



# Cálculo do OEE e proposta de implementação da metodologia TPM na Tridex Lda.

JOÃO PEDRO SOARES DA FONSECA PINTO

Outubro de 2016

# **CÁLCULO DO OEE E PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NA TRIDEC LDA.**

João Pedro Soares da Fonseca Pinto

**2016**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **CÁLCULO DO OEE E PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NA TRIDEC LDA.**

João Pedro Soares da Fonseca Pinto  
1100742

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro João Manuel Pinho Ribeiro.

**2016**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

# JÚRI

## **Presidente**

## **Orientador**

Mestre João Manuel Pinho Ribeiro

Equiparado a Assistente de 2º Triénio, ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado a todos os que me acompanharam ao longo desta etapa. Em primeiro lugar aos meus pais e à minha irmã por todos os esforços feitos para que tudo isto fosse possível e por toda a força transmitida nos bons e maus momentos. À Daniela, uma fonte de força que tornou tudo isto tão fácil e que sem ela tudo isto teria sido de uma dificuldade acrescida, o meu muito obrigado por seres um dos pilares da minha vida.

Ao Paulo “Jante” Goulão e ao Hugo “Dipsy” Moreira pela partilha de imensos momentos tanto em estágio como fora dele, principalmente na nossa grande aventura que foi a viagem à Holanda e à Alemanha, e por toda a compreensão e ajuda nos momentos em que mais precisei.

Ao meu orientador e agora amigo, o Engenheiro João Pinho por toda a ajuda, toda a disponibilidade e toda a paciência comigo.

A todos os funcionários e colaboradores da Tridec, em primeiro lugar à Doutora Regina Pinto e ao Engenheiro Gabriel Coimbra, agradecendo de forma especial a quem mais me ajudou a que tudo isto fosse possível, ao Miguel Henriques, ao Filipe Ferreira, ao Luís Carvalho, ao Rúben Mamede e à Ana Soares.

Por último agradeço a todas os amigos que fiz desde o momento em que entrei neste instituto e que contribuíram, cada um à sua maneira, para a pessoa que sou hoje.



**PALAVRAS CHAVE**

OEE, metodologia TPM, desperdícios, melhoria contínua, Manutenção Autónoma, Manutenção Preventiva

**RESUMO**

Este trabalho foi desenvolvido tendo como base o cálculo do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) dos equipamentos da Tridec Lda., procedendo-se, posteriormente, à elaboração de uma proposta de implementação do TPM (*Total Productive Maintenance*) na empresa.

A revisão bibliográfica incidu na metodologia TPM como medida para redução de desperdícios associados aos equipamentos e como estratégia de melhoria contínua, assim como na análise da métrica presente neste trabalho, o OEE.

A caracterização da empresa é feita de modo a entender o seu funcionamento, os produtos por ela comercializados assim como entender o seu processo de negócio.

Após o cálculo do valor da eficiência na empresa, analisou-se de forma particular cada equipamento com o intuito de avaliar o seu desempenho e o seu contributo para a eficiência obtida, e foram apresentadas sugestões de melhorias que poderão ser introduzidas de modo a otimizar os resultados obtidos.

Por fim, foram abordados os pilares em que assenta a metodologia TPM e que já possuem bases solidificadas na empresa, dando-se assim maior ênfase aos que abordam a Manutenção (Autónoma e Preventiva) uma vez que são os mais relacionados com os equipamentos.



**KEYWORDS**

*OEE, TPM methodology, waste, continuous improvement, autonomous maintenance, preventive maintenance*

**ABSTRACT**

*This work was developed based on OEE equipments calculation at Tridec and the subsequent TPM implementation proposal.*

*The literature review focused on two things, the TPM methodology as a mean of reducing waste associated with the equipment and as a strategy of continuous improvement, as well as focused in the analysis of this work's metric, the OEE.*

*Tridec's characterization was made in order to understand the operations, the processes plan, the products it solds as well as understand the business process.*

*After the calculation of the company's efficiency was analyzed each particular equipment to evaluate their performance and their contribution to the efficiency and there were made improvements that could be implemented in order to improve the results.*

*Finally, the pillars which already have solidified implementations in the company were approached, giving more attention to the ones related with maintenance (Autonomous and Preventive), which are more related to the equipments.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

---

BOM	<i>Bill Of Materials</i>
CAD/CAM	<i>Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing</i>
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange Die</i>
TBM	<i>Time Based Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

---

### Lista de Símbolos

---

®	Marca registada
---	-----------------

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ORGANIGRAMA DA TRIDEC LDA.	32
FIGURA 2 - PROCESSOS DE NEGÓCIO E SUPORTE DA TRIDEC LDA.	33
FIGURA 3 - PRODUTOS DISPONIBILIZADOS NA TRIDEC LDA.	35
FIGURA 4 - <i>FIFTH WHEEL UNIT</i>	36
FIGURA 5 (A) - <i>STEERING BAR</i> (B) - <i>STEERING ROD</i>	37
FIGURA 6 - <i>AXLE MOUNTING FRAME</i>	37
FIGURA 7 - CAIXA DE CONTROLO DO SISTEMA HIDRÁULICO	38
FIGURA 8 - <i>COMPACT CONTROL BOX</i>	38
FIGURA 9 - SUSPENSÕES LV-O	39
FIGURA 10 - SUSPENSÕES TP-O	39
FIGURA 11 - SUSPENSÕES TD-O	40
FIGURA 12 - CONTROLO REMOTO DO SISTEMA <i>TRITRONIC</i>	40
FIGURA 13 - CADEIA DE VALOR TRIDEC	41
FIGURA 14 - EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO ATÉ À METODOLOGIA TPM	46
FIGURA 15 - PIRÂMIDE DOS SISTEMAS DE GESTÃO	48
FIGURA 16 - PILARES DA METODOLOGIA TPM	50
FIGURA 17 – ETIQUETAS DE AJUDA AOS OPERÁRIOS	52
FIGURA 18 - CICLO PDCA	63
FIGURA 19 – CÁLCULO DO OEE BASEADO NAS SEIS GRANDES PERDAS	65
FIGURA 20 - OEE GLOBAL DA TRIDEC LDA.	72
FIGURA 21 - OEE DE CADA NAVE DA TRIDEC LDA.	72
FIGURA 22 - QUANTIDADES PRODUZIDAS POR EQUIPAMENTO E POR MÊS DURANTE O ANO DE 2015	73
FIGURA 23 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC UNISIGN®	74
FIGURA 24 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC UNISIGN®	75
FIGURA 25 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC VICTOR 145®	76
FIGURA 26 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC VICTOR 145®	77
FIGURA 27 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC VICTOR 26®	77
FIGURA 28 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC VICTOR 26®	78
FIGURA 29 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC NARVIK®	79
FIGURA 30 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC NARVIK®	79
FIGURA 31 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC MICRO CUT 2100®	81
FIGURA 32 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC MICRO CUT 2100®	81
FIGURA 33 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC MICRO CUT HMC 1300®	82
FIGURA 34 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC MICRO CUT HMC 1300®	82
FIGURA 35 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC MICRO CUT YV 1200®	83
FIGURA 36 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC MICRO CUT YV 1200®	83
FIGURA 37 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA CNC VICTOR 36®	85
FIGURA 38 - EVOLUÇÃO DO OEE DA CNC VICTOR 36®	85
FIGURA 39 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DO ROBOT 2000®	86
FIGURA 40 - EVOLUÇÃO DO OEE DO ROBOT 2000®	87
FIGURA 41 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DO ROBOT 3000®	88

---

FIGURA 42 - EVOLUÇÃO DO OEE DO ROBOT 3000®	88
FIGURA 43 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DO ROBOT 6000®	89
FIGURA 44 - EVOLUÇÃO DO OEE DO ROBOT 6000®	89
FIGURA 45 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA QUINADEIRA	90
FIGURA 46 - EVOLUÇÃO DO OEE DA QUINADEIRA	91
FIGURA 47 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA PRENSA	92
FIGURA 48 - EVOLUÇÃO DO OEE DA PRENSA	92
FIGURA 49 - EVOLUÇÃO DOS INDICADORES DA SOLDADURA MANUAL	93
FIGURA 50 - EVOLUÇÃO DO OEE DA SOLDADURA MANUAL	94
FIGURA 51 - PALETE DE NÃO CONFORMIDADES COM LISTA DE PROBLEMAS DETETADOS	97
FIGURA 52 - EXEMPLO DE NÃO CONFORMIDADE (PEÇA MAQUINADA AO CONTRÁRIO)	97
FIGURA 53 - ORGANIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS NO POSTO DE TRABALHO	98
FIGURA 54 - FICHA DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA PARA AJUDA DO OPERADOR	99
FIGURA 55 - FICHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA COLOCADA JUNTO DO EQUIPAMENTO	100

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - FÓRMULA DA DISPONIBILIDADE.....	64
EQUAÇÃO 2 - FÓRMULA DA PERFORMANCE .....	65
EQUAÇÃO 3 - FÓRMULA DA QUALIDADE .....	65
EQUAÇÃO 4 - FÓRMULA DO OEE .....	65



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO EFICIENTE.....	49
TABELA 2 - COMPARAÇÃO TPM VS. JIT .....	49
TABELA 3 - RELAÇÃO DE ATIVIDADES E RESPONSABILIDADES NA MANUTENÇÃO AUTÓNOMA .....	51
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DAS SEIS GRANDES PERDAS .....	55
TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS DAS PERDAS SEGUNDO A SUA NATUREZA .....	56
TABELA 6 - AS PERDAS E A ORIGEM DAS CAUSAS QUE AS PROVOCAM.....	57
TABELA 7 - COMPARAÇÃO ENTRE A ANÁLISE CONVENCIONAL E A ANÁLISE P-M .....	58
TABELA 8 - ETAPAS ATÉ À IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA TPM .....	60
TABELA 9 - VALORES DE REFERÊNCIA DOS INDICADORES E OEE .....	66
TABELA 10 - REGISTOS DE DADOS CONSULTADOS.....	70
TABELA 11 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E OEE ENTRE 2011 E 2015 PARA A CNC UNISIGN®.....	75
TABELA 12 - PERDAS DA CNC UNISIGN®.....	75
TABELA 13 - INDICADORES CNC VICTOR® 145 EM 2015 .....	76
TABELA 14 - PERDAS DA CNC VICTOR 145®.....	77
TABELA 15 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E OEE ENTRE 2011 E 2015 .....	78
TABELA 16 - PERDAS DA CNC VICTOR 26®.....	78
TABELA 17 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E DO OEE ENTRE 2011 E 2015 .....	80
TABELA 18 - PERDAS DA CNC NARVIK® .....	80
TABELA 19 - INDICADORES E OEE DA CNC MICROCUT 2100® EM 2015.....	80
TABELA 20 - PERDAS DA CNC MICROCUT 2100®.....	81
TABELA 21 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E DO OEE ENTRE 2011 E 2015 .....	82
TABELA 22 - PERDAS DA CNC MICROCUT HMC 1300® .....	83
TABELA 23 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E DO OEE ENTRE 2011 E 2015 .....	84
TABELA 24 - PERDAS DA CNC MICROCUT YV 1200®.....	84
TABELA 25 - COMPARAÇÃO DOS INDICADORES E DO OEE ENTRE 2011 E 2015 .....	85
TABELA 26 - PERDAS DA CNC VICTOR 36®.....	85
TABELA 27 - INDICADORES E OEE DO ROBOT 2000®.....	86
TABELA 28 - PERDAS DO ROBOT 2000®.....	87
TABELA 29 - INDICADORES E OEE DO ROBOT 3000®.....	87
TABELA 30 - PERDAS DO ROBOT 3000®.....	88
TABELA 31 - INDICADORES E OEE DO ROBOT 6000®.....	89
TABELA 32 - PERDAS DO ROBOT 6000®.....	89
TABELA 33 - INDICADORES E OEE DA QUINADEIRA .....	90
TABELA 34 - PERDAS DA QUINADEIRA .....	91
TABELA 35 - INDICADORES E OEE DA PRENSA.....	91
TABELA 36 - PERDAS DA PRENSA .....	92
TABELA 37 - INDICADORES E OEE DA SOLDADURA MANUAL .....	93
TABELA 38 - PERDAS DA SOLDADURA MANUAL .....	94
TABELA 39 - INDICADORES A MELHORAR EM CADA EQUIPAMENTO .....	95



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>27</b>
<b>1.1</b>	<b>Enquadramento</b>	<b>27</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>28</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura</b>	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>História da empresa</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>Organização da Tridec Lda.</b>	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Organização da secção fabril da Tridec Lda.</b>	<b>32</b>
<b>2.4</b>	<b>Processos de Negócio</b>	<b>33</b>
2.4.1	Processo de negócio do Planeamento da Produção	33
2.4.2	Processo de negócio da Produção	34
<b>2.5</b>	<b>Gama de produtos Tridec</b>	<b>35</b>
2.5.1	Sistemas direcionais mecânicos	35
2.5.2	Sistemas direcionais hidráulicos	38
2.5.3	Suspensões	39
2.5.4	Sistema TRITRONIC	40
<b>2.6</b>	<b>Relação Tridec Lda. – Tridec Bv.</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>45</b>
<b>3.1</b>	<b>Evolução da manutenção e origem da metodologia TPM</b>	<b>45</b>
<b>3.2</b>	<b>Metodologia TPM</b>	<b>47</b>
3.2.1	Origem, definição e objetivos	47
3.2.2	TPM vs. JIT	48
3.2.3	Pilares da metodologia TPM	50
3.2.4	Tipos de perdas dos equipamentos	55
3.2.5	Implementação da metodologia TPM	59
3.2.6	Benefícios da metodologia TPM	64
<b>3.3</b>	<b>OEE</b>	<b>64</b>
<b>4</b>	<b>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS DA TRIDEC LDA.</b>	<b>69</b>

<b>4.1</b>	<b>A eficiência dos equipamentos na Tridtec Lda.</b>	<b>69</b>
<b>4.2</b>	<b>Metodologia utilizada</b>	<b>70</b>
<b>4.3</b>	<b>Perspectiva geral dos resultados obtidos</b>	<b>72</b>
<b>4.4</b>	<b>Análise individual dos equipamentos</b>	<b>74</b>
4.4.1	CNC UNISIGN®	74
4.4.2	CNC VICTOR 145®	76
4.4.3	CNC VICTOR 26®	77
4.4.4	CNC NARVIK®	79
4.4.5	CNC MICRO CUT 2100®	80
4.4.6	CNC MICRO CUT HMC 1300®	81
4.4.7	CNC MICRO CUT YV 1200®	83
4.4.8	CNC VICTOR 36®	84
4.4.9	ROBOT 2000®	86
4.4.10	ROBOT 3000®	87
4.4.11	ROBOT 6000®	88
4.4.12	QUINADEIRA	90
4.4.13	PRENSA	91
4.4.14	SOLDADURA MANUAL	93
<b>4.5</b>	<b>Síntese dos indicadores a melhorar</b>	<b>95</b>
<b>4.6</b>	<b>Análise das perdas</b>	<b>96</b>
4.6.1	Perdas de Disponibilidade	96
4.6.2	Perdas de Performance	96
4.6.3	Perdas de Qualidade	97
<b>4.7</b>	<b>Abordagem à futura implementação da metodologia TPM</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>103</b>
<b>5.1</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>103</b>
<b>5.2</b>	<b>Trabalhos futuros</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>	<b>107</b>
<b>6.1</b>	<b>Artigos científicos</b>	<b>107</b>
<b>6.2</b>	<b>Teses e Livros</b>	<b>108</b>
<b>6.3</b>	<b>Outros</b>	<b>108</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>110</b>

---

<b>7.1</b>	<b>Anexo A – Diagrama de processo de negócio do Planeamento da Produção</b>	<b>110</b>
<b>7.2</b>	<b>Anexo B - Diagrama de processo de negócio da Produção</b>	<b>111</b>
<b>7.3</b>	<b>Anexo C - Sequencia necessária desde pedido do cliente até ao produto final</b>	<b>112</b>
<b>7.4</b>	<b>Anexo D - Exemplo de um JOB</b>	<b>113</b>
<b>7.5</b>	<b>Anexo E - Cálculo da indicador Disponibilidade para o mês de Janeiro</b>	<b>118</b>
<b>7.6</b>	<b>Anexo F - Cálculo do indicador Performance para o mês de Janeiro</b>	<b>119</b>
<b>7.7</b>	<b>Anexo G - Cálculo do indicador Qualidade para o mês de Janeiro</b>	<b>120</b>
<b>7.8</b>	<b>Anexo H - Cálculo do OEE para o mês de Janeiro</b>	<b>121</b>



# INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 ESTRUTURA



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento

A indústria de produção vivenciou, nas últimas três décadas, uma mudança sem precedentes ao nível da gestão, produtos e processos tecnológicos, expectativas dos clientes e fornecedores, assim como no seu comportamento competitivo (Ahuja J.S & Khamba, 2008). A procura da melhoria contínua em todas as áreas que possam promover uma vantagem competitiva deve ser uma obrigação de modo a alcançar o sucesso.

Na procura de atingir esse objetivo, as organizações têm vindo a adquirir competências ao nível da gestão de sistemas produtivos, como por exemplo ao nível da implementação do TQM (Total Quality Management), implementação do TPM (Total Productive Maintenance), metodologias Lean, Seis Sigma, assim como na obtenção da normalização ISO 9001, tudo isto porque, hoje em dia, no ambiente dinâmico existente, uma produção fiável e otimizada deve ser vista como fator crítico para a competitividade e melhoria contínua. (Brah, 2004)

Deste modo, o equipamento tecnológico de uma empresa, assim como as capacidades de desenvolvimento da mesma, tornaram-se fatores cruciais que demonstram a força de uma organização e a separa, competitivamente, de todas as outras. (Schuman, 2005) (Braglia, 2006)

Ao nível interno de uma organização, uma das áreas mais subvalorizadas tem sido a manutenção. A manutenção era considerada um mal necessário, apenas realizando-se reparações quando era indispensável (Park, 2001). Agora, quando se fala em sucesso organizacional, está envolvido nesse contexto toda a gestão da manutenção. Esta é vista como uma ferramenta estratégica para aumentar a competitividade pois uma correta gestão da manutenção aumenta toda a eficiência do processo e dos equipamentos, aumentando assim a qualidade do produto e todas as vantagens que daí advém. (Teresko, 1992)

Tudo isto levou à sucessiva aparição de novos sistemas de gestão em que o que mais se destaca é a metodologia TPM.

Esta ferramenta, segundo Dwyer (Dwyer, 1999) e Dossenbach (Dossenbach, 2006), é reconhecida como uma arma estratégica para o aumento da produção aumentando a eficácia e a eficiência das linhas produtivas.

Originalmente introduzida como um conjunto de práticas e metodologias focadas no aumento da performance dos equipamentos de produção, agora a metodologia TPM é vista como centrada no equipamento que visa a produção óptima, apoiado na procura da melhoria contínua, e envolvendo a participação de toda a organização. (Society of Manufacturing Engineers, 1995)

O objetivo final da metodologia TPM é implementar a “produção perfeita”. (Shirose, 1992)

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho dos equipamentos industriais na empresa Tridec Lda. e propôr melhorias para combater as eventuais perdas existentes. Essas melhoria passam sobretudo pela proposta de implementação da metodologia TPM na empresa, incidindo sobretudo nos pilares relacionados com a manutenção, autónoma e preventiva.

## 1.3 Estrutura

Este trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos.

O primeiro capítulo é referente à introdução do trabalho, onde é apresentado o enquadramento, quais os objetivos propostos a alcançar e a organização do documento. No segundo capítulo realiza-se a caracterização da empresa onde foi efetuado o estágio curricular, começando por uma breve apresentação da empresa e da sua história, e seguida da organização departamental e fabril. É descrito ainda o processo de negócios dos departamentos mais influentes neste trabalho e apresentados os produtos disponibilizados pela empresa. Por último, é descrito o estado da relação entre a casa-mãe na Holanda e a Tridec Lda.

O terceiro capítulo diz respeito à revisão bibliográfica referente ao tema, mostrando a evolução do conceito de manutenção ao longo do tempo. É ainda explicada, detalhadamente, a metodologia TPM e também a métrica usada neste trabalho, o OEE. O quarto capítulo é referente ao caso de estudo envolvendo todo o processo até à obtenção do valor do OEE. É explicada a metodologia utilizada para a obtenção da eficiência tendo em conta as restrições sentidas. É ainda analisado o valor de OEE de uma perspectiva global da empresa, seguida de uma análise individual dos equipamentos, assim como uma análise às perdas encontradas. Por último, é abordada a implementação da metodologia na empresa, tendo em conta as bases existentes atualmente.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões finais deste trabalho, fazendo referência ao valor global do OEE obtido e às perdas encontradas. São ainda propostas algumas sugestões de trabalhos que poderão ser realizados no futuro.

# Caracterização da Empresa

2.1 HISTÓRIA DA EMPRESA

2.2 ORGANIZAÇÃO DA TRIDEC LDA.

2.3 ORGANIZAÇÃO DA SECÇÃO FABRIL DA TRIDEC LDA.

2.4 PROCESSOS DE NEGÓCIO

2.4.1 PROCESSO DE NEGÓCIO DO PLANEAMENTO DA PRODUÇÃO

2.4.2 PROCESSO DE NEGÓCIO DA PRODUÇÃO

2.5 GAMA DE PRODUTOS TRIDEC

2.5.1 SISTEMAS DIRECIONAIS MECÂNICOS

2.5.2 SISTEMAS DIRECIONAIS HIDRÁULICOS

2.5.3 SUSPENSÕES

2.5.4 SISTEMA TRITRONIC

2.6 RELAÇÃO TRIDEC LDA. – TRIDEC BV.



## 2 Caracterização da empresa

Neste capítulo irá ser apresentada a empresa onde se desenvolveu este projeto, a TRIDEC LDA., que se dedica ao desenvolvimento e produção de sistemas direcionais e suspensões para a indústria de transportes (camiões de transporte de mercadorias). É uma empresa de origem holandesa, sediada em Son, pequena localidade próxima de Eindhoven e que, em Portugal, está situada na zona industrial de Murtede, no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra.

### 2.1 História da empresa

A Tridec Lda. foi fundada em 2001 por Antonius Jacobus van Genutgten, accionista maioritário e fundador da Tridec BV, na Holanda, sendo esta a detentora da Tridec Lda. A empresa mãe foi fundada em 1990 com o objetivo de desenvolver e produzir sistemas direcionais e suspensões para a indústria de transportes.

Com o acelerado crescimento, a reduzida força de trabalho na Holanda e a uma necessidade de responder a uma maior procura de clientes, foi necessária uma expansão além fronteiras dando origem à Tridec – Sistemas Direcionais para Semi-Reboques Lda., criada em 2001 com o intuito de toda a produção ser desenvolvida em Portugal.

A Tridec Lda. tem como missão produzir sistemas direcionais e suspensões especiais que aumentam o grau de manobrabilidade dos camiões, tendo como objetivo o aumento da eficiência da frota de transportes dos seus clientes.

Apesar da conceção e desenvolvimento dos produtos estar localizada na Holanda, a Tridec Lda. possui o seu próprio departamento de Engenharia que projeta as ferramentas e equipamentos necessários à sua produção, como por exemplo os *gabarís* de apoio à maquinação e soldadura de peças.

Em 2008, resultante do crescimento que se verificou na empresa, esta é adquirida pela JOST Group, um dos principais grupos Europeus da indústria automóvel.

### 2.2 Organização da Tridec Lda.

A TRIDEC encontra-se organizada em dois grupos, o Operacional e o Financeiro/Administrativo, como se pode observar na figura 1. No lado operacional é de salientar que o responsável pela TRIDEC Lda. é também responsável pela parte operacional da TRIDEC BV.

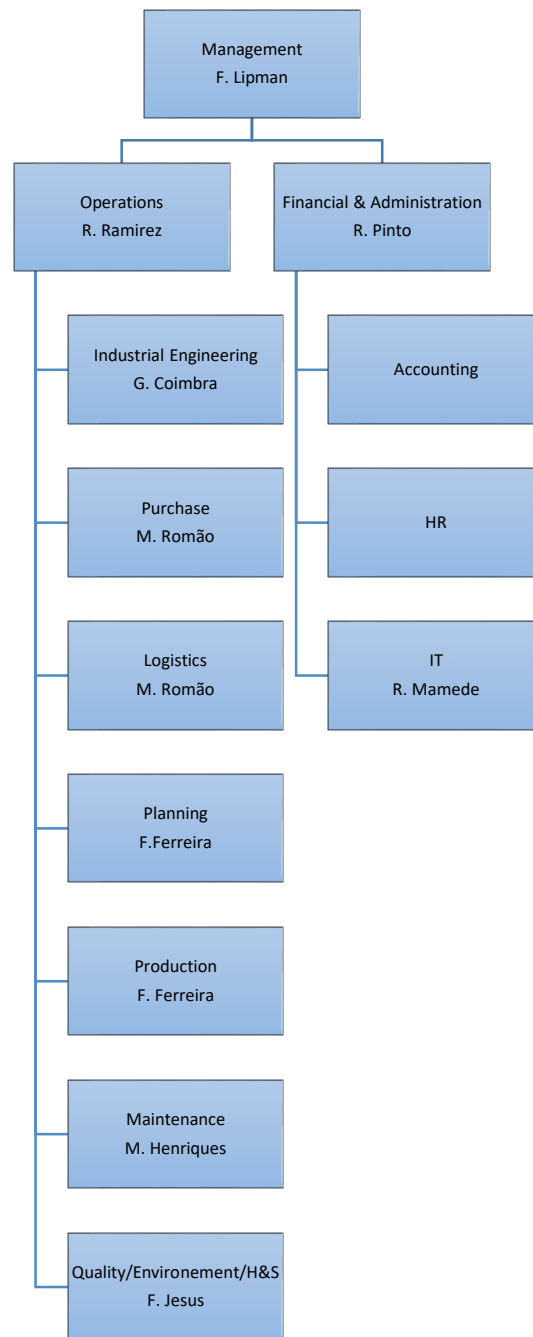


Figura 1 - Organograma da Tridec Lda.

### 2.3 Organização da secção fabril da Tridec Lda.

A Tridec encontra-se organizada em dois grandes setores de produção, a secção de maquinagem e a secção de soldadura. A secção de maquinagem está equipada com a mais recente tecnologia em termos de centros de maquinação CNC associados a programas CAD/CAM (computer aided design/Computer-aided manufacturing) tal como a secção de soldadura, que para além de robots de soldadura conta com profissionais qualificados para o desenvolver do processo com qualidade comprovada. Existe ainda nesta secção,

a zona de corte plasma, quinagem e prensa, além de uma grenalhadora. A empresa possui também uma tool shop, uma zona onde são realizadas pequenas reparações às ferramentas utilizadas nos processos, e também um armazém de moldes onde são guardados os moldes de suporte à soldadura. A Tridec possui o seu próprio departamento de Engenharia responsável por esses moldes e ferramentas necessárias para os equipamentos de produção.

## 2.4 Processos de Negócio

A gestão da Tridec e o seu próprio modelo de negócio assentam numa lógica de processos, estando cada departamento responsável pela gestão do seu processo de negócio.

A cada processo está associado um conjunto de instruções que definem as ações a ser tomadas, ações estas indispensáveis à eficaz e eficiente prestação de serviços ao cliente. Deste modo, o esquema geral dos processos de negócio e suporte é o seguinte:

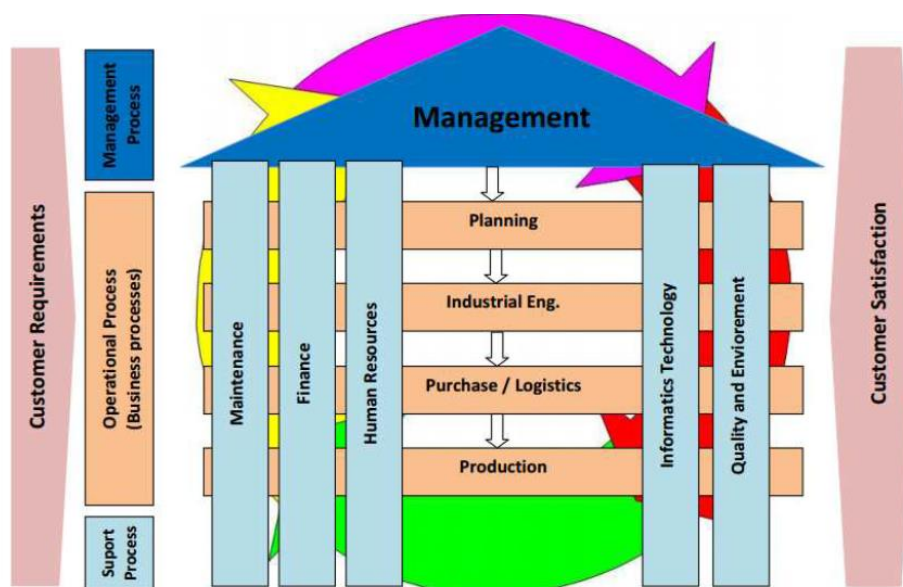


Figura 2 - Processos de negócio e suporte da Tridec Lda. (Fonte: Manual Qualidade Tridec)

No âmbito deste trabalho, os processos de negócio que importam referir dizem respeito aos departamentos de Planeamento e Produção.

### 2.4.1 Processo de negócio do Planeamento da Produção

O planeamento de produção inicia-se quando o cliente efetua uma encomenda, sendo de seguida feita uma verificação das quantidades, dos desenhos e da data de entrega. Posteriormente, é verificado se o produto já possui uma BOM (Bill of Materials), se não tiver, é necessário proceder à sua conceção. De seguida, introduz-se a ordem de compra e faz-se o JOB no ERP Vantage®. Posteriormente, requisita-se o material necessário.

Se o material não estiver disponível, é necessário comprar o mesmo, caso o material esteja disponível, então requisitam-se os programas necessários.

O passo seguinte é o planeamento da produção propriamente dito, tendo em conta a sequência das operações, o tempo de cada operação, a capacidade disponível e o material.

Após este planeamento, é confirmada a encomenda e preparado o mapa de planeamento de produção. Caso seja necessário, é ainda possível fazer ajustes ao planeamento, antes de definido o mapa de planeamento de produção. Com o mapa de planeamento de produção definitivo, passa-se ao processo de Produção propriamente dito.

O diagrama do processo é especificado no anexo A.

#### 2.4.2 Processo de negócio da Produção

Este processo inicia-se com o mapa de Planeamento de Produção para se dar início à produção de peças. De seguida, passa-se para a montagem, caso seja necessário. Após montagem, dá-se lugar ao tratamento de superfície (quando necessário). Não havendo lugar ao tratamento de superfície, então é realizado, posteriormente, o controlo de qualidade (quando o material que foi para subcontratação é rececionado, é feito controlo de qualidade do mesmo). No controlo de qualidade pode ocorrer uma de duas situações: o material estar 'ok', segundo os limites e normas de qualidade impostos, ou o material ser rejeitado. No segundo caso, com a rejeição do material é ponderada a realização de retrabalho das peças. Havendo retrabalho, volta o processo ao ponto da montagem. Não sendo possível retrabalhar as peças, então estas serão consideradas como material de sucata. Na primeira situação descrita no controlo de qualidade, estando as peças conformes, então as mesmas são armazenadas, embaladas e expedidas para o cliente.

O diagrama do processo é apresentado no anexo B.

## 2.5 Gama de produtos Tridec

A empresa disponibiliza uma vasta gama de soluções como pode ser visto na figura seguinte.



Figura 3 - Produtos disponibilizados na Tridec Lda. (Fonte: [www.Tridec.nl](http://www.Tridec.nl))

### 2.5.1 Sistemas direcionais mecânicos

Os sistemas direcionais mecânicos são os mais utilizados nos veículos de distribuição, desde gado até materiais de construção.

Este tipo de sistema aumenta a manobrabilidade do veículo, poupando tempo e o desgaste dos pneus. Permite ainda a otimização da distribuição do peso de carga, redução de custos de manutenção, de combustível e custos causados por danos. Todos estes fatores combinados permitem uma poupança na ordem dos 30%.

A manutenção do sistema é feita através da lubrificação da *turntable* e inspeção visual dos componentes e das ligações.

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema, de seguida é feita a análise detalhada do sistema mais vendido, o sistema TD.

### Análise do sistema TD

É utilizado principalmente nos reboques destinados a transporte de distribuição e permite que o último eixo de um reboque, de um a três eixos, possa ser dotado de direção.

As vantagens do uso deste sistema vão desde a poupança do tempo, devido à melhor manobrabilidade, até à redução de custos e desgaste dos pneus.

O sistema é constituído por 3 sub-grupos:

- ***Fifth wheel unit*** – responsável pelo acoplamento do reboque ao camião;
- ***Steering bar/steering rod*** – sistema de transmissão entre a *fifth wheel unit* e o *axle mounting frame*;
- ***Axle mounting frame*** – recebe a indicação do movimento da *fifth wheel unit* e estabelece o comportamento do eixo direcionável.

### ***Fifth wheel unit***

É constituída por uma *fifth wheel housing*, estrutura onde é montado o prato rotativo, dentro de uma calha direcional. Existe ainda um *king-pin* que permite o engate do reboque no camião.



Figura 4 - *Fifth Wheel Unit* (Fonte: Folhetos informativos Tridec)

### ***Steering bar/steering rod***

Faz a conexão entre a *fifth wheel unit* e o *axle mounting frame*. A diferença entre ambas diz respeito ao número de eixos do reboque. Caso seja apenas um eixo, utiliza-se a *steering bar*, caso sejam dois ou mais eixos, usa-se a *steering rod*, peça que faz a ligação entre os eixos do reboque.



Figura 5 (a) - *Steering Bar* (b) - *Steering Rod* (Fonte: folhetos informativos Tridec)

### ***Axle mounting frame***

É constituída por uma *frame* montada no eixo dotado de direção. Sobre essa *frame* é montada uma *turntable* onde se movimentará a *steering rod/steering bar*.

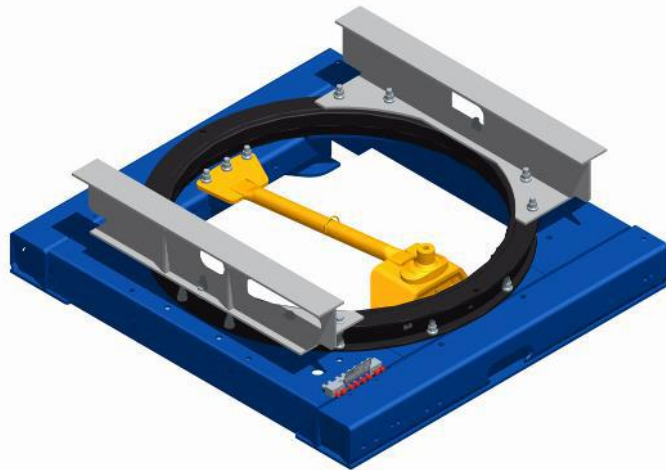


Figura 6 - *Axle Mounting Frame* (Fonte: folhetos informativos Tridec)

### 2.5.2 Sistemas direcionais hidráulicos

Os sistemas hidráulicos são preferencialmente montados em veículos de transporte pesados e veículos excepcionalmente pesados ou compridos.

Devido à significativa dimensão dos mesmos, instalar um sistema de eixos é necessário para cumprir a legislação em vigor, optando-se por uma ligação hidráulica em vez de uma ligação fixa, como é a ligação mecânica.

As grandes vantagens deste tipo de sistema são a baixa manutenção, facilidade de montagem, e como o próprio nome indica, a solução quando a montagem mecânica não é possível.

Todos os sistemas hidráulicos possuem uma caixa de controlo em aço inoxidável como o representado na figura.



Figura 7 - Caixa de controlo do sistema hidráulico (Fonte: folhetos informativos Tridec)

Caso seja necessário o controlo manual do sistema, existem duas opções:

- A *Compact control box*, ilustrada na figura 8, com comando para controlo à distância;



Figura 8 - *Compact control box* (Fonte: folhetos informativos Tridec)

- Sistema *TRITRONIC*, que será explicado posteriormente.

### 2.5.3 Suspensões

Existem três grandes tipos de suspensões:

- **Suspensões independentes** - aplicadas em reboques de duplo piso ou destinadas ao transporte de grandes mercadorias, caso das suspensões LV-O;



Figura 9 - Suspensões LV-O (Fonte: folhetos informativos Tridec)

O LV-O é um sistema de suspensão de roda para transporte de distribuição de dois andares, adequado para o transporte de vidro e painéis de betão. Com o sistema de suspensão de rodas independente, é possível aumentar o volume de carga. O LV-O também é implementado com sucesso em transportes de carro e de barco, bem como em aplicações de transporte de cidade. A sua grande vantagem é a possibilidade de obtenção de mais volumes de carga no semi-reboque.

- **Suspensões de eixo oscilatório** – aplicadas nos reboques de transporte de carga extremamente pesada ou de equipamentos de grande porte, como as suspensões TP-O;



Figura 10 - Suspensões TP-O (Fonte: folhetos informativos Tridec)

A suspensão TP-O distingue-se da concorrência pela sua suspensão de alta qualidade que fornece movimento oscilatório ideal.

- **Suspensões Off-Road** – aplicadas essencialmente aos reboques destinados a operar em meios mais adversos, como são as atividades em ambiente todo-terreno. O TD-O é sistema mais utilizado neste tipo de suspensão.

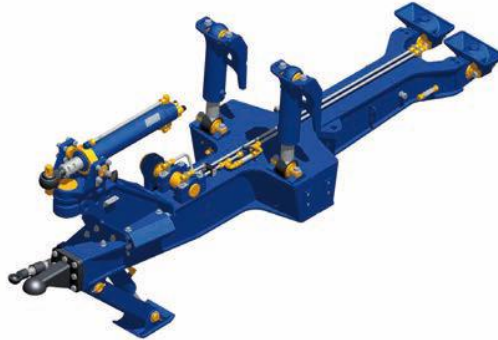


Figura 11 - Suspensões TD-O (Fonte: folhetos informativos Tridec)

Esta suspensão para eixos até dez toneladas está destinada a transportar cargas pesadas fora de estrada ao ser submetida ao mais difícil teste de capacidade de resistência e de estabilidade. Ao mesmo tempo, conforto, dirigibilidade e manutenção, são propriedades que não devem ser esquecidas.

#### 2.5.4 Sistema TRITRONIC

Existe ainda um sistema de controlo remoto, o *TRITRONIC*, que possibilita o controlo do reboque de modo a facilitar o alinhamento deste com o camião, e que pode ser expandido para ser capaz de realizar funções hidráulicas e eléctricas.

As grandes vantagens deste sistema são:

- Uso simples e fácil;
- Facilidade de entendimento da estrutura do programa;
- Múltiplas línguas;
- Controlo remoto por rádio ou cabo;
- Operável caso não haja energia.



Figura 12 - Controlo remoto do sistema *TRITRONIC* (Fonte: folhetos informativos Tridec)

As grandes vantagens da utilização de sistemas TRIDEC são a sua baixa necessidade de manutenção, o facto de exigir apenas algumas lubrificações e o teste das conexões aparafusadas.

As *turntables* são montadas com resistentes válvulas de corte que não necessitam mais de verificação após montagem, e todos os pontos que necessitam de lubrificação estão localizados num ponto único e de fácil acesso.

Todos os produtos Tridec obedecem às especificações dos clientes, sendo utilizados componentes *standard*, sempre que possível, e para todos os sistemas existem sempre peças de substituição disponíveis.

## 2.6 Relação Tridec Lda. – Tridec Bv.

Estando a falar de uma empresa com uma casa-mãe num país diferente, com uma cultura diferente da portuguesa, é oportuno entender o estado de comunicação entre a Tridec Portugal e a Tridec Holanda.

Um dos alicerces para a consolidação de uma relação devidamente articulada é a comunicação adequada entre as partes envolvidas, suportada por relações de cooperação entre as duas organizações, e que estão bem definidas como se observa no anexo C.

Apesar das relações bem definidas e de uma estrutura concreta no modo de operar da organização, é necessário que a comunicação flua nos dois sentidos na cadeia de valor.

Desse modo, a cadeia de valor da organização e a sua relação é a seguinte:

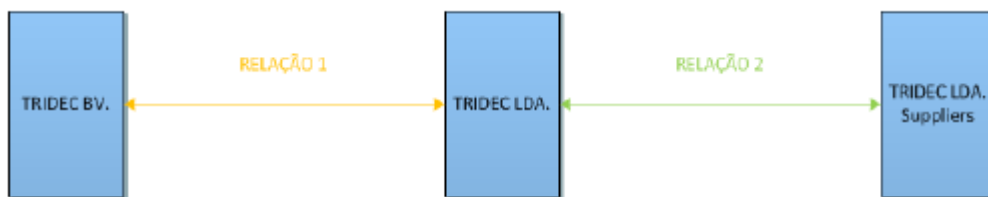


Figura 13 - Cadeia de valor Tridec

De acordo com a figura é possível afirmar que a Tridec Lda está numa posição passiva em relação à Tridec BV., e numa posição dominante em relação aos seus fornecedores. Os maiores problemas de comunicação, e os que merecem ser alvo de estudo, prendem-se com a relação 1, ou seja, a relação entre Portugal e Holanda.

Após a ida à empresa na Holanda foi concluído que existiam algumas falhas na comunicação entre departamentos, nomeadamente:

- Apoio no desenvolvimento de produtos;

- Falta de conhecimento dos processos de produção em Portugal por parte da Tridec BV;
- O ERP apesar de ser transversal às duas organizações não se encontra sincronizado entre Portugal e a Holanda.

Seguidamente, são apresentados cada um dos tópicos e sugeridas melhorias que visam resolver as falhas encontradas.

### **Apoio no desenvolvimento de produtos**

Uma das inconsistências detetadas por quase todos os departamentos foi a demora em obter respostas tanto de Portugal como da Holanda. Apesar da existência de reuniões periódicas entre departamentos, por vezes era necessário o esclarecimento de dúvidas sobre certos desenhos (mais no caso entre os departamentos de Engenharia dos dois países) e a pessoa que podia responder às questões era apenas a pessoa que fez o desenho, não sendo esse problema logo eliminado se a pessoa não se encontrasse na empresa (recorrente quando existiam dúvidas em Portugal sobre os desenhos).

O facto da Tridec Portugal não fazer o acompanhamento integral do projeto foi uma das causas detetadas neste problema.

A solução proposta para este problema foi que todas as pessoas do departamento deveriam ter condições de dissipar dúvidas e não apenas a pessoa responsável pelos desenhos.

### **Falta de conhecimento dos processos de produção**

Após falar com todos os departamentos da Tridec BV., chegou-se à conclusão que apenas uma pessoa conhecia o processo de produção de forma mais ou menos detalhada e, sem esses conhecimentos, torna-se difícil que todas as especificações que a Tridec BV espera serem cumpridas sejam efetivamente cumpridas.

### **ERP sem informação detalhada**

Este problema foi detetado na Holanda quando era necessário consultar os JOB's da Tridec Lda. e a informação existente no ERP apenas fazia alusão ao que era feito na Tridec BV.

Este problema pode ser acoplado ao problema acima referido e a correta disponibilização de todo o processo para consulta seria benéfico para todas as partes pois além de na Tridec BV. se ter o conhecimento necessário do processo esse conhecimento permitiria que na hora de conceção dos desenhos se tivesse em atenção as características próprias do processo.

# Revisão Bibliográfica

3.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO E ORIGEM DA METODOLOGIA  
TPM

3.2 METODOLOGIA TPM

3.3 OEE



## 3 Revisão Bibliográfica

### 3.1 Evolução da manutenção e origem da metodologia TPM

De acordo com a norma NP EN 13306 (2007), a manutenção é definida como o conjunto de ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele desempenha a função pretendida. No entanto, a manutenção como conceito tem sofrido diversas alterações desde a época da revolução industrial, evoluindo de um processo reativo, a denominada manutenção corretiva, até ao conceito atual integrado não apenas ao equipamento, mas também às pessoas e a toda a organização. Contudo, esta evolução foi alcançada pouco a pouco, passando por diversas fases até atingir o conceito atual.

Tradicionalmente, a manutenção era vista como uma estratégia que necessitava de um elevado investimento mas com um retorno em nada condizente (Sivaram, 2012). Até ao início dos anos 50, a manutenção era realizada da seguinte forma:

- **Manutenção corretiva:** A reparação é feita apenas depois da avaria/paragem do equipamento ou após ocorrência de um declínio severo de performance. Esta estratégia era adoptada na maioria das organizações de todo o mundo. Contudo, vários problemas começaram a verificar-se, tais como paragens não planeadas devido ao desgaste acumulado, custos elevados de reparação pois a deterioração do equipamento ou partes destes era tal, que tornava-se mais complexa a reparação ou até mesmo impossível. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

Com o surgimento dos problemas da manutenção corretiva foi então necessário adotar outras práticas de manutenção que eliminassem esse problemas e surgiram os seguintes tipos de manutenção:

- **Manutenção preventiva:** Este conceito, introduzido em 1951, procurava alcançar a rentabilidade económica com base na máxima produção possível (Cuatrecasa, 2000). Para isso, estabeleceram-se ações de verificação dos equipamentos baseada no tempo (TBM – Time Based Maintenance). Este tipo de manutenção depende da probabilidade estimada de que o equipamento vai avariar num intervalo de tempo específico. As ações preventivas poderiam ser tão simples como lubrificação de componentes, limpeza e substituição de peças.
- **Manutenção preditiva:** Também referida como manutenção baseada nas condições (CBM – Condition Based Maintenance). Eram realizadas técnicas de diagnóstico para avaliar indicadores como a temperatura, ruídos, vibrações, lubrificações e corrosão. Quando um destes indicadores alcançava um determinado nível eram realizadas ações de manutenção. Baseia-se no mesmo princípio da manutenção preventiva tendo, no entanto um critério diferente

para determinar as atividades de manutenção com o benefício de esta ser feita quando a necessidade é iminente e não após a passagem de um determinado período de tempo. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

- **Manutenção produtiva:** Surgiu nos anos 60, e representa a manutenção mais económica que aumenta a produtividade do equipamento, reduzindo os custos totais do mesmo durante toda a sua vida útil. Trata-se de uma adaptação mais abrangente da manutenção preventiva em que as características chave são a fiabilidade do equipamento e a sua manutibilidade.

Apesar de todas as vantagens que existiram, estas estratégias não eram completamente eficazes, uma vez que não existia o total envolvimento dos trabalhadores, visto que apenas o departamento de manutenção efetuava as atividades envolvidas na manutenção de equipamentos, o que gerava uma sobrecarga de trabalho desnecessária.

Para fazer face a este problema, surgiu então a metodologia TPM, que além de apostar numa lógica preventiva, aposta também na participação dos próprios operadores dos equipamentos para fazerem uma manutenção autónoma aos mesmos. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

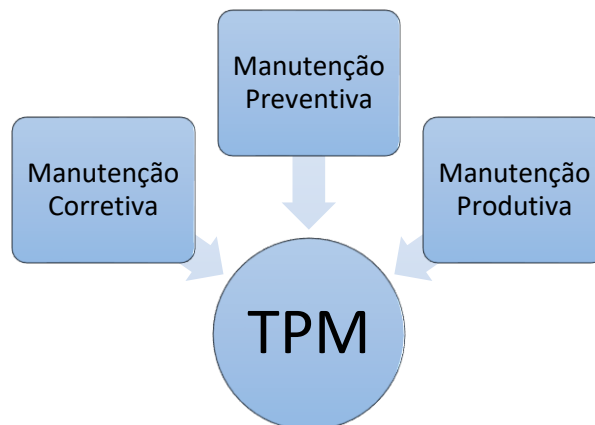


Figura 14 - Evolução da manutenção até à metodologia TPM

## 3.2 Metodologia TPM

### 3.2.1 Origem, definição e objetivos

O TPM nasceu no Japão em 1971 na Nippondenso, em plena fase de expansão da indústria daquele país. Emergindo das práticas de produção Lean, foi visto como a resposta nipónica ao estilo de produção americano, e desenvolveu-se inicialmente na indústria automóvel e logo passou a fazer parte da cultura das organizações que o implementavam.

Surgiu da necessidade de adotar uma estratégia para a manutenção de equipamentos que, apesar de mantidos sob práticas de manutenção preventiva, não eliminava eficazmente todo o tipo de desperdícios gerados pelo funcionamento do equipamento. Com o crescimento do nível tecnológico dentro das próprias empresas, tornou-se difícil para os departamentos de manutenção atender a todas as exigências requeridas pelos equipamentos, o que originou problemas de eficiência e custos elevados.

A solução encontrada foi então passar as competências básicas de manutenção aos próprios operários responsáveis pelo equipamento, desde limpezas diárias até inspeções que fossem necessárias.

Assim, no início dos anos 70, surge a metodologia TPM como conceito atualmente conhecido que, segundo (Ahuja J.S & Khamba, 2008) se define como uma abordagem inovadora que otimiza a eficiência dos equipamentos, elimina paragens e promove a manutenção autónoma mediante atividades diárias, envolvendo todos os operadores da organização.

É ainda definida como uma metodologia de melhoria contínua (kaizen) e que, segundo Robinson (Robinson, 1995) é uma ferramenta de melhoria destinada a otimizar a fiabilidade dos equipamentos e assegurar a eficiente manutenção dos mesmos. Cuaa (Cuaa, 2001) diz que o TPM abrange um conjunto de práticas direcionadas para a melhoria do desempenho, tendo como foco principal a maximização da produtividade através da minimização de paragens de produção resultantes de avaria e a melhoria da qualidade através da eliminação de defeitos.

Segundo Nakajima (Nakajima, 1989), um dos fundadores da metodologia, o TPM é uma abordagem inovadora na área da manutenção que otimiza a eficiência dos equipamentos, elimina avarias e promove uma manutenção autónoma pelos operadores através de ações diárias de rotina. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

O TPM supõe então um novo conceito de gestão de manutenção, levado tanto horizontalmente como verticalmente dentro das organizações que tem, segundo Ichizoh Takagi, membro do JIPM (Japan Institute for Planning Maintenance), os seguintes objetivos:

- Maximização da eficiência do equipamento através da otimização da disponibilidade, performance e qualidade do produto do mesmo;
- Estabelecimento de estratégias de manutenção preventiva para todo o ciclo de vida do equipamento;

- Implementação em diversos departamentos;
- Envolvimento de toda a organização, desde a direção até aos operadores do chão de fábrica;
- Promoção da melhoria das ações de manutenção através da criação de pequenos grupos de trabalho autónomo.

### 3.2.2 TPM vs. JIT

O TPM promove uma produção livre de defeitos pretendendo alcançar a máxima produção possível livre de desperdícios, estando então na linha dos sistemas de produção mais eficazes, ou seja, os sistemas que eliminam todas as atividades que não acrescentam valor ao produto através de automatização e da flexibilidade, como é o caso da produção ajustada baseada no JIT (*Just In Time*).

Estas duas metodologias estão ligadas uma à outra, como pode ser visto na imagem seguinte, e beneficiam-se mutuamente sendo responsáveis pela forte competitividade das organizações.

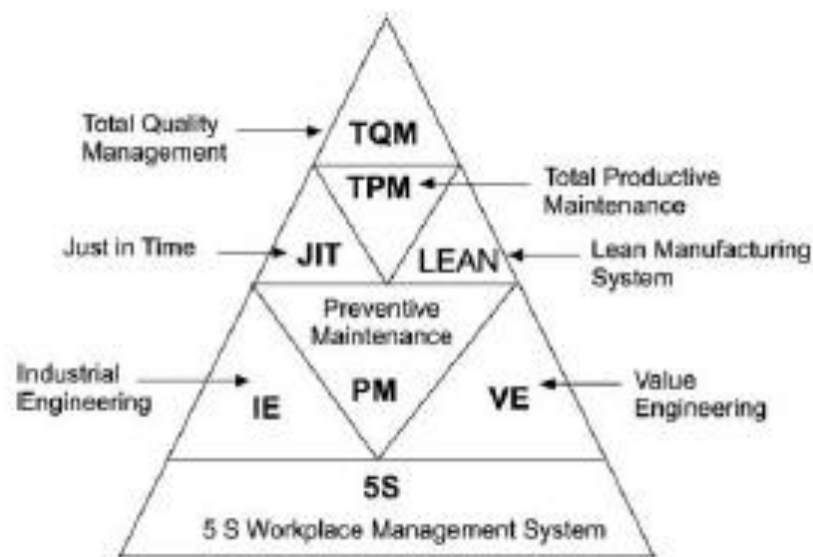


Figura 15 - Pirâmide dos sistemas de gestão (Fonte: (Ahuja J.S & Khamba, 2008))

As principais características de um sistema de gestão eficiente são as mostradas na tabela 1:

Tabela 1 - Características dos sistemas de produção eficiente (Cuatrecasas, 2000)

<b>Set-up</b>	Sistemas de preparação rápida baseadas no SMED
<b>Operação</b>	Fabrico de pequenos lotes
	Nivelamento da produção
	Standarização do ciclo e sequência de operações e do stock atual
<b>Controlo dos equipamentos</b>	Controlo das operações por grupos de máquinas
	Sistema de controlo visual (Andon)
	Manutenção assegurada
<b>Manutenção</b>	Melhorias nos equipamentos de produção

No geral, será mais fácil introduzir o TPM num sistema de produção em fluxo baseada no JIT e, quando isso acontece, poderá ser dada a fusão dos dois sistemas numa única direção.

Ainda que TPM e JIT se apliquem de forma geral a toda a organização, estas têm as suas características próprias. Enquanto que o JIT se centra mais nos outputs (produtividade, qualidade), o TPM centra-se mais no equipamento, um input do sistema produtivo.

A tabela 2 mostra a comparação entre JIT e TPM e o que é pretendido ser eliminado em cada uma.

Tabela 2 - Comparação TPM vs. JIT (Cuatrecasas, 2000)

<b>Objetivos do TPM – zero avarias</b> <b>Eliminar:</b>	<b>Objetivos JIT- zero desperdícios</b> <b>Eliminar:</b>
Tempos mortos ou de paragem	Esperas Stocks
Funcionamento a baixa velocidade	Transportes desnecessários Movimentos desnecessários Processos inadequados
Defeitos	Defeitos de qualidade

### 3.2.3 Pilares da metodologia TPM

Para a obtenção com sucesso de uma implementação do TPM dentro de uma organização, deve ser tido em conta os pilares que sustentam a metodologia como mostra a figura 16.

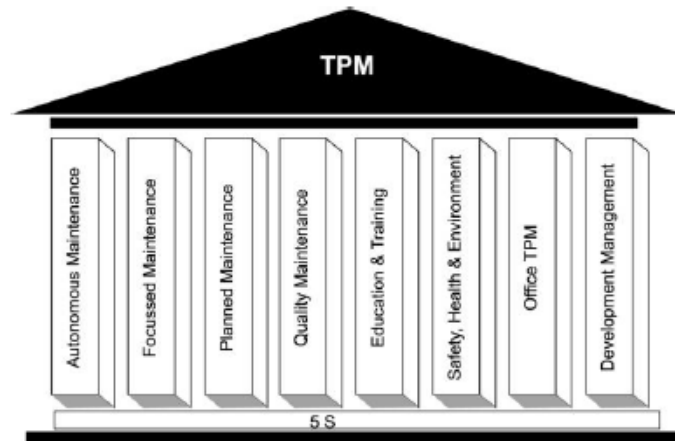


Figura 16 - Pilares da metodologia TPM (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

Estes pilares são apoiados pela metodologia 5S, metodologia esta que serve de base a várias das metodologias existentes, como observado na figura 15, e que deve ser previamente utilizada pela empresa para uma correta e mais rápida implementação do TPM, pois a organização e limpeza dos postos de trabalho permite identificar mais facilmente possíveis focos de problemas a afetarem a eficiência dos equipamentos.

Cada pilar tem como missão reduzir ao máximo, e se possível eliminar, todo o tipo de perdas existentes, e a sua implementação resulta num aumento substancial de produtividade através de uma manutenção controlada, redução de custos de manutenção e redução de paragens de produção e *downtimes* (Ahuja J.S & Khamba, 2008). Os 8 pilares existentes são:

- **Manutenção Autônoma:** A filosofia básica deste pilar é que o operário que opera com o equipamento é responsável pelas tarefas de manutenção mais simples do mesmo. (Cuatrecasas, 2000)

Esta manutenção está baseada no princípio dos 5S, 5 palavras de origem japonesa que são:

- **Seiri:** Organização
- **Seiton:** Ordenar
- **Seiso:** Limpeza
- **Seiketsu:** Standarização
- **Shitsuke:** Disciplina

Os principais objetivos deste tipo de manutenção, segundo (Cuatrecasas, 2000), são:

1. **Melhoria da Qualidade:** Se o operário conseguir que o equipamento funcione nas suas condições básicas sem perdas e paragens, obterá melhores produtos e maior produtividade.
2. **Custo reduzido:** a execução de tarefas de manutenção desde o posto de trabalho reduzirá as falhas do equipamento, evitando problemas que se traduzem em custos.
3. **Tempo reduzido:** a adoção da manutenção autónoma permite incorporar a flexibilidade à produção, e a correta previsão de falhas possibilita que estas sejam corrigidas mais rapidamente, aumentando assim a disponibilidade.

Tabela 3 - Relação de atividades e responsabilidades na Manutenção Autónoma (Cuatrecasas, 2000)

	Atividade	Operários	Departamento de Manutenção
<b>Produção</b>	Preparação e ajuste	.	
	Operação	.	
<b>Manutenção Autónoma</b>	Limpeza	.	
	Lubrificação	.	
	Apertos mecânicos	.	
	Outros	.	
	Inspeções	.	.
<b>Manutenção Preventiva</b>	Atividades periódicas de manutenção		.
<b>Manutenção Corretiva</b>	Avarias reparáveis no posto de trabalho	.	
	Avarias não reparáveis no posto de trabalho		.
<b>Melhorias</b>	Operativas	.	.
	Automatização e Qualidade		.
	Check-ups		.

## Etapas para a implementação da Manutenção Autónoma

A adoção do TPM e da manutenção autónoma em particular necessita de pessoas que sejam polivalentes, que estejam motivadas e que tenham espírito de iniciativa. Para iniciar a implementação da MA devem ser eleitas as áreas mais adequadas para serem trabalhadas neste novo conceito, e então implementar a estrutura da MA pelos seguintes níveis:

1. **Nível Básico:** introdução da manutenção básica, como limpeza e lubrificações. É o primeiro passo onde se comprovará que o operário está recetivo a uma mudança na maneira como realiza o seu trabalho e onde terá de pôr em prática o que aprendeu nas formações realizadas para o feito. Neste nível são realizadas as seguintes etapas:

- 1.1 **Limpeza inicial e inspeção:** o objetivo desta primeira etapa é limpar toda a área envolvente do equipamento e, posteriormente, proceder à limpeza do mesmo. Todo o tipo de pós, óleo e sujidade devem ser removidos para assim expor possíveis problemas existentes no equipamento, identificando-os numa etiqueta, como a da figura 17, para futura correção.

The image shows two TPM (Total Productive Maintenance) anomaly tags. The left tag is red and labeled 'TPM MANUTENÇÃO' (TPM Maintenance). The right tag is blue and labeled 'TPM OPERADOR' (TPM Operator). Both tags have a header section with 'ETIQUETA DE ANOMALIAS' (Anomaly Tag) and 'TPM'. Below the header, there are fields for 'Equipamento' (Equipment) and 'Data' (Date). The main body of the tags is a table with columns for 'ANOMALIA DETECTADA' (Detected Anomaly) and 'DISCRICÃO DA ANOMALIA' (Description of Anomaly). At the bottom of each tag, there is a section for 'Tempo para a próxima inspeção' (Time for next inspection) and a note: 'COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO' (Place this tag on the equipment).

Figura 17 – Etiquetas de ajuda aos operários

- 1.2 **Eliminar focos de contaminação e limpeza de áreas de difícil acesso:** tem como objetivo identificar e eliminar focos de sujidade e melhorar a acessibilidade a zonas susceptíveis de serem limpas para travar a deterioração do equipamento.

- 1.3 **Definir standards de manutenção:** são definidas normas de limpeza e inspeção dos equipamentos com base na opinião dos operários de forma a manter os equipamentos nas

condições ideais de funcionamento. Devem responder à metodologia 5W1H (*Where, What, When, Why, Who, How*).

2. **Nível de eficiência:** tem como finalidade propôr melhorias através da inspeção e eliminação/redução das seis grandes perdas. É o nível onde o equipamento deve alcançar a sua condição ótima de trabalho. É constituído pelas seguintes etapas:

- 2.1 **Inspeção geral do equipamento:** introdução de controlos sobre os elementos mais vitais do equipamento com a criação de folhas de check-up de modo a registar a evolução do mesmo.

- 2.2 **Inspeção autónoma do equipamento:** devem ser criadas equipas de trabalho que revejam os standards existentes, que verifique se estão a ser cumpridos, que proponha novos objetivos a alcançar e estabeleça planos de formação contínua para os operários.

3. **Nível de plena implementação:** Nível onde a implementação está completa e deve ser maturada. Será necessário standardizar tudo o que foi feito até então e promover a melhoria contínua. Este nível é composto pelas seguintes etapas:

- 3.1 **Organização da área de trabalho:** aplicação dos 5S de forma a manter a área de trabalho nas melhores condições possíveis.

- 3.2 **Gestão autónoma:** Os operários são capazes de detetar e corrigir anomalias, apoiando-se então num trabalho mais dinâmico que se vai adaptando ao longo do tempo com a experiência adquirida.

- **Melhoria dos equipamentos:** Corresponde às atividades de melhoria realizadas nos equipamentos por equipas multifuncionais compostas por elementos de diversas áreas da organização, tais como da produção, engenharia e manutenção. O grande objetivo deste pilar é reduzir as seis grandes perdas, tema abordado no capítulo seguinte, de maneira a alcançar as zero falhas, zero defeitos e zero desperdícios. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)
- **Manutenção planeada:** É usada com o objetivo de ter equipamentos sem problemas, com zero avarias e a produzir componentes de qualidade e que satisfaçam o cliente. É uma abordagem proativa realizada pelo departamento de manutenção, o que não implica que não existam avarias já que os intervalos planeados de intervenção podem estar desajustados das necessidades dos equipamentos. (Singh, 2011)

- **Gestão da qualidade:** Tem como objetivo alcançar os zero defeitos. Para alcançar essa meta é necessário entender e controlar as interações entre o processo e a mão-de-obra, material, equipamentos e métodos susceptíveis de colocar defeitos. É implementado em duas fases, na primeira fase a meta é eliminar problemas relacionados com a qualidade através da análise de defeitos, tentando alcançar a otimização do processo através de propostas de melhoria. Na segunda fase, procede-se à standarização dos parâmetros necessários para a obtenção da qualidade pretendida. (Industry Forum)
- **Formação e Treino:** Assegura que os operadores sejam treinados nos aspetos mais importantes para o seu desenvolvimento pessoal e para a correta implementação do TPM, tudo isto em linha com os objetivos da organização. Sem a necessária aprendizagem por parte dos recursos humanos, a evolução da implementação é comprometida pois toda a metodologia TPM é um processo evolutivo. (Industry Forum)
- **Segurança, Saúde e Ambiente:** Este pilar tem como objetivo a meta de zero acidentes, alcançado através da aplicação dos 5S no posto de trabalho, diminuindo o risco de acidentes. A nível do ambiente, tem como meta a minimização da poluição, seja através de reciclagens como poupança no consumo de energia. (Suzuki, 1994)
- **TPM administrativo:** É concentrada em todas as áreas que oferecem suporte administrativo na organização. Promove a delineação de objetivos entre departamentos e que estes estejam dentro da visão e missão da organização. O objetivo do TPM nas áreas administrativas é criar um fluxo de informação que funcione, tanto horizontalmente como verticalmente, dentro da organização.
- **Gestão de novos equipamentos:** Tem como meta que novos equipamentos possam ser adaptados rapidamente à metodologia implementada na organização. Utiliza para isso os conhecimentos adquiridos ao longo do tempo pelos equipamentos já conhecidos, de modo a não cometer os mesmos erros adquiridos no passado. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

### 3.2.4 Tipos de perdas dos equipamentos

O objetivo de qualquer sistema produtivo eficiente é conseguir que os seus equipamentos operem da forma mais eficaz possível e durante o maior tempo possível. Para alcançar esse objetivo é necessário eliminar os principais fatores destabilizadores, as perdas. Estão classificadas como as seis grandes perdas e agrupadas em três categorias, tendo em consideração o seu efeito para o equipamento. Na tabela seguinte são classificadas essas mesmas perdas de acordo com as suas características.

Tabela 4 - Classificação das seis grandes perdas (Cuatrecasas, 2000)

<b>Tipo</b>	<b>Perdas</b>	<b>Características</b>	<b>Objetivo</b>
<b>Tempos mortos e de vazio</b>	Avaria	Tempo de paragem do processo por falhas, erros ou avarias, esporádicas ou crónicas	Eliminar
	Set-up ou preparação	Tempo de paragem para preparação dos equipamentos para produção	Reduzir ao máximo
<b>Perdas de velocidade</b>	Produção lenta	Diferença de velocidade entre a estimada pelo fabricante e a atualmente existente	Anular a diferença
	Micro-paragens e tempos de ciclo em vazio	Intervalos de tempo em que o equipamento está em espera para produzir. Micro-paragens por desajustes	Eliminar
<b>Produtos/processos defeituosos</b>	Defeitos de qualidade e retrabalho	Produção com defeitos crónicos	Eliminar produtos/processos fora das tolerâncias
	Arranque	Perdas de rendimento durante a fase de arranque	Eliminar ou minimizar segundo as exigências técnicas

De um modo mais particular, cada tipo de perda é explicada seguidamente.

- **Perdas por avarias:** Este tipo de perdas ocorre quando existem falhas nos equipamentos, originando a sua paragem. Os tipos de avaria presentes podem ser esporádicas ou crónicas, com as seguintes características:

Tabela 5 - Características das perdas segundo a sua natureza (Cuatrecasas, 2000)

Tipo de perdas	Características Principais
<b>Crónicas</b>	Causas múltiplas e complexas
	Frequentes/periódicas
	Solução complicada e a longo prazo
	Efeitos difíceis de relacionar
	Problemas latentes não resolvidos
<b>Esporádicas</b>	Causa única
	Causa fácil de reconhecer
	Efeitos óbvios
	Frequência esporádica

- **Perdas de set-up ou preparação:** Perdas relacionadas com o fim da produção de um determinado produto até à obenção de um novo. Estas perdas abrangem remoção de peças, limpeza do equipamento e área de trabalho, colocação de novas ferramentas e possíveis reajustes. A aplicação da técnica de SMED (*Single Minute Exchange Die*) é utilizada pois minimiza o número de operações enquanto o equipamento está parado, e reduz o tempo de operação de preparação.
- **Perdas por micro-paragens e tempos de ciclo em vazio:** O funcionamento em vazio diz respeito ao tempo em que a máquina opera mas não está a produzir devido a um problema temporário. Para a redução destas paragens, é necessário centrar a atenção na eliminação destes pequenos problemas através de limpezas diárias e operações e inspeções básicas de manutenção.
- **Perdas por produção lenta:** Perdas geradas pela diminuição da velocidade do equipamento, podendo ocorrer devido à diferença entre a velocidade estimada pelo fabricante do equipamento e a velocidade real do equipamento.

- **Perdas por defeitos e retrabalho:** Perdas geradas por defeitos no produto que poderá ser retrabalhado, caso seja possível recuperá-lo, ou descartado, por não cumprir os requisitos mínimos da qualidade. As causas para estas perdas podem ser devidas ao equipamento estar mal calibrado.
- **Perdas de arranque:** Estas perdas estão relacionadas com o tempo perdido no *set-up* dos equipamentos ou exigências técnicas da manutenção.

Relacionando o tipo de perdas abordadas com a causa dessas mesmas perdas pode ser elaborada a tabela seguinte:

Tabela 6 - As perdas e a origem das causas que as provocam (Cuatrecasas, 2000)

Seis grandes perdas	Causas	
	Crónicas	Esporádicas
Avarias	.	.
Set-up ou preparação	.	.
Micro-paragens e tempos de ciclo em vazio	.	.
Produção lenta	.	.
Defeitos e retrabalho	.	.
Arranque	.	.

Sendo as perdas crónicas as que mais vezes se podem repetir, uma das formas existente para as eliminar é através de uma análise P-M.

Esta metodologia parte do estudo do problema, neste caso a perda (P), e relaciona-a com os componentes sobre os quais recai a sua resolução. A tabela seguinte mostra a diferença entre uma análise convencional e uma análise P-M:

Tabela 7 - Comparação entre a análise convencional e a análise P-M (Cuatrecasas, 2000)

	<b>Análise Convencional</b>	<b>Análise P-M</b>
<b>Objetivo</b>	Reduzir as perdas a metade	Aproximação às zero perdas
<b>Foco</b>	Baseada nas causas principais	Listar todas as causas que possam gerar perdas
	Eliminam-se as causas responsáveis pelos maiores efeitos	Investigar todas as causas
	Adotar medidas para causas concretas	Corrigir as falhas identificadas, se possível, de uma só vez
		Se não melhorar, analisar e standarizar
		Implantação das melhorias
<b>Técnica</b>	Diagrama de Ishikawa (causa-efeito)	Análise P-M



Efetivo quando o índice de produtos defeituosos é alto.



Efetivo quando o índice de produtos defeituosos é baixo.

### 3.2.5 Implementação da metodologia TPM

Como já referido e de modo a facilitar a implementação do TPM convém criar o ambiente propício com operários capazes e que envolva todas as pessoas. Com efeito, segundo (Cuatrecasas, 2000), foi criado no Japão a metodologia 3Y, que significa:

- **Yakuki:** Motivação/mudança de atitude das pessoas envolvidas no programa, com o objetivo de introduzir um espírito de colaboração entre todos;
- **Yaruude:** Competência e habilidade para alcançar os objetivos pretendidos;
- **Yaruba:** ambiente de trabalho propício com o mínimo de problemas possíveis, sendo o papel da administração crucial neste aspeto.

Efetivamente, para desenvolver com sucesso a metodologia, é necessário seguir um plano, de médio/longo prazo, e que deve ser enraizado aos poucos em toda a organização. Com efeito, a implementação do TPM terá em vista o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Aumento da duração do ciclo e qualidade de vida dos equipamentos;
- Introdução da manutenção autónoma no posto de trabalho;
- Gestão da manutenção preventiva e corretiva otimizada;
- Melhoria da funcionalidade e manutenção dos equipamentos;
- Formação de operários para o cumprimento das tarefas;
- Incidência no desenho dos equipamentos de modo a obter o máximo rendimento com o mínimo de manutenção (prevenção da manutenção).

Para que seja possível a correta abordagem por parte da organização à sua implementação, devem ser dados um conjunto de passos até à ambicionada meta pretendida. Esses passos ou, neste caso, fases são as seguintes:

- **Preparação**
- **Introdução**
- **Implementação**
- **Estabilização**

A tabela seguinte mostra as diferentes etapas em cada fase e que serão abordadas individualmente de seguida.

Tabela 8 - Etapas até à implementação de um sistema TPM (Cuatrecasas, 2000)

<b>Fase</b>	<b>Etapas</b>	<b>Caracterização</b>
<b>Preparação</b>	1. Decisão de implementar o TPM na empresa	A administração torna público o desejo de implementar o TPM
	2. Divulgação de informação sobre o TPM	Planos de divulgação de informação a todos os níveis da empresa
	3. Estrutura de promoção do TPM	Formar grupos de trabalho para facilitar a troca de informação
	4. Estabelecimento de políticas base e fixação de objetivos	Analisar as condições existentes, estabelecer objetivos e prever resultados
	5. Desenvolvimento do plano de ação	Preparar planos detalhados com as atividades a desenvolver e os respetivos prazos
<b>Introdução</b>	6. Arranque do TPM	Levada a cabo através de uma apresentação formal com todos os <i>stakeholders</i>
<b>Implementação</b>	7. Melhoria da eficácia dos equipamentos	Escolha dos equipamentos com perdas crónicas e analisar causas e efeitos para poder atuar
	8. Estabelecer programa de Manutenção Autónoma	Manutenção diária feita pelos operários que manuseiam o equipamento
	9. Estabelecer programa de Manutenção Planeada	Inclui a manutenção periódica, preditiva e corretiva.
	10. Formação dos operários	Treinar os líderes dos grupos que por sua vez ensinam os membros do seu grupo
	11. Criação de um programa de gestão atempada dos equipamentos	Desenhar e fabricar equipamentos com alta fiabilidade e manutibilidade
<b>Consolidação</b>	12. Consolidação do TPM e revisão dos objetivos	Manter e melhorar os resultados obtidos mediante um programa de melhoria contínua, baseada por exemplo no ciclo PDCA

Cada uma das etapas presentes na implementação é constituída por aspetos que devem ser destacados para a correta implementação da metodologia.

## **Fase de preparação**

### **Etapa 1:** Anúncio por parte da administração da decisão de implementar o TPM

Nesta etapa a direção apresenta o conceito de TPM, os seus objetivos e os benefícios que são esperados, mostrando o envolvimento que espera ser alcançado pela restante organização.

### **Etapa 2:** Divulgação de informação sobre o TPM

Aqui o objetivo é difundir informação pelos vários departamentos, eliminando possíveis resistências por parte de algumas pessoas, visto que nem todas elas poderão estar recetivas a mudanças, nomeadamente os operários que serão, porventura, os que mais mudanças sentirão.

### **Etapa 3:** Estrutura de promoção do TPM

Devem ser criados grupos em que os líderes sejam parte integrante de outro grupo acima, de forma a criar conexões e uma comunicação aberta entre toda a gente.

### **Etapa 4:** Estabelecimento de políticas básicas e fixação de objetivos

É criado um grupo que tem como objetivo promover a implementação do TPM, definir políticas e objetivos a ser atingidos, e transmitir toda a informação aos departamentos.

### **Etapa 5:** Desenvolvimento do plano de ação

Depois da divulgação feita, elabora-se o plano e definem-se as etapas para implementação da metodologia e fica a organização apta a passar à próxima fase.

## **Fase de introdução**

### **Etapa 6:** Arranque do TPM

É feita uma apresentação com todos os colaboradores da empresa onde são expostos os objetivos, políticas, metas e calendarização das atividades. São ainda iniciadas as primeiras formações com os operários.

## **Fase de implementação**

### **Etapa 7: Melhoria da eficácia dos equipamentos**

Organizam-se equipas de trabalho multifuncionais, de modo a selecionar os equipamentos que sofram de perdas crónicas, para implementar planos de melhoria.

### **Etapa 8: Estabelecer programa de Manutenção Autónoma**

Para que isso seja possível, os operadores devem receber formação para possuírem as noções básicas de como se deve proceder à manutenção dos equipamentos. As atividades feitas pelos operadores serão as mais simples, tais como limpeza, troca de elementos e inspeções visuais, ficando as atividades mais complexas para o departamento de manutenção.

### **Etapa 9: Estabelecer programa de Manutenção Planeada**

Este programa tem como objetivo calendarizar todas as operações de manutenção preventiva a realizar pelo departamento de manutenção, e deve cooperar com o programa de manutenção autónoma.

### **Etapa 10: Formação dos operários**

Esta formação serve para aumentar os conhecimentos nas áreas de manutenção. Devem ser avaliadas periodicamente para poder evoluir na sua formação.

### **Etapa 11: Criação de um programa de gestão atempada dos equipamentos**

Tem como objetivo a prevenção da manutenção logo na fase de conceção do equipamento.

Para alcançar estes objetivos, atua-se desde a conceção do equipamento até à sua maturidade, que será a fase onde terá a sua produção normalizada.

## **Fase de estabilização**

### **Etapa 12: Consolidação do TPM e revisão dos objetivos**

Etapa onde se deve rever tudo o que foi atingido até então, e dar a conhecer a toda a organização de modo a ser valorizado todo o esforço despendido no processo. A partir desta etapa todos os esforços devem ser apontados à melhoria contínua.

Para atingir essa melhoria, a empresa pode basear-se na utilização do ciclo PDCA, mostrado na figura seguinte e explicado seguidamente.



Figura 18 - Ciclo PDCA (Martins, 2016)

Este ciclo funciona como uma ferramenta que assegura a melhoria contínua, uma vez que o ciclo pode estar sempre em funcionamento. Uma ação de melhoria contínua resultante da aplicação desta metodologia pode ser novamente alvo de nova melhoria através do ciclo.

O ciclo é desenvolvido em 4 fases:

- **Plan** - estabelecer os objetivos necessários para atingir os resultados;
- **Do** - implementar as ações de melhoria planeadas;
- **Check** – monitorizar e medir as melhorias implementadas de modo a determinar se as ações de melhoria estão a ser bem aplicadas;
- **Act** – executar e padronizar os novos procedimentos de modo a prevenir a repetição do problema original ou definir metas para novas melhorias.

### 3.2.6 Benefícios da metodologia TPM

Os grandes benefícios que a adoção da metodologia TPM traz são diversos e abrangem diversos pontos de interesse que a organização espera alcançar. São eles:

- Melhoria da produtividade visto que os equipamentos necessitam de menos intervenção e o número de avarias diminui;
- Melhor qualidade dos produtos, fruto do controlo a que estão sujeitos;
- Processos mais rentáveis devido à diminuição de *stocks* causado pelo menor número de paragens do equipamento;
- Fiabilidade das entregas, pois o aumento da disponibilidade faz com que os *lead-times* sejam mais reduzidos;
- Melhor nível de segurança, pois os equipamentos encontram-se a trabalhar nas condições normais e sem perigos para o operário, juntando a isso um espaço de trabalho mais limpo e arrumado, facilitando o movimento do operador no seu espaço;
- Moral dos colaboradores aumenta pois as especificações são rigorosamente cumpridas e os prazos de entrega cumpridos. Ao nível interno, a moral dos operários também aumenta fruto do crescimento da produtividade.

### 3.3 OEE

Para ser possível determinar o desempenho global dos equipamentos antes e depois da metodologia TPM ser aplicada, é necessário usar determinadas ferramentas, ferramentas essas que através de variáveis quantificáveis conseguem medir o progresso alcançado e comparar o antes e o depois da implementação do TPM. Uma das ferramentas utilizadas é o cálculo do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que recorre a três factores representativos do impacto das seis grandes perdas dos equipamentos considerados na metodologia adotada. (Ahuja J.S & Khamba, 2008)

Esse três factores são:

- **Disponibilidade (D):** relaciona o tempo total disponível para produção com o tempo efetivo de produção do equipamento. O tempo efetivo de produção tem em conta as perdas por paragem devido a avaria e tempos de *set-up*.

Equação 1 - Fórmula da Disponibilidade

$$(1) \quad \text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de paragem}}{\text{Tempo Disponível}}$$

- **Performance (P):** relaciona a quantidade produzida com a quantidade que o equipamento deveria ter produzido. São contabilizadas as perdas por produção lenta e por micro paragens.

Equação 2 - Fórmula da Performance

$$(2) \quad Performance = \frac{Tempo \ de \ ciclo \ ideal \ * \ Unidades \ produzidas}{Tempo \ de \ Operação}$$

- **Qualidade (Q):** o índice de qualidade relaciona o número de unidades produzidas com aquelas que cumprem os standards de normalização. As perdas contabilizadas são as perdas por defeito e retrabalho e as perdas de arranque do equipamento.

Equação 3 - Fórmula da Qualidade

$$(3) \quad Qualidade = \frac{Unidades \ produzidas - Unidades \ defeituosas}{Unidades \ produzidas}$$

Assim, o OEE é calculado pela seguinte fórmula

Equação 4 - Fórmula do OEE

$$(4) \quad OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade$$

De acordo com o esquema seguinte pode ser relacionado o tempo com o tipo de perdas existentes, assim:

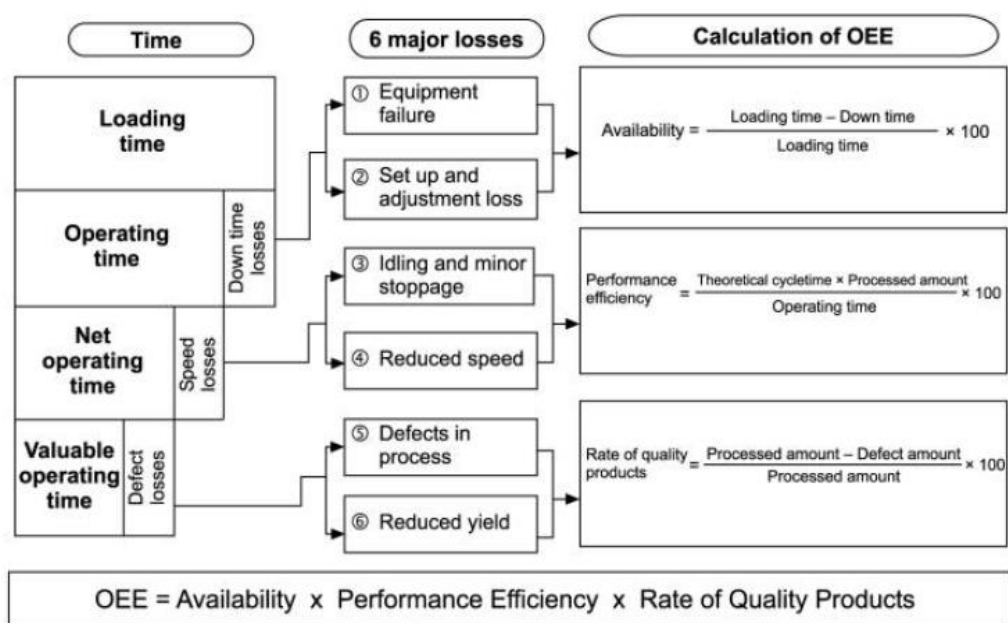


Figura 19 – Cálculo do OEE baseado nas seis grandes perdas

Após estes fatores estarem devidamente mensurados, é necessária fazer a análise dos mesmos e comparar com os valores antes da implementação, se existentes, e os valores de referência.

De acordo com Nakajima (Nakajima, S., 1988), o valor ideal do OEE deve ser igual ou superior a 85%. Contudo, os resultados podem ser divididos em 4 grandes grupos:

- **<65%** - mostra que a empresa é pouco competitiva, sugerindo perdas monetárias significativas e por esse motivo devem ser tomadas medidas urgentemente;
- **65%-75%** - estes valores, se acompanhados de uma tendência crescente em que as perdas estejam a ser colmatadas, podem ser aceites, o que mostra que a eficiência está a ser controlada;
- **75%-85%** - valores que sugerem que o desempenho está devidamente controlado sendo o objetivo atingir os valores mundiais de referência;
- **>85%** - valores mundiais de referência que qualquer organização deve estar disposta a atingir. Neste patamar as perdas são residuais mostrando um desempenho otimizado.

Convém referir que esta metodologia é extremamente exigente do ponto de vista da otimização, pois caso os três indicadores apresentem valores na ordem dos 90% o desempenho global fica áquem, estando apenas na ordem dos 73%.

Foram ainda instituídas algumas metas para os indicadores, mostradas na tabela seguinte, de modo a alcançar o valor ideal, são elas:

Tabela 9 - Valores de referência dos indicadores e OEE (Nakajima, S., 1988)

<b>Indicador</b>	<b>Valor de referência</b>
Disponibilidade	90%
Performance	95%
Qualidade	99.9%
<b>OEE</b>	<b>85%</b>

É de salientar que, se aplicados na fórmula (4), os valores dos indicadores atingem um OEE de 85%, conforme referido na tabela 9.

# Overall Equipment Effectiveness da Tridec Lda.

4.1 A EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS NA TRIDEC LDA.

4.2 METODOLOGIA UTILIZADA

4.3 PERSPECTIVA GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS

4.4 ANÁLISE INDIVIDUAL DOS EQUIPAMENTOS

4.5 SÍNTESE DOS INDICADORES A MELHORAR

4.6 ANÁLISE DAS PERDAS

4.7 ABORDAGEM À FUTURA IMPLEMENTAÇÃO DA  
METODOLOGIA TPM



## 4 Overall Equipment Effectiveness da Tridec Lda.

### 4.1 A eficiência dos equipamentos na Tridec Lda.

Para se perceber a situação atual da Tridec Lda. é necessária uma análise aos equipamentos de modo a quantificar a sua eficiência e as suas possíveis perdas e proceder a planos de melhoria para as reduzir ao máximo ou, se possível, eliminá-las. Perceber o comportamento dos equipamentos ao longo do ano em termos de disponibilidade para produção, da performance e da qualidade do produto acabado, é uma forma dos responsáveis poderem quantificar o estado atual da organização e que ajudará, na eventual implementação do TPM, a perceber onde se deve atuar para atingir o objetivo das “zero perdas, zero desperdícios e zero acidentes”, assim como da melhoria contínua.

A métrica então utilizada para estudar o desempenho dos equipamentos foi o OEE, metodologia já explicada anteriormente.

Os resultados que são apresentados neste capítulo são suportados por uma análise cuidada dos registos internos da Tridec, referentes ao ano de 2015, nomeadamente:

- Consulta do ERP (*Enterprise Resource Planning*), *Vantage*® para consulta dos tempos necessários por JOB assim como de toda a produção dos equipamentos presentes neste capítulo;
- Mapa de registos de manutenções nos equipamentos;
- Registo das não conformidades internas assim como o(s) equipamento(s) às quais estas correspondem.

A metodologia utilizada para a obtenção do OEE dos equipamentos durante o ano de 2015 é explicada seguidamente.

## 4.2 Metodologia utilizada

O cálculo do OEE foi obtido através da consulta das folhas de registo referentes aos equipamentos em estudo. Como o OEE é calculado através de 3 factores (Disponibilidade, Performance e Qualidade), foram consultados os seguintes dados:

Tabela 10 - Registos de dados consultados

<b>Disponibilidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dias úteis de trabalho;</li> <li>- Tempo disponível para produção;</li> <li>- Tempo previsto para pausas;</li> <li>- Horas extra realizadas;</li> <li>- Tempos reais de <i>set-up</i> dos equipamentos;</li> <li>- Tempos de manutenção.</li> </ul>
<b>Performance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registo de horas estimadas para produção vs. horas reais de produção</li> </ul>
<b>Qualidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registo do número de peças produzidas por equipamento;</li> <li>- Registo do número de peças não conformes geradas.</li> </ul>

Após a consulta dos dados acima referidos foi feita uma análise mensal dos mesmos para posterior comparação dos resultados obtidos. O valor global do OEE da Tridec Lda. foi obtido através da média dos valores de OEE de Janeiro a Dezembro de 2015.

Os equipamentos que foram analisados foram:

- Equipamentos da nave de maquinagem:
  - CNC Unisign®
  - CNC Victor 145®
  - CNC Victor 26®
  - CNC Narvik®
  - CNC Microcut 2100®
  - CNC Microcut HMC 1300®
  - CNC Microcut YV1200®
  - CNC Victor 36®

- Equipamentos da nave de soldadura:
  - **ROBOT 2000®**
  - **ROBOT 3000®**
  - **ROBOT 6000®**
  - **Quinadeira**
  - **Grenalhadora Schlick®**
  - **Plasma ESAB®**
  - **Prensa**
  - **Equipamentos da zona de soldadura manual**

Dos equipamentos acima referidos não foi possível obter dados suficientes através do *Vantage*® sobre a produção da Grenalhadora Schlick® e do Plasma ESAB® na maioria dos meses de 2015, desse modo, excluiu-se do cálculo do OEE estes dois equipamentos.

Importa referir que as CNC Microcut HMC 1300® e Microcut YV1200® já não fazem parte da Tridec Lda., tendo sido substituídas por uma CNC Heller® de 5 eixos.

As CNC Victor 145® e Microcut 2100® têm características semelhantes e as operações realizadas na primeira também podem ser realizadas na segunda, sucedendo-se o mesmo nas CNC Victor 26® e CNC VICTOR 36®, dependendo da disponibilidade e da sequência dos JOB's.

Um JOB é uma ordem de trabalho (Anexo D) com as descrições das operações, tempos, e outras informações relevantes para o operador. Cada JOB é colocado junto do lote de peças pronto a entrar ou sair de uma nova operação, para posterior validação na operação seguinte. Deste modo, toda a informação é enviada para a base de dados para posterior análise.

É conveniente ainda referir que os dados disponíveis não permitiram conhecer com exatidão os tempos referentes ao retrabalho de peças não conformes e, como tal, as perdas geradas pelo factor da qualidade no OEE não são contabilizadas nos resultados. No que diz respeito às perdas referentes à disponibilidade e à performance dos equipamentos, estas estão devidamente identificadas, não obstante, pode existir algum desvio em relação aos valores, assim como alguns valores não corresponderem com a realidade existente.

É feita ainda uma comparação dos OEE da nave de maquinaria nas CNC UNISIGN®, CNC VICTOR 26®, CNC NARVIK®, CNC MICROCUT HMC 1300®, CNC MICROCUT YV 1200® e CNC VICTOR 36® entre os resultados obtidos em 2011 por (Barbosa, 2012) e os obtidos em 2015.

Para efeitos demonstrativos de todos os cálculos efetuados é apresentado em anexo o cálculo de cada indicador (Anexo E a G) e do OEE (Anexo H) para o mês de Janeiro de 2015. O processo de obtenção dos valores é o mesmo para os restantes meses do ano.

### 4.3 Perspectiva geral dos resultados obtidos

Para a obtenção do valor global do OEE da Tridec durante o ano de 2015 foi necessário recorrer aos dados acima mencionados e trabalhá-los de modo a obter valores para os indicadores da disponibilidade, performance e qualidade de cada equipamento.

O valor global obtido foi de 87.72%, valor que segundo a bibliografia é de referência mundial.

Não obstante esse valor, é de salientar que existe uma certa variabilidade nos OEE mensais onde 33% desses OEE estão abaixo da meta pretendida. De modo a entender essa variabilidade e as causas que contribuíram para o crescimento a partir de Julho, é necessária uma análise individual a todos os equipamentos analisados. Esta análise permitirá entender o comportamento dos três indicadores e por sua vez entender o comportamento do OEE.

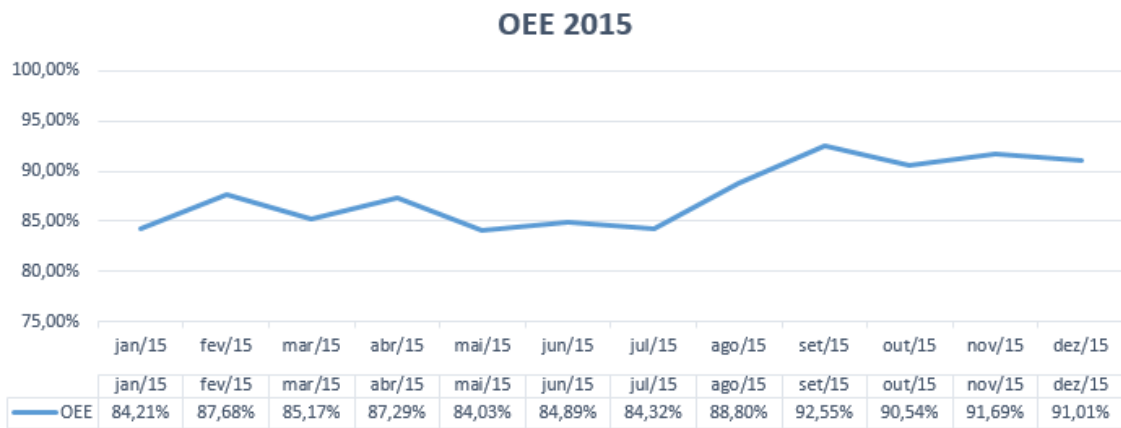


Figura 20 - OEE global da Tridec Lda.

Antes de proceder à análise individual, é importante estudar também o comportamento das duas naves da Tridec ao longo de 2015, comportamento esse expresso no gráfico seguinte.

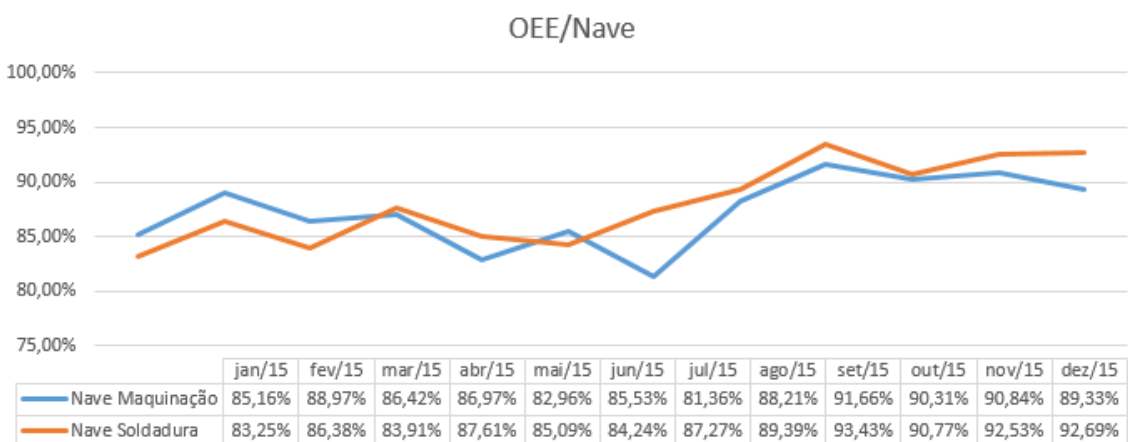


Figura 21 - OEE de cada nave da Tridec Lda.

Uma análise ao gráfico do OEE em cada nave, permite observar o comportamento deste ao longo do ano, comportamento esse que apresenta uma variação de cerca de 10% nas duas naves. É de salientar que o facto da nave de soldadura possuir três dos seis equipamentos (*Robot's*) que possuem os valores mais elevados de OEE, faz com que esta nave seja a que apresenta um valor geral de eficiência mais elevado. Apesar disso, esta variabilidade será alvo de estudo mais pormenorizado na análise individual dos equipamentos.

É também de salientar que o recurso a horas extra faz com que este cálculo do OEE, do ponto de vista da disponibilidade, possua um valor mais elevado pois a existência dessas horas extra aumenta o tempo efetivo disponível para produção o que, por sua vez, faz aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Sendo assim, esse tempo efetivo disponível para produção sem as horas extra realizadas diminuiria o valor do OEE.

Antes de ser feita a análise individual, é mostrada a tabela seguinte com as quantidades produzidas durante o ano de 2015 e de grande auxílio na compreensão dos resultados obtidos.

	Peças Produzidas											
	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15
CNC UNISIGN	202	254	292	204	151	173	220	60	239	301	225	222
CNC VICTOR 145	1 328	606	1102	903	947	1 347	782	518	1062	1325	1340	1166
CNC VICTOR 26	616	395	493	802	541	501	997	292	649	570	795	638
CNC NARVIK	323	274	299	254	304	498	208	150	332	234	337	233
CNC MICRO CUT 2100	619	438	799	930	387	511	523	173	706	742	883	458
CNC MICRO CUT HMC 1300	615	949	754	1170	807	835	750	381	1046	976	770	730
CNC MICRO CUT YV 1200	299	385	423	452	260	325	282	184	396	441	346	271
CNC VICTOR 36	2128	3678	1963	2085	1 249	1 421	3 046	839	2455	4159	3285	2745
ROBOT 2000	294	361	433	468	261	220	230	235	334	430	370	265
ROBOT 3000	69	74	120	120	50	110	100	40	105	100	80	106
ROBOT 6000	430	321	479	366	283	310	570	136	509	393	775	267
Quinadeira	3364	2821	3721	3414	2 631	3 057	3 001	1006	3742	3694	3447	2769
Prensa	5237	5132	5829	4957	4 408	5 187	4 242	2748	6056	6169	5993	3118
Soldadura Manual	4091	4524	3881	3145	3 631	3 401	3 951	2048	4110	4459	4719	3606
<b>Total</b>	<b>19 615</b>	<b>20 212</b>	<b>20 588</b>	<b>19 270</b>	<b>15 910</b>	<b>17 896</b>	<b>18 902</b>	<b>8 810</b>	<b>21 741</b>	<b>23 993</b>	<b>23 365</b>	<b>16 594</b>

Figura 22 - Quantidades produzidas por equipamento e por mês durante o ano de 2015

#### 4.4 Análise individual dos equipamentos

A análise individual de cada equipamento irá estudar o comportamento dos três indicadores do OEE (disponibilidade, performance e qualidade), assim como o comportamento do OEE ao longo do ano. Este estudo tem como finalidade perceber quais as causas por trás do comportamento dos gráficos das figuras 20 e 21.

Serão ainda quantificadas as perdas de disponibilidade e performance de cada equipamento e feito o seu respetivo estudo.

As perdas de qualidade não serão tidas em conta pois uma vez que se a peça apresentasse uma não conformidade detetada num controlo visual ou controlo final, poderia seguir dois caminhos: ou seria retrabalhada ou então considerada sucata. Se a peça fosse retrabalhada, os tempos de retrabalho não eram contabilizados pois a empresa considera isso desperdício de tempo aliadas ao facto de as peças não conformes serem muito reduzidas, o que leva a que o retrabalho ocupe uma percentagem muito pequena do tempo disponível de produção.

##### 4.4.1 CNC UNISIGN®

Este equipamento apresenta um valor de OEE de 93.59%, o que demonstra que os processos executados neste equipamento estão devidamente controlados.

Uma análise ao gráfico (Figura 23) dos indicadores mostra que o equipamento do ponto de vista do índice da qualidade está totalmente otimizado, não produzindo peças não conformes durante todo o ano.

A disponibilidade do equipamento encontra-se também em total controlo havendo, no entanto, alguma oscilação que se deve nomeadamente ao tempo de *set-up* do equipamento, sendo então a disponibilidade mais elevada quando o tempo de *set-up* é mais baixo. A queda acentuada verificada em Dezembro deve-se ao elevado tempo de manutenção corretiva não planeada.

Em termos de performance, verifica-se uma quebra acentuada entre Maio e Julho que se reflete nas quantidades de peças produzidas e que se deve aos maiores tempos de ciclo, o que poderá originar um maior desgaste dos componentes da CNC.

Na análise do gráfico de evolução do OEE (Figura 24) do equipamento, verifica-se que a quebra da eficiência entre Junho e Julho é devida aos baixos valores de performance do equipamento nesses meses.

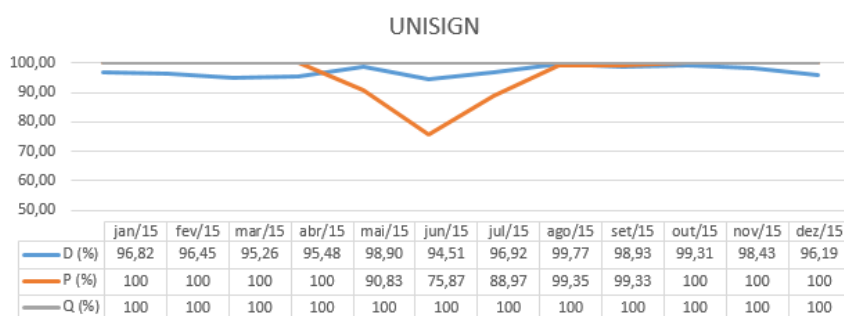


Figura 23 - Evolução dos indicadores da CNC UNISIGN®

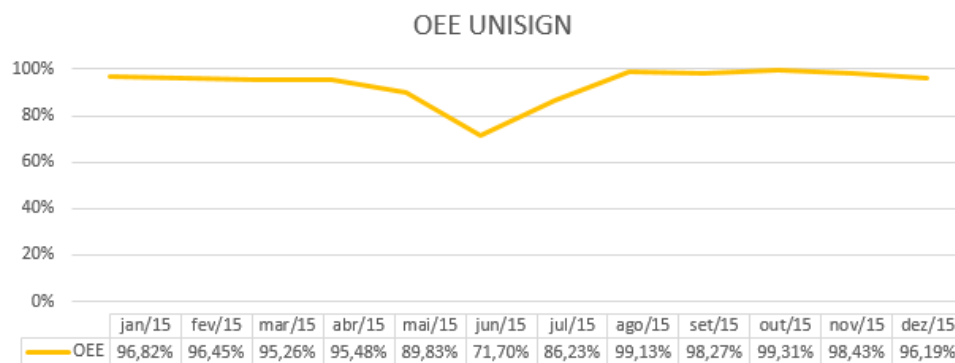


Figura 24 - Evolução do OEE da CNC UNISIGN®

Uma análise aos resultados obtidos em 2011 (tabela 11) mostra que os três indicadores foram bastante otimizados, nomeadamente a nível de disponibilidade e performance, sendo atualmente as maiores perdas provenientes da performance, situação idêntica à verificada em 2011.

Tabela 11 - Comparação dos indicadores e OEE entre 2011 e 2015 para a CNC UNISIGN®

	Indicadores 2011	Indicadores 2015
<b>Disponibilidade</b>	77.25%	97.25%
<b>Performance</b>	71.34%	96.20%
<b>Qualidade</b>	89.36%	100%
<b>OEE</b>	49.80%	93.59%

### Perdas da CNC UNISIGN®

Tabela 12 - Perdas da CNC UNISIGN®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
2.75%	0.04%

A análise aos indicadores mostra que a grande percentagem de perdas geradas advém da disponibilidade do equipamento devido ao número elevado de paragens não planeadas para manutenção. As perdas geradas pelo indicador da performance são baixas uma vez que grande parte do ano o indicador é de 100%, excetuando a grande quebra registada nos meses de Junho e Julho.

#### 4.4.2 CNC VICTOR 145®

A análise a este equipamento mostra mais uma vez que em termos de qualidade este equipamento se encontra dentro dos valores de referência, tendo como exceção os meses de Março, Abril e Dezembro.

A disponibilidade deste equipamento regista uma ligeira melhoria no segundo semestre do ano, pois além do menor tempo de paragem para manutenção, os tempos de *set-up* são mais baixos.

A performance deste equipamento é bastante oscilatória devido, principalmente, ao facto de existir outro equipamento com características semelhantes e que poderá produzir as mesmas peças se este já se encontrar a produzir. O pico de Junho mostra que é o referente ao mês onde foram produzidas mais peças neste equipamento e onde existe menos perdas por paragens.

Tabela 13 - Indicadores CNC VICTOR® 145 em 2015

<b>Disponibilidade</b>	92.51%
<b>Performance</b>	79.23%
<b>Qualidade</b>	99.64%
<b>OEE</b>	73.07%

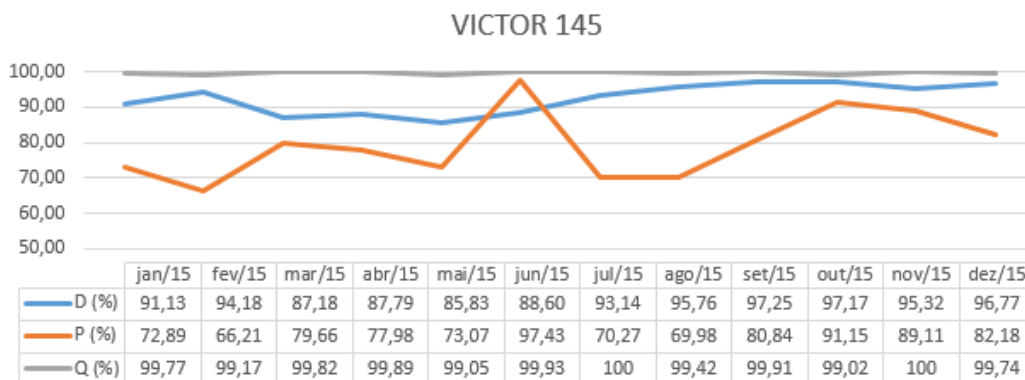


Figura 25 - Evolução dos indicadores da CNC VICTOR 145®

A análise ao OEE reflete maioritariamente o comportamento da performance, o que mostra que as grandes perdas do equipamento (Tabela 14) advém desse indicador. Em termos de OEE, este equipamento apresenta um valor de 73.07% mas uma tendência crescente nos últimos meses do ano, o que demonstra que as perdas vêm sendo eliminadas. No entanto, do ponto de vista da eficiência, foi o que pior resultados apresentou na nave de maquinaria, e deve ser o primeiro alvo de melhoria no momento da implementação do TPM.

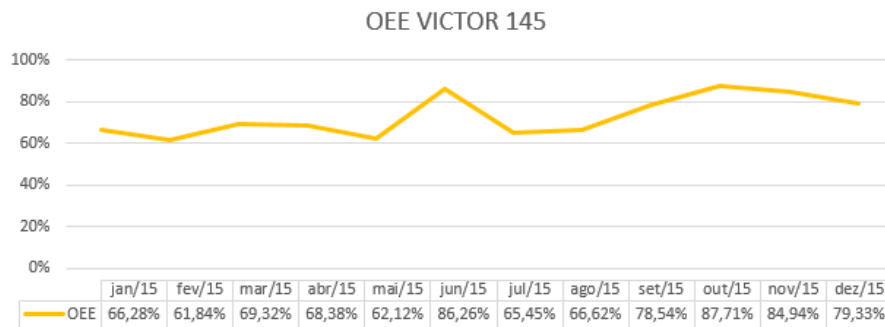


Figura 26 - Evolução do OEE da CNC VICTOR 145®

## Perdas VICTOR 145®

Tabela 14 - Perdas da CNC VICTOR 145®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
7.49%	20.19%

### 4.4.3 CNC VICTOR 26®

Este equipamento apresenta um valor de OEE de 87.47% o que demonstra que as perdas existentes não serão críticas.

A análise ao gráfico da figura 27, mostra que o índice de qualidade no mês de Janeiro está bastante abaixo dos 99.9% de referência, e é explicado pelo desalinhamento de um componente e avaria de um controlador que levou a não conformidades durante a produção.

A disponibilidade deste equipamento está bastante otimizada, devendo-se os valores mais baixos no início do ano às avarias de Janeiro e ao tempos de *set-up* que foram sendo melhorados ao longo dos meses através de várias técnicas SMED.

A performance deste equipamento apresenta uma grande variabilidade entre Janeiro e Maio, explicada pela grande avaria em curso de produção que originou uma paragem prolongada do equipamento.

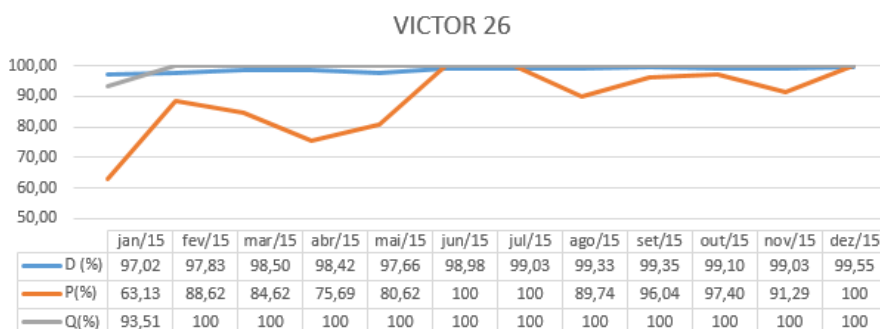


Figura 27 - Evolução dos indicadores da CNC VICTOR 26®

A análise do OEE (Figura 28) reflete notoriamente o comportamento da performance, concluindo-se que as maiores perdas deste equipamento advém daí. Apesar do mau

arranque do equipamento no início do ano, este foi sendo controlado desde então, verificando-se grandes melhorias, nomeadamente a partir de Maio, refletidas pela maior disponibilidade do equipamento.

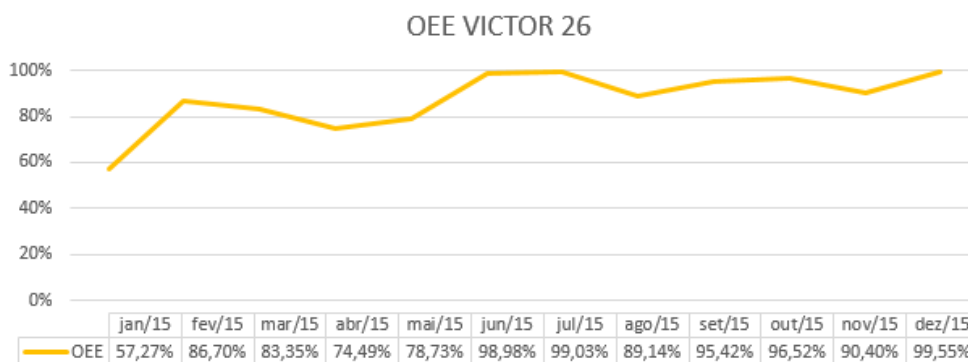


Figura 28 - Evolução do OEE da CNC VICTOR 26®

Uma comparação com os dados obtidos em 2011 mostra que este equipamento continua a apresentar valores muito elevados do OEE e também que o índice que necessitava de melhorias (Qualidade) foi revisto e esse aumento foi notório. Por outro lado, em termos de performance, esta diminuiu bastante, pois o facto de em 2011 ser um dos equipamentos com maiores taxas de produção não se verifica na realidade mais recente, como pode ser visto na tabela da figura com as quantidades produzidas (Figura 22)

Tabela 15 - Comparação dos indicadores e OEE entre 2011 e 2015

	<b>Indicadores 2011</b>	<b>Indicadores 2015</b>
<b>Desempenho</b>	91.42%	98.65%
<b>Performance</b>	98.74%	88.93%
<b>Qualidade</b>	94.70%	99.46%
<b>OEE</b>	85.82%	87.47%

## Perdas VICTOR 26

Tabela 16 - Perdas da CNC VICTOR 26®

<b>Perdas de Disponibilidade 2015</b>	<b>Perdas de Performance 2015</b>
1.35%	8.03%

A análise às perdas permite verificar que o valor das perdas de Performance refletem o comportamento do gráfico até ao mês de Maio onde se verificou a estabilização da performance do equipamento.

#### 4.4.4 CNC NARVIK®

O valor global de OEE obtido para este equipamento foi de 92,92%, valor bastante acima da referência. Este valor é devido sobretudo à grande disponibilidade do equipamento, assim como a não produção de peças não conformes durante todo o ano de 2015.

O comportamento da performance do equipamento é devido sobretudo à sobreposição de trabalho do operador pois este também é responsável pela CNC Victor 26®, e que mostra que a partir de Setembro a performance é decrescente, fruto do grande aumento de produção sentido.

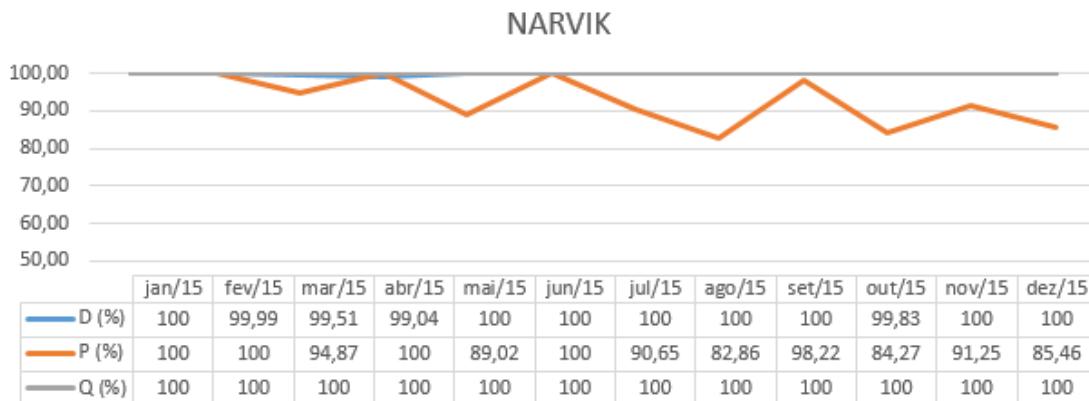


Figura 29 - Evolução dos indicadores da CNC NARVIK®

O comportamento do OEE do equipamento é afetado nomeadamente pelo mês de Maio, Agosto e Outubro, meses onde se registam as maiores perdas por micro paragens e desgaste do equipamento, explicadas pelo facto do operador demorar mais tempo a poder controlar o equipamento devido à sobreposição com a CNC VICTOR 26®.

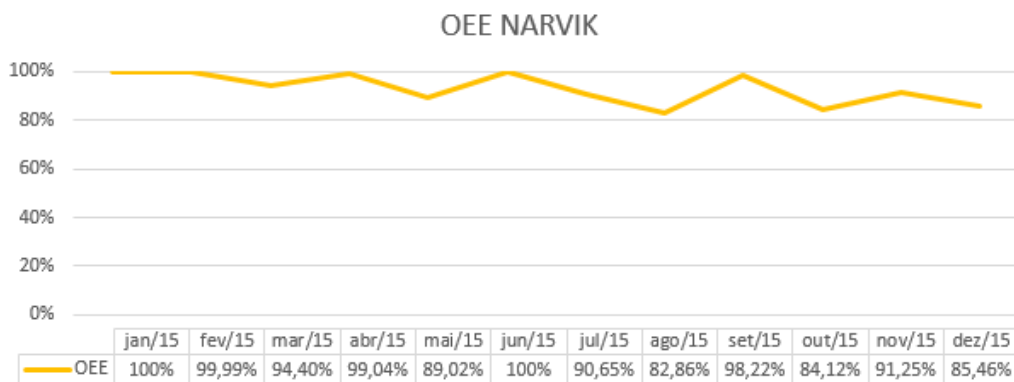


Figura 30 - Evolução do OEE da CNC NARVIK®

Relativamente aos dados de 2011, é de salientar que foram corrigidas as falhas de qualidade existentes na altura. O indicador da performance sofreu uma ligeira quebra resultante do significativo aumento da produção verificada ao longo dos anos. Por outro lado, ainda subsiste o problema da sobreposição de trabalho, o que origina a variabilidade existente no desempenho do equipamento.

Tabela 17 - Comparação dos indicadores e do OEE entre 2011 e 2015

	<b>Indicadores 2011</b>	<b>Indicadores 2015</b>
<b>Disponibilidade</b>	98.19%	99.86%
<b>Performance</b>	96.06%	93.05%
<b>Qualidade</b>	94.77%	100%
<b>OEE</b>	89.15%	92.92%

### Perdas CNC NARVIK®

Tabela 18 - Perdas da CNC NARVIK®

<b>Perdas de Disponibilidade 2015</b>	<b>Perdas de Performance 2015</b>
0.14%	6.95%

O problema referido anteriormente da sobreposição de trabalhos do operador é o grande responsável pelas perdas verificadas na performance do equipamento, pois tende a estar mais vezes em paragem.

#### 4.4.5 CNC MICRO CUT 2100®

O valor global obtido para este equipamento foi de 86.86% que, estando dentro do valor de referência, mostra que o equipamento se encontra sob controlo.

A grande oscilação no índice da performance no segundo semestre poderá ser explicado pela grande flexibilidade de produção que o equipamento possui, estando na mesma situação que a CNC VICTOR 145®, mas como os tempos de ciclo são menores, neste equipamento a performance não é tão afetada como na CNC VICTOR 145®.

Tabela 19 - Indicadores e OEE da CNC MICRO CUT 2100® em 2015

<b>Disponibilidade</b>	95.14%
<b>Performance</b>	91.81%
<b>Qualidade</b>	99.64%
<b>OEE</b>	86.86%

A tendência negativa do OEE durante o segundo semestre do ano deve ser alvo de estudo e motivo de preocupação, pois além de ser um equipamento com grande propensão a avarias, demonstradas pelas diversas paragens para manutenções corretivas, existe também uma quebra acentuada na performance motivadas por essas mesmas avarias que originaram o desgaste progressivo do equipamento.

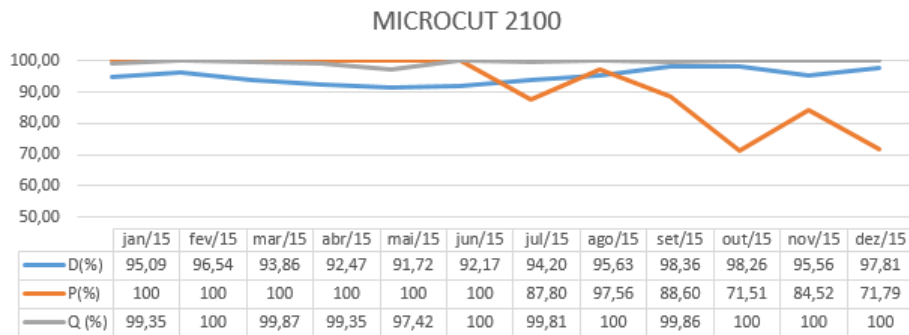


Figura 31 - Evolução dos indicadores da CNC MICROCUT 2100®

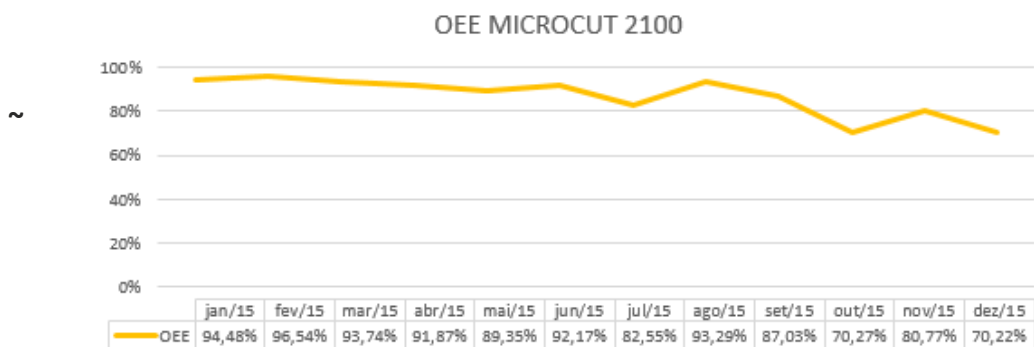


Figura 32 - Evolução do OEE da CNC MICROCURT 2100®

### Perdas CNC MICROCURT 2100®

Tabela 20 - Perdas da CNC MICROCURT 2100®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
4.86%	8.19%

A quebra acentuada da performance no segundo semestre do ano é explicada pelas constantes paragens a que o equipamento esteve sujeito e que se refletiram negativamente no desempenho.

#### 4.4.6 CNC MICROCURT HMC 1300®

O OEE global de 92.46% mostra um desempenho de excelência onde as perdas existentes, nomeadamente ao nível da performance, são consideradas residuais.

O gráfico da figura 33 mostra que a qualidade e a disponibilidade apresentam comportamentos lineares ao longo de todo o ano.

No que diz respeito ao indicador da performance, este apresenta uma quebra significativa no mês de Julho, podendo tratar-se de uma situação temporal corrigida posteriormente, pois os valores da performance voltam a possuir valores francamente positivos nos meses posteriores.

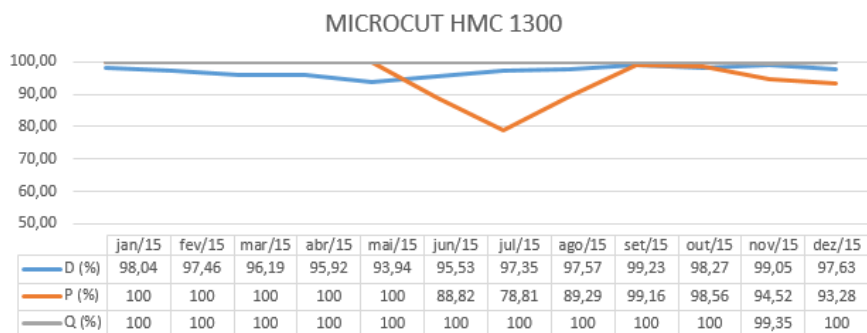


Figura 33 - Evolução dos indicadores da CNC MICROCUT HMC 1300®

O desempenho de excelência ao longo do ano deste equipamento é apenas travado pela quebra de performance existente em Julho e que poderá ser explicada pelo desgaste superior que as peças alocadas sujeitaram ao equipamento que, possuindo um tempo de ciclo maior, provocaram um maior desgaste ao equipamento.

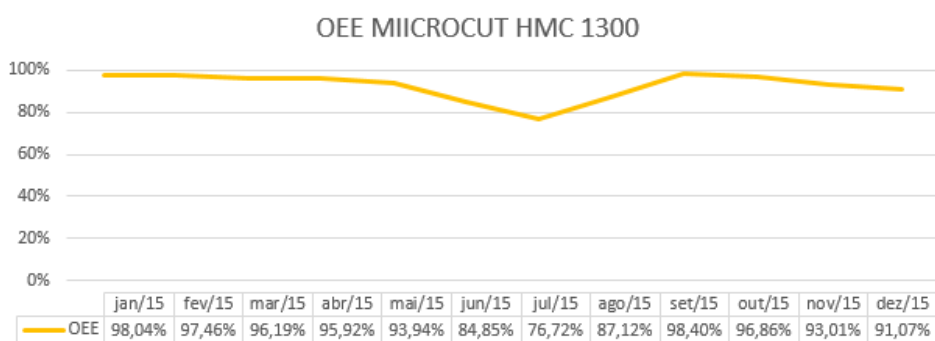


Figura 34 - Evolução do OEE da CNC MICROCUT HMC 1300®

Em relação a 2011, este equipamento mantém praticamente a mesma eficiência tendo sido corrigido o indicador da qualidade. Em termos de disponibilidade e performance, existiu uma quebra ligeira que poderá ser explicada pelo crescimento da empresa entre 2011 e 2015, e que é refetida na maior produção de componentes e no alargamento das horas de produção e na recorrência a horas extra de trabalho.

Tabela 21 - Comparação dos indicadores e do OEE entre 2011 e 2015

	<b>Indicadores 2011</b>	<b>Indicadores 2015</b>
<b>Disponibilidade</b>	98.14%	97.18%
<b>Performance</b>	97.96%	95.20%
<b>Qualidade</b>	94.48%	99.95%
<b>OEE</b>	90.78%	92.46%

## Perdas CNC MICROCUT HMC 1300®

Tabela 22 - Perdas da CNC MICROCUT HMC 1300®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
2.82%	4.68%

Ainda que a existência da quebra verificada possa ter um grande contributo ao nível das perdas, verifica-se que esse contributo é atenuado pelos restantes meses do ano onde nove meses estão acima dos valores de referência para o indicador da performance.

### 4.4.7 CNC MICROCUT YV 1200®

Os 93.82% de eficiência apontam este equipamento como tendo um desempenho acima do valor de referência.

Pode ser verificado (Figura 35) que ao longo do ano o comportamento do índice de disponibilidade e qualidade é completamente linear, estando ambos com uma média anual muito acima da referência para cada indicador. O comportamento da performance nos meses de Junho e Julho reflete-se negativamente na eficiência do equipamento, como se observa no gráfico da figura 36.

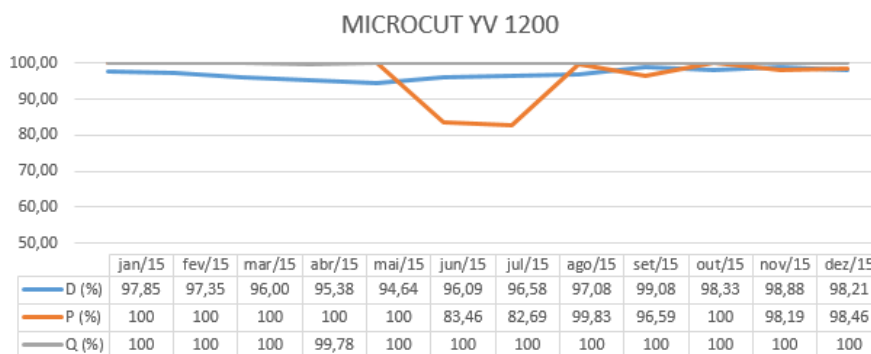


Figura 35 - Evolução dos indicadores da CNC MICROCUT YV 1200®

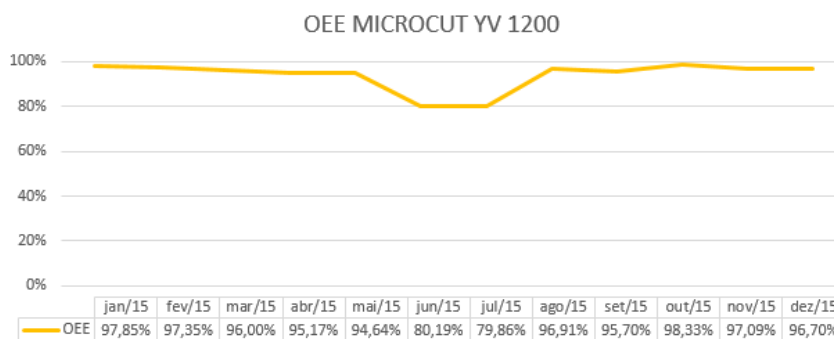


Figura 36 - Evolução do OEE da CNC MICROCUT YV 1200®

Comparando estes dados com os referentes a 2011, verifica-se uma enorme melhoria em todos os indicadores, nomeadamente ao nível da performance do equipamento, onde foi conseguida uma melhoria de cerca de 18%. Foi ainda verificado um aumento de cerca de 26% no indicador da qualidade, o que demonstra que as causas das não conformidades foram detetadas e corrigidas.

Tabela 23 - Comparação dos indicadores e do OEE entre 2011 e 2015

	<b>Indicadores 2011</b>	<b>Indicadores 2015</b>
<b>Disponibilidade</b>	89.71%	97.12%
<b>Performance</b>	79.35%	96.60%
<b>Qualidade</b>	93.81%	99.98%
<b>OEE</b>	67.16%	93.82%

#### Perdas CNC MICROCUT YV 1200®

Tabela 24 - Perdas da CNC MICROCUT YV 1200®

<b>Perdas de Disponibilidade 2015</b>	<b>Perdas de Performance 2015</b>
2.88%	3.40%

Ainda que a disponibilidade tenha um comportamento linear, as perdas geradas conseguem ter um valor próximo das perdas de performance, sendo as perdas de disponibilidade explicadas pelas paragens não planeadas e tempos de *set-up* superiores para peças mais complexas. Em termos de performance, a quebra em Junho e Julho foi a causa maior das perdas geradas pelo equipamento.

#### 4.4.8 CNC VICTOR 36®

A eficiência global deste equipamento durante o ano de 2015 foi de 78.98%, valor que mostra, segundo a bibliografia apresentada, que o desempenho do equipamento está controlado, não sendo no entanto de descartar possíveis melhorias que se traduzam no aumento da eficiência para os valores de referência.

Uma análise aos indicadores do OEE deste equipamento mostram que a cada quatro meses se verifica uma evolução positiva da performance seguida de um decréscimo no mês seguinte, seguindo este comportamento a sazonalidade existente. Verifica-se ainda que, no último trimestre do ano, este equipamento entrou em controlo do ponto de vista da performance.

Este equipamento é também o que possui a taxa de produção mais elevada na nave de maquinaria, pelo que será um dos mais importantes de acompanhar ao longo do processo de implementação do TPM.

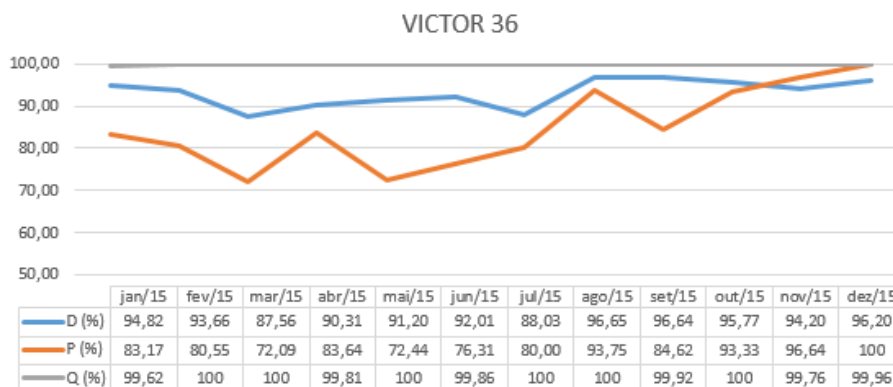


Figura 37 - Evolução dos indicadores da CNC VICTOR 36®

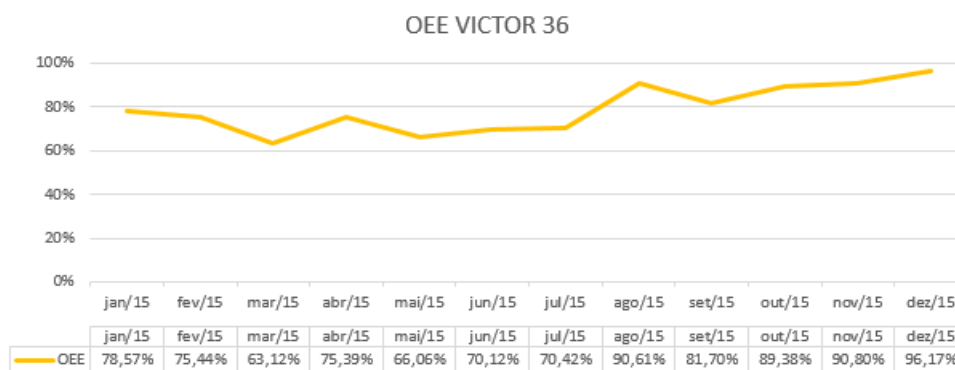


Figura 38 - Evolução do OEE da CNC VICTOR 36®

Em comparação com os dados referentes a 2011, verifica-se que os valores referentes à performance registaram uma melhoria significativa (cerca de 30%). No entanto, a disponibilidade desceu motivada pelos maiores tempos de *set-up* necessários para a maior capacidade produtiva do ano passado da Tridec em comparação com 2011. O indicador da qualidade também passou de valores frequentemente baixos para valores dentro da referência.

Tabela 25 - Comparação dos indicadores e do OEE entre 2011 e 2015

	Indicadores 2011	Indicadores 2015
<b>Disponibilidade</b>	99.61%	93.09%
<b>Performance</b>	54.15%	84.71%
<b>Qualidade</b>	92.39%	99.91%
<b>OEE</b>	50.15%	78.98%

### Perdas CNC VICTOR 36®

Tabela 26 - Perdas da CNC VICTOR 36®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
6.91%	13.90%

As grandes quantidades de tempos de *set-up* (gerada pelo elevado número de peças produzidas e pela não existência de técnicas de SMED) são as responsáveis pelas perdas de disponibilidade verificadas. No que diz respeito à performance, constata-se que os baixos valores obtidos até ao último trimestre do ano são os grandes responsáveis pelas perdas geradas (perdas estas que, como se pode verificar, vêm a ser reduzidas).

Após analisados os equipamentos da nave de maquinagem, procedeu-se à análise dos equipamentos da nave de soldadura.

Apesar do OEE global da nave de soldadura (88.05%) ser superior à da nave de maquinagem (87.39%), não invalida que esta seja o principal foco de atuação dos responsáveis da Tridec de modo a tornar tudo o mais otimizado e automatizado possível, tal e qual como foi conseguido na nave de maquinagem com a implementação de determinadas metodologias como por exemplo os 5S nos espaços de trabalhos dos equipamentos, *poka-yokes* e técnicas SMED.

O facto de existir menos equipamento aliado à eficiência elevada dos três *robots* ajuda a que o OEE seja superior mas, no entanto, 33% dos equipamentos encontram-se abaixo da eficiência pretendida.

#### 4.4.9 ROBOT 2000®

O valor global da eficiência deste equipamento foi de 97.71%, demonstrando que o desempenho se encontra fortemente otimizado.

Apesar desse valor pode verificar-se uma variabilidade na disponibilidade no primeiro semestre do ano devido nomeadamente a algumas paragens não planeadas para manutenções corretivas.

Tabela 27 - Indicadores e OEE do ROBOT 2000®

<b>Disponibilidade</b>	<b>97.83%</b>
<b>Performance</b>	<b>100%</b>
<b>Qualidade</b>	<b>99.87%</b>
<b>OEE</b>	<b>97.71 %</b>

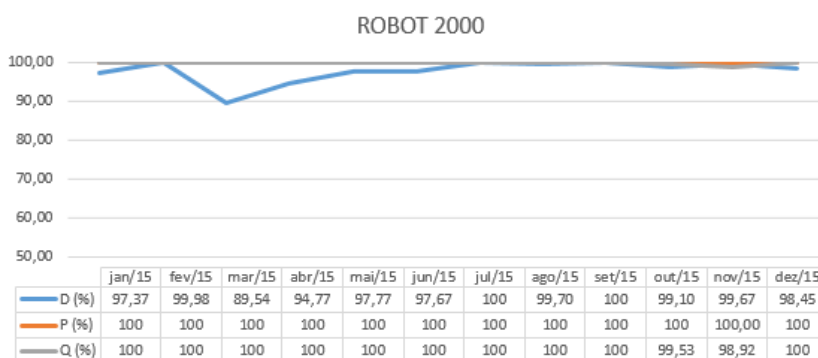


Figura 39 - Evolução dos indicadores do ROBOT 2000®

Em termos globais de eficiência, este equipamento exhibe sempre um comportamento superior a 85%, sendo as maiores perdas originadas pela disponibilidade do mesmo.

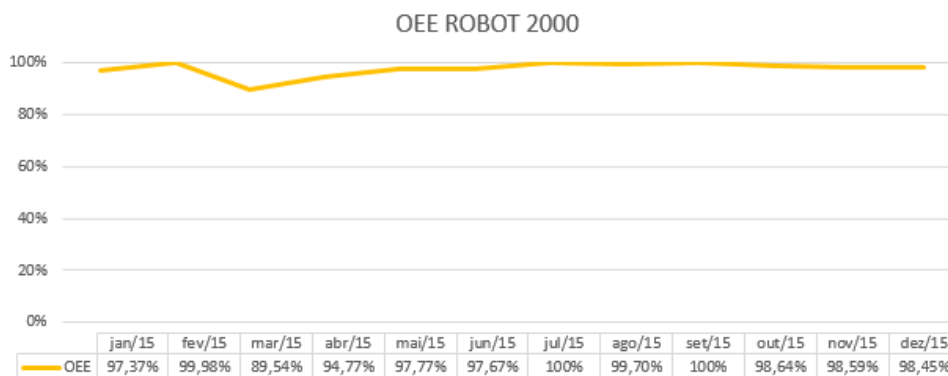


Figura 40 - Evolução do OEE do ROBOT 2000®

### Perdas Robot 2000®

Tabela 28 - Perdas do ROBOT 2000®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
2.17%	0%

As perdas geradas são provenientes da quebra registada no mês de Março devido à avaria de um cabo de ligação no controlador do robot.

#### 4.4.10 ROBOT 3000®

Este equipamento é o que apresenta a eficiência mais elevada entre todos os analisados (99.77%). A pequena variabilidade verificada na disponibilidade deve-se sobretudo a tempos de manutenção corretiva e a pequenos tempos de *set-up* necessários quando eram produzidas novas *frames*.

Tabela 29 - Indicadores e OEE do ROBOT 3000®

<b>Disponibilidade</b>	99.77%
<b>Performance</b>	100%
<b>Qualidade</b>	100%
<b>OEE</b>	99.77%

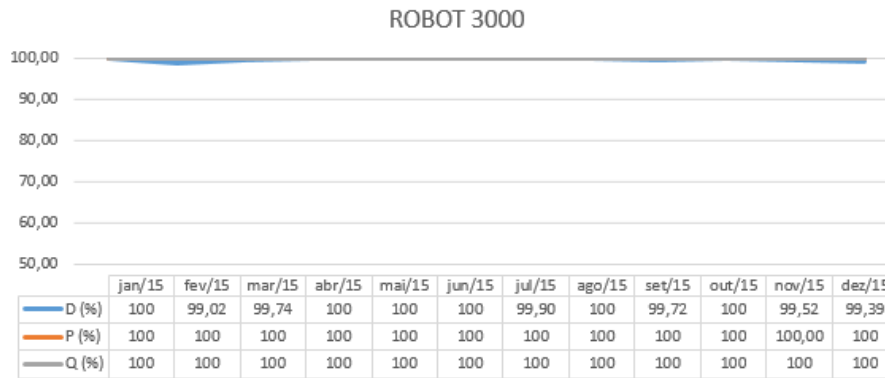


Figura 41 - Evolução dos indicadores do ROBOT 3000®

A eficiência deste equipamento é apenas manchada pelas pequenas perdas de disponibilidade verificadas nos primeiros meses do ano.

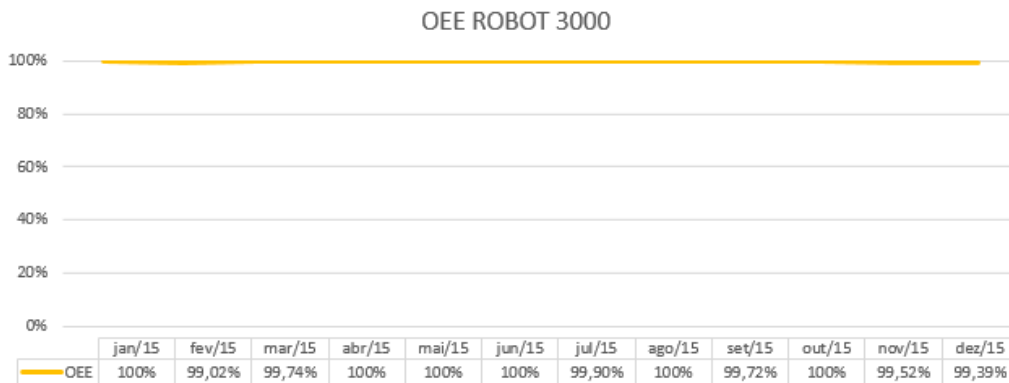


Figura 42 - Evolução do OEE do ROBOT 3000®

### Perdas Robot 3000®

Tabela 30 - Perdas do ROBOT 3000®

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
0.23%	0%

As perdas de disponibilidade verificadas neste equipamento são praticamente desprezáveis sendo elas verificadas por pequenos tempos de *set-up* necessários.

#### 4.4.11 ROBOT 6000®

O valor global de eficiência obtido foi de 96.29%, no entanto verifica-se uma enorme variabilidade nomeadamente a nível da performance no primeiro semestre de 2015. No que diz respeito à disponibilidade, verifica-se uma tendência negativa, motivada maioritariamente pelos maiores tempos de *set-up* para as wheelboxes (em consequência do aumento das peças produzidas neste equipamento nos últimos meses do ano.

Relativamente à performance, verifica-se a existência de uma série de picos consecutivos que dizem respeito aos tempos de ciclo do respetivo mês e que, quando o tempo de ciclo é menor (o que equivale a menos peças produzidas), a performance é maior.

Tabela 31 - Indicadores e OEE do ROBOT 6000®

<b>Disponibilidade</b>	98.31%
<b>Performance</b>	97.96%
<b>Qualidade</b>	100%
<b>OEE</b>	96.29%

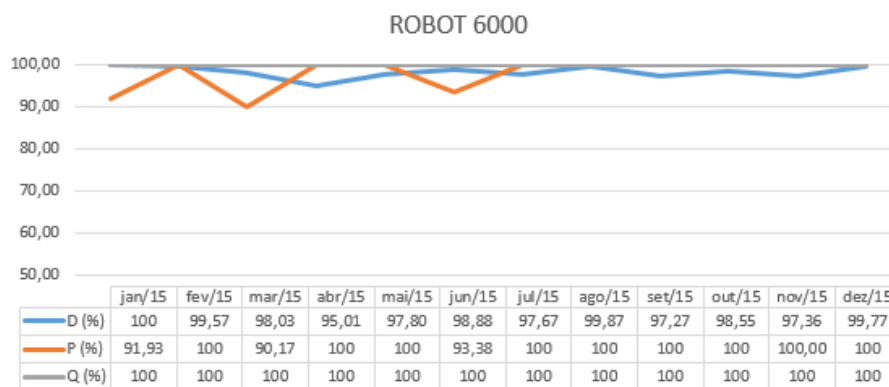


Figura 43 - Evolução dos indicadores do ROBOT 6000®

A eficiência deste equipamento é afetada sobretudo pelas perdas geradas pela disponibilidade e que são, maioritariamente, devidas a *set-up*.

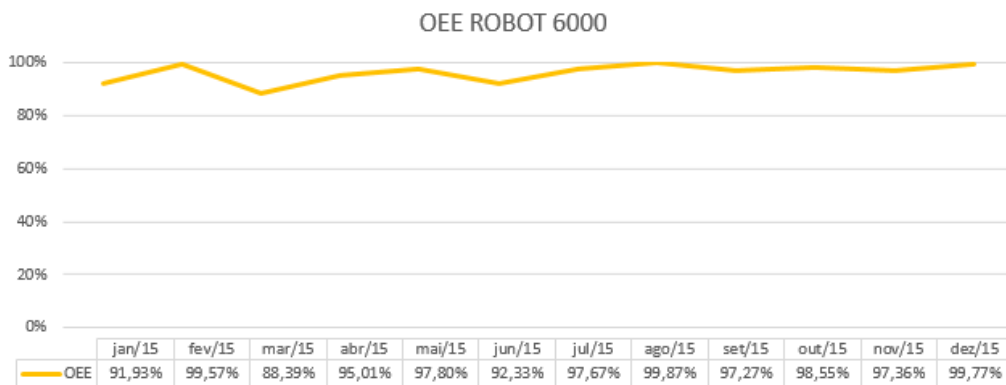


Figura 44 - Evolução do OEE do ROBOT 6000®

### Perdas Robot 6000®

Tabela 32 - Perdas do ROBOT 6000®

<b>Perdas de Disponibilidade 2015</b>	<b>Perdas de Performance 2015</b>
1.69%	1.38%

Apesar da enorme oscilação nos indicadores, pode verificar-se que, em termos de perdas, essa oscilação não induz grandes perdas ao equipamento sendo que a existência de planos de ação ao combate das perdas poderá ser de extrema ajuda na redução e até eliminação das mesmas.

#### 4.4.12 QUINADEIRA

Este equipamento é o que possui menor valor de eficácia entre todos os analisados. O baixo valor de eficiência é devido sobretudo à performance do equipamento que, apesar da tendência bastante positiva verificada ao longo do ano, nunca apresenta valores próximos da referência (95%). O motivo para estes valores serem tão baixos deve-se ao facto de existir uma grande variabilidade de componentes a serem produzidas e que possuem grandes diferenças entre os seus tempos de produção e nos próprios tamanhos dos lotes.

Em relação à qualidade, quase metade dos meses não cumprem com o valor pretendido, no entanto, e devido à grande quantidade de peças produzidas, essas não conformidades não afetam notoriamente a eficiência.

Tabela 33 - Indicadores e OEE da Quinadeira

<b>Disponibilidade</b>	99.99%
<b>Performance</b>	63.18%
<b>Qualidade</b>	99.89%
<b>OEE</b>	63.10%

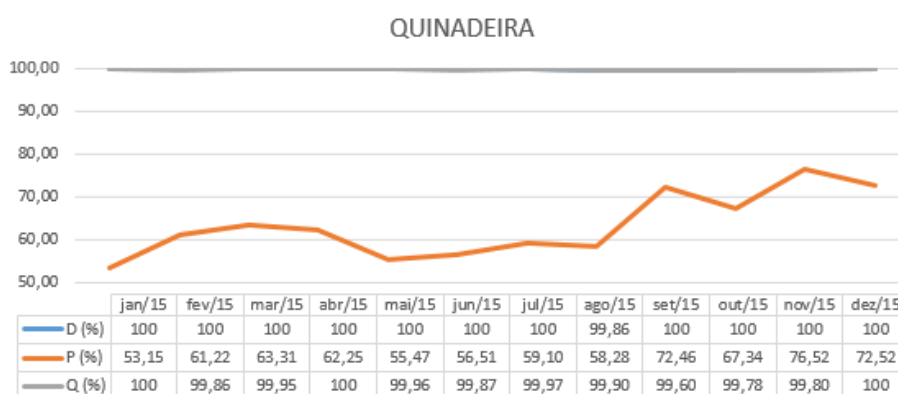


Figura 45 - Evolução dos indicadores da Quinadeira

Este equipamento deve ser também considerado preferencial na abordagem que a Tridec fará, quando analisar os equipamentos aos quais se deve dar preferência, aquando da implementação da metodologia TPM.

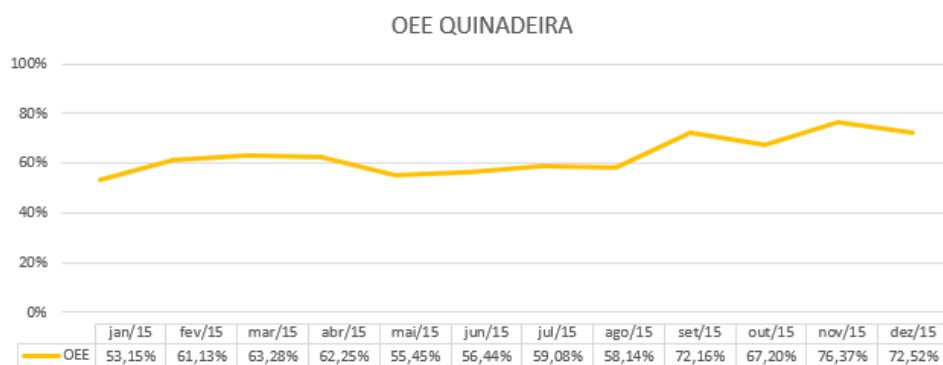


Figura 46 - Evolução do OEE da Quinaadeira

## Perdas Quinaadeira

Tabela 34 - Perdas da Quinaadeira

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
0.01%	32.96%

Como seria de esperar, a grande percentagem de perdas existentes tem como origem a performance do equipamento. Este valor pode ser explicado pela enorme quantidade de peças que são necessárias de quinar, desde peças simples até algumas mais complexas, estando assim o tempo de ciclo sempre a variar conforme o tipo de peça.

### 4.4.13 PRENSA

O valor obtido para o OEE deste equipamento foi de 91.14% sendo, no entanto, de salientar os baixos valores (apesar da tendência positiva) da performance no primeiro trimestre do ano. Este baixo valor pode ser explicado também pelo facto da prensa ser o equipamento com maior taxa de produção entre todos os analisados, o que origina inicialmente um enorme desgaste no equipamento, assim como mais micro-paragens para mudanças de componentes a produzir.

Tabela 35 - Indicadores e OEE da Prensa

<b>Disponibilidade</b>	98.75%
<b>Performance</b>	92.34%
<b>Qualidade</b>	99.97%
<b>OEE</b>	91.14%

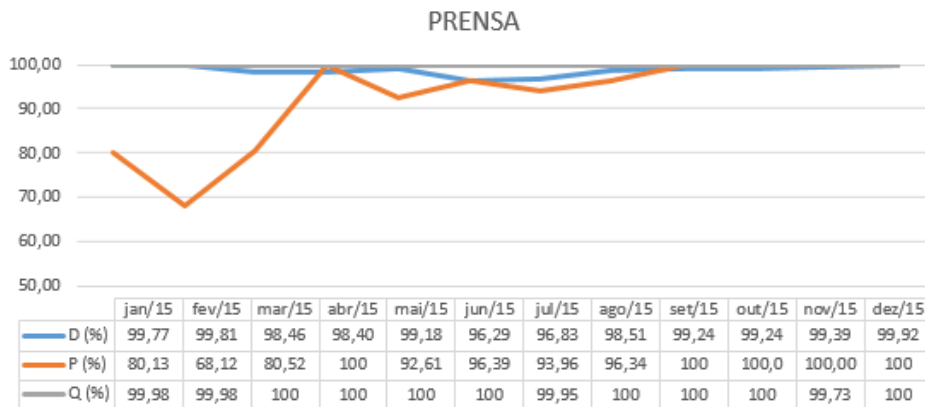


Figura 47 - Evolução dos indicadores da Prensa

A eficiência deste equipamento é sobretudo afetada pelos primeiros meses de 2015 devido à baixa performance, indicador que contribui com maior percentagem de perda, mesmo que no último quadrimestre do ano tenha apresentado valores acima dos 95%.

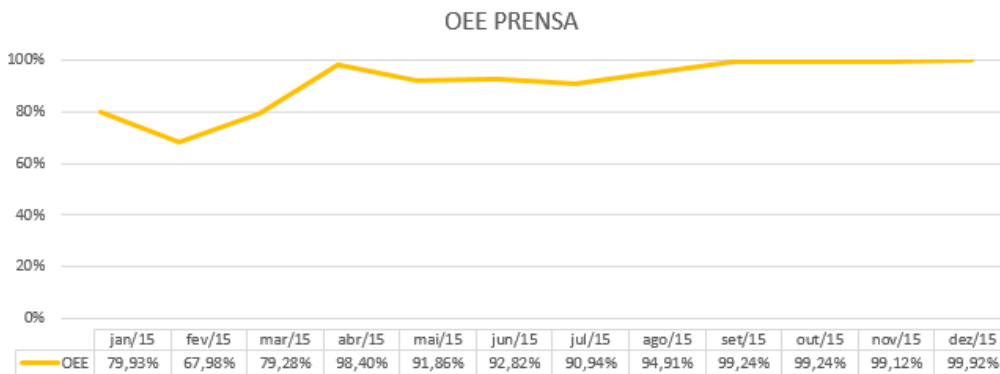


Figura 48 - Evolução do OEE da Prensa

## Perdas Prensa

Tabela 36 - Perdas da Prensa

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
1.25%	6.02%

Pode-se constatar que a enorme afluência de peças a produzir (pico que não estava previsto de acontecer) neste equipamento nos primeiros meses são a grande razão pelas perdas verificadas na performance.

#### 4.4.14 SOLDADURA MANUAL

O valor global obtido para o OEE foi de 80.27%, o que demonstra que este posto não se encontra devidamente otimizado.

É de salientar que aqui existe um forte contributo do operário, que deve ser tido em conta ao analisar os valores obtidos.

Como se pode analisar pelo gráfico da figura 49, existe uma grande variabilidade na disponibilidade e performance. No que diz respeito à disponibilidade, esta pode ser explicada pelos tempos de *set-up* necessários que o operário necessita para preparar as peças. Quanto à performance, esta apresenta valores relativamente elevados, apesar das características inerentes a este posto de trabalho, o que leva a concluir que todos os operários possuem formação e grande experiência no seu trabalho.

Tabela 37 - Indicadores e OEE da Soldadura manual

<b>Disponibilidade</b>	87.51%
<b>Performance</b>	92.68%
<b>Qualidade</b>	98.89%
<b>OEE</b>	80.27%

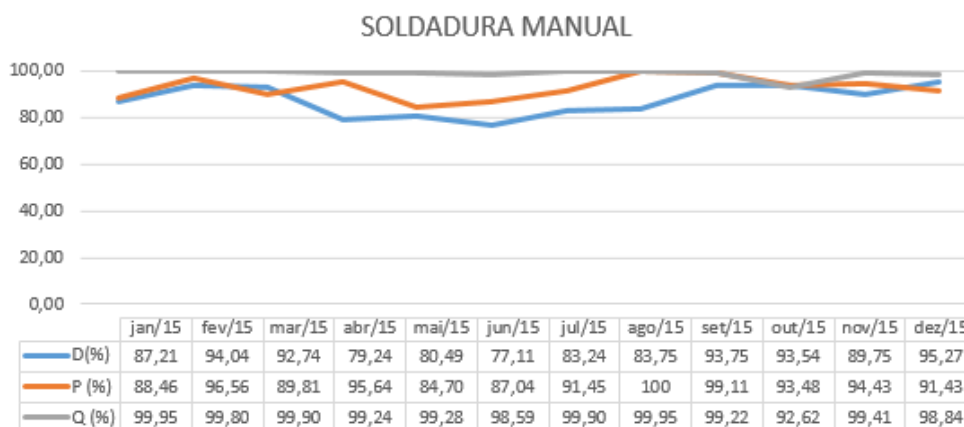


Figura 49 - Evolução dos indicadores da Soldadura manual

A baixa eficiência dos postos de soldadura manual são na maior parte devido às perdas referentes à disponibilidade (tempos de *set-up*), sendo necessária uma atuação a curto prazo que tente reduzir ao máximo esses mesmos tempos.

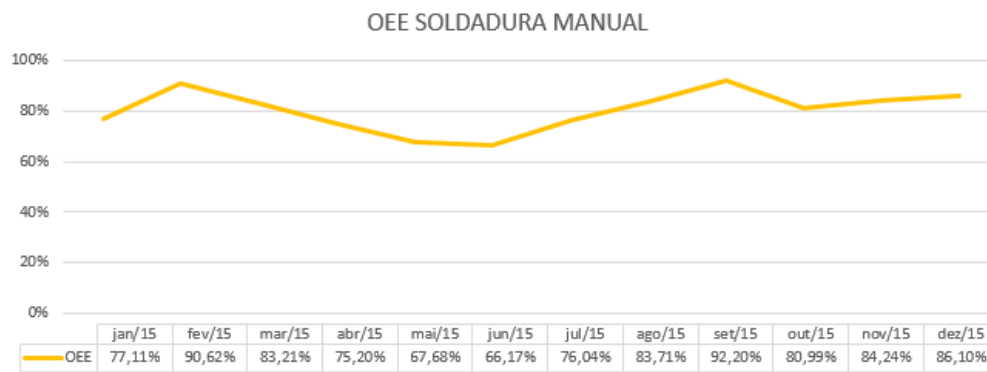


Figura 50 - Evolução do OEE da Soldadura manual

## Perdas Soldadura Manual

Tabela 38 - Perdas da Soldadura Manual

Perdas de Disponibilidade 2015	Perdas de Performance 2015
14.49%	6.37%

As perdas geradas pela disponibilidade são de responsabilidade dos enormes tempos de *set-up* necessários para produzir os lotes. Esses tempos variam conforme a destreza do operador e a complexidade das peças podendo as perdas de disponibilidade estar desviadas do valor real. Estas perdas começam a ser reduzidas com a criação de *gabarís* de apoio ao operador e com a maior facilidade de transporte das peças desde o “kanban” até à mesa de trabalho.

#### 4.5 Síntese dos indicadores a melhorar

Ainda que o valor global do OEE da Tridec se encontre no patamar de referência, é necessário que sejam revistos os indicadores que não cumprem com esse valores. Com efeito, o estudo desses indicadores e a sua análise de causas concretas está inserida no alcançar da melhoria contínua que qualquer organização, incluindo a Tridec, deve querer alcançar.

A tabela seguinte mostra quais os indicadores a melhorar quando a implementação definitiva do TPM for alcançada.

Tabela 39 - Indicadores a melhorar em cada equipamento

<b>Equipamento</b>	<b>Indicadores a melhorar</b>
CNC UNISIGN®	-
CNC VICTOR 145®	Performance Qualidade
CNC VICTOR 26®	Performance Qualidade
CNC NARVIK®	Performance
CNC MICROCUT 2100®	Performance Qualidade
CNC MICROCUT HMC 1300®	-
CNC MICROCUT YV 1200®	-
CNC VICTOR 36®	Performance
ROBOT 2000®	Qualidade
ROBOT 3000®	-
ROBOT 6000®	-
QUINADEIRA	Performance Qualidade
PRENSA	Performance
SOLDADURA MANUAL	Disponibilidade Performance Qualidade

Apesar da elevada eficiência obtida pelos equipamentos durante o ano de 2015, pode-se verificar que apenas 35.7% destes não possuem indicadores a melhorar. Dentro dos nove equipamentos que necessitam de melhoria, pode-se constatar que oito possuem perdas de performance que devem ser reduzidas ou eliminadas.

As perdas de disponibilidade estão presentes nos equipamentos que possuem os maiores tempos de set-up entre todos os analisados, o que sugere que esses tempos são a grande causa das perdas geradas.

Em termos de perdas de qualidade e apesar destas não serem quantificadas, verifica-se que existem em 42,8% dos equipamentos. Apesar da sua existência, salienta-se que os

valores obtidos para este indicador estão quase dentro dos valores de referência, o que leva a que a análise destas perdas possa ser feita em segundo plano.

Desta forma, é correto afirmar que, em termos globais, a performance é o indicador que mais compromete o desempenho dos equipamentos e a melhoria do desempenho da Tridec passará pela diminuição dessas perdas, nomeadamente na CNC VICTOR 145®, CNC VICTOR 36® e quinadeira.

## 4.6 Análise das perdas

Uma análise mais detalhada às perdas geradas deve ser feita com o intuito de poderem ser tomadas medidas para a sua redução/eliminação.

### 4.6.1 Perdas de Disponibilidade

O motivo da disponibilidade no chão-de-fábrica da Tridec ser tão elevado é explicado pelo facto das manutenções preventivas serem feitas fora do horário de produção e também pela recorrência às horas extra ao longo do ano. Todas as perdas geradas estão então relacionadas com manutenções corretivas e, acima de tudo, tempos de *set-up*. As propostas de melhoria estarão sobretudo centradas na aplicação da metodologia TPM, nomeadamente ao nível da adoção da manutenção autónoma que, apesar de já existir, ainda não se encontra totalmente enraizada.

### 4.6.2 Perdas de Performance

No que diz respeito às perdas geradas pela Performance do equipamento é de salientar alguns aspetos a ter em consideração.

O facto da performance ser medida através da eficiência com que as operações de cada equipamento são realizadas faz com que as perdas geradas possam não ser o real reflexo do chão-de-fábrica.

Apesar dessas perdas poderem ser contabilizadas, as suas causas são de difícil identificação, pois não existe um registo de informação referente ao que poderá originar, muitas das vezes, as quebras de velocidade, assim como o possível desgaste excessivo do equipamento.

Uma das sugestões que poderá evitar as sucessivas perdas de performance em determinados equipamentos, principalmente nos que possuem maiores taxas de produção, é a existência de outro equipamento com as mesmas características. Esta sugestão é a mais indicada no caso da Quinadeira assim como na Prensa.

Com o intuito de reduzir estas perdas, passará pela realização destas sugestões um dos principais focos da implementação do TPM.

### 4.6.3 Perdas de Qualidade

Como explicado anteriormente, a quantificação das perdas, isto é, a contabilização dos tempos necessários para retrabalho, não é feita.

De todas as peças não conformes, verifica-se que cerca de 43% delas são alvo de retrabalho sendo todas as outras consideradas sucata. Das peças retrabalhadas, cerca de metade tem como origem a não conformidade no posto de soldadura manual, sendo que a nave de soldadura é a grande responsável pela maioria das peças não conformes, 83%.

As peças, quando reprovam no controlo de qualidade, são colocadas em paletes próprias com uma folha de registos onde é descrito o problema da não conformidade como mostra a figura 51.



QNR	Date	Job	Part Number	Part Name	Qty	Problem description
4719	11-04-2016		60336	Slide bar L=760 A	2	Peças de Teste
4720	12-04-2016		603042	Slide bar L=800 A	1	Slide bar com 0,28mm de paralelismo
4723	13-04-2016	PT049753	602962	Slide bar L=760 W	1	Peça com 0,35mm de paralelismo (antes sem KTL)
4786	30-05-2016	PT062969	603042	Slide bar L=900 A	1	Slide Bar com valores de 129,09 a 129,36mm na cota 130 (+0,3) mm.
4820	16-06-2016	PT091313	603040	Slide bar L=800 A	2	Slide Bars não aprovados pelo Cliente (pedido de devolução 024/2016).
4823	20-06-2016	PT064296	602861	Slide bar L=800 W	1	Slide bar com paralelismo de 0,12mm.
4944	04-07-2016	PT053848	602863	Slide bar L=900 W	1	Peça com paralelismo de 0,12 mm.
4959	13-07-2016	PT053925	603040	Slide bar L=800 A	2	Slide bars com paralelismo de 0,12 e 0,14 mm. Peças rejeitadas de acordo com e-mail do Cliente.

Figura 51 - Pallet de não conformidades com lista de problemas detetados

Um exemplo de uma não conformidade é mostrado na figura seguinte.



Figura 52 - Exemplo de não conformidade (peça maquinada ao contrário)

## 4.7 Abordagem à futura implementação da metodologia TPM

A implementação da metodologia TPM na Tridec é um dos objetivos a curto/médio prazo.

Ainda que não exista um plano concreto para a sua implementação, existe um conjunto de ações, relacionadas com a proposta de melhoria contínua incutida pela direção, que permitirá que a implementação possa ser mais facilitada.

Relacionando o que é atualmente realizado na Tridec com o que cada pilar do TPM aborda, é possível verificar que, mesmo não existindo uma implementação do TPM concreta, já se pratica o que alguns desse pilares pretende alcançar.

De forma a ajustar o nível atual da Tridec no que ao TPM diz respeito, não irão ser abordados todos os pilares, mas apenas aqueles que neste momento se adequam à realidade da empresa. Contudo, não implica que os outros pilares devam ser negligenciados pois a implementação deve ser feita com ponderação e à medida que o conhecimento e experiência da empresa na área progredam.

Conforme verificado na figura 16, verifica-se que a base dos pilares é a metodologia 5S. Com efeito, essa metodologia encontra-se presente junto de todos os postos de trabalho, principalmente na nave de maquinaria.



Figura 53 - Organização das ferramentas no posto de trabalho

Um dos principais pontos a melhorar no sentido de atingir a máxima eficiência deve ser o foco apontado para a nave de soldadura no sentido da implementação dos 5S.

Apesar de já existir a classificação e organização das ferramentas, é necessária uma melhor limpeza dos postos de soldadura manual assim como a criação de standards que ajudem à realização de tarefas.

Um dos pontos a ressaltar é o facto de ainda no decorrer deste ano estar prevista a visita do Instituto Kaizen à nave de soldadura para proceder à elaboração de um plano de ações no âmbito da melhoria contínua.

Conforme foi visto na revisão bibliográfica, a fase de implementação do TPM aborda cinco etapas. Dessas etapas a Tridec conseguirá cumprir, na teoria, com as seguintes:

- **Melhorar a eficiência do equipamento;**

Através do cálculo do OEE é possível analisar qual ou quais os equipamentos que devem ser alvo de melhoria e proceder à elaboração de um plano de ações que as reduza ou elimine.

- **Criação de um programa de Manutenção Autónoma;**

Um dos pilares do TPM (Manutenção Autónoma) que já é visível na empresa. Todos os postos de trabalho possuem uma ficha junto do equipamento (figura 54) que mostra o que deve ser alvo de ação de manutenção, a frequência dessa ação, assim como as imagens de auxílio ao operador.

**TRIDEC**

**Manutenção Autónoma**  
**MICROCUT 2100**

Nº	Descrição Manutenção	Frequência
1	Limpeza zona de trabalho	Diária
1	Verificar Estado Geral do equipamento	Diária
2/3/4	Verificar nível óleo ar comprimido Verificar nível óleo hidráulico Verificar nível óleo lubrificação	Semanal
1	Limpeza Geral	Semanal
5	Verificar densidade do óleo de corte	Semanal

Figura 54 - Ficha de Manutenção Autónoma para ajuda do operador

O grande objetivo aqui passa pela passagem do nível básico de implementação até ao nível de plena implementação, conforme referenciado na revisão bibliográfica, onde os operários já são capazes de detetar e corrigir anomalias.

- **Criação de um programa de Manutenção Preventiva;**

Estes programas são constituídos por todas as ações necessárias para manter os equipamentos em funcionamento, e pela frequência para a realização dessas mesmas ações, seja essa frequência definida temporalmente ou de acordo com o número de horas de funcionamento da máquina.

Assim sendo, a empresa sabe, antecipadamente, quais as intervenções que deve efetuar e com periodicidade pré-definida, fazendo assim o planeamento das intervenções de manutenção de uma forma mais eficaz.

Atualmente, no caso das manutenções preventivas, estas são feitas de acordo com o plano de cada equipamento, sendo executadas internamente (pelo departamento de manutenção) nos casos mais simples, e por entidades externas, no caso de intervenções preventivas mais profundas.

A manutenção preventiva é feita fora do horário de produção, sendo essa uma das razões para a alta disponibilidade dos equipamentos.

MICROCUT 2100			
Nº de Série: 062336002			
Fornecedor: Mater		ANO: 2005	
GRAU DE CRITICIDADE DO EQUIPAMENTO *: A			
*Qual o risco de paragem do processo de Negócio no caso de avaria do equipamento. Utilizar a seguinte classificação: A-Elevado; B-Médio; C- Reduzido.			
PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA			
Nº	OPERAÇÃO	RESP.	PERIODICIDADE
1	VERIFICAR ESTADO GERAL DO EQUIPAMENTO	Operador	DIÁRIO/TURNO
2	LIMPEZA ZONA DE TRABALHO	Operador	DIÁRIO/TURNO
3	VERIFICAR NÍVEL ÓLEO DE LUBRIFICAÇÃO, ÓLEO HIDRÁULICO E DE LUB. AR COMPRIMIDO	Operador	SEMANAL
4	LIMPEZA GERAL E VERIFICAR ÓLEO DE CORTE	Operador	SEMANAL
5	Q.E. - SUBST. FILTROS E VERIFICAR FECHO PORTAS (PMP nº 92)	Manut.	MENSAL
6	VERIFICAÇÃO TRIMESTRAL (PMP nº 09)	Manut.	TRIMESTRAL
7	REVISÃO/VERIFICAÇÃO GERAL (PMP nº 21/nº 68)	Manut./ Ext.	ANUAL
8	REVISÃO E VERIFICAÇÃO EQUIPAMENTO DE REFRIGERAÇÃO (PMP nº 80)	Manut./ Ext.	ANUAL
TODAS AS ANOMALIAS DEVEM SER COMUNICADAS AOS T.L. OU AO DEP. DE MANUTENÇÃO			
OBS: AS OPERAÇÕES DIÁRIAS NÃO SUJEITAS A REGISTO.			

Figura 55 - Ficha de Manutenção Preventiva colocada junto do equipamento

- **Formação dos operários.**

Outro dos pilares que se pode afirmar já estar presente na Tridec. A formação que é abordada neste pilar é direcionada à implementação do TPM em si, às vantagens e aos ganhos que poderão ser esperados. No entanto, os operários dos equipamentos já possuem alguma formação no âmbito da manutenção autónoma e ao nível dos 5S logo a formação sobre a metodologia TPM deverá ter mais em foco a implementação em si e não tanto os aspetos mais relacionados ao equipamento.

# Conclusão

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.2 TRABALHOS FUTUROS



## 5 Conclusão

### 5.1 Considerações finais

O balanço global deste trabalho é francamente positivo, uma vez que o principal objetivo foi cumprido, ou seja, foi calculado o valor global da eficiência dos equipamentos que mostra que a empresa se encontra no patamar de referência mundial, existindo ainda margem para melhorias significativas.

Foi ainda identificada a situação atual existente, ao nível da manutenção, para uma futura implementação do TPM, comprovando-se que existem bases sólidas que suportam a decisão da implementação.

A relação entre a empresa em Portugal e a casa-mãe na Holanda apresenta diversas falhas, nomeadamente ao nível de comunicação e que não podem ser apenas explicadas pela diferenças culturais existentes entre os dois países. Essas falhas poderão ser eliminadas através do reforço da comunicação, nomeadamente de um ERP onde a informação esteja disponível para os dois intervenientes desta relação.

A análise feita aos equipamentos sugere que as melhorias passam sobretudo pela redução das perdas de performance que são as mais destacadas entre todas. A sua redução deve ser atingida recorrendo a uma análise das causas que as originam, criando assim uma folha de registos detalhada para posterior conhecimento da causa e facilidade de solução. Outro aspeto que deve ser alvo de melhoria diz respeito às perdas de qualidade e à respetiva quantificação.

Fazendo uma comparação entre naves, verifica-se que as ações de melhoria devem começar pela nave de soldadura, mesmo que possua o maior valor de OEE global. A sua maior automatização e principalmente a implementação definitiva da metodologia dos 5S permitiria que a futura implementação do TPM nesta nave fosse simplificada.

Em relação à nave de maquinaria esta já se encontra num estado de otimização superior, não sendo de descartar eventuais melhorias que possam ser sugeridas.

Num âmbito mais alargado, essas melhorias a adotar promovem a melhoria contínua preconizada pela empresa, assim como facilitam a implementação da metodologia TPM. Desde logo verifica-se a existência de um sistema de gestão de manutenção que vai de encontro ao que deve ser implementado no âmbito do *Total Productive Maintenance*, que não estando completamente otimizado, apresenta já fortes traços daquilo que deve ser a gestão da manutenção proposto na metodologia.

## 5.2 Trabalhos futuros

A adoção do OEE como um indicador do desempenho da empresa poderá ser uma mais valia para a Tridec, pois permitirá que indicadores como a disponibilidade, performance e qualidade pudessem ser monitorizados por apenas um departamento ao contrário do que se verifica atualmente.

Outro ponto interessante a ser explorado é referente aos custos inerentes às perdas. A quantificação desses custos tornaria mais fácil saber se as sugestões de melhoria propostas seriam realmente uma mais-valia.

Outro passo a ser dado no futuro será reforçar a gestão da manutenção atualmente em prática, melhorando-a principalmente na nave de soldadura com a plena implementação da metodologia dos 5S, assim como gradualmente implementar os restantes pilares do TPM fazendo uso da experiência adquirida até aqui.

# Bibliografia e outras fontes de informação

6.1 ARTIGOS CIENTÍFICOS

6.2 TESES E LIVROS

6.3 OUTROS



## 6 Bibliografia e outras fontes de informação

### 6.1 Artigos científicos

Ahuja J.S & Khamba, I. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 709-756.

Braglia, M. C. (2006). AHP-based evaluation of CMMS software. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol.17 No.5, 585-602.

Brah, S. &. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International Journal of Production Research*, Vol. 42.

Cuaa, K. O. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, 675-694.

Dossenbach, T. (2006). Implementing total productive maintenance. *Wood and Wood Products*, Vol. 111 No. 2,, 29-32.

Dwyer, J. (1999). More than a maintenance technique. *Works Management*, Vol. 52 No. 9, 15-16.

Nakajima, S. (1988). Introduction to Total Productive Maintenance (TPM). *Productivity Press, Portland, OR*.

Nakajima, S. (1989). TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance. *Productivity Press, Portland, OR*.

Park, K. a. (2001). TPM – total productive maintenance: impact on competitiveness and a framework for successful implementation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, Vol. 11 No. 4, 321-338.

Robinson, C. a. (1995). Implementing TPM: The North American Experience. *Productivity Press, Portland, OR*.

Schuman, C. a. (2005). Asset life cycle management: towards improving physical asset performance in the process industry. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 25, 566-579.

Shirose, K. (1992). TPM for operator. *Productivity Press Inc., Portland, OR*.

Singh, P. P. (2011). 'A resource dependence theory perspective of ISO 9000 in managing organizational environment. *Journal of Operations Management*, Vol. 29, No. 1-2, 49-64.

Sivaram, N. D. (2012). A literature review on the integration of total productive maintenance elements with ISO 9001 standard. *Int. J. Productivity and Quality Management*, Vol. 9 No.3 , 281-308.

Society of Manufacturing Engineers. (1995). Total Productive Maintenance in America. *Society of Manufacturing Engineers*.

Suzuki, T. (1994). TPM in Process Industries. *Productivity Press Inc., Portland, OR*.

Teresko, J. (1992). Time bomb or profit center? *Industry Week*, Vol. 241 No. 3, 52-57.

## 6.2 Teses e Livros

Barbosa, R. (2012). *Cálculo do OEE na Secção de Maquinação da Tridec Lda*.

Cuatrecasas, L. (2000). *TPM - Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. Barcelona: Gestión 2000.

## 6.3 Outros

Industry Forum. (s.d.). Total Productive Maintenance.

Tridec. (Maio de 2016). Fonte: Site da Tridec : [www.Tridec.nl](http://www.Tridec.nl)

Manual de Qualidade e Ambiente da Tridec, consultado em Maio

Norma NP EN 13306 (2007)

# Anexos

7.1 ANEXO A

7.2 ANEXO B

7.3 ANEXO C

7.4 ANEXO D

7.5 ANEXO E

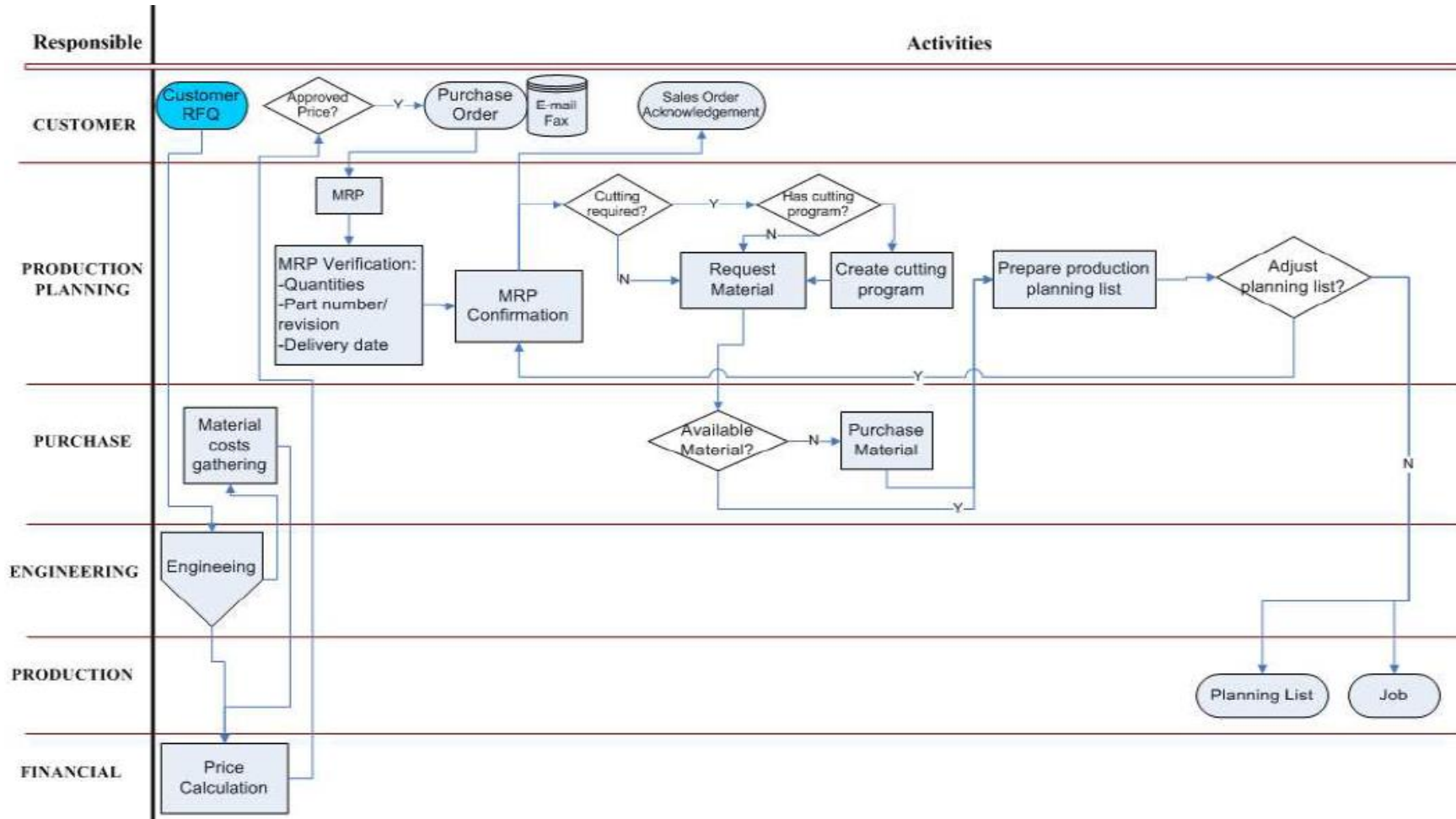
7.6 ANEXO F

7.7 ANEXO G

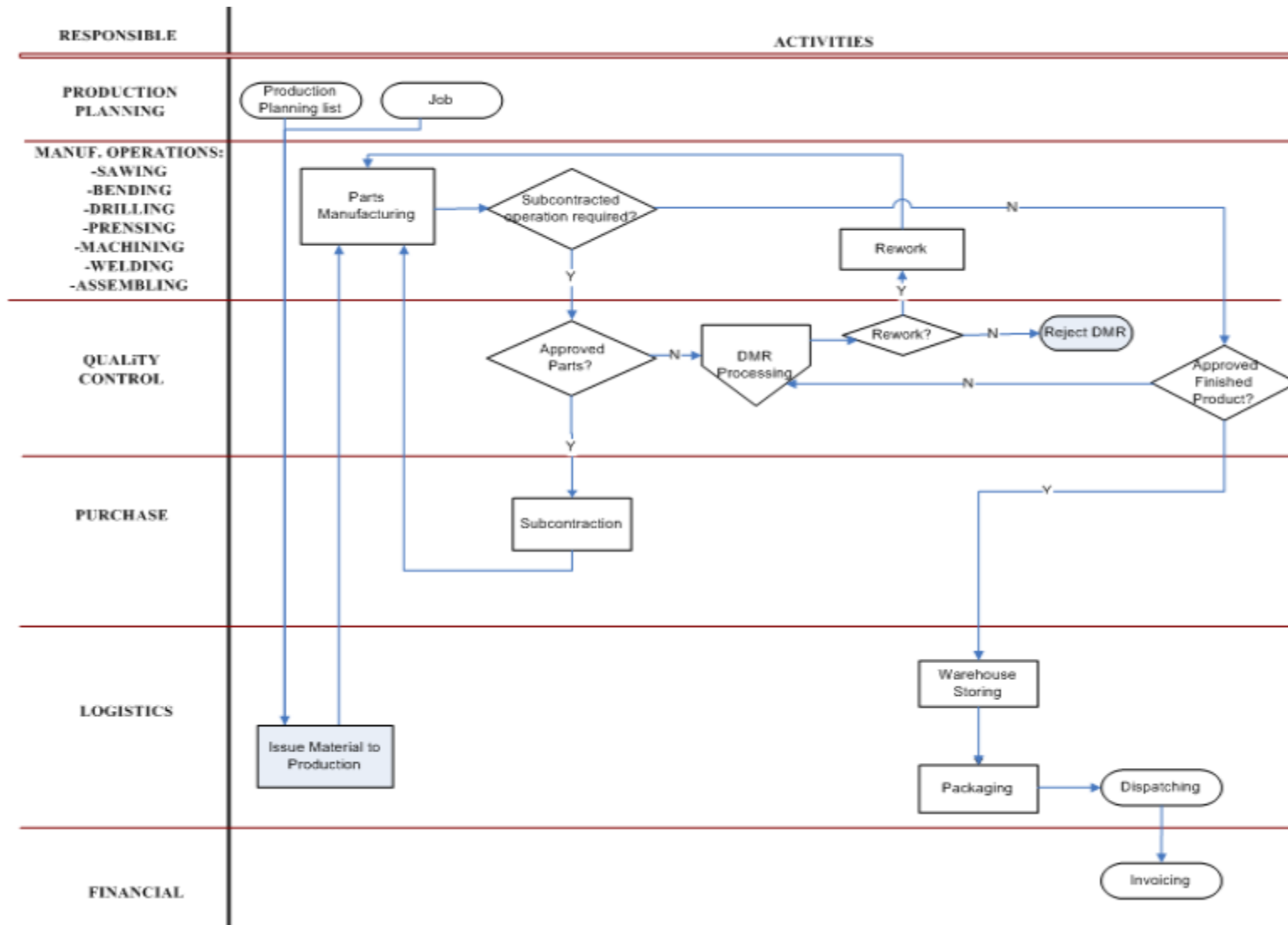
7.8 ANEXO H

## 7 Anexos

### 7.1 Anexo A – Diagrama de processo de negócio do Planeamento da Produção




7.2 Anexo B - Diagrama de processo de negócio da Produção






### 7.4 Anexo D - Exemplo de um JOB

**Job: 012112-2-1**  **Semana: 21** 31-05-2016  
**600722 Turntable plate R=190 Prog W** Página: 1 de 5

---

**600722 Turntable plate R=190 Prog W**  
**Revisão: 0**  
**Sam: 0** 

QUANTIDADE final part:	1,00	NumOp	Operação	Molde	CAM	Link
		10	Welding Robot III (6000)	204		

**SCHEDULED DATES**

Start date 19-05-2016  
 Due date 24-05-2016  
 Requested date 26-06-2018

Acmb 0	600722 /	Turntable plate R=190 Prog W	Open Dwg
Acmb 1	600721 /1	Turntable plate R=190 Prog M	Open Dwg

**ATENÇÃO: JOST FLANGE!!!**





**SUBASSEMBLY COMPONENTS:**

Acm	Part Number	Description	Required Qty	Qty from Stock	Whse	Status
1	600721	Turntable plate R=190 Prog M	1,00 pc	0,00	mw	

**MATERIAIS**

	Descrição	Quantidade	oper.	lote
10	209435 Sliding Block Wedge Machined	1,00 pc	mw	10
20	311900 King pin flange 12mm Jost K21012-01	1,00 pc	mw	10
<b>ATENÇÃO: JOST FLANGE!!!</b>				
40	219271 Spacer 400x195x20	1,00 pc	mw	20
50	214789 Mounting plate position sensor	1,00 pc	mw	20

**OPERAÇÕES**

	Descrição	Res group	Quantidade	Est.Hours	Est.Hours	finished
10	WLDRIII Welding Robot III (6000)	WLDRI3	1,00	0,33	0,25	<input type="checkbox"/>
Operation: 			OperQty: 			
20	WLDG Solder	WLDM	1,00	0,10	0,15	<input type="checkbox"/>
Operation: 			OperQty: 			
30	CLNG Limpeza	CLNG	1,00	0,00	0,08	<input type="checkbox"/>

**Auto-Controlo / Controlo de Qualidade**

IP Operador	Quant. Qtd / Quant. lista	IP Operador	Signat	Validado pelo CQ	Observações

Job: 012112-2-1



Semana: 21

31-05-2016

Página: 2 de 5

600722 Turntable plate R=190 Prog W

Start date: 18-06-2018 Requested date: 26-06-2018

40	PRNG	Pressar	PRNG	1,00	0,00	0,08	<input type="checkbox"/>
----	------	---------	------	------	------	------	--------------------------

Desempenar o prato.  
Atenção: Verificar prato com roda. Espeso max.: 0,6mm!

Operation: OperQty:

**OPERAÇÕES**

	Descrição	Res group	Quantidade	EstHours	EstHours	finished	
50	QCNTR	Controlo Qualidade	KTL	1,00	2,00	0,00	<input type="checkbox"/>
	Operation:		OperQty:				
60	SUBC	Subcontratação	SUBC	1,00	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
	Caetano Coatings, rev. auto e Ind., S.A						
70	PRNG	Pressar	PRNG	1,00	0,00	0,33	<input type="checkbox"/>
	Desempenar o prato. Atenção: Verificar prato com roda. Espeso max.: 0,6mm!						
	Operation:		OperQty:				
80	QCNTR	Controlo Qualidade	QCNTR	1,00	0,01	0,00	<input type="checkbox"/>
	Operation:		OperQty:				

Auto-Controlo / Controlo de Qualidade					
Operador	Quant. Op./Quant. Total	Op. Concluída	Signos	Validade (min/seg)	Observações

Job: 012112-2-1



Semana: 21

31-05-2016

600722 Turntable plate R=190 Prog W

Página: 3 de 5

Start date: 18-06-2018

Requested date: 26-05-2018

# Ficha de acompanhamento de material

Part: **600722**      **Turntable plate R=190 Prog W**

Revisão

0



QUANTIDADE PALETE: 1

Job Quantidade: 1

ORDEM DE PALETE: 1/1

## OPERAÇÕES

	Descrição	Res group	Quantidade	Setup Est Hours	Produção Est Hours	Finished
10	WLDRIII Welding Robot III (5000)	WLDR3	1	0,33	0,25	<input type="checkbox"/>
Operation:			PalletQty:			
20	WLDG Soldar	WLDM	1	0,10	0,15	<input type="checkbox"/>
Operation:			PalletQty:			
30	CLNG Limpeza	CLNG	1	0,00	0,08	<input type="checkbox"/>
40	PRNG Prensar	PRNG	1	0,00	0,08	<input type="checkbox"/>
Desempenar o prato. Atenção: Verificar prato com roda. Empeno max.: 0,6mm!						
Operation:			PalletQty:			
60	QCNTL Controlo Qualidade	KTL	1	2,00	0,00	<input type="checkbox"/>
Operation:			PalletQty:			
80	SUBC Subcontratação Castano Coatings, rev. auto e Ind., S.A	SUBC	1	0,00	0,00	<input type="checkbox"/>
70	PRNG Prensar	PRNG	1	0,00	0,33	<input type="checkbox"/>
Desempenar o prato. Atenção: Verificar prato com roda. Empeno max.: 0,6mm!						
Operation:			PalletQty:			
80	QCNTL Controlo Qualidade	QCNTL	1	0,01	0,00	<input type="checkbox"/>

Auto-Controlo / Controlo de Qualidade					
Nº Operador	Quant. OK / Quant. Total	Nº Operador	Processo	Validação pelo QP	Observações

Job: 012112-2-1 

Semana: 21 31-05-2016

Página: 5 de 5

600722 Turntable plate R=190 Prog W

Start date: 18-06-2018 Requested date: 26-06-2018

600721 Turntable plate R=190 Prog M


Revisão: 1

Sam: 1

Self-control plan:

CNC

QUANTIDADE final part: 1,00

NumOp	Operação	Molde	CAM	Link
10	Maquinar Microcut 2100	073	0036	

**MATERIAIS**

	Descrição	Quantidade	oper.	lots
10	600696 Turntable plate	1,00 pc	me	10 issued Comp <input type="text"/>

**OPERAÇÕES**

	Descrição	Res group	Quantidade	EstHours	Est.Hours	finished
10	MCHMI Máquina Microcut 2100	MCHMI	1,00	0,45	0,20	<input type="text"/>

Cotas críticas:

-Posicionamento da função para o pino , ver detalhe C

Operator: 

OperQty: 

Auto-Controlo / Controlo de Qualidade					
Nº Operador	Quant. OK / Quant. Total	Nº Condição	Risora	Validação pelo IQD	Observações

Job: 012112-2-1



Semana: 21

31-05-2016

600722 Turntable plate R=190 Prog W

Start date: 18-06-2018

Requested date: 26-05-2018

Job nr: 012112-2-1	
Partnr: 600722 Turntable plate R=190 Prog W	
Prod.qty: 1	
Copia: Armazem Página 1 de 1 31-05-2016 12:05:50	

Referencia	Descricao	Quantidade	ArmBin	PrimBin	Operação	
209435	Sliding Block Wedge Machined	1,00pç	BB99Z	BB99Z	Welding Robot III (8000)	<input type="checkbox"/> _____
214789	Mounting plate position sensor	1,00pç	AA06A	AA06A	Solder	<input type="checkbox"/> _____
219271	Spacer 400x195x20	1,00pç	AB07C	AB07C	Solder	<input type="checkbox"/> _____
311900	King pin flange 12mm Jost KZ1012-01	1,00pç	BA99Z	BA99Z	Welding Robot III (8000)	<input type="checkbox"/> _____
600596	Turntable plate	1,00pç	GCCNC	GCCNC	Maquina Microcut 2100	<input type="checkbox"/> _____

(Validação pela Produção)

Referencias entregues	Data	Assinatura

## 7.5 Anexo E - Cálculo da indicador Disponibilidade para o mês de Janeiro

				jan/15
			Dias de trabalho:	21
			Tempo disponível para produção (min/dia):	1020
			Tempo disponível para produção (min/mês):	21420
			Pausas (min/dia):	170
			Pausas (min/mês):	3566
			Horas extra (min/mês):	17538
			Tempo efetivo disponível de produção:	35392
	$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo efetivo disponível de produção} - \text{tempo de manutenção} - \text{tempo de setup}}{\text{Tempo efetivo disponível de produção}}$			
	<b>Equipamento</b>	<b>Tempo de manutenção (min)</b>	<b>Tempo de set-up (min)</b>	<b>Disponibilidade (%)</b>
	CNC UNISIGN	497	628,8	96,82
	CNC VICTOR 145	120	3018	91,13
	CNC VICTOR 26	690	363,6	97,02
	CNC NARVIK	0	0	100
	CNC MICROCUT 2100	60	1677,6	95,09
	CNC MICROCUT HMC 1300	140	554,4	98,04
	CNC MICROCUT YV 1200	0	762	97,85
	CNC VICTOR 36	30	1802,4	94,82
	ROBOT 2000	930	0	97,37
	ROBOT 3000	0	0	100
	ROBOT 6000	0	0	100
	Quinadeira	0	0	100
	Prensa	0	81	99,77
	Soldadura Manual	0	4525,2	87,21





## 7.8 Anexo H - Cálculo do OEE para o mês de Janeiro

<i>OEE = DISPONIBILIDADE * PERFORMANCE * QUALIDADE</i>					
jan/15					
Equipamento	DISPONIBILIDADE (%)	PERFORMANCE (%)	QUALIDADE (%)	OEE	Média
CNC UNISIGN	96,82	100	100	96,82%	86,16%
CNC VICTOR 145	91,13	72,89	99,77	66,28%	
CNC VICTOR 26	97,02	63,13	93,51	57,27%	
CNC NARVIK	100	100	100	100%	
CNC MICRO CUT 2100	95,09	100	99,35	94,48%	
CNC MICRO CUT HMC 1300	98,04	100	100	98,04%	
CNC MICRO CUT YV 1200	97,85	100	100	97,85%	
CNC VICTOR 36	94,82	83,17	99,62	78,57%	
ROBOT 2000	97,37	100	100	97,37%	83,25%
ROBOT 3000	100	100	100	100%	
ROBOT 6000	100	91,93	100	91,93%	
Quinadeira	100	53,15	100	53,15%	
Prensa	99,77	80,13	99,98	79,93%	
Soldadura Manual	87,21	88,46	99,95	77,11%	