 8P em fase de colocação de forro

Competia à OCE a geração de todas as peças necessárias à construção do navio. Este processo é facilitado graças à existência de inúmeros programas de assistência CAD integrados com potentes bases de dados e da posterior interacção destes com *software* próprio para efectuar aninhamentos de peças e criar ficheiros de corte de chapas com gestão de retalhos.

Os aninhamentos – em inglês designados por *nestings* – não são mais do que o arranjo das peças a ser cortadas numa chapa com uma dada espessura. Quanto melhor for esse arranjo das peças melhor serão aproveitadas as chapas. Do estudo efectuado (136 chapas com aninhamentos, com listagem completa disponível nos anexos 9.1.2, 9.1.3, 9.1.4) podemos verificar que é possível

obter uma taxa de aproveitamento médio a rondar os 75% da chapa. Sendo assim os restantes 25% de chapa poderão ser considerados desperdícios e portanto deverão ser tidos em conta como um custo adicional ao custo total de construção, se bem que parte deste aço desperdiçado poderá ser vendido como sucata, revertendo o seu valor residual numa diminuição de custos. Para todos os efeitos fica aqui também referenciado que os valores de venda de sucata rondarão os €0,08 a €0,10 por quilograma (depende fortemente do preço do aço que está intimamente ligado com factores económicos à escala mundial, como seja o aumento do preço do petróleo ou a procura crescente asiática). Algumas fontes colocam o preço nos 120\$ / t [24].

Na Figura 26 é visível a elevada quantidade de material desperdiçado no corte. Daí que seja importante efectuar um bom *nesting*. Neste caso existia a possibilidade de colocar esquadros para corte nas aberturas de passagens de homem.



Figura 26. Corte do nesting de uma chapa de aço

No anexo 9.1.5 é apresentado um aninhamento exemplificativo concebido de forma automática pela ferramenta informática Lantek. São os ficheiros CNC destes aninhamentos que são enviados para a MPG onde serão depois tratados de acordo com as prioridades de corte do estaleiro e introduzidos na máquina de corte de plasma iniciando de seguida o corte à escala real das peças na chapa.

4.1.4.2 Corte

O estudo do corte envolveu medições de tempos e gastos de consumíveis no próprio local de corte assim como estimativas com o auxílio dos modelos 3D efectuados para cada um dos blocos.

A estimativa inicial prevista pelo estaleiro MPG coloca 3 toneladas de aço a demorar aproximadamente 1 hora a serem processadas nas qual se inclui o corte, marcação, transporte das peças, ou seja 0,33 horas/ton. Sendo que a estimativa de 0,5 horas/ton é mais indicada se também forem incluídos os processos de limagem e acabamento dos bordos das peças cortadas.

Em termos de custos associados ao corte para o estaleiro, e tendo em conta que a venda de corte para entidades externas se situa nos 0,20 a 0,30 €/kg de Aço cortado, dependendo como é óbvio da disponibilidade da máquina de corte e das quantidades encomendadas, podemos assumir que para valores abaixo de 0,15 €/kg o estaleiro deixa de ter lucros significativos. Sendo assim iremos considerar o custo de €150 por tonelada de aço cortada.

Todos os blocos analisados neste estudo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Peso total de aço dos blocos da barçaça analisados

Localização	Blocos	Peso [t]
Proa	7P+7S+8P+9S	127
Popa	6P+6S+10+11S	125
Meio/Ligação	5P+5S+4P+4S	108
	TOTAL	360

$$HT = CER_{proc} \times \sum_{i=0}^n Pb_i \quad (24)$$

HT = Número de horas de trabalho requeridas para o processamento de aço

CER_{proc} = Relação de estimativa de tempo por peso do aço processado

Pb = Peso de um bloco

Tendo em conta a estimativa do estaleiro para a execução dos 12 blocos analisados e recorrendo à equação (24) seriam necessárias cerca de 180 horas de trabalho ou 4 semanas de trabalho (CER_{proc} de 0,5 Hh/t).

Relativamente ao custo para este corte considerando o CER de 150 €/t teríamos, recorrendo à eq. (25), um valor final de trabalho na ordem dos 54.000 €

$$C_{corte} = CER_{corte} \times \sum_{i=0}^n Pb_i \quad (25)$$

CER_{corte} = Relação de estimativa do custo por peso do aço processado

Os processos analisados neste estudo envolvem todos os meios requeridos para o corte e não só propriamente a parte de corte em si, efectuado pela máquina. Sendo assim, em termos de pessoal requerido para as operações de corte temos o seguinte: 1 operador de máquina de corte, 1 operador de ponte de elevação e 1 auxiliar que ajuda nas operações de transporte de chapas e efectua posteriormente a separação das peças da chapa.

Em geral, verificou-se para o corte por plasma, a seguinte relação Espessura de chapa Vs. Velocidade de corte recomendada ilustrada na Tabela 4.

Tabela 4. Velocidade de corte relativo à espessura da chapa

Espessura de chapa	Velocidade de corte
6 a 7 mm	340 cm/min
8 a 9 mm	300 cm/min
10 a 11 mm	240 cm/min
12 a 13 mm	200 cm/min
14 a 16 mm	140 cm/min
17 a 20 mm	90 cm/min

Para espessuras superiores a 20 mm, como já foi referido anteriormente, o corte é efectuado com recurso a oxicorte. Obtém-se velocidades de 40 cm/min para espessuras de 20 mm e velocidades de 17 cm/min para chapas com 300 mm de espessura. Para os valores intermédios de espessura é razoável efectuar uma aproximação a valores de velocidades inversamente proporcionais.

Estas velocidades por vezes são aumentadas ou diminuídas pelo operador de corte consoante o tipo de peças a ser cortadas. Para tal a máquina deverá ser operada por pessoal com experiência de modo a otimizar determinadas situações e a prevenir possíveis falhas de corte.

A própria máquina possui velocidades de corte pré definidas, seleccionáveis consoante o pretendido pelo operador. Velocidades maiores para o caso do modo produtividade e velocidades menores para o modo qualidade de acabamento.

Outras velocidades observadas desta máquina foram: a velocidade de deslocamento da cabeça de corte (sem efectuar corte) e a velocidade marcação da chapa. No primeiro caso temos velocidades de deslocamento de 1500 cm/min, e no segundo de 1000 cm/min.

Relativamente ao valor da mão de obra podemos ter como referência valores a oscilar entre os 6 a 7 euros por hora normal e € 7-8 por hora extra.

Pessoal encarregado ganhará sensivelmente 12 euros/hora.

O procedimento habitual de corte na MPG é o seguinte:

1.º São recebidas as instruções referentes à identificação das chapas a ser cortadas e os respectivos trabalhos de corte (aninhamentos) em formato digital (CNC).

2.º É efectuada a localização das chapas requeridas no parque;

3.º É dada a ordem ao operador de ponte para que transporte a chapa referida para a mesa de corte (Figura 27);

4.º O operador introduz no computador da máquina de corte (Figura 28) os dados do aninhamento para a chapa em questão (o processador efectua uma simulação de corte rápida para verificar a validade do *nesting*);



Figura 27. Ponte Magnética a transportar chapa de aço



Figura 28. Painel de Controlo da Máquina de Corte

5.º O operador coloca ou troca a cabeça de corte (Figura 30) de acordo com o corte pretendido e define no computador os parâmetros do trabalho de corte;



Figura 29. Colocação da chapa de aço na mesa de corte



Figura 30. Cabeça de corte (Oxicorte)

6.º A chapa chega à mesa de corte onde é depois descida da ponte magnética (Figura 29), guiada por instruções do operador de corte para o gruiста localizado no posto de controlo do topo da ponte;

7.º Estando já a chapa sobre a mesa o operador de corte efectua o processo de alinhamento da máquina à chapa visível na Figura 31 (isto porque a chapa tem sempre ligeiros desalinhamentos quando é assente na mesa);



Figura 31. Processo de alinhamento da cabeça de corte

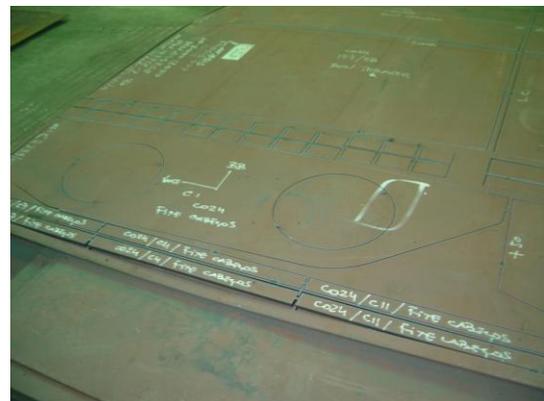


Figura 32. Chapa com as marcações em cada peça

8.º O operador dá a ordem à máquina para o início de corte, sendo que o primeiro processo é o de marcações de chapa, seguindo-se o processo de corte de “redondos” (corte de aberturas nas chapas e passagens de homem) e por fim o corte limítrofe de cada peça, incluindo castelos, boeiras, ranhuras, etc.

9.º O operador com o auxílio de uma folha ilustrativa do aninhamento identifica, por meio de bisnaga de tinta, cada peça com o respectivo nome, orientação e outras marcas de montagem necessárias, tal como é observável na Figura 32.

10.º O operador de corte dá ordem ao operador de ponte para retirar a chapa com as peças cortadas da mesa de corte e transferi-la para o parque de separação, dando depois a indicação de qual é a chapa seguinte a ser transportada para a mesa de corte para se efectuar o próximo trabalho de corte;

11.º Colocada a chapa cortada no parque, o auxiliar de corte efectua a separação de peças da chapa com o auxílio de um maçarico de oxicorte e estas são depois transferidas para o parque de peças onde os bordos de corte das peças são limados com recurso a rectificador e enviados para a obra consoante necessidade.

Foi analisado o corte de 5 chapas com diferentes números de peças a ser cortadas, de dimensões variadas e espessuras diferentes (implicando velocidades de corte também distintas) descritas na Tabela 5, existindo inclusivamente um caso de corte por oxicorte, usando uma cabeça própria da máquina de corte de plasma.

Tabela 5. Características dos 5 casos de corte de chapas analisados

Chapa			Máquina de Corte		Aninhamento	
Referência	Tipo	Espessura	Método	Velocidade	N.º de Peças	Perímetro de Corte
648	Aço	8 mm	Plasma	295 cm/min	14	130 m
021	Aço	12 mm	Plasma	200 cm/min	7	70 m
015	Aço	12 mm	Plasma	200 cm/min	31	87 m
004	Aço	8 mm	Plasma	295 cm/min	53	132 m
267	Aço	30 mm	Oxicorte	40 cm/min	2	44 m

As Figura 33 à Figura 37 representam os aninhamentos dos diversos casos analisados do corte.

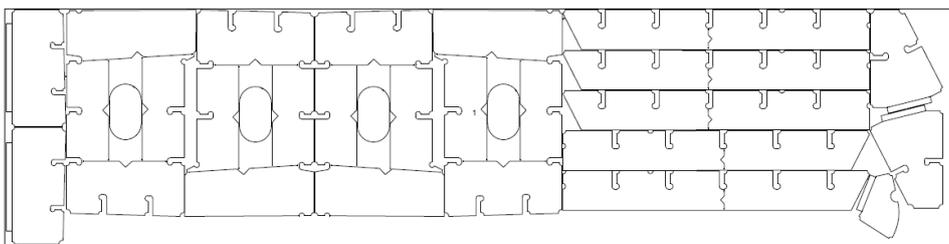


Figura 33. Aninhamento da chapa 648

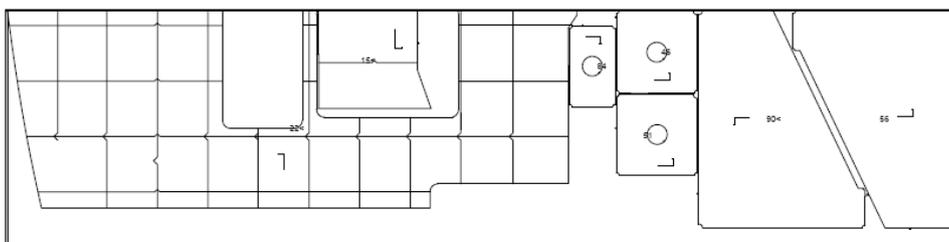


Figura 34. Aninhamento da chapa 021

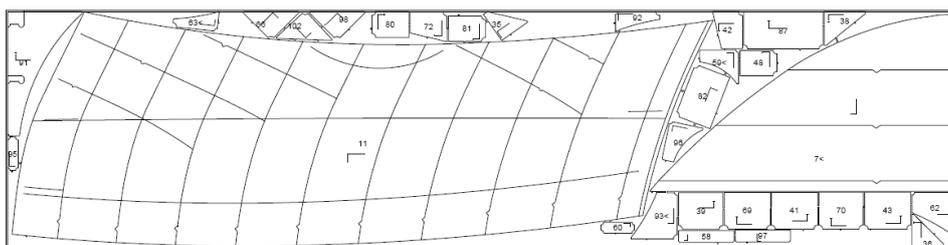


Figura 35. Aninhamento da Chapa 015



Figura 36. Aninhamento da Chapa 004

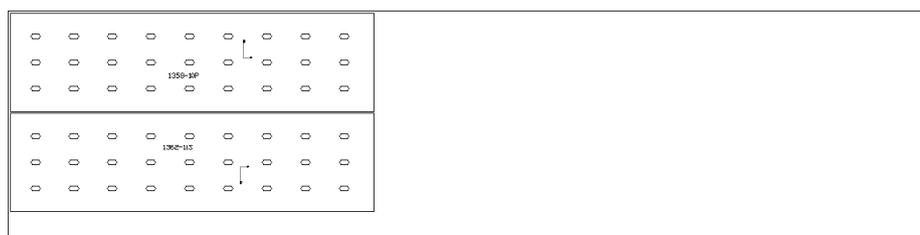


Figura 37. Aninhamento da Chapa 267

A Tabela 6 apresenta os diversos tempos gastos por processo relativo ao corte.

Tabela 6. Tempos de diversas acções relativas ao corte

Acção	Tempo Gasto [minutos]				
	Chapa 648	Chapa 021	Chapa 015	Chapa 004	Chapa 267
Transporte da chapa até à mesa de	6	5	3	4	6
Carregamento e verificação de ficheiros	3	2	2	3	2
Alinhamento da chapa	3	2	2	2	2
Corte (marcações na chapa)	8	11	20	4	0
Corte (aberturas)	4	3	0	3	106
Corte (contornos das peças)	47	31	49	42	65
Marcação das peças com tinta	7	5	7	11	1
Transporte da chapa até ao parque	5	5	3	5	3
TOTAL	83	64	86	74	185

Relativamente ao corte das aberturas, para soldadura de mentirosos, da chapa 267, podemos constatar que cerca de 50% do tempo é gasto no pré-aquecimento da zona antes do início do corte propriamente dito, ou seja dos 106 minutos de corte de aberturas temos sensivelmente 54 minutos relativos ao aquecimento da chapa localmente pré corte. Isto sucede-se precisamente por se tratar de oxicorte.

A Tabela 7 ilustra as diferenças entre os valores estimados utilizando as velocidades conhecidas de corte, marcação e em vazio, para os trabalhos de corte de cada chapa e os valores realmente registados presencialmente.

Tabela 7. Comparação entre tempo de estimado e real

	Tempo de Corte [min.]		
	Estimado	Real	Erro [%]
CH 648	50	59	15
CH 021	43	45	4
CH 015	54	69	22
CH 004	46	49	6
CH 267	120	171	30

Como notas gerais destes trabalhos de corte podemos referir que o corte de 360 toneladas de aço para a construção de diversos blocos irá demorar 7480 minutos, nos quais serão cortadas 2033 peças nas chapas. Com um aproveitamento médio de 75% do material de uma chapa de aço e dos 25% restante de material desperdiçado, parte será reaproveitado para o corte de pequenas peças auxiliares à construção e outra parte será vendida como sucata como se sumariza na Tabela 8.

Tabela 8. Resumo do corte de 360 toneladas de aço

	N.º de peças	Perímetros [m]			Peso [Kg]			Area [m ²]	Tempo [min.]
		Marcação	Corte	Vazio	Chapa	Peças Cortadas	Aproveitamento	Peças Cortadas	Corte Total
PROA	828	1758	3720	1559	174236	126586	72.7	1144	2855
POPA	765	2014	3435	1604	171591	124740	72.7	1109	2705
MEIO	440	2354	2591	1312	138219	107798	87.8	913	1920
TOTAL	2033	6127	9746	4475	484046	359125	74.2	3166	7480

Nos anexos 9.1.2 a 9.1.4 é possível ver melhor os detalhes de cada chapa cortada.

Foram também analisadas as falhas mais comuns durante o processo de corte:

- Falha do eléctrodo da cabeça de corte de plasma que implica a paragem imediata do processo de corte, a substituição do eléctrodo e a limpeza do bico e do *o-ring* – 4 a 5 minutos;
- Falha da cabeça de corte por congestionamento de fluido de arrefecimento que implica a abertura da cabeça de modo a libertar parte do líquido e rodar de novo a cabeça para a colocar na posição de funcionamento – 2 minutos;
- Falha no ficheiro de corte, que pode implicar o ajuste dos parâmetros de corte localmente ou em última instância o deslocamento do operador de corte até às instalações de produção a fim de resolver a situação com os desenhadores/preparadores – 2 a 20 minutos.

Tendo em conta o preço de aquisição da máquina de corte de €180.000 e assumindo que 10% do preço de venda do material cortado (0,02 €/kg) é usado para amortização do equipamento, chegamos à conclusão de que a máquina de corte pode ser paga ao fim de cortar 9000 toneladas de aço. Este valor de toneladas é facilmente atingido por um estaleiro como o da MPG, que a título de

exemplo cortou num só mês perto de 360 toneladas, ou seja cerca de 16 t/dia. A este ritmo a máquina estaria amortizada ao final de 2 anos.

Da Figura 38 à Figura 41 encontra-se representado por meio de gráfico circular o tempo gasto percentualmente por tarefa da máquina de corte.

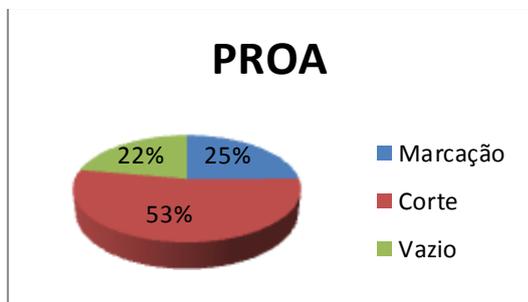


Figura 38. Distribuição do tempo gasto no corte de peças para o bloco de Proa

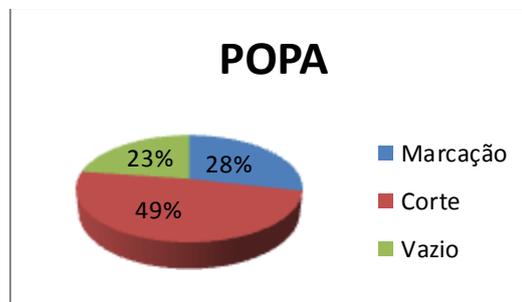


Figura 39. Distribuição do tempo gasto no corte de peças para o bloco de Popa

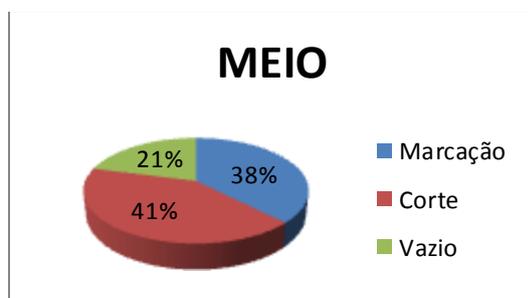


Figura 40. Distribuição do tempo gasto no corte de peças para os blocos de ligação ao Corpo central

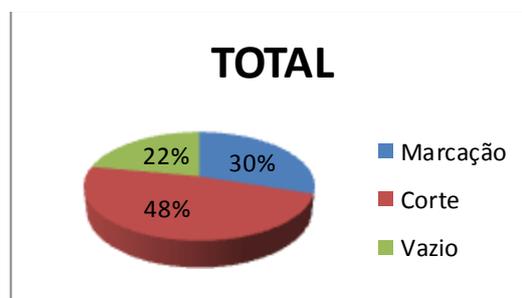


Figura 41. Distribuição do tempo gasto no corte de peças dos blocos

Analisando a Figura 41 concluímos que 22% de todo o tempo total gasto pela máquina de corte é referente a movimentações ou reposicionamento da cabeça de corte, 30% do tempo é gasto com marcações da chapa e finalmente 48% do tempo é gasto no corte efectivo das peças. Uma nota interessante relativa a um possível aumento de produtividade é o facto de menos de metade do tempo total do corte ser realmente corte efectivo. Para se ter uma ideia deste impacto basta verificar que o tempo deste trabalho foi de cerca de 125 horas (16 dias úteis), das quais apenas 60 horas corresponderam ao corte efectivo. Algo que dá que pensar, visto que só foram contabilizados nestas 125 horas o trabalho da máquina de corte, excluindo os tempos de transporte de chapas e peças, de corte de pontes e de limagem de peças.

O tempo final do trabalho de corte (para este caso em concreto), é obtido com o somatório de todos os processos envolvidos.

Os processos ligados com o corte na máquina de corte já foram analisados anteriormente e a eles deverão ser adicionados os processos de transporte, calibrações na máquina de corte, identificação de chapas e os acabamentos de bordos de peças.

Relativamente a tempos médios da separação de peças das chapas, observou-se que o auxiliar de corte efectuava o corte, recorrendo a um maçarico de oxicorte, das pontes de ligação entre as peças à chapa mãe a uma velocidade de 3 peças por minuto, incluindo reposicionamento ou deslocações.

Falta agora acrescentar os tempos médios dedicados à limagem dos bordos das peças. De um modo geral observaram-se velocidades típicas de 40 cm por minuto.

Para tal usa-se um conjunto de 3 variáveis conhecidas de entrada (número de chapas cortadas, número de peças cortadas e perímetro de corte) referidas na Tabela 9, que de acordo com a correspondente velocidade do processo, visível na Tabela 10, irão permitir obter o tempo gasto no processo.

Tabela 9. Variáveis de Entrada

Chapas	Peças	Perímetro
136	2033	9746

Tabela 10. Listagem de tarefas associadas ao corte e respectivas velocidades e tempos gastos

	Velocidade Média	Tempo Gasto [min.]
Transporte de Chapas/Peças	9 min/chapa	1224
Carregamento de CNC's/Calibrações	4,5 min/chapa	612
Identificação de peças (marcações)	2,5 peças/min	5083
Corte de Pontes	3 peças/min	6099
Limagem de peças	0,4 m/min	24365

Somando agora todos os tempos gastos obtemos um tempo final de 748 horas para o corte de 360 toneladas de aço, o que representa um CER de aço processado na ordem das 0,48 t/h.

Tabela 11. Tempo total do trabalho de corte analisado

Processo	Tempo Gasto [min.]
Corte de Peças	3590
Marcações de referência	2244
Movimentações em vazio	1646
Transporte de Chapas/Peças	1224
Carregamento de CNC's/Calibrações	612
Identificação de peças (marcações)	5083
Corte de Pontes	6099
Limagem de peças	24365
TOTAL	44863

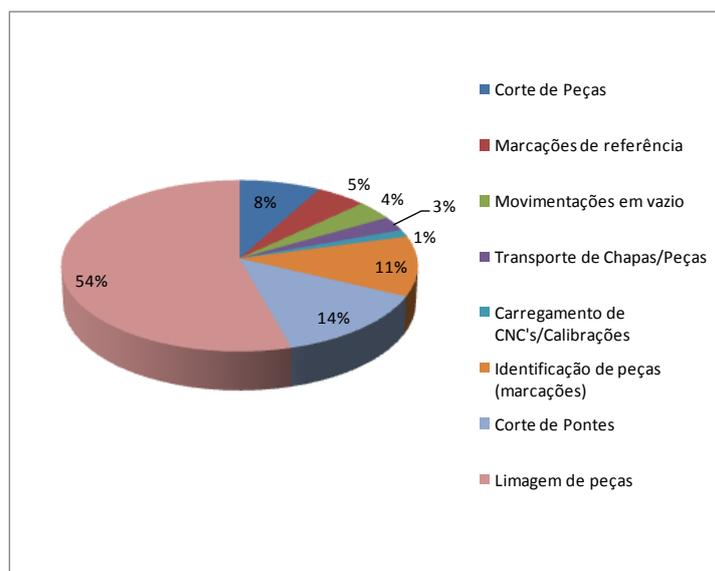


Figura 42. Distribuição do tempo gasto por processo associado ao corte

A Figura 42 traduz percentualmente a Tabela 11 por meio de gráfico circular onde é possível compreender facilmente o motivo pelo qual a MPG atribui em média 3 homens para as funções de limagem dos bordos cortados das peças, diminuindo assim a duração do processo de corte.

Foi tido em conta o uso de 6 recursos humanos sendo eles, 1 operador de corte, 1 auxiliar de corte/transporte, 1 operador de ponte e 3 limadores.

4.1.4.3 Enformação

Neste capítulo são abordados os trabalhos relativos à enformação de chapas existentes nos blocos de Proa e Popa da barça. São analisados os tempos de enformação de um modo muito genérico de chapas com diferentes graus de dificuldade de enformação. De notar que todo o processo de corte destas chapas já tem em conta a respectiva planificação desta.

No processo de enformação de chapas encontram-se envolvidos normalmente os seguintes meios:

- Um operador de ponte
- Dois operários e cêrceas japonesas;
- Dois operários e uma calandra;
- Dois operários e maçaricos de calores;
- Dois operários e uma prensa.

O procedimento habitual de enformação na MPG é o seguinte:

- 1.º A chapa após o corte é transportada para o parque de chapas a receber enformação;

2.º Os operários recebem as informações das diversas cotas da curvatura da chapa nas diferentes balizas de referência (ver Figura 132 à Figura 134 inserida no anexo 9.1.6) de modo a que seja possível moldar as cérceas japonesas;



Figura 43. Cérceas Japonesas



Figura 44. Operários a enformar chapa na calandra

3.º A chapa a ser enformada é deslocada pela ponte magnética até à calandra onde dois operários iniciam o processo de enformação das linhas básicas de curvatura (Figura 44);

4.º Ao longo deste processo são usadas as cérceas japonesas de referência até que as curvas principais estejam bem definidas como ilustrado na Figura 43;

5.º A chapa já com a enformação básica é transferida para o local onde estão os operários com maçaricos que irão efectuar a enformação por calor;

6.º São colocados pesos sobre a chapa de modo a estabilizá-la e os operários efectuam a marcação das zonas da peça a necessitar de receber calor de modo a dilatar ou encolher determinadas regiões desta.

7.º Inicia-se o longo processo de distribuição de calores ao longo da chapa para que esta tome as formas finais pretendidas (na Figura 45 é possível observar as marcas deixadas pelas sucessivas aplicações de calor nos bordos da chapa). Periodicamente são verificadas as curvaturas com as cérceas japonesas;



Figura 45. Marcas em V nos bordos da chapa provocadas pela distribuição de calores

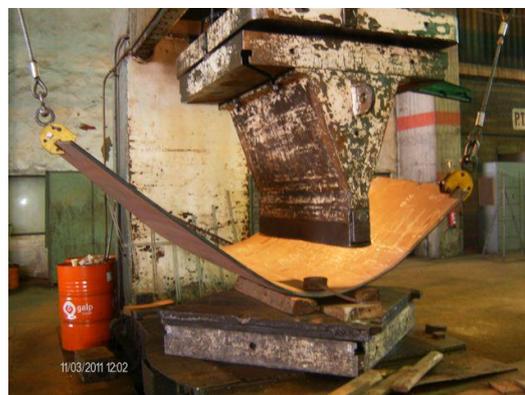


Figura 46. Ajustes finais à forma da chapa por meio de prensa mecânica

8.º Quando se pensa que as formas finais já estão muito próximas do pretendido a chapa é transferida por meio da ponte magnética até à prensa mecânica;

9.º Os dois operários da prensa (Figura 46) efectuam com o auxílio desta os ajustes finais à forma da chapa;

10.º A chapa é transportada para obra ou para o parque de peças;

Temos como exemplo práticos analisados duas chapas de 20mm localizadas na proa do navio

A primeira, 1000-9S (Figura 47), do encolamento da proa, com um tempo total de enformação de 72 Hh distribuídos da seguinte forma:

- 1 turno de 6 horas com dois operadores para a enformação básica na calandra;
- 3 turnos de 8 horas com dois operários e maçaricos de enformação por calor;
- 1 turno de 6 horas com dois operadores para os retoques finais na prensa.



Figura 47. Vistas da chapa 1000-9S

A segunda chapa, 696-7S (Figura 48), com sensivelmente um tempo de enformação de 24 Hh distribuídos da seguinte forma:

- 1 turno de 6 horas com dois operadores para a enformação básica na calandra;
- 1 turno de 6 horas com dois operadores para os retoques finais na prensa.

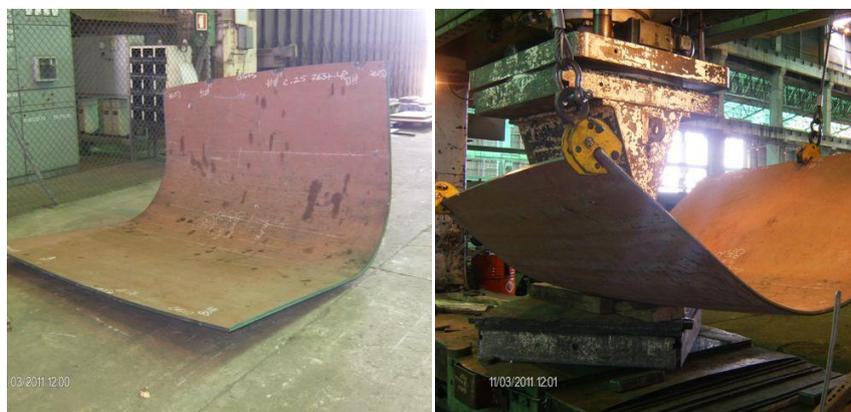


Figura 48. Vistas da chapa 696-7S

De notar que para ambos os casos foram consideradas equipas de dois homens, ou seja, dois operadores de calandra, dois operadores na prensa e dois operadores de maçaricos de calor.

A Figura 49 ilustra a posição das referidas chapas de forro dos blocos de proa 9S e 7S.

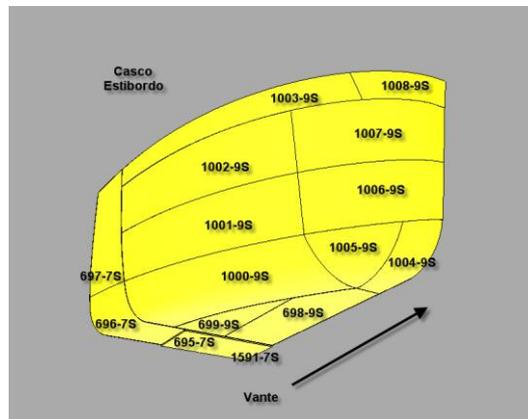


Figura 49. Distribuição das chapas de forro na proa de Estibordo

Relativamente à enformação necessária a meio navio, esta resume-se apenas ao encolamento. Do observado em estaleiro conclui-se que se poderá gastar possivelmente umas 12 Hh, dependendo obviamente da dimensão da chapa, pois a enformação da chapa só irá recorrer à calandra. Estimando-se assim só um turno de trabalho de 6 horas.



Figura 50. Chapa de curvatura simples com cêrceas antes da entrada na calandra



Figura 51. Chapa de curvatura simples após enformação na calandra

De seguida passamos à análise de tempos de enformação de perfis de reforço.

Estes perfis são enformados por uma prensa electro-hidráulica manual idêntica à ilustrada na Figura 17.

O procedimento recorrente será o seguinte:

1.º Corte dos perfis de acordo com as dimensões estipuladas pela preparação da OCE (ver Figura 135 no anexo 9.1.6);

2.º Marcação a giz das linhas curvas de enformação com visível na Figura 52 (informação também fornecida pela preparação);

3.º Colocação do perfil na prensa, sendo este preso nas extremidades;

4.º Accionamento do cilindro hidráulico de modo a que com pequenos ajustes de pressão sobre o perfil este comece a dobrar e a ganhar a forma pretendida (Figura 53).

5.º Efectuar este último ponto em diversas posições do perfil de modo a que no fim se obtenha uma linha de enformação a direito (marcada a giz).

Findo este processo o perfil é transportado directamente para a obra ou parque de perfis enformados.



Figura 52. Marcação das linhas de enformação



Figura 53. Perfil bolbo enformado

De um modo aproximado temos que um perfil com 3 metros e meio, como o ilustrado na Figura 135 (ver anexo 9.1.6), demora cerca de 20 minutos a ser enformado recorrendo a dois homens. De notar que o perfil deverá ter sempre excesso de comprimento nas extremidades de modo a que este possa ser seguro nestas zonas durante a enformação. Estas extremidades que podem ficar danificadas devido à “mordedura” são depois cortadas por estarem em excesso. Este detalhe pode ser relevante na fase de aquisição de material.

A Figura 54 ilustra a barça a flutuar em doca após construção.



Figura 54. Batismo da Barça de abertura central “De Kop” na doca seca da Lisnave

4.2 2.º Caso de Estudo

Este capítulo aborda o caso de estudo relativo à construção do navio de formação de pescas efectuado pela Joperinox em associação com a One Ocean (OCE).

4.2.1 Apresentação da Empresa

A JOPERINOX, Construção e Reparação Naval, Lda. é uma empresa de pequena dimensão inserida na área da construção naval. Possui instalações localizadas em Alverca, nas antigas instalações do estaleiro naval da Argibay visíveis na Figura 55, a escassos metros das margens do rio Tejo que compreendem: 3 naves que perfazem um total de 2871 m² de área coberta; um parque de chapas no exterior com 935 m²; diversos planos de construção, com cerca de 3070 m² no total. Dispõe ainda da possibilidade de utilização de uma parte do parque industrial para parque de blocos, um cais de carregamento de blocos e uma carreira de construção e lançamento à água em plano inclinado.



Figura 55. Instalações da Joper Inox

4.2.2 Descrição de Recursos Humanos

As operações da Joper Inox são iniciadas às 07:30 com a chegada dos encarregados de obra e as suas equipas de montadores, soldadores, cortadores, transportadores e ajudantes. Ao longo do dia existem duas pausas de 15 minutos e a paragem para almoço de 70 minutos. Os trabalhadores trabalham, em teoria, por dia cerca de 9 horas.

Os **encarregados de obra** entram em contacto com os engenheiros (Figura 56) sempre que tenham uma dúvida em relação a alguma operação. Ao longo do dia estes distribuem tarefas à equipa que coordenam e fiscalizam o trabalho efectuado.



Figura 56. Encarregado de Obra ao centro a receber instruções dos engenheiros



Figura 57. Engenheiro Naval em funções

Os **engenheiros** resolvem problemas inerentes aos trabalhos diários ao mesmo tempo que fiscalizam determinadas operações e produzem, de acordo com as necessidades, desenhos diários de produção e montagem a serem entregues aos encarregados de obra (Figura 57).

Os **operários de corte** participam quase na sua totalidade em trabalhos de corte de perfis e de pequenas peças e reforços do navio. Para tal recorrem a uma mesa de corte equipada com serrote eléctrico existente dentro da oficina. São usadas serras em fita refrigeradas por água, que apesar de cumprirem na perfeição a sua função, são muito limitadas no que diz respeito a corte de peças com formas mais complexas ou de grandes espessuras. O estaleiro de momento não possui capacidade de corte de chapas pelo que estas já deverão vir cortadas dos estaleiros a que subcontrataram a obra.

Dependendo do peso do perfil os cortadores podem ou não requisitar o auxílio de uma ponte rolante para transportar o perfil até à mesa de corte. Os cortadores trabalham em grupos de 2, ocasionalmente com um terceiro elemento auxiliar para o transporte. Após o perfil estar colocado na mesa de corte, esta possui roletes que permitem que o perfil seja ajustado em relação à máquina de corte. O processo é iniciado com o corte da ponta de uma das extremidades do perfil. De seguida um dos cortadores analisa os desenhos de corte das peças e são efectuadas as marcações de corte no perfil com auxílio de uma fita métrica e giz. Agora é possível posicionar o perfil na zona da lâmina de acordo com as marcações e iniciar o corte. De seguida a primeira peça cortada é retirada da mesa de corte e colocada numa mesa auxiliar onde um dos cortadores inicia limagem da zona cortada com uma rectificadora (rebarbadora) enquanto o outro operário posiciona o que restou do perfil inicial para marcar a segunda peça a ser extraída. Novamente após posicionamento inicia-se o corte.

Outra ferramenta muito utilizada no estaleiro para o corte é o maçarico de oxicorte. Ferramenta que permite aos montadores navais de forma rápida cortar peças já montadas em obra, assim como os auxiliares de construção, como sendo patolas, cérceas de apoio, esperas, grampas, pescoços de cavalo, etc (Figura 58).



Figura 58. Montador Naval operando maçarico de oxicorte



Figura 59. Manobrador em operação com a ponte rolante

Os **transportadores**, ou **operadores de manobras**, entram em acção sempre que é necessária a movimentação de elementos de construção pesados (Figura 59). Operando para tal com duas empilhadoras (uma delas com uma capacidade de 7 toneladas) e um conjunto de 3 pontes rolantes com capacidade de 10 toneladas cada (se bem que qualquer outro funcionário as opera sem necessidade de qualquer operário de transporte). Existe ainda no exterior uma grua com lança, similar às usadas na construção civil, com uma capacidade de elevação na ordem das 5 toneladas - dependendo da distância da carga na lança. Para capacidades de elevação maiores que as existentes no estaleiro são contratadas auto gruas.

Os **montadores** operam em equipas de dois operários (Figura 60). Sendo que um deles será um montador experiente e o outro um aprendiz. Isto para facilitar a aprendizagem de novos operários, permitindo passar o saber do ofício de geração em geração. As tarefas destes ditos montadores correspondem: à marcação com pó de giz dos respectivos locais de colocação de perfis a ser montados (vulgo bater as linhas); à colocação de pequenos esquadros de aço (vulgarmente conhecidas por esperas ou clips simples) ao longo da respectiva linha marcada para que sirvam de guias na colocação dos perfis (os esquadros estão fixos por pingos de solda de eléctrodos revestidos); à colocação do perfil na respectiva posição e prendê-lo ao painel por meio de pingos de solda (sendo para tal necessário o auxílio de um pescoço de cavalo e cunhas que permitem encostar o perfil perpendicularmente ao painel e de modo adequado para a soldadura posterior). São os montadores que no final da operação de montagem verificam a correcta perpendicularidade do perfil em relação ao painel e corrigem possíveis defeitos ou empenos. Qualquer falha nesta operação implica a desmontagem do perfil, ou seja, é necessário com o auxílio da rectificadora cortar os pingos de soldadura ao longo do perfil e depois com o auxílio de um martelo retirar o perfil. Já retirado o perfil é necessário usar a rectificadora mais uma vez para limpar a superfície do painel removendo os vestígios de solda existentes. Após esta tarefa recomeça-se todo o processo anterior de montagem, começando pela marcação das linhas se estas não forem ainda visíveis e a colocação de novos esquadros, etc.



Figura 60. Montador e aprendiz a colocar reforço na sua respectiva posição



Figura 61. Soldador a soldar barras de reforço

Os **soldadores** operam em geral sozinhos (Figura 61) podendo, esporadicamente, requisitar ajuda a terceiros para operações de transporte. O soldador recorre aos seguintes 4 tipos de soldadura: Arco submerso, fios fluxados auto-protegidos, fios fluxados com protecção gasosa e eléctrodos revestidos. Para cada um deles o soldador requisita o equipamento necessário que é depois transportado por meio das pontes rolantes ou através de empilhadoras.

Na soldadura topo a topo horizontal de painéis (pisos, anteparas e forro) é usada a máquina de soldadura por arco submerso. O soldador monta sozinho os carris que a máquina irá percorrer, de seguida efectua o acerto dos parâmetros de soldadura no painel de controlo da máquina e finalmente inicia a marcha desta e a respectiva soldadura. O fluxo irá então cobrir a junta de soldadura enquanto a máquina avança. Existe uma mira laser que percorre a junta alguns centímetros à frente da zona de fusão que permite ao operador verificar o encaminhamento da máquina e efectuar às devidas correcções na trajectória da soldadura ao longo da junta. Consoante o carro avança vai deixando para trás o cordão de soldadura coberto pela escória produzida na soldadura. Esta escória é removida com o auxílio de um pequeno martelo. Todo este processo é simples e rápido nas mãos de um operador experiente. Após o processo de soldadura estar concluído, são desmontados os carris e a máquina é retirada, passando-se à fase de rectificação de algumas zonas do cordão de soldadura com o auxílio de uma rebarbadora. Estas zonas rectificadas são depois reconstruídas com soldadura de fios fluxados manual. No final da soldadura e rectificação de um dos lados do painel torna-se necessário agora voltá-lo ao contrário para possibilitar a soldadura do outro lado. O painel, dependendo do seu peso total e dimensão, é voltado com o auxílio de uma ponte rolante e de uma empilhadora. Estando já assente com a face oposto voltada para cima são efectuados rasgos com uma rectificadora ao longo das linhas a ser soldadas. São montados novamente os carris e o carrinho de soldadura. Estando acertados os parâmetros da máquina dá-se início à soldadura. Este processo depois repete-se para as restantes soldaduras desse lado do painel, removendo ao longo do soldadura as escórias e no final rectificando todos os cordões e reconstruindo as zonas necessárias (Especial atenção à zona de cruzamento de cordões). Estando terminado o painel, são retirados os carris e a máquina é desmontada e colocada sobre uma palete com auxílio da ponte rolante. Todo o restante equipamento de fornecimento de energia e cabos são também arrumados sobre a palete que é depois retirada com recurso a uma empilhadora e transportada para um novo local de trabalho. O

soldador responsável acaba por limpar o painel, varrendo toda a sujidade ainda existente sobre este para que depois os montadores possam montar os perfis sobre este.

A soldadura de perfis aos painéis é efectuada com recurso a fios fluxados. Existindo dois tipos: fios fluxados auto-protegidos, fios fluxados com protecção gasosa. A própria soldadura, dependendo do local e dimensão, é efectuada ou de modo manual ou automático, por meio de robô, como ilustrado na Figura 62. A soldadura manual recorre a fios fluxados auto-protegidos e é usada maioritariamente nas extremidades dos perfis. A soldadura automática é usada ao longo do perfil com excepção das extremidades. Esta é efectuada por um robô que possui duas cabeças de soldadura o que permite com um só passagem, soldar ambos os lados do perfil ao painel. Esta soldadura emite uma forte luz na zona de fusão que é visível, ao contrário da por arco submerso cuja fusão está coberta pelo fluxo. O soldador deve portanto ter precauções adicionais na protecção com o uso de máscara de soldadura, visto que, apesar de a soldadura ser automática, o operador não é dispensável e é necessário para fiscalizar o avanço do robô. Este tipo de soldadura é altamente produtiva. Alia grandes velocidades de avanço com uma qualidade de soldadura inigualável comparativamente à efectuada por um soldador experiente. As únicas desvantagens prendem-se com o facto de necessitar de arrefecimento constante, a avarias esporádicas e a estar limitada a soldar sobre painéis horizontais e direitos.



Figura 62. Soldador a controlar soldadura dupla por robôs



Figura 63. Ajudante auxiliando um Montador

Estudos actuais demonstram que o tempo total de soldadura efectuada por um soldador é distribuído do seguinte modo: 53,4% em trabalhos directos; 37,2% em trabalhos indirectos (preparação da máquina, remoção de escórias, limpeza e substituição de bobines/varetas) e os restantes 9,4% em tempos de descanso (casa de banho, fumar e conversar) [25].

Os **ajudantes** são operários não especializados que terão de efectuar as mais variadas tarefas dentro do estaleiro. Por vezes estes funcionários passam a aprendizes de uma dada tarefa específica, como seja montadores (como no caso da Figura 63), transportadores ou cortadores consoante as possibilidades ou procura desse ofício. Para se ser soldador o processo é mais complexo e exige uma formação e certificação.

Por volta das 18:10, e dependendo muito da existência de mais trabalho ou de ordens dos encarregados, os trabalhadores iniciam a arrumação do material entregue no início do horário de trabalho.

As operações cessam por completo às 18:20 com o soar da sirene que assinala o final de mais um dia produtivo de trabalho.

Existe de seguida uma curta reunião entre os encarregados de obra, engenheiros responsáveis e entidades patronais a fim de serem discutidos os assuntos relevantes.

Por fim chegam, por meio de carrinha, os consumíveis diários requisitados pelos engenheiros responsáveis e encomendados por telefone no dia ou dias anteriores. A verificação do stock existente destes consumíveis é portanto de importância vital para o correcto funcionamento da empresa e qualquer lapso nas encomendas pode atrasar o processo de construção por falta de material. O controlo dos consumos de materiais é efectuado tendo em conta a existência de um armazém que controla todos os dias a saída e entrada de consumíveis.

4.2.3 Descrição de Equipamentos

De entre todo o equipamento usado pela JOPERINOX fará sentido fazer referência aos seguintes elementos ligados directamente com o processo produtivo, como sejam: as manobras (transporte de chapas, peças, prévias, blocos e equipamento), o corte, a montagem e a soldadura.

4.2.3.1 Equipamento de movimentação e transporte

O equipamento de transporte disponível compreende: 3 Pontes rolantes com uma capacidade máxima de 10 toneladas cada, dispostas cada uma na sua nave, idênticas à ilustrada na Figura 64; uma grua com lança no exterior, com uma capacidade a rondar as 5 toneladas (depende da posição da carga ao longo do comprimento da lança) visível na Figura 65; 2 empilhadores (um pequeno com capacidade de 3 toneladas e outro maior com uma capacidade de 7 toneladas) ilustrados respectivamente na Figura 66 e Figura 67.



Figura 64. Ponte Rolante da Nave 3



Figura 65. Grua com Lança



Figura 66. Empilhador Pequeno



Figura 67. Empilhador Médio

E ainda diverso material de apoio ao transporte como sejam cabos de aço (Figura 68), correntes de aço (Figura 69), patolas manuais e automática (Figura 70 e Figura 71) e guinchos manuais de 1.5 a 3 toneladas de carga (Figura 72).



Figura 68. Cabos de Aço



Figura 69. Correntes de Aço



Figura 70. Patola de Fixação Manual



Figura 71. Patola de Fixação Automática



Figura 72. Guinchos/Esticadores Manuais

Este material auxiliar, apesar de simples, pode ter valores bastante elevados de aquisição. Como é o caso do esticadores a rondar os 300 a 400 Euros cada e as patolas de fixação automática avaliadas em € 700 cada.

Ainda relativamente ao departamento de manobras da Joperinox convém fazer referência, neste caso, aos meios que eram subcontratados para o transporte de blocos pesados no exterior das naves. Assim, devido à falta de meios da empresa esta subcontratava autogrúas para efectuar viragens de blocos e painéis (Figura 73), reposições de blocos no parque e carregamento de blocos em galeras de camiões.



Figura 73. Autogrúa a virar painel



Figura 74. Autogrúa a colocar bloco em cima da galera de camião

Para o transporte dos blocos até ao cais de embarque, à falta de zorras, eram contratados camiões com galeras abertas, como ilustrado na Figura 74, de modo a efectuar o transporte rolante de blocos.

Os blocos já no cais eram carregados para cima de barcaças de transporte por duas vias. Com recurso novamente a autogrúas (Figura 75) ou com o auxílio de gruas flutuantes (Figura 76) alugadas.



Figura 75. Carregamento via Autogrúa



Figura 76. Carregamento via Grua Flutuante

O transporte dos blocos até ao estaleiro que os irá unir para formar o navio (neste caso localizado em Vigo) é efectuado por via fluvial e marítima por meio de barcaças rebocadas similares à representada na Figura 77.



Figura 77. Transporte de blocos via marítima

4.2.3.2 Equipamento de soldadura

Existe um Máquina de Arco submerso (Figura 78) e 5 calhas SAW (de 3 a 6 metros) com ímans de encaixe para melhorar a aderência (Figura 79), a fim de permitir a soldadura automática ao longo destas.



Figura 78. Máquina de Soldadura por Arco Submerso (SAW)



Figura 79. Calhas guia da máquina SAW

Existem disponíveis 12 máquinas semi-automáticas de soldadura *Electrex MIG 405* com os seus respectivas pistolas (tochas) de soldadura ilustradas na Figura 80 e Figura 81. Cada máquina tem um custo unitário a rondar os €3000.



Figura 80. Máquina de Soldadura Semi-automática MIG por Fios Fluxados



Figura 81. Pistola de Soldadura



Figura 82. Rack com botijas de Gás de Protecção (Mistura de Argon e CO₂)

A Figura 82 representa um arranjo típico de garrafas de gás de protecção (conjunto de 16 garrafas).

A JoperInox possui ainda 2 robôs de soldadura aos quais poderão ser adaptadas duas pistolas de soldadura e respectivas máquinas, o que permite a soldadura em simultâneo dos dois cordões de um dado perfil a soldar a um painel direito, visível na Figura 83. Com este tipo de solução obtém-se um acabamento do cordão de soldadura muito bom, com deformações mínimas no painel devidas à baixa entrega térmica.

Em certas ocasiões também foram alugados 2 robôs individuais de soldadura que poderão em conjunto efectuar o trabalho realizado por apenas um dos anteriormente referidos. Ou seja, os robôs podem soldar em paralelo, ou não, por serem independentes como se pode ver na Figura 84.



Figura 83. Soldadura em paralelo de perfil bolbo com Robô



Figura 84. Soldadura robotizada individual de um perfil de reforço

Relativamente ao material de adição da soldadura a empresa recorre em geral a bobines de fios (Figura 85), tanto para as máquinas semi-automáticas, como para as automáticas de Arco Submerso e por Robôs. Cada bobine de 16 Kg está avaliada em cerca de €38, ou seja o equivalente a 2,30 €/kg.



Figura 85. Bobines de fio de soldadura



Figura 86. Serrote Mecânico de Fita

4.2.3.3 Equipamento de corte

O corte de perfilaria é efectuado por 1 Serrote mecânico BMT Semi-automático (visível na Figura 86), anexado à sua mesa bancada de corte avaliado em €5700. Com um consumo da ordem dos 5 kWh.

Para efectuar chanfros recorre-se a uma fresadora rolante (Figura 87). Existe ainda um carrinho automático de chanfragem por oxicorte que muitas vezes é usado para operações de corte de chapas a direito ilustrado na Figura 88.



Figura 87. Chanfro mecânico num bordo de chapa

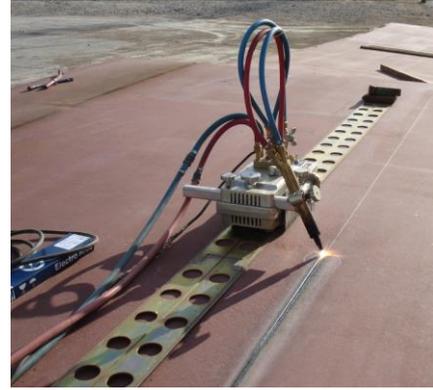


Figura 88. Máquina de Chanfragem por Oxicorte

Existem diversos maçaricos de corte manual de peças como o representado na Figura 89, complementados pelos respectivos conjuntos de garrafas de acetileno e oxigénio (Figura 90).



Figura 89. Maçarico de Oxi-Corte



Figura 90. Rack de Botijas de Acetileno e Oxigénio

4.2.3.4 Equipamento de montagem

São usados na montagem diversas máquinas de soldadura por eléctrodos revestidos (Figura 91). Sendo utilizados eléctrodos revestidos similares aos ilustrados na Figura 92. Em termos energéticos podemos dizer que se gastam em média 3,5kW por cada kg de soldadura depositada [26].



Figura 91. Porta Eléctrodos

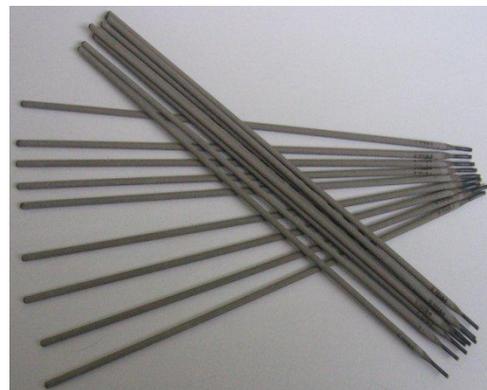


Figura 92. Eléctrodos Ø3.2 Vandal

Cada embalagem de 150 varetas tem um peso de cerca de 5,2 kg e um preço a rondar os €10,5, ou seja o equivalente a 2,02 €/kg.

Existem diversas rectificadoras, a saber: 10 rebarbadoras pequenas Metabo, 2 rebarbadoras médias AEG (Figura 93) e 11 rebarbadoras grandes DeWalt. No caso da JoperInox estas rebarbadoras são utilizadas tanto por pessoal da montagem como pelo pessoal da soldadura.



Figura 93. Rebarbadora



Figura 94. Variedade de Disco de corte e rectificação

Em termos de valores de custos podemos ter como referência o custo de uma rectificadora grande à volta de €150 e relativamente aos discos de corte e rectificação (Figura 94) valores na gama de dos €0,60 e os €2,60 por unidade.

Os montadores recorrem a lança calores que permitem desempenar chapas deformadas após a soldadura. Um lança calores simples pode custar €160 ao passo que um de 3 bicos (chamado de maçarico multi-chamas e representado na Figura 95) já se encontra em valores próximos dos €270. Na Figura 96 é possível observar as marcas de queimados deixadas pela passagem das chamas do lança calores.



Figura 95. Lança Calores de desempenho de 3 bicos

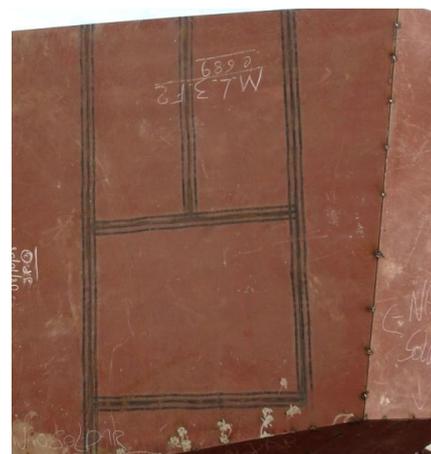


Figura 96. Marcas características nos painéis após a passagem do lança calores triplo

4.2.4 Análise da Construção de Blocos

Os blocos a ser construídos foram subcontratados à JoperInox pela mão do grupo espanhol de estaleiros navais *Astilleros Armon*. São blocos de uma navio de apoio às pescas (Figura 97) a ser entregue a um armador espanhol. O navio já em operação actualmente foi batizado de *Intermares* e possui as seguintes características principais:

- Comprimento Fora a Fora – 79,2 metros;
- Boca – 15 metros;
- Calado – 6,5 metros;
- Deslocamento – 1390 T;
- Velocidade – 11 nós.

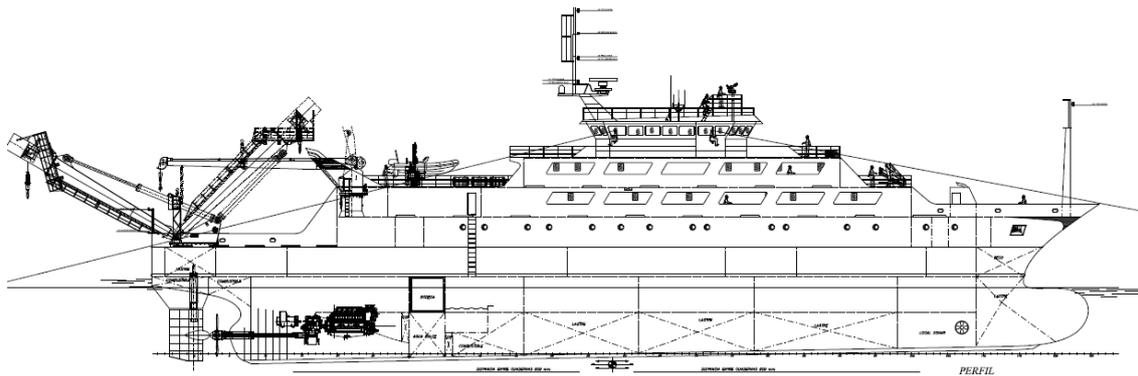


Figura 97. Arranjo Geral do Navio de Apoio às Pescas

O princípio base da construção é o seguinte: envio de peças já cortadas com a sua respectiva identificação de Espanha até às instalações da JoperInox onde são armazenadas no parque de chapas e peças; construção dos berços de cada bloco; colocação de chapas de piso nos berços de construção e respectiva soldadura; montagem de perfis, anteparas e balizas com respectiva soldadura; controlo de qualidade e acabamentos; e finalmente o transporte por meio de uma barçaça de todos os blocos rumo a Espanha para que possam aí ser ligados na carreira de construção.

A Figura 98 ilustra os blocos a serem construídos pela empresa em questão e a sua posição relativa ao longo do navio:

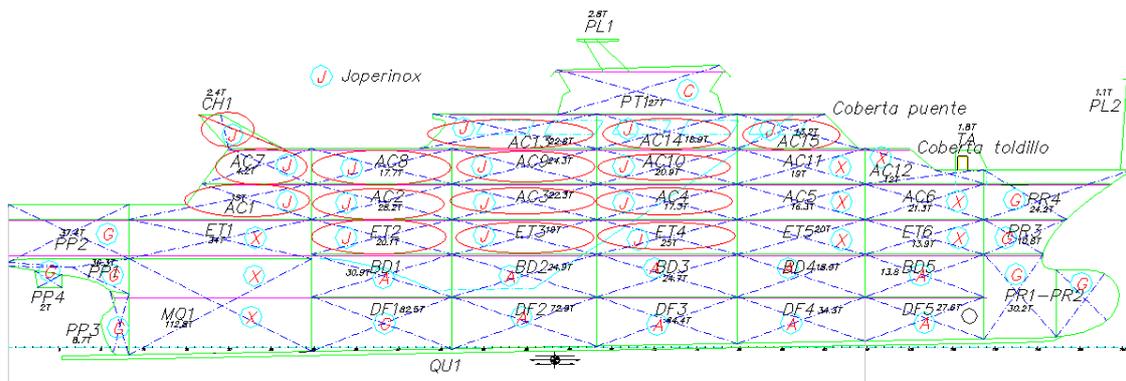


Figura 98. Blocos construídos pela JoperInox

Os blocos analisados irão ser os denominados AC1, AC2, AC3, AC4, AC7, AC8, AC9, AC10, AC13, AC14 e AC15. A Figura 98 pode ser analisada com maior detalhe no anexo 9.2.

O corte subdivide-se em corte de chapas e peças com recurso a máquinas de corte de oxicorte ou de plasma operadas por apenas um indivíduo ou controlador; e corte de perfis bolbo e barras por meio de serrote eléctrico que é operado por um operador e um ajudante (caso a peça em questão seja de grandes dimensões).

A montagem é efectuada por grupos de dois montadores. Usualmente um mais experiente que de certo modo ensina o ofício e transmite a experiência ao segundo montador (ajudante).

A soldadura é efectuada de modo individual. A cada soldador é dado o seu plano de trabalho pelo encarregado de soldadura. E depois cada um aliado à sua respectiva máquina de soldadura efectua a tarefa de soldadura incumbida.

Neste estudo foram consideradas dois tipos de junta de soldadura. Junta em T (Figura 99) ou de canto e junta topo a topo (Figura 100).

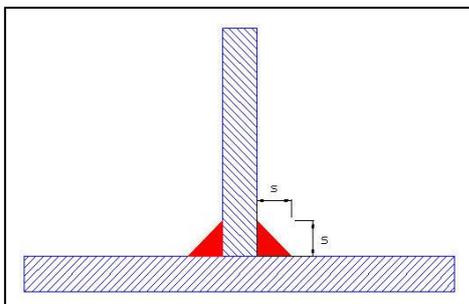


Figura 99. Soldadura em T

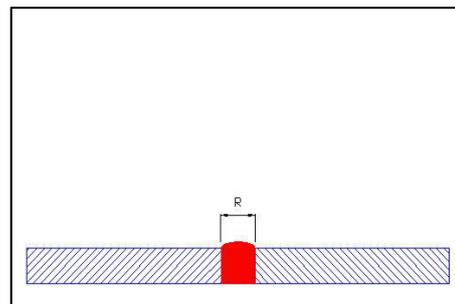


Figura 100. Soldadura Topo a Topo

Relativamente ao tipo de cordão de soldadura iremos ter cordões contínuos e descontínuos. O recurso a um ou outro encontra-se de acordo com o tipo e importância da continuidade estrutural do elemento a ser soldado (pisos, anteparas, reforços, vãos, etc.). De acordo com o caderno de soldadura do navio as soldaduras contínuas de junta em T são executadas do modo ilustrado na Figura 101 e Figura 102

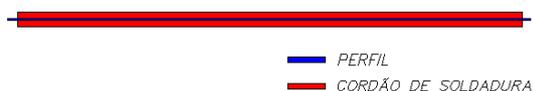


Figura 101. Esquema de Soldadura Contínua



Figura 102. Perfil soldado a antepara por meio de soldadura contínua

Ao passo que as soldaduras descontínuas (alternada ou em zig zag) de junta em T serão executadas segundo o ilustrado na Figura 103.

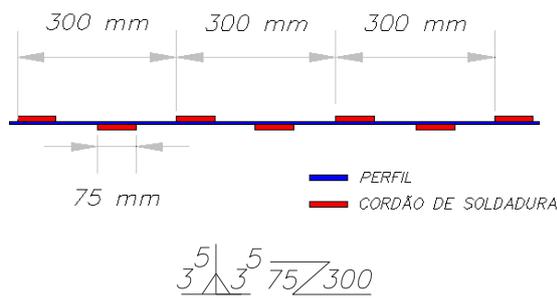


Figura 103. Esquema de Soldadura Alternada e simbologia associada

Figura 104. Perfis soldados ao piso por meio de soldadura alternada

As soldaduras descontínuas (Figura 104) irão permitir reduzir gastos em consumíveis, homens-horas, energia e afins, assim como também uma diminuição significativa do peso de cada bloco. Estas serão sempre aplicadas nos locais e peças que não comprometam a integridade estrutural do navio.

A soldadura de união de chapas de piso (junta topo a topo como é visível na Figura 105) é efectuada por arco submerso, enquanto para todos os restantes componentes (vaus, balizas, reforços longitudinais, anteparas) recorre-se à soldadura por fios fluxados com protecção gasosa. A soldadura por eléctrodos revestidos está associada somente a processos de montagem onde é requerida a união temporária de peças por meio de pingos de soldadura.



Figura 105. Cordão de Soldadura por Arco Submerso

Verificou-se, em obra, que a soldadura teórica não foi respeitada por excesso, chegando a gastar-se 3 vezes mais do que o mínimo estipulado pelo caderno de soldadura e desenhos de classe, isto porque onde deveriam ser efectuados cordões de soldadura com apenas 3,5mm de garganta foram efectuados com quase 8,5mm. Sendo assim e tendo em conta realmente a soldadura depositada [26] [27], na prática temos:

- 500 g a 600 g por metro na soldadura contínua em T (a contar com ambos os lados);
- 130 g a 160 g por metro na soldadura descontínua em T (a contar com ambos os lados);
- 500 g/m na soldadura topo a topo (tendo em conta espessuras médias de 7mm de chapa).

O transporte de peças e chapas é efectuado com recurso a pontes (até 10 toneladas) no interior da Nave de construção e por meio de empilhadoras (até 7 toneladas). No exterior recorre se novamente a empilhadoras e guas (até 5 toneladas) para a deslocação de peças e subconjuntos. Usando depois zorras (galeras de camiões) associadas a guas móveis (auto guas) de grande porte para a movimentação de blocos no exterior e posterior carregamento na barcaça de transporte. A cada meio de transporte está usualmente associado apenas um funcionário.

Este estudo envolveu medições de tempos e gastos de consumíveis no próprio local de construção assim como estimativas com o auxílio dos modelos 3D de cada um dos blocos gerados de propósito para esta análise.

De notar que as chapas de mar (forro) e máscaras presentes em determinadas anteparas/balizas não foram tidas em consideração neste estudo.

A estimativa inicial do estaleiro coloca 1 tonelada de aço a demorar aproximadamente entre 50 a 60 homens-horas a ser processada nas quais se inclui a montagem, soldadura, limagem e acabamentos. Sendo que a estimativa de 60 homens-horas/ton é mais indicada se também forem incluídos os processos de corte.

Para o estudo é então considera uma relação de estimativa de custos (*CER-Cost Estimation Relationship*) de 50 Hh/t.

Para estimar o número de horas de trabalho (HT) que irão ser necessárias para a conclusão da montagem, soldadura, limagem e acabamentos de um dado trabalho recorreremos novamente à equação(24)

Os pesos respectivos dos blocos analisados neste estudo estão apresentados na Tabela 14.

Sendo assim, para a execução dos 11 blocos analisados seriam necessárias cerca de 10240 horas de trabalho (Repartidas pela montagem, soldadura, limagem e acabamentos)

$$HT = 50 \times 204,8 = 10240 \text{ Hh}$$

As espessuras dos elementos constituintes desde bloco são na sua maioria de 7 a 8 mm. A excepção é feita às chapas de piso que vão desde os 7 mm em zonas menos sensíveis a zonas que atingem os 12 mm onde estão previstos maiores esforços.

A contabilização dos tempos médios de cada processo foi efectuada em detalhe “in loco” o que permitiu não só obter tempos de operação realísticos de cada operário e/ou equipamento, mas também obter uma ideia dos tempos mortos ou perdidos pelos funcionários. A presença no local de construção permite ainda compreender as dificuldades acrescidas na montagem, soldadura e transporte devidas à complexidade de determinadas estruturas, as avarias típicas dos equipamentos requisitados, os problemas de interpretação de desenhos de montagem ou ordens que suscitam

paragens forçadas para esclarecimentos, que na pior situação obrigam a refazer trabalhos. Ao fim ao cabo todo um conjunto de situações inerentes ao factor humano ligado a este processo industrial.

A título de experiência foram verificados os tempos de montagem e soldadura de 20 perfis tipo bolbo de 140 x 8 mm no convés do bloco AC03. Cada perfil tem cerca de 10 metros de comprimento pesando no seu total 2240 kg (20 x 112 kg). Ora numa estimativa inicial, recorrendo à equação (24) ajustada, teríamos:

$$HT = 50 \times 2,24 = 112 \text{ Hh}$$

O quadro seguinte (Tabela 12) ilustra os tempos que cada operação demorou nesta fase construtiva em que estiveram envolvidos 4 montadores e 2 soldadores:

Tabela 12. Tempos e número de operários associados à montagem de 20 perfis de 10 metros

		Montagem e soldadura de 20 perfis de 10m no Bloco AC03			
		Situação	Equipa (H)	Tempo [min.]	Hh
1.º Dia	Manhã	Todas as esperas montadas	2	200	7
	Tarde	6 perfis colocados e 2 perfis pingados	2	275	9
2.º Dia	Manhã	2 perfis colocados e 8 perfis pingados	4	275	18
	Tarde	2 perfis colocados e 15 perfis pingados	4	275	18
3.º Dia	Manhã	17 perfis pingados e 3 perfis soldados	6	275	28
	Tarde	Todos os perfis soldados (20)	2	275	9
Total de horas				26,25	89

Nas contas finais teríamos então 89 Hh necessárias para finalizar este processo. Um valor que apesar de ser mais baixo que a estimativa inicial – 112 horas de trabalho efectivo para 2.24 toneladas de aço processadas – se encontra próximo da realidade, o que vem provar que a estimativa das 50 Hh de trabalho por tonelada processada é ajustada.

A Figura 106 ilustra a percentagem de trabalho efectuado ao longo das cerca de 26 horas que demorou a sua execução. A

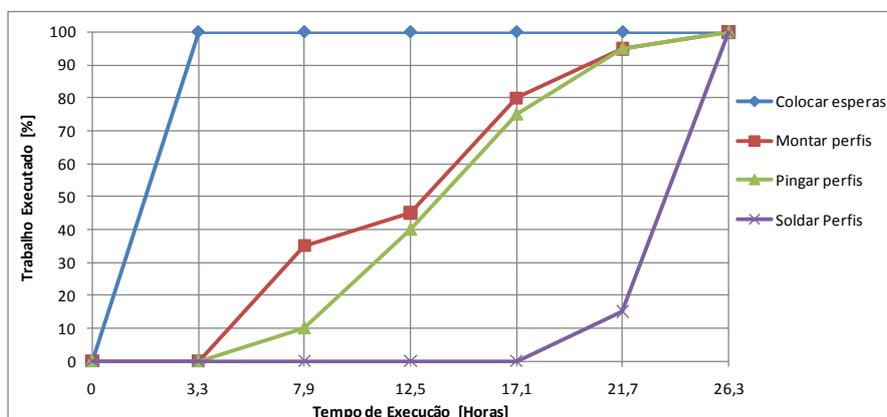


Figura 106. Percentagem de execução da montagem e soldadura de 20 perfis bolbo

Ao passo que a Figura 107 representa a distribuição de tempos despendidos por tarefa.

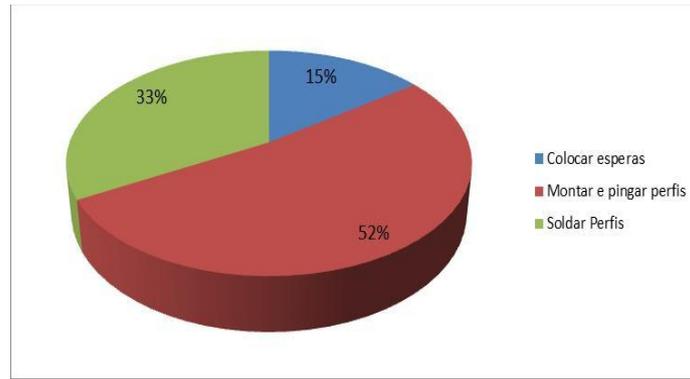


Figura 107. Distribuição do tempo de montagem e soldadura de 20 perfis bolbo 140x8 com 10 metros

Na Tabela 13, apresentada de seguida, podemos observar as velocidades médias verificadas para cada processo de montagem e soldadura analisado.

Tabela 13. Velocidades médias para cada processo

Processo	Velocidade [m/h]
Soldadura contínua por arco submerso (espessuras de 7mm)	13,4
Soldadura manual contínua por fios fluxados	2,8
Soldadura com robôs contínua por fios fluxados	20,0
Soldadura manual descontínua por fios fluxados	22,2
Soldadura pingada por eléctros revestidos	incl. na montagem
Montagem de Perfis	2,4

No anexo 9.2.1 é possível visualizar alguns exemplos de tarefas ou processos com os respectivos tempos requeridos, que permitem estimar velocidades médias.

Como já foi referido anteriormente foi necessário para este estudo a execução de desenhos tridimensionais de cada bloco (Figura 109). Tais desenhos foram efectuados com o auxílio do *software* AutoCAD. Como dados de entrada foram somente fornecidos pelo estaleiro as linhas de corte obtidas no DEFCAR (Figura 108).

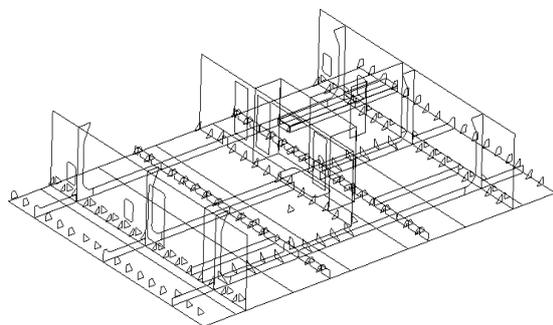


Figura 108. Modelo inicial somente com as linhas de referência de corte

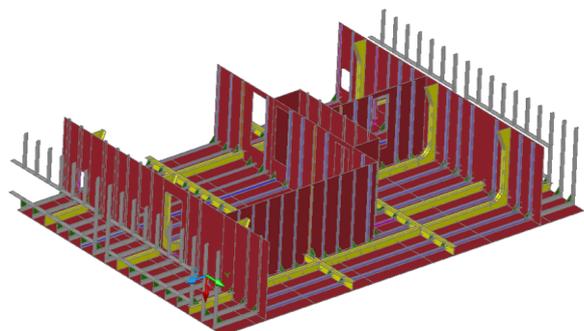


Figura 109. Modelo final após modelação 3D das peças

Estes modelos dos blocos servem então para retirar uma série de informação relacionada com: o número de chapas e reforços neles montados; comprimentos totais de perfis montados; comprimentos totais e parciais de soldaduras em chapas e reforços (tendo em conta o recurso a duas tecnologias diferentes de soldadura) e o grau de complexidade de montagem. Os modelos podem ser observados e analisados em maior detalhe nos anexos de 9.2.3 a 9.2.13.

A fim de facilitar o cálculo de comprimento de soldadura no AutoCAD, cada bloco foi dividido segundo as suas partes constituintes sendo elas:

- Perfis Bolbo de Reforço
- Esquadros
- Vaus
- Sicórdias
- Barras de Reforço
- Cantoneiras de Reforço
- Chapas de Piso
- Anteparas

Foram somados os comprimentos dos lados de cada peça que terão soldadura tendo em consideração o esquema apresentado na Figura 110.

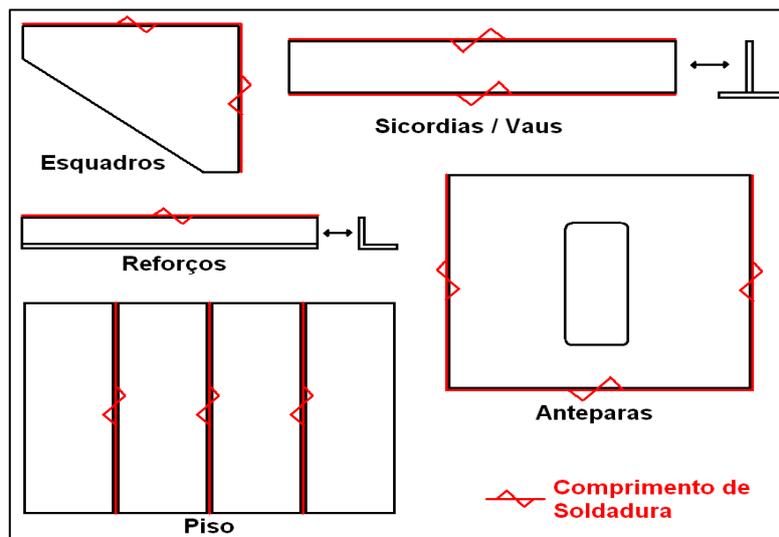


Figura 110. Esquema dos comprimentos de soldadura medidos no modelo 3D

Os resultados obtidos têm em conta os comprimentos de soldadura linear requeridos para cada bloco, diferenciando esses comprimentos em soldadura contínua como a ilustrada na Figura 101, soldadura descontínua como a representada na Figura 103 e ainda soldaduras topo a topo.

É importante referir para nota futura que os comprimentos medidos correspondem ao somatório de perímetros de ligação das peças pelo que quando se refere que uma dada peça tem 1 metro de soldadura, contínua ou descontínua, em T deverá subentender-se que terá na realidade 2 metros de cordão de soldadura um de cada lado do reforço (excepção feita às soldaduras de topo a topo).

Com os resultados obtidos efectuou-se um estudo gráfico de relação entre diversas componentes na construção, nomeadamente quantidade linear de soldadura Vs. Peso de cada bloco e a quantidade de perfis Vs. Peso do bloco.

Tabela 14. Comparação de Peso dos blocos com o Comprimento de soldadura

Bloco	Peso [ton]	Soldadura Contínua [m]	Soldadura Descontínua [m]	Comprimento de Soldadura [m]	Quantidade de Perfis
AC01	15	254	85	339	64
AC02	28,2	592	276	868	112
AC03	22,3	418	328	746	81
AC04	17,3	341	226	566	28
AC07	4,2	103	27	130	21
AC08	17,7	450	105	555	145
AC09	24,3	549	249	799	153
AC10	20,9	513	219	732	84
AC13	22,8	574	298	871	304
AC14	18,9	551	207	758	238
AC15	13,2	350	200	550	174
Total	204,8	4695	2219	6914	1404

Com base nestes valores efectuaram-se diversos gráficos com regressões lineares a fim de se encontrar equações simplificadas para o cálculo aproximados de comprimentos de soldadura (Figura 111) e número de perfis de reforço requeridos (Figura 112), apresentados de seguida.

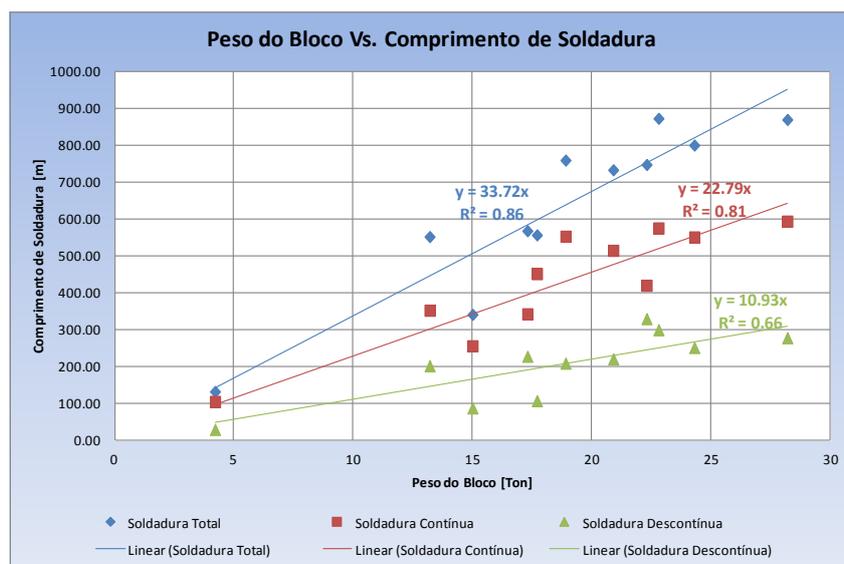


Figura 111. Peso dos Blocos Vs. Comprimento de Soldadura

Com base nesta análise pode-se estabelecer relações entre o comprimento de soldadura e o peso do bloco pelas seguintes expressões:

$$C_{Sold.Total} = 33,7 \cdot P_b \text{ m} \quad (26)$$

$$C_{Sold.Contínua} = 22,8 \cdot P_b \text{ m} \quad (27)$$

$$C_{Sold.Descontínua} = 10,9 \cdot P_b \text{ m} \quad (28)$$

$$N_{Perfis} = 6,7 \cdot P_b \text{ perfis/t} \quad (29)$$

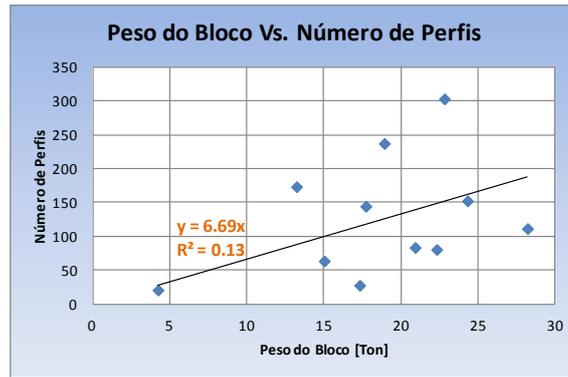


Figura 112. Peso do Bloco Vs. Número de Perfis de reforço

A fim de comparar os resultados obtidos para a construção destes 11 blocos referentes à superestrutura do navio de apoio às pescas, foi analisado um caso de orçamentação realizado pelo departamento comercial da Joperinox relativo a uma proposta de construção de 4 blocos para um ferry de veículos e passageiros de 150 m. Sendo estes 4 blocos os seguintes:

- B003 – Bloco do corpo central correspondente a um duplo fundo e primeiro pavimento (Casa das Máquinas) (Figura 113);
- B015 – Bloco do duplo fundo da zona da proa(Figura 114);
- B428 – Blocos simétricos bombordo e estibordo da superestrutura na zona do corpo central (Figura 115);
- B005 – Bloco do corpo central correspondente a um duplo fundo e primeiro pavimento (Casa das Máquinas)(Figura 116).

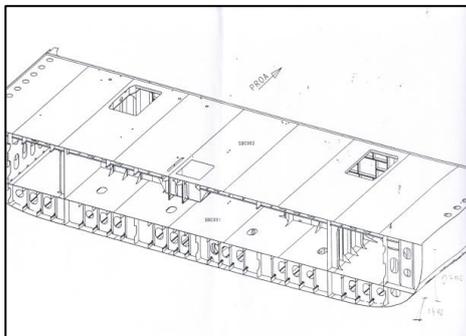


Figura 113. Bloco B003

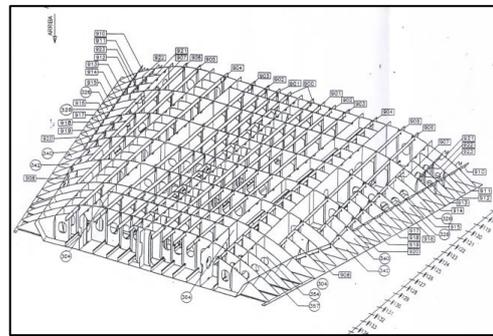


Figura 114. Bloco B015

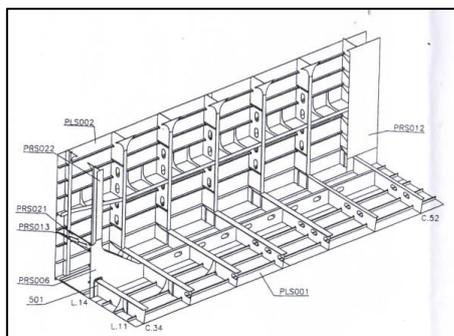


Figura 115. Bloco B428 Estibordo

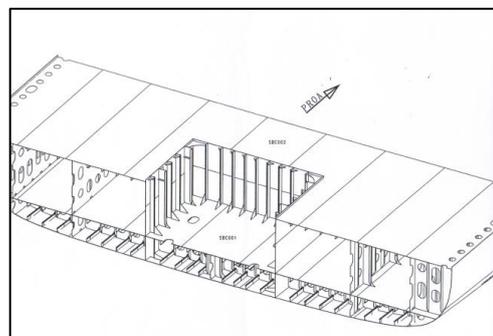


Figura 116. Bloco B005

Os blocos B003 e B005 são constituídos por dois subconjuntos cada. Que comportam o subconjunto do duplo fundo e o subconjunto do 1.º piso (ver anexo 9.2.14). O bloco B428 subdivide-se em dois blocos simétricos um a bombordo e outro a estibordo.

A Tabela 15 demonstra de uma forma rápida as diversas características e relações destes blocos do ferry orçamentados.

Tabela 15. Dimensões e Características dos blocos orçamentados

Bloco	Sub-Conjunto	Comp. [m]	Larg. [m]	Alt. [m]	Peso [T]	CxLxAxP	Comp. Sold. [m]	Factor λ
B003	SBC001	7.6	23.8	1.45	62.7	16444.7	1610	10.2
	SBC002	7.6	23.8	2.75	44.4	22085.4	1904	11.6
B015	-	15	9.6	1.95	96.6	27125.3	2452	11.1
B428	BB	15	4.8	5.5	18.7	7405.2	685	10.8
	EB	15	4.8	5.5	18.6	7365.6	685	10.8
B005	SBC001	8	24.2	1.45	55.7	15636.1	1550	10.1
	SBC002	8	24.2	2.75	40.5	21562.2	1750	12.3
Média								11.0

Foi encontrado um valor interessante nesta análise rápida. O factor λ , no valor de 11, corresponde à divisão do CLAP (Multiplicação do Comprimento, Largura, Altura e Peso do bloco), pelo comprimento de soldadura estimado pelo orçamentista da JoperInox.

Os blocos B003 e B005 foram analisados pelos seus subconjuntos: SBC001 (Duplo Fundo) e SBC002 (1.º Pavimento), isto por que quando analisados em conjunto não respeitam o factor λ . A explicação para tal é simples, a união entre ambos implica um aumento do comprimento de soldadura entre 15 a 20%.

Efectuando agora a mesma análise para os blocos construídos na JoperInox, obtemos os resultados presentes na Tabela 16.

Tabela 16. Dimensões e Características dos blocos construídos na JoperInox

Bloco	Comp. [m]	Larg. [m]	Alt. [m]	Peso [T]	CxLxAxP	Comp. Sold. [m]	Factor λ
AC01	5.9	7	2.5	15	1548.75	339	4.6 X
AC02	8.6	15	2.5	28.2	9094.5	868	10.5
AC03	10.2	15	2.5	22.3	8529.75	746	11.4
AC04	10	15	2.5	17.3	6487.5	567	11.4
AC07	5.9	2.9	2.5	4.2	179.655	130	1.4 X
AC08	9.9	15	2.5	17.7	6571.13	555	11.8
AC09	10.2	15	2.5	24.3	9294.75	798	11.6
AC10	10	15	2.5	20.9	7837.5	732	10.7
AC13	11.6	15	2.5	22.8	9918	872	11.4
AC14	9.9	15	2.5	18.9	7016.63	758	9.3
AC15	6.2	15	2.5	13.2	3069	550	5.6 X
Média							11.0

Podemos verificar que, retirando os casos especiais dos blocos AC01 e AC07 de pequenas dimensões, e também do bloco AC15, o valor do factor λ para todos os outros se encontra bastante semelhante ao obtido para o caso dos 4 blocos do ferry de veículos e passageiros orçamentados. Sendo a média inclusivamente idêntica.

O factor λ permite verificar se as dimensões do bloco a analisar se encontram dentro dos limites dos blocos analisados neste estudo. Por outro lado o factor λ permite efectuar uma estimativa do peso de aço em cada bloco sem ter de facto ainda efectuado o trabalho de preparação/corte (a partir do qual se sabe em detalhe o peso exacto de cada bloco em aço), ou seja, ainda numa fase muito preliminar de projecto naval, onde só possuímos os desenhos de divisão de blocos, é possível pelas dimensões gerais de cada um e pelos reforços existentes, ter uma ideia do seu peso.

Relativamente ao tipo de processo de soldadura usada temos a seguinte distribuição apresentada na Tabela 17 para o caso dos blocos orçamentados e comparativamente temos a distribuição para os 11 blocos construídos pela JoperInox na Tabela 18.

Tabela 17. Distribuição do tipo de soldadura de blocos orçamentados

Bloco	SAW [m]	FCAW [m]	SAW [%]	FCAW [%]
B003	364	3098	11	89
B015	272	2180	11	89
B428	105	580	15	85
B005	212	3300	6	94
Média			11	89

Tabela 18. Distribuição do tipo de soldadura de blocos construídos pela JoperInox

Bloco	SAW [m]	FCAW [m]	SAW [%]	FCAW [%]
AC01	15	324	4	96
AC02	69	799	8	92
AC03	82	664	11	89
AC04	80	487	14	86
AC07	16	114	12	88
AC08	57	498	10	90
AC09	80	718	10	90
AC10	80	652	11	89
AC13	69	803	8	92
AC14	79	679	10	90
AC15	52	498	9	91
Média			10	90

Ou seja, podemos verificar que estão em linha com as estimativas da orçamentação dos 4 blocos do ferry. Sendo que em média na construção de um navio existe por cada metro soldado por arco submerso, 9 metros soldados por fios fluxados. Algo que já seria expectável à partida quando se trata de soldadura na industria naval, como é possível ver na Figura 117.

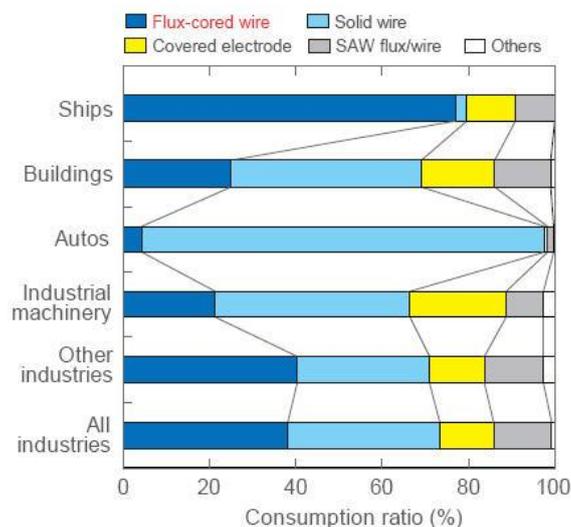


Figura 117. Processos de soldadura por tipo de Industria em 2009 no Japão [27]

A velocidade de soldadura semi-automática por fios fluxados com protecção gasosa é estimada de acordo com a média calculada para 11 soldadores envolvidos em trabalhos diários de soldadura de um dos blocos (Tabela 20). No anexo 9.2.1 é possível ver em maior detalhe a Tabela 39 ilustrativa dos metros soldados e horas gastas por cada soldador. A velocidade média obtida encontra-se dentro de valores obtidos em outros estudos [13].

Tabela 19. Velocidade média de soldadura FCAW com Protecção Gasosa

Soldador	Velocidade [m/h]
A	2.29
B	1.21
C	1.64
D	3.80
E	3.37
F	2.23
G	4.14
H	1.86
I	1.54
J	1.83
K	2.16
MÉDIA	2.37

Relativamente a gastos dos consumíveis temos a seguinte Tabela 20 calculada a partir das regressões lineares apresentadas na Figura 111.

Tabela 20. Gastos em Material de Adição de Soldadura

Bloco	Gastos em Consumíveis			N.º de Bobines (16 kg)
	Soldadura Topo a Topo (kg)	Soldadura em T Contínua (kg)	Soldadura em T Descontínua (kg)	
AC01	7.34	143.51	12.80	11
AC02	34.52	313.89	41.38	25
AC03	40.90	201.86	49.15	19
AC04	39.80	156.60	33.83	15
AC07	8.19	51.91	4.07	5
AC08	28.35	235.86	15.76	18
AC09	39.90	281.65	37.41	23
AC10	39.80	260.03	32.78	21
AC13	34.65	302.61	44.63	24
AC14	39.70	283.07	31.01	23
AC15	25.93	179.16	29.98	15
TOTAL	339.08	2410.17	332.80	199

Em resumo temos um gasto em material de adição total de 3,1 toneladas de soldadura o que corresponde a sensivelmente 1,5% do peso total do Aço construído (204 Toneladas). É um valor abaixo do esperado para a construção de um navio que por norma tem no final 2% a 3% do seu peso em soldadura. No entanto, como este estudo não inclui a soldadura das chapas de ferro e da própria união de blocos a percentagem obtida é aceitável.

Relativamente ao número de bobines de soldadura gastas (cerca de 200) o valor encontra-se minimamente dentro do expectável, podendo no entanto adicionar-se cerca de 5% de bobines extras derivado aos desperdícios. Isto porque não era raro no estaleiro existirem bobines não utilizadas até ao fim que eram colocadas como sobras novamente no armazém ou acabavam mesmo por ser deitadas fora. O principal facto para tal procedimento está obviamente associado ao seu relativo baixo custo de aquisição, que faz com que o estaleiro tenha um menor custo por deitar fora bobines de soldadura do que o custo associado à paragem do soldador para substituição de bobine. O mesmo se passava com eléctrodos revestidos de soldadura, onde existia sempre um desperdício de parte da vareta no final do seu uso (valores a rondar os 50 a 100 mm).

Ora assumindo um gasto de 200 bobines avaliadas em € 38 cada, temos que o custo do material de adição neste trabalho representa um valor simbólico de € 7600.

No que diz respeito aos gastos energéticos da soldadura e assumido que por cada quilograma de metal depositado é necessário um gasto eléctrico de 4 kW [26], temos um gasto estimado para este trabalho de 12.800 kW. Considerando um preço de electricidade em €0,10 / kW, temos um custo final de € 1280.

Se tivermos em conta as 10240 Hh de trabalho estimadas para a execução dos 11 blocos e que a média salarial de todos os operários ronda os 8 € / Hh, temos os custos com mão de obra a chegar aos €82.000. Sendo assim os gastos em electricidade (máquinas de soldadura) e materiais de adição representarão 10% a 11% dos custos de MDO.

Estes resultados de gastos vem demonstrar um pouco o que já havia sido referido no capítulo 2 desta dissertação. Na qual se refere que os gastos em materiais de adição, gastos eléctricos e gases de protecção ou corte possuem um custo muito residual quando comparados com o custo da mão de obra e até mesmo quando comparados com o preço de aquisição de chapas e perfis.

Relativamente ao tratamento dos dados de número de perfis por bloco, podemos verificar na Figura 112 que existe uma enorme dispersão (como seria de esperar) no que diz respeito ao número de perfis por tonelada de aço, visto que este valor depende muito do tipo de perfil utilizado e da zona do navio em questão. Contudo é possível fazer uma aproximação por meio de regressão linear de um valor de perfis necessários para um dado peso de um bloco, expresso na eq. (29).

Por meio dos modelos criados em 3 dimensões dos blocos é também possível saber com alguma exactidão que o peso em perfis de reforço (perfis bolbo, cantoneiras e barras) usados nos 11 blocos construídos é de sensivelmente 39.2 t, o que sugere que cerca de 20% do peso de cada bloco se encontra associado a perfis de reforço. De notar que este peso/percentagem não inclui cavernas de balizas reforçadas, sicórdias, vaus, esquadros (se estes também forem considerados a percentagem de peso em reforços de cada bloco sobe para perto dos 40% do peso total do bloco). Estes valores percentuais de reforços podem ser um bom indicador para calcular o número de perfis necessários num dado bloco.

Como já foi referido anteriormente o corte das peças deste bloco foi efectuado em Espanha pelo que não foi possível analisar dados de corte nesta referida construção. Excepção feita a todo o

corte de perfilaria que foi efectuado pela própria JoperInox com base nos modelos 3D e 2D efectuados em AutoCAD.

Este corte é relativamente simples de ser analisado, pois implica somente o transporte de um dado perfil até à mesa de corte, análise dimensional da peça, o corte propriamente dito da peça (que inclui um determinado acabamento das extremidades), a rectificação dos extremos do perfil e finalmente o transporte da peça para obra ou parque de peças consoante necessidades de construção.

Dos casos analisados (ver anexo 9.2.1) chegou-se a resultado médio de velocidade de corte de perfis de cerca de 3 m a cada 10 minutos, o equivalente a 18 m/h. A mesma velocidade mas agora indexada ao peso corresponde a sensivelmente 0.2 t/h.

Como se tratam de perfis em bolbo, barras e cantoneiras em L com espessuras a variar somente entre os 5 e os 8 mm o tempo de corte é muito pouco afectado por esta variável.

As variáveis que neste estudo tiveram mais impacto no tempo de corte foram o comprimento do perfil a ser cortado e o respectivo peso associado, por motivos de transporte.

As seguintes figuras ilustram o arranjo da arrumação dos blocos embarcados na barça de transporte (Figura 118), a partida da mesma em direcção ao estaleiro espanhol para a união de blocos (Figura 119) e finalmente na Figura 120 vemos o navio já completo a partir para provas de mar.



Figura 118. Carregamento dos blocos na barça de transporte

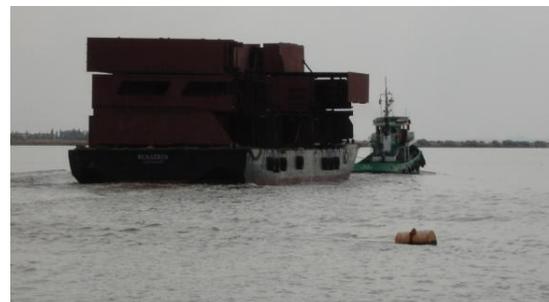


Figura 119. Partida da barça em direcção ao estaleiro de Vigo



Figura 120. Provas de Mar do Navio Espanhol (fonte: Digital-Seas.com)

5 Programa do Modelo de Custos

Neste capítulo é agora apresentado de modo sucinto o programa do modelo de custos usado na folha de cálculo de EXCEL entregue em anexo.

Este programa é gerado a partir dos resultados obtidos ao longo do estudo e tem por objectivo de uma forma rápida estimar custos de determinados processos relativos à construção do casco de uma embarcação.

No menu inicial do programa, ilustrado na Figura 121, é permitido ao utilizador escolher uma série de configurações relativas a cada centro de custo e coeficientes de ajuste que serão analisados mais à frente.

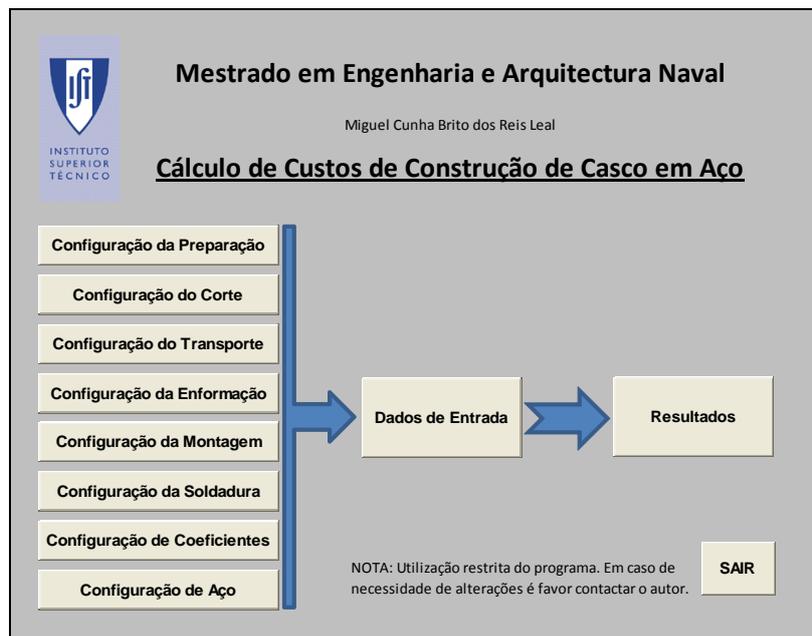


Figura 121. Interface do menu principal do programa

Ainda dentro do menu inicial é possível escolher a opção dados de entrada que levará o utilizador à página de introdução de dados visível na Figura 122.

Tipo de Navio	<input type="text" value="12"/>	TIPO DE NAVIO	TIPO DE BLOCO	<input type="button" value="MENU PRINCIPAL"/>
Tipo de Bloco	<input type="text" value="1"/>	1 Navio Petrolero	1 Superestrutura	
Comprimento	<input type="text" value="8.6"/> [m]	2 Navio de Produtos	2 Proa	
Boca	<input type="text" value="15"/> [m]	3 Navio Químico	3 Proa (com bolbo)	
Pontal	<input type="text" value="2.5"/> [m]	4 Navio Graneleiro	4 Popa	
Factor I	<input type="text" value="9.6"/> [9 < x < 13]	5 Graneleiro OBO	5 Popa (com skeg)	
Peso do Bloco	<input type="text" value="28.2"/> [t]	6 Navio Porta-Contentores	6 Casa das Máquinas	
		7 Navio RO-RO	7 Meio Navio (Simples)	Complexidade Navio <input type="text" value="1.25"/>
		8 Ferry	8 Meio (Duplo fundo)	Complexidade Bloco <input type="text" value="1"/>
		9 Navio Cruzeiro	9 Meio (Duplo costado)	Complexidade Final <input type="text" value="1.25"/>
		10 Navio de Pesca	10 Outro	
		11 Rebocador		
		12 Navio Oceanográfico		
		13 Rebocador Oceânico		
		14 Outro		

Figura 122. Menu de inserção de dados de entrada

É nesta folha de cálculo que serão introduzidos os parâmetros conhecidos do bloco que se pretende orçamentar. Sendo eles: O tipo de navio, a localização do bloco ao longo do navio, dimensões gerais e peso previsto. Os coeficientes de complexidade são automaticamente seleccionados após a escolha do tipo de navio e bloco. Existe um indicador do factor λ que permite verificar se as dimensões do bloco que se pretende analisar estão dentro dos limites analisados no caso de estudo.

Regressando agora ao menu principal (Figura 121) é possível escolher a opção dos resultados. Nesta página (Figura 123) só é possível inserir o nome de identificação do bloco. Todas os restantes valores e gráficos apresentados são resultado do cálculo imediato, não podendo portanto ser alterados.

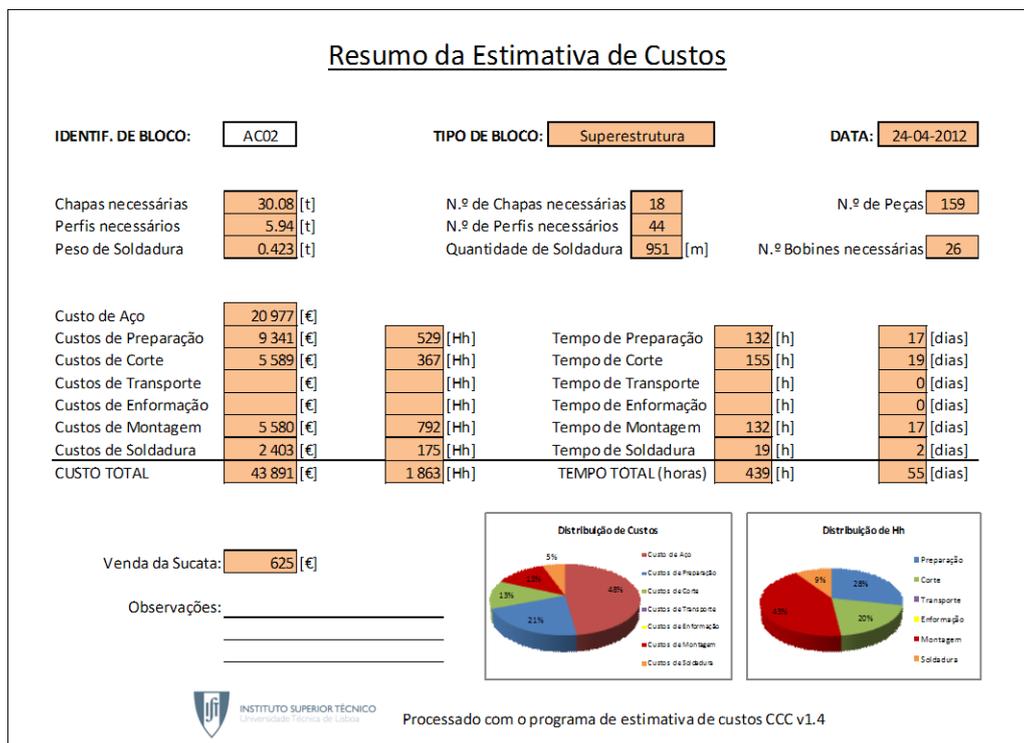


Figura 123. Interface com quadro de resumo de estimativa de custos

Esta folha está formatada de modo a ser impressa em formato A4 de modo automático, bastando para tal seleccionar a opção “imprimir” e definir de seguida a impressora.

Estão inseridos neste resumo de custo os seguintes elementos estimados de acordo com as configurações: os custos de cada centro produtivo com as respectivas homens-horas calculadas; a previsão do tempo de trabalho necessário para a conclusão de cada tarefa tendo em conta o número de homens associados. De notar que o tempo total não tem em conta actividades que possam ser efectuadas em simultâneo. São apresentados ainda uma estimativa de peso de chapas e perfis a ser encomendados já com factores de desperdício incluídos, o comprimento de soldadura estimado e respectivo peso tendo em conta o peso do bloco e finalmente os respectivos consumíveis necessários, n.º de bobines de fio fluxado.

Relativamente às possíveis configurações do programa de cálculo, é possível observar no menu principal a existência de 8 configurações possíveis. Só após estas estarem correctamente calibradas de acordo com o pretendido pelo utilizador é que será correcto avançar para a introdução de dados e posteriormente para os resultados. O programa fornecido em anexo é fornecido com uma configuração baseada nos casos de estudo sendo que o utilizador deverá alterá-la para se aproximar melhor da sua realidade.

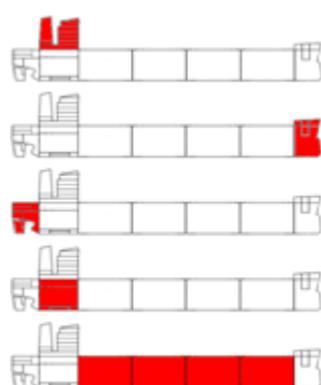
Os 8 interfaces disponíveis para configurar parâmetros são:

- Configuração da Preparação – Permite ajustar o factor de produtividade, o número de preparadores, respectivo custo de MDO e finalmente custos de depreciação relativos ao equipamento;
- Configuração de Corte – Permite ao utilizador definir: os CER's de produtividade da máquina de corte de chapas e de perfis, o número de funcionários a usar e respectivo salário, as percentagens de desperdício de aço (necessários para o cálculo da aquisição de chapas e perfis em excesso e ainda para o cálculo do valor de sucata) e finalmente o valor de depreciação dos equipamentos;
- Configuração de Transporte – É bastante simplificada ao ponto de somente associar o peso do bloco a um determinado CER de transporte.
- Configuração de Enformação – De modo automático verifica a localização do bloco definida pelo utilizador nos dados iniciais de entrada. Consoante se escolha um bloco a meio navio/superestrutura ou um localizado na proa/popa este fará de modo automático o ajuste de uma percentagem de aço que irá necessitar de sofrer enformação. Ao utilizador compete somente definir a produtividade da tarefa (CER), o número de operários, o custo da MDO, o custo da depreciação dos equipamentos e possíveis custos com consumíveis.
- Configuração de Montagem – Permite definir o CER de montagem, o número de montadores envolvidos, o salário de montador e os gastos com consumíveis (neste caso eléctrodos revestidos);
- Configuração de Soldadura – Permite ao utilizador calibrar 3 tipos de soldadura, sendo que em cada um dos tipos é definida uma percentagem de aplicabilidade do método (por exemplo 40% da soldadura de um navio é efectuada por fios fluxados robotizada), é também inserido a taxa de produtividade, a velocidade de cada processo, o número de soldadores, a MDO, o custo de material de adição e gastos em consumíveis;
- Configuração do Aço – Permite ajustar os valores do preço do aço e as respectivas dimensões de chapas e perfis (usado para o cálculo aproximado do número de chapas e perfis a serem encomendados);
- Configuração de Coeficientes – Relativamente à configuração dos coeficientes de complexidade convém referir que a inclusão destes no processo de estimativa deverá ser feita de acordo com o bom senso do utilizador. Os coeficientes usados tem por base o discutido seguidamente, no entanto o programa permitirá sempre que o

utilizador defina ou altere estes coeficientes de acordo com os dados do seu estaleiro ou de trabalhos de investigação.

Na Tabela 21 são propostos os seguintes factores de complexidade a serem multiplicados aos custos de cada actividade, de acordo com a localização do bloco do navio.

Tabela 21. Coeficientes de complexidade relativos à localização do bloco no navio



Coeficiente de Complexidade	
Superestrutura	1,00
Proa	1,35
Proa (com bolbo)	1,45
Popa	1,35
Popa (com <i>skeg</i>)	1,45
Casa das Máquinas	1,50
Meio Navio	1,10
Meio (duplo fundo)	1,25
Meio (duplo costado)	1,25

Por outro lado existem também coeficientes de complexidade associados ao tipo de navio a ser construído [14].

Tabela 22 abaixo exemplifica alguns deles. Sendo que adaptando melhor os coeficientes para o caso de estudo número 2 (navio de apoio às pescas equivalente a navio oceanográfico) poderíamos ter valores de coeficientes semelhante aos apresentados na Tabela 23, mantendo as diferenças relativas entre cada tipo de navio.

Tabela 22. Coeficientes de complexidade relativos ao tipo de embarcação

Coeficiente de Complexidade	
Navio Petrolero	0,90
Navio de Produtos	1,13
Navio Químico	1,25
Navio Graneleiro	0,86
Graneleiro OBO	0,95
Navio Porta-Contentores	0,96
Navio RO-RO	0,83
Ferry	1,25
Navio Cruzeiro	3,00
Navio de Pesca	2,20
Rebocador	0,80
Navio Oceanográfico	1,25
Rebocador Oceânico	1,00

Tabela 23. Coeficientes de complexidade relativos ao tipo de embarção ajustados

Coeficiente de Complexidade	
Navio Petrolero	0,65
Navio de Produtos	0,88
Navio Químico	1,00
Navio Graneleiro	0,61
Graneleiro OBO	0,70
Navio Porta-Contentores	0,71
Navio RO-RO	0,58
Ferry	1,00
Navio Cruzeiro	2,75
Navio de Pesca	1,95
Rebocador	0,55
Navio Oceanográfico	1,00
Rebocador Oceânico	0,75

Depois de analisados os diversos casos de estudo, propõem-se as seguintes relações de estimativas de custos (CER) de acordo com os respectivos centros de custos apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24. Relações de Estimativas de Custos

	CER
Preparação	≈15 Hh/t
Corte + Enformação	≈36 Hh/t
Montagem + Soldadura	≈50 Hh/t
Preparação + Corte + Transporte + Enformação + Montagem + Soldadura	≈100 Hh/t

De notar que neste estudo não foi tido em conta a influência da curva de aprendizagem [17]. No entanto para a construção de grandes séries de navios idênticos pode ser aplicado um desconto no número de horas gastas nos navios construídos após o primeiro. Isto sucede-se devido ao ganho de experiência na metodologia de construção, na simplificação de alguns processos produtivos ou mesmo na alteração de alguns detalhes no projecto de produção.

Podem ainda haver coeficientes relativos ao local onde é construído o navio, que basicamente tem em conta o custo de mão de obra diferente do custo praticado em Portugal. A título de exemplo é comparado na Tabela 25 os preços de um pedido de cotação feito para um navio de pesca de 31 metros tendo em conta diferentes estaleiros mundiais.

Tabela 25. Coeficientes relativos ao local onde é produzido o navio

	Atuneiro 31m				
	Preço Total [€]	Preço Casco [€]	Hh [est.]	Custo [€/Hh]	Coeficiente
Portugal (2011)	3 152 305	966 453	13 640	70.85	1
Espanha (2011)	3 732 745	1 027 338		75.32	1.1
Croácia (2011)	2 571 865	693 653		50.85	0.7
China (2011)	1 933 381	393 573		28.85	0.4
Portugal (1995)	1 024 994	298 196		21.86	0.3

Menos comum mas também passível de ser analisado é a introdução de coeficientes de inflação. Estes coeficientes podem ser úteis para uma análise histórica ou para efectuar previsões de aumento de encargos financeiros com uma dada construção quando o arranque desta é atrasado num espaço de anos.

Todos estes coeficientes podem ser multiplicativos de forma a se obter um valor final de complexidade do bloco γ_b , discutido no capítulo 2 do presente estudo.

6 Conclusões Finais

Ao longo deste trabalho é perceptível a complexa rede de variáveis interligadas que forma o grande *puzzle* do custo de construção de um navio em aço.

Verificamos ao longo deste estudo que é possível subdividir o custo da construção de um casco em aço em 6 parcelas mais simples, correspondentes a diferentes centros de custos. Por meio de coeficientes de ajustamento relativos à produtividade de cada processo e à complexidade da implementação do mesmo, é possível obter estimativas de custos corrigidas. Não foram no entanto avaliados custos indirectos relativos a cada um dos centros de custos.

Em relação às fórmulas simplificadas para o cálculo dos custos relativos a cada processo produtivo descritas no estudo, verifica-se que as variáveis mais importantes são o custo de mão-de-obra e a produtividade associada ao processo, que por sua vez está ligada à tecnologia do equipamento usado e ao grau de qualificação do operário. Os custos associados aos consumíveis e ao equipamento usado no processo produtivo são apenas uma pequena parcela dos custos totais.

A folha de cálculo anexa prova também ser uma ferramenta, ainda que primitiva, bastante útil para a orçamentação de um dado trabalho de construção naval. Permite ser personalizável de acordo com os coeficientes de produtividade e com graus de complexidade ajustáveis à medida de cada estaleiro. É possível ainda actualizar valores de mão-de-obra e custo de materiais.

Relativamente aos casos de estudo analisados, notou-se que existe uma certa falta de organização na recolha e tratamento de dados relativos às actividades produtivas por parte dos estaleiros portugueses. A criação de registos estatísticos destas actividades poderia trazer mais-valias enormes para estes, oferecendo maior competitividade através de uma maior organização de recursos, uma maior eficiência construtiva, evitando perdas de produtividade, acabando com estrangulamentos produtivos, melhorando processos industriais, adaptados obviamente à realidade e capacidades de cada estaleiro, e identificando os problemas dos processos, o que permitiria corrigi-los em tempo real. Seria uma ferramenta muito útil para as entidades gestoras, que poderiam facilmente analisar dados e corrigir os defeitos de modo a melhorar a produtividade de dado processo.

Do que me foi possível analisar nestes vários estudos existe uma enorme vontade por parte dos intervenientes directos e indirectos da construção do casco de efectuar o melhor trabalho possível no menor prazo de tempo. No entanto, verificou-se que por vários motivos ligados a uma deficiente capacidade organizativa, aliada a uma falta de comunicação entre intervenientes, o potencial produtivo ficou aquém do que seria esperado e possível.

A informação e os dados existem e estão disponíveis. No entanto, há que capturá-los o melhor e mais rapidamente possível e fazê-los chegar igualmente de forma célere a quem deles necessita, de preferência de modo automático. No final a velha máxima de que “informação é poder” mantém-se, sendo que quem possui o poder lidera. E hoje em dia, estando nós a atravessar a época da dita, esta torna-se vital em todas as áreas da ciência.

Estatística e probabilidade, são hoje, mais que nunca, as ferramentas que estarão ligadas ao sucesso ou não das decisões e acções tomadas. Delas dependem todas as empresas, e sem dar conta, também toda a humanidade.

É usual o engenheiro naval, aquando do projecto naval, concentrar-se nos detalhes técnicos de uma nova construção, deixando para segundo plano os custos que as suas soluções podem acarretar. No entanto é reconhecido que cada vez se torna mais importante a consciencialização, por parte do engenheiro ou arquitecto naval, das implicações económicas de cada escolha que efectua na fase de projecto. Este processo usualmente é refinado conforme o aumento de experiência individual e culmina com a integração perfeita entre soluções técnicas estruturais com soluções práticas de produção. A integração de uma estratégia de produção que adapte boas práticas de construção naval e que inclua a engenharia, as instalações e equipamentos do estaleiro e a força de trabalho pode ter ganhos consideráveis de competitividade [28].

A execução de um projecto de navio que tenha em consideração os aspectos produtivos deste (*DFP – Design for Production*) permite ganhos consideráveis na produtividade [29]. Tendo em consideração este ponto, qualquer gabinete de projecto naval deve, sempre que possível, seguir linhas de concepção de navios que tenham em consideração os aspectos de produção, de preferência associados com uma metodologia de construção de um dado estaleiro. Isto porque o que pode ser uma grande vantagem produtiva num grande estaleiro naval (com elevado número de meios e capacidades tecnológicas), pode não o ser num estaleiro de pequena dimensão e com fracos recursos. Logo a DFP deve ser adequada a cada caso, o que nem sempre é possível para um gabinete de projecto independente de estaleiros.

A fim de aumentar a produtividade dos estaleiros deverão ser implementados princípios de manufactura LEAN [30]. Estes princípios minimizam desperdícios em custos com materiais e actividades que não acrescentem valor produtivo, implicam uma melhoria constante dos métodos e processos produtivos (em busca da perfeição), aumentam a partilha de informação relevante para o aumento de qualidade e produtividade e tornam todos os processos de produção flexíveis e abertos a mudanças de modo a poderem ser melhor adaptados a novas realidades.

O corte de perfis já deveria ser um processo automatizado a fim de aumentar a produtividade. Poderíamos ter um processo análogo ao corte de chapas, no qual existiria uma carreira ou mesa onde se colocariam perfis a ser cortados. Existiria depois uma ordem de corte automática tal como nos CNC de corte de chapas.

No caso do corte de peças verifica-se que o tempo gasto em processos de limagem e acabamento dos bordos destas é uma variável a ter em conta e que possui um peso muito grande no conjunto dos custos de corte.

Relativamente ao transporte, é de extrema importância produtiva para um estaleiro, que construa navios em aço, estar dotado de ponte magnética. O uso de empilhadores para além de não ser prático no transporte de conjuntos e sub-conjuntos, deve ser considerado com uma situação de recurso e não de uso comum, excepção feita ao uso na parte logística de transporte, ou seja,

transporte de equipamentos, materiais e consumíveis para a ferramentaria, parque de abastecimentos ou obra. As gruas e pórticos terão sempre primazia na movimentação de blocos, no entanto o recurso a auto gruas, apesar de ser dispendioso, é sempre uma boa solução para pequenos estaleiros que não possuem recursos, visão estratégica a longo prazo, ou carteira de novas construções, que justifiquem a aquisição dispendiosa de meios de movimentação.

A soldadura robotizada de reforços em painéis direitos horizontais é elementar em qualquer estaleiro eficiente e competitivo actual. O recurso a este tipo de soldadura permite reduzir em pelo menos 3 vezes o tempo de soldadura e custo de mão-de-obra na soldadura de pequenos reforços (2 metros de comprimento). Para grandes painéis com reforços longos o ganho com a redução do tempo de execução e custo de mão-de-obra é ainda maior.

A soldadura manual deve ser portanto reduzida ao estritamente necessário, como sejam: união de anteparas, elementos estruturais interrompidos, soldadura ao tecto, soldadura vertical, união de blocos, soldaduras do forro, etc. Por outro lado a soldadura manual intermitente deve ser usada sempre que permitido, de modo a poupar tempo e custos em consumíveis e mão-de-obra.

7 Trabalhos Futuros

Nesta secção final indica-se um conjunto de estudos que permitirão desenvolver e melhorar os resultados deste trabalho.

Seria interessante realizarem-se estudos similares para diversos tipos de navios a fim de se obter mais dados estatísticos e refinar o modelo de custos ao ponto de se conseguir encontrar coeficientes multiplicativos de correcção das equações de custos estimados. Ou seja, tendo um dado tipo de navio diferente dos analisados nesta dissertação, as equações de custos estimadas para os navios do estudo seriam multiplicadas por um factor que as adaptasse para os custos reais desse tipo de navio.

Outra área interessante de análise seria comparar os resultados deste estudo de custo de construção com valores obtidos na reparação naval.

A comparação dos resultados de produtividade com outros estaleiros de construção naval, permite verificar se os tempos e velocidades de construção estão de acordo com a média dos estaleiros navais portugueses.

O desenvolvimento de um estudo sobre a introdução no mercado naval de tecnologias mais modernas de corte e soldadura, já hoje em dia aplicadas noutras indústrias, ajudará os estaleiros a tomarem decisões sobre os processos tecnológicos a implementar num futuro próximo.

A possibilidade de padronização de determinados processos de fabrico permitirá aumentar a produtividade dos estaleiros navais pelo que o seu desenvolvimento nesta área se torna crucial para a competitividade da indústria naval portuguesa.

8 Bibliografia

- [1] Gordo, J.M., Carvalho, I. e Guedes Soares, C., “Potencialidades de processos tecnológicos avançados de corte e união de aço em reparação naval”, *Inovação e Desenvolvimento nas Actividades Marítimas*, edição C. Guedes Soares e V. Gonçalves Brito, Lisboa, 2006, pp.877-890.
- [2] Dierksheide, J., Harwig, D., Evans, N. e Kvidahl, L. “New Automated Tandem Process for Agile Filler Welding of Ship Structures”, *Journal of Ship Production*, 2005, 21(2): 81-91.
- [3] Kelly, S.M., Martukanitz, R.P., Michaleris, P., Bugarewicz, M., Huang, T.D. e Kvidahl, L. “Low Heat Input Welding for Thin Steel Fabrication”, *Journal of Ship Production*, 2006, 22(2): 105-109.
- [4] Roland, F., Manzon, L., Kujala, P., Brede, M. e Weitzenbock, J. “Advanced Joining Techniques in European Shipbuilding”, *Journal of Ship Production*, 2004, 20(3): 200-210.
- [5] Shin, J.G., Lee, K.K., Woo, J.H., Kim, W.D., Lee, J.H., Kim, S.H., Park, J.Y. e Yim, H. “A Modeling and Simulation of Production in Subassembly Lines at a Shipyard”, *Journal of Ship Production*, 2004, 20(2): 79-83.
- [6] Van Dokkum, K. “Ship Knowledge – Ship Design, Construction and Operation”, 5.^a Edição, Dokmar - Maritime Publishers B.V., 2008.
- [7] Bachko, N. e Hoffmann L. “Shipbuilding Costing and Contract Arrangements”, *Ship Design and Construction*, Capítulo XV, Nova Iorque, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1980.
- [8] Zanluca, J.C. “Manual de Contabilidade de Custos”, Portal Tributário Editora e Maph Editora.
- [9] Ross, J.M. “A Practical Approach for Ship Construction Cost Estimating”, 3rd COMPIT, Siguenza, 2004.
- [10] Miroyannis, A. “Estimation of Ship Construction Costs”, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [11] Kaluzny, B. “An Application of Data Mining Algorithms of Shipbuilding Cost Estimation”, Defence Research & Development Canada Centre for Operational Research & Analysis, 2011.

- [12] Caprace, J., Philippe R., Warnotte, R. e Le Viol, S. “An Analytical Cost Assessment Module for Detailed Design Stage”, InterSHIP, 2004.
- [13] Bole, M. “Cost Assessment at Concept Stage Design Using Parametrically Generated Production Product Models”, ICCAS, Portsmouth, 2007.
- [14] Ennis, K.J., Dougherty, J.J., Lamb, T., Greenwell, C.R. e Zimmermann, R. “Product Oriented Design and Construction Cost Model”, Ship Production Symposium, 1997.
- [15] Trumbule, J.C., Dougherty, J.J., Deschamps, L., Ewing, R., Greenwell, C.R. e Lamb, T. “Product Oriented Design and Construction (PODAC) Cost Model – An Update”, Ship Production Symposium, 1999.
- [16] Bertram, V., Maisonneuve, J., Caprace, J. e Philippe, R. “Cost Assessment in Ship Production”, InterSHIP, 2004.
- [17] Deschamps, L.C. e Trumbule, J. “Cost Estimating”, Ship Design and Construction, Capítulo 10, Volume I, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2003.
- [18] Carvalho, I., Gordo, J.M., Lima, J.L. e Guedes Soares, C. “Modelação de custos de corte e soldadura de aço em reparação naval”, *Inovação e Desenvolvimento nas Actividades Marítimas*, edição C. Guedes Soares e V. Gonçalves Brito, Lisboa, 2006, pp. 905-917.
- [19] Butler, D. “Guide to Ship Repair Estimates (In Man Hours)”, Butterworth-Heinemann, 2000.
- [20] “Guidelines on cutting and joining techniques for steel work”, *SHIPrepair to Maintain Transport which is Environmentally Sustainable (SHIPMATES)*, Projecto n.º 506606, IST, 2007
- [21] Oliveira Santos, J. e Quintino, L. “Processos de Soldadura”, VOL. 1, Oeiras, Instituto de Qualidade e Soldadura, 1993.
- [22] Gordo, J.M. e Gonçalves da Clara, J., “Tecnologia de Estaleiros”, *Textos de Apoio*, IST, 2006.
- [23] Hunt, E.C. e Butman, B. S. “Marine Engineering Economics and Cost Analysis”, Cornell Maritime Press, 1995.
- [24] d’Almeida, J. “Arquitectura Naval – O Dimensionamento do Navio”, Lisboa, Prime Books, 2009.
- [25] Okumoto, Y. “Study of Rest Time of Workers Using Biomechanical Analysis”, *Journal of Ship Production*, 2006, 22(2): 66-71.

- [26] Froment, M. “Cascos de Aço & de Alumínio”, Dinalivro, 2011.
- [27] *Kobelco Welding Today*, Vol.7 (n.º 2), Tóquio, Kobelco Welding Today Editorial Staff, 2004.
- [28] Maffioli, P., Daidola, J.C. e Olivier, J. “Competitive Shipbuilding Production Practices”, SNAME Transactions, 2001.
- [29] Lamb, T. “Design/Production Integration”, *Ship Design and Construction*, Capítulo 14, Volume I, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 2003.
- [30] Lamb, T. “World-Class Shipbuilders: Their Productivity Using Lean-Manufacturing Principles”, SNAME Transactions, Vol. 109, 2001.

9 Anexos

9.1 1.º Caso de Estudo

9.1.1 Distribuição dos blocos da barçaça

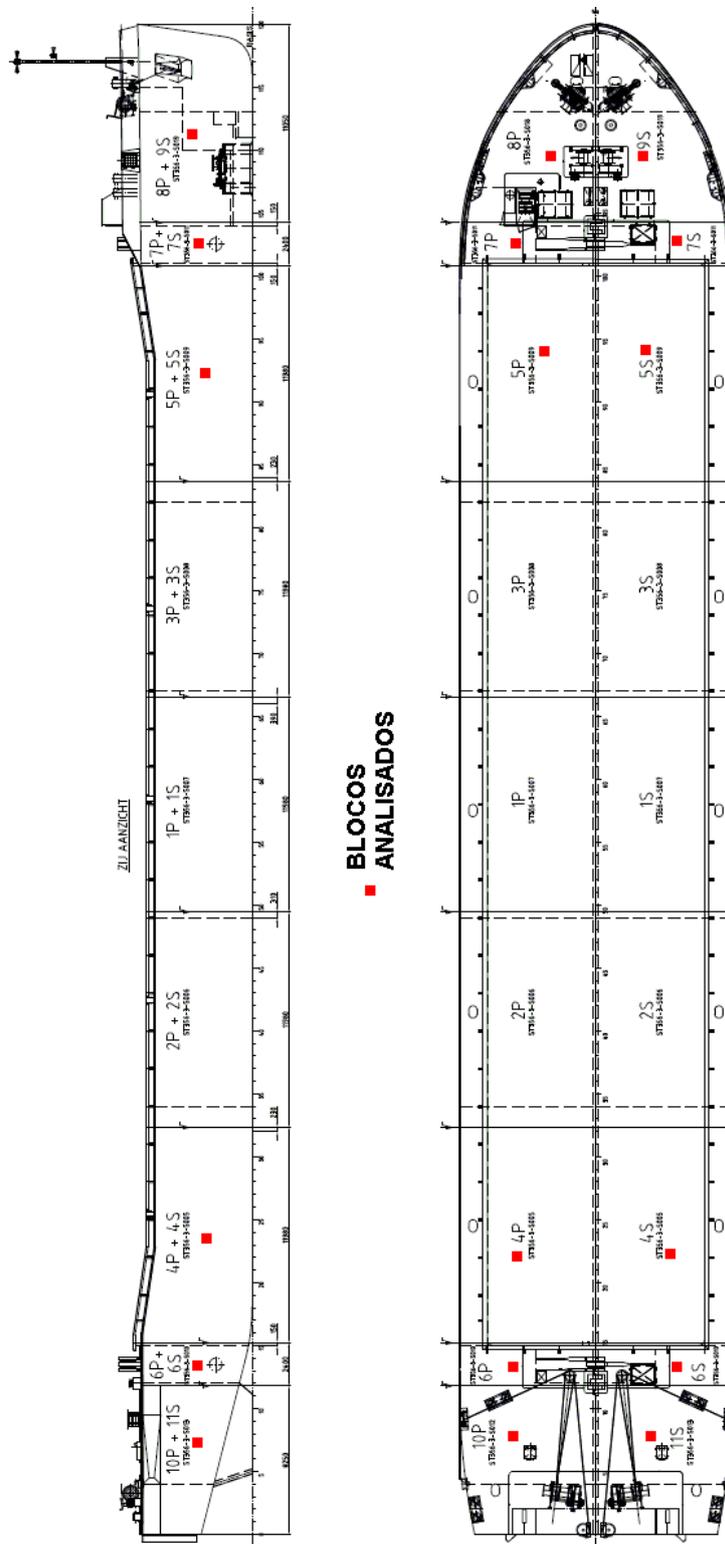


Figura 124. Blocos analisados para os processos de corte e enformação

9.1.2 Corte efectuado para os blocos de proa

Tabela 26. Chapas cortadas para os blocos de Proa (8P,9S,7P,7S)

Referência				Perímetros [m]			Peso [Kg]			Área [m ²]	Tempo [minutos]
Chapa	Nesting	Espessura	N.º de peças	Marcação	Corte	Vazio	Chapa	Peças Cortadas	Aproveitamento	Peças Cortadas	Corte Total
CH1	0056	8mm	3	0.00	55.42	21.01	2261	1057	46.8	16.83	20
CH2	0055	8mm	4	0.00	84.30	42.95	2261	1524	67.4	24.27	31
CH3	0054	8mm	18	0.00	117.73	23.34	2261	2033	89.9	32.37	41
CH4	0053	8mm	53	0.00	131.52	29.59	2261	2073	91.7	33.01	46
CH5	0398	10mm	97	0.00	230.66	2.10	2826	2312	81.8	29.45	97
CH6	0399	10mm	63	1.61	200.02	56.49	2826	2382	84.3	30.35	88
CH7	0400	10mm	51	2.11	196.85	28.31	2826	2298	81.3	29.27	85
CH8	0060	10mm	73	1.95	199.82	29.82	2826	2501	88.5	31.86	86
CH9	0401	10mm	73	2.77	205.55	26.18	2826	2340	82.8	29.81	88
CH10	0402	10mm	110	9.73	232.11	24.91	2826	2317	82.0	29.52	100
CH15	0185	12mm	31	75.09	86.55	45.21	3391	2971	87.6	31.53	54
CH16	0132	12mm	41	46.97	95.79	49.23	3391	2899	85.5	30.78	56
CH17	0154	12mm	39	72.96	68.39	40.95	3391	2760	81.4	29.30	45
CH18	0135	12mm	2	62.42	41.42	51.09	3391	2713	80.0	28.80	31
CH21	0134	12mm	7	43.67	69.97	47.41	3391	2397	70.7	25.45	43
CH23	0136	12mm	3	41.35	48.58	25.33	3391	3021	89.1	32.07	31
CH24	0214	12mm	2	48.99	41.19	34.49	3391	1906	56.2	20.23	28
CH25	0137	12mm	2	49.27	31.55	36.40	3391	2428	71.6	25.77	24
CH26	0138	12mm	1	59.01	27.08	32.21	3391	2943	86.8	31.25	22
CH27	0139	12mm	2	52.56	38.55	30.57	3391	2560	75.5	27.18	27
CH28	0140	12mm	1	58.10	27.34	32.92	3391	2981	87.9	31.64	22
CH29	0145	12mm	2	67.47	34.44	22.74	3391	1943	57.3	20.63	26
CH30	0146	12mm	2	54.15	32.22	25.73	3391	2560	75.5	27.18	24
CH31	0141	12mm	2	50.78	31.22	22.86	3391	2201	64.9	23.36	23
CH32	0222	12mm	2	45.18	31.86	22.79	3391	2275	67.1	24.15	22
CH33	0142	12mm	3	96.62	40.15	30.26	3391	2448	72.2	25.99	32
CH34	0143	12mm	3	27.91	46.83	21.31	3391	2174	64.1	23.07	28
CH12	0223	15mm	27	7.56	157.50	56.53	4239	3319	78.3	28.19	118
CH13	0224	15mm	14	13.11	130.53	51.70	4239	3010	71.0	25.56	98
CH14	0225	15mm	4	1.05	73.01	34.53	4239	1340	31.6	11.38	55
CH38	0418	20mm	27	109.28	91.57	56.27	5652	4697	83.1	29.92	117
CH39	0472	20mm	6	75.35	101.32	44.41	5652	4957	87.7	31.57	124
CH40	0419	20mm	8	73.55	85.43	55.93	5652	4273	75.6	27.22	107
CH41	0420	20mm	9	41.32	72.76	36.16	5652	4618	81.7	29.41	88
CH42	0421	20mm	7	64.56	51.81	31.26	5652	4488	79.4	28.58	67
CH43	0473	20mm	4	44.44	126.49	64.47	5652	4799	84.9	30.56	150
CH44	0423	20mm	4	35.08	56.67	38.06	5652	4081	72.2	25.99	70
CH45	0424	20mm	4	47.91	55.43	34.85	5652	3719	65.8	23.69	69
CH46	0425	20mm	5	80.74	49.65	38.55	5652	4369	77.3	27.83	66
CH47	0412	20mm	4	58.92	46.99	37.31	5652	3425	60.6	21.82	61
CH134	0426	20mm	2	18.38	22.44	16.92	2512	1894	75.4	12.06	28
CH49	0417	25mm	4	97.44	73.30	76.34	7065	4847	68.6	24.70	203
CH50	0417	25mm	7	19.09	64.70	29.90	7065	3384	47.9	17.24	170
CH301	2338	50mm	2	0.00	13.44	0.05	4710	1351	28.7	3.44	44
TOTALS			828	1758.42	3720.11	1559.39	174236	126586	72.7	1144.29	2855

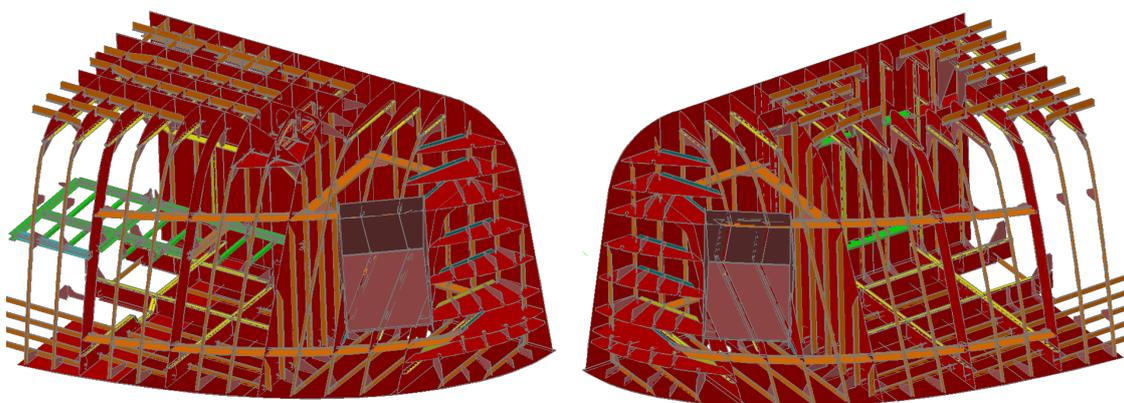


Figura 125. Blocos 3D da Proa (8P & 9S)

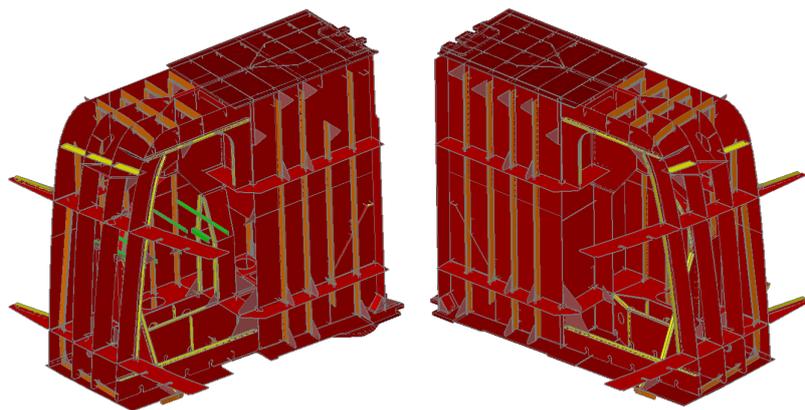


Figura 126. Blocos 3D dos Hidráulicos da Proa (7P & 7S)

9.1.3 Corte efectuado para os blocos de popa

Tabela 27. Chapas cortadas para os blocos de Popa (10P,11S,6P,6S)

Referência				Perímetros [m]			Peso [Kg]			Area [m ²]	Tempo [minutos]
Chapa	Nesting	Espessura	N.º de peças	Marcação	Corte	Vazio	Chapa	Peças Cortadas	Aproveitamento	Peças Cortadas	Corte Total
CH1-16	0257	8mm	12	3.15	66.59	29.55	786	496	63.1	7.90	25
CH53	0254	8mm	4	55.21	47.67	25.07	2261	2232	98.7	35.54	24
CH54	0269	8mm	16	30.64	98.47	41.75	2261	1836	81.2	29.23	39
CH11-18	0259	10mm	24	20.56	151.81	51.55	2086	1804	86.5	22.99	69
CH55	0260	10mm	62	22.09	168.62	45.68	2826	2481	87.8	31.61	76
CH56	0262	10mm	66	18.27	182.45	48.17	2826	2546	90.1	32.44	82
CH57	0263	10mm	75	14.08	199.20	55.36	2826	2546	90.1	32.44	89
CH58	0264	10mm	66	14.04	192.45	42.43	2826	2580	91.3	32.87	85
CH59	0270	10mm	83	19.02	224.55	52.47	2826	2484	87.9	31.64	99
CH60	0271	10mm	66	26.83	199.44	56.43	2826	2428	85.9	30.92	90
CH76	0273	10mm	64	21.35	142.89	42.38	2826	1212	42.9	15.44	65
CH21-3	0276	12mm	7	1.83	14.19	6.92	391	167	42.6	1.77	8
CH24-4	0277	12mm	5	1.31	19.55	10.37	656	270	41.1	2.86	11
CH35	0283	12mm	2	89.00	33.63	25.91	3391	2937	86.6	31.17	28
CH36	0284	12mm	3	13.69	32.92	17.71	3391	2035	60.0	21.60	20
CH61	0265	12mm	4	60.40	45.98	29.86	3391	3255	96.0	34.56	32
CH62	0267	12mm	3	85.25	39.95	30.77	3391	2926	86.3	31.07	31
CH63	0274	12mm	22	67.64	91.02	49.83	3391	3137	92.5	33.30	56
CH64	0275	12mm	15	65.00	65.20	47.91	3391	2937	86.6	31.17	43
CH65	0278	12mm	2	76.71	35.22	33.56	3391	3259	96.1	34.59	28
CH66	0279	12mm	2	94.20	34.80	43.34	3391	3089	91.1	32.79	30
CH67	0427	12mm	2	0.52	20.30	9.76	3391	790	23.3	8.39	11
CH68	0281	12mm	2	71.52	34.05	24.52	3391	3103	91.5	32.94	26
CH69	0282	12mm	3	88.13	52.88	33.70	3391	2550	75.2	27.07	38
CH77	0429	12mm	2	89.40	30.41	34.24	3391	2140	63.1	22.71	27
CH78	0430	12mm	4	95.70	56.28	39.70	3391	2706	79.8	28.73	41
CH79	0431	12mm	2	70.41	33.08	27.03	3391	2126	62.7	22.57	26
CH14-4	0291	15mm	14	12.44	65.43	27.77	2327	1473	63.3	12.51	50
CH70	0292	15mm	15	3.93	146.71	65.90	4239	2942	69.4	24.98	110
CH71	0293	15mm	23	25.63	147.19	57.26	4239	3349	79.0	28.44	112
CH44-5	0311	20mm	4	0.93	14.33	6.04	663	503	75.8	3.20	17
CH45-5	0312	20mm	7	1.83	18.17	7.44	663	481	72.6	3.07	21
CH72	0296	20mm	25	66.68	90.94	34.17	5652	5285	93.5	33.66	110
CH73	0299	20mm	11	75.38	62.31	45.43	5652	5330	94.3	33.95	80
CH74	0300	20mm	7	72.57	57.85	44.91	5652	4437	78.5	28.26	75
CH75	0303	20mm	11	51.07	65.24	32.51	5652	4686	82.9	29.84	80
CH82	0304	20mm	2	60.55	33.50	34.44	5652	4296	76.0	27.36	46
CH83	0305	20mm	2	72.50	35.31	44.42	5652	4550	80.5	28.98	50
CH84	0307	20mm	2	71.72	34.66	35.12	5652	4431	78.4	28.22	49
CH85	0308	20mm	2	66.43	40.59	32.04	5652	2843	50.3	18.11	54
CH86	0310	20mm	3	83.20	49.12	30.39	5652	3691	65.3	23.51	65
CH87	0309	20mm	2	0.52	52.89	26.56	5652	3013	53.3	19.19	61
CH133	0395	20mm	2	0.52	27.62	9.71	2355	1674	71.1	10.67	32
CH50-5	0314	25mm	5	3.94	33.91	14.48	2515	1753	69.7	8.93	89
CH89	0391	25mm	1	15.95	18.01	13.70	7065	1060	15.0	5.40	49
CH90	0392	25mm	5	99.07	72.09	63.91	7065	4882	69.1	24.88	200
CH267	2256	30mm	2	0.05	43.82	15.56	3533	2784	78.8	11.82	120
CH289	2278	40mm	2	13.41	11.36	6.18	4710	1209	25.7	3.85	36
TOTALS			765	2014.24	3434.62	1603.92	171591	124740	72.7	1109.13	2705

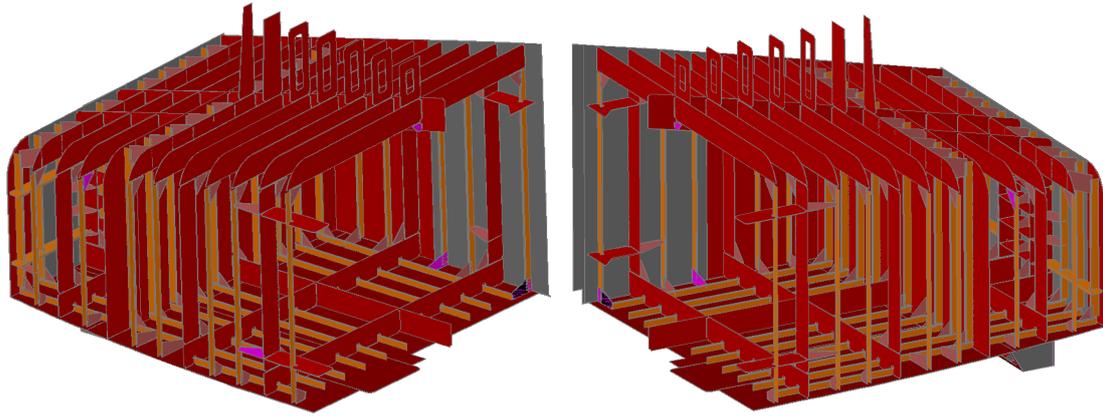


Figura 127. Blocos 3D da Popa (10P & 11S)

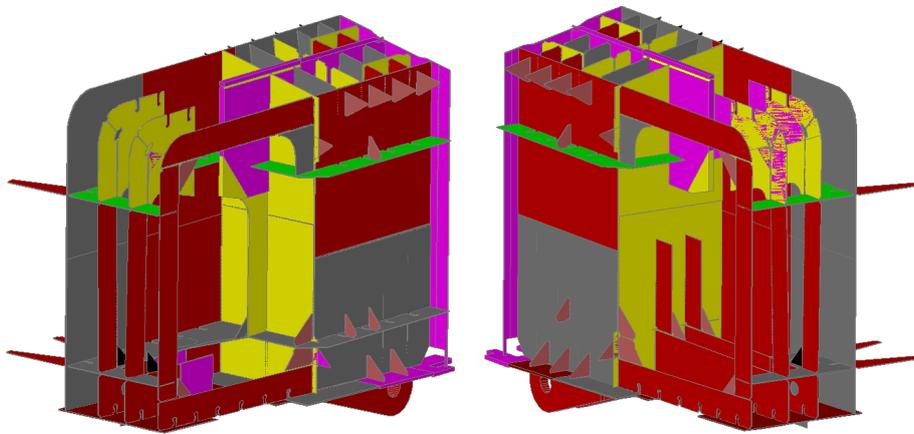


Figura 128. Blocos 3D dos Hidráulicos da Popa (6P & 6S)

9.1.4 Corte efectuado para os blocos de ligação com meio navio

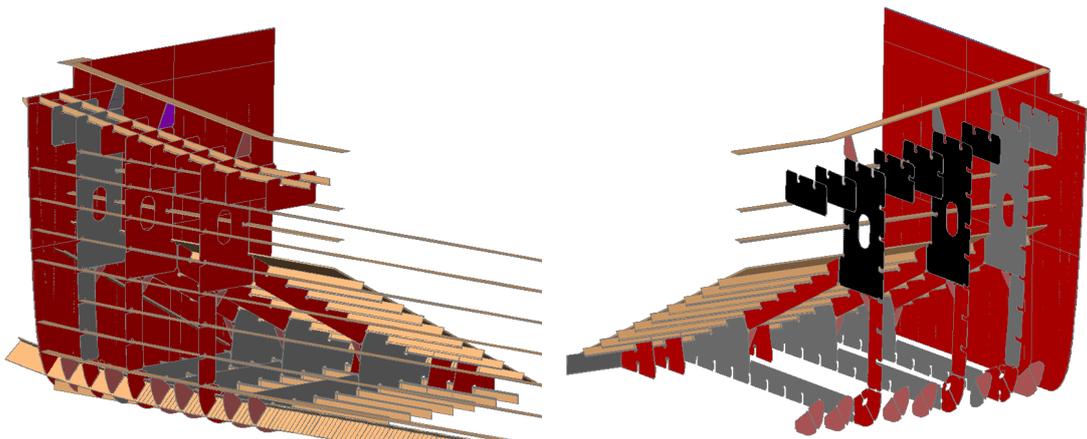


Figura 129. Blocos 3D de ligação da proa ao corpo central (5P & 5S)

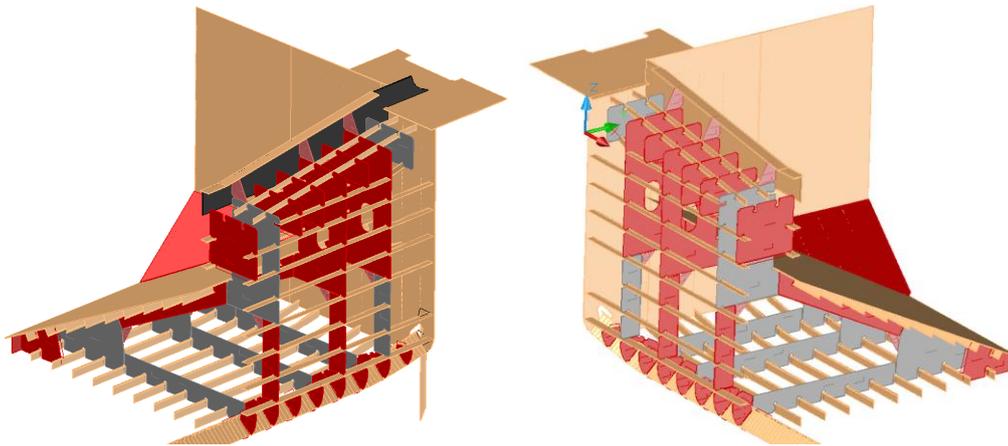


Figura 130. Blocos 3D de ligação da proa ao corpo central (4P & 4S)

Tabela 28. Chapas cortadas para os blocos de ligação com Meio Navio (5P,5S,4P,4S)

Referência				Perímetros [m]			Peso [Kg]			Area [m ²]	Tempo [minutos]
Chapa	Nesting	Espessura	N.º de peças	Marcação	Corte	Vazio	Chapa	Peças Cortadas	Aproveitamento	Peças Cortadas	Corte Total
CH1-16-60	0317	8mm	12	1.76	13.76	3.80	64	39	60.4	0.62	6
CH91	0464	8mm	28	17.07	177.44	52.30	2261	1865	82.5	29.70	65
CH92	0465	8mm	18	9.74	123.80	49.51	2261	1786	79.0	28.44	46
CH93	0321	8mm	42	24.69	154.25	75.33	2261	1822	80.6	29.02	59
CH94	0466	8mm	31	21.05	151.20	60.00	2261	1861	82.3	29.63	57
CH95	0467	8mm	18	6.35	147.39	51.47	2261	1714	75.8	27.29	54
CH96	0468	8mm	16	5.98	152.93	48.90	2261	1718	76.0	27.36	55
CH114	0469	8mm	16	7.65	141.38	31.46	2261	1759	77.8	28.01	50
CH115	0470	8mm	35	17.08	94.55	37.73	2261	934	41.3	14.87	36
CH648	2595	8mm	14	28.21	129.73	58.46	2261	1698	75.1	27.04	50
CH76-74	0327	10mm	114	32.30	158.77	41.90	1200	977	81.4	12.44	73
CH97	0432	12mm	7	119.01	53.81	31.25	3391	3069	90.5	32.58	41
CH98	0433	12mm	3	102.80	36.56	24.53	3391	2760	81.4	29.30	31
CH99	0434	12mm	2	111.94	34.09	31.29	3391	2998	88.4	31.82	31
CH100	0435	12mm	2	112.96	34.32	34.53	3391	3062	90.3	32.51	31
CH101	0436	12mm	1	66.68	20.09	17.18	3391	1858	54.8	19.73	18
CH116	0437	12mm	1	66.68	23.09	25.67	3391	1858	54.8	19.73	20
CH14-4-7	0334	15mm	14	3.67	23.91	8.90	440	276	62.8	2.35	19
CH102	0335	15mm	12	22.19	77.47	31.75	2355	1740	73.9	14.78	60
CH118	0369	15mm	4	26.11	73.93	25.41	3532	2049	58.0	17.40	58
CH85-7	0336	20mm	4	1.05	27.41	9.63	2327	1454	62.5	9.26	32
CH88	0379	20mm	1	63.69	21.19	17.69	3768	3538	93.9	22.54	32
CH103	0443	20mm	7	112.13	79.97	52.26	5652	4086	72.3	26.03	104
CH104	0337	20mm	2	100.39	35.27	27.91	5652	5432	96.1	34.60	52
CH105	0382	20mm	2	69.73	30.82	30.87	3768	3512	93.2	22.37	44
CH106	0383	20mm	1	63.69	21.19	18.12	3768	3538	93.9	22.54	32
CH110	0456	20mm	3	99.28	42.47	37.85	5652	4324	76.5	27.54	60
CH111	0441	20mm	6	127.78	81.89	48.53	5652	4098	72.5	26.10	108
CH112	0457	20mm	2	78.72	42.44	29.19	5652	3193	56.5	20.34	57
CH113	0438	20mm	4	99.53	63.68	39.27	4710	3255	69.1	20.73	84
CH119	0444	20mm	2	64.61	30.85	23.36	3768	3395	90.1	21.62	43
CH120	0451	20mm	1	39.14	18.98	14.99	2512	2211	88.0	14.08	27
CH121	0452	20mm	1	39.14	18.98	13.61	2512	2211	88.0	14.08	26
CH122	0448	20mm	2	50.70	31.72	26.17	3768	2932	77.8	18.67	43
CH123	0453	20mm	1	42.52	18.52	10.92	2512	2042	81.3	13.01	26
CH124	0450	20mm	2	80.06	30.66	23.80	3768	3474	92.2	22.13	44
CH125	0458	20mm	1	51.67	28.70	18.44	5652	2182	38.6	13.90	39
CH126	0455	20mm	1	35.87	18.30	15.80	2512	2020	80.4	12.86	25
CH127	0388	20mm	2	91.88	30.81	30.80	3768	3534	93.8	22.51	46
CH128	0374	20mm	1	55.59	18.99	19.12	2512	2326	92.6	14.82	28
CH129	0375	20mm	1	55.59	18.99	14.64	2512	2326	92.6	14.82	28
CH130	0376	20mm	1	44.91	19.18	16.44	2512	2334	92.9	14.86	27
CH131	0454	20mm	1	44.91	19.18	15.85	2512	2334	92.9	14.86	27
CH132	0446	20mm	1	38.01	18.58	15.39	2512	2206	87.8	14.05	26
TOTAIS			440	2354.48	2591.23	1311.95	138219	107798	87.8	912.92	1920

9.1.5 Aninhamento exemplificativo

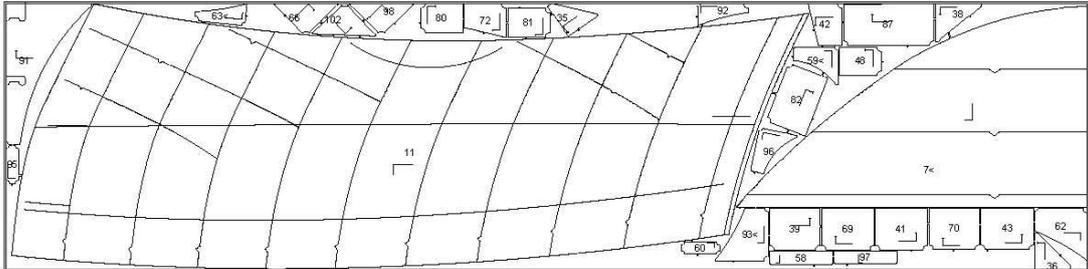
	Ref	C025CH15			Quantidade	
	Trabalho	Proa-12mm			23-03-2010	
	CNC	00000185	12000	x 3000	x 12	11:19:01.00
	Dado de utilizador 3					
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; color: red; font-weight: bold;">CORTA NA CHAPA Nº 557</div>						
						
Máquina	SAF HPC	Peso	0 kg			
Material	Acero Naval A	X	11985.147			
Tempo total	07:41:57.78	Y	2985			
Dado de utilizador 1		Aproveitamento (%)	87.621			
Dado de utilizador 2		Retalho (%)	89.102	98.338		
#	Referência	Chapa	Total	Faltam	Peso	Dimensões
35	496-7S/7S	1	1	0	8.987	400 x 400
36	497-7S/7S	1	1	0	8.461	399.883 x 400.788
38	502-7S/7S	1	1	0	11.386	515 x 425
39	499-7S/7S	1	1	0	24.16	560 x 465
41	500-7S/7S	1	1	0	25.124	582.031 x 465
42	521-7S/7S	1	1	0	13.832	375 x 465
43	520-7S/7S	1	1	0	25.147	582 x 465
48	545-7S/7S	1	1	0	13.656	320.203 x 465
58	1158-7S/7S	1	1	0	9.849	150.477 x 696.326
59	1159-7S/7S	1	1	0	11.622	425 x 493.071
60	1160-7S/7S	1	1	0	5.024	134.547 x 425
62	1162-7S/7S	1	1	0	22.014	582 x 582.967
63	1163-7S/7S	1	1	0	8.325	560 x 249.366
66	425-7P/7P	1	1	0	12.286	500 x 500
69	510-7P/7P	1	1	0	25.148	582 x 465
70	511-7P/7P	1	1	0	24.16	560 x 465
72	529-7P/7P	1	1	0	13.832	375 x 465
80	559-7P/7P	1	1	0	13.91	326 x 465
81	560-7P/7P	1	1	0	13.656	320.227 x 465
82	561-7P/7P	1	1	0	30.041	694.297 x 465
87	583-7P/7P	1	1	0	43.315	998.5 x 465
91	613-7P/7P	1	1	0	59.298	936.657 x 1568.868
92	1169-7P/7P	1	1	0	8.325	560 x 249.366
93	1168-7P/7P	1	1	0	22.014	582.001 x 582.967
(1)						

Figura 131. Ficha de corte típica originada pelo Lantek

9.1.6 Informação fornecida para enformação

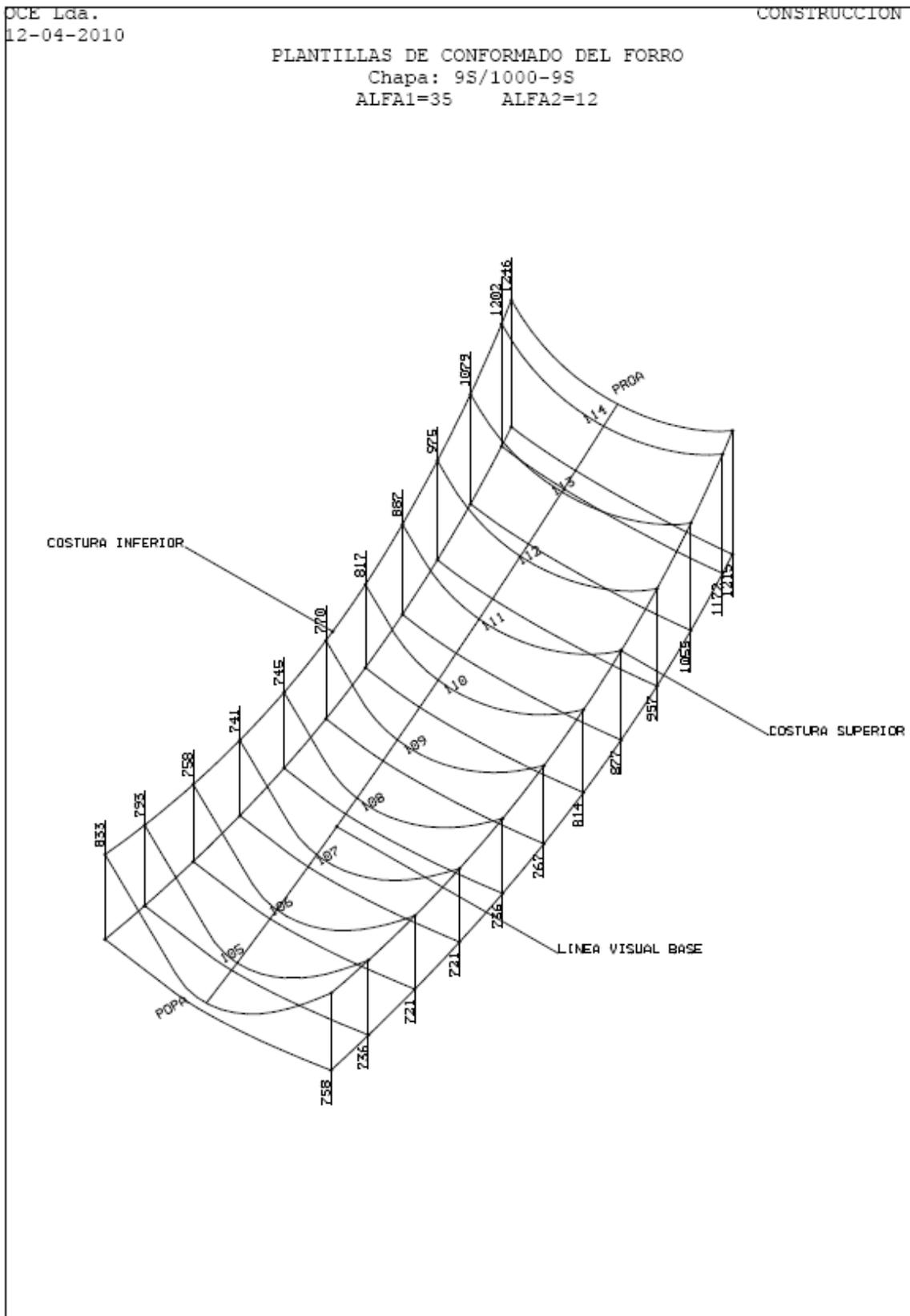


Figura 132. Informação gerada de modo automático pelo DEFCAR necessária para a enformação de chapas

EXTREMO INI		105		106		107		108		109	
U	V	U	V	U	V	U	V	U	V	U	V
-250	50	-250	124	-250	202	-250	260	-250	298	-250	314
0	225	0	299	0	377	0	435	0	473	0	489
250	400	250	474	250	552	250	610	250	648	250	664
500	575	500	649	500	727	500	785	500	823	500	838
750	750	750	824	750	902	750	952	750	961	750	943
1000	921	1000	973	1000	1010	1000	1022	1000	1012	1000	984
1250	976	1250	1005	1250	1024	1250	1025	1250	1010	1250	981
1500	949	1500	970	1500	982	1500	981	1500	967	1500	941
1750	866	1750	883	1750	896	1750	897	1750	889	1750	868
2000	733	2000	752	2000	768	2000	777	2000	776	2000	764
2250	559	2250	581	2250	605	2250	620	2250	628	2250	627
2500	354	2500	384	2500	416	2479	456	2462	482	2454	493
2560	302	2532	357	2502	414	2500	440	2500	456	2500	462
2750	137	2750	178	2750	221						
1294	976	1186	1004	1073	1021	987	1020	930	1004	905	974
LONG = 2983	LONG = 2924	LONG = 2856	LONG = 2795	LONG = 2742	LONG = 2700						
ANG = 79	ANG = 78	ANG = 76	ANG = 75	ANG = 74	ANG = 73						
H1 = 833	H1 = 793	H1 = 758	H1 = 741	H1 = 745	H1 = 770						
H2 = 758	H2 = 736	H2 = 721	H2 = 721	H2 = 736	H2 = 767						

110		111		112		113		114		EXTREMO FINI	
U	V	U	V	U	V	U	V	U	V	U	V
-250	308	-250	278	-250	231	-250	166	-250	82	-250	50
0	483	0	453	0	406	0	341	0	257	0	225
250	658	250	628	250	578	250	506	250	416	250	383
500	817	500	767	500	699	500	615	500	519	500	486
750	903	750	844	750	769	750	682	750	583	750	548
1000	939	1000	878	1000	803	1000	714	1000	614	1000	579
1250	936	1250	878	1250	805	1250	718	1250	619	1250	584
1500	901	1500	848	1500	780	1500	697	1500	600	1500	565
1750	836	1750	791	1750	729	1750	651	1750	558	1750	524
2000	742	2000	707	2000	654	2000	583	2000	494	2000	461
2250	616	2250	592	2250	550	2250	488	2250	406	2250	374
2455	487	2465	464	2475	424	2485	365	2493	287	2496	257
2500	458	2500	442	2500	409	2500	356	2500	283	2500	255
912	931	952	874	1017	804	1107	719	1225	619	1269	583
LONG = 2671	LONG = 2654	LONG = 2641	LONG = 2631	LONG = 2626	LONG = 2626						
ANG = 72	ANG = 71	ANG = 70	ANG = 69	ANG = 68	ANG = 68						
H1 = 817	H1 = 887	H1 = 975	H1 = 1079	H1 = 1202	H1 = 1246						
H2 = 814	H2 = 877	H2 = 957	H2 = 1055	H2 = 1172	H2 = 1215						

Figura 133. Tabela típica com valores das cêrcas de enformação

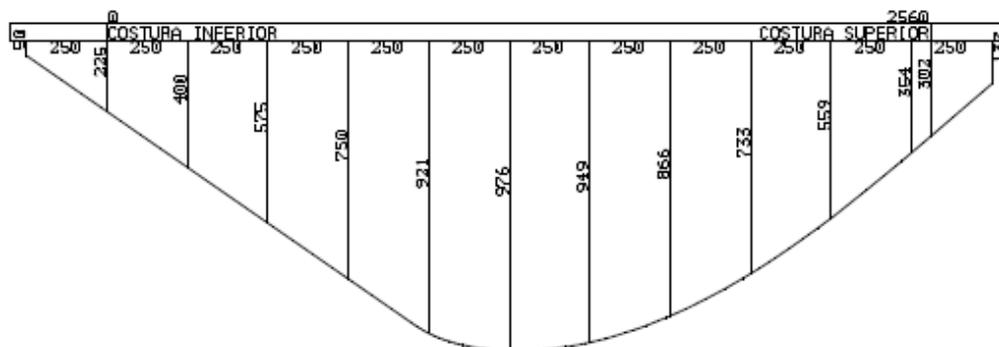


Figura 134. Informação auxiliar para a execução das cêrcas japonesas

Tabela 31. Soldadura topo a topo por arco submerso (1200mm de comprimento)

Soldadura SAW - 1200mm (7mm) [1 Homem]	
Actividade	Tempo (min)
Montagem e alinhamento	4
Soldadura	8
TOTAL	12

Tabela 33. Tempo de voltar painel com 1,8 toneladas de peso

Voltar Painel [3 Homens]	
Actividade	Tempo (min)
1ª Tentativa (só ponte)	3
Pausa para buscar auxiliar	16
2ª Tentativa (ponte+empilh.)	12
TOTAL	31

Tabela 35. Reparação de avaria na ponte de transporte

Cabos de comando de ponte soltaram-se [1 Homem]	
Actividade	Tempo (min)
Subida e reparação	13
TOTAL	13

Tabela 37. Corte de perfil bolbo em 2 peças de reforço

Corte de duas peças de um perfil de 6 m [2 Homens]	
Actividade	Tempo (min)
Transporte à mão (3P)	2
Corte de extremidade	2
Análise de desenhos	2
Marcações	1
Preparação e Verificação	3
Corte 1.ª Peça	2
Rectificar Peça	1
Corte de extremidade	2
Marcação e verificação	2
Corte 2.ª Peça	5
Rectificar Peça	1
TOTAL	23

Tabela 32. Soldadura topo a topo por arco submerso (6700mm de comprimento)

Soldadura SAW - ~6700mm (7mm) [1 Homem]	
Actividade	Tempo (min)
Montagem e alinhamento	4
Soldadura	26
TOTAL	30

Tabela 34. Tempo de preparação para efectuar o passe de raiz

Soldadura do novo lado do painel [1 Homem]	
Actividade	Tempo (min)
Preparação e Rectificação	61
Montagem de carris	6
Transporte da máquina SAW	5
TOTAL	72

Tabela 36. Soldadura com robô, em T por fios fluxados de 3 perfis bolbo (2000mm de comprimento cada)

Soldadura robot FCAW - 3 perfis (~2000 mm/cada)	
Actividade	Tempo (min)
Transporte de máquina	4
Montagem e Preparação	13
1.ª Soldadura	6
Reposicionamento	2
2.ª Soldadura	3
Paragem para manutenção	25
2.ª Soldadura	3
Reposicionamento e manut.	7
3.ª Soldadura	6
FCAW Manual	13
Rectificar e FCAW Manual	15
TOTAL	97

Tabela 38. Corte de 2 peças de reforço de um perfil bolbo

Corte de duas peças de um perfil de 6 m [2 Homens]	
Actividade	Tempo (min)
Transporte mão e ponte (2P)	5
Posicionar na mesa de corte	1
Corte de extremidade	2
Preparação	1
Corte 1ª Peça	2
Rectificar Peça	2
Corte de extremidade	2
Corte 2ª Peça	2
Rectificar Peça	1
TOTAL	18

Tabela 39. Comprimentos e tempos de soldadura de 11 soldadores

Soldador	Data	Turno	Distância [mm]	Horas
A	9-Jan-08	Noite	25160	11
B	8-Jan-08	Dia	11430	10
B	9-Jan-08	Dia	11430	10
B	10-Jan-08	Dia	11430	10
B	11-Jan-08	Dia	11430	10
B	15-Jan-08	Dia	14892	10
C	10-Jan-08	Noite	12580	11
C	11-Jan-08	Noite	12580	11
C	13-Jan-08	Noite	27380	11
C	14-Jan-08	Noite	7200	11
C	9-Jan-08	Noite	30270	11
D	11-Jan-08	Noite	41768	11
E	9-Jan-08	Noite	35500	11
E	12-Jan-08	Noite	38700	11
F	9-Jan-08	Noite	20120	11
F	10-Jan-08	Noite	32810	11
F	16-Jan-08	Noite	20500	11
G	5-Jan-08	Noite	58115	10
G	16-Jan-08	Noite	20500	9
H	9-Jan-08	Noite	20500	11
H	10-Jan-08	Noite	20500	11
H	11-Jan-08	Noite	20500	11
H	13-Jan-08	Noite	20500	11
H	16-Jan-08	Noite	20500	11
I	4-Jan-08	Dia	20600	10
I	9-Jan-08	Dia	10100	10
I	15-Jan-08	Dia	15400	10
J	5-Jan-08	Noite	16450	10
J	3-Jan-08	Noite	20700	10
J	4-Jan-08	Noite	20700	10
J	8-Jan-08	Noite	9250	9
J	16-Jan-08	Noite	20500	9
K	3-Jan-08	Dia	15240	10
K	8-Jan-08	Dia	20700	10
K	9-Jan-08	Dia	15145	10
K	10-Jan-08	Dia	35500	10

9.2.3 AC1 – 15 toneladas

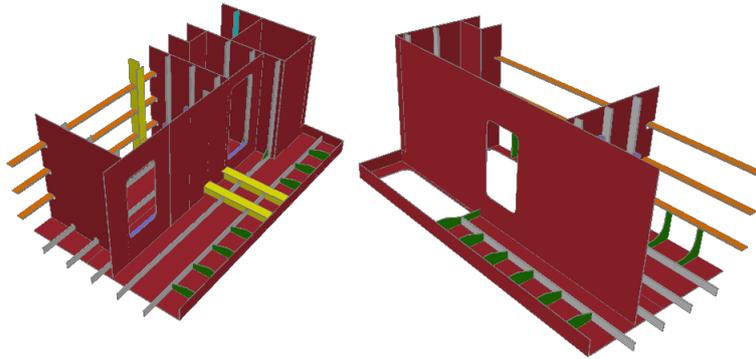


Figura 137. Modelo 3D do Bloco AC1

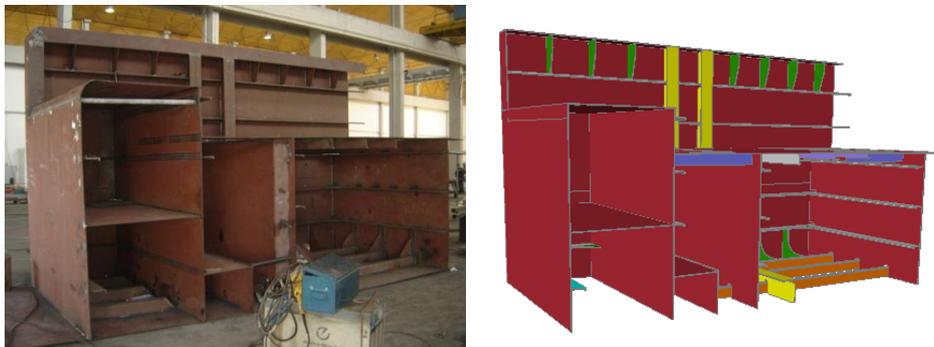


Figura 138. Bloco AC1 Vs. Modelo 3D AC1

Tabela 40. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC01

AC01	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	2.327	57.553
Perfis B. Horizontais	63.024	27.777
Esquadros Transv.	29.195	-
Esquadros Longit.	8.3	-
Vaus Vert.	5.981	-
Vaus Horiz.	8.984	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	24.6	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	-	-
Cantoneiras Vert.	-	-
Cantoneiras Horiz.	-	-
Chapas Convés	14.687	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	59.723	-
Anteparas Longit.	37.046	-
TOTAL	253.867	85.33

9.2.4 AC2 – 28,2 toneladas

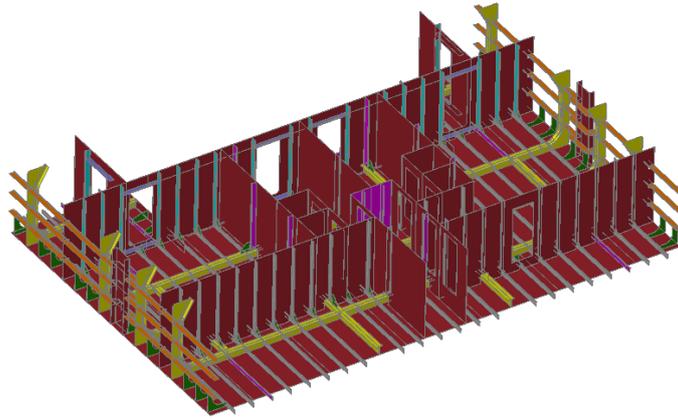


Figura 139. Modelo 3D do Bloco AC2



Figura 140. Bloco AC2 Vs. Modelo 3D AC2

Tabela 41. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC02

AC02	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	33.058	122.216
Perfis B. Horizontais	92.42	153.654
Esquadros Transv.	40.07	-
Esquadros Longit.	25.31	-
Vaus Vert.	49.424	-
Vaus Horiz.	76.43	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	41.968	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	-	-
Cantoneiras Vert.	-	-
Cantoneiras Horiz.	-	-
Chapas Convés	69.03	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	107.332	-
Anteparas Longit.	57.131	-
TOTAL	592.173	275.87

9.2.5 Bloco AC3 – 22,3 toneladas

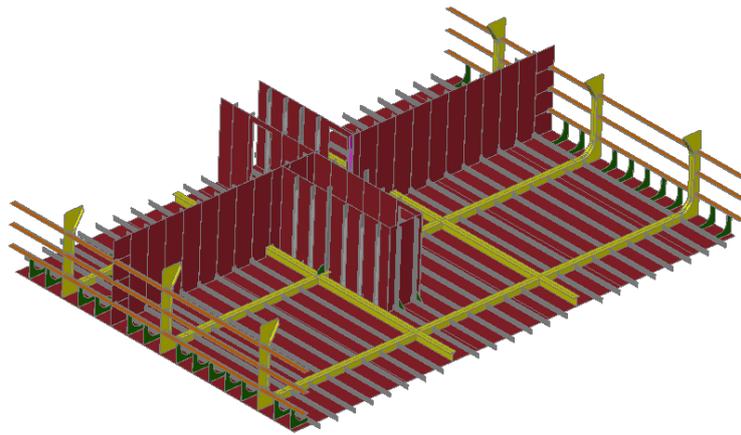


Figura 141. Modelo 3D do Bloco AC3



Figura 142. Bloco AC3 Vs. Modelo 3D AC3

Tabela 42. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC03

AC03	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	-	100.64
Perfis B. Horizontais	74.818	227.034
Esquadros Transv.	36.46	-
Esquadros Longit.	15.2	-
Vaus Vert.	36.234	-
Vaus Horiz.	80.862	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	40.8	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	-	-
Cantoneiras Vert.	-	-
Cantoneiras Horiz.	-	-
Chapas Convés	81.8	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	29.737	-
Anteparas Longit.	22.324	-
TOTAL	418.235	327.674

9.2.6 Bloco AC4 – 17,3 toneladas

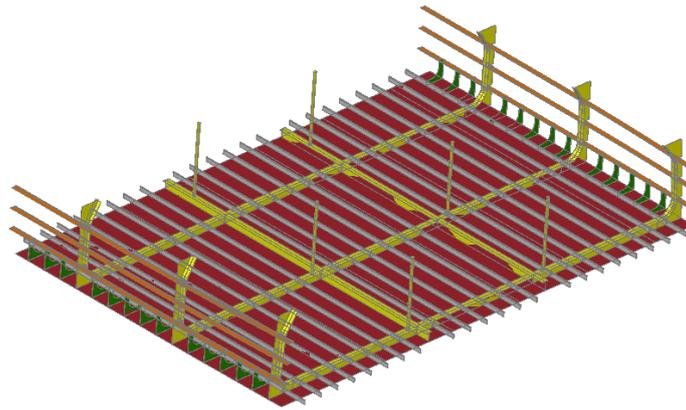


Figura 143. Modelo 3D do Bloco AC4



Figura 144. Bloco AC1 Vs. Modelo 3D AC1

Tabela 43. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC04

AC04	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	-	-
Perfis B. Horizontais	61.5	225.5
Esquadros Transv.	34.06	-
Esquadros Longit.	-	-
Vaus Vert.	37.608	-
Vaus Horiz.	88.236	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	39.6	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	-	-
Cantoneiras Vert.	-	-
Cantoneiras Horiz.	-	-
Chapas Convés	79.6	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	-	-
Anteparas Longit.	-	-
TOTAL	340.604	225.5

9.2.7 Bloco AC7 – 4,2 toneladas

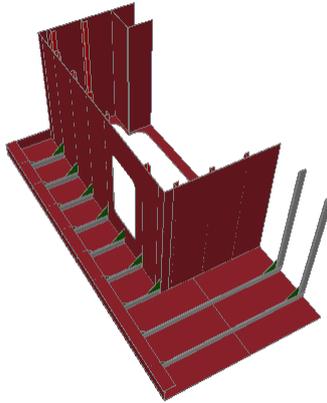


Figura 145. Modelo 3D do Bloco AC7

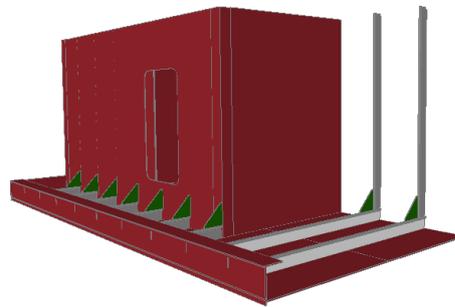


Figura 146. Bloco AC7 Vs. Modelo 3D AC7

Tabela 44. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC07

AC07	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	4.606	24.63
Perfis B. Horizontais	14.026	-
Esquadros Transv.	9.216	-
Esquadros Longit.	-	-
Vaus Vert.	-	-
Vaus Horiz.	-	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	27.66	-
Barras Verticais	-	2.493
Barras Horizontais	-	-
Cantoneiras Vert.	-	-
Cantoneiras Horiz.	-	-
Chapas Convés	16.378	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	21.522	-
Anteparas Longit.	9.489	-
TOTAL	102.897	27.123

9.2.8 Bloco AC8 – 17,7 toneladas

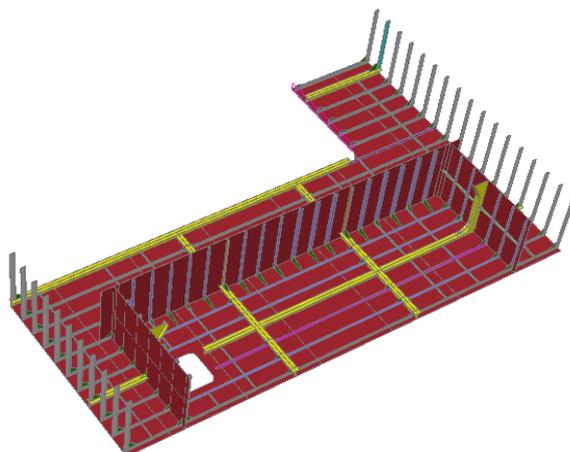


Figura 147. Modelo 3D do Bloco AC8



Figura 148. Bloco AC8 Vs. Modelo 3D AC8

Tabela 45. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC08

AC08	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	68.358	-
Perfis B. Horizontais	114.99	-
Esquadros Transv.	39.59	-
Esquadros Longit.	12.504	-
Vaus Vert.	11.362	-
Vaus Horiz.	53.268	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	33.28	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	20.306	-
Cantoneiras Vert.	-	61.078
Cantoneiras Horiz.	-	43.99
Chapas Convés	56.7	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	16.086	-
Anteparas Longit.	23.358	-
TOTAL	449.802	105.068

9.2.9 Bloco AC9 – 24,3 toneladas

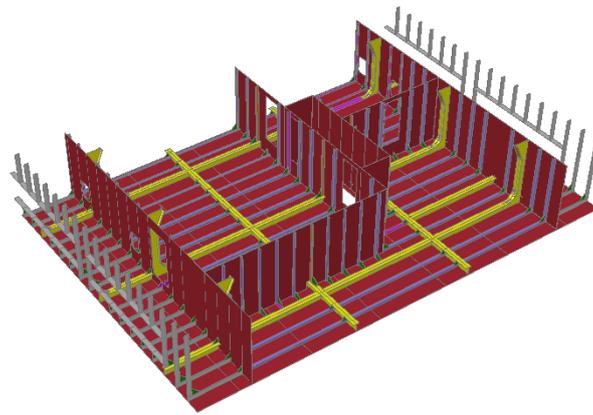


Figura 149. Modelo 3D do Bloco AC9



Figura 150. Bloco AC9 Vs. Modelo 3D AC9

Tabela 46. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC09

AC09	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	58.891	-
Perfis B. Horizontais	47.034	-
Esquadros Transv.	71.88	-
Esquadros Longit.	10.251	-
Vaus Vert.	33.852	-
Vaus Horiz.	103.416	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	40.8	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	33.536	-
Cantoneiras Vert.	-	116.024
Cantoneiras Horiz.	-	133.409
Chapas Convés	79.8	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	32.426	-
Anteparas Longit.	37.331	-
TOTAL	549.217	249.433

9.2.10 Bloco AC10 – 20,9 toneladas

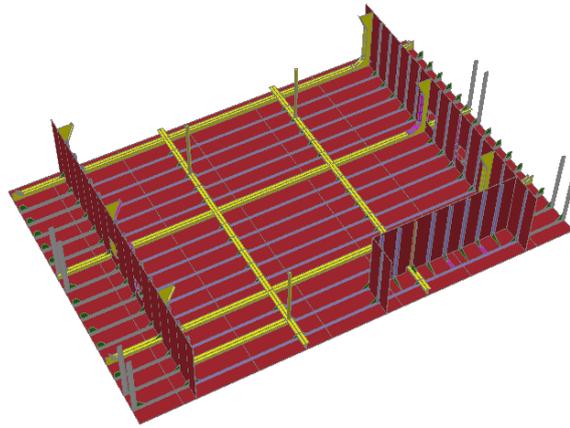


Figura 151. Modelo 3D do Bloco AC10

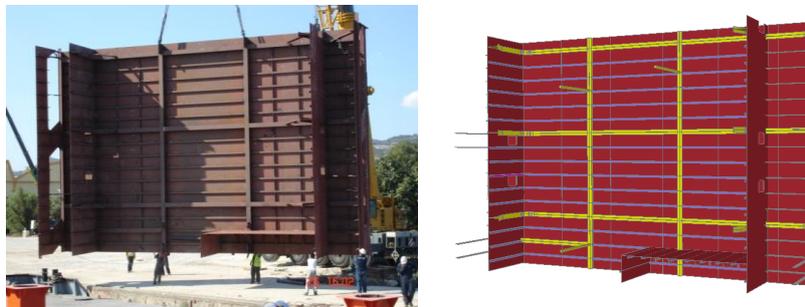


Figura 152. Bloco AC10 Vs. Modelo 3D AC10

Tabela 47. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC10

AC10	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	45.561	-
Perfis B. Horizontais	45.292	-
Esquadros Transv.	62.535	-
Esquadros Longit.	5.225	-
Vaus Vert.	33.852	-
Vaus Horiz.	87.816	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	81.2	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	33.536	-
Cantoneiras Vert.	-	78.379
Cantoneiras Horiz.	-	140.15
Chapas Convés	79.6	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	10.03	-
Anteparas Longit.	28.344	-
TOTAL	512.991	218.529

9.2.11 Bloco AC13 – 22,8 toneladas

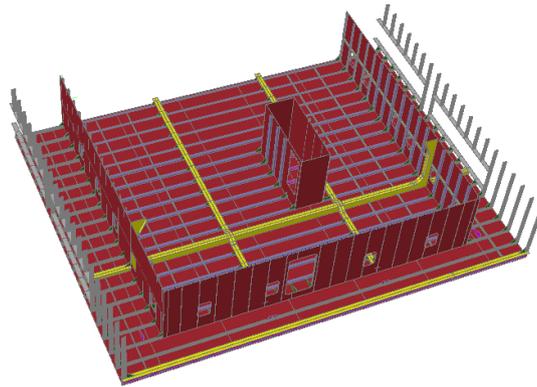


Figura 153. Modelo 3D do Bloco AC13

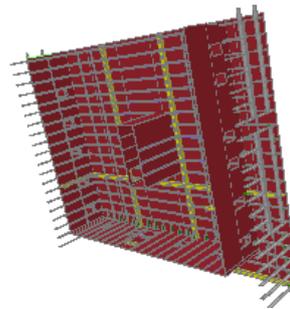


Figura 154. Bloco AC13 Vs. Modelo 3D AC13

Tabela 48. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC13

AC13	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	66.164	-
Perfis B. Horizontais	113.202	-
Esquadros Transv.	82.621	-
Esquadros Longit.	11.976	-
Vaus Vert.	22.564	-
Vaus Horiz.	31.72	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	41.232	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	69.872	-
Cantoneiras Vert.	-	118.82
Cantoneiras Horiz.	-	178.708
Chapas Convés	69.3	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	33.248	-
Anteparas Longit.	31.758	-
TOTAL	573.657	297.528

9.2.12 Bloco AC14 – 18,9 toneladas

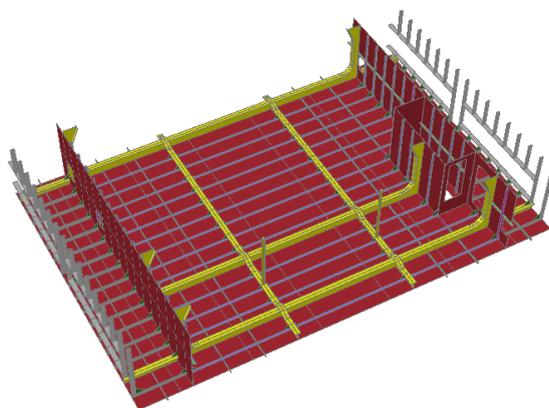


Figura 155. Modelo 3D do Bloco AC14



Figura 156. Bloco AC14 Vs. Modelo 3D AC14

Tabela 49. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC14

AC14	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	43.624	-
Perfis B. Horizontais	84.548	-
Esquadros Transv.	64.97	-
Esquadros Longit.	-	-
Vaus Vert.	33.846	-
Vaus Horiz.	91.358	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	40.6	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	67.682	-
Cantoneiras Vert.	-	64.014
Cantoneiras Horiz.	-	142.694
Chapas Convés	79.4	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	12.356	-
Anteparas Longit.	32.804	-
TOTAL	551.188	206.708

9.2.13 Bloco AC15 – 13,2 toneladas

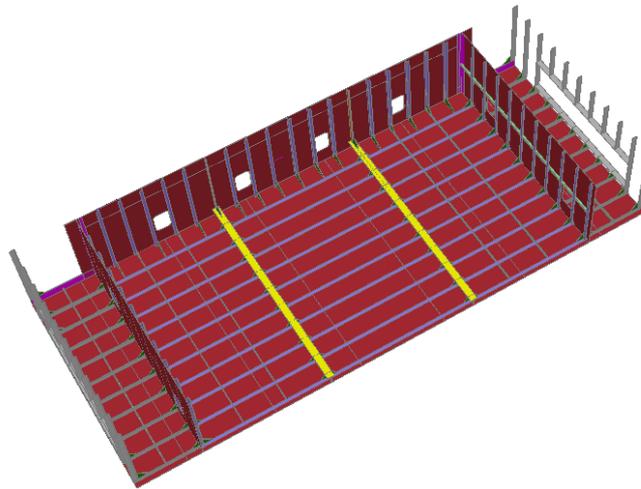


Figura 157. Modelo 3D do Bloco AC15

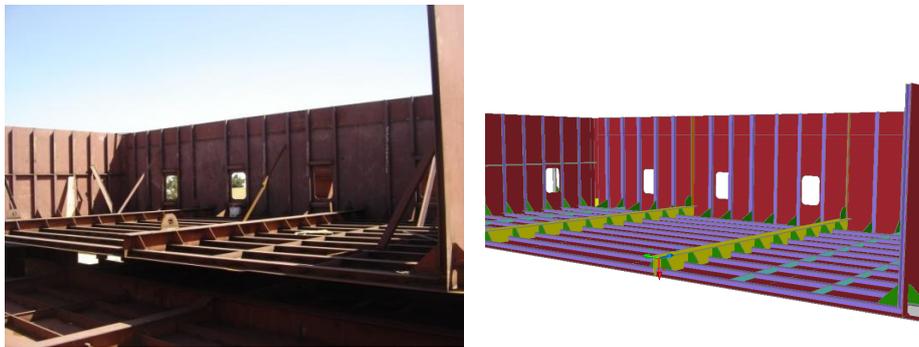


Figura 158. Bloco AC15 Vs. Modelo 3D AC15

Tabela 50. Comprimentos de Soldadura do Bloco AC15

AC15	Soldadura Contínua (m)	Soldadura Descontínua (m)
Perfis B. Verticais	39.8	-
Perfis B. Horizontais	56.52	-
Esquadros Transv.	38.74	-
Esquadros Longit.	10.396	-
Vaus Vert.	-	-
Vaus Horiz.	9.1	-
Sicordas Vert.	-	-
Sicordas Horiz.	25.432	-
Barras Verticais	-	-
Barras Horizontais	38.448	-
Cantoneiras Vert.	-	86.392
Cantoneiras Horiz.	-	113.5
Chapas Convés	51.858	-
Chapas Forro	-	-
Anteparas Transv.	49.534	-
Anteparas Longit.	30.636	-
TOTAL	350.464	199.892

9.2.14 Orçamentação de blocos para Ferry de Veículos e Passageiros de 150 m

Tabela 51. Cálculo efectuado pelo orçamentista da Joperinox relativo ao Ferry de 150 m

B003 - Bloco Duplo Fundo + 1ª Coberta (Zona de Ré) - 106,642 T		L= 7,6 m
Arco Submerso	364 m = 5,6 dias a 72 m/dia	B= 23,8 m
Fios Fluxados (Baixo)	1686 m = 62,44 dias a 27 m/dia	A= 4,2 m
Fios Fluxados (Vertical)	1412 m = 100,86 dias a 14 m/dia	
Fios Fluxados (Tecto)	1007 m = 50,35 dias a 20 m/dia	
B015 - Bloco Duplo Fundo (Zona da Proa) - 96,596 T		L= 15 m
Arco Submerso	272 m = 3,78 dias a 72 m/dia	B= 9,6 m
Fios Fluxados (Baixo)	1215 m = 45 dias a 27 m/dia	A= 1,95 m
Fios Fluxados (Vertical)	965 m = 68,93 dias a 14 m/dia	
B428 - Bloco Superestrutura do Costado de Estibordo - 18,615 T		L= 15 m
B428 - Bloco Superestrutura do Costado de Bombordo - 18,656 T		B= 4,8 m
Arco Submerso	2 x 105 m = 210 m = 2,92 dias a 72 m/dia	A= 5,5 m
Fios Fluxados (Baixo)	2 x 470 m = 940 m = 34,81 dias a 27 m/dia	
Fios Fluxados (Vertical)	2 x 110 m = 220 m = 15,71 dias a 14 m/dia	
Fios Fluxados (Tecto)	2 x 75 m = 150 m = 7,5 dias a 20 m/dia	
B005 - Bloco Duplo Fundo + 1ª Coberta (Corpo Central) - 95,797 T		L= 8 m
Arco Submerso	212 m = 2,94 dias a 72 m/dia	B= 24,2 m
Fios Fluxados (Baixo)	1800 m = 66,67 dias a 27 m/dia	A= 4,2 m
Fios Fluxados (Vertical)	1500 m = 107,14 dias a 14 m/dia	
Fios Fluxados (Tecto)	1000 m = 50 dias a 20 m/dia	

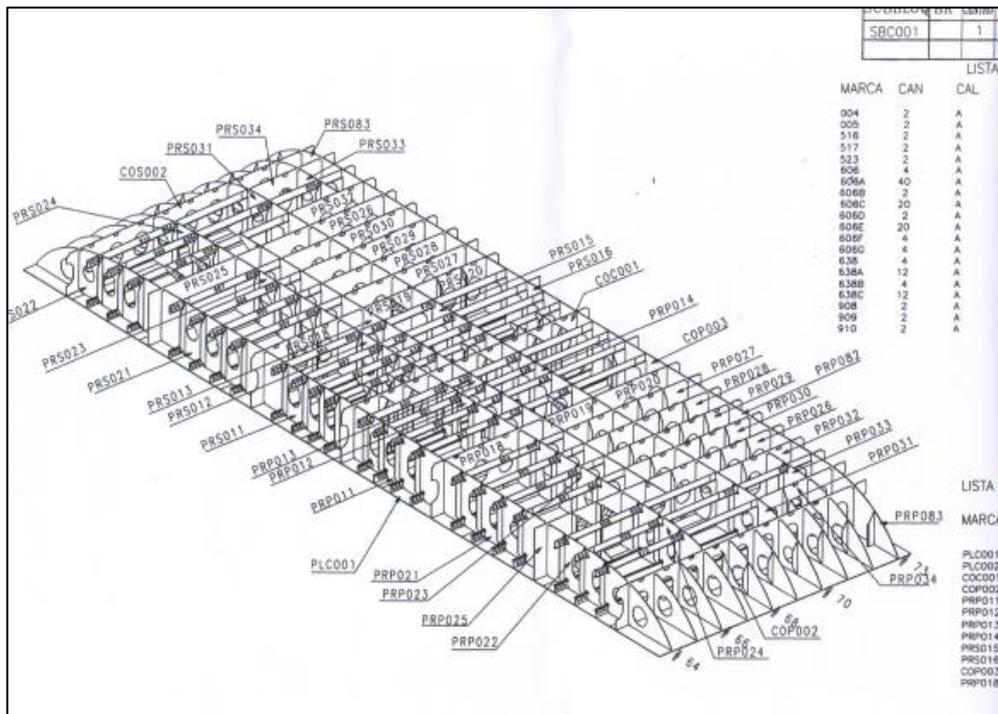


Figura 159. Sub-conjunto 001 do Bloco 003

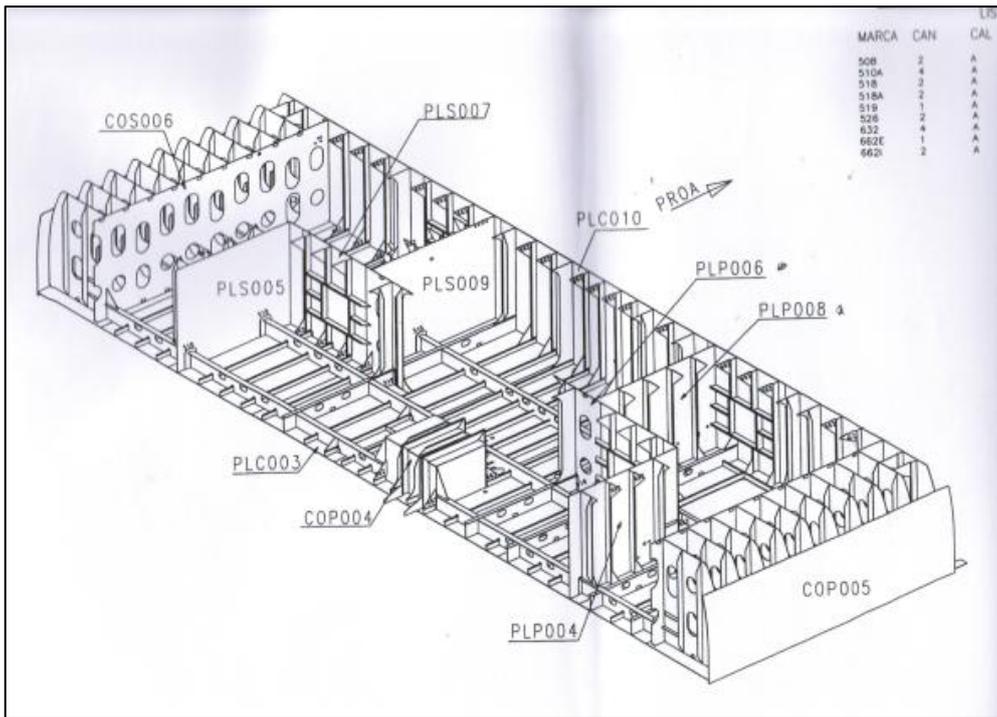


Figura 160. Sub-conjunto 002 do Bloco 003

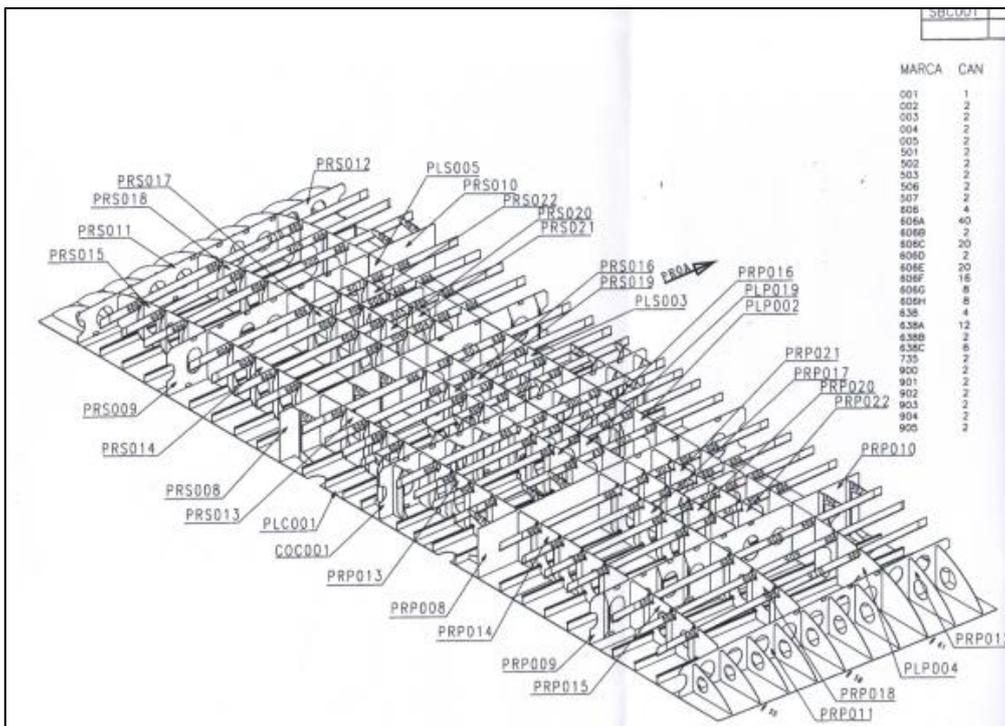


Figura 161. Sub-conjunto 001 do Bloco 005

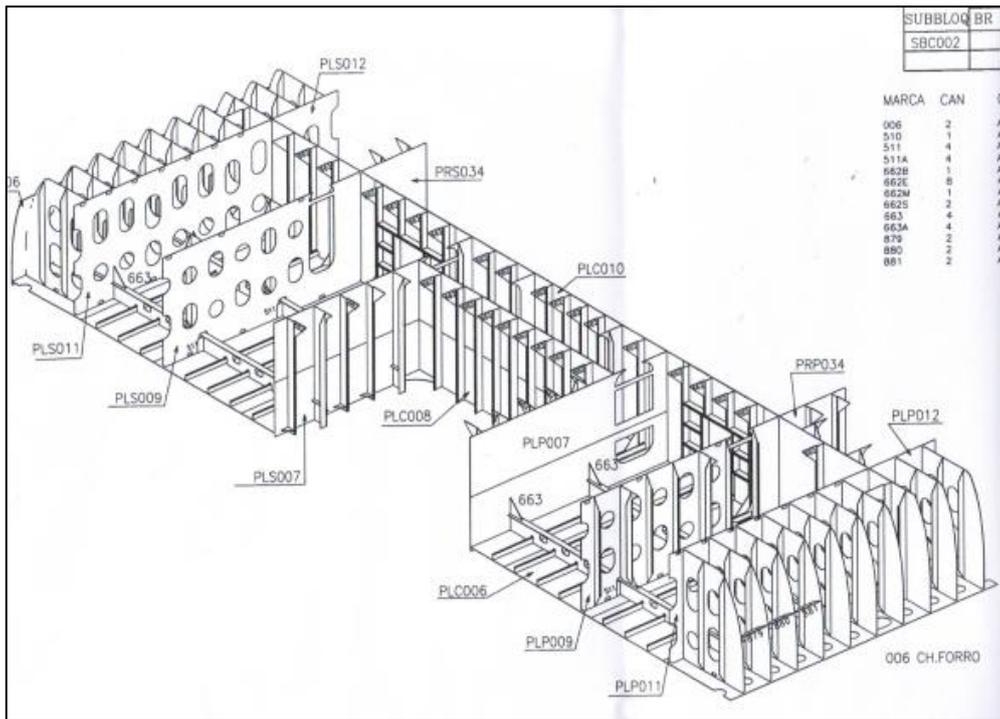


Figura 162. Sub-conjunto 002 do Bloco 005