



# AUDITORIA AO PROCESSO DE FABRICO DA BRUNSWICK

**TIAGO DA SILVA CRUZ**

Outubro de 2017

# **AUDITORIA AO PROCESSO DE FABRICO DA BRUNSWICK**

## **MARINE**

Tiago da Silva Cruz

**2016/2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial



# **AUDITORIA AO PROCESSO DE FABRICO DA BRUNSWICK**

## **MARINE**

Tiago da Silva Cruz  
1160256

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Dr. Venceslau Correia.

**2016/2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial



# JÚRI

## **Presidente**

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

## **Orientador**

Doutor Venceslau Correia

Engenharia e Gestão Industrial, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>



## AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio de mestrado contou com o apoio de várias pessoas, sem as quais não se teria tornado uma realidade, portanto, e não sendo possível nomear todos aqueles que para ele contribuíram, há, no entanto, algumas pessoas a quem não posso deixar de manifestar, em particular, o meu apreço e agradecimento sincero.

Em especial, ao Diretor de Operações da Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda., Eng.º. Alain Afonso, por permitir e apoiar a execução deste projeto de estágio e, principalmente, por me ter dado a oportunidade de fazer parte da equipa Brunswick.

A todos os colegas da Brunswick, em especial ao meu coordenador e chefe, Eng.º. Luís Silva, pela sua orientação e disponibilidade.

Ao meu orientador no ISEP, Prof. Dr. Venceslau Correia por me ajudarem a escolher a direção do projeto.

Aos meus amigos e colegas de Mestrado, por mais uma etapa concluída com sucesso, pelo companheirismo e entreaajuda.

À minha família, pelo seu apoio incondicional, pela confiança e orgulho no meu trabalho, por sempre me incentivarem a superar todos os desafios e a dar o melhor de mim. Aos meus pais pela força e coragem, pela educação e me ensinarem que não existem fronteiras nem limites intransponíveis. À minha irmã, por estar sempre presente para me apoiar.

À minha namorada, pela presença e partilha inquestionável e pela ajuda e paciência durante todo este processo.

Obrigado, a todos, por tudo!

**PALAVRAS CHAVE**

Solução Robotizada

**RESUMO**

A Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda. opera numa atividade que recorre à mão-de-obra intensiva, o que coloca vários desafios à equipa de Engenharia de Processos, pela sua maior ineficácia e probabilidade de erro e defeito.

Neste âmbito, o presente projeto visa a apresentação de todo processo produtivo das partes fundamentais/menor dimensão e uma auditoria ao processo.

O estágio irá debruçar-se, mais detalhadamente, sobre a decomposição do processo atual de corte, recorrendo ao estudo dos tempos das operações e das características dos próprios elementos de apoio ao corte, no que se refere à sua durabilidade, resistência e descodificação.

**KEYWORDS**

Robotic Solution

**ABSTRACT**

Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda. Operates in human intensive activity, which poses several challenges to the Process Engineering team, due to their higher inefficiency and probability of error and defect. In this context, this project presents all the productive process of the fundamental/larger dimension parts and an execute an audit to the full process. The internship was focused in more detail in the decomposition of the current cutting process and the study of the times of their operations and characteristics of the cutting elements, as durability, strength and decoding.



## LISTA DE ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

<b>BME</b>	Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda.
<b>BOM</b>	Lista de Materiais - Bill of Materials.
<b>CNC</b>	Comando numérico computurizado - Commando numeric computerized.
<b>DPU</b>	Defeito por unidade - Defect per unit.
<b>DV</b>	Protótipo - Design validation.
<b>OA</b>	Opção alternativa - Opcion alternativ.
<b>OE</b>	Opção Independente - Opcion independent.
<b>OP</b>	Opção Principal - Opcion principal.



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

<b>Big parts</b>	Peças de grande dimensão de uma embarcação. Como exemplo, cascos e cobertas em que estas são as peças mais visíveis dos barcos.
<b>Bill of materials</b>	Lista de materiais de um barco.
<b>Bombordo</b>	È o bordo à esquerda do rumo da embarcação.
<b>Casco</b>	Estrutura de flutuação de uma embarcação.
<b>Coberta</b>	É a parte da cobertura superior de uma embarcação.
<b>Estibordo</b>	È o bordo à direita do rumo da embarcação.
<b>Fibra de vidro</b>	É um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro que são altamente flexíveis. Quando adicionado à resina poliéster (ou outro tipo de resina), transforma-se em um composto popularmente conhecido como fibra de vidro.
<b>Gabarit</b>	Ferramenta de auxílio à produção para evitar erros de execução.
<b>Gargalo</b>	Algo que impede o normal funcionamento de um sistema. Trata-se de uma limitação ou constrangimento. Pode ser algo físico (pessoa, equipamento ou espaço) ou não (política, cultura, regulamentação), interno ou externo ou sistema.
<b>Gel Coat</b>	Mistura de resina poliéster e uma série de cargas minerais, que corresponde à camada exterior da fibra de vidro.
<b>Knits</b>	Tipo de malha de fibra de vidro.
<b>Laminação</b>	Processo de construção e/ou revestimento através da projeção de fibra de vidro com resina catalisada, efetuado em diferentes fases.
<b>Mat</b>	Mantas de fibra de vidro de diferentes gramagens (ex. MAT450, MAT600).
<b>Mate</b>	União da big part coberta com big part casco.
<b>Medium parts</b>	Peças laminadas de uma embarcação, tais como, peças de acabamento interior dos barcos.
<b>Model Year</b>	Denominação da estação/temporada do modelo.
<b>Output</b>	Quantidade produzida num dado momento do processo produtivo.
<b>Open Deck</b>	Montagem de componentes na big part coberta antes de união (mate).
<b>Open Hull</b>	Montagem de componentes na big part casco antes de união (mate).







## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - BME.	27
FIGURA 2 - O LAYOUT DA BME.	28
FIGURA 3 - LAYOUT DA LAMINAÇÃO.	30
FIGURA 4 - EXEMPLO DE UMA BIG PART COBERTA APÓS PINTURA.	31
FIGURA 5 - EXEMPLO DE MEIO SKIN DE UM CASCO.	31
FIGURA 6 - APLICAÇÃO DE UMA MALHA KNIT A ESTIBORDO NUM CASCO.	33
FIGURA 7 - STIFFEN DE UM CASCO –	33
FIGURA 8 - PROCESSO DE DESMOLDE DE UMA COBERTA.	34
FIGURA 9 - STIFFEN DE UMA COBERTA.	35
FIGURA 10 - LAYOUT SECÇÃO DE ACABAMENTOS E REPARAÇÕES -	36
FIGURA 11 - MODELOS POR LINHA DE ACABAMENTOS E REPARAÇÕES.	37
FIGURA 12 - LAYOUT COM ESTAÇÕES DA MONTAGEM.	39
FIGURA 13 - EXEMPLO DE UM OPEN DECK/OPEN HULL.	40
FIGURA 14 - EXEMPLO DE UMA UNIÃO COM PASTA DE FIBRA DE VIDRO.	40
FIGURA 15 - ROBÔ UNIMATE.	48
FIGURA 16 - ROBÔ SHAKEY.	49
FIGURA 17 - CONTABILIZAÇÃO DA SEVERIDADE DOS DPU DE LAMINAÇÃO.	58
FIGURA 18 - MATRIZ DE PONTUAÇÃO DE SEVERIDADE DE DPU DA MONTAGEM.	58
FIGURA 19 - IDENTIFICAÇÃO DA CABINE DE CORTE NO LAYOUT DA BME.	61
FIGURA 20 - EXEMPLO DE CORTE DE PESTANA DE UMA COBERTA.	62
FIGURA 21 - APLICAÇÃO DE 2ª DEMÃO DE TOP COAT NUMA COBERTA.	63
FIGURA 22 - ROTAÇÃO APÓS SECAGEM 2ª DEMÃO DE TOP COAT DE UMA COBERTA - POSIÇÃO DE FURAÇÃO.	64
FIGURA 23 - VISTA DE PROA E POPA DE UMA COBERTA COM TEMPLATES DE FURAÇÃO.	64
FIGURA 24 - EXEMPLO DE UM TEMPLATE ACABADO DE SER DESMOLDADO.	65
FIGURA 25 - DESENHO 3D DA CÉLULA ROBOTIZADA PROPOSTA PARA A BME.	70
FIGURA 26 - DESENHO 2D DA CÉLULA ROBOTIZADA PROPOSTA PARA A BME.	71
FIGURA 27- DESLOCAÇÕES EQUIPA LAMINAÇÃO DE CASCOS.	76
FIGURA 28 - ESTANTE ATUAL DE STOCK DE MALHAS DE FIBRA DE VIDRO.	77
FIGURA 29 - MOVIMENTO EQUIPA DE STIFFEN DO CASCO PARA CARPINTARIA.	78
FIGURA 30 - EXEMPLO CARRINHOS DE BORDO DE LINHA COM MADEIRAS DE STIFFEN.	78
FIGURA 31 - DESMOLDE COBERTA LINHA A4.	79
FIGURA 32 – PROPOSTA DE MOVIMENTAÇÕES DA SECÇÃO DE LAMINAÇÃO.	80



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA I - RELAÇÃO ENTRE DEFEITO VS REPARAÇÃO NA SECÇÃO DE ACABAMENTOS.	38
TABELA II - TABELA DE CRITICIDADE / RESOLUÇÃO DE DPU DA MONTAGEM.	59
TABELA III - OUTPUT MONTAGEM DURANTE TEMPO ESTÁGIO.	66
TABELA IV - TEMPO MÉDIO DE CORTE E FURAÇÃO DE CASCOS (CONTABILIZADO EM MINUTOS).	67
TABELA V - TEMPO MÉDIO DE CORTE E FURAÇÃO DE COBERTAS (CONTABILIZADO EM MINUTOS).	68
TABELA VI - MINUTOS NECESSÁRIAS NA CABINE DE CORTE	69
TABELA VII - VELOCIDADE DE CORTE DO ROBOT FACE À ESPESSURA	72
TABELA VIII - PERÍMETRO DE CORTE E FURAÇÃO DE UM BARCO (SOMATÓRIO DAS BIG PARTS ARREDONDADO Á UNIDADE DE MILHAR).	72
TABELA IX - TEMPO DE CORTE PARA A PRODUÇÃO DA MONTAGEM COM SOLUÇÃO ROBOTIZADA (CONTABILIZADO EM MINUTOS/DIA).	74

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - EXPOSIÇÃO DPU DE 2016 DA BME.	60
GRÁFICO 2 - TEMPO CORTE E FURAÇÃO POR BARCO COM PROPOSTA ROBOTIZADA	73

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>26</b>
	<b>1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO</b>	<b>26</b>
	<b>1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA</b>	<b>27</b>
	<b>1.3 O LAYOUT da BME</b>	<b>28</b>
	<b>1.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO</b>	<b>29</b>
1.4.1	LAMINAÇÃO	29
1.4.2	CORTE	36
1.4.3	ACAMENTOS E REPARAÇÕES	36
1.4.4	MONTAGEM	38
<b>2</b>	<b>ENQUADRAMENTO TEMÁTICO</b>	<b>46</b>
	<b>2.1 RELAÇÃO HOMEM - MÁQUINA</b>	<b>46</b>
	<b>2.2 ROBOTIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO</b>	<b>47</b>
2.2.1	ROBÔS INDUSTRIAIS	49
2.2.2	ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO NO QUOTODIANO	50
	<b>2.3 ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>56</b>
	<b>3.1 INDICADOR DE CONTROLO DE PROCESSO</b>	<b>56</b>
3.1.1	CÁLCULO DOS DPU	57
	<b>3.2 ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O INDICADOR DPU DA BME</b>	<b>59</b>
	<b>3.3 SECÇÃO DE CORTE</b>	<b>61</b>
3.3.1	TAREFAS DA SECÇÃO DE CORTE	62
3.3.2	FURAÇÃO COM TEMPLATES	64
3.3.3	CONSTRUÇÃO E DURABILIDADE DOS TEMPLATES DE FURAÇÃO	65
	<b>3.4 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS DA SECÇÃO DE CORTE</b>	<b>66</b>
	<b>3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CRONOMETRAGEM PRÁTICO</b>	<b>67</b>
3.5.1	PROPOSTA DE MELHORIA COM SOLUÇÃO ROBOTIZADA NA CABINE DE CORTE	70
	<b>3.6 AVALIAÇÃO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE LAMINAÇÃO</b>	<b>76</b>
3.6.1	PROPOSTAS PARA A LAMINAÇÃO	79

3.7	LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE ACABAMENTOS E REPARAÇÕES	81
3.7.1	PROPOSTAS PARA OS ACABAMENTOS E REPARAÇÕES	81
	3.8 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE MONTAGEM	82
3.8.1	PROPOSTAS PARA A MONTAGEM	83
4	AVALIAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	88
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	94
6	ANEXO A – ROBÔS MOTOMAN	98
7	ANEXO B – UNIDADE DE CONTROLO REFERÊNCIA DX200	101
8	ANEXO C - POSICIONADORES	105
9	ANEXO D	107
10	ANEXO E - SPINDLE	109
11	ANEXO F – LIVRO DE OPÇÕES PRODUÇÃO DO BARCO	111
12	ANEXO G – DESENHO TÉCNICO	113
13	ANEXO H – SEQUÊNCIA DE TAREFAS POR MODELO/ LINHA	115
14	ANEXO I – PICKING LIST DE PLÁSTICOS	117
15	ANEXO J – % OPÇÕES SELECIONADAS COM VARIABILIDADE NO CORTE E FURAÇÃO 119	
16	ANEXO M – VALOR DA PROPOSTA ROBOPLAN REF. <b>S16014JR</b>	121

# INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.3 O LAYOUT da BME

1.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

1.4.1 LAMINAÇÃO

1.4.2 CORTE

1.4.3 ACAMENTOS E REPARAÇÕES

1.4.4 MONTAGEM





# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O trabalho de estágio, que deu origem ao presente relatório, teve como objetivo fazer uma auditoria geral ao processo de fabrico da Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda. (BME) Identificando eventuais problemas ou oportunidades de melhoria e avaliando a capacidade produtiva do processo de corte e furação. Este relatório é iniciado com uma descrição detalhada do processo de fabrico e controlo do processo onde serão apresentadas soluções para os problemas de deslocações de equipas, quantidade de matéria-prima aplicada e de desmolde para secção inicial do processo produtivo – Laminação. O processo seguinte de Corte e Furação será analisado detalhadamente fazendo um levantamento e medição de todas as tarefas sequenciais com a atual mão-de-obra para corte e furação de um Casco e Coberta justificando assim a atual falta de capacidade produtiva. Para a secção de Acabamentos e Reparações são propostas soluções para o principal problema (bolhas) que contribui para a ineficiência da secção e aumento do indicador de processo. Por fim, na secção de Montagem, (última secção do processo produtivo) são analisados os problemas de fluxo de materiais, de reajustamento de mão-de-obra e sequência de tarefas.

## 1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O estágio foi realizado na Brunswick Marine - EMEA Operations, Lda., (BME) situada na zona industrial de Vila Nova de Cerveira e que atualmente emprega cerca de 315 colaboradores. A BME é uma subsidiária da multinacional americana *Brunswick Corporation*, que integra várias áreas de negócio relacionadas com o lazer (como, por exemplo, equipamentos de fitness, motores e várias marcas de barcos).

Em Portugal, a BME dedica-se exclusivamente à construção de embarcações, em fibra de vidro, de recreio e desporto da marca *Quicksilver*. Com um *mix* de 14 modelos diferentes, os barcos podem oscilar entre 4,5 metros e 8,5 metros de comprimento, implicando tempos de produção que variam entre 6 e 9 dias por cada modelo, produzindo-se atualmente 8 a 10 barcos por dia de diferentes modelos e, portanto, diferentes dimensões e complexidade. Na BME não se faz desenvolvimento de produto, ou seja, toda a documentação do processo é fornecida pela Engenharia Americana do grupo da Brunswick

Importa referir que no Plano de Produção para Portugal foram entregues aproximadamente 1.700 barcos em 2016, com um aumento de cerca de 12 % para o presente ano de 2017 (1.900 barcos). No global, a estratégia da empresa a 3 anos é de um aumento de produção de cerca de 10% em cada ano, até 2019.



Figura 1 - BME.  
Fonte: O Autor

### 1.3 O LAYOUT da BME

O processo produtivo na BME é maioritariamente manual e de mão-de-obra intensiva. De um modo geral, a produção de uma embarcação envolve 4 processos sequenciais que acabam por determinar as secções da área produtiva da fábrica: Laminação; Corte e Furação; Acabamentos e Montagem.

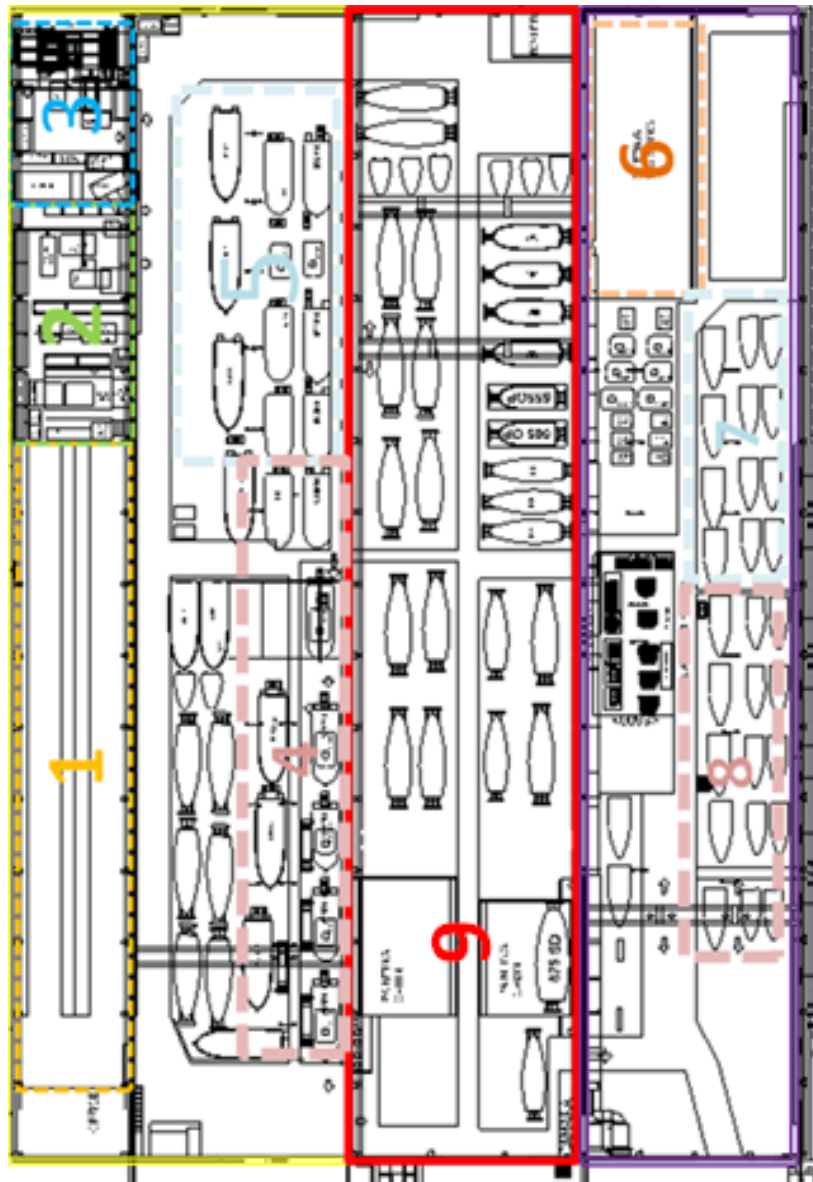


Figura 2 - O Layout da BME.  
Fonte: O Autor

Legenda:

**Nave 3**

- 1 - Armazém;
- 2 – Carpintaria, Acabamentos de Plásticos, CNC de corte de fibra de vidro;
- 3 - CNC de corte de madeiras e plásticos;
- 4 – Montagem Nave 3;
- 5 - Acabamentos e Reparações;

**Nave 1**

- 6 - Cabine de corte e furação;
- 7 - Acabamentos e Reparações;
- 8 – Montagem Nave 1;

**Nave 2**

- 9 – Área de Laminação.

## 1.4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

Na figura acima os retângulos de contornos com linha a cheio e coloridas delimitam as naves industriais da BME.

O retângulo roxo é a Nave 1, a vermelho temos a Nave 2 e a amarelo a Nave 3.

Descrever-se-á aqui o processo produtivo das peças de maior dimensão que são :

- o casco – que corresponde à estrutura de flutuação de uma embarcação e
- a coberta – que constitui a “superfície” superior da embarcação.

No jargão técnico da indústria, estes dois tipos de componentes são denominados de *Big-Parts*.

### 1.4.1 LAMINAÇÃO

O processo produtivo começa na Nave 2, que está inteiramente dedicada á secção da Laminação. Esta é uma fase morosa, complexa e totalmente manual.



Figura 3 - Layout da Laminação.

Fonte: O Autor

Legenda:

- 1 - Cabine pintura da linha das big parts cobertas;
- 2 - Cabine de pintura da linha das big parts cascos;
- 3 - Linha das big parts cobertas;
- 4 - Linha das big parts cascos;
- 5 - Área de desmolde e assentamento das peças de dimensão menor (medium parts);
- 6 - Área de aplicação da 1ª demão de top coat.

A seta pintada a preto indica a entrada da cabine de corte e a seta pintada a vermelho é a entrada da nave 3. Os dez quadrados pintados a vermelho indicam as pistolas de projeção de resina e fibra.

Assim sendo, este processo de Laminação trabalha em duas linhas. Linha dos cascos (Figura 3 – zona 4) e linha das cobertas (Figura 3 – zona 3).

O primeiro processo em ambas as linhas é o *peeling* à entrada das cabines de pintura. É feito nas áreas antes das zonas 1 e 2 da figura 3. Consiste em limpar o molde a trabalhar com um pano de microfibras e aplicar uma camada de cera em toda a área laminada do molde.

De seguida, a construção de uma embarcação inicia-se pela superfície exterior visível, isto é, começa pela projeção com pistola de uma camada de pintura de Gel Coat branco e/ou cinzento no molde dentro da cabine de pintura (Figura 3 – zona 1 e 2).



Figura 4 - Exemplo de uma Big part Coberta após pintura.  
Fonte: O Autor

Após pintura é necessário um tempo de cura que varia, dependendo da área do modelo, entre os 20 a 45 minutos. Este tempo deverá ser escrupulosamente cumprido sob pena de surgirem problemas de qualidade, como por exemplo, desmolde prematuro.

Segue-se, nas duas linhas, a primeira projeção de resina e fibra de vidro cortada. Esta é efetuada com pistola e inclui uma imediata e subsequente uniformização e prensagem da resina contra o molde com auxílio de rolos manuais - é a chamada fase de skin.

Esta fase é feita nas duas estações seguintes às cabines de pintura. Envolve 2 equipas de operadores de produção e 2 pistolas de projeção de resina.



Figura 5 - Exemplo de meio Skin de um Casco.  
Fonte: O Autor

Nesta fase do processo, devido á sua estrutura, os cascos (linha dos cascos - zona 4 da figura 2) são trabalhados de forma particular:

- primeiro, faz-se o skin de bombordo – correspondente ao bordo à esquerda do rumo da uma embarcação,
- de seguida, efetua-se uma rotação do molde e
- por último, é executado o skin de estibordo – relativo ao bordo à direita do rumo da embarcação.

Para possibilitar este procedimento, os moldes dos cascos são montados e movimentados, na Laminação, num carrinho com um eixo de rotação incorporado.

Diferente é o que acontece com os moldes da linha das cobertas (zona 3 da figura 3) em que o skin é feito de uma só vez, ou seja, sem rotação da peça. Estas peças trabalham sempre no plano horizontal (ver figura 4).

#### 1.4.1.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO APÓS SKIN, NA LINHA DOS CASCOS

Após uma cura que pode variar entre 20 a 45 minutos os cascos avançam para a pistola seguinte. Entram na fase de Laminação das malhas de fibra de vidro.

Na BME usa-se os Rovings, Mats e Knits. São malhas que dão rigidez ao casco.

As suas especificações técnicas variam na espessura e no modo como as malhas estão entrelaçadas.

Nesta pistola trabalham 3 operadores por turno que têm a seguinte sequência de trabalho: um operador desenrola o rolo da malha contra o skin do molde e em seguida um outro operador projeta resina com a pistola enquanto o terceiro com as suas próprias mãos e com recurso a rolos assegura que as malhas se acomodem às arestas/superfície do casco.

Tal como na fase de skin a laminação das malhas é feita por fases, isto é, primeiro a bombordo e depois, após cura e rotação do molde, a estibordo.



Figura 6 - Aplicação de uma malha Knit a estibordo num casco.  
Fonte: O Autor

Nesta linha, após Laminação das malhas de fibra de vidro os cascos avançam para a fase de stiffen. Corresponde á criação de estrutura que proporcione firmeza aos cascos, por colocação e laminação de elementos de madeira. A laminação destas madeiras é feita com tiras de malhas de fibra de vidro com projeção de resina com fibra. Note-se que as madeiras podem ser exclusivamente estruturais ou servirem também como elemento de apoio á fixação de hardware na montagem. Esta fase é realizada nas 3 últimas pistolas desta linha. Cada pistola pode estar a trabalhar em 3 embarcações em simultâneo.



Figura 7 - Stiffen de um casco –  
Laminação de uma madeira estrutural (sistema combustível) com malhas de fibra de vidro.  
Fonte: O Autor

Como em todas as fases do processo de Laminação existem curas entre etapas que são definidas por modelo, tendo em conta as características e quantidade de material laminado. Os tempos de cura variam entre os 20 e 45 minutos. Para barcos até 5 metros de comprimento a cura é de 20 minutos, para barcos entre os cinco e os sete metros são 30 minutos e para os modelos de maior dimensão a cura é de 45 minutos.

A última cura das peças dentro dos moldes realiza-se na etapa de stiffen.

No fim desta cura e na zona 6 (figura 3) é o momento da instalação das peças de menor dimensão que se denominam de *medium parts*. É feito com aplicação de pasta de fibra de vidro entre a big part e medium part. Para os cascos as medium parts são vulgarmente chamadas de liners de casco (floor liners).

Após a instalação, é aplicada a 1ª de mão de top coat na mesma zona, isto é, pinta-se o interior dos cascos que vão ficar visíveis (exemplo: arrumos) e só depois da cura de top coat é que se faz o desmolde das peças.

O desmolde consiste na extração das peças de dentro do molde com ajuda de meios mecânicos e de um circuito pneumático embutido no molde.

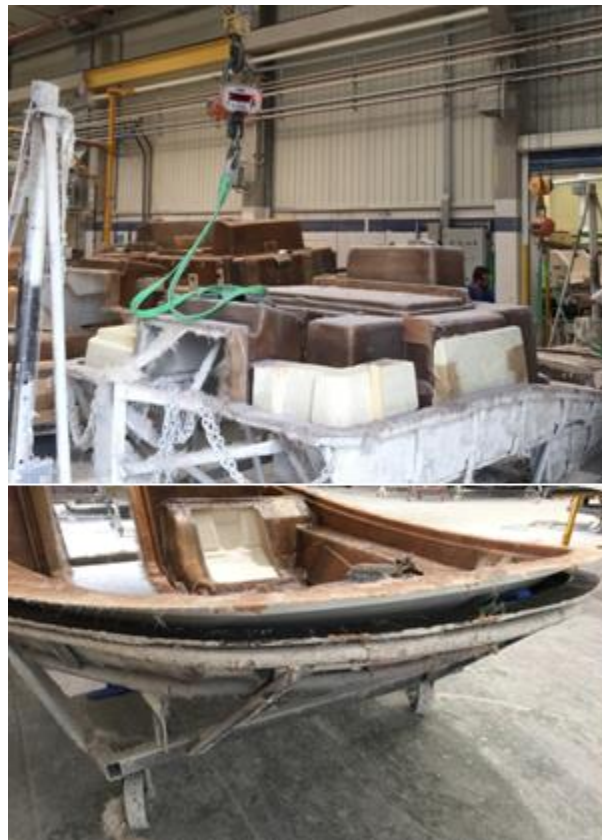


Figura 8 - Processo de desmolde de uma coberta.  
Fonte: O Autor

### 1.4.1.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO APÓS SKIN NA LINHA DAS COBERTAS

A fundamental diferença que existe entre a laminação de um casco e de uma coberta é que nas cobertas não é laminado nenhuma malha de fibra de vidro em toda a sua área, ou seja, as malhas de fibra de vidro só são usadas na fase de stiffen.

Assim sendo, após skin da zona 3 (ver figura 3: Layout de lminação), estão dedicadas ao stiffen por grupo/classe de modelos.



Figura 9 - Stiffen de uma coberta.  
Fonte: O Autor

Na figura 9, vemos rodeado a vermelho, uma linha de tacos de 50x50mm que sinalizam o local onde os operadores de montagem irão aplicar uma cablagem elétrica e rodeado a azul vemos uma madeira estrutural de um suporte canas de pesca que é posteriormente aplicado na montagem.

Após stiffen dá-se a fase de 1ª demão de top coat seguindo-se do desmolde. Estas duas tarefas são feitas na zona 6 do layout da linha (Figura 2:O Layout da BME).

Após desmolde as peças (cascos e cobertas) são colocadas em carrinhos de estruturas tubulares em ferro com 4 ou 6 rodas e são movimentadas para a secção seguinte. Estas peças entram na secção de corte e furação (zona 6 na Figura 2: O Layout da BME)

#### 1.4.2 CORTE

Aqui as etapas estão divididas entre corte de pestana, furação e cortes interiores.

A descrição detalhada das tarefas desta secção será abordada na parte III na medida em que constitui o objeto central deste relatório.

#### 1.4.3 ACAMENTOS E REPARAÇÕES

Após secção de corte as peças (cascos e cobertas) confluem para 4 linhas de Acabamentos e Reparações nas naves 1 e 3.

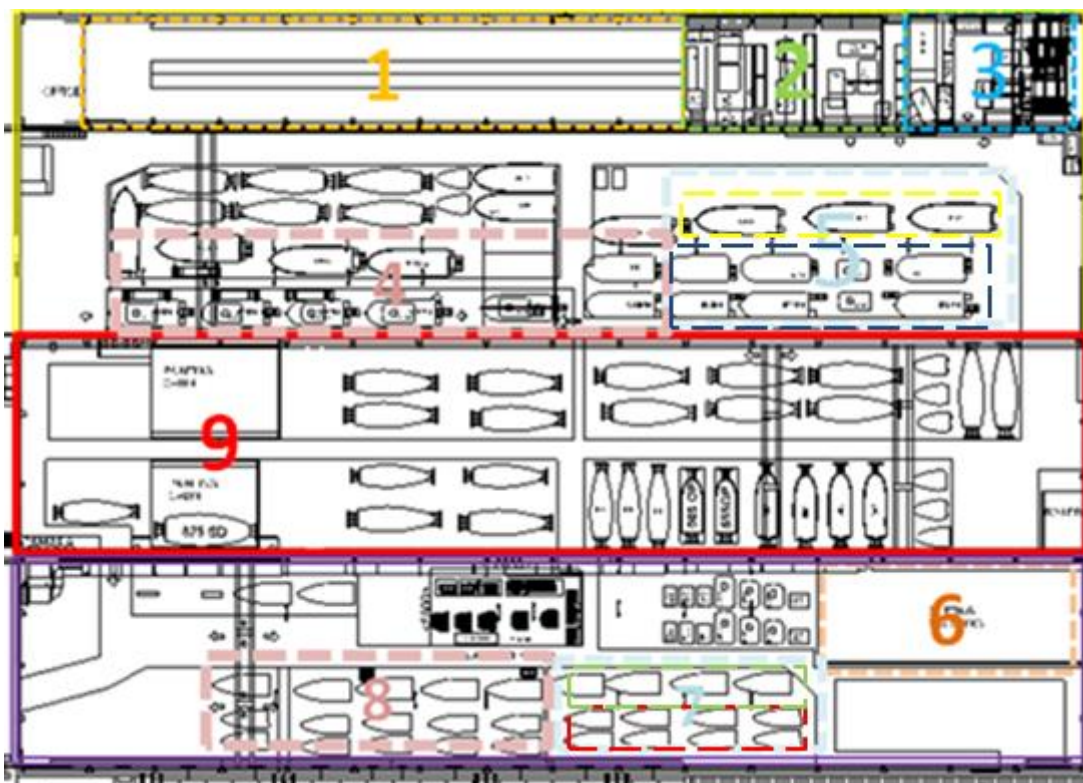


Figura 10 - Layout secção de Acabamentos e Reparações.

Fonte: O Autor

#### Legenda:

**Nave 3**

**Zona 5** – zona de acabamentos e reparações da nave 3;

Retângulo tracejado amarelo - 3 posições de acabamentos e reparações da Linha A2;  
Retângulo tracejado azul-escuro - 4 posições de acabamentos e reparações da linha A4;

### Nave 1

Zona 7 - área de acabamentos e reparações nave1;

Retângulo tracejado verde - 4 posições de acabamentos e reparações da linha A1;

Retângulo tracejado vermelho - 4 posições de acabamentos e reparações da linha A3.

Para a Linha A3 vão os modelos até 5 metros de comprimento e isto significa de complexidade inferior de montagem; para a Linha A1 vão os barcos até 6.5 metros; para a Linha A2 vão os barcos de 7 metros até 8 metros, ou seja, com um grau de dificuldade maior de montagem; e para a Linha A4 vão os barcos com cabine.



Figura 11 - Modelos por linha de Acabamentos e Reparções.

Fonte: O Autor

Nesta secção de acabamentos são retrabalhados todos defeitos estéticos ou também chamados defeitos de gel coat que possam existir nos cascos e cobertas.

Os produtos de aplicação usados são uma gama de polimento fino e grosso e uma gama de pasta de cimento á cor e incolor com o auxílio de ferramentas como polidoras pneumáticas e lixadoras orbitais com vários segmentos de lixas (desde a lixa grossa de grão 100 até lixa fina de grão 320).

Em função do defeito encontrado a sequência de resolução deverá ser:

Tabela I - Relação entre Defeito Vs Reparação na secção de Acabamentos.

	BOLHA	DEFEITO MOLDE	RISCO	FISSURA
Abrir	X			X
Lixa grossa	X			X
Empastar	X			X
Lixa fina	X	X	X	X
Pintar	X	X	X	X
Lixa fina	X	X	X	X
Polimento Grosso				X
Lixa fina				X
Polimento Fino	X	X	X	X

Todos os defeitos que não se enquadram nesta caracterização ou defeitos que persistam após seguimento do processo de reparação devem ser analisados com a equipa de engenharia interna.

Importa acrescentar que esta será a secção do processo produtivo em que a gestão de recursos humanos é mais complicada, visto que não existe um tempo padrão de acabamentos e reparações de uma coberta e de um casco.

#### 1.4.4 MONTAGEM

Finalizada a fase de acabamentos e reparações os cascos e as cobertas entram na última secção do processo produtivo onde são montados todos componentes mecânicos e elétricos de um barco e por fim testados antes do embalamento final.

Existem quatro linhas de montagem que estão divididas em estações de trabalho.

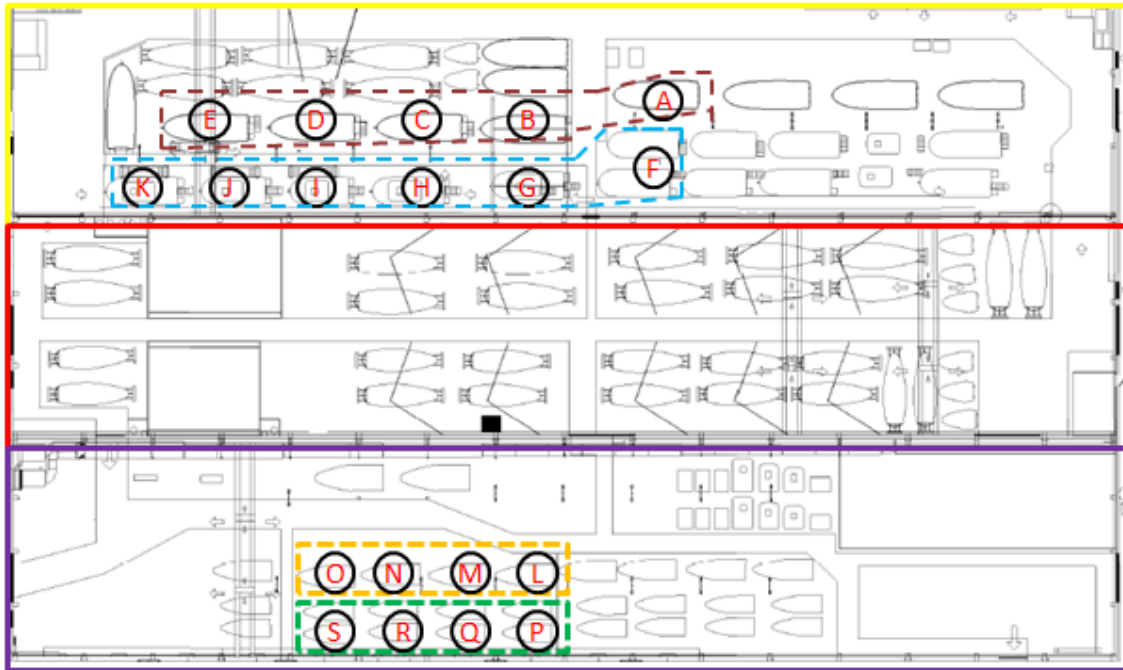


Figura 12 - Layout com estações da Montagem.  
Fonte: O Autor

Legenda:

**Nave 3**

Retângulo tracejado azul- linha de montagem A4;  
Retângulo tracejado castanho – linha de montagem A2;

**Nave 1**

Retângulo tracejado cor-de-laranja- linha de montagem A1;  
Retângulo tracejado verde – linha de montagem A3.

Com a lista de materiais do barco (BOM - Bill of materials) de cada modelo e com os desenhos técnicos (Anexo G) desenvolvidos pela engenharia de produto a engenharia de processos da BME define a sequência de montagem em cada estação. Todos estes processos são validados nos Design Validation (DVs-execução da primeira unidade com total acompanhamento da engenharia de produto e processo).

A estrutura da lista de materiais dos modelos BME está dividida em sistemas standards de base, sistemas de opções principais (OP), sistemas opções alternativas (OA) e opções independentes (OE). Estes definem a quantidade de cada componente a montar. O critério de sequenciação de operações de montagem é a acessibilidade para montagem dos componentes.

Como ilustrado alfabeticamente na figura 12 a secção de Montagem tem as estações de trabalho ordenadas sequencialmente por Open Deck/Open Hull, União, Final 1, Final 2 e Final3.

As estações de Open Deck/Open Hull (Figura 12 – Letras: A, F, L e P) caracterizam-se por um conjunto de operações de montagem de todos componentes mecânicos e elétricos que após união da coberta com o casco seriam impossíveis de montar. Por exemplo, o sistema de combustível de um barco é sempre um sistema de base, sendo totalmente montado em Open Deck/Open Hull. Por sua vez, e ainda a título de exemplo, um sistema de aquecimento a diesel, que é uma opção independente (OE), é montado entre Open Deck/Open Hull e Final 1.



Figura 13 - Exemplo de um Open Deck/Open Hull.  
Fonte: O Autor

A operação da estação de união consiste em unir a coberta e o casco através de pasta de fibra de vidro (Figura 12 – Letras: B, G, M e Q).



Figura 14 - Exemplo de uma união com pasta de fibra de vidro.  
Fonte: O Autor

As operações da Final 1 são um conjunto de ligações elétricas e de ligações de mangueiras dos sistemas mecânicos (Figura 12 – Letras: C, H, N e R).

As operações da Final 2 e 3 consistem na montagem de todos estofos, plásticos, etiquetas e documentação (Figura 12 – Letras: E, J, k, O e S). Apenas a linha A4, pelas características particulares dos seus três modelos de cabine, contempla uma estação de trabalho adicional de aplicação de silicones de colagem e remates das janelas da cabine (Figura 12 – Letra H)

Após Final 3, o barco entra numa zona de inspeção final/testes funcionais e, caso necessário, reparações finais para prosseguir para embalamento e expedição rodoviária / marítima.

Só nos casos em que o barco vai para salão/evento náutico é que os motores são instalados em fábrica, fora esses casos nunca se aplica o motor. Todos barcos BME são expedidos para stands náuticos.



# ENQUADRAMENTO TEMÁTICO

## 2.1 RELAÇÃO HOMEM - MÁQUINA

## 2.2 ROBOTIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO

### 2.2.1 ROBÔS INDUSTRIAIS

### 2.2.2 ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO NO QUOTIDIANO

## 2.3 ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS





## 2 ENQUADRAMENTO TEMÁTICO

### 2.1 RELAÇÃO HOMEM - MÁQUINA

Existem várias obras publicadas sobre a relação homem - máquina, onde deveremos entender por máquina todos as ferramentas e equipamentos que podem ajudar o homem a desempenhar algum tipo de função com maior facilidade e rapidez. De facto, desde o final do século XVIII, aquando da Revolução Industrial, as máquinas fazem parte do dia á dia do ser humano, especialmente no que se refere ao seu ambiente laboral. Foi nesta altura que surgiu uma enorme e intensa necessidade de produzir bens em larga escala com auxílio de máquinas, o que seria praticamente impossível com o recurso ao trabalho puramente manual.

Após esta revolução, a utilização de máquinas massificou e intensificou-se, de forma a responder eficaz e eficientemente aos desafios colocados pela crescente procura de bens.

No que se refere á origem e duração da revolução industrial não existe consenso entre os vários historiadores. Autores como Eric Hobsbawm assumem o seu início na Inglaterra na década de 1780, por seu lado, T. S. Ashton afirma que ocorreu aproximadamente entre 1760 e 1830 e historiadores do século XX, como John Clapham e Nicholas Crafts, argumentaram que o processo de mudança ocorreu de forma gradual.

Hoje, e apesar desta discussão a sociedade evoluiu para uma sociedade altamente dependente de máquinas e de tecnologia.(1)

## 2.2 ROBOTIZAÇÃO E AUTOMAÇÃO

De acordo com a Robotics Industries Association, pode definir-se um robô como “*a device with three or more axis of motion (e.g. shoulder, elbow, wrist), an end effector (tool), and that it may be reprogrammed for different tasks*” (2), isto é, como um ou mais dispositivos automáticos, eletromecânicos ou biomecânicos, desenvolvido pelo homem, que através de sistemas mais ou menos complexos de programação obtêm informação sobre o meio envolvente, tomando decisões e manipulando objetos com uso de elementos que produzem movimento, com o objetivo de realizar determinados trabalhos de forma autónoma ou semiautónoma, dispensando o controlo total do ser humano, podendo exigir alguma ou mínima interação. Uma outra definição de acordo com a Robot Institute of America: “Um robô é um manipulador multifuncional reprogramável, concebido para deslocar, por meio de movimentos variáveis programados, peças, utensílios ou instrumentos especializados, de maneira a executar diferentes tarefas”.

Vejamos primeiro a origem da palavra “robô”.

Foi inventada pelo escritor checo Karel Capek, a partir da palavra *robot* que traduz a ideia de trabalho forçado. Introduzida para designar os homens-máquina na obra de ficção que escreveu em 1920.

Após 22 anos, em 1942, Asimov definiu “as 3 leis da robótica” que se tornaram célebres quando em 1950 as documentou em nove histórias de robôs, que culminou com a publicação em França, em 1967, da obra com o título “*Les Robots*”.

A aplicação industrial de robôs surgiu por intermédio de um engenheiro americano, J.Engelberger, que criou em 1961, o primeiro robô que se chamou Unimate. (3)

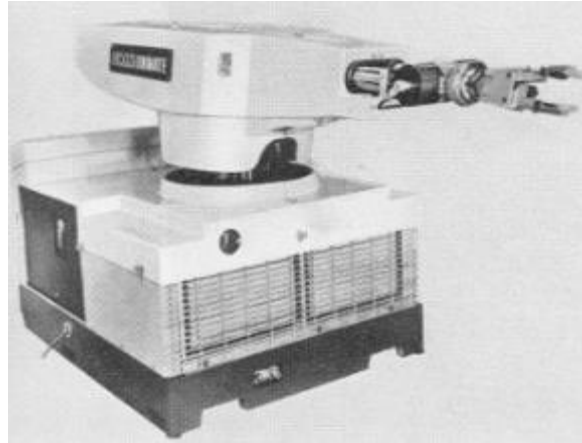


Figura 15 - Robô Unimate.  
Fonte: <http://robostuff.com>

A partir do fim dos anos 60, com a evolução da utilização dos robôs começam a identificar-se problemas que irão ser colmatados com a introdução de robôs de segunda geração. A integração dos sensores define esta segunda geração. Esta nova funcionalidade permitiu desenvolver máquinas “inteligentes”, ou seja, dotadas de atributos, de inteligência artificial (IA), que lhes dão capacidades de autonomia decisória e operacional. Ainda no fim dos anos 60, Nils J. Nilsson e o seu grupo do Stanford Research Institute na califórnia, que trabalhavam em inteligência artificial e na visão por computador, empreendem um projeto de vanguarda - a criação de um robô móvel autónomo ao qual chamaram Shakey. (3) Um pequeno veículo de quatro rodas, equipado com vários componentes eletrónicos e sensores que lhe permitia deslocar num espaço parcialmente desconhecido. Os robôs móveis autónomos de hoje são descendentes diretos desse robô.

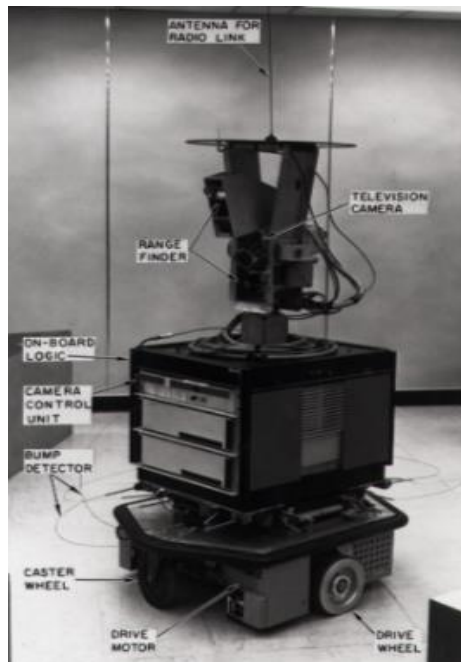


Figura 16 - Robô Shakey.  
Fonte: <http://robotglobe.org>

### 2.2.1 ROBÔS INDUSTRIAIS

Desde o primeiro Unimate, datando de 1961, até aos nossos dias, os robôs afetos a aplicações industriais são, com raras exceções robôs manipuladores. Isto é tão verdade que os termos “robôs industriais” e robôs manipuladores” são frequentemente considerados como sinónimos, inclusivamente nas estatísticas. (3) Os robôs industriais são utilizados num imenso leque de sectores. São afetos a tarefas diversas, das quais as mais características são a soldadura por pontos e de arco, a manipulação e manutenção das peças, o serviço de máquinas de acabamento, a junção e montagem, a projecção: pintura, injeção plástica..., a paletização e a embalagem, as medições, o controlo de fabrico.

### 2.2.2 ROBÓTICA E AUTOMAÇÃO NO QUOTIDIANO

Os processos de automação podem ser entendidos como sendo a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo.

O progresso técnico arrasta pela sua própria existência a criação de novos empregos, mas também a supressão de outros. Por um lado, o saldo económico é certamente positivo porque são criados mais bens e recursos, por outro lado, o saldo social tem uma componente negativa dado que uma parte dos assalariados que contribuíram para o desenvolvimento económico não se poderá adaptar.

A robótica de hoje em dia está a impor-se também como um progresso técnico interessante principalmente no trabalho no terreno, nas minas, na construção civil, nos estaleiros, na agricultura, e em diversos serviços.

A automação diminui custos, aumenta a velocidade na obtenção das informações e por isso é cada vez mais aplicada nas mais variadas indústrias para diversas tarefas, em especial para tarefas que sejam adversas para o ser humano e impliquem a exposição a condições inseguras (como seja, temperaturas ou ruídos elevados, ambientes radioativos ou impuros, etc.) e que exijam um elevado grau de fiabilidade e robustez, impossível de alcançar pelo ser humano. (3)

A era da revolução industrial começou com um compromisso em um único produto com poucas variações e custos e agora com o avanço da automação os custos ligados á flexibilidade foram diminuindo caracterizando assim uma página na história industrial em que a produção era orientada ao produto e nos dias de hoje é orientada ao mercado.

## 2.3 ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS

Os precursores destes estudos foram Frank B. Gilbreth e a sua esposa Lillian M. Gilbreth em 1985. No fim do século XIX e início do século XX, Frederick Taylor, um engenheiro americano que trabalhava na indústria das minas que se tornou célebre por ter adotado a divisão do trabalho em tarefas elementares repetitivas, também se questionou sobre estes assuntos, com o objetivo de responder a duas perguntas básicas que eram: Qual a melhor maneira de executar esta tarefa? Qual deverá ser o trabalho diário a executar por cada operário para otimizar o trabalho do grupo? Atualmente, este conjunto de preocupações mantém-se, envolvendo o trabalho humano e o binómio homem/máquina, numa constante procura da melhoria, que se traduz no aumento da eficácia e da produtividade dos sistemas industriais. A correta definição dos métodos de trabalho e fixação dos tempos para a execução de cada operação é uma responsabilidade e preocupação constante que uma chefia encontra no seu dia-a-dia. (5)

Frederick Taylor é considerado como um grande impulsionador do estudo dos métodos e tempos que evoluíram para a cronoanálise e racionalização industrial com o objetivo de melhorar a produtividade, entendendo detalhadamente o processo, balanceando as tarefas, acompanhando as ineficiências, percebendo a interação entre postos de trabalho e calculando a real capacidade de produção. (5.1)

As principais técnicas de um trabalho de cronoanálise são:

- Cronometragens;
- Avaliação de ritmo de trabalho;
- Determinação de carga homem-máquina (saturação dos operadores);
- Avaliação de Fadiga de Trabalho;
- Cálculo do Tempo Padrão;
- Análise Crítica em postos de trabalho, máquinas e dispositivos;
- Avaliação Ergonômica;
- Redução de Setup;
- Estudo do layout da linha de produção;
- Uso de técnicas para calculo trabalho padrão;
- Aplicação de conceitos dos "7 desperdícios Lean Manufacturing";

- Takt Time para balanceamento de linha;

Neste relatório a técnica de cronóanálise por cronometragem com método prático foi usada para entender a falta de capacidade produtiva da cabine de corte.

O objectivo fundamental do estudo dos tempos é gerar informação quantificada que permita o aumento da produtividade.

Na cronometragem o trabalho é observado directamente e o tempo medido. A cronometragem é utilizada para determinar o tempo requerido, por um trabalhador qualificado e treinado, para realizar uma tarefa trabalhando a um ritmo normal.

Existem 3 métodos possíveis de cronóanálise por cronometragem, são eles:

- Método prático - Devem ser realizadas entre 20 a 50 medições em função de:
  - Do bom senso e experiência do analista;
  - Amplitude dos valores obtidos;
  - Importância em termos de precisão e confiança do tempo padrão pretendido.

O tempo normal de uma tarefa é dado pela multiplicação do tempo cronometrado por uma velocidade de execução atribuída ( $TN=TCxV$ ) e o tempo padrão é a multiplicação do tempo normal por um fator de tolerância ( $TP=TNxFT$ ).

- Método da tabela - O número de medições a realizar é apenas função da duração do ciclo de trabalho a realizar.
- Método estatístico - A determinação da dimensão da amostra deverá considerar:
  - Variabilidade dos tempos observados;
  - Precisão desejada para o tempo padrão;
  - Nível de confiança pretendido. (6)

# DESENVOLVIMENTO

## 3.1 INDICADOR DE CONTROLO DE PROCESSO

### 3.1.1 CÁLCULO DOS DPU

## 3.2 ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O INDICADOR DPU DA BME

## 3.3 SECÇÃO DE CORTE

### 3.3.1 TAREFAS DA SECÇÃO DE CORTE

### 3.3.2 FURAÇÃO COM TEMPLATES

### 3.3.3 CONSTRUÇÃO E DURABILIDADE DOS TEMPLATES DE FURAÇÃO

## 3.4 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS DA SECÇÃO DE CORTE

### 3.4.1 PROPOSTA DE MELHORIA COM SOLUÇÃO ROBOTIZADA NA CABINE DE CORTE

## 3.5 AVALIAÇÃO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE LAMINAÇÃO

### 3.5.1 PROPOSTAS PARA A LAMINAÇÃO

## 3.6 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE ACABAMENTOS E REPARAÇÕES

### 3.6.1 PROPOSTAS PARA OS ACABAMENTOS E REPARAÇÕES

## 3.7 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE MONTAGEM

### 3.7.1 PROPOSTAS PARA A MONTAGEM





### 3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo apresenta-se o trabalho desenvolvido no estágio efetuado. Em primeiro lugar apresenta-se uma análise crítica ao indicador de controlo de processo utilizado pela BME e o problema que o mesmo encerra na sua análise. De seguida descreve-se e estuda-se em detalhe as tarefas da secção de corte e menciona-se uma potencial proposta de melhoria para o maior problema desta secção. Por último apresenta-se os resultados de uma auditoria feita às restantes secções do processo produtivo da BME.

#### 3.1 INDICADOR DE CONTROLO DE PROCESSO

No decorrer de todo o processo produtivo, já abordado, a BME utiliza o indicador Defeito por unidade (DPU), que se aplica, em exclusivo, aos defeitos detetados nos cascos e cobertas. E, para todos os efeitos, os DPU podem ser tipificados em 2 categorias: (1) defeitos de superfície e (2) defeitos de montagem/defeitos funcionais, sendo ainda avaliada a sua severidade. De facto, para a BME é crítico conhecer não só o número de defeitos mas também a severidade dos mesmos.

Relativamente a este indicador é importante compreender que a sua deteção e, portanto, a inspeção dos DPU se opera pela equipa de Qualidade em dois pontos. Numa primeira etapa, à saída do corte e, num segundo momento, na secção de montagem final antes do embalamento. Internamente, os DPU dividem-se, portanto, em DPU de Laminação e DPU de Montagem, respetivamente.

Portanto, numa primeira fase, os cascos e as cobertas que saem da secção do corte são avaliados relativamente aos defeitos de superfície, causados pelas três fases de construção anteriores (isto é, Laminação, Desmolde e Corte) e na fase seguinte, de inspeção final são avaliados os defeitos de superfície que possam ter ocorrido na secção de acabamentos (referente a eventuais reparações mal feitas e/ou por fazer) e, ainda, os defeitos de montagem e funcionais.

### 3.1.1 CÁLCULO DOS DPU

O cálculo dos DPU é da responsabilidade da equipa de Qualidade, através de um sistema informático apropriado, sendo os resultados apresentados ao Departamento de Produção e Direção de Fábrica, todas as sextas-feiras após as 14 horas.

A média da soma dos defeitos das cobertas e dos cascos, respetivamente, constituem para a BME o número de DPU por barco.

$$\sum DPU \text{ Modelo } 675PH \text{ n}^{\circ}20$$

$$= \frac{\sum \text{severidade defeitos da cobertura} + \sum \text{severidade defeitos do casco}}{2}$$

#### 3.1.1.1 PRIMEIRO PONTO DE CONTROLO DE DPU

No que se refere ao primeiro ponto de controlo de DPU, existe uma escala de severidade (ver figura 18), que espelha os passos utilizados pelos operadores de acabamentos para as diferentes reparações possíveis e que, no fundo, são etapas sequenciais e que identificam os defeitos que exigem maior carga de trabalho/etapas. Assim, e com base nesta escala, cada um dos defeitos encontrados serão contabilizados e graduados pelos inspetores de qualidade. Dito de outro modo, no momento da primeira verificação, o inspetor irá contar o número de defeitos e inserir o código correspondente a cada tipo de defeito (existente na escala de severidade), o que lhe permitirá obter automaticamente informação sobre a severidade do mesmo.

Veja-se este exemplo: O inspetor deteta uma bolha a estibordo e uma bolha a bombordo. Assim sendo, a severidade acumulada dos defeitos encontrados é de 42 pontos, visto que este defeito implica a seguinte sequência de reparação: Abrir – Empastar – Lixar – Pintar – Lixar – Polir, e portanto, será o resultado do somatório de:

$$((6 \times 1) + (5 \times 1) + (4 \times 1) + (3 \times 1) + (2 \times 1) + (1 \times 1) \times 2).$$

Grupo	Código	Descrição	Laminar	Abriu	Empastar	Lixar	Pintar	Anjectar	Lixar	Polir	Severidade de Reparação	Funcional / Estético
			7	6	5	4	3	2	1			
Número Série	NS1	Errado / Falta Casco	1	1	1	1	1	1	1	1	28	F
Bolhas	BE	Bolhas Estibordo		1	1	1	1	1	1	1	21	F
Pintura	P4	Enrugada			1	1	1	1	1	1	15	E
Pintura	P5	Sujidade				1	1	1	1	1	10	E
Laminação	L8	União Liner					1	1	1	1	6	E
Madeiras	Ma4	Madeiras Marcadas							1	1	3	E
Molde	M3	Mancha								1	1	E

Figura 17 - Contabilização da severidade dos DPU de Laminação.

Fonte: O Autor

Como se pode ver na figura 18, a severidade máxima de um defeito é de 28 pontos. Quando um inspetor ou qualquer outro elemento da equipa da BME identifica um novo defeito, a sequência de reparação e, portanto, o grau de severidade, é atribuído pela equipa de engenharia de processo.

### 3.1.1.2 SEGUNDO PONTO DE CONTROLO DE DPU

O cálculo da severidade dos DPU de Montagem é feito após inspeção final do barco. Nesta fase, a pontuação é dada por uma matriz de correlação entre criticidade e resolução seguindo uma tabela II.

		RESOLUÇÃO		
		4	2	1
CRITICIDADE		A	B	C
	7	28	14	7
	5	20	10	5
	1	4	2	1

Figura 18 - Matriz de pontuação de severidade de DPU da Montagem.

Fonte: O Autor

Tabela II - Tabela de criticidade / Resolução de DPU da Montagem.

TABELA DE CRITICIDADE / RESOLUÇÃO	
CRITICIDADE	RESOLUÇÃO
7 <b>Implica Risco de Segurança</b> - Potência acidente, falha relacionada com sistemas de emergência ou problemas estruturais (combustível, combate a incêndio, navegabilidade, flutuabilidade, etc)	4 <b>Complexa</b> - Reparação implica: 1 - Desmontar sistemas complexos; 2 - Aceder a zonas de acesso limitado; 3 - Pintar zonas privilegiadas; 4 - Laminação.
5 <b>Implica Indisponibilidade do barco/produto</b> - Reparação ou falha que implicam privação do barco para o cliente. Relacionada com: 1 - Sistemas funcionais (motor, eléctrico, etc) 2 - Falta de peças 3 - Opções Erradas 4 - Identificação Errada	2 <b>Média</b> - Reparação implica: 1 - Substituição de Peças; 2 - Reposicionamento/ajustes de montagem.
1 <b>Implica pequeno incómodo</b> - Problema ligeiro que não condiciona a utilização do produto. Resolução simples, pequenos problemas cosmeticos, flata de peças sem implicações.	1 <b>Simple</b> - Reparação implica: 1 - Limpeza; 2 - Ajuste/Aperto; 3 - Resolução Imediata.

Exemplo: Após montagem e em controlo final de qualidade detetou-se que o depósito do sistema de combustível tinha uma fuga.

Significa que estamos perante um defeito com uma criticidade de grau sete e com grau quatro de resolução e assim serão contabilizados 28 pontos de severidade nos DPU de Montagem, ou seja, implica riscos de segurança com resolução complexa que passa por desmontar um sistema elaborado.

Outro exemplo de pontuação inferior será o caso de uma dobradiça com um parafuso mal apertado. Aí a criticidade e resolução é de grau um, ou seja, é um pequeno defeito com resolução simples em que o próprio auditor consegue resolver sem intervenção de um operador de montagem.

### 3.2 ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O INDICADOR DPU DA BME

Os DPU na BME são apresentados sobre a forma de somatório de severidades por barco. Este valor apenas permite à gerência da BME saber se tem os DPU abaixo ou acima do definido no início do ano. Atualmente a abordagem ao problema fica somente pela sua

identificação. Ou seja, a informação que a severidade de defeitos oferece por modelo não é passada para um plano de ação de melhoria.

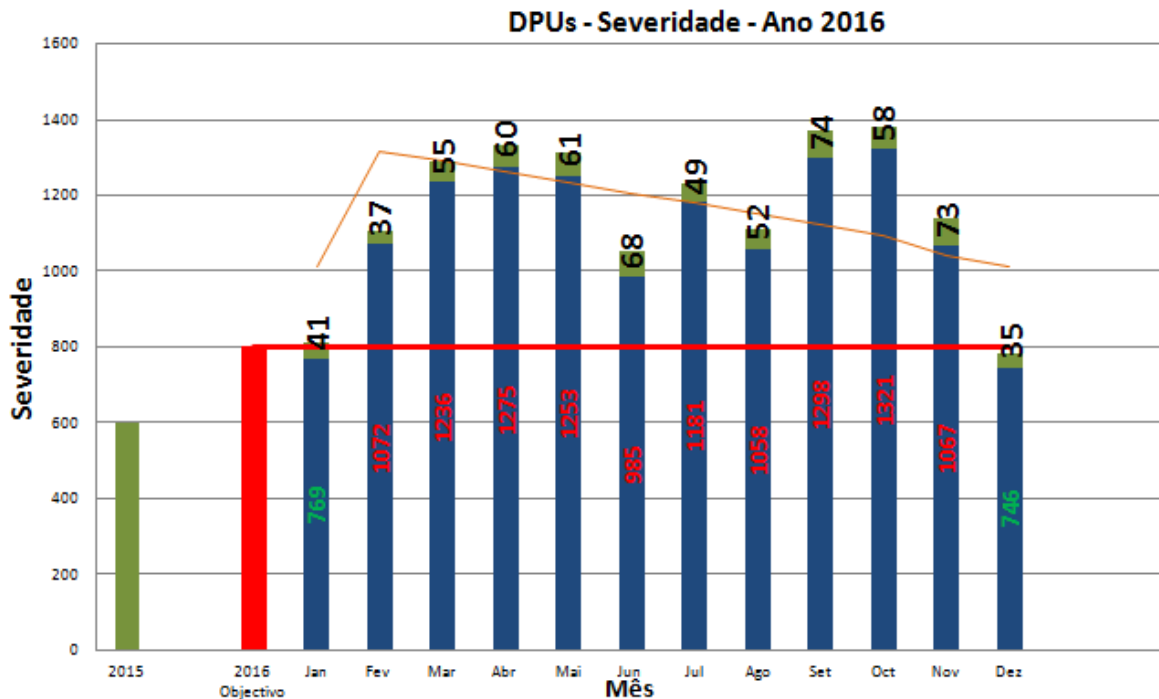


Gráfico 1 - Exposição DPU de 2016 da BME.

Legenda:

Barras verdes – severidade da área de laminação;

Barras azuis – severidade da área de montagem;

Objetivo severidade 2015: 600

Objetivo severidade 2016: 800 (ajustado ao aumento de produção de 2016)

Do valor de severidade acumulada semanal resulta o valor mensal mostrado no gráfico 1. Com esta informação apenas é possível fazer análises comparativas de valores de severidade. O entendimento do problema é impossível só com estes valores.

Com vista a executar um plano de ações semanal para redução de defeitos e suas severidades será mais vantajoso para a BME ter uma exposição de severidades por especificidade de modelo, por exemplo, por intervalo de comprimento de modelos de barcos. Numa primeira fase, seria possível perceber qual a gama de barcos com mais severidade de defeitos e partir daí é necessário detalhar exaustivamente o número de defeitos e executar um plano adequado de redução dos mesmos. Atualmente, todas as ações de redução de DPU são genéricas e de difícil monitorização.

### 3.3 SECÇÃO DE CORTE

A cabine de corte da BME é única, está situada na nave 1 e ocupa, atualmente, 120m<sup>2</sup>, o que permite o trabalho em simultâneo em três big parts (2 cascos + 1 coberta ou 1 casco + 2 cobertas), o que corresponde a 1.5 barcos.

Atualmente a secção de corte e furação da BME conta com 11 elementos, que laboram em 2 turnos, entre as 6:00 horas e as 23:00 horas.

No primeiro turno trabalham 6 elementos, dos quais, 4 são responsáveis por tarefas de corte e furação de cascos e cobertas e os restantes estão dedicados ao corte e furação das peças de pequena e média dimensão (small e medium parts). No segundo turno operam 5 trabalhadores dos quais 3 têm tarefas de corte e furação de cascos e cobertas e 2 têm tarefas de corte e furação de small parts.

Em cada um dos turnos existe um chefe de equipa, cuja função é coordenar o trabalho de cada subgrupo, reportando a um único supervisor para a secção de Laminação e de Corte.

Todos os elementos trabalham com equipamento de proteção individual - um fato anti partículas, luvas anti corte e capacete com filtragem das partículas de pó de fibra de vidro.

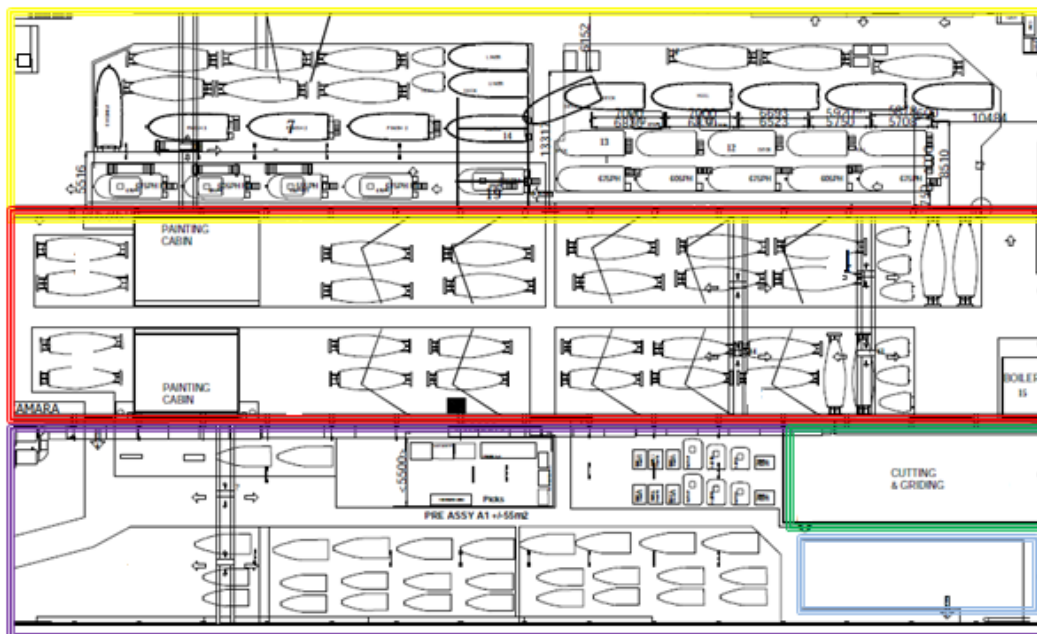


Figura 19 - Identificação da cabine de corte no layout da BME.

Fonte: O Autor

#### Legenda:

**Nave 3**

**Nave 2**

**Nave 1**

Retângulo verde – cabine de corte;

Retângulo azul claro – área de rotação de cobertas e pintura de 2ª demão de top-coat.

### 3.3.1 TAREFAS DA SECÇÃO DE CORTE

Como dito no ponto 1.4.1.2 após desmolde os cascos e cobertas entram na cabine corte para corte da pestana. É um processo difícil e moroso, que se deve exclusivamente ao modo de fabrico manual existente na laminação. Estas peças entram na cabine para corte da pestana na posição em que saem do molde e pela sequência de produção definida no sequenciador de produção.



Figura 20 - Exemplo de corte de pestana de uma coberta.  
Fonte: O Autor

Todas as ferramentas de corte e furação são pneumáticas. O corte da pestana é feito com recurso a uma rebarbadora de disco 180mm e com lixadora de disco 180mm e/ou 80mm.

Terminada esta etapa as big parts casco iniciam o processo de furação em que tendo em conta as opções dos barcos recorta-se/fura-se com auxílio de rebarbadoras e serras circulares (desde tamanho 20 até 177 mm) onde irá levar peças de montagem.

As cobertas após corte de pestana saem para a área em frente á cabine onde uma equipa da Laminação finaliza com uma 2ª de mão de top coat (Figura 21 – Retângulo azul claro) e após sua secagem (20 minutos por modelo) voltam para dentro da cabine para iniciar a furação.

Estas big parts voltam ao interior da cabine para a etapa furação na posição contrária á que saem do molde (Figura 24).

Os cascos depois de corte de pestana, avançam para furação e só depois é que saem da cabine para 2ª demão de top coat.



Figura 21 - Aplicação de 2ª demão de top Coat numa coberta.  
Fonte: O Autor



Figura 22 - Rotação após secagem 2ª demão de top coat de uma cobertura - posição de furação.  
Fonte: O Autor

### 3.3.2 FURAÇÃO COM TEMPLATES

Cada modelo existe numa versão standard, que poderá ser modificada e complementada de acordo com: opções principais, opções alternativas e opções independentes, que representam alterações e/ou adições significativas a nível das operações de corte e furação. Todas estas operações são feitas recorrendo ao uso de templates, criados com o intuito de reduzir o tempo de execução e minimizar a probabilidade de erro. Os templates são de fibra de vidro e servem para marcar os centros de furação circulares e os vértices para as restantes geometrias, evitando assim o recurso constante à medição por fita métrica por parte dos operadores, procurando tornar o processo mais padronizado.



Figura 23 - Vista de proa e popa de uma cobertura com templates de furação.  
Fonte: O Autor

Sobre cada furo nos templates está escrito a marcador a opção a que corresponde e o operador da cabine tem de confirmar com o livro de produção (Anexo F) se é ou não para furar na unidade em trabalho. Este livro circula com cada casco e coberta e identifica o modelo, número do barco, cliente e o conjunto de opções que selecionou.

### 3.3.3 CONSTRUÇÃO E DURABILIDADE DOS TEMPLATES DE FURAÇÃO

Cada modelo de barco BME em média utiliza 25 templates e o tempo de construção de cada kit de templates para um modelo é de 2 dias.

Acresce que a fabricação dos templates para um novo modelo apenas é feita no segundo barco, na medida em que a primeira unidade é de Validação (*Design Validation-DV*).

Na unidade de DV todo o processo de construção de um barco é validado, incluindo os cortes e furações. É nesta fase que a Engenharia de Produto valida todos desenhos técnicos e finaliza a Lista de Materiais do modelo (*BOM*) e a Engenharia de Processo estuda e valida os melhores processos de construção do modelo. É o período de todas as correções antes do início de produção em série.

Todo o processo de fabricação de um template é bastante dispendioso, em termos de horas de trabalho da Engenharia de Processo e chefias intermédias da produção, e em em termos de materiais utilizados pois são feitos com uso de matéria-prima resina e fibra de vidro.

Após desmolde da segunda unidade de cada modelo (casco e coberta), a Engenharia de Processo marca a lápis sobre a peça a área onde tem de ser laminado um template de furação. As cobertas e cascos voltam á laminação onde sobre as áreas marcadas é projetado resina e fibra e após cura os templates são desmoldados manualmente.



Figura 24 - Exemplo de um template acabado de ser desmoldado.

Fonte: O Autor

Nesta fase a equipa de Engenharia marca os templates com broca de 6mm em que nas furações circulares será o centro da serra craniana e nas furações não circulares serão os vértices da geometria.

A vida útil média de um *template* é de 1 ano, devido ao desgaste e às alterações de Ano do Modelo (*Model Year* -atualmente a BME está no model year 17).

A ocupação de espaço fabril deste tipo de ferramentas é, também, uma grande preocupação da administração, que levou em 2016 à criação de um espaço exterior para a colocação dos *templates*. Atualmente existem aproximadamente 150 *templates* de 11 modelos, armazenados num espaço de 30m<sup>2</sup>. Com a construção deste espaço exterior o problema foi ultrapassado. Anteriormente, estavam espalhados dentro da área fabril (na laminação e na cabine de corte), ocupando espaço produtivo.

### 3.4 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS DA SECÇÃO DE CORTE

A maior das preocupações da administração para esta secção era sustentar com dados a falta de capacidade de cumprimento de fluxo por parte da cabine de corte.

Para isso foi necessário quantificar o output diário da montagem no tempo do estágio e acompanhar as tarefas da secção de corte nos vários modelos de barcos.

Tabela III - Output Montagem durante tempo estágio.

	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
<b>A1</b>	2.78	2.58	2.10	2.6	2.79
<b>A3</b>	2.39	2.42	2.2	2.05	2.32
<b>A2</b>	1	1.58	1	1.05	1.05
<b>A4</b>	2	2.21	1.2	1.4	1.79
<b>Barcos/dia</b>	<b>8.17</b>	<b>8.79</b>	<b>6.5</b>	<b>7.1</b>	<b>7.95</b>

O output da secção de Montagem manteve-se nos 8 barcos embalados diariamente até fim de Novembro, reduzindo 2 barcos nos mês de Dezembro e até Fevereiro voltou a aumentar para 7 barcos embalados, ou seja, prontos a serem expedidos para cliente.

### 3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CRONOMETRAGEM PRÁTICO

Para entender o output da secção de corte e furação, mediu-se por cronometragem as tarefas de corte e furação em 5 cascos e 5 cobertas de cada modelo (o que corresponde a 70 cascos e 70 cobertas no total) para achar o tempo padrão de corte e furação. O grau de confiança nos tempos padrão calculados é de 82%, isto é, em média foram selecionadas na configuração dos barcos 82% das opções possíveis de variar o corte e furação. (Ver anexo J - % opções selecionadas com variabilidade no corte e furação.)

Assumiu-se uma velocidade normal de execução (considera-se igual a 1) e gerou-se uma média cronometrada por linha. A operação de corte e furação foi observada e dividida em pequenas tarefas desde a entrada da peça na cabine até ao movimento de entrega na próxima secção. O fator de tolerância assumido para o cálculo do tempo médio de corte é de 15%. Todos os resultados foram medidos com a mão-de-obra atual no 1º turno da cabine de corte.

Relativamente aos cascos, obteve-se:

Tabela IV - Tempo médio de corte e furação de cascos (contabilizado em minutos).

	Cascos Linha A3 + A1	Cascos Linha A4 + A2
Movimento de linha - entrada peça	3	3
Cortar a pestana	20	35
Marcar furações	5	15
Furar	30	50
Soprar/Limpar	2	4
Movimento de linha - saída peça	2	4
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>111</b>
<b>Tempo Médio</b>	<b>71,3</b>	<b>127,65</b>

Sabendo que o tempo médio de corte e furação é o produto de:

$$\begin{aligned} \text{Tempo Médio de corte} \\ = \text{Tempo cronometrado} * \text{Velocidade execução} * \text{Fator tolerância} \end{aligned}$$

Verifica-se que para cascos da linha A3 e A1 o tempo padrão de 71,3 minutos e para a linha A4 e A2 o valor de 127.65 minutos.

Para as cobertas, obteve-se:

Tabela V - Tempo médio de corte e furação de cobertas (contabilizado em minutos).

	<b>Cobertas Linha A3 + A1</b>	<b>Cobertas Linha A4 + A2</b>
Movimento de linha - entrada peça	3	4
Cortar a pestana	35	45
Virar coberta	15	20
Marcar furações	15	25
Furar	70	100
Soprar/Limpar	5	5
Movimento de linha - saída peça	3	4
<b>Total</b>	<b>146</b>	<b>203</b>
<b>Tempo Médio</b>	<b>167,9</b>	<b>233,45</b>

Significando um total de 167,9 minutos de tempo padrão para corte e furação de uma coberta da linha A3 e A1 e de 233,45 minutos para cobertas de linha A4 e A2.

Somando os tempos médios dos cascos e cobertas temos 239,2 minutos para cortar e furar um barco da linha A3 e A1 e 361,1 minutos para cortar e furar um barco da linha A4 e A2.

Retirando os 20 minutos (10 em cada turno) de pausas dentro do horário laboral de 8 horas constata-se 940 minutos de tempo disponível na cabine de corte e furação.

$$\begin{aligned} \text{Tempo total} &= (60 \text{ min.} * 8 \text{ hoas} * 2\text{turnos}) - 20 \text{ min. pausas} = 940 \text{ min.} \\ &= 15,5\text{horas} \end{aligned}$$

Assim sendo, para ser possível um trabalho em linha pautado pelo output diário da Montagem a cabine de corte teria de ter tido as horas de trabalho seguintes:

*Horas de trabalho*

$$= \text{output montagem (Tabela III)} * \text{tempo total padrão corte e furação}$$

Tabela VI - Minutos necessárias na cabine de corte

Para movimento de linha diário de acordo com output de Montagem.

	<b>Linha A1</b>	<b>Linha A3</b>	<b>Linha A2</b>	<b>Linha A4</b>	<b>Total (minutos)</b>	<b>Total (horas)</b>
Outubro	664,9	571,68	361,1	722,2	2.319,88	38,6
Novembro	617,14	578,86	570,54	798,03	2.564,57	42,7
Dezembro	502,32	526,24	361,1	433,32	1.822,98	30,38
Janeiro	621,92	490,36	379,16	505,54	1.996,98	33,2
Fevereiro	667,37	554,95	379,16	646,37	2.247,85	37,46

Todos os dias o número de horas necessárias de corte foi superior a 15,6 horas. Nestes meses, a falta de capacidade e ineficiências foram ultrapassadas com trabalho suplementar diário, ou seja, prolongamento de horas no 2º turno e antecipação de horas no 1º turno. Criaram-se equipas de trabalho ao sábado com 10 horas trabalhadas e muitas vezes reajustou-se a mão-de-obra no interior da cabine, colocando 5/6 operadores com funções de corte e furação de big parts.

Só estas medidas não foi a solução do problema devido á dificuldade em definir áreas/cortes por operador cumprindo as condições de trabalho em segurança. Devido a limitações de construção do meio de transporte das cobertas para a cabine a capacidade máxima de operadores a trabalharem em cima de uma coberta é de 3 elementos (Figura 23). A fraca visibilidade devido ao pó de fibra e as mangueiras pneumáticas na área de trabalho também são uma condicionante de segurança para o número de operadores a trabalharem numa big part.

Durante este período, outra maneira de minimizar o problema foi permitir o início do trabalho de Open Deck/Open Hull na última estação de Reparações (Figura 10 – Zona 7), ou seja, inicia-se o trabalho de montagem na área de acabamentos. Com esta medida assumiu-se que as reparações superiores a 1 hora eram avaliadas e discutidas entre chefias com o fim de definir qual e onde o momento de sua reparação, passando por ser em auditoria final ou no decorrer das estações de trabalho de montagem.

Este problema levou a um planeamento exaustivo diário desde o desmolde e uma negociação diária de atrasos de produção.

Outro problema da secção de corte é a repetibilidade e qualidade dos cortes e furações. A dificuldade em descodificar as opções descritas no livro de produção não foi possível de ser quantificada em número de vezes que um operador se deslocava da cabine para ir á linha de acabamentos ou montagem executar ou reajustar uma tarefa de cabine. Esta ineficiência era diária.

### 3.5.1 PROPOSTA DE MELHORIA COM SOLUÇÃO ROBOTIZADA NA CABINE DE CORTE

Existem no mercado variadíssimas soluções robotizadas de corte e furação de fibra de vidro mas há uma empresa que se destaca pela qualidade e experiência demonstrada nesta área. A ROBOPLAN Robotic Experts, localizada em Aveiro, foi, o parceiro selecionado para trabalhar no desenvolvimento de uma solução que passa pela integração de dois robôs Motoman modelo MH180, montados sobre dois eixos externos servocontrolados TSL-2000, equipados com dois *spindles* com troca automática de ferramenta e com programação de trajetórias automática via software.

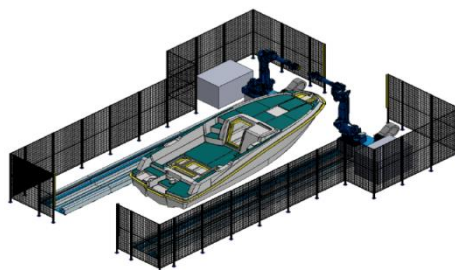


Figura 25 - Desenho 3D da célula Robotizada proposta para a BME.  
Fonte: O Autor

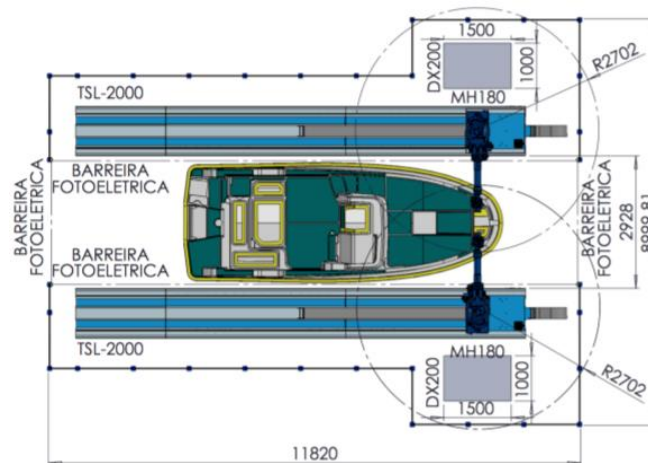


Figura 26 - Desenho 2D da célula robotizada proposta para a BME.  
Fonte: O Autor

A proposta de uma linha robotizada de corte teria de ser constituída por:

- Dois robôs Motoman referência MH180 (Anexo A):
  - Amplitude movimento horizontal: 2702mm.
  - Amplitude movimento vertical: 3393mm.
  - Peso:180kg.
  - Fácil de implementar e de dimensão reduzida.
  
- Duas unidades de controlo referência DX200 (Anexo B):
  - Possibilidade de controlar em simultâneo até 72 eixos e 8 braços robots.
  - Função “MultiTasking” que permite executar 16 programas de forma simultânea.
  - Unidade de programação ergonómica (“teach pendant”) de apenas 0.98Kg com display “touch panel” a cores com capacidade de visualização de múltiplas janelas, suportando tecnologia Windows CE.
  
- Dois Posicionadores (“track”) servo controlado para deslocamento linear (Anexo C):
  - Curso útil: 8660mm.
  
- Duas unidades Spindle (Anexo E):
  - Voltagem: 380V.
  - Frequência: 300Hz.

- Rotação:18000RPM.
- Potência:7.5Kw.
- Consumo:16.8Amp.
- Peso:28Kg.

A Roboplan tem implementado soluções similares em indústrias de construção de pás eólicas e de construção de moldes de fibra de vidro para a indústria automóvel, por isso, é em Portugal uma das empresas de robótica mais conceituada e com experiência comprovada neste tipo de produto/material.

Assim sendo, e de acordo com os cálculos que a Roboplan forneceu, face a projetos idênticos já implementados em indústrias cujo processo é semelhante (Indústria de construção de pás eólicas) é importante considerar a tabela abaixo, onde se apresenta a velocidade de corte do robot face a diferentes espessuras:

Tabela VII - Velocidade de corte do robot face à espessura

Espessura de corte (mm)	Velocidade de corte (mm/seg.)
100	2
35	10
5	40

A BME recebe do seu Departamento de Engenharia de Produto norte-americano os ficheiros CAD dos modelos atualmente fabricados e, com base nessa informação, recriaram-se as furações e cortes das peças para quantificar o perímetro cortado. Os resultados foram:

Tabela VIII - Perímetro de corte e furação de um barco (somatório das big parts arredondado á unidade de milhar).

Linhas	Perímetro corte e furação em milímetros
Linha A3	21.000
Linha A1 e A4	32.000
Linha A2	39.000

Note-se que a Indústria de construção de pás eólicas é em tudo similar á de construção naval de barcos de fibra, pois usam o mesmo tipo de materiais na laminação. Como dito, os processos de fabricação de uma embarcação são bastante manuais e alguns poucos robustos e isso tornam impossível garantir as espessuras determinadas pela engenharia de produto a 100%. Assumiu-se uma espessura constante de 35mm em toda a área das big parts (só na zona de fixação do motor no casco é que a espessura é superior a 35mm - será aproximadamente de 42mm - e nessa zona não há nenhum corte ou furação feita na cabine) para estimar o tempo de corte por linha tendo em consideração a tabela VII e VIII (é desprezado os tempos de setup do robot – o único setup é a troca de disco de corte para uma frese).

Com o cálculo:

$$\text{Tempo de corte} = \frac{\text{Perímetro de corte}}{\text{velocidade}} * \frac{1}{60 \text{ minutos}}$$

Tem-se que:

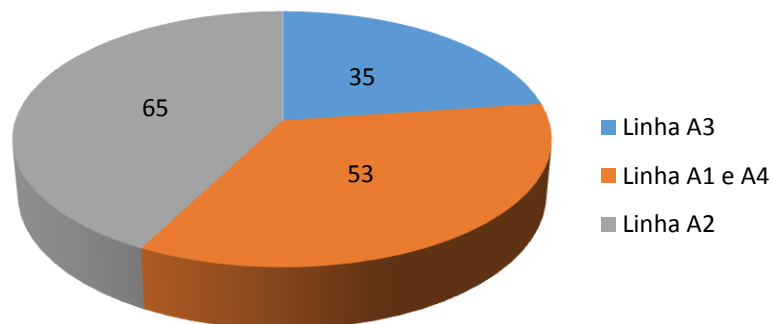


Gráfico 2 - Tempo corte e furação por barco com proposta robotizada

Representa que para os barcos da linha A2 (barcos superiores a 7 metros) demoraríamos cerca de 65 minutos a cortar e furar, 53 minutos para a linha A1 e A4 e 35 minutos para a linha A3.

Multiplicando o valor da tabela III pela informação do gráfico 1, constata-se que de Outubro a Fevereiro:

Tabela IX - Tempo de corte para a produção da Montagem com solução robotizada (contabilizado em minutos/dia).

	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>	<b>Janeiro</b>	<b>Fevereiro</b>
<b>Linha A1</b>	147,3	136,7	111,3	137,8	147,9
<b>Linha A3</b>	83,7	84,7	77	71,6	81,2
<b>Linha A2</b>	65	102,7	65	68,25	68,25
<b>Linha A4</b>	106	117,1	63,6	74,2	94,9
<b>Total (minutos)</b>	<b>402</b>	<b>441.2</b>	<b>316.9</b>	<b>351.85</b>	<b>392.25</b>
<b>Total (horas) com 1 robot</b>	<b>6,7</b>	<b>7,4</b>	<b>5,3</b>	<b>5,9</b>	<b>6,5</b>
<b>Total (horas) com 2 robot</b>	<b>3,35</b>	<b>3,7</b>	<b>2,65</b>	<b>2,95</b>	<b>3.25</b>

Com um robot em menos de 8 horas de trabalho seria possível acompanhar o output diário da montagem. O pior cenário seria o mês de Outubro com 6,7 horas. Com dois robots não ultrapassaria as 4 horas de corte e furação.

Apesar de não ter sido estudado o fluxo de medium parts na cabine de corte, a experiência existente permite-nos afirmar que o tempo de corte destes elementos não ultrapassará o tempo calculado para o conjunto das Big Parts, isto é, 4 horas.

As vantagens de uma solução de corte robotizada seriam a eliminação dos templates, a capacidade da cabine de corte trabalhar em linha, o aumento da qualidade de corte (o robô é programado uma só vez com as áreas de corte mediante opções selecionados no barco) e a redução intensiva da mão-de-obra num cenário ótimo seria de 10 elementos na cabine porque é suficiente uma pessoa programar um robô.

O maior desafio desta solução seria garantir a repetibilidade dos cortes em que isso implicaria a transformação dos carros de movimentação das peças com o fim de adicionar

meios estruturais para evitar a torção/movimentos das peças enquanto cortam e estes também garantissem uma posição constante de início de tarefa em relação ao robô. Outras soluções de localização de elementos através de nuvem de pontos existem no mercado de soluções robotizadas mas também estas necessitam de uma garantia estrutural nos meios de transporte para eliminar os movimentos enquanto o robô corta e fura o elemento.

Com as condições ideais acima descritas a solução permite uma redução de 91% (10 operadores). Assumindo uma redução de apenas 9 operadores para um investimento de 323.000€ (Ver Anexo M) em dois robôs temos que:

Tabela 10 - Resumo de plano de investimentos sem custos de Qualidade

Salário médio anual de 9 operadores corte (750€ de salário médio x 14 meses x 9 operadores)	94.500€
Custo de salários em 5 anos (94.500€ x 5 anos de payback de investimento)	472.500€
Custo estimado de investimento	353.000€ (323.000€ robôs + 30.000€ obras na cabine)

### 3.6 AVALIAÇÃO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE LAMINAÇÃO

Um dos pontos mais evidentes de necessidade de melhoria nesta secção que me deparei durante o estágio foram as deslocações das pessoas. É o caso do terceiro posto de trabalho da linha dos cascos (segunda pistola de laminação – Figura 3 – zona 4), ou seja, as deslocações da equipa que coloca as malhas de fibra de vidro. Esta equipa percorre 50 metros desde a sua estação de trabalho até ao ponto onde estão em stock as malhas de fibra de vidro já cortadas. Estas malhas são cortadas numa CNC de corte de fibra situada na nave 3. O seu operador faz um movimento de 95 metros para as colocar na estante em stock. Esta estante é á entrada da cabine de pintura dos cascos numa parede lateral.

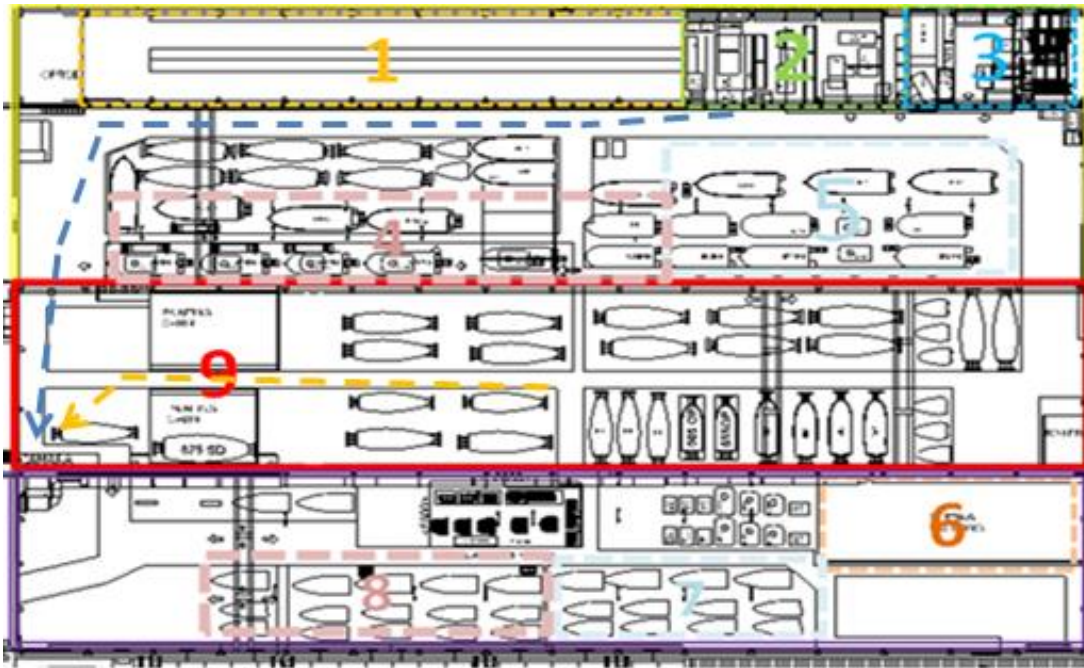


Figura 27- Deslocações equipa Laminação de cascos.  
Fonte: O Autor

#### Legenda:

**Nave 3**

**Nave 2**

Tracejado azul – deslocação do operador de CNC de corte de fibra até estante de fibra;

Tracejado cor-de-laranja – deslocação de equipa de laminação dos cascos para picking de malhas de fibra de vidro;

9 – Laminação;

## 2 – Carpintaria.



Figura 28 - Estante atual de stock de malhas de fibra de vidro.  
Fonte: O Autor

Outras deslocações de pessoas é das equipas de stiffen das duas linhas de laminação para a carpintaria á procura das madeiras a laminar. De acordo com o plano de produção, a carpintaria executa as montagens das madeiras e dá os acabamentos finais às mesmas e faz o picking por identificação do número do casco (Hull Identification Number – é a matrícula do barco – é a descrição onde se vê o modelo/nº/data produção do barco), colocando-as num carrinho de bordo de linha. Estes carrinhos de bordo de linha ficam na carpintaria á espera que as equipas de stiffen os venham levantar. É uma deslocação de 60 metros.

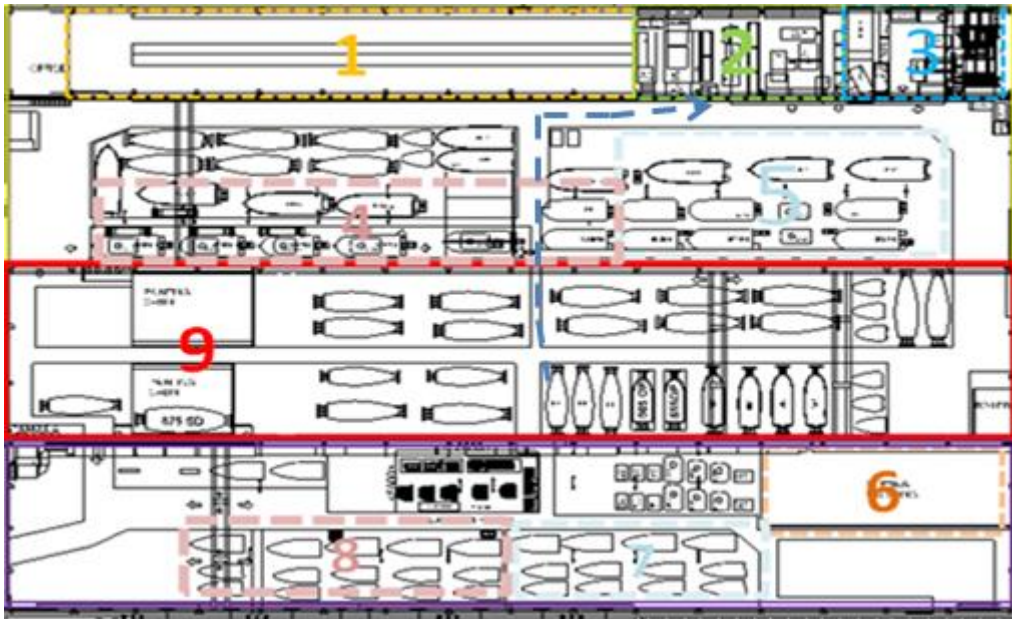


Figura 29 - Movimento equipa de stiffen do casco para carpintaria.  
Fonte: O Autor

Legenda:

**Nave 3**

**Nave 2**

Tracejado azul – deslocação da equipa de stiffen até carpintaria;

9 – Laminação;

2 – Carpintaria.



Figura 30 - Exemplo carrinhos de bordo de linha com madeiras de stiffen.  
Fonte: O Autor

Um ponto importante a melhorar rapidamente é o controlo da quantidade de resina a aplicar. Em todas as pistolas de laminação existe um calibre de controlo de espessura que tem de ser usado no início, meio e fim de cada face que é laminada. Existe também, um sistema de controlo de resina por pesagem, isto é, a cada pistola está adjudicado um bidão de resina que tem uma balança anexa em que se consegue perceber pelo diferencial de peso se estamos a colocar a quantidade definida de material ou não. Durante o período do estágio foi possível perceber que o desvio de inventário de resina foi de aproximadamente 15%, cerca de 20.000€. XX

Por fim, o problema no desmolde principalmente das cobertas da linha A4 é uma ineficiência diária da secção de laminação.

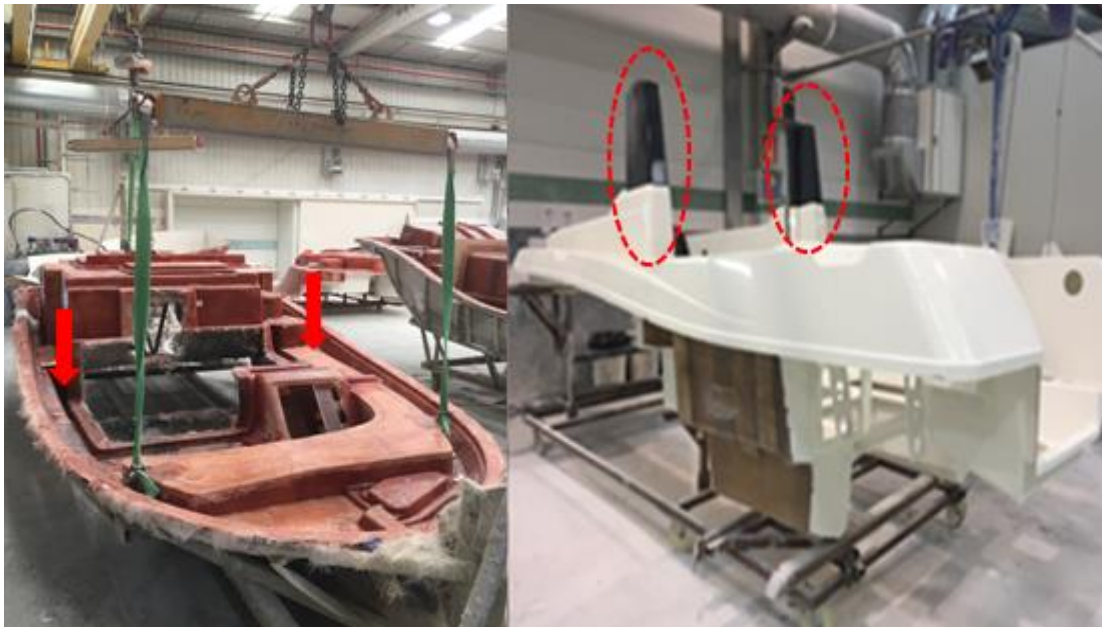


Figura 31 - Desmolde coberta Linha A4.  
Fonte: O Autor

Por definição de construção estas cobertas têm áreas que são fundas de laminar (Figura 32) e essas paredes laminadas provocam muita resistência no desmolde.

### 3.6.1 PROPOSTAS PARA A LAMINAÇÃO

A carpintaria da BME está ao lado da CNC de corte de fibra de vidro (Figura 2 – ponto 2) e assim para a movimentação das malhas de fibra de vidro (corte em CNC - estante atrás da cabine de pintura de cascos – linha laminação de cascos) deve-se redimensionar os carros de transporte da lista de madeiras para incorporar estas malhas de fibra de vidro. Passando assim, a existir um só movimento direto á linha.

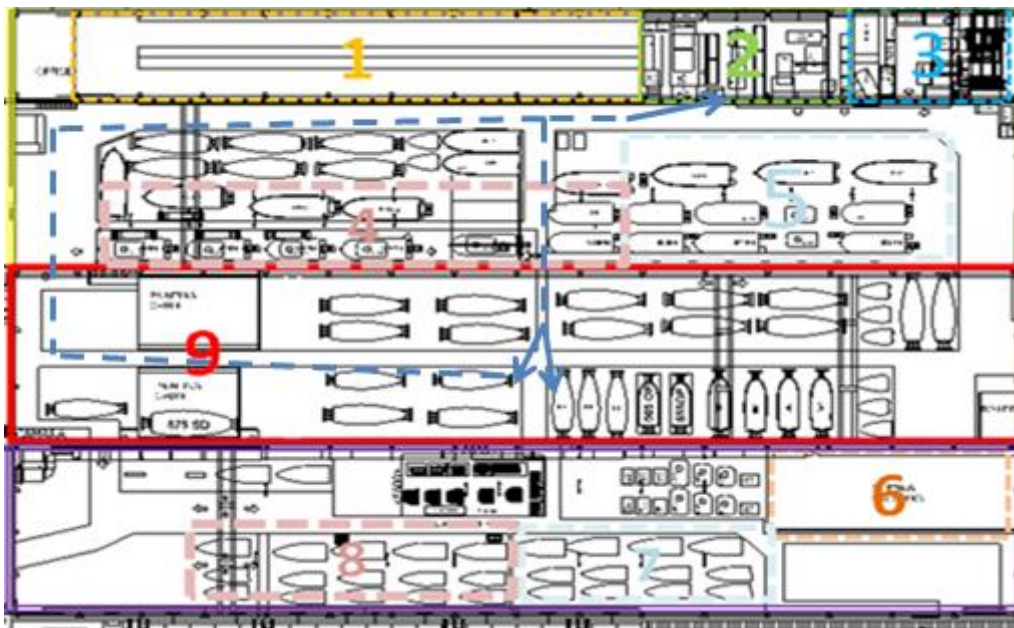


Figura 32 – Proposta de movimentações da secção de Laminação.  
Fonte: O Autor

Legenda:

**Nave 3**

**Nave 2**

Tracejado azul – proposta de comboio logístico com madeiras de stiffen e panos de fibra de vidro.

Para o controlo de resina a aplicar devem ser feitas instruções de processo que identifiquem claramente as zonas onde a projeção de resina em excesso é mais inconveniente e assim instituir uma medição periódica com o uso do calibre.

Em muitas ocasiões uma anomalia na montagem no momento da união do casco e coberta deve-se a uma camada excessiva de resina na base da laminação das madeiras.

Sugere-se também aumentar o acompanhamento nas tarefas de laminação por parte das chefias de produção e inspetores de qualidade por forma a garantir o cumprimento dos processos definidos. É necessário criar uma metodologia de formação no posto de trabalho. Uma possibilidade para este acompanhamento ser efetivo é a criação de uma checklist de tarefas para o supervisor e auditor com validação diária por parte da chefia de produção.

No que diz respeito ao desmolde, não só das cobertas da linha A4 (é uma peça com vários ângulos de desmolde) mas de todas as linhas, é urgente criar um plano de manutenção preventiva de moldes. Atualmente, existe um plano de manutenção de moldes em que só é analisada a parte de fibra do molde. Toda a estrutura metálica e pneumática de desmolde só é inspecionada quando avaria/quebra.

### 3.7 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE ACABAMENTOS E REPARAÇÕES

O mais relevante problema detetado é as bolhas por peça. É um defeito que tem variadíssimas causas.

Este tipo de defeito e a sua quantidade condiciona o tempo que a peça irá ficar na secção pois é um defeito de reparação demorada (uma bolha demora em média, 20 minutos a reparar) cujos passos de reparação estão expressos na Tabela I.

Entre as causas estão: mistura de lotes de gel coat na cabine de pintura, pintura não uniforme, espessura de laminação abaixo da especificação.

#### 3.7.1 PROPOSTAS PARA OS ACABAMENTOS E REPARAÇÕES

Uma solução rápida de estudar e implementar seria testar soluções de empastamento á cor do gel coat usado para evitar alguns passos da reparação de bolhas definido na Tabela 1. Relativamente á mistura de lotes de gel coat, pode-se implementar um processo documentado diário que indique a quantidade de gel coat diária prevista e daí retirar a sequência de lotes de gel coat a serem usadas nas peças pintadas diariamente, eliminando assim o processo de correspondência visual de tinta aquando

troca de lotes durante a pintura de um barco. É um processo que se pode fazer pelas características de entrada em armazém dos lotes de gel coat.

A falta e o excesso de resina mal laminada causa bolhas de ar nas peças. Por isso, o controle da quantidade de resina a aplicar é essencial na redução de problemas nas secções a montante da Laminação.

### 3.8 LEVANTAMENTO DE PROBLEMAS NA SECÇÃO DE MONTAGEM

A inexistência nas linhas A2,A3 e A4 de um padrão de trabalho (standard work), para definir as tarefas por estação. É importante para as chefias de produção perceberem onde está definido montar a peça “A” para entenderem as consequências em termos de fluxo se por sua indicação é montada na estação seguinte. Como vimos na descrição do processo no início do relatório, montar uma peça numa estação final quando a definição mostra-nos que se deve montar na estação Open Hull pode demorar o triplo do tempo devido á reduzida acessibilidade para montagem.

A falta de polivalência é uma dos principais problemas para os supervisores de montagem. Muitas vezes a falta de um operador de uma estação de Final quando é substituído por outro operador de uma estação anterior condiciona produtividade na linha.

Relativamente a uma etapa em particular de montagem que é a aplicação de plásticos, o picking destes é feito pelo operador de acabamentos de plásticos sobre pedido do supervisor da linha de montagem. Os operadores da secção de acabamento de plásticos colocam num carrinho de bordo de linha todos os plásticos possíveis de montar no barco “A” e os operadores de montagem devolvem os plásticos que não serão opção no barco “A”. O picking é feito por excesso e não á medida gerando muita confusão de fluxo de plásticos.

### 3.8.1 PROPOSTAS PARA A MONTAGEM

Elaborar um padrão de trabalho para as linhas A2,A3 e A4 ao exemplo da existente na linha A1 (Anexo H) em que facilmente a linha de produção entende quais os sistemas a montar em cada posto de trabalho, quais os desenhos técnicos necessários consultar e qual o objetivo temporal para conclusão da tarefa.

A criação de um plano de formação que privilegie a polivalência é uma parte da solução para minimizar o impacto do absentismo.

Em relação ao fluxo de plásticos, é necessário finalizar o trabalho iniciado na definição de uma lista de plásticos (Anexo I) por modelo em função das opções do barco criando assim uma picking list de plásticos para a montagem onde é possível observar a quantidade a entregar na montagem, o tipo de acabamento na peça, a opção associada e estação da secção de Montagem onde o plástico é montado.



# **AVALIAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**





## 4 AVALIAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho de estágio realizado na BME é um trabalho que necessita de continuidade. Para os problemas detetados em auditoria foram mencionadas soluções exequíveis pela equipa da Brunswick. Em todas as secções existem soluções simples de implementar para resolver os problemas detetados.

Para a Laminação a criação de um comboio logístico é essencial para eliminar os movimentos das equipas do início do processo, bem como o acompanhamento e formação das equipas deve ser efetivo para a redução da aplicação excessiva de resina e a implementação de um plano preventivo de manutenção do circuito pneumático de desmolde é essencial para a tarefa de desmolde. Na secção de acabamentos e Reparações é prioritário trabalhar na redução de ocorrência de número de bolhas nos cascos e cobertas através da investigação de soluções como empastamento á cor do gel coat eliminando passos na padronização de tarefas para resolução deste problema.

Na secção de Corte e Furação fica em aberto a execução de uma avaliação que justifique a implementação de dois robôs que significam um investimento de cerca de 323.000 euros. O aumento da mão-de-obra e reformulação da sequência de operações da secção de corte deve ser explorado como uma potencial solução para a falta de capacidade produtiva da secção.

Para a secção de Montagem, na Linha A1 para o problema detetado já existe uma solução nas restantes linhas, isto é, é necessário criar um plano de padronização de trabalho bem como um plano de formação que privilegie a polivalência pode ajudar na minimização dos impactos de eficiência que o absentismo atualmente tem na Montagem e a finalização de um picking de plásticos irá reduzir o fluxo de materiais para a linha.

Desta forma, os objetivos propostos foram alcançados, ficando aqui listadas algumas soluções para os principais problemas das secções de Laminação, Corte, acabamentos e Reparações e Montagem, justificando à administração a atual falta de capacidade produtiva da secção de Corte.

Como em todas as empresas, a Brunswick tem uma série de problemas no seu fluxo produtivo ainda por resolver.

Como sugestões para trabalhos futuros propõe-se:

- Elaborar um plano investimento para proposta robotizada da cabine de corte;
- Estudar todas as deslocações de pessoas na secção de Laminação;
- Pesquisar novos processos/materiais para a secção de acabamentos e reparações;
- Analisar um sistema de gestão de produção alternativo á folha de Excel existente na Brunswick;
- Estudar novas técnicas de desmolde;
- Finalizar a picking list de plásticos e sequência de operações para as linhas A2,A3 e A4 (Anexos H e I);
- Estudar uma possível implementação de um processo robotizado nas cabines de pintura.



# **BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO**





## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

(1) Romano, F.V.D., Suel Max, Introdução à Robótica Industrial. 2002, São Paulo: Edgard Blucher

(2) [http://www.robotics.org/content-detail.cfm?content\\_id=834](http://www.robotics.org/content-detail.cfm?content_id=834)

(3) Georges Giralt, La robotiq, Instituto Piaget

(5) [https://pt.wikipedia.org/wiki/Frank\\_Bunker\\_Gilbreth](https://pt.wikipedia.org/wiki/Frank_Bunker_Gilbreth)

(5.1) <https://kb.osu.edu/dspace/handle/1811/6191>

(6) <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571245991/Estudo%20dos%20Tempos.pdf>

Pinto, J.P., Pensamento LEAN. (2014). Lisboa, Lidel - edições técnicas, lda.

<http://www.brunswick-marine.com/>

<https://www.mercurymarine.com/pt/europe/>

análise e optimização processos

# ANEXOS





## 6 ANEXO A – Robôs Motoman



# MH180

MATERIAL HANDLING | MACHINE TENDING | PRESS TENDING

### KEY BENEFITS

Small mounting surface and minimum interference radius save valuable floorspace

Optimized robot design with increased speed reduces cycle time

Increased payload, moment and inertia ratings allow the robots to be used in a wide variety of applications

Slim wrist profile for high density spacing and for reaching into confined spaces

### SPECIFICATIONS

180 kg payload (MH180)

2,702 mm horizontal reach

3,393 mm vertical reach

±0.2 mm repeatability

Floor mounted

### CONTROLLERS



DX200



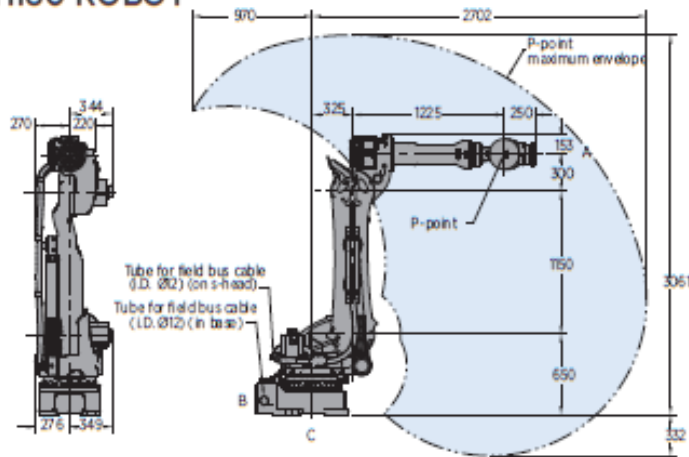
FS100



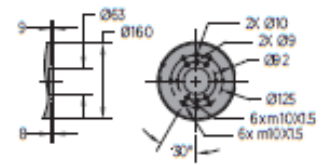
MLX200

- Powerful six-axis handling robot features high-rigidity speed reducers and high-speed motion which reduce cycle times.
- The MH180 features increased payload capacity as well as increased speed of each axis over previous models.
- High payload and increased moment and inertia ratings allow the robot to handle larger and heavier payloads.
- Streamlined upper arm design features a slim wrist profile and reduces robot width by over 200 mm. This allows easier reach into confined spaces, improving application flexibility.
- Base design reduces robot interference radius to only 515 mm, the lowest in its class. This allows the robot to be mounted closer to machines and fixtures, making best use of valuable floorspace.
- Improved design removes the counterbalance from robot base. This reduces the mass of the arm, enabling higher acceleration, deceleration and speed.
- The required mounting surface is reduced by nearly 44%, saving valuable floor space and making the robot easier to apply.
- Up to 70% less power consumption during motion and 25% savings during idle periods compared to previous models.
- Cables and air lines are routed through robot base to upper arm to increase cable life, enhance safety and reduce teaching time.
- Cable installation tube in the base of the robot facilitates fieldbus routing to the robot upper arm and/or gripper.
- Pre-wired for servo gripper which allows a wider range of product handling.
- The MH180 has an IP67-rated wrist and an IP54 body standard. An XP (eXtra Protection) package that increases the body protection rating to IP65 is available.
- Also available with 165 kg payload capacity (MS165) for spot welding applications.

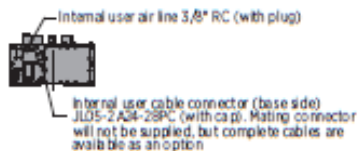
# MH180 ROBOT



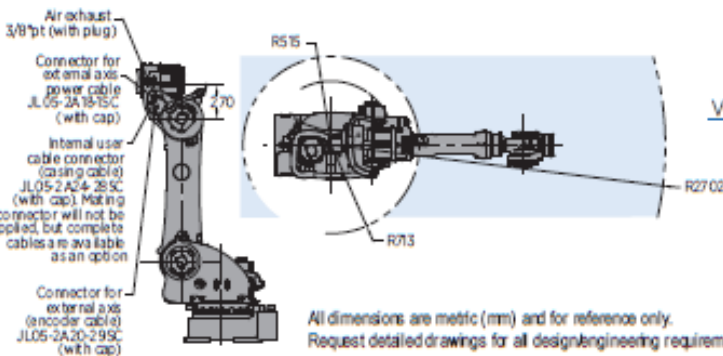
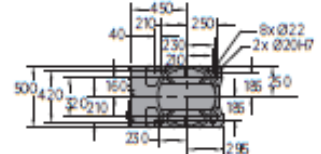
VIEW A



VIEW B



VIEW C



All dimensions are metric (mm) and for reference only.  
Request detailed drawings for all design/engineering requirements.

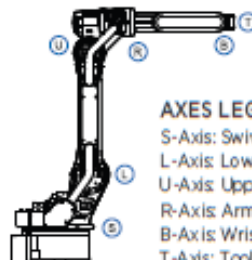
## SPECIFICATIONS: MH180

Axes	Maximum motion range [°]	Maximum speed [°/sec.]	Allowable moment [N·m]	Allowable moment of inertia [kg·m <sup>2</sup> ]	Controlled axes	6
S	±180	125	-	-	Maximum payload [kg]	180
L	+76/-60	115	-	-	Repeatability [mm]	±0.2
U	+90/-147	125	-	-	Horizontal reach [mm]	2,702
R	±360	182	1,000	90	Vertical reach [mm]	3,393
B	±130	175	1,000	90	Temperature [°C]	0 to +45
T	±360	265	618	46.3	Humidity [%]	20 - 80
					Weight [kg]	970
					Power requirements	3-phase; 240/480/575 VAC at 50/60 Hz
					DX200	3-phase; 200/230 VAC at 50/60 Hz
					MLX200	
					Power rating [kVA]	
					DX200	5.0
					MLX200	8.5
					Internal I/O cable [conductors w/ ground]	24
					Internal air line [connections]	(1) 3/8"

Specifications for MH180 with XP package may be different.

## OPTIONS

- Extended length manipulator cables
- Robot risers and base plates
- External axis kits
- Wide variety of fieldbus cards
- Vision systems
- Robot base and upper arm I/O cables
- XP package and anti-corrosive paint



### AXES LEGEND

- S-Axis: Swivel Base
- L-Axis: Lower Arm
- U-Axis: Upper Arm
- R-Axis: Arm Roll
- B-Axis: Wrist Bend
- T-Axis: Tool Flange

Yaskawa America, Inc.  
Motoman Robotics Division

100 Automation Way  
Miamisburg, OH 45342  
Tel: 937.847.6200  
Fax: 937.847.6277

[motoman.com](http://motoman.com)

# YASKAWA

## 7 ANEXO B – Unidade de controlo referência DX200



# DX200

## DYNAMIC ENERGY-EFFICIENT MULTIPLE ROBOT CONTROLLER

### KEY FEATURES

Patented multiple robot control; up to 8 robots/72 axes with coordinated motion between devices

- Application flexibility
- Higher productivity
- Lower integration costs

Integrated cell (system-level) control capabilities

High reliability and energy efficiency

Easy maintenance with reducer status check function, hardware life diagnostic function, enhanced troubleshooting and alarm recovery, and improved Mean Time To Repair (MTTR)

Powerful programming with minimum keystrokes

Convenient compact flash slot and USB port facilitate memory backups

- Features robust PC architecture, providing system-level control for robotic workcells.
  - Built-in ladder logic processing; 4,096 I/O addresses
  - Variety of fieldbus network connections
  - High-speed E-server connection
  - I/F panels (10) shows HMI on pendant
- Often eliminates need for separate PLC and human machine interface (HMI). Delivers significant cost savings at system level, while decreasing workcell complexity and improving overall reliability.
- Patented multiple robot control, as well as I/O devices and communication protocols. Dynamic interference zones protect robot arm and provide advanced collision avoidance.
- Advanced Robot Motion (ARM) control provides high performance, best-in-class path planning and dramatically reduces teaching time. Supports coordinated motion for multiple robots and auxiliary/external axes.
- Small, lightweight Windows® CE programming pendant features color touch screen with multiple window display capability. Programming features are designed to use minimum number of keystrokes.
- Conserves power consumption from 38% - 70% depending on application and robot size.
- Compliant to ANSI/RIA R15.06-2012 and other relevant ISO and CSA safety standards.
- Available with Category 3 Performance Level d (PLd) Functional Safety Unit (FSU).
  - Multiple zones with inside and outside position monitoring
  - Speed limiting and stand-still monitoring
  - Multiple tool interference and angle checking
- DX200 control cabinet allows for up to three auxiliary/external axes and can be remote-mounted. Top- or side-mount expansion options available.



# DX200

## DYNAMIC ENERGY-EFFICIENT MULTIPLE ROBOT CONTROLLER

### KEY FEATURES

Patented multiple robot control; up to 8 robots/72 axes with coordinated motion between devices

- Application flexibility
- Higher productivity
- Lower integration costs

Integrated cell (system-level) control capabilities

High reliability and energy efficiency

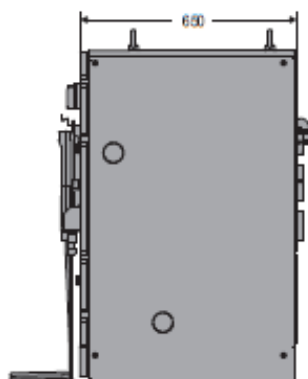
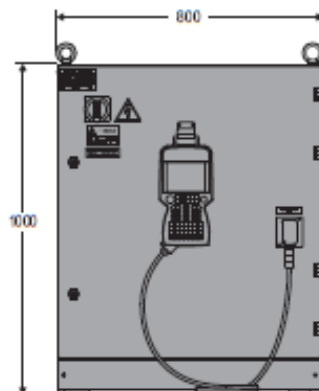
Easy maintenance with reducer status check function, hardware life diagnostic function, enhanced troubleshooting and alarm recovery, and improved Mean Time To Repair (MTTR)

Powerful programming with minimum keystrokes

Convenient compact flash slot and USB port facilitate memory backups

- Features robust PC architecture, providing system-level control for robotic workcells.
  - Built-in ladder logic processing; 4,096 I/O addresses
  - Variety of fieldbus network connections
  - High-speed E-server connection
  - I/F panels (10) shows HMI on pendant
- Often eliminates need for separate PLC and human machine interface (HMI). Delivers significant cost savings at system level, while decreasing workcell complexity and improving overall reliability.
- Patented multiple robot control, as well as I/O devices and communication protocols. Dynamic interference zones protect robot arm and provide advanced collision avoidance.
- Advanced Robot Motion (ARM) control provides high performance, best-in-class path planning and dramatically reduces teaching time. Supports coordinated motion for multiple robots and auxiliary/external axes.
- Small, lightweight Windows® CE programming pendant features color touch screen with multiple window display capability. Programming features are designed to use minimum number of keystrokes.
- Conserves power consumption from 38% - 70% depending on application and robot size.
- Compliant to ANSI/RIA R15.06-2012 and other relevant ISO and CSA safety standards.
- Available with Category 3 Performance Level d (PLd) Functional Safety Unit (FSU).
  - Multiple zones with inside and outside position monitoring
  - Speed limiting and stand-still monitoring
  - Multiple tool interference and angle checking
- DX200 control cabinet allows for up to three auxiliary/external axes and can be remote-mounted. Top- or side-mount expansion options available.

## DX200 CONTROLLER



All dimensions are metric (mm) and for reference only. Please request detailed drawings for all design/engineering requirements.

### STANDARD I/O - NPN

Forty optically isolated inputs, 32 transistor outputs, 8 relay contact outputs (configured to optimize each application), and four break-out cards are provided as standard. PNP I/O available.

### I/O EXPANSION - DX200

The DX200 supports I/O expansion via:

- EtherNet/IP
- DeviceNet
- Profibus-DP
- Mechatrolink II
- CC-Link
- Remote I/O
- Discrete I/O
- Analog I/O
- Other networks available

### CONTROLLER

<b>Dimensions</b>	DX200: 800 (w) x 1000 (h) x 650 (d) (31.5" x 39.4" x 25.6")
<b>Approximate Mass</b>	150-250 kg (330.8-551.3 lbs.)
<b>Ambient Temperature [°C]</b>	-0° to 45° C (32° to 113° F) (operation)
<b>Humidity [%]</b>	90% max. non-condensing
<b>Primary Power Requirements</b>	3-phase, 240/480/575 VAC at 50/60 Hz
<b>Digital I/O</b>	4,096 inputs and 4,096 outputs
<b>NPN - Standard</b>	Standard I/O: 40 inputs / 40 outputs consisting of 24 user inputs / 24 user outputs
<b>PNP - Optional</b>	32 Transistor Outputs; 8 Relay Outputs Max. I/O (optional)
<b>Position Feedback</b>	Absolute encoder
<b>Program Memory</b>	JOB: 200,000 steps, 10,000 instructions CIO Ladder Standard: 20,000 steps
<b>Interface</b>	Ethernet (10BASE-T / 100 BASE-TX)
<b>Multiple Robot Control</b>	Ability to control up to 8 robots / 72 axes
<b>Protection Rating</b>	IP54

### SAFETY FEATURES

<b>Safety Specs (Category 4 PLc)</b>	Controller Safety-Rated Emergency Stop & Safety Gate inputs. Programming Pendant includes Safety-Rated Emergency Stop Pushbutton, 3-Position Enable Switch with key-lock and Manual Brake Release built into programming pendant. Meets ANSI/RIA R15.06-2012 and CSA Z434-03
<b>Standard Software Features</b>	Arm interference, collision detection, machine lock, and safety interlock
<b>Functional Safety Unit (Category 3 PLd SIL2)</b>	Position monitoring (32 zones), speed limiting, tool monitoring, graphic pendant set-up.

### PENDANT

<b>Pendant Dimensions</b>	169 (w) x 334.5 (h) x 50 (d) (6.6" x 12.4" x 2")
<b>Pendant Display</b>	5.7-inch full-color touch screen, 640 x 480 (VG A)
<b>Pendant Languages</b>	English, German, Japanese, Spanish, Chinese
<b>Pendant Weight</b>	998 kg (2.2 lbs)
<b>Coordinate System</b>	Joint rectangular, cylindrical, tool, 63 user-coordinate frames
<b>Windows® Menu-Driven Interface</b>	User-selectable touch-screen menu, multiple windows supported one Compact Flash slot; one USB port (1.1)
<b>Pendant O/S</b>	Windows® CE
<b>Protection Rating</b>	IP65

### PROGRAMMING

<b>Programming Language</b>	INFORM III, menu-driven programming
<b>Robot Motion Control</b>	Joint motion, linear, circular, spline interpolation
<b>Multiple Device Control</b>	Parallel Start, Twin Synchronous, Multiple Group Combinations, Station Coordinated Moves (positioners), Bases (tracks and gantries)
<b>Programmable Logic Control</b>	Ladder monitor, ladder programming, I/F pendant display, address naming, expanded logic operands
<b>Device Instructions</b>	Application specific (arc and spot welding, handling, general purpose)
<b>I/O Instructions</b>	Discrete I/O, 4-bit and 8-bit manipulation, analog output, analog input, analog scaling, sloping

### MAINTENANCE

<b>Maintenance Functions</b>	System monitor, internal maintenance clocks
<b>Self-Diagnostics</b>	Classifies errors and major/minor alarms and displays data; monitors reducers for predictive wear; alerts when major power components reach design life
<b>User Alarm Display</b>	Displays alarm messages for peripheral devices
<b>Alarm Display</b>	Alarm messages, alarm history provides instruction of how to repair fault
<b>I/O Diagnosis</b>	Permits simulated enabled/disabled input/output

**YASKAWA**  
MOTOMAN ROBOTICS

[motoman.com](http://motoman.com)

Yaskawa America, Inc. | Motoman Robotics Division  
100 Automation Way | Miamisburg, OH 45342  
Tel: 937.847.6200 | Fax: 937.847.6277

TECHNICAL SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE  
DS-104-B (02/11) YASKAWA AMERICA, INC. FEBRUARY 2011

MOTOMAN IS A REGISTERED TRADEMARK  
WINDOW IS A REGISTERED TRADEMARK OF MICROSOFT CORP.  
ALL OTHER MARKS ARE THE TRADEMARKS AND  
REGISTERED TRADEMARKS OF YASKAWA AMERICA, INC.

## 8 ANEXO C - Posicionadores

# TSL

Rotating robot base & Tracks  
Floor mounted track



- Outstanding speed
- Quiet operation
- For high payload robots

This is a servo powered floor mounted track with one or two robot carriers. It can be used to transport a robot from one station to another, or to increase the robot's working range. The TSL track is prepared for zeroing function.

Since the track is built in two- or four meter modules, it is easy to extend to a suitable length.

#### Options

- Automatic lubrication (rack and guide blocks)
- Integrated robot stands, height 440, 800 and 1200 mm<sup>2)</sup>
- Additional carrier
- Zone limitations (two, three or four zones possible)
- Mechanical zeroing function

Technical data		TSL-2000 SD	TSL-4000 SD
Maximum payload	kg	2000	4000
Maximum speed	m/s	1.8	1.6
ED	%	50	50
Acceleration velocity	m/s <sup>2</sup>	2.25	2.0
Travel 1200 mm	sec	1.45	1.55
Repetitive position accuracy	mm	±0.08	±0.08
Height (h)	mm	236	236
Height (h) including robot stand	mm	636, 836	636, 836
Standard length (L) in 2 meter steps	meter	4-24	4-24
Travel length (stroke)	mm	L-1340	L-1340
Suitable for industrial robots		ES165D-100, ES165D ES200D	ES165D-100, ES165D ES200D, ES280D MPL160, MPL300, MPL500 UP350D, UP350D-500 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> UP350D and UP350D-500 must be mounted on an integrated robot stand

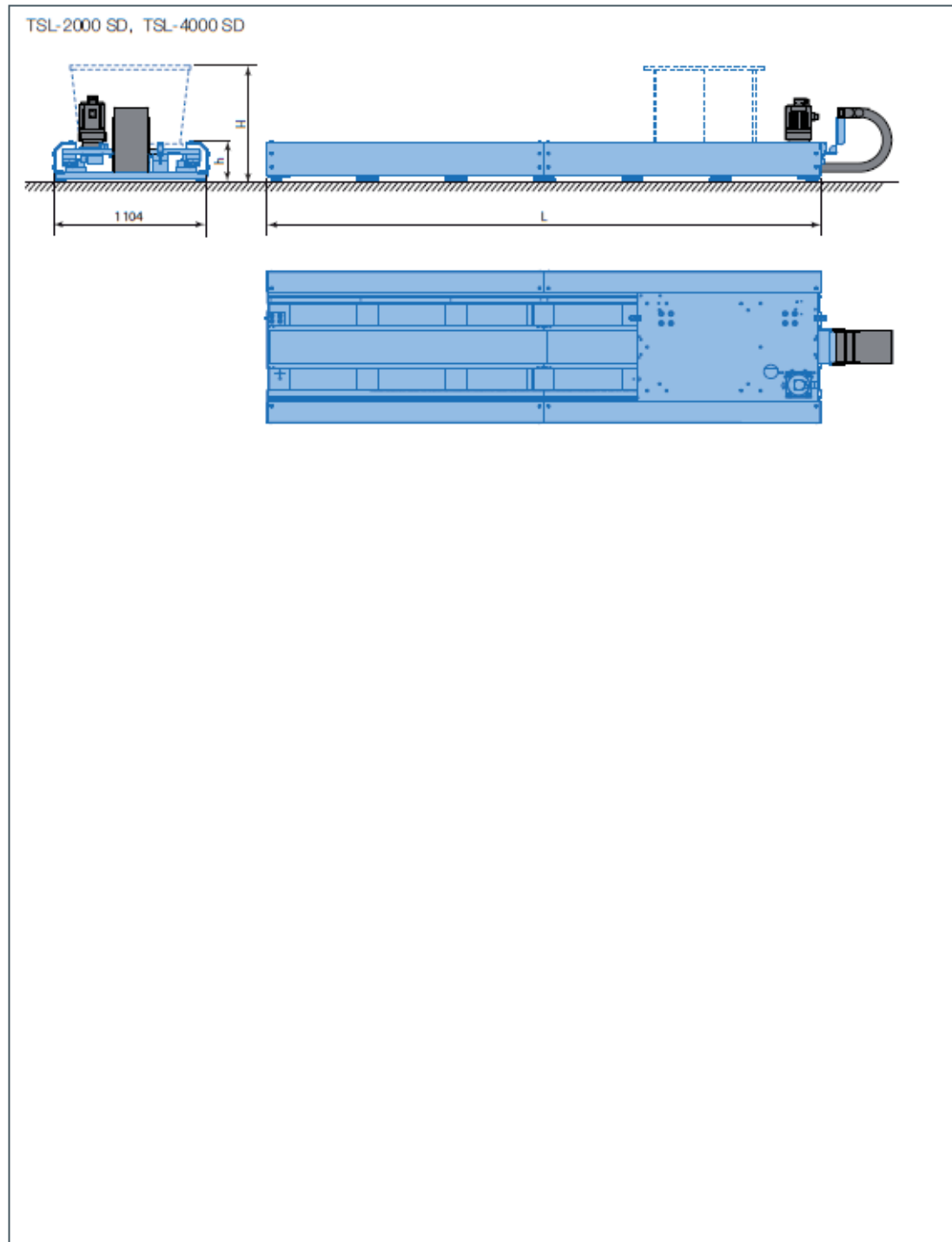
<sup>2)</sup> With robot stand 1200 mm it may be necessary to reduce the travel speed



## 9 ANEXO D

# TSL

Rotating robot base & Tracks  
Floor mounted track



Technical data may be subject to change without previous notice  
© YASKAWA Nordic AB - 1047EN-01-2012-08



YASKAWA Nordic AB  
PO Box 504, SE-365 25 Torsås  
SWEDEN  
Phone +46 (0)480 417 800  
www.motoman.se



## 10 ANEXO E - Spindle



## 11 ANEXO F – Livro de opções produção do barco



## 12 ANEXO G – Desenho técnico

REVISION HISTORY	
REV.	DESCRIPTION
A	INITIAL RELEASE
DATE	BY

DATE	21 MAY 2013
DESIGNED BY	JOHN R. HAMILTON
REV BY	
CHKD	
APPD	
FILE	DECK ASSY
REV	027613
TYPE	A

ALL DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED ARE IN INCHES AND DECIMALS THEREOF.  
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE FOR INFORMATION ONLY.  
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE FOR INFORMATION ONLY.  
 DIMENSIONS IN PARENTHESES ARE FOR INFORMATION ONLY.

ALL DIMENSIONS MUST BE PREPARED

ELECTRONIC DOCUMENT

A 7 6 5 4 3 2 1

**NOTES:**  
 1. CENTER ON FLAT.  
 2. SOME PARTS OPTIONAL REFER TO BOM FOR BUILD ORDER.  
 3. BUTT DOWN TO DECK.  
 4. LOCATE PER LADDER.  
 5. INSTALL AFTER DECK SET.

---

## 13 ANEXO H – Sequência de tarefas por modelo/ linha



---

## 14 ANEXO I – Picking list de plásticos



MODELO	OPT	LINK OPT 1	LINK OPT 2	CODIGO da PEÇA	DESCRIÇÃO da PEÇA	MATERIAL	ESPESSURA	COD.MATERIAL	QUANTIDADE	LOCALIZAÇÃO	OBSERVAÇÕES	ESTACÃO
455CAB00017	Y	455CABBENCHFILL		049579	CNC, BRIDGE SEAT STOP	HOPE BRANCO	19	2098758	2	#N/A		PRE MONTAGEM
455CAB00017	Y	455CABBENCHFILL		049572	CNC, BRIDGE SEAT BACKREST	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		PRE MONTAGEM
455CAB00017	N	All		050267	CNC, CABIN ENTRY HATCH HANDLE	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		PRE MONTAGEM
455CAB00017	N	All		049992	CNC, DOOR PANEL A	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		PRE MONTAGEM
455CAB00017	N	All		049993	CNC, DOOR PANEL B	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		PRE MONTAGEM
455CAB00017	Y	455CABINTRFILL		050379	CNC, INTERIOR LINER FWD FILLER	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		FINAL
455CAB00017	Y	455CABINTRFILL		050380	CNC, INTERIOR LINER AFT FILLER	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		FINAL
455CAB00017	Y	455CABBENCHFILL		049569	CNC, BRIDGE SEAT BASE	HOPE BRANCO	19	2098758	1	#N/A		COBERTA
455CAB00017	N	All		053014	CNC, TRIM SEAL LIP DOUBLER	PLASTICO	3	2106830	1	#N/A		COBERTA
455CAB00017	N	All		050023	CNC, TRIM SEAL LIP	PLASTICO	3	2106830	1	#N/A		COBERTA
455CAB00017	N	All		050897	CNC, HATCH LEVELER	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		COBERTA
455CAB00017	N	All		051008	PORT AFT SEAT	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		COBERTA
455CAB00017	N	All		051009	STBD AFT SEAT	HOPE BRANCO	12	2029356	1	#N/A		COBERTA
455OPEN0017	Y	455OPBOWUPH		036738	CNC, TEAK SUNLOUNGE 1	TECA	15	2141616	1	#N/A		FINAL
455OPEN0017	Y	455OPBOWUPH		036739	CNC, TEAK SUNLOUNGE 2	TECA	15	2141616	1	#N/A		FINAL
455OPEN0017	Y	455OPBOWUPH		036740	CNC, TEAK SUNLOUNGE 3	TECA	15	2141616	1	#N/A		FINAL
455OPEN0017	Y	455OPBOWUPH		036741	CNC, TEAK SUNLOUNGE 4	TECA	15	2141616	1	#N/A		FINAL
455OPEN0017	N	All		036661	CLOSEOUT AFT BENCH SEAT TUB	PVC	3	2061054	2	#N/A		FINAL

## 15 ANEXO J – % opções selecionadas com variabilidade no corte e furação

Modelo	4550 P	455CA B	5550 P	5550 P	6050 P	605SD	6750 P	675SD	675PH	605PH	555PH	755SD	7550 P	805S D
HIN 1	0,75	0,67	0,6	1	0,75	1	0,33	0,75	0,71	0,5	0,4	0,5	0,83	0,6
HIN 2	0,75	1	0,4	1	1	1	1	1	0,57	0,33	0,4	0,33	0,67	1,0
HIN 3	1	1	1	1	0,5	1	1	0,75	0,86	1	1	0,33	1	1,0
HIN 4	1	1	1	0,33	1	0,6	1	0,75	1	1	1	1	1	1,0
HIN 5	1	0,67	0,6	1	0,75	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1,0
	0,90	0,87	0,72	0,87	0,80	0,84	0,87	0,85	0,83	0,77	0,76	0,63	0,90	0,91
% média opções selecionadas	82%													

## 16 ANEXO M – Valor da proposta Roboplan Ref. S16014JR



Proposta Comercial

**Equipamentos e Serviços propostos:**

- Equipamento Base e Serviços ( Posição 1.1 a 6.4 )

**Preço global: € 323.000,00 + IVA**

**( SBo : trezentos e vinte e três mil Euros + IVA )**

Condições de Pagamento Propostas:

- 30% + IVA com a encomenda
- 60% + IVA com a entrega
- 10% + IVA a 30 dias da posta em marcha do equipamento

Validade da proposta:

- 90 dias