

Daniela Filipa Figueiredo Gomes

Aplicação do TPM e do indicador OEE num posto da
linha de montagem automóvel

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Professor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar



RESUMO

O presente relatório do trabalho de Estágio, está inserido na unidade curricular de Dissertação do Mestrado de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial e foi desenvolvido no âmbito de um projeto dirigido à melhoria do desempenho operacional de um posto da linha de montagem, na empresa Peugeot Citroën Automóveis Portugal SA, em Mangualde.

Verificando-se um crescente aumento da concorrência a nível mundial, é cada vez mais imprescindível para as empresas apostarem no fator competitividade e na otimização dos seus processos produtivos, a fim de terem a capacidade de responder rapidamente às necessidades e exigências do mercado.

Nesse sentido, o objetivo principal deste trabalho foi o estudo da eficiência de um posto da linha de montagem automóvel, conhecido como “ilha das rodas”, integrado na linha de montagem automóvel e que executa a montagem das rodas por via de dois robôs.

O estudo da eficiência foi realizado usando algumas ferramentas da metodologia do TPM (*Total Productive Maintenance*), nomeadamente a análise de Pareto, que após um estudo das paragens que ocorrem no posto, permite identificar quais as falhas prioritárias e as potencialidades de melhorias no posto. Posteriormente, foi aplicado o indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que permite determinar os parâmetros da disponibilidade, performance e qualidade, imprescindíveis para retirar conclusões acerca da eficiência do posto, através de comparações com valores de referência. Finalmente, a aplicação da metodologia dos “5 porquês” permitiu identificar as possíveis causa-raiz das falhas prioritárias.

Palavras Chave: Análise de Pareto, OEE-*Overall Equipment Effectiveness*, TPM-*Total Productive Maintenance*, “5 porquês”

ABSTRACT

This document is about an internship study, for the conclusion of the Master's Degree in Mechanical Engineering and Industrial Management, regarding an attempt to increase the operational efficiency of a work station at the "Peugeot Citroën Automóveis Portugal SA" company, located in Mangualde.

Competition is increasing worldwide, and it's more and more essential for the companies to bet on the optimization of their inside operations, in order to achieve the capacity to answer to the ever asked demands of the market.

In this regard, the main objective of this essay is the study of the automobile manufacture-workstation performance, known commonly as the "Wheels Island", that executes the assembly of a car wheel with the help of two robots.

The study was done using various methodology tools of the so called "TPM", or "Total Productive Maintenance", mainly the "Pareto Analysis", and with it all the main faults that occur in the work station were identified as well as possible improvements. Afterwards, the "OEE", or "Overall Equipment Effectiveness" was applied, resulting in the knowledge of disponibility, performance and quality parameters, essential, and its comparison with reference values allowed for the ultimate conclusions. Finally, the introduction of the "5 Why" methodology allowed to identify the possible roots of the main faults.

Key words: Pareto analysis, OEE - *Overall Equipment Effectiveness*, TPM - *Total Productive Maintenance*, 5 WHY

AGRADECIMENTOS

Ao professor António Teixeira de Almeida e ao meu orientador, Professor Daniel Gaspar, pela partilha dos seus conhecimentos, sugestões e comentários tão importantes na realização deste trabalho.

Ao meu orientador de estágio na empresa PSA, Eng.º Carlos Mesquita e ao técnico Pedro Lopes, pela oportunidade de realização do estágio e por todos os conselhos e sugestões.

A toda a equipa de manutenção e aos colaboradores da ilha das rodas, particularmente ao Pedro Lopes e Fábio Ferreira, que sempre foram muito cooperantes e interessados em ajudar.

A toda a minha família, especialmente pais, irmã e avôs pelo voto de confiança e por todo o apoio. À Rosa e ao Fernando, por todo o carinho demonstrado ao longo de todo este período. À pessoa mais especial e motivadora que a vida me deu, Rafael Ribafeita, por toda a compreensão, apoio, carinho e por inúmeras demonstrações de que com força de vontade somos capazes de realizar tudo a que nos propomos.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE Tabela	xiv
BREVIATURAS E SIGLAS	xvi
1.Introdução	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Metodologia de Investigação.....	3
1.3.Estrutura do Trabalho	4
2. Estado da arte.....	5
2.1. Origem e Enquadramento Histórico	5
2.2. Conceito de Manutenção Produtiva Total, TPM	6
2.3. Premissas fundamentais do TPM	7
2.4. Implementação da TPM	8
2.5. “Seis grandes perdas”	11
2.6. OEE-“Overall Equipment Effectiveness”	14
2.7. Diagrama de Pareto	19
2.8. 5 porquês(5W)	22
2.9. Metodologia Plan Do Check Act (PDCA)	23
2.10 Relatório A3	26
3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo	31
3.1 Empresa PSA Mangualde.....	32
3.2. Ilha das rodas	35
3.2.1.Descrição do posto em estudo	35
3.2.2.Descrição do processo de montagem.....	40
4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias	47
4.1.O guia de procedimentos das falhas da ilha das rodas	47
4.2. O manual de funcionamento da ilha das rodas	48

ÍNDICE GERAL

4.3. Paragens	50
4.4. Manutenção da ilha das rodas	61
4.5. Estratégia adotada para recolha de dados	63
5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados.....	66
5.1. Ilha das Rodas-tratamento e análise de dados.....	66
5.2. Frequência da ocorrência de falhas	68
5.3. Análise ABC/ Diagrama de Pareto	69
5.3.1. 1ºAnálise: Diagrama Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu	70
5.3.2. 2ºAnálise: Diagrama Pareto referente ao tempo que cada falha demora a ser corrigida	75
5.3.3. 3ºAnálise: Diagrama Pareto, alusivo ao tempo que cada robô esteve parado, por conta de cada uma das falhas.	77
5.3.4. Conclusões do Pareto	82
5.4. Cálculo do OEE	83
5.4.1. Disponibilidade	83
5.4.2. Performance	84
5.4.3. Qualidade	85
5.4.4. Análise dos Resultados Obtidos.....	86
5.5. Identificação e seleção dos Problemas	88
5.5.1. Análise das possíveis causas	89
5.5.2. Aplicação dos 5 porquês	90
6. Conclusões gerais e perspectivas de desenvolvimento futuro	98
6.1. Conclusões	98
6.2. Trabalhos futuros	99
Referências Bibliográficas	103
ANEXO.....	106
ANEXO 1 - LISTAGEM DAS PARAGENS	106
ANEXO 2 - TABELA RESUMO DOS VALORES OBTIDOS NO CÁLCULO DO OEE .	108
ANEXO 3 - ANÁLISE DOS “5 PORQUÊS”	110

ÍNDICE GERAL

ANEXO 4 – INSTALAÇÃO DOS “OLHOS VIRTUAIS”	113
ANEXO 5 - MANUAL ILHA DAS RODAS.....	174
ANEXO 6 - GUIA DE PROCEDIMENTOS.....	213

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - OEE, um indicador tridimensional. (Silva, 2013)	14
Figura 2 - Gráfico Pareto com frequências diferenciadoras. (Grosfeld-Nir, 2006).....	20
Figura 3 - Gráfico Pareto com frequências muito uniformes. (Grosfeld-Nir, 2006).....	21
Figura 4 - Gráfico de Pareto e as classes. (Almeida, 2020)	22
Figura 5 - Fluxograma de procedimento da ferramenta “5 porquês”. (J. P. Pinto, 2014)	23
Figura 6 - Modelo de relatório A3 proposto pela empresa PSA. (Documentação interna PSA, 2009).....	27
Figura 7 - Exemplo de um esquema da clarificação de objetivos. (Documentação interna PSA, 2009)	28
Figura 8 - Esquema de decomposição de problemas. (Documentação interna PSA, 2009).....	28
Figura 9 - Esquema da definição dos objetivos. (Documentação interna PSA, 2009).....	29
Figura 10 - Exemplo de um formulário de registo dos planos de ação e do cronograma.	30
Figura 11 - Representação do posto “Ilha das Rodas”. (Documentação interna PSA)	36
Figura 12 - Imagens do conjunto aranha mais caixa.	37
Figura 13 - (A): Agarre da roda na base rolante; (B): Base rolante vazia.	38
Figura 14 - Representação dos elementos que integram o sistema de fornecimento de parafusos.....	38
Figura 15 - Tipo de parafusos usados no aperto nas rodas.....	39
Figura 16 - Alimentador com os cinco parafusos.....	39
Figura 17 - Evacuador na posição funcional.....	40
Figura 18 -Roda Evacuada.....	40
Figura 19 - Esquematização dos postos anteriores e posteriores à ilha das rodas.....	41
Figura 20 - (A): Leitura 2D de uma roda de jante normal; (B): Leitura 2D de uma roda de jante especial.....	42
Figura 21 - Posicionamento do automóvel no posto.	43
Figura 22 - (A): Leitura 3D da roda; (B): Imagem obtido por varrimento infravermelho.	43
Figura 23 - Aparafusadora após retirar todos os parafusos do alimentador.	44
Figura 24 - Imagens obtidas após a leitura dos discos.	45
Figura 25 - Imagem obtida pela câmara 2D, a roda encontra-se fora dos limites na base rolante.	50
Figura 26 - Roda descentrada na base rolante.	51
Figura 27 - (A): A leitura do disco aparece cortada; (B): Leitura completa de todos os furos.....	51
Figura 28 - Imagens obtidas através da leitura 2D da roda, situada na base rolante.....	52
Figura 29 - (A):Aperto bem sucedido com um binário superior a 5Nm; (B): Falha no aperto, o controlador indica erro.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 30 - Falha na entrega dos parafusos ao robô, o alimentador não contém os cinco parafusos.	54
Figura 31 - A aparafusadora do robô não retirou os cinco.....	54
Figura 32 - Alimentador obstruído.....	55
Figura 33 - Falha do agarre do parafuso no alimentador.	56
Figura 34 - Câmara 3D e eixo de servo pinça.....	57
Figura 35 - Pilha das rodas caídas após colisão.	57
Figura 36 - Embate da garra do robô com o charriot.	58
Figura 37 - “Crash” do programa.....	59
Figura 38 - Mensagem na consola que indica a proximidade a uma singularidade.....	60
Figura 39 - Alerta do painel view para falha dos dados “ <i>trasvaze</i> ”.....	60
Figura 40 - Fechadura e porta encurvada.	62
Figura 41 - Travão de charriot de uma base rolante empenado.	62
Figura 42 - (A): Colisão do robô com a gaveta dos parafusos (B) : marca da colisão na gaveta (C): desgaste da garra após constantes batimentos.	63
Figura 43 – Folha de registo das paragens e outras informações importantes.....	65
Figura 44 – Folha de anotação do aparecimento de novas falhas ou de novas situações ainda não registadas.	65
Figura 45 - Percentagem dos resultados obtidos para as diferentes situações, do robô1.....	67
Figura 46 - Percentagem dos resultados obtidos para as diferentes situações, do robô2.....	67
Figura 47 - Resultados do número de vezes que cada falha se verificou.....	69
Figura 48 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 1.	71
Figura 49 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 2.	72
Figura 50 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu na ilha das rodas (robô1 e robô2).....	74
Figura 51 - Diagrama de Pareto relativo ao tempo que cada falha demora a ser corrigida. ...	76
Figura 52 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o robô 1 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	77
Figura 53 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o robô 2 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	79
Figura 54 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o posto, ilha das rodas, esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	81
Figura 55 - Percentagens obtidas para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade em função do dia e do turno para a ilha das roda.	86
Figura 56 - Diagrama de decomposição do problema.	89

ÍNDICE DE TABELA

Tabela 1 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 1.	71
Tabela 2 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 2.	73
Tabela 3 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu na ilha das rodas (robô1 e robô2).....	74
Tabela 4 - Tempos médio de correção de cada paragem.	75
Tabela 5 - Classificação ABC relativa ao tempo que cada falha demora a ser corrigida.	76
Tabela 6 - Classificação ABC alusiva ao tempo que o robô1 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	78
Tabela 7 - Classificação ABC alusiva ao tempo que o robô2 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	79
Tabela 8 - Classificação ABC alusiva ao tempo que o posto esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.	81
Tabela 9 - Resultados obtidos para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade para a ilha das rodas.	87
Tabela 10 - Resultados obtidos para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade para a ilha das rodas em função do turno em funcionamento.	88
Tabela 11 - Aplicação dos “5 porquês” à falha nº1.	91
Tabela 12 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº3.	93
Tabela 13 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº16.	94
Tabela 14 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº6.	95
Tabela 15 - Aplicação dos “5 porquês” à falha nº2.	97

BREVIATURAS E SIGLAS

JIPE	Japanese Institute of Plant Engineering
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Plan Do Check Act
PM	Preventive Maintenance
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control

1. Introdução

O sector automóvel europeu, é o mercado líder nas exportações dos veículos fabricados e detêm de um impacto significativo na empregabilidade, no crescimento económico e na inovação da União Europeia. Atualmente, o sector origina um volume de negócios que representam 7% do PIB total da Europa e conta com cerca de 14,6 milhões de empregos ligados direta e indirectamente ao sector (ACEA - European Automobile Manufacturers Association, sem data).

De acordo com a ACAP (Associação do Comércio Automóvel de Portugal), a industria automóvel em Portugal não é exceção e tem uma elevada importância na criação de postos de trabalho e nas exportações do País, contribuindo significativamente para a balança comercial portuguesa, já que, mais de 98% dos veículos fabricados são destinados ao mercado externo (ACAP, sem data).

A Peugeot Citroën Automóveis Portugal, é uma unidade industrial situada em Mangualde pertencente ao Groupe PSA, atualmente é responsável pela produção de veículos comerciais ligeiros e à semelhança de todas as empresas o seu objetivo primordial passa por apostar no fator competitividade, dado a crescente e forte concorrência, recorrendo para tal à melhoria contínua e otimização dos seus processos produtivos.

O presente trabalho de Estágio está inserido na unidade curricular de Dissertação, do Mestrado de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. O estágio foi enquadrado num projeto de melhoria do desempenho operacional de um posto na linha de montagem na empresa Peugeot Citroën Automóveis Portugal SA, usando algumas ferramentas da metodologia do TPM (*Total Productive Maintenance*), nomeadamente a análise de Pareto, o índice OEE e os “5 porquês”.

A análise de Pareto, assume-se como ferramenta que prioriza e classifica os atributos de uma dada ocorrência, possibilitando que a concentração dos esforços sejam dirigidos aos principais problemas e não aos com menor relevância.

O índice OEE, do inglês *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento), tem em consideração três elementos fundamentais a disponibilidade, a performance e a qualidade, e é utilizado na medição da eficiência global de um equipamento, bem como, na identificação das perdas.

A análise dos “5 porquês” é uma ferramenta que visa a identificação da origem de um problema e que incentiva a aplicação de medidas de correção que as eliminem definitivamente.

1.1. Objetivos

O centro de produção Mangualde, é uma unidade industrial pertencente ao Grupo PSA. Atualmente é responsável pela produção de cinco modelos de veículos comerciais ligeiros, sendo que neste momento conta com cerca de 1000 colaboradores e está a fabricar aproximadamente 300 veículos por dia, com três turnos em funcionamento.

O principal objetivo desta empresa, passa pela otimização contínua dos processos industriais, com a finalidade de maximizar a produtividade, melhorar a competitividade e cumprir os prazos de entrega. A empresa aposta na inovação como base de criação de valor e pretende oferecer ao cliente, a qualidade de um produto fiável com um bom nível de desempenho e a garantia da sua satisfação.

O presente trabalho pretende estar alinhado com os objetivos da empresa, através da identificação das paragens e “perdas” na linha de montagem, e irá consistir numa análise do posto *MVM 13* conhecido como “Ilha das Rodas”. O posto *MVM 13* é parte integrante da linha de montagem e contém dois robôs que colocam todas as rodas do automóvel, mais concretamente: - o *robô 1*, que é o responsável pela colocação da roda de socorro e das duas rodas do lado esquerdo do automóvel e o *robô 2*, que tem como função a colocação das duas rodas do lado direito.

O posto em estudo foi projetado para operar sem interferência humana, no entanto, a constante ocorrência de paragens, causadas por diversos tipos de falhas que vão ocorrendo ao longo dos turnos, implica que, por cada falha, um colaborador tenha de sair do seu posto e intervir na resolução da falha, de maneira a colocar a ilha novamente em funcionamento.

O estágio começou com o estudo do posto, procedendo à identificação das perdas mais recorrentes, bem como, à recolha de informações quanto às origens e causas de tempo perdido e quanto às áreas constituintes da ilha que são susceptíveis de melhorias, para tal, recorreu-se essencialmente a duas grandes ferramentas do TPM: análise de Pareto e ao cálculo do indicador OEE - *Overall Equipment Effectiveness*.

Os objetivos específicos estabelecidos pela empresa para estágio, foram os seguintes:

- Observação do processo de colocação das rodas e do modo operativo dos dois robôs;
- Listagem das paragens mais frequentes no posto *MVM 13*;
- Elaboração de um manual, capaz de facultar as informações base relativas à ilha das rodas;
- Elaboração de um guia procedimentos, apto a guiar na correção das falhas;
- Recolha de dados e medição da frequência com que ocorre cada tipo de falha, bem como o tempo que cada uma demora a ser corrigida;
- Aplicação da análise Pareto, às paragens que refletem falhas;
- Cálculo do indicador OEE do posto;
- Análise das possíveis causas com a ferramenta dos “5 porquês”.

1.2. Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação para a realização do estágio foi a que se designa por “action-research” e que tem como objectivo a pesquisa e a resolução de problemas nas organizações, com a participação não só de quem realiza o estudo mas também de todos os colaboradores que, de alguma forma, fazem parte do processo ou sistema.

A primeira fase do projecto, consistiu na recolha bibliográfica, com o intuito de obter informações cruciais ao entendimento do conceito TPM e das suas ferramentas: - o cálculo do indicador OEE, Overall Equipment Effectiveness (em destaque no trabalho de estágio), bem como da ferramenta de análise de Pareto, “5 porquês”, e do relatório A3.

O início do estágio teve como atividade principal ficar a conhecer o modo operativo de toda ilha, inclusive quais as paragens mais frequentes. Dado a inexistência de um documento capaz de guiar na correção das falhas, efectuou-se um manual de operação da ilha que contém informações bases relativas ao seu funcionamento, bem como um guia de procedimentos que como o nome indica, integra os procedimento, especificados por etapas, para a resolução das referidas paragens na produção e na conseqüente retoma do seu funcionamento. A etapa seguinte, consistiu na recolha de dados, através da nomeação de três colaboradores (um por turno) que procederam ao preenchimento de tabelas criadas para esse

fim. Seguidamente, é necessário transformar os dados em informação, recorrendo-se à análise de Pareto e ao cálculo do indicador OEE. Por último e através da ferramenta “5 porquês” é feito o estudo das possíveis causas das principais falhas.

1.3. Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está organizada em seis capítulos: introdução, estado da arte, grupo PSA e o posto de trabalho em estudo, estudo do caso: manuais de operação e de avarias, aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados e conclusões gerais e perspetivas de desenvolvimento futuro.

No primeiro capítulo, correspondente à introdução, é exposta uma breve descrição do tema e das motivações do trabalho de estágio, assim como a metodologia utilizada.

No segundo capítulo, estudo do estado da arte, apresenta-se uma revisão bibliográfica com os conceitos mais relevantes para o desenvolvimento do trabalho, obtida através de pesquisa bibliográfica de artigos e obras publicadas por autores de referência na área.

No terceiro capítulo, apresenta-se a empresa e o posto de trabalho em estudo.

No quarto capítulo, é descrito e explicado como se fez o manual do posto e o manual de procedimentos de avarias, também é definido e explicada a estratégia de recolha de dados.

No quinto capítulo fez-se a aplicação das ferramentas TPM mais concretamente, a análise de Pareto, o OEE e os “5 porquês”, também são apresentados os resultados e identificadas as principais causas das paragens, bem como as acções a desenvolver para a verificação das causas.

Por fim, no sexto capítulo, conclusão, expõem-se os resultados e as conclusões obtidas ao longo do projeto, e ainda algumas considerações e trabalhos futuros.

2. Estado da arte

2.1. Origem e Enquadramento Histórico

Após a Segunda Guerra Mundial, as empresas japonesas reconheceram a necessidade de melhorar a qualidade dos seus produtos, com o intuito de serem mundialmente competitiva, para tal fim, recorreram à importação de técnicas de gestão e de produção industrial dos Estados Unidos da América (EUA), ajustando e otimizando-as à sua atual indústria. Anos mais tarde, os seus produtos atingiram uma qualidade mais elevada que o resto do mundo, de forma que atraíram a atenção de todo o mundo para as técnicas de gestão japonesas. (Nakajima 1989)

Foi em 1949 que Seiichi Nakajima ingressou na Japan Management Association, tendo realizado consultorias em mais de 100 empresas ao longo da sua carreira. Em 1951 introduziu o conceito de manutenção preventiva do EUA (*Preventive Maintenance* - PM), implementado pela primeira vez e nesse mesmo ano na empresa Toa Nenryo Kogyo. No ano de 1962, deslocou-se ao país fundador da PM, manutenção preventiva, como forma de aprofundar os seus conhecimentos referentes aos processos produtivos americanos. (Nakajima, 1989)

Nos anos 60 as empresas japonesas começaram a adotar equipamentos cada vez mais automatizados, requerendo uma maior quantidade de mão de obra disponível para manutenção, acontecimento que levou à introdução do conceito de manutenção produtiva, dotado de um reconhecimento alusivo à importância da fiabilidade, manutenção e eficiência económica. Nesta fase a prática da manutenção dos equipamentos, até então realizada apenas pelos técnicos da manutenção, passou também a ser executada pelo departamento de produção, isto é, os operadores de produção ficaram não só os responsáveis pela produção, como pela manutenção básica do seu próprio equipamento. (Nakajima, 1989)

Em 1961 e sob orientação de Seiichi Nakajima, uma conhecida empresa japonesa, Nippondenso Co., fornecedora de componentes eléctricos da *Toyota Car Company*, implementou o conceito de manutenção produtiva. Com o propósito de progredirem rapidamente numa produção automatizada, em 1969 expandiram o conceito a todos os departamentos da empresa, abrindo espaço para uma nova e melhorada evolução do mesmo conceito. O que antes se remetia exclusivamente ao departamento de manutenção e de

produção passou agora a abranger todos os seus departamentos, desde os operadores de máquinas, responsáveis pela manutenção até à gerência, passando pelos quadros intermédios. Diante disso a Nippondenso Co., tornou-se na primeira empresa a pôr em prática o conceito de “Manutenção Produtiva Total”, mais conhecida por TPM (*Total Productive Maintenance*). O êxito que derivou da sua implementação foi reconhecido e passado dois anos pelo Japanese Institute of Plant Engineers (JIPE), que atribuiu pela primeira vez o prémio de desenvolvimento e implementação da TPM (Premio PM). (Nakajima, 1989)

O desenvolvimento dos sistemas TPM tiveram início nos anos 70, resultante da combinação entre as práticas de manutenção preventiva com os conceitos japoneses de Controlo Total da Qualidade (*Total Quality Control*, TQC), a TPM é uma metodologia que assenta no respeito pelas pessoas e na envolvimento de todos os colaboradores. Revelou-se ainda, num a sistema capaz de aumentar a eficácia de toda a organização. É de notar, que a grande distinção entre a manutenção preventiva importada dos EUA e a TPM com o facto, já referido, de que a implementação da TPM nas indústrias Japonesas implicou a participação e o envolvimento de todas as hierarquias da organização, ao invés das indústrias americanas nas quais o único departamento envolvido na manutenção preventiva era o próprio departamento de manutenção, sendo que, os operadores de produção só teriam de se preocupar em produzir. (Nakajima 1989)

2.2. Conceito de Manutenção Produtiva Total, TPM

Suzaki (1987), afirma que a TPM é um conceito de manutenção produtiva e que o envolvimento de todos os elementos que integram a organização é um fator crucial para se conseguir atingir o objetivo da sua implementação, isto é, a eficácia de todo o sistema de produção. Também Willmott & McCarthy (2001), sublinha a importância de haver uma parceria equitativa entre os departamentos da produção e da manutenção optando por intitular a metodologia TPM como *Total Productive Manufacturing*, refere ainda a importância do envolvimento de todas as pessoas na constante procura de soluções criativas que promovam a eliminação dos problemas.

Gosavi (2006), refere que a metodologia TPM tem sido vastamente empregue na indústria, produzindo resultados favoráveis que derivam do sucesso da sua implementação,

um exemplo disso, é a otimização dos equipamentos através da redução das avarias inesperadas das máquinas.

Chan et al. (2005), investiga a eficácia da implementação da metodologia TPM numa empresa que fabrica componentes electrónicos. Afirma que, a sua implementação levou ao surgimento de mudanças muito benéficas para a organização, tanto a nível da eficácia dos equipamentos como da capacitação dos funcionários. No primeiro caso reside o facto de se ter verificado uma elevada melhoria da eficácia do equipamento e da qualidade do produto, o que levou a um conseqüente incremento da produtividade. Já a capacitação dos funcionários, resultou do surgimento de uma equipa mais entusiasmada, com um espírito de trabalho mais fortificado, um ambiente de trabalho mais alegre e descontraído, novos e melhorados hábitos de trabalho e de novas habilidades técnicas.

À semelhança dos autores anteriores, também Chan et al. (2005) assegura que uma TPM eficiente provém da relação sinérgica entre todas as atividades da organização, mais particularmente entre as da produção e da manutenção, objetivando uma contínua melhoria da qualidade do produto, da eficiência operacional e a garantia da capacidade produtiva.

Nakajima (1989) acrescenta ainda, que uma das principais metas da TPM é conseguir atingir a máxima eficiência dos equipamentos, intensificando os “*outputs*” com a minimização dos “*inputs*”. Entende-se por “*outputs*” a produção, qualidade, custo, entrega, segurança e moral e por “*inputs*” os homens, máquinas e materiais.

2.3. Premissas fundamentais do TPM

JIPM, caracteriza os princípios do TPM em cinco premissas fundamentais: (Nakajima, 1989) (C. V. Pinto, 2002)

1. Maximização da eficiência dos equipamentos (melhoria do rendimento global);
2. Desenvolvimento de um sistema de manutenção produtiva industrial, cobrindo toda a vida útil do equipamento;
3. Envolvimento e participação de todos os departamentos envolvidos na planificação, projeção e execução da manutenção dos equipamentos;
4. Participação de todos os funcionários, desde o topo da hierarquia à base;
5. Desenvolvimento de atividades autónomas em pequenos grupos.

2.4. Implementação da TPM

É importante que cada instituição se baseie nas suas próprias características, a fim de determinarem qual o programa de implementação de TPM que melhor se ajusta e que possibilita a obtenção dos resultados pretendidos, inclusive o método de produção empregue, o estado em que os equipamentos se encontram e os pontos onde decorrerem problemas de todos os tipos. (Nakajima, 1989)

Nakajima (1989), refere que a alta administração deverá começar por tornar a TPM política base da empresa, através do estabelecimento de metas globais que servirão de alicerce para a tomada de decisões dos pequenos grupos.

De seguida são expostas cinco metas, que segundo Nakajima (1989) refletem os requerimentos mínimos para o desenvolvimento da metodologia TPM e que devem ser transversais a todas as instituições:

1. Melhoria da eficiência dos equipamentos:

De forma a que esta meta seja atingida com sucesso, é imprescindível a formação de grupos de projeto, normalmente constituídos por pessoal de engenharia, manutenção e pelo responsável pela logística, capazes de analisar e identificar os equipamentos/máquinas nas quais subsistem perdas crónicas e que apresentam, preferencialmente, margem para significativas melhorias num período razoável, dependendo do tipo de empresa. Após a seleção dos equipamentos, cada grupo de projeto fica responsável por uma das seis grandes perdas.

Com o alcance dos esperados resultados positivos gera-se a oportunidade de amplificar o projeto aos restantes equipamentos, através da criação de novas atividades de melhoria, efetuadas por pequenos grupos pertencentes a cada sector.

2. Desenvolvimento de uma manutenção autónoma pelos operadores:

A presente meta exige uma mudança de atitude por parte dos operadores de máquinas, que acostumados a estar unicamente responsáveis pela produção terão agora de passar a ser também responsáveis pela manutenção do próprio equipamento.

A manutenção autónoma deve vir acompanhada por formações complementares, de nada adianta o operador proceder a manutenções superficiais se não possui conhecimentos para tal, podendo mesmo originar um agravamento do estado do equipamento conduzindo a avarias e a defeitos de qualidade.

3. Manutenção Planeada:

Esta etapa remete-se ao planeamento de um programa de manutenção, projetado pelo departamento de manutenção, que deverá ser capaz de responder com prontidão e eficácia às solicitações dos operadores, bem como, de proceder à eliminação da deterioração, resultante de uma má lubrificação e limpeza ineficaz. Também é da sua responsabilidade, uma análise mais aprofundada da causa das avarias e dos pontos frágeis do equipamento, por forma a facilitar a sua posterior manutenção e aumentar a sua vida útil.

4. Formação para a obtenção de melhorias a nível das competências operativas e de manutenção:

O êxito proveniente da manutenção autónoma é dependente do nível de competência do operador e do pessoal de manutenção, dado que uma manutenção totalmente automática sem qualquer intervenção humana não é factível, como tal, é de extrema importância que uma empresa invista na formação dos seus funcionários no manuseamento de equipamentos.

5. Programa inicial do TPM :

A implementação do TPM, tem como finalidade a prevenção de problemas que possam ocorrer aquando o lançamento de um novo projeto ou o arranque de um novo equipamento. É inconcebível a idealização de uma máquina/equipamento que não requer qualquer tipo de

manutenção, contudo a criação de um novo sistema capaz de se aproximar ao conceito de “máquina ideal” é de grande importância para a obtenção de resultados favoráveis.

A obtenção de um equipamento sem manutenção corretiva pode ser dividida em duas fases, a primeira inicia-se com o projeto e concepção do equipamento que apresenta como objetivo primordial a minimização da sua manutenção, posteriormente é produzido, instalado e testado mesmo antes de ser colocado na produção normal. A segunda fase é a de operação-manutenção na qual o equipamento já está a operar normalmente e é realizada uma programação de inspeções regulares e de manutenções programadas, e que após o seu uso normal é considerada a sua modificação caso sejam necessárias novas melhorias podendo ser restaurado ou até substituído.

Adicionalmente, Pinto (2002) resume em doze etapas a implementação da TPM, sendo que as sete complementares ao já referido por Nakajima (1989), são as seguintes:

- 1 - Realização de um anúncio, por parte da administração da empresa, que visa informar acerca da decisão de introdução da TPM;
- 2 - Realização de campanhas e seminários, com o intuito de facultar a formação necessária à implementação da metodologia.
- 3 - Constituição de uma estrutura capaz de promover e dinamizar a TPM, nesta etapa deve ser definido o responsável, o secretariado de promoção e das comissões e os grupos de trabalho.
- 4 - Estabelecimento da linha de ação que a empresa pretende seguir e dos objetivos a atingir.
- 5 - Estipulação do plano diretor da metodologia TPM.
- 6 - Lançamento da TPM.
- 7 - Estabelecimento de um novo programa a partir da informação e experiência recolhida, seguida da definição de novas metas.

Á semelhança de Nakajima (1989), também Pinto (2002) sublinha a importância de adaptar as etapas a cada empresa, de acordo com a atividade exercida, dimensão e cultura.

2.5. “Seis grandes perdas”

O êxito da implementação da metodologia TPM, necessita do trabalho conjunto de todos os níveis hierárquicos integrantes da organização. Deverão ter como objetivo comum a eliminação das 6 grandes perdas, como tal, Nakajima (1989) nomeia a aplicação de três fatores que visam o acréscimo de melhorias no local de trabalho: mudança de atitude, por parte de todos os envolvidos no projecto, que se possa traduzir em motivação (*yaruki*), acréscimo das competências operacionais (*yaruide*) e criação de um bom ambiente de trabalho propício à introdução da TPM (*yaruba*).

Seguidamente, são exibidas as “seis grandes perdas” definidas por (Nakajima, 1989):

Perdas de tempo morto:

1. Perda por avarias:

Ocasionadas por falhas no equipamento, as perdas por avarias refletem-se no decréscimo da produtividade e no aumento dos produtos defeituosos. Do total das perdas são as avarias esporádicas que ocupam uma maior percentagem, este tipo de avarias repentinas e inesperadas são de fácil deteção, no entanto, a sua eliminação total é de extrema dificuldade o que torna primordial a procura de soluções para as eliminar. A restante percentagem de avarias possíveis é atribuída às avarias crónicas, que contrariamente às esporádicas, estas são frequentemente ignoradas e descuidadas após diversas tentativas de reparação.

Meta: Zero perdas. Um aumento da eficiência do equipamento obriga há não ocorrência de qualquer avaria.

2. Perdas de preparação e ajustes nas mudanças de produção (Setup):

Este tipo de perdas, ocorre quando uma máquina sofre mudanças e ajustes que a tornam capaz de produzir um produto distinto do até então produzido, como resultado dessas mudanças sucedem tempos mortos e produtos defeituosos. A distinção entre o Setup interno (operações executadas com o equipamento parado) e o Setup externo (todas as restantes

2. Estado da arte

operações que poderão ser elaboradas com a máquina em funcionamento) é importante e a sua identificação leva a uma considerável redução do tempo de preparação dos equipamentos.

Meta: Minimizar setups. Dado a inevitabilidade deste tipo de perdas, devem ser feitos esforços direcionados para a uma redução dos tempos de preparação e ajustes para um máximo de 10 minutos.

Perdas de velocidade:

3. Perdas por pequenas paragens e operação em vazio:

São interrupções momentâneas da produção, ocasionadas por um mau funcionamento temporal ou quando o equipamento está inativo (como por exemplo as paragens causadas por peças que obstruem as linhas e tem de ser retidas ou até sensores que provocam paragem da máquina quando um produto sai defeituoso). O equipamento é rapidamente posto novamente em funcionamento, dado a facilidade de correção, no entanto este tipo de perda é bastante frequente o que o torna de difícil quantificação.

Meta: Zero perdas. Todas as condições operativas deverão ser estudadas detalhadamente, por a forma a tornar possível a eliminação total de todos os pequenos defeitos e erradicar este tipo de perdas.

4. Perda da velocidade da produção:

Uma diminuição da velocidade de produção reflete-se na diferença entre a velocidade que seria esperada e a velocidade operativa real, podendo ser gerada por diversos problemas da máquina, tais como: problemas mecânicos, desgaste, uso excessivo entre outros.

Meta: Zero perdas. É necessário fazer corresponder a velocidade operativa real com a velocidade prevista no projeto. Posteriormente, deverão ser feitas melhorias com vista a um possível incremento da velocidade.

Perdas por defeitos:

5. Defeitos no processo e retrabalho:

O mau funcionamento de uma máquina de produção pode gerar perdas de qualidade, devido ao surgimento de defeitos na qualidade ou produtos que requerem trabalho complementar. Quando as avarias são esporádicas a sua correção é fácil e rapidamente é restituída a funcionalidade normal do equipamento, já as crónicas são de difícil deteção e exigem uma avaliação rigorosa e intervenções inovadoras capazes de as reparar. O retrabalho é tido como uma perda crónica.

Meta: Zero perdas. As causas dos defeitos de qualidade dos produtos devem ser identificadas e levadas até aos limites de controlo, a meta principal será a sua eliminação completa, sendo unicamente aceitáveis ocorrências insignificantes.

6. Perdas de rendimento durante o arranque:

O arranque inicial de uma produção pressupõem sempre perdas de rendimento como consequência de diversos fatores, tais como: o tempo que o processo demora a atingir a sua estabilização (temperatura, pressão, etc.), procedimentos de manutenção aos equipamentos, como é o caso das trocas de matrizes e de moldes, entre outros. O número de ocorrências verificadas para este tipo de perda são bastante elevadas.

Meta: Minimizar. As perdas de rendimento durante o arranque de um processo são bastantes elevadas e é impossível serem reduzidas a zero, pelo que, a sua minimização é de extrema importância.

2.6. OEE-“Overall Equipment Effectiveness”

Dado a crescente e forte concorrência global, as empresas tendem a focar-se cada vez mais no fator da competitividade, recorrendo para tal, à melhoria e otimização dos seus processos produtivos, conseguido através da identificação e eliminação das perdas e uma consequente minimização dos custos de produção. (Huang et al., 2003)

Toda esta competição gerou a necessidade de haver um sistema de medição rigoroso; No âmbito da metodologia TPM, surge o indicador que mede o desempenho dos equipamentos de forma tridimensional, “*Overall Equipment Effectiveness*” (OEE). O indicador tem em consideração três elementos fundamentais, a disponibilidade do equipamento, a performance e a qualidade do produto obtido. (Silva, 2013)

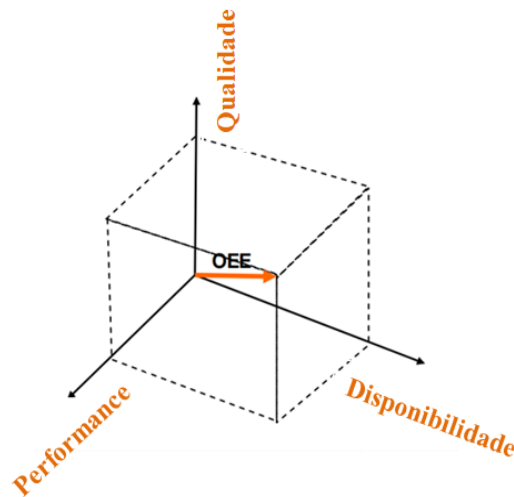


Figura 1 - OEE, um indicador tridimensional. (Silva, 2013)

Muchiri & Pintelon (2008), sublinha a importância das empresas ponderarem primeiramente a aplicação do indicador OEE, ao invés de considerarem novos investimentos para aumentar a capacidade de produção, tais como, a adição de horas extra, a contratação de trabalhadores para novos turnos ou até a compra de novas linhas de produção. Assegura ainda que o OEE poderá representar uma ajuda crucial na redução de gastos, visto ser uma ferramenta rigorosa, capaz de medir diferentes tipos de perdas de produção, fornecer informações quanto às áreas susceptíveis a melhoria do processo e ainda quanto às principais fontes de tempo perdido.

Um exemplo da aplicação do OEE é o caso de Gupta & Vardhan (2016), que após a realização de um estudo numa empresa que fabrica tratores, situada na Índia, concluiu que o indicador OEE é uma importante ferramenta de controlo que possibilitou solucionar problemas na produção e nas limitações do desempenho operacional. Da sua aplicação, resultou a evidência do potencial do OEE no aumento da eficácia de um equipamento e na melhoria da capacidade do processo.

Importa referir que as seis grandes perdas estão inteiramente ligadas ao OEE, visto que num equipamento as menores perdas por avarias e por preparações (perdas 1 e 2) traduzem-se numa maior disponibilidade, o mesmo acontece com a redução dos tempos mortos e das perdas por diminuição de velocidade (perdas 3 e 4) que conduzem ao aumento do desempenho. Por último, temos que uma minimização dos defeitos de qualidade, isto é, dos retrabalhos e de produtos defeituosos durante a fase de arranque (perdas 5 e 6), elevam o terceiro fator, a qualidade. (Willmott e McCarthy, 2001) (Nakajima, 1989)

Nakajima (1989) refere ainda, que a TPM possibilita uma maximização da eficácia de um equipamento por meio de dois tipo de atividades:

- **Quantitativas:** A implementação do TPM viabiliza um incremento da disponibilidade do equipamento e leva a significativas melhorias da sua produtividade num dado espaço de tempo operativo;
- **Qualitativas:** Da implementação da TPM, surge uma conseqüente redução do número de produtos defeituosos e uma melhoria da qualidade dos produtos.

2.6.1. Cálculo do OEE

O indicador OEE é obtido através da multiplicação dos três fatores que o constituem: disponibilidade, performance e qualidade (Equação 1). (Nakajima, 1989)

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

2. Estado da arte

A percentagem de cada um dos indicadores, pode ser determinada através das equações apresentadas de seguida:

Disponibilidade operacional:

A disponibilidade operacional é dada pela equação (2) e (3):

$$\%Disponibilidade = \frac{\textit{Tempo operativo}}{\textit{Tempo de carga}} \quad (2)$$

$$\%Disponibilidade = \frac{\textit{Tempo de carga} - \textit{Tempo de paragens}}{\textit{Tempo de carga}} \quad (3)$$

Em que:

- **Tempo operativo:** É o tempo efetivo de produção, mais concretamente, o tempo durante o qual o equipamento está realmente a operar:

$$\textit{Tempo operativo} = \textit{Tempo de carga} - \textit{Tempo de paragens} \quad (4)$$

- **Tempo de carga:** O tempo de carga é referente á disponibilidade líquida da máquina, ou seja, é o tempo durante o qual a máquina se encontra totalmente disponível para operar, excluído o tempo morto já planificado, tal como, reuniões ou interrupções do programa de produção.
- **Tempo de paragens:** Tempo correspondente ás paragens da máquina, como é o caso das avarias, preparações, ajustes e mudanças de ferramentas.

Performance

O indicador performance é dado pela equação (5):

$$\%Performance = \%Velocidade\ operacional \times \%Operação\ líquida \quad (5)$$

Em que:

- **Velocidade operacional:** é a relação entre o tempo de ciclo ideal para a produção de um produto e o tempo de ciclo real (Equação 6).

$$\%Velocidade\ operacional = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal}{Tempo\ de\ ciclo\ real} \quad (6)$$

- **Operação líquida:** é referente ao tempo durante o qual o equipamento opera a uma velocidade estável e constante, ao tempo operativo são subtraídas as perdas originadas por paragens menores de operação a velocidades inferiores, resumidamente, a taxa de operação líquida é o reflexo das perdas originadas por paragens menores:

$$\%Operação\ líquida = \frac{Qe \times Tempo\ de\ ciclo\ real}{Tempo\ operativo} \quad (7)$$

Onde Qe , é a quantidade total de produtos produzidos.

Temos então, que a percentagem de performance é a seguinte:

$$\%Performance = \frac{Qe \times Tempo\ de\ ciclo\ real}{Tempo\ de\ carga - Tempo\ de\ paragens} \times \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal}{Tempo\ de\ ciclo\ real} \quad (8)$$

2. Estado da arte

Simplificando, ficamos com:

$$\%Desempenho = \frac{Qe \times \text{Tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo de carga} - \text{Tempo de paragens}} \quad (9)$$

Qualidade

$$\%Qualidade = \frac{Qt \text{ de produtos aceitáveis}}{Qt \text{ total produzida}} \quad (10)$$

Onde Qt , é quantidade e sendo que:

- **Quantidade de produtos aceitáveis:** É igual aos inputs subtraídos aos produtos defeituosos como resultado dos arranques da produção, defeitos do processo e dos produtos de ensaio (Equação 11).

$$Qt \text{ de produtos aceitáveis} = Qt \text{ total produzida} - Qt \text{ produzida com defeito} \quad (11)$$

2.6.2 Valores obtidos do OEE

Segundo Hansen (2011), os valores obtidos do OEE facultam informações detalhadas quanto ao estado atual da empresa, podendo ser agrupados em 4 grandes grupos;

- **OEE < 65%:** Valores inaceitáveis. Exigem uma tomada de medidas urgentes, a fim de contrariar a baixa rentabilidade por falta de um bom desempenho do equipamento.
- **65% < OEE < 75 %:** Resultados aceitáveis. Sob condição de tendências evolutivas no último trimestre, ainda que não representem um desempenho de equipamentos completamente satisfatório, sugerem que a empresa tem vindo a sofrer uma evolução positiva.

- **75% < OEE < 85%:** Resultados bastante satisfatórios. Indicam um desempenho controlado, contudo ainda são valores inferiores aos de referência mundial sendo proveitoso para empresa continuar o seu desenvolvimento.
- **OEE > 85%:** Valor de referência mundial. Uma meta que qualquer indústria deve atingir, resultante do êxito da TPM. Neste nível, o desempenho já se encontra devidamente otimizado como resultado das perdas praticamente desprezáveis.

De referir que a importância das percentagens de cada um dos três indicadores, é dependente e variável conforme as características do produto, equipamento, e sistema de produção. À semelhança de Hansen (2011) também Nakajima (1989), baseando-se nos seus estudos, estabelece como meta ideal um OEE acima de 85%.

O OEE constitui um indicador bastante severo, na medida em que só é possível obter um valor elevado quando as três percentagens são deveras altas. Supondo que temos os seguintes valores para um dado equipamento: 94% de disponibilidade, 96,4% de desempenho e 92,2% de qualidade, observando os três indicadores pode-se constatar que são todos altos, visto estarem acima dos 90%. No entanto, procedendo ao cálculo do OEE obtemos por multiplicação um valor de aproximadamente 83,5%, o que de acordo com Nakajima (1989) e Hansen (2011), representa um valor inferior ao de referência mundial.

Com o propósito de elevar o OEE do equipamento, é necessário consumir os seguintes etapas: (Nakajima, 1989)

- Efetuar medições de forma detalhada e exata;
- Estabelecer quais são as prioridades e realizá-las firmemente;
- Estipular as diretrizes a seguir e as metas de maneira inequívocas.

2.7. Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta com origem num estudo à distribuição da riqueza de uma cidade (Milão) realizada pelo economista Vilfredo Pareto, que concluiu que 80% do rendimento se encontrava na posse de 20% da população. (A. Pinto, 2017) Também conhecido como princípio básico 80/20 foi adaptado a diferentes realidades e mais tarde aprimorado para a classificação “A”, “B”, “C”. (Grosfeld-Nir, 2006)

Segundo A. Pinto (2017), os custos da não qualidade resultam dos custos dos produtos defeituosos e são uma realidade que assenta na lei 80/20, em que uma grande parte das perdas terão origem num reduzido grupo de defeitos. Procedendo à identificação e eliminação das causas desse reduzido grupo, é possível suprimir uma parte substancial das perdas motivadas por defeitos. Fey & Gogue (1998) completa esta ideia com a indicação de que a eliminação das causas de 10 a 30% dos produtos defeituosos ou número de defeitos de uma produção, levam a uma melhoria da qualidade e a uma diminuição de cerca de 60 a 80% do custo global dos defeitos, que integram principalmente o custo das reparações e das rejeições.

O diagrama de Pareto, evita a dissipação da atenção para problemas com menor relevância, possibilitando que a concentração dos esforços sejam dirigidos aos problemas principais e facilita a visualização dos diversos elementos que integram o problema em estudo e auxilia na hierarquização dos mesmo, de acordo com o seu nível de importância. (A. Pinto 2017)

De acordo com Grosfeld-Nir (2006), o princípio de Pareto é uma metodologia de fácil implementação e bastante eficaz, que consiste em três fases: classificação dos sintomas ou atributos de uma dada ocorrência, identificação da classe, diferenciação de cada classe através da definição de uma política especializada. O autor refere ainda a importância de se analisar a utilidade de um diagrama de Pareto. Como visto anteriormente, cerca de 20% dos atributos em estudo correspondem a 80% da frequência originando um gráfico de Pareto (Figura 2), no entanto, podem surgir situações em que os atributos em estudo ocorrem a uma frequência quase uniforme, conduzindo a um gráfico de Pareto pouco informativo (Figura 3).

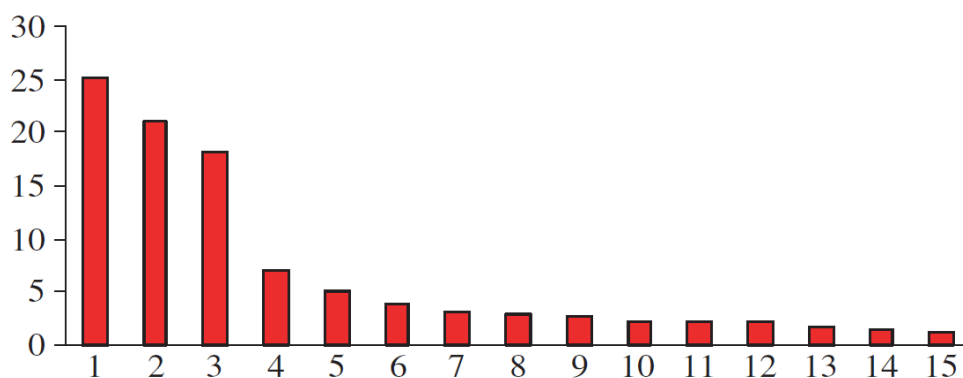


Figura 2 - Gráfico Pareto com frequências diferenciadoras. (Grosfeld-Nir, 2006)

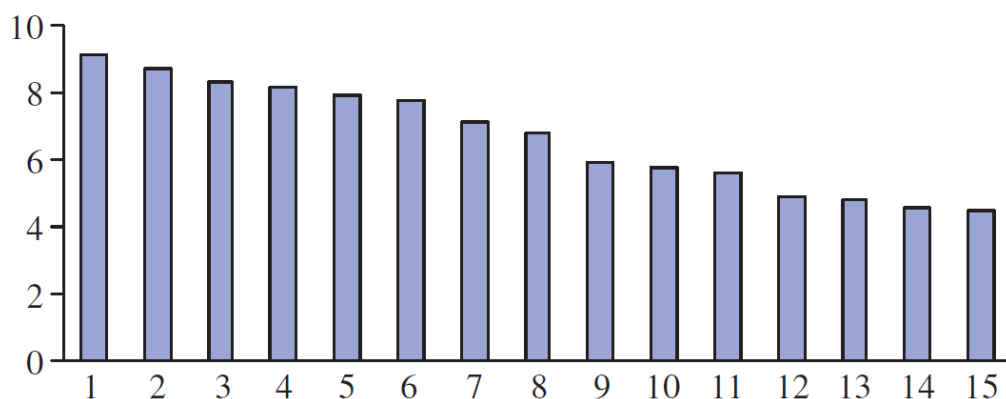


Figura 3 - Gráfico Pareto com frequências muito uniformes. (Grosfeld-Nir, 2006)

Etapas a serem seguidas na construção de um diagrama de Pareto (A. Pinto, 2017):

1. Determinação dos elementos de um problema (categorias/classe/grupos) para a análise de dados;
2. Definição da forma de recolha de dados e determinação da sua periodicidade;
3. Construção de uma tabela com os dados das frequências registados por ordem decrescente;
4. Registo das categorias/classe/grupos listadas na tabela no eixo horizontal;
5. Registo das frequências no eixo vertical;
6. Marcação das frequências em barras verticais e das frequência acumuladas sob a forma de linha.

De acordo com Almeida (2020), o gráfico de Pareto (Figura 4), é composto pelos assuntos que estão em estudo, representados no eixo horizontal e o seu respetivo nível de importância, exposto no eixo vertical e encontra-se repartido por três classes:

- **Classe A:** classe de maior importância, correspondente a uma percentagem do assunto em estudo até 15%;
- **Classe B:** classe de importância intermédia, ocupa uma percentagem de 15 a 35% dos assuntos;
- **Classe C:** classe de pouca importância, correspondente ao intervalo de 35 a 100% dos assuntos.

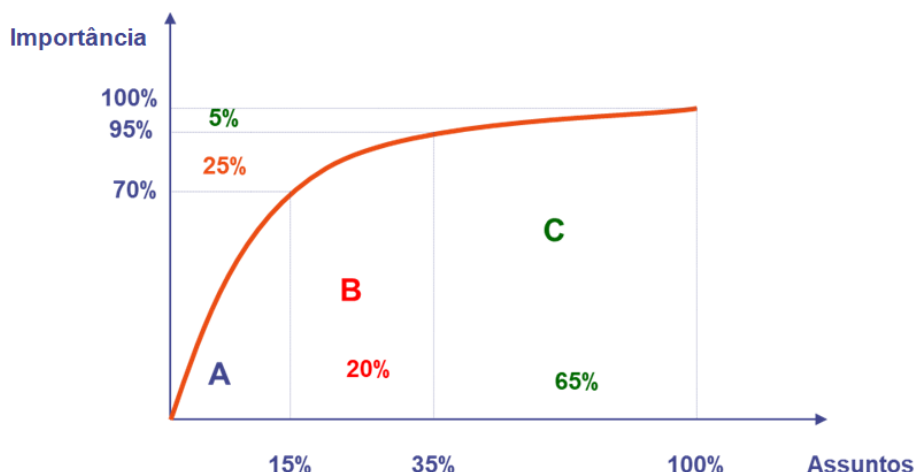


Figura 4 - Gráfico de Pareto e as classes. (Almeida, 2020)

2.8. “5 porquês (5W)”

Também conhecido como “5W”, a análise dos “5 porquês” é uma ferramenta que possibilita determinar a causa-raiz de um problema, ou seja, que incentiva a procura da origem do problema e a aplicação de medidas de correção que as eliminem definitivamente, ao invés de se resolverem apenas os sintomas ou as causas aparentes.

Os procedimentos para aplicação dos 5 porquês, iniciam-se com a identificação do problema, seguido da questão “porquê acontece?” onde deverão ser identificadas todas as possíveis causas. Após a averiguação das causas do problema, deverá ser repetida novamente a mesma pergunta para cada uma das causas as vezes suficientes até que a causa-raiz seja identificada. Por último, segue-se a determinação e aplicação das medidas para resolver a causa-raiz. (J. P. Pinto, 2014)

O fluxograma, apresentado na figura 5, é um exemplo da forma como se processa o conceito, sendo que, o número de vez que é feita a questão “porquê” é variável conforme a dimensão do problema.(J. P. Pinto, 2014)

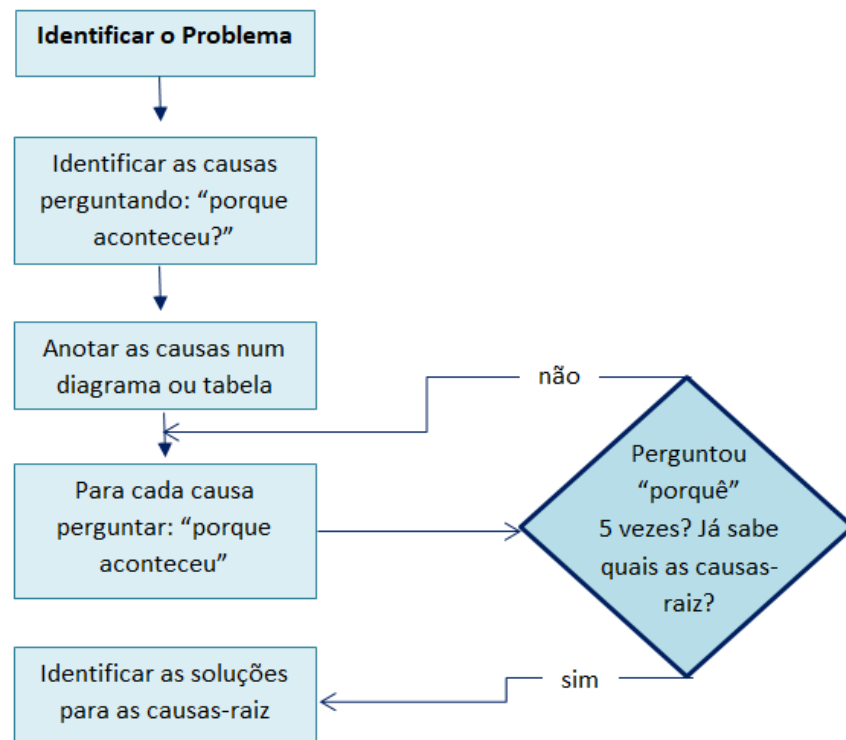


Figura 5 - Fluxograma de procedimento da ferramenta "5 porquês". (J. P. Pinto, 2014)

Como ponto fraco, o autor J. P. Pinto (2014) aponta a subjectividade da opinião de quem aplica a ferramenta, visto que, duas pessoas poderão chegar a diferentes causas-raiz. Situação que pode ser colmatada com o trabalho de equipa e o envolvimento de pessoas com experiência.

2.9. Metodologia Plan Do Check Act (PDCA)

Em meados da década de 1920, Walter Shewhart dá origem a um modelo de gestão designado por ciclo *PDCA*, derivado do inglês *plan, do, check and act*, também conhecido como ciclo de melhoria continua. (A. Pinto, 2017) No entanto, foi em 1950 que W. Edwards Deming faz modificações no ciclo de Shewhart e o torna amplamente conhecido passando a ser também renomado como ciclo de Deming. (Moen e Norman, 2009)

O ciclo *PDCA*, visa essencialmente oferecer um método capaz de simplificar e flexibilizar a tomada de decisões de uma organização, para tal exige a definição dos objetivos gerais e específicos. Sendo que a melhoria é um processo sistemático baseado na definição de prioridades, tem como objetivo principal a melhoria de desempenho e a redução dos custos das atividades da organização, conseguida através da minimização da ocorrência de falhas e consequentemente dos custos dos desperdícios. (A. Pinto, 2017)

O ciclo PDCA ou de Deming é formado pelas quatro etapas exibidas de seguida: (A. Pinto, 2017)

(1) Planear (*plan*):

Como ponto de partida é essencial determinar qual a missão, visão e política da qualidade. De seguida, é necessário proceder à avaliação dos riscos e das oportunidades estipuladas pelo contexto em que se insere, bem como, definir claramente quais os objetivos que se tencionam alcançar. Para conclusão da primeira fase, deverão ser esclarecidos quais os métodos e meios que vão permitir à organização alcançar os objetivos a que se propõem.

(2) Executar (*do*):

A segunda etapa, é instaurada com o cumprimento rigoroso das ações estabelecidas no ponto de planeamento anterior, seguidamente, será indispensável realizar a recolha de dados para posterior etapa de verificação do processo, bem como, efetivar sessões de treino e formação com os trabalhadores, por forma a que possam executar da melhor maneira possível as funções que lhes são atribuídas. No decorrer da presente etapa, é importante que as chefias apliquem um liderança baseada no exemplo.

(3) Verificar (*check*):

Tal como o nome indica, a etapa “*check*” visa verificar se as ações planeadas decorreram conforme o previsto, ou seja, se a execução do método anteriormente fixado conduziu à conquista dos objetivos. Este ponto serve também para detetar possíveis desvios nos objetivos ou nos métodos, bem como, a respetiva averiguação das causas.

(4) Corrigir (*act*):

A última etapa, cinge-se á correcção ou prevenção de desvios. Conforme os resultados da etapa de verificação, podem suceder duas situações: Identificação de desvios que deverão ser colmatados através da implementação de ações devidamente definidas e planeadas, que visam a irradicação das causas, ou caso não se tenham verificados desvios, a atual etapa deverá servir como meio para a realização de trabalhos que, previnam futuros desvios, assim como as causas e respetivas resoluções ou como maneira de tornar o processo mais eficiente.

Maruta (2012) refere que o ciclo PDCA inicialmente era usado com o intuito de servir como uma ferramenta para o controlo da qualidade, no entanto, a sua aplicabilidade terá sido expandida para o desenvolvimento de melhorias dos processos de produção.

Kholif et al. (2018) realizou um estudo num laboratório de lacticínios, com o intuito de diminuir a ocorrência de erros no estágio pré-analítico da temperatura ultra-alta (UHT) de amostras de leite, para tal, recorreu ao método PDCA, que permitiu identificar e analisar os problemas críticos com o intuito de encontrar as causas da sua ocorrência e oferecer soluções. A aplicação da metodologia permitiu reduzir o número de amostras de leite UHT contaminadas, dos 368 para os 85 iniciais, bem como aumentar a capacidade do processo.

Taylor et al. (2014), defende o ciclo PDCA como sendo um método científico pragmático fundamentando e que a sua eficácia pode ser comprometida por uma prática variada, afirmando que esta deverá ser consistente e estar em maior conformidade com o estipulado pelos seus fundadores.

A. S. Silva (2017), sublinha a necessidade de recorrer a outras ferramentas da qualidade para executar de maneira eficaz todas as etapas constituintes do PDCA, nomeadamente, as que auxiliam na análise do produto e no estabelecimento das ações a implementar, como é o caso dos 5S, Análise e Efeitos de Modo de Falha (FMEA), brainstorming, benchmarking, controle estatístico do processo (SPC), listas de verificação, diagramas de Ishikawa e o gráfico de Pareto, fluxograma, histogramas, Metodologia "*Single Minute Exchange of Die*" (SMED), Poka Yoke, Six Sigma e "5 porquês".

2.10 Relatório A3

O relatório A3, teve origem na empresa *Toyota Motor Corporation* e é um modelo de gestão que guia o utilizador na resolução de um problema. Tal como o nome indica, o relatório é redigido numa folha A3 (de 11" x 17") tendo sido desenvolvidos diferentes tipos de relatórios consoante a aplicação a que é destinado, no entanto, o autor refere a importância de se adaptar a ferramenta ao problema que se pretende solucionar. (Sobek e Jimmerson, sem data)

Sobek & Jimmerson, apresenta dez etapas a serem seguidas, oito das quais correspondem à fase “*plan*” da metodologia PDCA, mais concretamente temos:

1. Identificação do problema;
2. Estudo da situação atual;
3. Identificação da causa-raiz;
4. Compreensão da situação atual do problema, através da realização de reuniões com todos os intervenientes onde deverão ser apresentados todos os detalhes e solicitadas sugestões de melhoria;
5. Idealização de planos de implementação futuros;
6. Criação de planos de implementação com ações de correção, bem como, formação das pessoas envolvidas no projeto e definição do respetivo cronograma;
7. Criação de consenso entre todas as pessoas envolvidas, quanto à decisão final das ações a serem implementadas e do modo de acompanhamento dos resultados;
8. Obtenção da aprovação da entidade responsável;

Na etapa 9, segue-se a fase “*do*” do ciclo PDCA, ou seja, a implementação do que foi anteriormente planeado. A última etapa refere-se à fase “*check*”, que corresponde ao acompanhamento das ações implementadas.

A empresa PSA propõem um modelo de folha A3, formado por seis etapas que conduzem à resolução de problemas. Na figura 6 é exposto o modelo A3 usado pela empresa. (Documentação interna PSA, 2009)

2. Estado da arte

	XXXXXXX				Data
XXXX					
< 1- Clarificação do Problema >		< 4 - Análise das Causas >			
< 2- Decomposição do Problema >		< 5 - Plano de Desenvolvimento >			
< 3- Objectivos >		< 6 - Seguimento >			

Figura 6 - Modelo de relatório A3 proposto pela empresa PSA. (Documentação interna PSA, 2009)

Cada etapa que compõem o modelo de relatório A3 é descrita de seguida:

1 - Clarificação do problema:

Este primeiro ponto deverá conter a identificação do objetivo que se pretende obter com a realização do trabalho, a missão e qual a sua contribuição em relação ao objetivo final. Da mesma forma, que deverá ser de definida a "situação ideal" e determinada a situação atual (Figura 7).

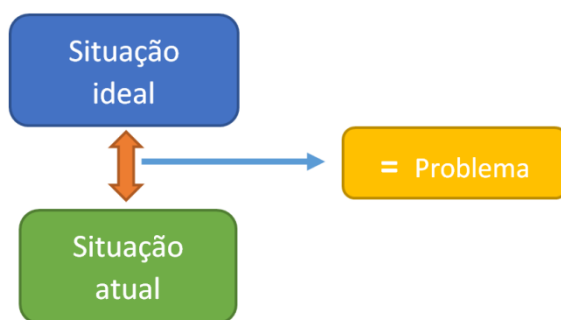


Figura 7 - Exemplo de um esquema da clarificação de objetivos. (Documentação interna PSA, 2009)

2 - Decomposição do problema:

Para proceder à decomposição do problema deve-se primeiramente dividir o problema atual em problemas elementares, seguido da definição dos sub-problemas que se pretendem solucionar (Quem? O quê? Onde? Quando? Quanto?). Após a priorização dos problemas a serem resolvidos deve-se identificar o que desencadeia os processos, através da reconstrução do processo que conduz ao problema no terreno. Também, na presente etapa, é recomendado o uso de esquemas ou representações gráficas, a fim de facilitar a interpretação e visualização pelos intervenientes, um exemplo disso é o esquema representado na figura 8.

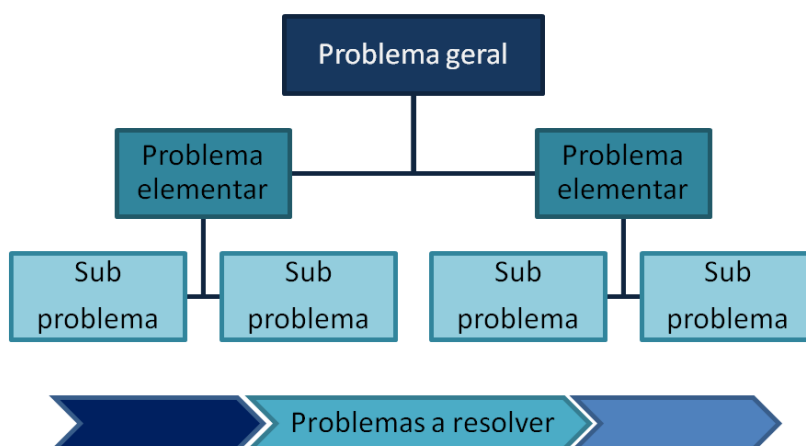


Figura 8 - Esquema de decomposição de problemas. (Documentação interna PSA, 2009)

3 - Objetivos:

Chegando a este ponto, pretende-se definir quais os objetivos a atingir para solucionar os sub-problemas, definindo compromissos e formalizando a contribuição que trará para o problema inicial. O objetivo deverá ser inteligente no sentido de ser específico, mensurável, apropriado, realista e cronometrado.



Figura 9 - Esquema da definição dos objetivos. (Documentação interna PSA, 2009)

4 - Análise das Causas:

A quarta etapa, consiste na observação direta das condições reais em que se verificaram as falhas. Após averiguação dos factos recolhidos no terreno, segue-se a aplicação da metodologia dos 5 porquês com o objetivo de identificar a causa que deu origem à falha.

5 - Aplicação de medidas de correcção e planeamento:

A antepenúltima etapa, pressupõe que sejam seguidos e cumpridos os seguintes pontos:

- Elaboração de um plano de ações claro e detalhado;
- Definição dos pontos de controlo, a partir dos quais será possível fazer a monitorização do progresso do plano de ação e dos resultados;
- Elaboração de um cronograma que contenha o período de tempo das ações;

2. Estado da arte

Um exemplo de formulário de registo dos planos de ação e do respetivo cronograma é apresentado na figura 10.

PLANNING		Janeiro		Fevereiro			Março			Abril		Maio											
ENTIDADE	DESCRIÇÃO AÇÃO	05/01/2020	12/01/2020	19/01/2020	26/01/2020	02/02/2020	09/02/2020	16/02/2020	23/02/2020	08/03/2020	15/03/2020	22/03/2020	29/03/2020	05/04/2020	12/04/2020	19/04/2020	26/04/2020	03/05/2020	10/05/2020	17/05/2020	24/05/2020	31/05/2020	

Figura 10 - Exemplo de um formulário de registo dos planos de ação e do cronograma.
(Documentação interna PSA, 2009)

6 - Monitorização de resultados e plano de medição:

O ponto 6 serve como monitorização dos resultados, isto é, possibilita fazer a comparação entre os resultados obtidos até ao momento e o objetivo final, permitindo dessa forma avaliar os processos implementados. É importante que nesta fase se esclareçam os factores que estiveram na origem dos sucessos e dos fracassos.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

As raízes do grupo PSA tiveram origem em dois fabricantes automóveis da indústria francesa: Peugeot uma das primeiras empresas a apostar na produção e venda de automóveis a gasolina, tendo produzido o primeiro carro em 1890 e a Citroën onde as tecnologias nos processos industriais se tornaram notáveis em todo o mundo, tendo lançado o primeiro carro *Citroën, o Type A*, em 1919 (Groupe PSA, 2020).

Em 1966 é fundada a PSA (Peugeot Société Anonyme) e após 10 anos dá-se a fusão entre a Citroën SA e a Peugeot SA, formando o grupo PSA Peugeot Citroën .

No ano de 1978 o grupo adquire a Chrysler Europe, acontecimento esse, que lhe possibilitou chegar ao número um da Europa e o número quatro do mundo.

Entre 1980 e 1990 o Grupo sofreu profundas reestruturações, inclusive no que diz respeito ao aproveitamento de sinergias entre as empresas garantindo-lhes o aumento da vantagem competitiva.

É então que nos anos 2000, o grupo PSA Peugeot Citroën intensifica o seu crescimento internacional. Uma década marcada pelo desenvolvimento de novas tecnologias, como a invenção do sistema de filtro de partículas e o lançamento do motor EB PureTech de três cilindros em 2012 (capaz de reduzir as emissões de CO₂ em 18%).

No ano de 2014, a recém criada DS é oficialmente assumida como a terceira marca do Grupo e passado um ano é pioneiro no teste de veículos autónomos numa estrada aberta de França.

Em 2016, a PSA Peugeot Citroën passa a ser o Groupe PSA e em 2017 a Opel e Vauxhall juntam-se ao Grupo.

Atualmente o grupo abrange seis regiões estratégicas: China, Ásia, América Latina, Europa, Índia-Ásia-Pacífico, Oriente Médio e África. Aposto num plano lucrativo de crescimento orgânico Push to Pass (assenta em três alavancas: a transformação digital do grupo, a cultura de desempenho interno e a responsabilidade social corporativa) como estratégia para alcançar o número um de fabricantes de automóveis e um fornecedor de soluções de mobilidade reconhecido pelos seus clientes.

Do custo total de fabricação de um automóvel do grupo, 75% são pertencentes à compra de peças produzidas em série. Tal facto, implica que o departamento de compras detenha de uma participação extremamente ativa em todas as etapas do processo, inclusive servindo como um meio de ligação de elevada importância entre o Grupo PSA e os seus fornecedores.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

Para uma política de compras responsável, o Grupo aposta numa abordagem focada na excelência das relações com os mais de 8000 fornecedores, os quais foram criteriosamente selecionados com base nos seus padrões de qualidade, desempenho e orientação ao cliente. O Grupo PSA tem com os seus fornecedores uma relação de parceria, com quem pretende manter uma relação a longo prazo baseada na transparência e confiança mútua, com o intuito de ser mais eficiente e de obter uma resposta rápida às suas crescentes necessidades e requisitos.

O grupo tem a inovação como um fator competitivo essencial ao seu desenvolvimento, focado nos clientes, no ambiente e nos produtos afim de favorecer uma rápida resposta às tendências do mercado e de antecipar interrupções tecnológicas e sociais.

Quanto à qualidade do produto final, o grupo trabalha no sentido de oferecer ao cliente um veículo de elevada fiabilidade e garantia de qualidade em todas as etapas do seu ciclo de vida, bem como, recursos e serviços de alta qualidade tanto na entrega como no serviço pós-venda. (Groupe PSA, 2020)

3.1. Empresa PSA Mangualde

O centro de Mangualde é uma unidade industrial pertencente ao Groupe PSA, atualmente é responsável pela produção de cinco modelos de veículos comerciais ligeiros, mais concretamente: Peugeot Partner; Peugeot Rifter; Citroen Berlingo Van; Citroën Berlingo e Opel Combo. Fundada no ano de 1962 estima que mais de 1,4 milhões de veículos foram produzidos até à data. Neste momento, conta com 1000 colaboradores efetivos e está a fabricar mais de 300 veículos por dia com três turnos em funcionamento, sendo que em 2018 aumentou a produção 17,8% em relação ao ano anterior. (Mangualde, 2020)

O principal objetivo desta empresa passa pela otimização contínua dos processos industriais, por forma a maximizar a produtividade, pelo aumento contínuo da rentabilidade levando à melhoria da sua competitividade, garantindo a satisfação dos clientes e ao cumprimento dos prazos de entrega. Aposta na inovação como base de criação de valor e pretende oferecer ao cliente, a qualidade num produto confiável com um nível de desempenho que seja constante ao longo do tempo e com a meta de "zero defeitos de fabricação".

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

O cento de produção automóvel de Mangualde (CPMG), conta com uma superfície de 78.257 m² e é constituída por cinco grandes setores responsáveis por todo o fluxo de fabricação, mais concretamente temos:

- Ferragem:

O desenrolar de todo o processo têm início na ferragem, que se encarrega de soldar por resistência eléctrica entre pontos (soldadura por pontos) as diferentes peças que uma vez unidas darão forma à carroçaria. Mais especificamente temos as seguintes etapas:

1. União de diferentes peças, através de calibres pneumáticos com distintos tamanhos e complexidades repartidos por diferentes linhas de produção formando um grande conjunto.
2. Junção dos grandes conjuntos numa linha de produção principal, neste ponto a forma da carroçaria já é notável.
3. Após a utilização de elementos mecânicos de acionamento eléctrico e pneumático para a fixação das peças, estas passam agora por linhas de soldadura. Uma vez nas linhas, as peças irão ser soldadas por grandes pinças electropneumáticas que fundem as chapas gerando a ligação soldada, o chamado ponto de soldadura.

- Pintura:

Trata-se de consecutivas operações pelas quais o veículo passa após sair do setor da ferragem, que visam conferir-lhe a resistência necessária às agressões a que fica sujeito quando exposto ao meio externo nomeadamente, mecânicas e químicas. Este processo, também tem como função dar a estanquicidade e estética ao veículo.

A primeira operação a que é sujeito é no túnel de tratamento de superfície (TTS), que dedica-se a limpar, desengordurar e a conferir à chapa a capacidade de anti-corrosão e de aderência da tinta. Segue-se a “cataforese”, no qual é aplicada a primeira camada através de eletrodeposição, com a finalidade de atribuir propriedades de anti-corrosão à chapa. Continua para o processo de colocação de “mástique”, nomeado como estanquicidade, que impermeabiliza o veículo à água, ao ruído e ao ar. A quarta operação, “*base coat 0*”, visa aplicar uma segunda camada de tinta que confere não só resistência anti-gravilha e aos raios UV à chapa como também pretende servir como uma base à posterior aplicação das lacas, já que lhe confere o aumento da capacidade de aderência. A operação seguinte, conhecida como

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

“*base coat 1/2*”, é a que irá dar cor ao veículo. Esta poderá ser opaca, isto é, com ou sem verniz (Laca), ou pode ter efeitos metálicos ou nacarados, caso essa situação se verifique o acabamento é feito com verniz. Por último é aplicado verniz, que atribui brilho à carroçaria e resistência química e mecânica à chapa protegendo-a dessa forma contra os riscos.

- Montagem:

Posteriormente á pintura da carroçaria, esta segue para o setor de montagem (local onde está inserido o posto de trabalho em estudo), zona constituída por uma linha principal de montagem e várias linhas de sub-conjuntos que alimentam de maneira sincronizada a linha principal. Conforme a carroçaria passa pelos postos de trabalho, vão sendo montados os componentes, no final da linha deverão ter sido montadas cerca de 2050 peças e apertados cerca de 600 parafusos e porcas por cada carro.

Neste setor são montados todos os componentes, começando nas cablagens e tabliers, seguido dos órgãos mecânicos, como é o caso do motor, e por fim os bancos e revestimentos interiores. No final da linha, o veículo está completo e preparado para seguir para o setor que verifica a sua qualidade.

- Qualidade:

Ainda que o automóvel já esteja totalmente montado este terá de passar por uma última etapa da produção, o controlo final da qualidade, onde 100% dos veículos são inspecionados a nível de aspeto, conformidades, esforços e barulhos.

Assim que o automóvel deixa a linha de montagem, passa de seguida por um banco de paralelismo onde serão regulados os faróis e é alinhada a direção. Posteriormente entra no banco polivalente, no qual é controlada a potência do veículo e o sistema de travagem e controlo funcional.

Ainda no sector da qualidade, o automóvel passa por uma micropista onde é verificado se os ruídos e a suspensão estão dentro do estipulado. Seguidamente é sujeito a um duche, onde é submetido a um controlo de estanquicidade. Por último, é feito um controlo e avaliação do aspecto/conformidade, bem como, da componente eletrónica. Neste ponto, o veículo está pronto para ser entregue ao cliente.

- Logística:

O setor da Logística têm como objetivo fulcral facultar as peças aos restantes sectores, num determinado tempo e local pré-definidos com a qualidade pretendida e ao menor custo possível. Para tal, a logística trata de todo o processo que isso envolve, desde o transporte das peças até à entrega na linha. Inicialmente as peças são descarregadas do camião, conferidas e armazenadas por tipo de embalagem em zonas de stock distintas. Importa referir que pertencem ao setor dois grandes armazéns, um situado na montagem e outro na ferragem, estes são divididos em quatro zonas: “supermercado” de pequenas caixas; zonas de stock de contentores grandes; área de abastecimento de bases rolantes e zonas de preparação de carrinhos ou caixas.

Após o material estar devidamente selecionado e preparado, será realizada a sua entrega por uma das três maneiras possíveis: caixa a caixa em comboios de distribuição com horários definidos, em contentores transportados por bases rolantes ou também poderá ser feito por peças preparadas e sequenciadas unitariamente em carrinhos sincronizados com o fluxo de veículos na linha.

3.2. Ilha das rodas

3.2.1. Descrição do posto em estudo

O posto *MVM13*, conhecido como ilha das rodas, é parte integrante da linha de montagem e têm como objetivo a colocação automática de todas as rodas do automóvel. A ilha encontra-se dividida em dois lados, nomeados como lado esquerdo e lado direito que integram respetivamente dois robôs, o *robô 1* que é o responsável pela colocação das rodas do lado esquerdo e da roda de socorro (caso esta exista) e o *robô 2*, que aplica as duas rodas do lado direito.

Cada um dos lados da ilha contém um sistema de evacuação de rodas, um sistema que prepara e fornece os parafusos, duas bases rolantes e ainda duas bases intermédias, uma para a roda dianteira e outra para a traseira.

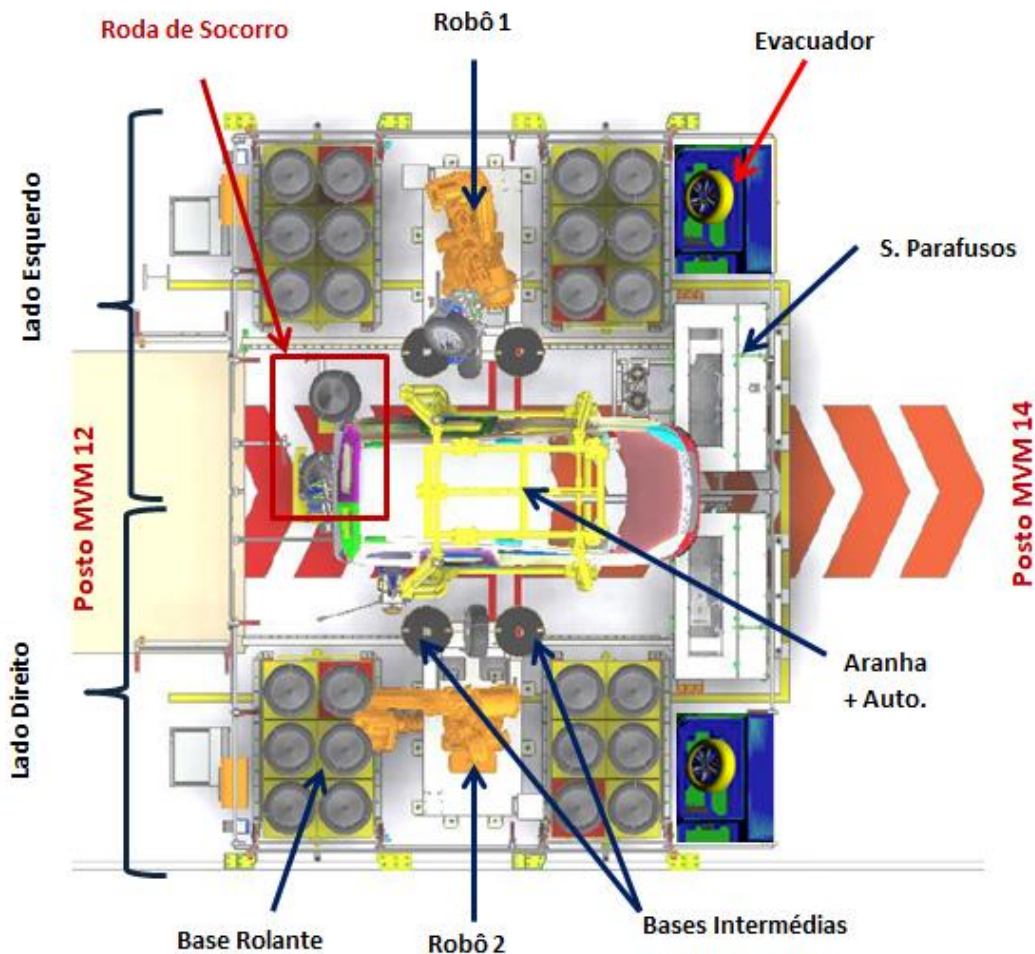


Figura 11 - Representação do posto “Ilha das Rodas”. (Documentação interna PSA)

Para o bom entendimento da forma como todo processo de montagem de rodas se desenrola, é essencial ter algumas noções básicas alusivas aos elementos que integram a ilha nomeadamente:

- Sistema de aplicação da Roda de Socorro:

O *robô 1* é o encarregue de efetuar o transporte da roda de socorro desde a base rolante até a um dispositivo, este por sua vez, procede á colocação da roda no carro. No entanto, devido aos constantes problemas técnicos, a empresa optou por desativar o sistema e aplicar manualmente a roda no posto seguinte. Atualmente o dispositivo de montagem da roda de socorro não se encontra em funcionamento, sendo esta etapa excluída do ciclo do *robô 1*.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

Importa referir que o sistema em questão não será tido em conta nos restantes capítulos, dado a sua inatividade ao longo de todo o período de estágio.

- Aranha:

O elemento conhecido como “Aranha”, pode ser definido como um dispositivo que transporta o veículo e adapta a sua altura e localização de acordo com os postos por onde passa na linha de montagem. No caso em concreto da ilha, a aranha têm um papel crucial para o bom funcionamento de todo o processo, visto que o mesmo está programado em função da posição do conjunto aranha mais automóvel, como será explicado mais à frente.



Figura 12 - Imagens do conjunto aranha mais caixa.

- Base Rolante:

As bases rolantes são o elemento que disponibiliza de forma ordenada e programada as rodas ao robô, sendo que, cada lado da ilha integra duas bases (conhecidas como base rolante 1 e base Rolante 2). Uma base rolante, permite ao robô colocar rodas em doze automóveis. Após o término das rodas da base, o robô passa a fazer o agarre (nos próximos doze ciclos) a partir da outra base rolante e assim sucessivamente, no decorrer desse intervalo de tempo um colaborador terá de proceder à substituição da base vazia.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo



Figura 13 - (A): Agarre da roda na base rolante; (B): Base rolante vazia.

- Sistema de fornecimento de parafusos:

O sistema de fornecimento de parafusos é constituído por três alimentadores vibratórios, (na empresa é nomeado por gigo) um dos quais foi destinado a parafusos anti-roubo, que no entanto já não é usado, por uma garra e mais um alimentador final.

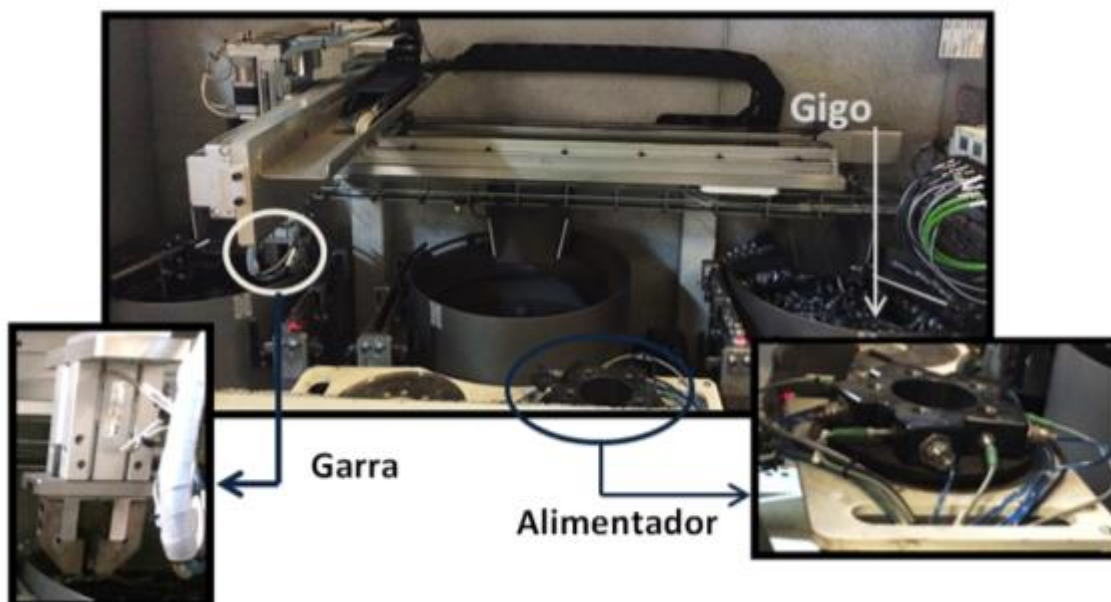


Figura 14 - Representação dos elementos que integram o sistema de fornecimento de parafusos.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

Os alimentadores vibratórios em funcionamento destinam-se a dois tipos de parafusos (Figura 15) :

- (1) **Parafuso de jante especial:** maior dimensão e contêm anilhas, aplicados nas jantes de alumínio ou especiais;
- (2) **Parafuso de jante normal:** De menor dimensão e peso sem anilha, são utilizados na jante de chapa, também conhecida como jante normal.

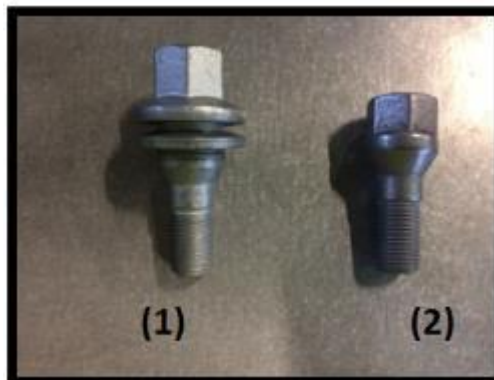


Figura 15 - Tipo de parafusos usados no aperto nas rodas.

Inicialmente os parafusos são deitados a granel no interior do alimentador vibratório, por ação de um mecanismo de vibração, percorrem um percurso circular no qual passam da posição horizontal até chegarem a uma “fossa”/ ranhura que os coloca na posição vertical, no fim do percurso, a garra procede ao agarre do parafuso e coloca-o no alimentador final. O mesmo procedimento é repetido mais quatro vezes, ou seja, até que o alimentador fique completamente preenchido, seguidamente a gaveta da caixa abre e disponibiliza os cinco parafusos ao robô.



Figura 16 - Alimentador com os cinco parafusos.

- Evacuador:

Caso a colocação ou o aperto da roda falhe, o evacuador é o sistema que recebe a roda rejeitada. No decorrer do ciclo o evacuador encontra-se na posição funcional, tal como se observa na figura 17, após receber a roda realiza um movimento descendente (Figura 18) e destranca a gaveta de abertura permitindo dessa maneira que o colaborador interrompa o ciclo e retire a roda, que por sua vez será conduzida até ao posto seguinte e colocada manualmente.



Figura 17 - Evacuador na posição funcional.

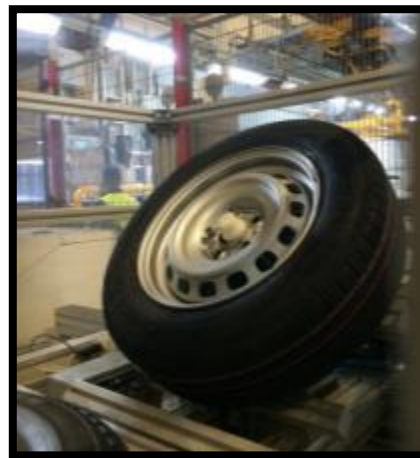


Figura 18 - Roda evacuada.

- Bases Intermédias:

As bases intermédias, como o nome indica, têm como função servir de ponto intermediário entre as bases rolantes e os discos onde serão aparafusadas as rodas.

3.2.2. Descrição do processo de montagem

O início do processo de montagem das rodas, pode ocorrer em duas situações distintas:

1. A ilha recebe a informação que o automóvel sai do posto *MVM 12*, nesta situação em concreto, importa referir que o posto em questão tem como única função servir como ponto intermédio entre o *MVM 11* e a ilha das rodas, sendo idealmente um ponto de

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

espera do automóvel por forma a garantir a prontidão da entrada do automóvel na ilha, a fim de não se verificarem perdas tempo de ciclo desnecessárias.

2. A ilha recebe a informação que o automóvel sai do posto *MVM 11*, quando este cenário se verifica, significa que no posto *MVM 12* não existe nenhum automóvel à espera e preparado para entrar na ilha. Tal situação reflete-se na não otimização do processo, dado que o tempo de entrada do automóvel na ilha será mais elevado e consequentemente o tempo de ciclo.

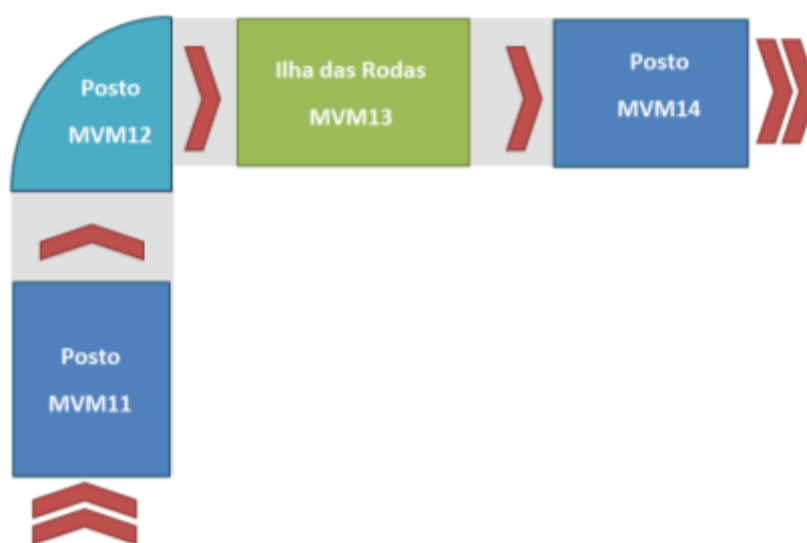


Figura 17 - Esquemática dos postos anteriores e posteriores à ilha das rodas.

Em ambas as circunstâncias, assim que os automóveis partem de algum dos postos referidos, os dois robôs iniciam de imediato o ciclo para o qual estão programados de forma semelhante e simultânea (dado que a roda de socorro irá ser montada de forma manual), mais concretamente temos:

1. Leitura e agarre da roda na base rolante:

Ambos os robôs movimentam-se até à base rolante, local onde efetuam uma leitura da roda recorrendo à câmara 2D. O objectivo desta primeira leitura é a identificação da posição da roda. É possível visualizar através do monitor do computador, a imagem 2D tirada pelo robô e os elementos que necessita de identificar para continuar com o processo. No caso da jante ser de chapa, figura 20 (A), o robô guia-se pelo raio exterior e não precisa de detetar

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

nenhum furo, sendo que, o referencial vermelho corresponde à posição central que o robô tem como referência e o referencial azul, à posição da roda relativamente ao centro. Já para o caso de uma jante especial, figura 20 (B), o robô guia-se através do raio interno e necessita de identificar três furos.

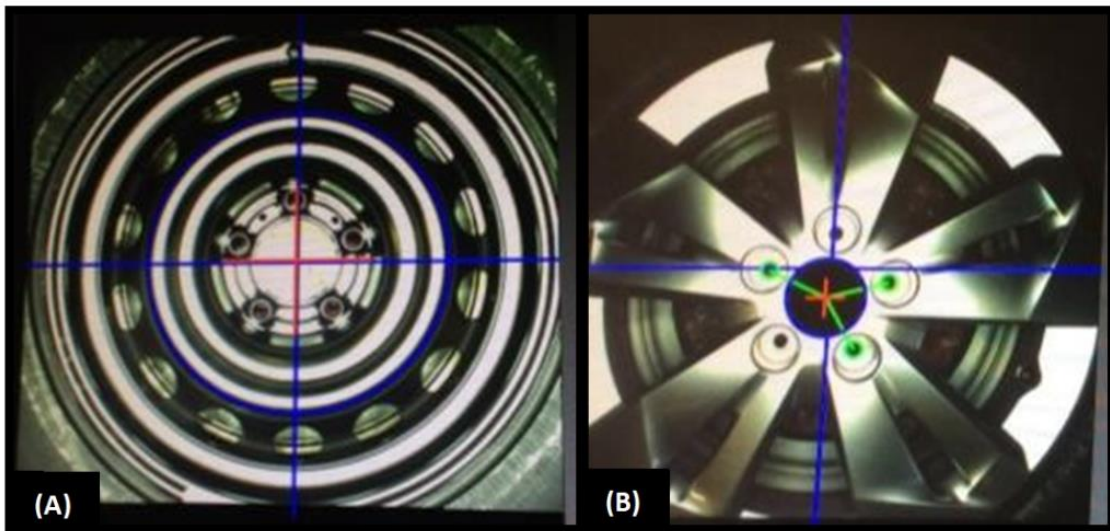


Figura 18 - (A): Leitura 2D de uma roda de jante normal; (B): Leitura 2D de uma roda de jante especial.

2. Colocação da roda traseira, na respetiva base intermédia:

Após o processamento da imagem obtida, se a roda estiver dentro dos limites da posição estipulados será dado o OK ao robô, que poderá proceder com segurança ao agarre da roda traseira seguida do seu transporte até à respetiva base intermédia.

3. Repetição dos mesmos procedimento para a roda dianteira, ou seja, leitura e colocação da roda na base intermédia dianteira.

4. O robô espera na posição “home” (posição de segurança) a chegada do automóvel ao posto:

O conjunto aranha mais caixa entra na ilha até a um ponto pré definido, sobre qual inicia de seguida um movimento descente até que fique totalmente assente nos quatro apoios do suporte (dois de cada lado do automóvel).

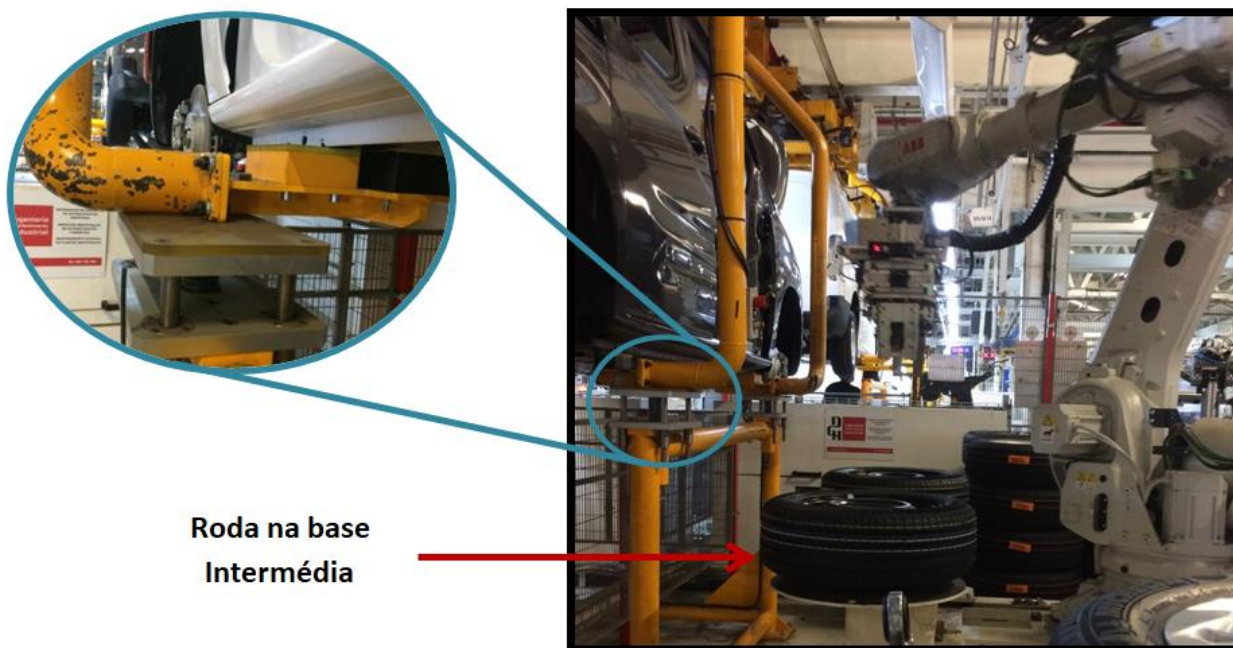


Figura 19 - Posicionamento do automóvel no posto.

5. Digitalização dos furos da roda:

Após o posicionamento da aranha, o robô desloca-se até à base intermédia dianteira a fim obter a digitalização dos furos da roda. Através do processamento da imagem 3D, obtida por varrimento infravermelho, o robô identifica a localização exata da furação das rodas.

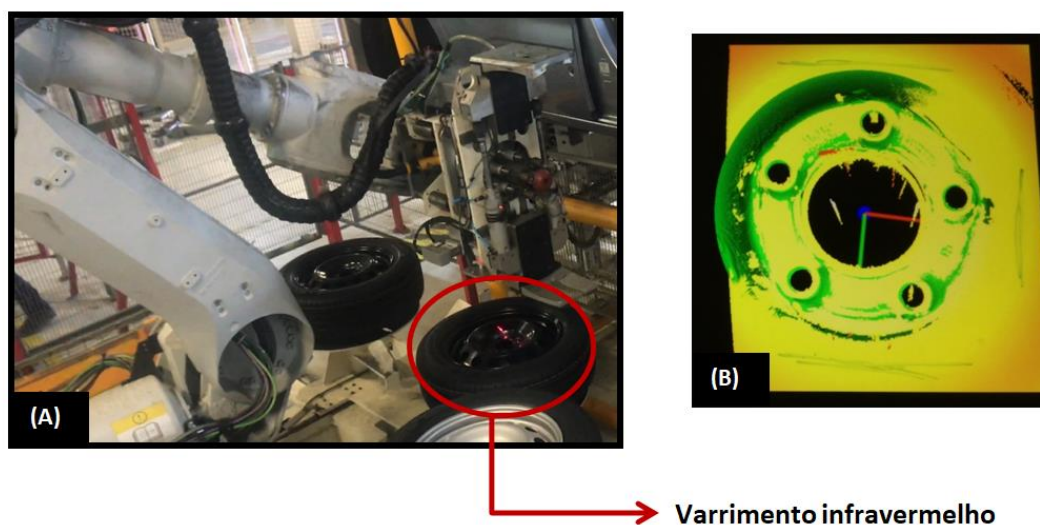
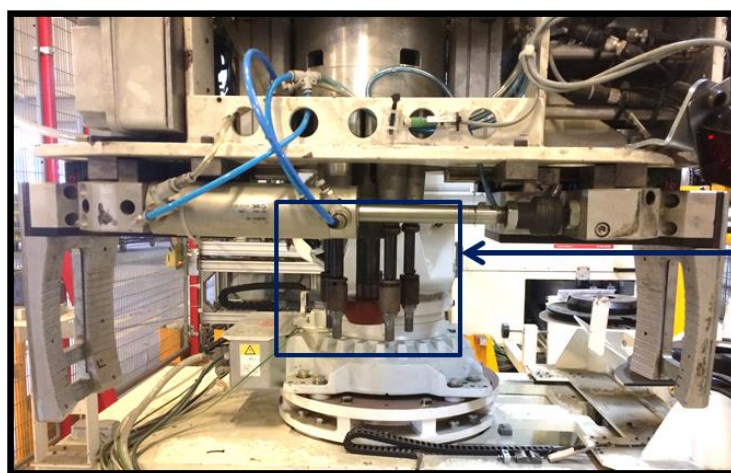


Figura 20 - (A): Leitura 3D da roda; (B): Imagem obtido por varrimento infravermelho.

6. Agarre dos parafusos do alimentador para a roda dianteira:

Nesta etapa, o robô dirige-se ao sistema de fornecimento de parafusos e retira os cinco parafusos do alimentador. A aparafusadora do robô contém um ímã em cada um dos bits, que por aproximação aos parafusos os atrai e prende. De seguida, a aparafusadora realiza movimentos rotativos com o objetivo de garantir que efetivamente retirou todos os parafusos.



Parafusos
colocados na
aparafusadora do
Robô

Figura 21 - Aparafusadora após retirar todos os parafusos do alimentador.

7. Colocação dos parafusos na roda e digitalização do disco dianteiro:

Neste ponto, o robô coloca os parafusos nos furos da roda e faz o agarre da roda dianteira. Seguidamente, movimenta-se até ao disco dianteiro a fim de obter a sua digitalização, para tal, recorre novamente à câmara 3D e efetua um varrimento infravermelho do disco. As imagens resultantes deste processo são apresentadas de seguida na figura 24.

3. Grupo PSA e o posto de trabalho em estudo

robô 2 continua para o ponto 8, o robô 1 aguarda o fim da colocação da roda dianteira do lado do robô 2 e só depois executa normalmente o restante ciclo.

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

No capítulo anterior descreve-se todo o processo de colocação das rodas e do modo operativo dos dois robôs, foi possível elaborar uma listagem das paragens mais frequentes na ilha, sendo que, a pedido da própria empresa, foi também efetuado um guia de procedimentos e um manual de operações da ilha das rodas. O guia de procedimentos, contém uma serie de etapas que devem ser seguidas a fim de corrigir as falhas e retomar o ciclo do robô. Já o manual de operações, descreve todas as informações bases relativas ao funcionamento da ilha das rodas.

4.1. O guia de procedimentos das falhas da ilha das rodas

Em cada turno existe um colaborador incumbido de corrigir as falhas do posto, contudo, no decorrer da recolha de informação sobre o funcionamento do posto foram notáveis as diferenças nos procedimentos seguidos por cada um dos turnos e por cada elemento da equipa de manutenção, revelando a inexistência de um protocolo de correção de falhas do posto *MVM 13*. Na ausência de um dos três colaboradores, a tarefa teria que ser incumbida a um outro colaborador, que pouco ou nenhum contacto teve com a ilhas das rodas, resultando num trabalho mais demorado e sujeito a mais falhas e diversos pedidos de auxilio à equipa de manutenção.

Tendo em vista as situações referidas anteriormente, a redacção de um guia de procedimentos foi importante, para que, qualquer colaborador, consiga, a partir das etapas descritas no guia de procedimentos, corrigir as falhas no menor tempo possível, cumprindo as normas de segurança sem o auxilio da equipa de manutenção. Os capítulos principais do documento são expostos de seguida:

1. Reposição das bases rolantes;
2. Reposição de parafusos no gigo de alimentação;
3. Barreiras de Segurança desarmadas;
4. Falha no aparafusamento;
5. Falha no alimentador, o alimentador não tem os cinco parafusos;

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

6. Falha: o robô não retira os cinco parafusos do alimentador;
7. Alimentador obstruído;
8. Colisão das garras do robô com as pilhas de pneus;
9. O robô pára quando está a fazer uma leitura e dá alerta;
10. Erro de leitura das jantes especiais;
11. Rodas nas bases rolantes fora dos limites da câmara 2D, provocado pelo descaimento do travão;
12. Rodas nas Bases Rolantes fora dos limites da câmara 2D;
13. Roda fora dos limites nas bases intermédias;
14. O robô não deteta um pneu que está no posto intermédio;
15. O programa do PC deixa de responder;
16. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder;
17. Falha de Dados “Trasvaze”;
18. Evacuador em defeito;
19. Roda evacuada dianteira;
20. Roda evacuada traseira.

O documento na sua totalidade é extenso e foi colocado no anexo 6.

4.2. O manual de funcionamento da ilha das rodas

Para a elaboração do manual, foi necessário estudar alguns documentos, e principalmente observar a linha de montagem e os *output* do *software*, bem como, recolher informação junto dos colaboradores e da equipa de manutenção. O manual, tem por objetivo dar a conhecer o modo de funcionamento da ilha das rodas e de todos os elementos que integram o processo de montagem das rodas no automóvel. Depois desse estudo estruturou-se o manual da seguinte maneira:

1. Ilha das Rodas;
2. Descrição do ciclo do robô;
3. Consulta de erros através do Painel View;
4. Pedir acesso, Rearme e Paragem de emergência;

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

5. Garantir que as fechaduras das portas estão fechadas;
6. Identificar barreiras de segurança desarmadas;
7. Rearmar e retomar o ciclo do robô;
8. Desligar o Andon;
9. Definir o modo de controlo do robô;
10. Sistema de fornecimento de parafusos ao robô;
11. Validar e Desvalidar rodas;
12. Reposição das rodas da base rolante;
13. Consola do Robô;
14. Enviar o robô para o modo degradado através da consola e repor o seu funcionamento;
15. Enviar o robô para modo degradado pelo Painel View;
16. Evacuador;

A partir do tópico 17, o documento contém procedimentos de resolução de falhas, no entanto, estes diferem do guia de procedimentos, porque não são apresentados sobre forma de etapas detalhadas, mas contém apenas, os pontos de resolução que possibilitam ao leitor entender como se processa a ocorrência de falhas. Os restantes tópicos do manual são os seguintes:

17. Aparafusadora;
18. Alimentador;
19. Alimentador obstruído;
20. Colisão do robô contra a pilha de rodas ou contra o charriot;
21. Falha da Servo pinça de segurança;
22. Erro de leitura das jantes especiais;
23. Roda fora dos limites;
24. Posto intermédio;
25. O programa do PC deixa de responder;
26. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder;
27. Falha de Dados “Trasvaze”

O documento na sua totalidade é extenso e foi colocado no anexo 5.

4.3. Paragens

São também explicadas e descritas as paragens e em que circunstâncias ocorrem.

- Paragem nº1: Roda fora dos limites nas bases rolantes

O robô ao realizar a leitura da roda nas bases rolantes, deteta que esta se encontra fora dos limites. Para um melhor entendimento do problema, é possível observar figura 25, dada pelo ecrã do computador da máquina, que o referencial que indica a posição da roda (referencial azul) está desviado do referencial que assinala o ponto onde idealmente deveria estar (referencial vermelho). Quando esse desvio excede os limites para o qual está predefinido, o robô irá interromper o ciclo e dar alerta de erro na leitura das rodas.



Figura 23 - Imagem obtida pela câmara 2D, a roda encontra-se fora dos limites na base rolante.

- Paragem nº2: Roda fora dos limites nas bases intermédia

Esta situação verifica-se, quando o robô coloca a roda na base intermédia e esta sofre um desvio relativamente ao centro da base. À semelhança do caso 1, também na falha nº 2 o colaborador terá de reposicionar corretamente a roda na base para o robô retomar o ciclo.



Figura 24 - Roda descentrada na base rolante.

- Paragem nº3: Falha de leitura dos discos

A falha de leitura de discos, surge como consequência da não identificação da furação dos discos. Este tipo de erro não tem correção, uma vez que o robô ao detetar que não têm todas as informações que necessita para colocar corretamente a roda irá fazer a sua evacuação. No entanto, será sempre necessária a intervenção do colaborador para a retoma das funcionalidades da parte da ilha onde surgiu o problema. As ações de retoma do ciclo podem ser consultadas nos anexos 5 e 6.

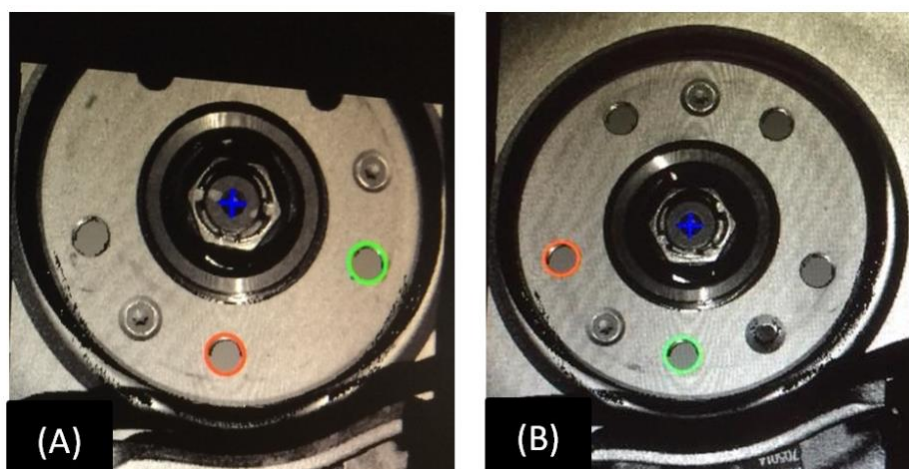


Figura 25 - (A): A leitura do disco aparece cortada; (B): Leitura completa de todos os furos.

- Paragem nº4: Falha de leitura das jantes especiais nas bases rolantes

Como mencionado na descrição do processo de montagem, o robô quando realiza a leitura de uma roda de jante especial na base rolante necessita de identificar três furos. Quando tal condição não se verifica, irá dar alerta para falha de leitura. Vejamos o exemplo apresentado de seguida:

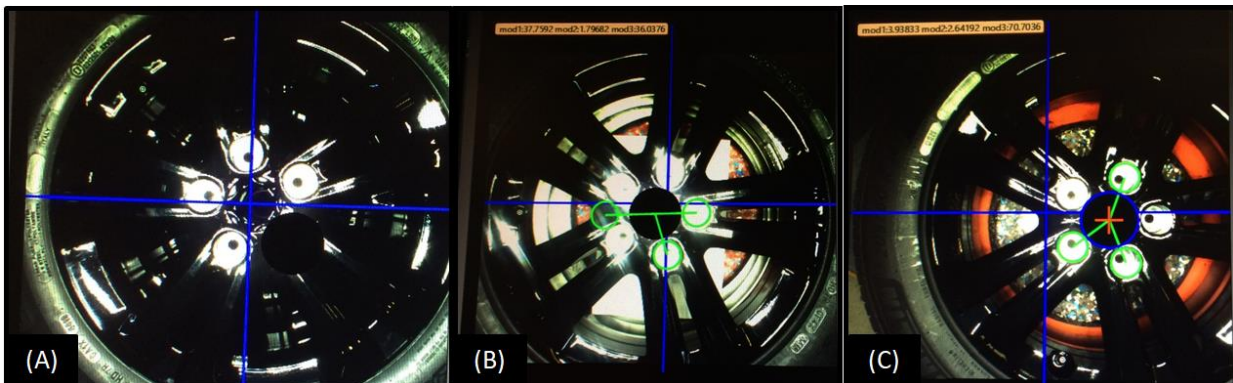


Figura 26 - Imagens obtidas através da leitura 2D da roda, situada na base rolante.

Nas situações (A) e (B) da figura 28, não foram detetados com exatidão três dos furos da roda. Já na situação (C) captou os furos sem problemas.

- Paragem nº5: O robô não deteta uma roda que está no posto intermédio

As bases intermédias contêm um sensor que deteta a presença das rodas, este tipo de erro ocorre quando a roda está presente na base, mas no entanto, o sensor não a deteta dando origem à paragem da montagem, até que o colaborador intervenha e limpe e afine o sensor.

- Paragem nº6: Erro no aperto da roda

Para que o aperto das rodas seja bem sucedido, o controlador da aparafusadora deverá indicar um binário igual ou superior 5 Nm (Figura 29 (A)). A falha em causa surge como consequência de falha no aperto da roda, que pode ser detetável por duas situações: Aparafusadora produz um binário, só que é insuficiente para que o aperto seja considerado bem sucedido ou o controlador indica erro (Figura 29 (B)). Em ambos os casos, o “*andon*” é acionado e o painel pede intervenção imediata da manutenção. Porém, e ainda que com menor

frequência, existe uma terceira situação: o robô, aparentemente, termina o ciclo com normalidade e não deteta qualquer falha de aperto. Todavia o posto seguinte constata que a roda está simplesmente segura no disco, ao invés de apertada. Quando a situação descrita não é identificada a tempo, pode levar a uma falha grave que é a queda da roda.

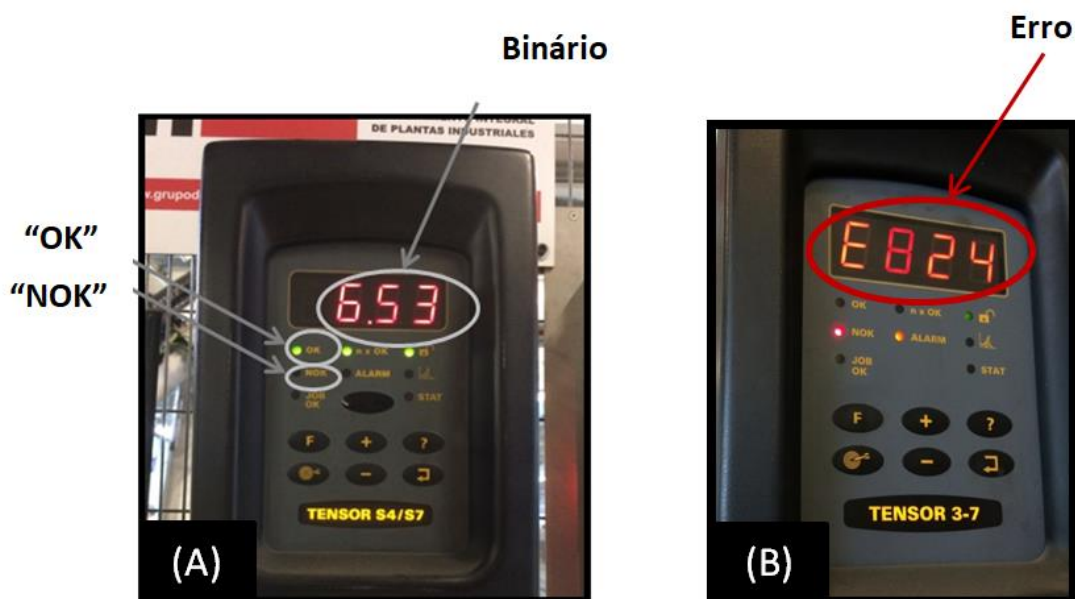


Figura 27 - (A): Aperto bem sucedido com um binário superior a 5Nm; (B): Falha no aperto, o controlador indica erro.

Sempre que se verifique esta falha, o robô em questão é comandado para realizar uma nova tentativa de aperto. Consoante os resultados desta ação, o problema poderá ficar resolvido, caso o reaperto tenha sido bem sucedido, ou poderá voltar a falhar e o colaborador terá de ordenar evacuação da roda.

- Paragem nº7: O alimentador não tem os cinco parafusos

O robô ao ir recolher os parafusos ao alimentador detecta que não estão presentes na sua totalidade, como consequência não prossegue com o ciclo. Esta situação exige que o colaborador siga um procedimento que envolve ter que adicionar o(s) parafuso(s) em falta, a fim de retomar o funcionamento do robô.

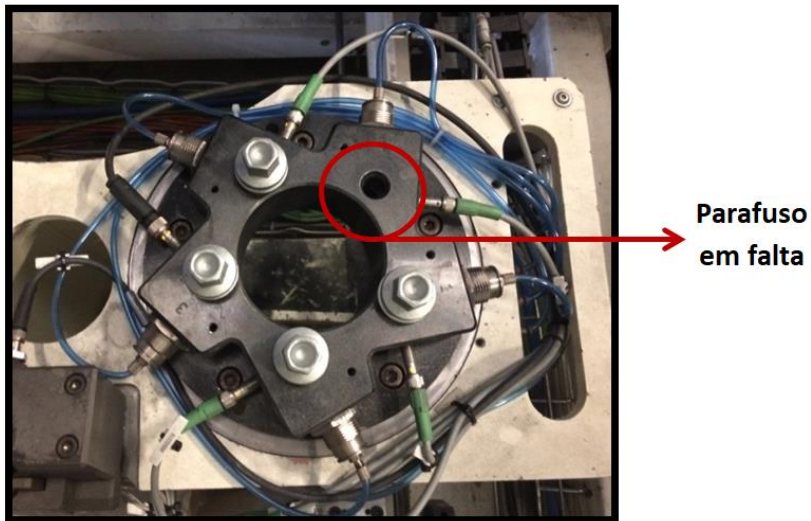


Figura 28 - Falha na entrega dos parafusos ao robô, o alimentador não contém os cinco parafusos.

- Paragem nº8: O robô não retira os cinco parafusos do alimentador

Nesta paragem em concreto, verifica-se que o alimentador facultou os cinco parafusos ao robô, no entanto, o robô não conseguiu fazer o agarre de todos. Para retoma de ciclo, o colaborador terá de colocar os parafusos em falta na aparafusadora do robô respeitando os procedimentos de segurança.

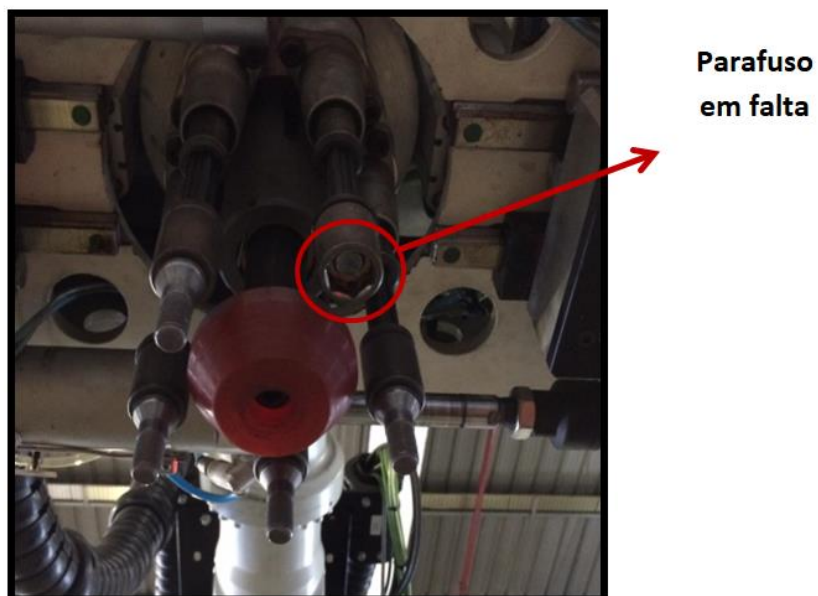


Figura 29 - A aparafusadora do robô não retirou os cinco.

- Paragem n°9: Alimentador obstruído

O alerta de alimentador obstruído, surge quando um parafuso fica encravado no percurso do “gigo” de alimentação. Mais especificamente, temos duas situações:

- **Situação (A), figura 32:** O parafuso não se posiciona na vertical, ficando inclinado e conseqüentemente impedindo a sua chegada ao fim do percurso. Esta situação pode dar-se para os dois tipos de parafusos.
- **Situação (B), figura 32:** O parafuso de jante especial fica preso pela anilha ao parafuso seguinte, não permitindo que a garra do alimentador faça o seu agarre e prossiga com a sua colocação no alimentador.

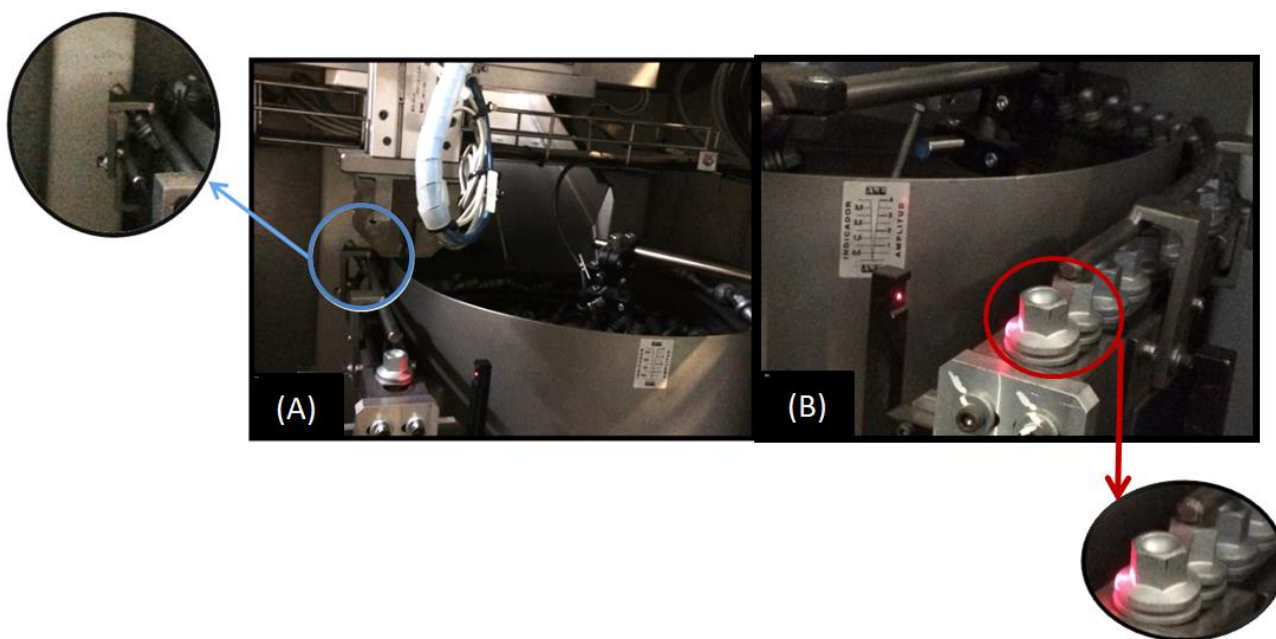


Figura 30 - Alimentador obstruído.

- Paragem n°10: Falha do agarre do parafuso no alimentador

A atual falha surge na sequência do enchimento do alimentador, mais concretamente, quando a garra do sistema de parafusos coloca o parafuso no alimentador. O alerta sugere que o parafuso não se encontra bem posicionado na garra, provocando a paragem do ciclo até que o colaborador intervenha.

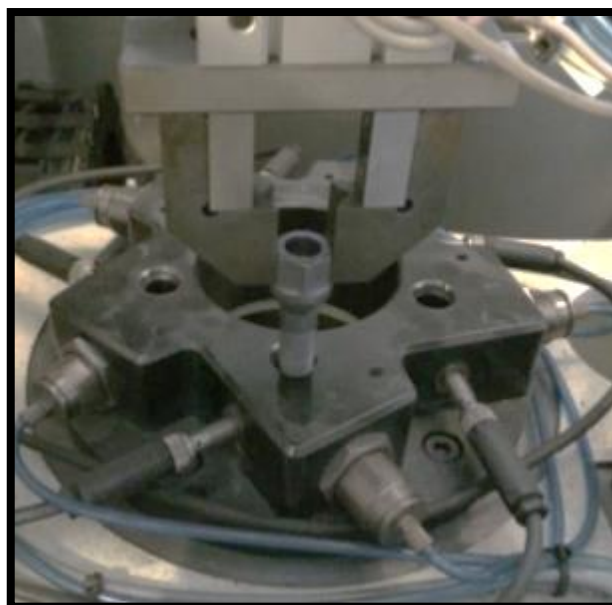


Figura 31 - Falha do agarre do parafuso no alimentador.

- Paragem nº11: Falha na Servo Pinça

O nome da paragem nº11, falha na servo pinça, foi atribuído conforme o alerta que aparece no painel, no entanto não se verificou nenhuma causa aparente que indicasse alguma relação com a servo pinça.

A falha apenas carece que o colaborador siga o procedimento de rearme e retoma de ciclo, descritos no anexo 5, porém, e à semelhança das paragens até ao momento retratadas, exige intervenção externa. Significa isso que, ainda que a sua correção para retoma do ciclo seja rapidamente e facilmente posta em pratica, caso o colaborador não se encontre presente no posto, o tempo de correção da falha pode alongar-se até que o mesmo fique disponível, o que conseqüentemente se poderá refletir num significativo impacto no tempo de ciclo.

- Paragem nº12: A câmara 3D pára de fazer a leitura e dá alerta de falha de servo pinça sem posição de segurança

A servo pinça é o eixo sobre o qual a câmara 3D se movimenta, com o objetivo de efetuar a digitalização da roda ou do disco. Quando ocorre a paragem nº12 deteta-se que o robô interrompe a leitura, requerendo que o colaborador intervenha e reponha, através do painel, as definições de segurança do eixo.

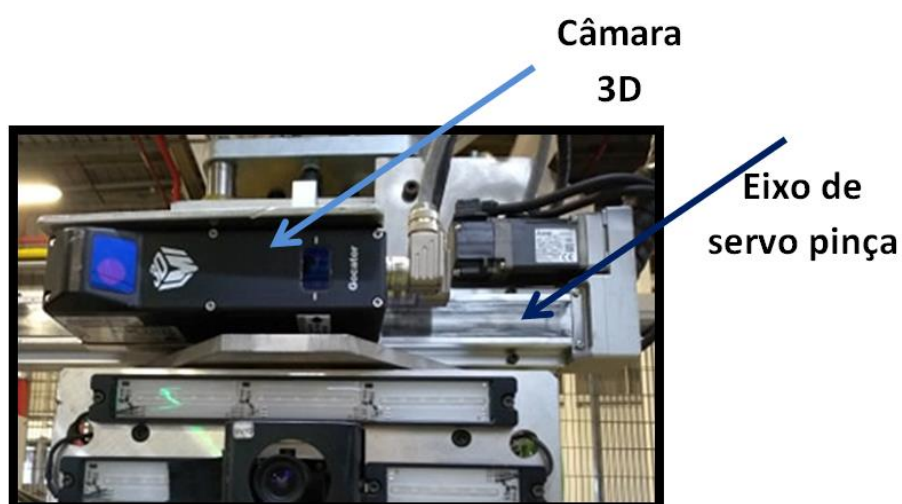


Figura 32 - Câmara 3D e eixo de servo pinça.

- Paragem nº13: Colisão do robô contra as pilhas da roda ou contra o charriot

No momento em que o robô faz o agarre da roda, situada na base rolante, a garra bate contra a pilha de rodas que se situa ao lado. Este incidente requer que o colaborador desempenhe diversas etapas com o propósito de estabelecer o normal funcionamento da ilha, desde refazer a pilha das rodas, verificar a ocorrência de eventuais danos no robô ou na roda (garra do robô, câmaras, jantes...), até à colocação em modo manual do robô, a fim de o colocar numa posição de segurança.



Figura 33 - Pilha das rodas caídas após colisão.

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

A colisão do robô com o charriot, à semelhança do caso anterior, decorre do movimento do agarre da roda na base rolante, no entanto a colisão é entre a garra e o charriot. O procedimento de retoma de funcionamento é idêntico ao retratado anteriormente, diferindo unicamente no facto da pilha de rodas não necessitar de nenhuma ação.



Figura 34 - Embate da garra do robô com o charriot.

- Paragem nº14: Barreira de segurança desarmada

O erro aqui abordado dá-se quando o robô não têm a informação de que é seguro iniciar ou retomar o ciclo, devido a falhas no rearme das barreiras de segurança. Tal situação pode ter sido ocasionada por esquecimento do colaborador ou um rearme ineficiente das barreiras, bem como por falhas técnicas como é caso de fechaduras empenadas ou sensores de entrada/saída avariados. Quanto à resolução da paragem, esta é facilmente identificável e resolvida pelo colaborador.

- Paragem nº15: Base rolante por validar

Após a troca da base rolante vazia por uma nova, o colaborador deverá dar a informação ao robô relativamente à quantidade de rodas que existem nas bases rolantes. O processo de validação tem como objetivo dar entrada do número de rodas existentes na base rolante, sendo de extrema importância garantir que o robô tem a informação exata do número de rodas. Caso

a base rolante não seja validada, pelo colaborador responsável, o robô não inicia o ciclo e dá alerta para base rolante por validar. Importa sublinhar que a paragem nº15 advém unicamente de erro humano.

- Paragem nº16: O programa do PC deixa de responder

O computador ao processar as imagens lidas pela câmara do robô, deixa de responder a qualquer ordem. A paragem repentina do sistema de visão poderá ter como consequência a necessidade de ser reprogramado e como tal, a intervenção de pessoal técnico especializado, que nem sempre se encontra disponível de imediato. O tempo de solução da falha, poderá ser bastante longo.

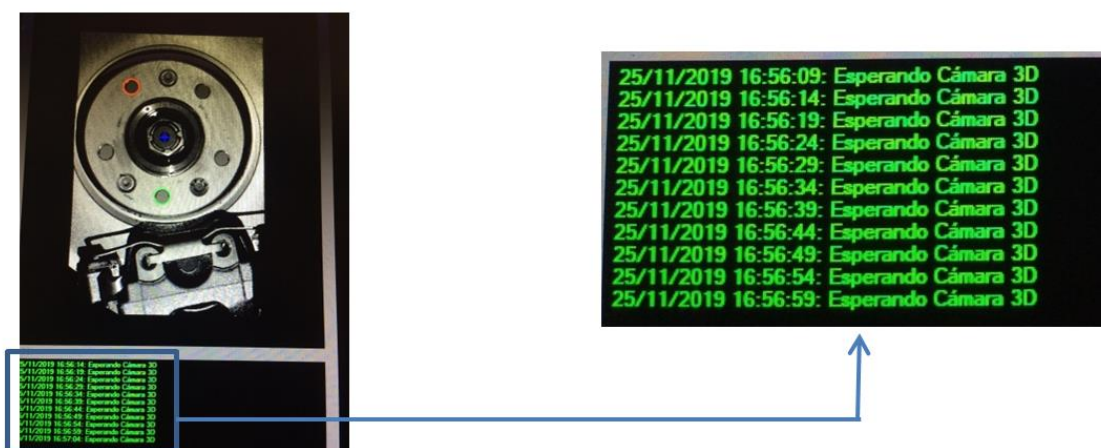


Figura 35 – “Crash” do programa.

- Paragem nº17: Falha “Cerca de singularidade”

No momento em que é detetado que o robô se encontra demasiado próximo de uma singularidade, a montagem é interrompida e a consola transmite uma mensagem de “Cerca de singularidade”, representado na figura 38. O procedimento de retoma do funcionamento do robô encontra-se exibido nos anexos 5 e 6.

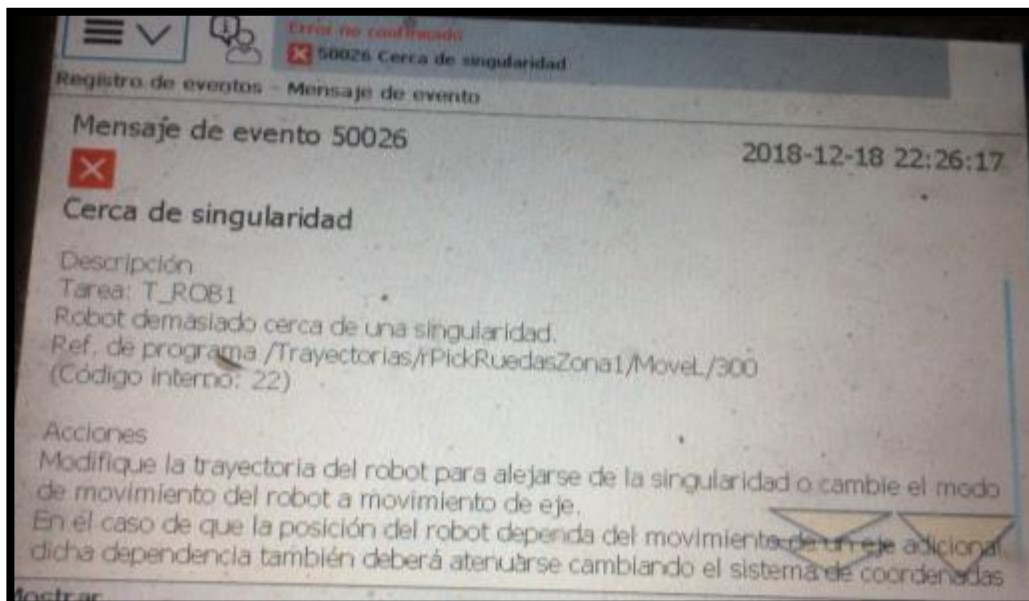


Figura 36 - Mensagem na consola que indica a proximidade a uma singularidade.

- Paragem nº18: Falha de Dados “Trasvaze”

Falha de dados “*trasvaze*” pode ser detetada através do alerta do painel exibido na figura 39, este tipo de erro advém da falha da comunicação dos dados, que identificam características da montagem, como tipo e cor de jante, tipo de disco, entre outros. O colaborador terá de fornecer manualmente as características solicitadas para realização da montagem.

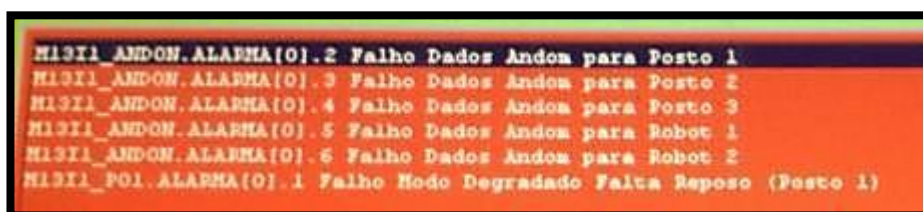


Figura 37 - Alerta do painel view para falha dos dados “*trasvaze*”.

- Paragem nº19: Avarias técnicas- Intervenção da Manutenção

As avarias técnicas obrigam à intervenção imediata da equipa responsável pela manutenção. De acordo com a gravidade da falha e com o stock de material existente, a paragem do robô pode prolongar-se por tempo indeterminado.

- Paragem nº 20: Reposição das bases rolantes

Aquando a troca das bases rolantes o colaborador terá de suspender o ciclo de montagem, a fim de retirar a base rolante vazia e colocar um nova.

- Paragem nº21: Paragem para recuperação do tempo de ciclo

A paragem em questão surge quando um dos robôs é desligado porque os operadores responsáveis, nomeadamente o responsável de unidade e monitores, alegam que as paragens em demasia gerem os chamados “buracos” na linha de produção e que a produção manual é uma mais valia para recuperar o tempo de ciclo perdido. Importa referir, que a argumentação da paragem nunca foi verificada pela empresa do ponto de vista estatístico.

As paragens que serão objecto de estudo nos capítulos mais à frente serão as referentes às falhas com potencial de melhoria, mais concretamente, desde a nº1 até à nº18. Relativamente às trocas de base rolante (paragem nº20), ainda que futuramente possa existir forma de diminuir o tempo de paragem, actualmente não representa para a empresa uma prioridade, visto não ser uma falha, mas um conjunto de paragens expectáveis e programáveis.

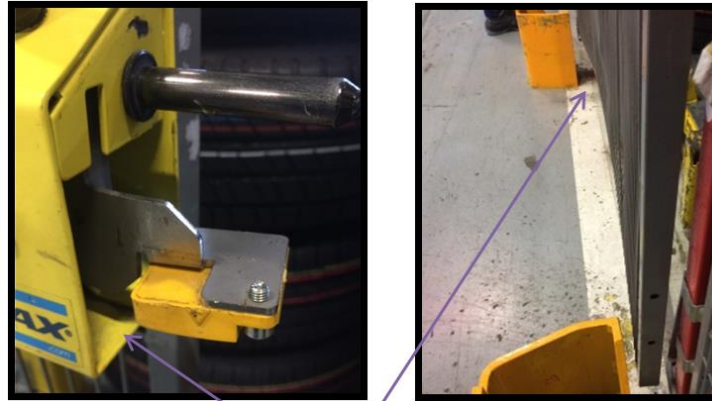
4.4. Manutenção da ilha das rodas

Na ilha das rodas é aplicada uma manutenção corretiva, ou seja, assim que ocorre algum tipo de avaria (paragem nº19) o departamento de manutenção é solicitado para a resolver. As avarias podem ser de carácter mais técnico, como é o caso de problemas nos sistemas de pneumáticos e eléctricos ou podem estar associadas ao mau estado de alguns elementos da ilha, mais especificamente temos:

- Frequente avaria dos sensores das fechaduras das portas do posto; é de notar que o facto das portas não estarem corretamente rearmadas implica a impossibilidade de funcionamento do robô;

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

- Portas e fechaduras encurvadas que geram dificuldade e demora no fecho das portas, chegando mesmo a ser impraticável o seu fecho.



Fechadura e porta encurvada

Figura 38 - Fechadura e porta encurvada.

- Mau funcionamento dos travões dos charriots, nomeadamente, verificação da existência de travões empenados (Figura 41) e de travões com folga, que provoca o seu descaimento. Ambas as situações tornam o travão incapaz de exercer adequadamente a sua função.



Figura 39 - Travão de charriot de uma base rolante empenado.

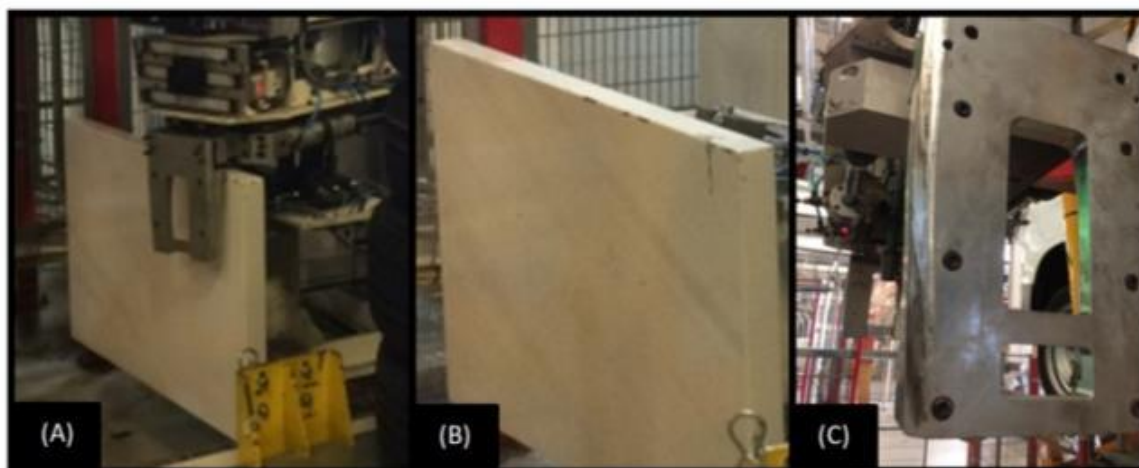


Figura 40 - (A): Colisão do robô com a gaveta dos parafusos (B) : marca da colisão na gaveta (C): desgaste da garra após constantes batimentos.

- Velocidade de abertura da gaveta dos parafusos continuamente desregulada. Ao abrir com demasiada velocidade a gaveta no fim do movimento começa a oscilar, após um determinado período de tempo, provoca o seu empenamento. A danificação da gaveta do sistema de parafusos tem como efeito a colisão da garra do robô com a gaveta, no momento que se dirige ao alimentador a fim de retirar os parafusos. A situação em causa não obriga à paragem do robô mas a provoca o desgaste e pode danificar a gaveta e a garra do robô.

4.5. Estratégia adoptada para recolha de dados

Por decisão do orientador de estágio da empresa, foram inicialmente recrutados três estagiários com o intuito de manter o posto em constante funcionamento ao longo dos três turnos, o que implicava serem capazes de reagir com prontidão às falhas, minimizando dessa forma o tempo de retoma de ciclo, bem como estarem totalmente disponíveis e aptos para ajudar no projeto, particularmente, na recolha de dados e no apuramento das causas. No entanto, por diversos motivos, todos eles desistiram do projeto deixando temporariamente a recolha de dados adiada.

Após o sucedido, tornou-se crucial arranjar novas soluções e tomar decisões sobre qual a estratégia que deveria ser adotada para recolha de dados. Juntamente com o orientador de estágio da empresa e o colaborador da empresa CEEIA, incumbido da reparação técnica da

4. Estudo do caso: Manuais de operação e de avarias

ilha no projecto de melhoria, foi realizada uma primeira reunião com o director da fábrica, o chefe do setor de montagem e o responsável pelo departamento de manutenção. As duas alternativas apresentadas na reunião, consistiam no seguinte:

- 1) Presença constante de três colaboradores na ilha, um por turno, como forma de substituição dos três estagiários;
- 2) Criação de um sistema composto por um conjunto de câmaras, colocadas de maneira estratégica tendo em conta as falhas que se pretendem estudar, juntamente com um autómato (*plc*) que permita ter acesso directo aos dados do sistema da ilha.

Por decisão da direcção da fábrica, a opção seleccionada foi a primeira. Como tal, e de maneira a poupar tempo na formação de novos operadores, a função de recolha de dados foi atribuída ao operador de cada turno.

Para a continuação do estudo foi necessário os operadores, ao longo de um mês (período de tempo estipulado pelo director), preencherem uma folha de registo que visa, essencialmente, o levantamento de dados necessários ao estudo da frequência com que ocorre cada falha e dos tempos necessários ao cálculo do indicador OEE. De maneira a rentabilizar a presença constante dos monitores na ilha, foram também registadas as características mais importantes do processo, como é o caso do número da aranha, tipo e cor de jante, base rolante e local onde ocorrem, pressupondo-se terem relação directa com a ocorrência de determinadas falhas.

Na Figura 43 encontra-se exposta a tabela que os operadores foram preenchendo, sendo que, a coluna correspondente às interrupções são preenchidas de acordo com uma codificação, como se pode ver na listagem facultada presente no anexo 1.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

5.1. Ilha das Rodas-tratamento e análise de dados

Ao longo de 4 semanas os operadores procederam à recolha de dados relativos a 36 turnos o que corresponde a um total de 4068 automóveis, já que por turno produzem em média 113 veículos. No entanto, não foi possível ir de encontro ao estipulado inicialmente pelo director e os operadores apenas tiveram disponibilidade para registarem os dados pedidos de 3477 veículos.

Através de uma primeira análise ao dados, é possível retirar diversas informações referentes ao funcionamento da ilha. Mais especificamente, quanto à percentagem de automóveis que passaram pela ilha e para o qual se verificou as seguintes situações:

- **Robô em funcionamento sem falhas:** O robô encontrava-se em funcionamento e o processo de montagem ocorreu sem falhas;
- **Robô em funcionamento com falhas:** Robô encontrava-se em funcionamento, contudo, no decorrer do processo de montagem verificaram-se uma ou mais falhas;
- **Paragem do robô devido a avaria:** O robô foi desligado devido a problemas técnicos que exigem a imediata a intervenção da equipa de manutenção.
- **Paragem do robô para recuperação de tempo:** Corresponde à paragem nº21, explicado no sub-capítulo 4.3.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

A nossa análise começa no lado esquerdo da ilha, que corresponde ao robô 1, onde foram obtidos os seguintes resultados por número de automóvel, apresentados na seguinte figura:

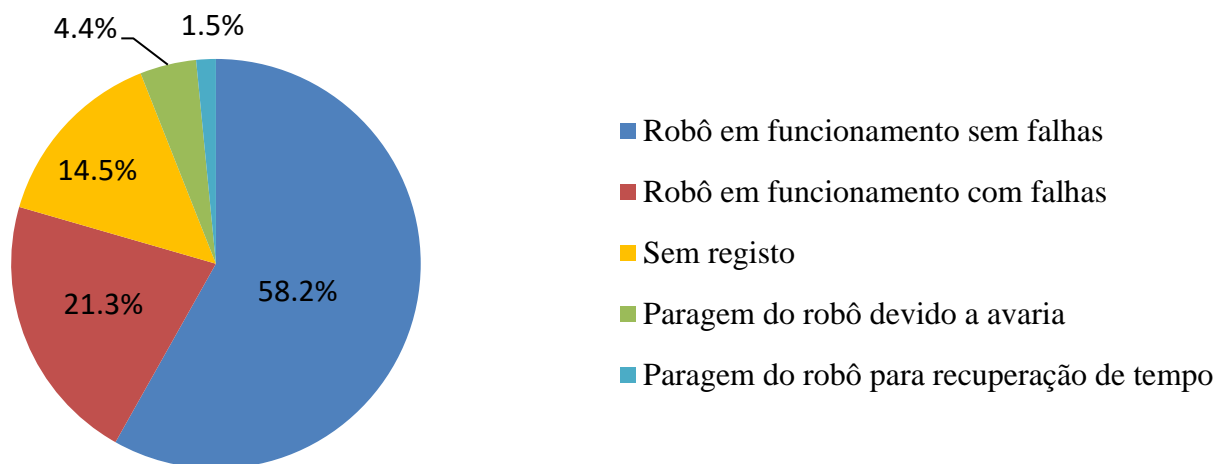


Figura 43 - Percentagem dos resultados obtidos para as diferentes situações, do robô1.

E para o lado direito, robô 2:

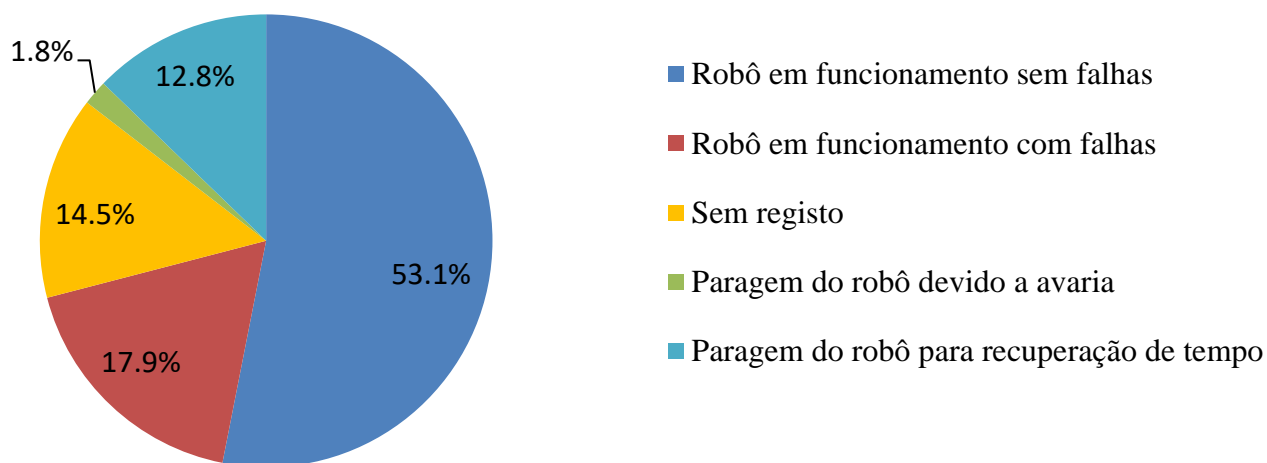


Figura 44 - Percentagem dos resultados obtidos para as diferentes situações, do robô2.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

A parcela “Sem registo” representa a percentagem de automóveis que passaram pela ilha, aquando do período de registo das tabelas, mas que no entanto os operadores não fizeram o registo dos dados pedidos. O seu valor foi conseguido sabendo que o número de automóveis por cada um dos turno ronda os 113.

A partir dos resultados obtidos, é possível observar que a percentagem de automóveis que passaram pela ilha sem que se verificassem paragens que refletissem falhas foi de aproximadamente 58% para o robô 1 e de 53% para o robô 2. Porém estes mesmos valores não podem ser vistos como uma comparação entre os dois lados da ilha; A percentagem de paragens é mais elevada para o robô 2, com um total aproximado de 15%, em que apenas 2% são pertencentes à paragem do robô por problemas de avarias na ilha. O robô 1 tem um total de paragens que foi de 6%, dos quais apenas 1,5% se deveu à paragem para recuperação do tempo de ciclo. A discrepância entre as percentagens de paragem, leva a supor que no decorrer do período de recolha de dados, o robô 2 estaria num modo degradado, em termos de falhas, em comparação com o robô 1.

5.2. Frequência da ocorrência de falhas

Na análise dos valores do robô em funcionamento com falhas, por cada automóvel verificaram-se no mínimo uma falha, quer isto dizer que, podem ter ocorrido para a mesma caixa diversas e distintas falhas. A percentagem do robô em funcionamento com falha, das figuras 45 e 46, integra todas as paragens que representam vários tipos de falhas, isto é, desde a paragem nº1 à nº18.

Através dos registos obtidos, chegou-se à quantidade de vezes que uma dada falha se verificou. De seguida é exibida a figura 47 que representa essa mesma relação.

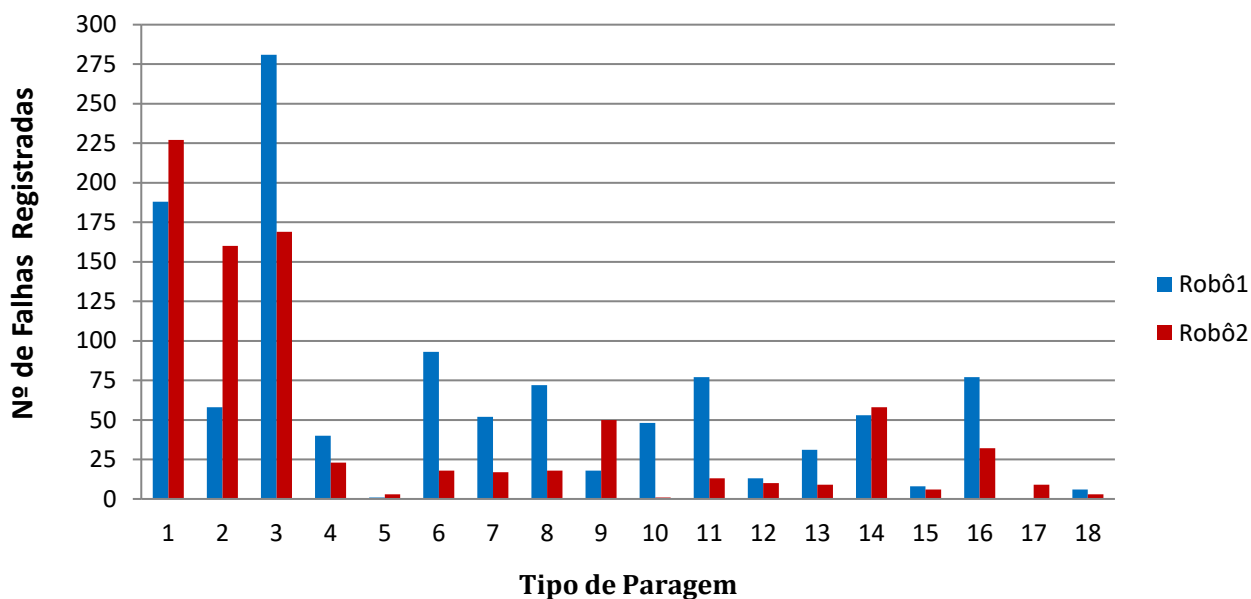


Figura 45 - Resultados do número de vezes que cada falha se verificou.

Pela análise do gráfico salientam-se de forma imediata as três falhas que sucederam mais vezes, mais especificamente, a paragem nº3 (Falha de leitura dos discos) verificada na totalidade 450 vezes, seguida da paragem nº1 (Roda fora dos limites nas bases rolantes) tendo ocorrido no total 415 vezes e por último a paragem nº2 com um somatório entre o robô 1 e o 2 de 218 vezes.

No total, verificou-se a ocorrência de 1942 falhas, em que 1116 são pertencentes ao robô1 e 826 ao robô2.

5.3. Análise ABC/ Diagrama de Pareto

De modo a averiguar quais as falhas prioritárias procedeu-se a uma análise ABC para três situações distintas ou critérios de análise, mais concretamente:

- **1º Análise:** Diagrama Pareto, relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu;
- **2º Análise:** Diagrama Pareto, referente ao tempo que cada falha demora a ser corrigida;

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

- **3ºAnálise:** Diagrama Pareto, alusivo ao tempo que cada robô esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

De acordo com a bibliografia utilizada, a análise ABC de todas as situações apresentadas envolveu, de uma forma generalizada, as seguintes etapas:

- Colocação dos valores obtidos por ordem decrescente;
- Cálculo percentual, que cada situação em estudo teve sobre o total;
- Determinação da frequência total acumulada;
- Atribuição da classe a cada falha, sendo que, a classe A é atribuída a falhas de maior importância, a classe B a falhas com importância e a classe C a falhas de menor importância.
- Construção do diagrama de Pareto.

Seguidamente será exibido o diagrama Pareto e a respetiva análise ABC para cada uma das três análises, das quais, a 1º e 3º são detalhas segundo o robô em estudo e para a ilha das rodas no geral (junção de robô 1 e robô 2). No que diz respeito à segunda análise, dado que o tempo de correção de cada falha é idêntico para os dois robôs, já que não existe diferenciação no procedimento de correção de falhas nos dois robôs, será exibido um único diagrama de Pareto com a respetiva análise ABC.

5.3.1. 1ºAnálise: Diagrama Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu

Através da tabela nº 44, foi possível determinar o número de vezes que se verificou cada uma das falhas em estudo, tendo-se chegado ao diagrama de Pareto apresentado na figura 48.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Gráfico Pareto obtido para o robô 1:

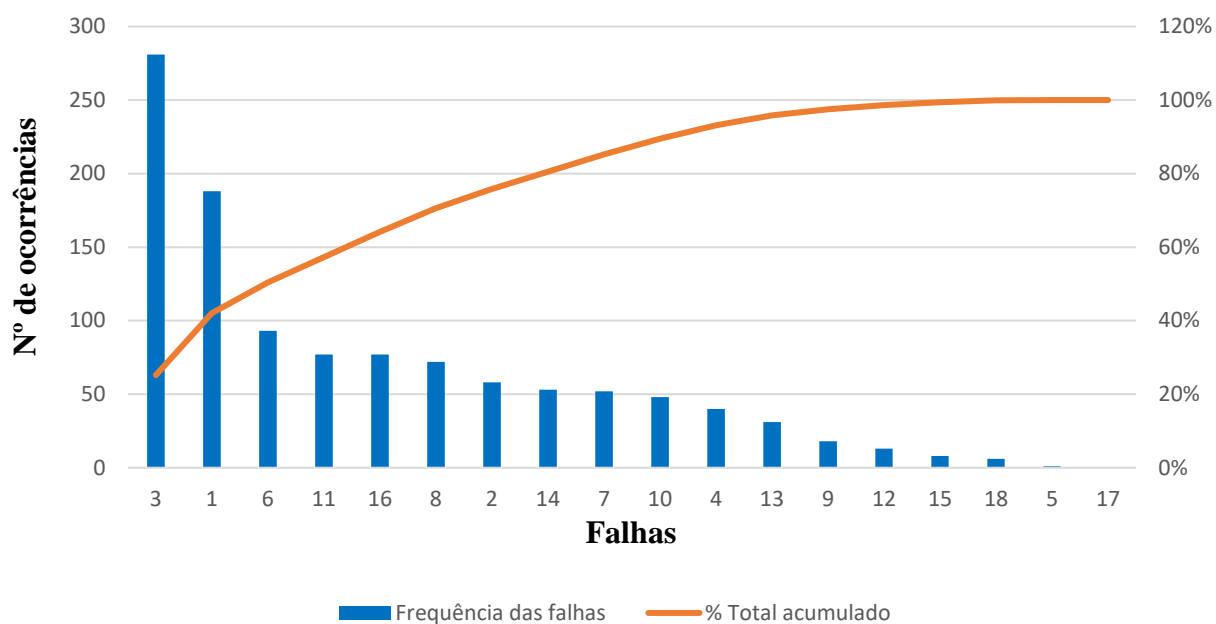


Figura 46 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 1.

A classificação ABC para a respectiva análise é apresentada de seguida na tabela 1.

Falha	Classe
3	A
1	A
6	A
11	B
16	B
8	B
2	B
14	B
7	B
10	C
4	C
13	C
9	C
12	C
15	C
18	C
5	C
17	C

Tabela 1 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 1.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Como é possível verificar pela figura 48 e pela tabela 1, as falhas de maior importância, relativa ao número de vezes que ocorreram no robô1, são a número 3, 1 e a 6, representando cerca de 50,4% de todas as falhas que ocorreram no período. Tendo-lhes sido atribuída a classe A.

Já as falhas de classe B, com importância, são a 11, 16, 8, 2,14 e a 7, todas as restantes ocupam a posição de menor importância. As nove maiores falhas representam juntas 85% de todas as falhas.

Quanto ao robô 2, o diagrama de Pareto obtido pode ser notado na figura 49.

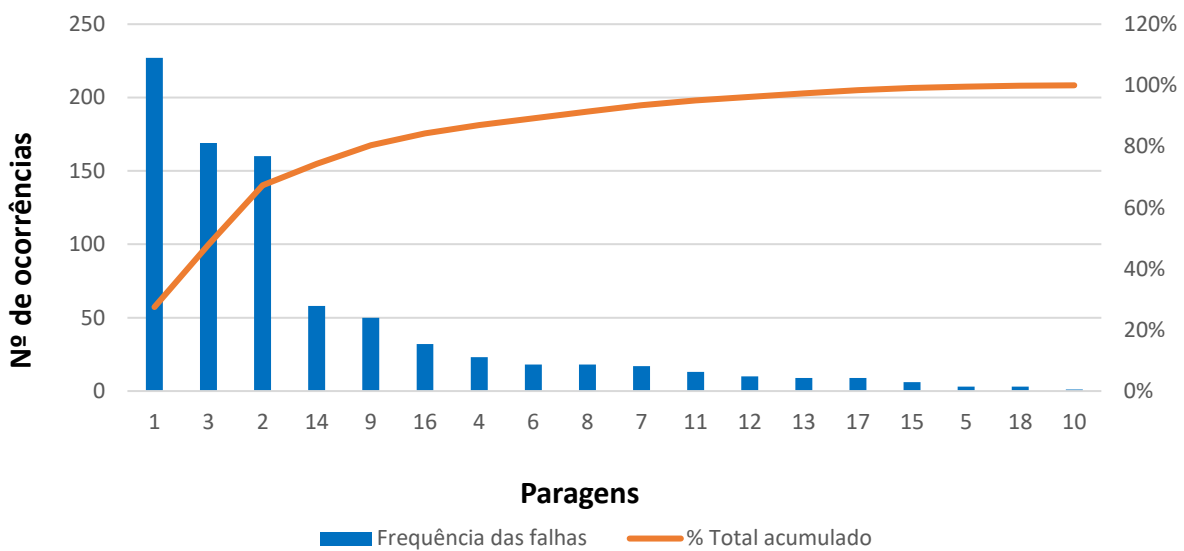


Figura 47 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 2.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Classificação ABC do robô 2:

Falha	Classe
1	A
3	A
2	A
14	B
9	B
16	B
4	B
6	B
8	C
7	C
11	C
12	C
13	C
17	C
15	C
5	C
18	C
10	C

Tabela 2 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu para o robô 2.

À semelhança do robô 1, também a falha nº 3 e 1 ocupam a posição das mais importantes, sendo que, a falha nº 2 surge igualmente com classe A e a nº 6 com classe B. As quatro falhas retratam cerca de 74% de todas as falhas ocorridas no intervalo de tempo em estudo.

O cerne da causa das falhas é idêntica para ambos os robôs, como tal, de uma perspectiva técnica, poderá ser oportuno reparar erros que estejam na origem das falhas e que permitam restituir o modo autónomo do posto em simultâneo para os dois lados da ilha, ainda que possa haver diferentes graus de prioridade conforme o robô em causa. Assumindo essa possibilidade, efetuou-se o gráfico Pareto (Figura 50) para a ilha das rodas no geral, isto é, para o conjunto robô 1 e robô2.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Gráfico Pareto da Ilha:

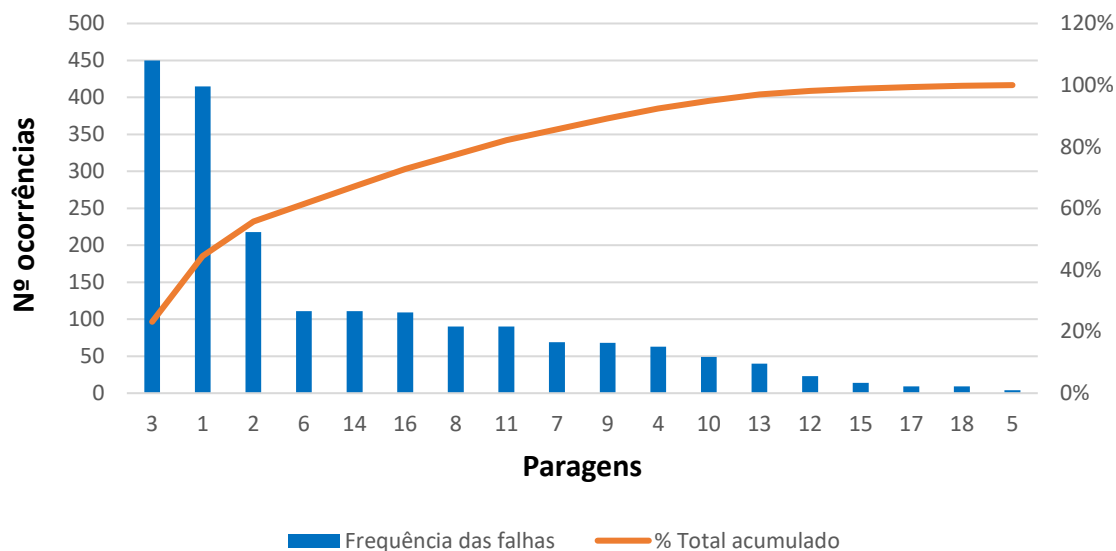


Figura 48 - Diagrama de Pareto relativo à quantidade de vezes que cada falha ocorreu na ilha das rodas (robô1 e robô2).

A classificação atribuída às falhas que ocorrem no posto é exposta na tabela a seguir representada:

Falha	Classe
3	A
1	A
2	A
6	B
14	B
16	B
8	B
11	B
7	B
9	C
4	C
10	C
13	C
12	C
15	C
17	C
18	C
5	C

Tabela 3 - Classificação ABC relativa à quantidade de vezes que cada falha ocorreu na ilha das rodas (robô1 e robô2).

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Como seria de prever, as falhas número 3, 1 e 2 são de classe A, correspondendo a 55,8% de todas as falhas, ou seja, as mais importantes a nível de ocorrência de falhas. As falhas número 6, 14, 16, 8, 11 e 7 são pertencentes à classe B. O conjunto das nove falhas representa 85,6 % de todas as falhas que sucederam no período.

5.3.2. 2ºAnálise: Diagrama Pareto referente ao tempo que cada falha demora a ser corrigida

A presente análise ABC é referente ao tempo que cada falha demora a ser corrigida, isto é, ao intervalo de tempo que decorreu desde a deteção da falha, seguida da ação do colaborador até ao rearme (até ao momento que robô entra novamente em funcionamento).

O tempo de resolução de falha é variável consoante a tarefa que foi incumbida ao operador imediatamente antes de ouvir o “*andon*” a tocar, por observação no terreno. Foi notório que quanto maior a disponibilidade do operador, para marcar presença no posto, menor o tempo de resolução da falha, já ao verificar-se o inverso a velocidade de resposta às falhas diminui.

Inicialmente obteve-se uma listagem com os tempos médios de retoma de ciclo, para cada tipo de falha em estudo, tendo-se chegado aos valores indicados na tabela 4.

Paragem		Tempos [s]
Paragem nº1	Roda fora dos limites nas bases Rolantes	52,14
Paragem nº2	Roda fora dos limites B.Intermédia	40,31
Paragem nº3	Falha de leitura dos discos	71,25
Paragem nº4	Falha de leitura das jantes especiais nas bases Rolantes	70,96
Paragem nº5	O robô não deteta uma roda que está no posto intermédio	21,43
Paragem nº6	Erro no aperto da roda/ Falha na aparafusadora	88,20
Paragem nº7	O alimentador não tem os cinco parafusos	68,15
Paragem nº8	O robô não retira os cinco parafusos do alimentador	48,61
Paragem nº9	Alimentador obstruído	79,46
Paragem nº10	Falha do agarre do parafuso no alimentador	55,47
Paragem nº11	Falha na Servo Pinça	13,79
Paragem nº12	A câmara 3D pára de fazer a leitura e dá alerta de falha de servo pinça de segurança	131,17
Paragem nº13	Colisão do robô contra um elemento da ilha	58,57
Paragem nº14	Barreira de segurança desarmada	19,00
Paragem nº15	Base rolante por validar	33,10
Paragem nº16	O programa do PC deixa de responder	171,56
Paragem nº17	Falha “Cerca de singularidade”	26,76
Paragem nº18	Falha de Dados “Trasvaze”	40,06

Tabela 4 - Tempos médio de correção de cada paragem.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

O diagrama de Pareto da figura 51 é referente ao tempo de retoma de funcionamento dos robôs, após a ocorrência de cada uma das falha :

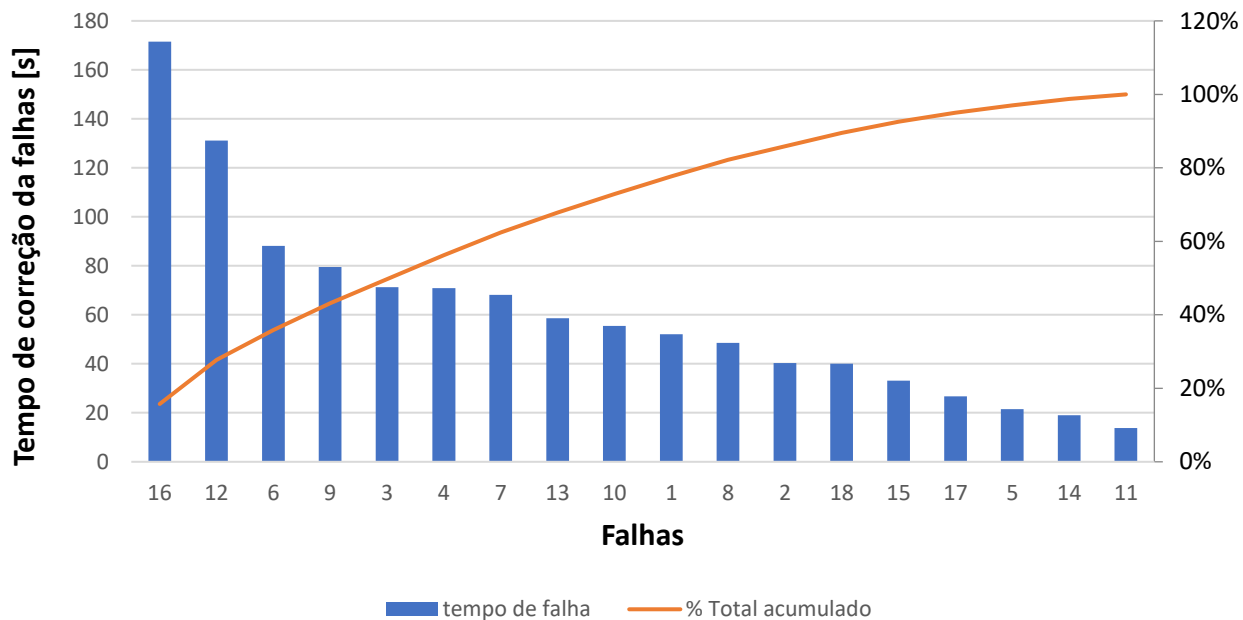


Figura 49 - Diagrama de Pareto relativo ao tempo que cada falha demora a ser corrigida.

Classificação ABC:

Falha	Classe
16	A
12	A
6	A
9	A
3	A
4	B
7	B
13	B
10	B
1	B
8	B
2	C
18	C
15	C
17	C
5	C
14	C
11	C

Tabela 5 - Classificação ABC relativa ao tempo que cada falha demora a ser corrigida.

Através dos resultados obtidos, pode-se constatar que existem cinco falhas classificadas como as mais críticas, quanto ao tempo que demoram a ser corrigidas, são elas: - as falhas número 16, 12, 6, 9 e a 3, que representam cerca de 50% do tempo de retoma do funcionamento da ilha e ainda seis de classe B, mais especificamente, as falhas número 4, 7,13,10, 1 e 8.

5.3.3. 3ºAnálise: Diagrama Pareto, alusivo ao tempo que cada robô esteve parado, por conta de cada uma das falhas.

Neste ponto, foi estudado o tempo total de paragem dos dois robôs e da ilha, ao longo do período de recolha de dados, obtido através da multiplicação do número de vezes que ocorreu uma dada falha pela média do tempo que demora a ser corrigida, a fim de retomar o funcionamento do robô. Esta análise, têm em consideração as duas vertentes: frequência de falhas e tempo de correção das falhas.

O digrama Pareto obtido para o robô1 é apresentado na figura 52.

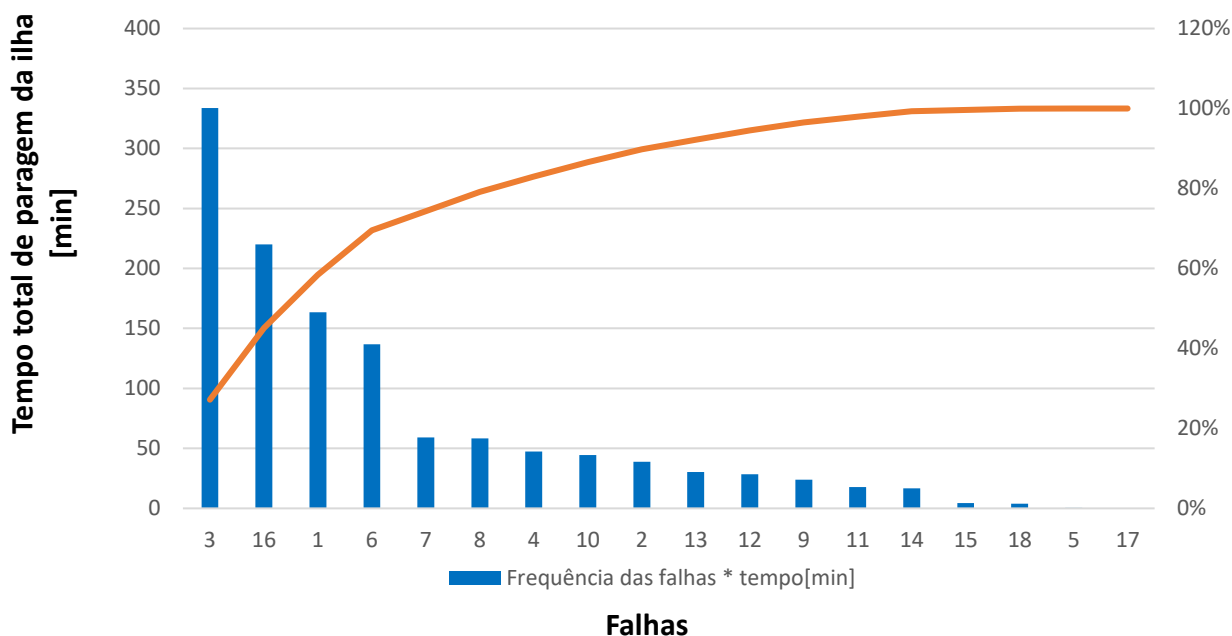


Figura 50 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o robô 1 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

Classificação ABC da 3º análise:

Falha	Classe
3	A
16	A
1	A
6	A
7	B
8	B
4	B
10	B
2	B
13	C
12	C
9	C
11	C
14	C
15	C
18	C
5	C
17	C

Tabela 6 - Classificação ABC alusiva ao tempo que o robô1 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

As falhas que exigem uma maior atenção, de acordo com o impacto causado no robô 1, são: Falha nº 3 com 5,6 horas de paragem da ilha, seguida da falha nº 16, com um total de 3,7 horas, a falha nº 1, com menos uma hora que anterior 2,7 horas, e ainda a falha nº 6, com 2,3 horas de paragem. As quatro falhas de classe A, equivalem, aproximadamente a 70% de todos os tempos de paragem do robô1.

Com um nível de importância relevante, classe B, temos também as seguintes falhas, agora expostas com o respectivo tempo de paragem da ilha em minutos:

- **Falha nº7:** 59,06 [min]
- **Falha nº8:** 58,33 [min]
- **Falha nº4:** 47,31 [min]
- **Falha nº10:** 44,38 [min]
- **Falha nº2:** 38,96 [min]

Corrigindo as falhas de classe A e B, é possível alcançar uma melhoria de cerca 90% no lado direito do posto.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Quanto ao robô 2 temos que o diagrama de Pareto é o seguinte:

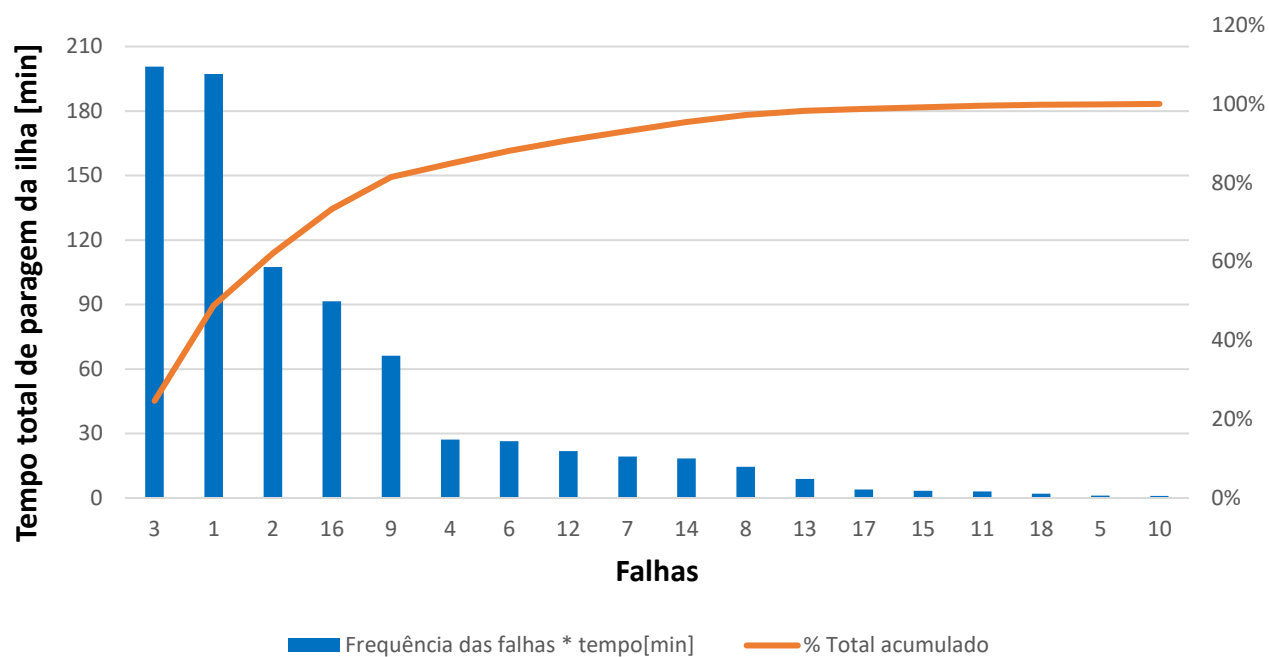


Figura 51 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o robô 2 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

Classificação ABC para o robô2:

Falha	Classe
3	A
1	A
2	A
16	B
9	B
4	B
6	B
12	C
7	C
14	C
8	C
13	C
17	C
15	C
11	C
18	C
5	C
10	C

Tabela 7 - Classificação ABC alusiva ao tempo que o robô2 esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

No que diz respeito ao lado direito da ilha, robô 2, as falhas classificadas como as mais impactantes são: falha nº 3 e nº 1, com aproximadamente 3,3 horas cada falha e a falha nº 2 com 1,8 horas de paragem. As três falhas, representam cerca de 62% de todas as paragens por falhas no lado esquerdo da ilha.

A resolução das falhas de classe A e B poderão proporcionar uma melhoria de 88% no robô 2. Temos que as falhas de classe B, ordenadas por tempo de paragem da ilha em minutos, são as seguintes:

- **Falha nº16:** 91,5[min]
- **Falha nº9:** 66,2[min]
- **Falha nº4:** 27,2[min]
- **Falha nº6:** 26,5[min]

Importa lembrar, que as percentagens de paragem dos dois lados da ilha por unidade de automóveis, exibidas nas figuras 45 e 46 são bastante distintas, mais detalhadamente temos:

- **Robô1:** 4,4% de paragem por avaria e 1,5% de paragem total do robô para “recuperação do tempo de ciclo”
- **Robô2:** 1,8% de paragem por avaria e 12,8% de paragem total do robô para “recuperação do tempo de ciclo”

O robô 2 apresenta uma percentagem das paragem nº19 e nº21 imensamente superior ao robô 1, sendo espectável que se reflecta nos tempos de paragem devido a falhas (paragem nº1 à paragem nº18), já que, sempre que o robô se encontra desligado não apresenta nenhuma dessas falhas.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

À semelhança da primeira análise também para esta foi determinado o diagrama Pareto para a ilha, como um todo:

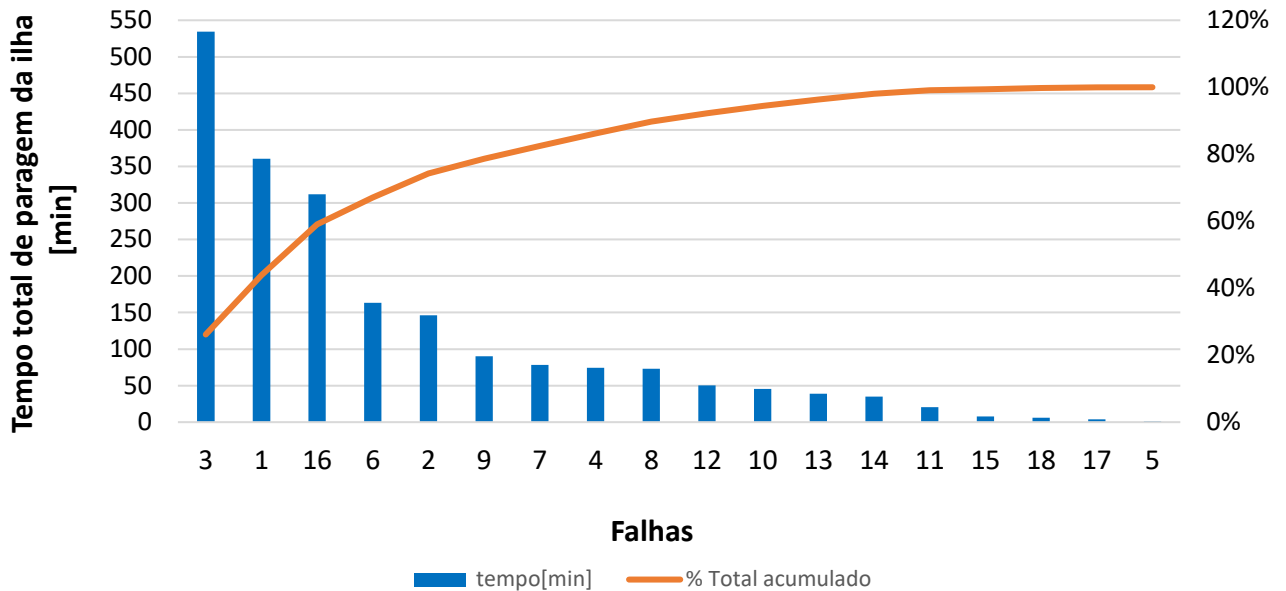


Figura 52 - Diagrama de Pareto alusivo ao tempo que o posto, ilha das rodas, esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

Classe das falhas:

Falha	Classe
3	A
1	A
16	A
6	B
2	B
9	B
7	B
4	B
8	B
12	C
10	C
13	C
14	C
11	C
15	C
18	C
17	C
5	C

Tabela 8 - Classificação ABC alusivo ao tempo que o posto esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Como é possível verificar pela figura 54, as falhas número 3, 1 e 16 representam cerca de 59% do tempo total de paragem devido a falhas que ocorreram no período, tendo-lhes sido atribuída a classe A. Já as falhas de classe B, com importância, são a número 6, 2, 9,7,4 e a 8, todas as restantes, ocupam a posição de menor importância.

As nove maiores falhas, classificadas como classe A e B, representam juntas cerca de 89% dos problemas da ilha. Pode-se concluir, que a correção das falhas na origem podem reflectir uma melhoria de 89% na ilha.

Ao longo do período de recolha de dados, a falha nº 3 gerou 9 horas de paragem do posto, a falha nº 1, 6 horas e a falha nº 16, 5,2 horas. Já as falhas de classe B provocaram paragens de:

- **Falha nº2:** 146,44 [min]
- **Falha nº 9:** 90,5 [min]
- **Falha nº7:** 78,37 [min]
- **Falha nº4:** 74,51[min]
- **Falha nº8:** 72,92 [min]

5.3.4. Conclusões do Pareto

Foram estudadas três análises ABC distintas, com o intuito de obter um maior espectro de informação, a fim de salientar as falhas de maior importância.

A 1º análise é de extrema importância, no sentido em que a ilha das rodas é um posto programado para funcionar autonomamente, no entanto, a cada falha que ocorre um colaborador terá de abandonar a sua tarefa, que até então lhe eram destinadas, para se deslocar à ilha a fim de retomar a produção, ora, quanto maior é o numero de vezes que as falhas ocorrem maior será a quantidade de vezes que um colaborador se terá de deslocar até à ilha.

A 3º análise, reflecte de uma forma sucinta que 89% das 177 horas de registo de funcionamento da ilha com falhas deveram-se às paragens ocasionadas por nove das falhas estudadas.

Estes dados revelam a urgência numa ação destinada à diminuição do número de ocorrências de falhas.

5.4. Cálculo do OEE

Como já mencionado, os dados para o cálculo do OEE foram recolhidos no decorrer de quatro semanas pelos próprios operadores, de acordo com a sua disponibilidade para o fazer, através do preenchimento da folha de registo apresentada na figura 43.

Dado a especificidade do posto, o cálculo do indicador foi obtido da maneira que se vai explicar nos próximos subcapítulos. A percentagem do indicador é obtida através da equação geral 1, já mencionada anteriormente.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

5.4.1. Disponibilidade

O fator da disponibilidade, determina qual a taxa de tempo de bom funcionamento do posto relativamente ao tempo total. Dado a impossibilidade de recolher dados que cubram as 24 horas de produção, o parâmetro do tempo de carga, definido pelo autor Nakajima (1989), como sendo o tempo total disponível do equipamento, desconsiderando o tempo das paragens planeadas, para o caso do posto em estudo não será tido em conta as pausas dos colaboradores ou qualquer tipo de intervenção planeada, que exclua a troca das bases rolantes, temos então que a taxa de disponibilidade para a ilha das rodas será obtida com base nos tempos que foram conseguidos para cada automóvel.

Disponibilidade é igual à divisão entre o somatório do tempo efetivo de montagem e do tempo total do ciclo, dada pela seguinte equação:

$$\%Disponibilidade = \frac{t_{efet.de\ produção}}{t_{total}} \quad (12)$$

No qual:

O tempo total é o somatório de todos os tempos de ciclos que decorrem entre o início do movimento dos robôs até ao fim da montagem. É de notar que o tempo de ciclo, correspondente à terceira coluna da tabela 43, já inclui o tempo de entrada do automóvel.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Quanto ao tempo de paragens, este é o tempo obtido pelo somatório de todas as paragens que sucederam durante o período de registo (Equação 13).

$$t_{paragens} = t_{sem\ rearmar} \quad (13)$$

O tempo efetivo de produção, é referente ao tempo durante o qual o robô está realmente a operar (Equação 14).

$$t_{eft.produção} = t_{total} - t_{paragens} \quad (14)$$

De uma forma simplificada, temos que a taxa de disponibilidade é a seguinte (Equação 15):

$$\%Disponibilidade = \frac{t_{total} - t_{paragens}}{t_{total}} \quad (15)$$

5.4.2. Performance

O fator da produtividade é muitas vezes controverso dado a falta de linearidade no seu cálculo, fazendo sentido ser adaptada a cada caso em concreto (Puvanasvaran et al., 2013). Na situação em estudo, pretende-se que a produtividade reflecta a relação entre o tempo de ciclo teórico e o tempo de ciclo real, ou seja, o que se verifica efectivamente (Equação 16).

$$Produtividade = \frac{T_{ciclo\ teorico}}{T_{ciclo\ real}} \quad (16)$$

Sabendo que o tempo de ciclo teórico é o tempo estipulado pela empresa como sendo o tempo de ciclo ideal, visto estar em concordância com os demais postos. Já o tempo de ciclo real é o somatório de todos os tempos que decorrem entre o início do movimento dos robôs até a saída do automóvel do posto (Equação 17).

$$t_{ciclo\ real} = t_{ciclo} + t_{saida\ auto}. \quad (17)$$

Dada a impossibilidade de obter o tempo de saída do automóvel para cada caixa que passava pela ilha foram retirados os tempos de 150 carros e feita a média, tendo-se obtido um valor médio de 63,13 s.

5.4.3. Qualidade

A taxa da qualidade, é conseguida pela divisão entre a diferença do números total de automóveis tidos como aceitáveis e o número total de automóveis produzidos (Equação 18).

$$\%Qualidade = \frac{N^{\circ}auto.\ aceitáveis}{N^{\circ}total\ de\ auto}. \quad (18)$$

O número de automóveis aceitáveis, será equivalente à quantidade total de automóveis, que serão sujeitos à montagem, a subtrair pela quantidade de automóveis que necessitam de retrabalho, isto é, que ficaram com pelo menos uma das rodas por montar (Equação 19).

$$\%Qualidade = \frac{N^{\circ}total\ de\ auto. - N^{\circ}auto.\ com\ necessidade\ de\ retrabalho}{N^{\circ}total\ de\ auto}. \quad (19)$$

As paragens que geram automóveis sem qualidade, ou seja, com alguma das rodas por montar, são as seguintes:

- **Paragem nº3:** Falha de leitura dos discos, o robô evacua a roda;
- **Paragem nº6:** Erro no aperto da roda, o robô evacua a roda;
- **Paragem nº19:** Avarias exigem a intervenção do departamento de manutenção, sendo que o lado da ilha em causa irá ficar desligado até a avaria ficar resolvida;
- **Paragem nº16:** O programa do computador deixa de responder, inativando o lado da ilha em que o problema ocorre;
- **Paragem nº21:** O robô é desligado para “recuperação do tempo de ciclo”.

5.4.4. Análise dos Resultados Obtidos

Na figura 55 é apresentado um gráfico de linhas com os valores obtidos para as percentagens do OEE e dos respectivos indicadores que o integram, (disponibilidade, produtividade e qualidade) em função do dia e do turno.

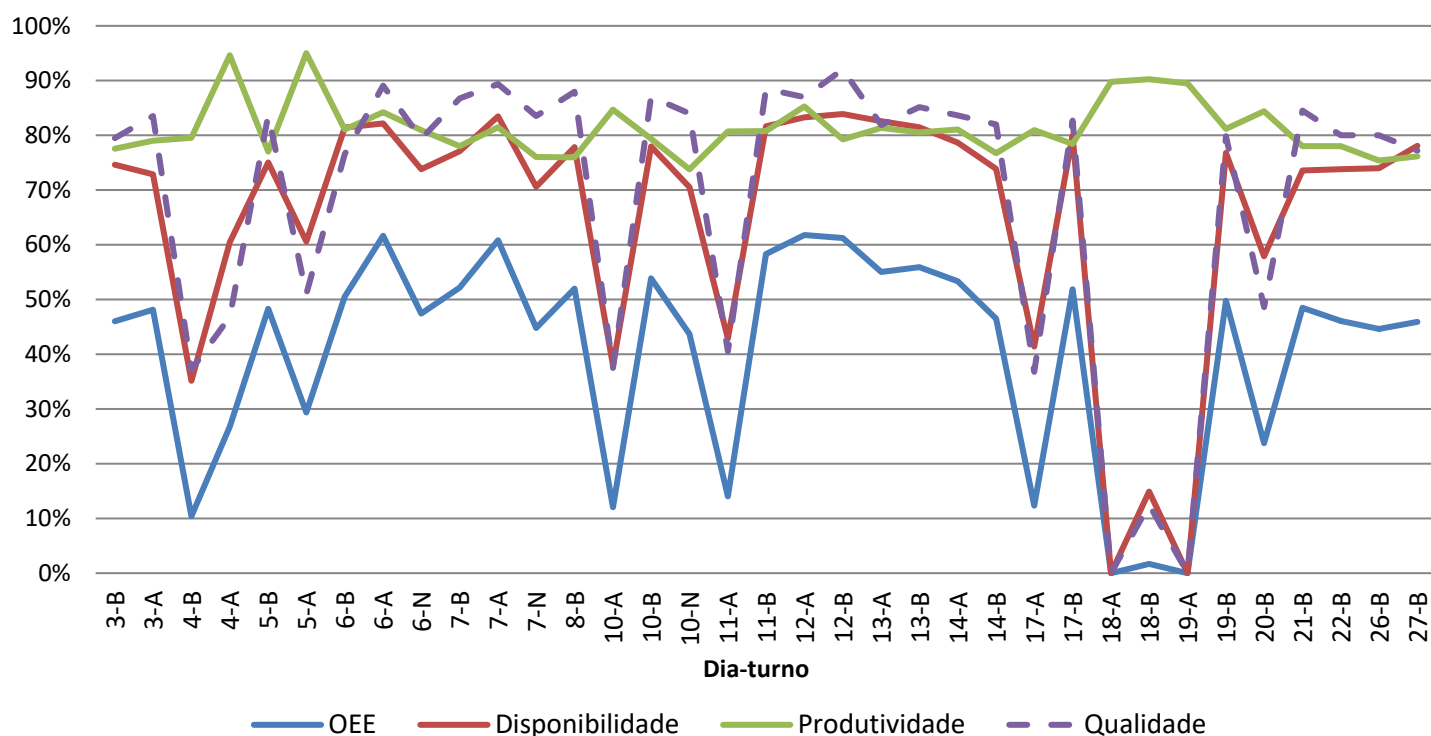


Figura 53 - Percentagens obtidas para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade em função do dia e do turno para a ilha das roda.

Como é possível observar pelo gráfico em questão, todos os indicadores que aí constam apresentam uma distribuição altamente irregular e com valores pouco aceitáveis, apontando para um valor médio do OEE de aproximadamente 41%. Da mesma forma que se evidenciam de imediato três situações extremamente críticas, são elas no dia 18 e 19 do turno A (18-A e 19-A), onde se verifica uma taxa de disponibilidade e de qualidade igual a zero e no dia 18 turno B (18-B) com aproximadamente 10%, para o fator da disponibilidade e da qualidade.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

De forma a analisar mais detalhadamente todos os indicadores, foi elaborada uma tabela resumo (Tabela 9) com os valores médios, máximos, mínimos e desvio-padrão obtidos. No anexo 2 é exibida uma tabela resumo com os valores obtidos para o OEE.

	Média	Máximo	Mínimo	Desvio-Padrão
Disponibilidade	65,4%	83,9%	0,0%	22,7%
Produtividade	81,3%	95,0%	73,8%	5,1%
Qualidade	68,7%	92,0%	0,0%	26,0%
OEE	40,5%	61,8%	0,0%	18,8%

Tabela 9 - Resultados obtidos para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade para a ilha das rodas.

Através dos valores médios obtidos, pode-se concluir que todos os indicadores exigem atenção, sendo que, os factores com valores mais baixos são a disponibilidade (65,4%) e a qualidade (68,7%) e o menos preocupante o da produtividade (81,3%).

Corroborado pela figura 55 e também pela tabela 9, o OEE aponta para valores mínimos de zero no que diz respeito à percentagem da disponibilidade e da produtividade, sendo uma situação alarmante, existe todo o interesse em aprofundar mais esses resultados. Sabemos então que:

Os valores de disponibilidade são afectados diretamente pelo funcionamento dos robôs. Tendo uma situação em que um robô é desligado mas o outro continua em funcionamento, conclui-se que o tempo de produção do primeiro é de zero e o do robô em funcionamento é diferente de zero, no entanto, é necessário ter em mente que o cálculo do OEE é referente à ilha como um todo e não a cada um dos robôs em particular. No cálculo feito o tempo de paragem da ilha será igual ao tempo total de ciclo, resultando num posto com 0% de disponibilidade, no espaço de tempo que um dos robôs se encontra desligado, seja por motivos de avaria ou porque o operador o inactivou.

Quanto à falta de qualidade, importa sublinhar que um automóvel é considerado sem qualidade quando sai da ilha com pelo menos uma roda por montar, já que necessita de ser sujeito a retrabalho no posto seguinte, significa isso, e à semelhança do situação da disponibilidade, que sempre que um dos robôs se encontra desligado todos os automóveis vão ser considerados como inaceitáveis.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Na tabela 10 os valores médios obtidos para os indicadores foram isolados por turnos, sendo possível constatar que o turno A possui o OEE mais baixo, de apenas 33,5% seguido do turno B com 44,6% e do turno N com 45,3%.

	Turno A	Turno B	Turno N
Disponibilidade	55,9%	71,0%	71,7%
Produtividade	85,2%	79,4%	76,9%
Qualidade	55,9%	75,4%	82,3%
OEE	33,5%	44,6%	45,3%

Tabela 10 - Resultados obtidos para os indicadores OEE, disponibilidade, produtividade e qualidade para a ilha das rodas em função do turno em funcionamento.

Os valores retratados poderão ser justificados pelo nível de conhecimento dos operadores de resolução das falhas da ilha das rodas, daqui se conclui que o colaborador do turno A necessitava de formação complementar, relativamente aos restantes, recorrendo numa maior quantidade de vezes à opção de desligar um dos robôs. Já o turno da noite (N) ainda que seja o mais independente e bem preparado para a tarefa, a indisponibilidade e a sobreposição de tarefas não permitiu que recolhesse uma amostra de dados suficientemente elevada para ser comparada com os restantes turnos. Por último, o turno B manteve o nível de registo mais constante e um bom conhecimento dos procedimentos no decorrer de todo o período de recolha de dados.

5.5. Identificação e seleção dos Problemas

Na figura 56 é exposta, de forma esquemática, a decomposição dos erros da ilha das rodas, correspondentes às falhas de classe A e de classe B, obtidas através da análise Pareto, alusiva ao tempo que cada robô esteve parado, ao longo do período de recolha de dados, por conta de cada uma das falhas.

As nove falhas encontram-se repartidas por falhas de leitura, de mecânica e de manutenção. Ainda que não se encontrem enquadrados nas paragens detetadas, os problemas de manutenção, apresentados no sub-capítulo 4.4, poderiam estar exibidos na repartição da manutenção, do diagrama apresentado.

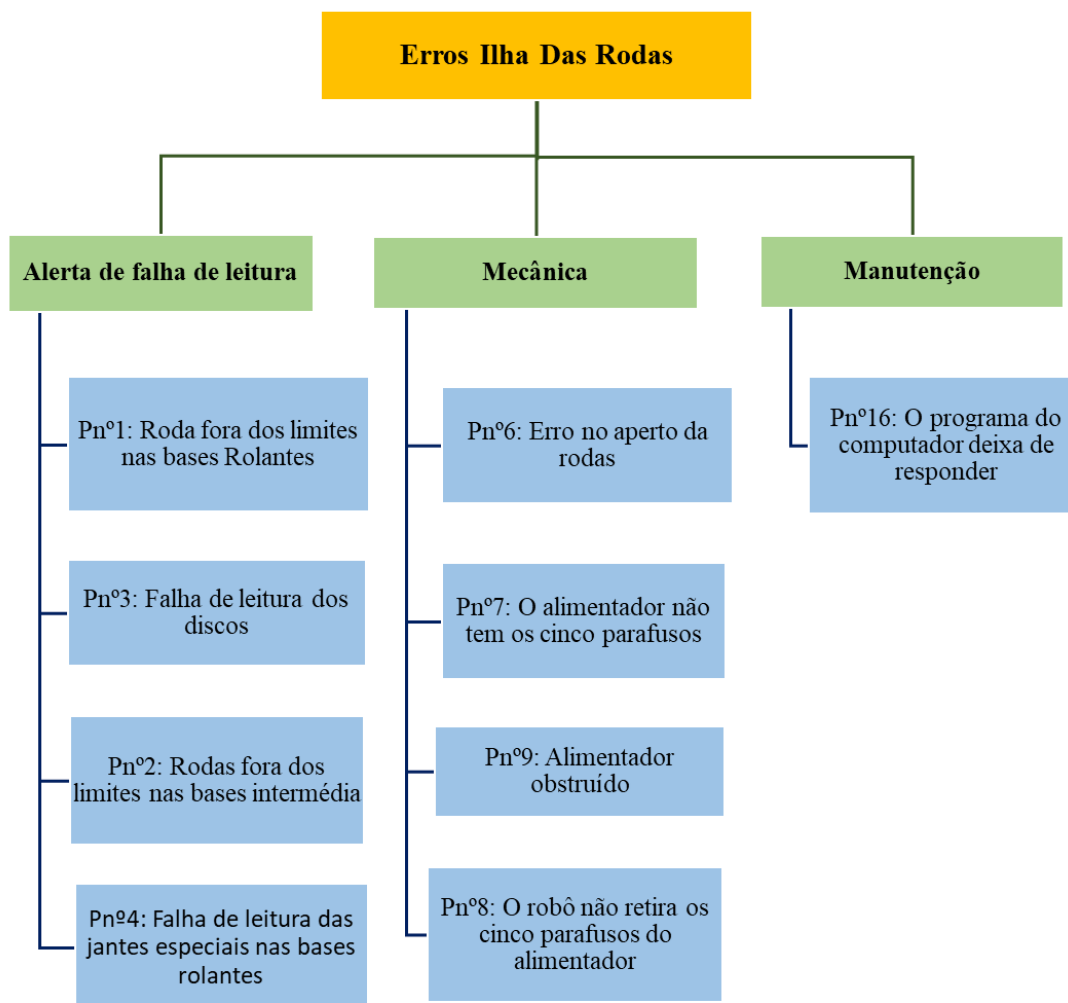


Figura 54 - Diagrama de decomposição do problema.

5.5.1. Análise das possíveis causas

A resolução definitiva das paragens, que constituem as falhas tratadas neste ponto, podem reflectir uma melhoria de 89% no posto, tornando crucial a procura das causas que estarão na sua raiz.

Através da observação do funcionamento do posto e das respetivas falhas, bem como, do auxílio das pessoas com mais conhecimento na parte técnica, mais especificamente, dos operadores dos três turnos e do pessoal da manutenção, foi possível fazer o levantamento das causas que poderão estar na origem das falhas.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Para uma análise mais correta, recorreu-se à ferramenta dos “5 porquês”, enquadrada na aplicação da metodologia PDCA do grupo PSA, com o auxílio de um formulário em folha A3 específico. As falhas nº1, 3, 16, 6 e a 2 são tratadas no presente tópico e as restantes encontram-se expostas no anexo 3.

Importa sublinhar que as causas tratadas são apenas as que foram analisadas durante o estágio. Posteriormente, em trabalhos futuros, deverá ser realizada uma averiguação de outras causas que dêem origem às falhas.

5.5.2. Aplicação dos 5 porquês

- Paragem nº1: Roda fora dos limites nas bases Rolantes

O robô, ao realizar a leitura da roda na base rolante, deteta que esta se encontra fora dos limites, situação essa, que poderá ser desencadeada por duas vias: o charriot encontra-se bem posicionado mas a roda está desalinhada relativamente ao centro da base ou o charriot sofreu um deslocamento, que por sua vez, moveu todas as rodas existentes no local. Na tabela 11 são retratadas todas as causas possíveis, para a falha em questão, através da aplicação da ferramenta dos “5 porquês”.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Sintoma	Porquê							
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8
Erros ilha das rodas	Roda fora dos limites na B.R.	Roda mal posicionada na B.R.	Roda desalinhada com o centro da base	O colaborador não alinhou corretamente as rodas antes da troca	Teve dificuldade em posicionar bem as rodas	B.R. não está adaptada a todos os tipos de rodas	B.R. foi projetada apenas para um tipo de roda	
				Aquando a troca o charriot colide com as portas	Espaço de entrada muito apertado			
					Dificuldade em conduzir manualmente o charriott	Elevada dimensão e peso do charriot		
				O colaborador ao corrigir um outro erro desloca as rodas	Dificuldade em entrar e sair da ilha	Entra e sai pelas portas laterais com pouco espaço	Não pode entrar pela porta da frente	Quebra a barreira de segurança do outro robô
	Charriot sofre um desvio	Travão descai	Travão com folga	Falta de manutenção aos travões				
		Travão não funciona	Travão empenado	Falta de manutenção aos travões				

Tabela 11 - Aplicação dos “5 porquês” à falha nº1.

O colaborador, responsável pela troca das bases rolantes, varia conforme o turno e é incumbido de alinhar todas as rodas com o centro das bases, no entanto, existem diferentes tipos de rodas, constituídas por combinações entre o tipo de jante, largura, altura e raio. O facto da base ter sido inicialmente projetada apenas para um tipo de roda e de atualmente poder conter pilhas com outro tipo de rodas, pode resultar numa posição das rodas enganosa para o colaborador, tornando a tarefa de alinhamento bastante mais dificultada e susceptível de ser mal executada.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Após retirar a base rolante vazia, o colaborador movimenta o charriot, com as 24 rodas, para dentro da ilha através das portas laterais, contudo, observaram-se diversas situações de colisão entre a base rolante e as entradas. A causa por detrás do referido acontecimento deve-se às entradas laterais serem estreitas, dado que oferecem pouca margem de espaço entre o charriot e a porta. Da mesma forma, que o elevado peso e dimensão do charriot, transformam a sua deslocação num processo custoso e com pouco controlo.

Uma outra circunstância presenciada, é que, estando a base rolante cheia ou semicheia, o colaborador ao ter que entrar na ilha pela porta lateral tende a embater nas pilhas de rodas, dado o reduzido espaço que tem para se movimentar, levando dessa forma à possibilidade de deslocar de forma involuntária as rodas. É de notar, que o colaborador não entra pela entrada principal, ainda que mais espaçosa, ao fazê-lo, interrompe a barreira de entrada ligada ao outro robô provocando a sua paragem.

Como exposto em cima, a deslocação do charriot causada pela má funcionalidade do travão, mais concretamente os travões com folga ou empenados, poderá originar a deslocação das rodas.

- Paragem nº3: Falha de leitura dos discos

A falha de leitura dos discos, surge como consequência da não identificação da localização da furação dos discos. De seguida, na tabela 12, são apresentadas as causas que poderão estar na fonte da falha de leitura.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Sintoma	Porquê				
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
Erros ilha das rodas	Erro no sistema visão	Erro de leitura dos discos	Não identificou a furação dos discos	Carro não posicionado sempre da mesma forma na aranha	Falta de repetibilidade da posição do carro na aranha
				Discos não posicionados sempre da mesma forma	Falta de repetibilidade da posição dos discos
				Problemas na obtenção da imagem	Câmara 3D com problemas
					Eixo de Servo Pinça não funciona corretamente
				A imagem não foi bem processada	PC com problemas
				Limites mal ajustados á leitura	

Tabela 12 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº3.

O robô faz o varrimento dos discos sempre a partir da mesma posição, caso o automóvel não esteja posicionado sempre da mesma forma na aranha a imagem dos discos irá estar mais ou menos centrada conforme o desvio, em casos extremos os discos poderão mesmo aparecer cortados impossibilitando o robô de localizar os furos e proceder à colocação da roda.

Uma outra possibilidade, é os discos virem girados já de postos de trabalho anteriores. Da mesma forma que a aranha, também a rotatividade dos discos irá influenciar a imagem visualizada pelo robô podendo levar à inviabilidade da localização dos furos.

Problemas técnicos relacionados com a câmara 3D ou com o eixo da servo pinça, bem como o processamento da imagem poderão resultar em leituras incorrectas, sendo necessário

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

implementar ações de inspeção aos elementos referidos a fim de verificar ou descartar eventuais problemas através de pessoas técnicas especializadas.

Por último, existe a possibilidade do robô estar a atuar perante coordenadas de leitura que necessitem de ser reajustadas.

- Paragem nº16: O programa do computador deixa de responder

Sintoma	Porquê		
	Nº1	Nº2	Nº3
Erro ilha das rodas	O computador deixa de responder	Problemas técnicos no computador	Ventilador do computador avariado

Tabela 13 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº16.

Após as leituras realizadas pelo robô, o computador irá fazer o processamento das imagens obtidas, ação essa que exige um esforço extra do computador. Na falha exposta ao processar as imagens o computador deixa de responder a qualquer ordem, que dado as constantes avarias a equipa de manutenção afirma que, a falha é devido ao mau funcionamento e falta de capacidade do ventilador do computador. Sendo que ainda nenhuma ação de correção foi aplicada.

- Paragem nº6: Erro no aperto da rodas

Na aplicação da metodologia, a falha de aparafusamento está repartida por três porquês, mais concretamente temos: Aparafusadora produziu um binário inferior a 5; Aparafusadora dá erro e nenhum binário; As rodas ficam mal apertadas sem dar alarme de falha. Na tabela 14 são apresentadas situações que poderão ter potenciado a paragem.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Sintoma	Porquê				
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
Erro ilha das rodas	Falha no aparafusamento das rodas	Aparafusadora não produziu binário suficiente	Programação do controlador (tensor) incorreta		
			Problema técnico na aparafusadora		
			Problema técnico no controlador		
		O controlador dá erro e nenhum binário	O robô falhou a localização dos furos e tentou aperta-los no sitio errado	Leitura da furação do disco incorreta	Câmara 3D sofreu interferência (sujeidade, corrente de ar)
					Falha no processamento da leitura
			Problema técnico na aparafusadora		
		Problema técnico no controlador			
		As rodas ficam mal apertadas e não assume falha	O robô não detetou nenhuma falha no aparafusamento	Deu um binário igual ao superior a 5	Problema técnico na aparafusadora
					Problema técnico no controlador

Tabela 14 - Aplicação dos “5porquês” à falha nº6.

5. Aplicação da ferramentas TPM e análise de resultados

Observando a aplicação dos 5 porquês, verifica-se que as três situações têm em comum problemas técnicos da aparafusadora e do controlador, como causas que possam estar na origem da paragem nº 6. Porém, são também as causas mais generalizadas e controversas, sendo necessário a intervenção de pessoas técnicas especializadas a fim de realizar inspeções detalhadas aos elementos envolvidos nos mecanismos de aperto da roda, inclusive aos sistemas de embraiagem de “bits” pertencentes à aparafusadora.

No primeiro caso, o robô ao adquirir a informação de que a aparafusadora produz um binário insuficiente irá parar a montagem e dar alerta, situação essa que poderá ser causada por uma programação do controlador inadequada, visto ser o sistema onde são fixados os parâmetros do aperto, como é o caso do binário, velocidade e ângulo.

Como mencionado nas etapas do ciclo de montagem, o robô faz o varrimento infravermelho, de seguida, a imagem obtida é processada e a localização dos furos é identificada. No entanto, caso a leitura esteja incorrecta o robô irá falhar a localização da furação, ou seja, irá tentar apertar a roda no sítio errado dando de seguida alerta para a falha. O motivo por detrás da incorrecta identificação da localização dos furos, sem que o robô a tenha detetado, poderá estar relacionada com a eventual falha do processamento da leitura ou com o surgimento de algum tipo de interferências com a câmara 3D durante a leitura, como é o caso de sujidade ou corrente de ar. Importa referir, que a ilha das rodas se encontra posicionada junto a uma entrada/saída para a rua.

Por último, a roda sai da ilha das rodas mal apertada sem que o robô acione o alarme de falha de aperto, esta situação, só é tecnicamente possível se a aparafusadora tiver assumido um aperto igual ou superior 5, o que é claramente uma falha técnica por identificar, visto a roda estar apenas segura no disco ao invés de apertada.

- Paragem nº2: Rodas fora dos limites nas bases intermédia

Sintoma	Porquê				
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5
Erros ilha das rodas	Roda fora dos limites na base intermédia	A roda ressalta na base quando é largada	O robô larga a roda sempre da mesma altura	O robô faz o agarre das rodas na B.Rolante considerando que tem todas a mesma altura	O robô não tem em conta os diferentes tipos de roda
			A base não está preparada para amortecer a queda da roda		

Tabela 15 - Aplicação dos “5 porquês” à falha nº2.

O robô dá alerta de falha de leitura da roda, situada na base intermédia, já que, deteta que esta se encontra fora dos limites para o qual está programado. Para um melhor entendimento do caso em estudo é necessário recuar atrás nas etapas do ciclo do robô, mais exatamente, para o momento em que o robô larga a roda na base intermédia visto se terem observado situações em que roda ao cair na base sofre um ressalto possibilitando o seu desvio relativamente ao centro. Perante o verificado, um “porquê” do sucedido refere-se ao facto da base não estar preparada para amortecer o impacto da queda da roda, não sendo constituída por nenhum material capaz de o fazer.

O segundo motivo, está relacionado com a evidência de não haver distinção entre os diferentes tipos de roda. O robô faz o agarre da roda na base rolante sempre a partir do mesmo ponto, significa isso, que conforme a altura da roda esta será largada de diferentes alturas de queda provando um maior ou menor impacto em função da mesma.

6. Conclusões gerais e perspectivas de desenvolvimento futuro

6.1. Conclusões

O objetivo principal do trabalho de estágio foi bem-sucedido, visto ter permitido identificar as falhas prioritárias, analisar as suas causas e ainda chegar a uma conclusão quanto à eficiência da ilha das rodas. Outro objectivo importante atingindo e, bastante demorado e trabalhoso, foi o do levantamento de todas as informações necessárias para a elaboração de um manual de funcionamento do posto e de um guia de procedimentos de falhas, inexistente no posto de trabalho.

Através da análise de Pareto, procedeu-se à averiguação das falhas prioritárias segundo três critérios de análise distintos. O diagrama de Pareto, alusivo ao tempo que, cada robô esteve parado por conta de cada uma das falhas, revela que a resolução definitiva das causas das falhas número 3, 1 e 16, são de classe A e as falhas do número 6, 2, 9,7,4 e 8, são de classe B e podem representar uma melhoria na redução de 89% das falhas do posto.

Uma das etapas mais importantes do estágio foi o cálculo do índice OEE, que permitiu realizar um estudo a respeito da eficiência da ilha das rodas. O indicador revelou um valor de apenas de 41%, muito inferior aos 65% admissíveis, pelo que, é urgente a procura de soluções que visem o aumento do OEE assim como, de todos os seus indicadores de forma a contrariar o mau desempenho do posto.

O estudo da eficiência do posto, mostrou ainda que o turno A, é o que possui o OEE mais baixo, de apenas 33,5%, especialmente dos indicadores da disponibilidade e da qualidade. Situação que expõem a necessidade do colaborador desse turno realizar ações de formação complementares, com o propósito de aumentar as suas aptidões e diminuir a dependência do auxílio da equipa de manutenção, prevendo-se que, desta forma, os tempos de paragem da ilha sejam reduzidos.

Por último, a aplicação dos “5 porquês”, levou à identificação das possíveis causas das falhas consideradas como prioritárias.

Quanto aos colaboradores, envolvidos no trabalho de estágio, houve sempre muita cooperação e empenho, no entanto, a maior dificuldade residiu na recolha de dados para análise de Pareto e do OEE, já que se verificou uma discrepância entre o tempo atribuído, pela direcção, aos colaboradores para a realização da tarefa e o tempo efetivamente dado pelo

diretor do sector de montagem. Situação que, gerou uma sobreposição de tarefas e como tal uma sobrecarga de trabalho e um conseqüente aumento da paragem nº 21, “paragem do robô para recuperação de tempo” (explicado no sub-capítulo 4.3), como resultado desse aumento os valores da qualidade e da disponibilidade diminuíram, e o OEE diminui significativamente.

6.2. Trabalhos futuros

O baixo valor do índice OEE, indica o elevado potencial para melhorias do posto da ilha das rodas. A nossa proposta sugere que a informação que consta no trabalho de estágio seja aplicada na redacção de um Relatório A3, a fim de serem desenvolvidas medidas de correção de falhas. Para tal, deve-se dar seguimento a todas etapas apresentadas no sub-capítulo 2.10, nomeadamente, a definição de objetivos concretos e realistas e a verificação das causas-raiz apresentadas neste documento. Neste ponto, recomenda-se que a informação recolhida na tabela 43, relativas às características do processo de montagem (número da aranha, tipo e cor jante, tipo de parafuso e base rolante), sejam empregues num estudo que possibilite confirmar ou descartar a relação entre as falhas e determinadas características, como é o caso da falha nº 3 e o número da aranha, ou a falha nº 4 e o tipo e cor da jante, entre outras. Da mesma forma que, é recomendada a realização de inspeções detalhadas aos elementos ligados a possíveis causas das falhas.

Após a verificação das causas, deverá ser desenvolvido e aplicado um plano de ações de correção das falhas.

Dado a dificuldade em dispor de colaboradores para a recolha de dados, sugere-se que o último ponto do relatório A3: seguimento dos resultados das medidas implementadas; seja conseguido através da criação de um sistema, nomeado como “olhos virtuais” que auxilie na recolha de dados; a nossa proposta de melhoria seria através da interligação entre as imagens provenientes da colocação estratégica de câmaras que cubram as falhas e o acesso aos dados do processo de montagem de cada automóvel.

No anexo 4, encontra-se uma tabela resumo de um eventual sistema de “olhos virtuais” para verificação das causas das falhas e de recolha de dados, que possibilite o seguimento dos resultados das ações implementadas.

A detecção do mau estado de elementos da ilha, referidos no sub-capítulo 4.4, e de longos períodos de tempo de correção das avarias, paragem nº19, leva à sugestão da alteração

6. Conclusões gerais e perspectivas de desenvolvimento futuro

do tipo de manutenção aplicada, para manutenção preventiva, de maneira a que ocorra uma redução dos tempos de correção de falhas e a prevenção da ocorrência de avarias, especialmente ligadas aos sistemas pneumáticos e eléctricos da ilha.

Para além do já referido, são de seguida mencionadas algumas ações e projetos possíveis para trabalhos futuros, que visam a melhoria da eficiência do posto *MVM 13*:

- Resolução dos problemas que advêm da visível falta da manutenção da ilha, como concertar as fechadoras e as portas; substituir o ventilador dos computadores ou aquisição de novos com características mais adequados à função.
- Realização de um projeto de melhoria da logística das bases rolantes, com os seguintes objetivos:
 - Criação de um novo sistema de transporte das bases rolantes, capaz de facilitar o seu transporte e controlo, por forma a diminuir os tempos de trocas de bases e a erradicar as colisões entre o charriot e as entradas;
 - Criação de um sistema capaz de garantir que, todos os tipos de rodas ficam centradas nas bases rolantes;
 - Criação de um novo sistema de travagem das bases rolantes, mais eficiente, de longa durabilidade e de fácil manutenção.
- Revisão do ciclo do robô, a fim de analisar a viabilidade de possíveis alternativas que excluam etapas do ciclo, desnecessárias ou contornáveis, isto é, que possibilitem encurtar o tempo de ciclo sem pôr em causa a integridade e a segurança do processo; Um exemplo de uma situação viável de ser estudada é a seguinte: Verificam-se situações em que ao ser necessário aplicar ações de correção no lado direito da ilha, robô 2, o robô 1 fica impossibilitado de continuar a montagem, visto o robô 2 ser o prioritário. Sugere-se o estudo da possibilidade de alterar a programação por forma a permitir que o robô 1 continue a montagem das rodas, evitando tempo de ciclo mais longos.
- Fazer uma divisão da barreira de entrada, de forma a que só ocorra a paragem do lado da ilha que necessita de intervenção, isto é, de maneira a não provocar a paragem

6. Conclusões gerais e perspectivas de desenvolvimento futuro

completa de ambos os lados da ilha e dessa forma dar a possibilidade ao colaborador de ter acesso pela entrada principal, para que possa intervir numa falha, sem dificuldade de movimentação e sem a possibilidade de provocar novas falhas.

- Aplicar um sensor de medição, mais eficiente, no alimentador de parafusos vibratório, que evite enganos relativos a quantidade de parafusos aí existentes.
- Colmatar o facto do robô não ter em consideração os diferentes tipos de rodas, quando faz a montagem, através da configuração do programa do robô para atuar conforme as características de cada tipo de roda, mais concretamente largura, altura e raio adaptando dessa forma o agarre e a colocação da roda, ao longo do processo de montagem.
- Revisão dos limites de leituras das rodas na base rolante, na base intermédia e nos discos do automóvel.
- Verificação do estado de funcionamento dos sensores, que regulam a luz interna do pavilhão de montagem conforme a luz externa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

«ACAP». sem data. ACAP. Acedido 20 de Outubro de 2020. <http://www.acap.pt/pt/home>.

«ACEA - European Automobile Manufacturers' Association». sem data. Acedido 20 de Outubro de 2020. <https://www.acea.be/>.

Almeida.2020. Gráfico de Pareto e as classes ABC. Apontamentos da unidade curricular gestão da manutenção

Chan, F.t.s., H.c.w. Lau, R.w.l. Ip, H.k. Chan, e S. Kong. 2005. «Implementation of total productive maintenance: A case study». *International Journal of Production Economics* 95 (1): 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>.

Fey, Robert, e Jean-Marie Gogue. 1998. *Princípios da gestão da qualidade*. 3ª Edição. Fundação calouste gulbenkian-Lisboa.

Gosavi, Abhijit. 2006. «A Risk-Sensitive Approach to Total Productive Maintenance». *Automatica* 42 (8): 1321–30. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2006.02.006>.

Grosfeld-Nir, Abraham. 2006. «The Pareto Managerial Principle: When Does It Apply?», 10.

«Groupe PSA». 2020. Groupe PSA. 2020. <https://www.groupe-psa.com/fr/groupe-automobile/psa-createur-de-valeur-partagee-et-durable/>.

Grupo PSA. 2009. Masque A3 Rdp. Documentação interna

Gupta, Pardeep, e Sachit Vardhan. 2016. «Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study». *International Journal of Production Research* 54 (10): 2976–88. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>.

Hansen. 2011. «Overall Equipment Effectiveness: A Powerful Production/maintenance Tool for Increased Profits». 2011.

Huang, Samuel H., John P. Dismukes, J. Shi, Qi Su, Mousalam A. Razzak, Rohit Bodhale, e D. Eugene Robinson. 2003. «Manufacturing productivity improvement using effectiveness metrics and simulation analysis». *International Journal of Production Research* 41 (3): 513–27. <https://doi.org/10.1080/0020754021000042391>.

Kholif, Abdelkader M., Dina S. Abou El Hassan, Mohamed A. Khorshid, Elsayed A. Elsherpieny, e Olurotimi A. Olafadehan. 2018. «Implementation of Model for Improvement (PDCA-Cycle) in Dairy Laboratories». *Journal of Food Safety* 38 (3): e12451. <https://doi.org/10.1111/jfs.12451>.

«Mangualde». 2020. Mangualde. 2020. <https://site.groupe-psa.com/mangualde/pt-pt/>.

Maruta, Rikio. 2012. «Maximizing Knowledge Work Productivity: A Time Constrained and Activity Visualized PDCA Cycle», 12.

Moen, Ronald, e Clifford Norman. 2009. «Evolution of the PDCA Cycle», 11.

Muchiri, P., e L. Pintelon. 2008. «Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion». *International Journal of Production Research* 46 (13): 3517–35. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>.

Nakajima, Seiichi. 1989. *Programa de Desarrollo del TPM Implantación del Mantenimiento Productivo Total*. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.~

Pinto, Abel. 2017. *ISO9001:2015 Guia Prático*. 1º Edição. Lidel-Edições Técnicas,Lda.

Pinto, Carlos Varela. 2002. *Organização e Gestão da Manutenção*. 2ºEdição. Monitor-Projectos e Edições,Lda.

- Pinto, João Paulo. 2014. *Pensamento Lean*. 6ª Edição. Lisboa: Lidel-Edições Técnicas,Lda.
- Puvanasvaran, Perumal, Teoh Y.S., e Tay C.C. 2013. «Consideration of Demand Rate in Overall Equipment Effectiveness (OE) on Equipment with Constant Process Time». *Journal of Industrial Engineering and Management* 6 (2): 507–24. <https://doi.org/10.3926/jiem.537>.
- Silva, Adriana S. 2017. «Cleaner Production and PDCA Cycle: Practical Application for Reducing the Cans Loss Index in a Beverage Company», 43.
- Silva, José Pedro. sem data. «OEE – A FORMA DE MEDIR A EFICÁCIA DOS EQUIPAMENTOS». LEAN EM PORTUGAL. Acedido 9 de Janeiro de 2020. <https://www.freewebs.com/leanemportugal/artigoswhitepapers.htm>.
- Sobek, Durward K, e Cindy Jimmerson. sem data. «A3 Reports: Tool for Organizational Transformation», 6.
- Suzaki, Kiyoshi. 1987. *New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. Simon and Schuster.
- Taylor, Michael J, Chris McNicholas, Chris Nicolay, Ara Darzi, Derek Bell, e Julie E Reed. 2014. «Systematic Review of the Application of the Plan–Do–Study–Act Method to Improve Quality in Healthcare». *BMJ Quality & Safety* 23 (4): 290–98. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2013-001862>.
- Willmott, Peter, e Dennis McCarthy. 2001. *TPM -: A Route to World Class Performance*. Newnes.

ANEXO

ANEXO 1 - LISTAGEM DAS PARAGENS

Paragem nº1	Roda fora dos limites nas bases Rolantes
Paragem nº2	Rodas fora dos limites nas bases intermédia
Paragem nº3	Falha de leitura dos discos
Paragem nº4	Falha de leitura das jantes especiais nas bases Rolantes
Paragem nº5	O robô não deteta uma roda que está no posto intermédio
Paragem nº6	Erro no aperto da roda/ Falha na aparafusadora
Paragem nº7	O alimentador não tem os cinco parafusos
Paragem nº8	O robô não retira os cinco parafusos do alimentador
Paragem nº9	Alimentador obstruído
Paragem nº10	Falha do agarre do parafuso no alimentador
Paragem nº11	A câmara 3D pára de fazer a leitura e dá alerta de falha de servo pinça de segurança
Paragem nº12	A câmara 3D pára de fazer a leitura e dá alerta de falha de servo pinça de segurança
Paragem nº13	Colisão do robô contra um elemento da ilha
Paragem nº14	Barreira de segurança desarmada
Paragem nº15	Base rolante por validar
Paragem nº16	O programa do PC deixa de responder
Paragem nº17	Falha “Cerca de singularidade”
Paragem nº18	Falha de Dados “Trasvaze”
Paragem nº19	Avárias- Intervenção da manutenção

Paragem nº20	Reposição das bases Rolantes
Paragem nº21	Robôs desligados para “recuperação do tempo de ciclo”

ANEXO 2 - TABELA RESUMO DOS VALORES OBTIDOS NO CÁLCULO DO OEE

Dia-mês-turno	3-B	3-A	4-B	4-A	5-B	5-A	6-B	6-A	6-N
Nº total de automoveis	78,0	79,0	113,0	111,0	110,0	102,0	111,0	55,0	97,0
Tempo saída automóvel [s]	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Disponibilidade	0,7	0,7	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	0,8	0,7
Soma tempo de ciclo sem saída [s]	15772,2	15582,0	22096,6	17135,9	22447,4	15652,4	21165,0	9968,2	18535,0
Soma tempo sem rearmar/paragens [s]	3998,4	4226,5	14330,5	6771,9	5603,4	6171,7	3932,0	1775,7	4852,8
Produtividade	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,8	0,8	0,8
Soma tempo de ciclo real[s]	20696,3	20569,3	29230,3	24143,3	29391,7	22091,7	28172,4	13440,3	24658,6
Tempo de ciclo real [s]	265,3	260,4	258,7	217,5	267,2	216,6	253,8	244,4	254,2
Tempo de ciclo teorico [s]	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8
Qualidade	0,8	0,8	0,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,9	0,8
Nº total de auto.	78,0	79,0	113,0	111,0	110,0	102,0	111,0	55,0	97,0
Nº total de auto defeituosos	16,0	13,0	71,0	59,0	18,0	50,0	26,0	6,0	20,0
OEE	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5

Dia-mês-turno	7-B	7-A	7-N	8-B	10-A	10-B	10-N	11-A	11-B
Nº total de automoveis	98,0	113,0	103,0	108,0	112,0	108,0	75,0	37,0	113,0
Tempo saída automóvel [s]	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Disponibilidade	0,8	0,8	0,7	0,8	0,4	0,8	0,7	0,4	0,8
Soma tempo de ciclo sem saída [s]	19655,5	21405,1	21383,8	22439,8	20136,6	21179,9	16183,3	7096,7	21663,4
Soma tempo sem rearmar/paragens [s]	4504,6	3533,9	6283,1	4977,1	12493,0	4670,8	4769,0	4054,3	3979,2
Produtividade	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Soma tempo de ciclo real[s]	25842,2	28538,8	27886,2	29257,9	27207,1	27997,9	20918,0	9432,5	28797,1
Tempo de ciclo real [s]	263,7	252,6	270,7	270,9	242,9	259,2	278,9	254,9	254,8
Tempo de ciclo teorico [s]	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8
Qualidade	0,9	0,9	0,8	0,9	0,4	0,9	0,8	0,4	0,9
Nº total de auto.	98,0	113,0	103,0	108,0	112,0	108,0	75,0	37,0	113,0
Nº total de auto defeituosos	13,0	12,0	17,0	13,0	70,0	14,0	12,0	22,0	13,0
OEE	0,5	0,6	0,4	0,5	0,1	0,5	0,4	0,1	0,6

Dia-mês-turno	12-A	12-B	13-A	13-B	14-A	14-B	17-A	17-B	18-A
Nº total de automoveis	46,0	88,0	105,0	54,0	110,0	100,0	68,0	110,0	100,0
Tempo saída automóvel [s]	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Disponibilidade	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,4	0,8	0,0
Soma tempo de ciclo sem saída [s]	8196,6	17291,5	19935,5	10386,2	20977,3	20499,4	12998,3	21914,8	16611,3
Soma tempo sem rearmar/paragens [s]	1367,9	2785,3	3467,8	1926,0	4478,8	5352,4	7615,2	4391,6	16611,3
Produtividade	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9
Soma tempo de ciclo real[s]	11100,5	22846,9	26564,1	13795,3	27921,6	26812,4	17291,1	28859,1	22924,3
Tempo de ciclo real [s]	241,3	259,6	253,0	255,5	253,8	268,1	254,3	262,4	229,2
Tempo de ciclo teorico [s]	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8
Qualidade	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,4	0,8	0,0
Nº total de auto.	46,0	88,0	105,0	54,0	110,0	100,0	68,0	110,0	100,0
Nº total de auto defeituosos	6,0	7,0	19,0	8,0	18,0	18,0	43,0	19,0	100,0
OEE	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,1	0,5	0,0

Dia-mês-turno	18-B	19-A	19-B	20-B	21-B	22-B	26-B	27-B
Nº total de automoveis	104,0	113,0	109,0	109,0	84,0	110,0	110,0	101,0
Tempo saída automóvel [s]	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1	63,1
Disponibilidade	0,1	0,0	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
Soma tempo de ciclo sem saída [s]	17154,3	18847,2	20757,8	19690,2	16861,0	22074,1	23082,4	20925,9
Soma tempo sem rearmar/paragens [s]	14598,9	18847,2	4814,8	8291,0	4455,4	5775,1	6006,3	4585,2
Produtividade	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Soma tempo de ciclo real[s]	23719,8	25980,9	27638,9	26571,4	22163,9	29018,4	30026,7	27302,0
Tempo de ciclo real [s]	228,1	229,9	253,6	243,8	263,9	263,8	273,0	270,3
Tempo de ciclo teórico [s]	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8	205,8
Qualidade	0,1	0,0	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
Nº total de auto.	104,0	113,0	109,0	109,0	84,0	110,0	110,0	101,0
Nº total de auto defeituosos	91,0	113,0	22,0	56,0	13,0	22,0	22,0	23,0
OEE	0,0	0,0	0,5	0,2	0,5	0,5	0,4	0,5

ANEXO 3 - ANÁLISE DOS “5 PORQUÊS”

Paragem nº7: O alimentador não tem os cinco parafusos

Sintoma	Porquê			
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4
Erros ilha das rodas	O Alimentador não tem os 5 parafusos	Gaveta abre sem os 5 parafusos	Sensores detetam que o alimentador tem todos os parafusos	Falha nos sensores do alimentador

Paragem nº9: Alimentador obstruído

Sintoma	Porquê						
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7
Erros ilha das rodas	Alimentador obstruído	O parafuso fica preso pela anilha ao parafuso seguinte	Vibração em excesso	Pouco peso no alimentador	Pouca quantidade de parafusos no gigo	A informação transmitida pelo sensor não é credível	Sensor fica preso nos parafusos do gigo
						O colaborador não repôs os parafusos atempadamente	
		O parafuso fica encravado na posição inclinada não chegando ao ponto final do trajeto	Vibração insuficiente para colocar o parafuso na posição vertical	Excesso de peso no alimentador	Excessiva quantidade de parafusos no gigo	A informação transmitida pelo sensor não é credível	Sensor fica preso nos parafusos do gigo
						O colaborador colocou demasiados parafusos no gigo	
			Nível de vibração desregulada				
			Nível de vibração desregulada				

Paragem nº4: Falha de leitura das jantes especiais nas bases rolantes

Sintoma	Porquê					
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
Erros ilha das rodas	Erro no sistema visão	Erro de leitura	Não identificou a furação das jantes especiais	A luminosidade não é a adequada	A ilha é dependente da luz ambiente externa e interna	O sensor que regula a luminosidade interna conforme a externa não funciona bem
					A luz que o robô direcionada para a roda não está bem regulada	
				Raio de leitura predefinido no sistema não é o adequado		
				A roda encontra-se fora dos limites	Roda descentrada da bases	Erro Logística
				Problemas na obtenção da imagem	Câmara 2D com problemas	
				A imagem não foi bem processada	Computador com problemas	

Paragem nº8: O robô não retira os cinco parafusos do alimentador

Sintoma	Porquê					
	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6
Erros ilha das rodas	O robô não retira os cinco parafusos	Os ímans da aparafusadora não foram capazes de agarrar o parafuso	Mau funcionameno dos ímans	Sujidade		
			Parafuso defeituoso			
			O robô não chega ao parafuso do alimentador	O robô bate com a garra na gaveta	A gaveta está empenada e interfere na altura do agarre	Velocidade de abertura da gaveta mal regulada

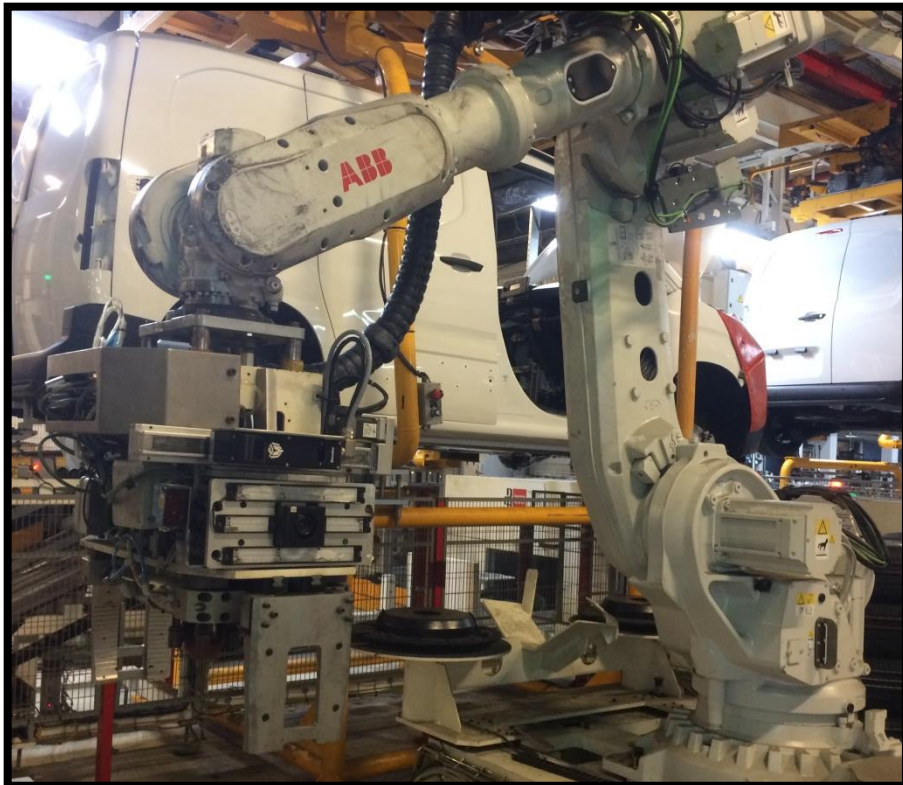
ANEXO 4 – INSTALAÇÃO DOS “OLHOS VIRTUAIS”

Nº	Modo de recolha de dados para verificação das causas das falhas: Instalação dos “olhos virtuais”
1	Câmara direcionada para a B.R1 e/ou para B.R2
2	Câmara direcionada para a BI.dianteira e a BI.traseira
3	Acesso aos dados da aparafusadora
4	Câmara colocada no poste perto da aranha direcionada para o momento em que o robô vai agarrar os parafusos ao alimentador
5	Acesso aos dados do sensores do alimentador
6	Câmara direcionada para o sistema de parafusos especiais
7	Câmara direcionada para o sistema de parafusos normais
8	Acesso ao sistema: recolha dos dados que aparecem no monitor/ câmara: direcionada para o monitor do PC-Obter Imagens e coordenadas da leitura das rodas nas Bases
9	Acesso aos dados/características do processo: Nº aranha, tipo e cor de jante, tipo de disco...
10	Acesso aos tempos no painel view: tciclo total, tsem rearmar, t entrada do carro, tsaída carro-permitir monitorizar o OEE da ilha
11	Visualizar a ilha em grande plano: enquadramento das falhas no processo, procedimentos executados para a sua resolução, análise das circunstancias

ANEXO 5 - MANUAL ILHA DAS RODAS

Ilha das Rodas

Manual



Daniela Gomes

2019/2020

Índice

1. Ilha das Rodas.....	1
1.1. Lado esquerdo da ilha-Robô1	2
1.2. Lado direita da ilha-Robô 2	3
2. Descrição do ciclo do robô.....	5
3. Consulta de erros através do Painel View	10
4. Pedir acesso, Rearme e Paragem de emergência.....	11
4.1. Pedir acesso para aceder à zona do robô.....	11
4.2. Rearmar as barreiras das portas	12
4.3. Paragem de Emergência.....	12
5. Garantir que as fechaduras das portas estão fechadas	13
6. Identificar barreiras de segurança desarmadas	14
□ Através da ilha das seguranças:	14
7. Rearmar e retomar o ciclo do robô	15
7.1. Rearmar e retomar o ciclo do robô após erros nas Bases Rolantes	16
8. Desligar o Andon.....	17
8.1 Desligar o Andon através do Painel View	17
8.2. Desligar o andon manualmente.....	17
9. Definir o modo de controlo do robô	18
10. Sistema de fornecimento de parafusos ao robô	20
10.1 Reposição de parafusos no gigo de alimentação.....	21
10.2 Falta de reposição de parafusos	22
11. Validar e Desvalidar rodas	22
11.1 Validar rodas.....	23
11.2 Desvalidar rodas	23
12. Reposição das rodas da base rolante	24
13. Consola do Robô	26
13.1 Regular a velocidade do robô através da consola	27
14. Enviar o robô para o modo degradado através da consola e repor o seu funcionamento	28
15. Enviar o robô para modo degradado pelo Painel View	30
16. Evacuador	31
16.1 Evacuador em defeito	32

16.2	Evacuação de uma roda	33
16.2.1	Roda evacuada dianteira.....	34
16.2.2	Roda evacuada traseira.....	35
17.	Aparafusadora.....	36
17.1.	Aceder à Aparafusadora através do Painel View.....	36
17.2.	Falha no aparafusamento	37
17.2.1	Aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5	37
17.2.2	Aparafusadora indica um binário inferior a 5	38
17.2.3	Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.....	38
17.2.4	Aparafusadora indica erro, não dá nenhum binário e o robô simula a evacuação da roda	39
17.2.5	O robô não responde ao comando para evacuar a roda.....	39
18.	Alimentador	40
18.1	Aceder ao alimentador de parafusos através do Painel View	40
18.2.	Falhas no alimentador	41
18.2.1.	O alimentador não tem os cinco parafusos	41
18.2.2.	O robô não retira os cinco parafusos do alimentador	42
18.3.	Caso o ciclo de produção esteja comprometido e se pretenda colocar as rodas no posto seguinte	43
19.	Alimentador obstruído.....	43
20.	Colisão do robô contra a pilha de rodas ou contra o charriot	45
21.	Falha da Servo pinça de segurança.....	46
22.	Erro de leitura das jantes especiais	47
	Antecipar possíveis erros do mesmo tipo:.....	49
23.	Roda fora dos limites.....	49
23.1.	Rodas fora dos limites nas bases rolantes	49
23.1.1	Rodas nas bases rolantes fora dos limites da câmara 2D, provocado pelo descaimento do travão.....	49
23.1.2.	Rodas nas Bases Rolantes fora dos limites da câmara 2D	50
23.2.	Rodas fora dos limites nas bases intermédias	51
24.1.	Aceder ao separador do posto intermédio através do painel:	52
24.2.	Dar indicação ao robô que não têm presença de roda na base intermédia.....	53
24.3.	Falha: o robô não deteta um pneu que está no posto intermédio	54
25.	O programa do PC deixa de responder	54

26. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder	55
27. Falha de Dados “Trasvaze”	56

1. Ilha das Rodas

O posto MVM13 conhecido como Ilha das Rodas é parte integrante da linha de montagem e têm como função a colocação de todas as rodas do automóvel. A ilha encontra-se dividida em dois lados nomeados como, lado esquerdo e lado direito que são controlados e comandados pelo robô 1 e o robô 2 respetivamente.

Ambos os lados da ilha contêm um sistema que prepara e fornece os parafusos, duas bases rolantes, a base rolante 1 e base rolante 2, e ainda duas bases intermédias, uma para a roda dianteira e a outra para a roda traseira.

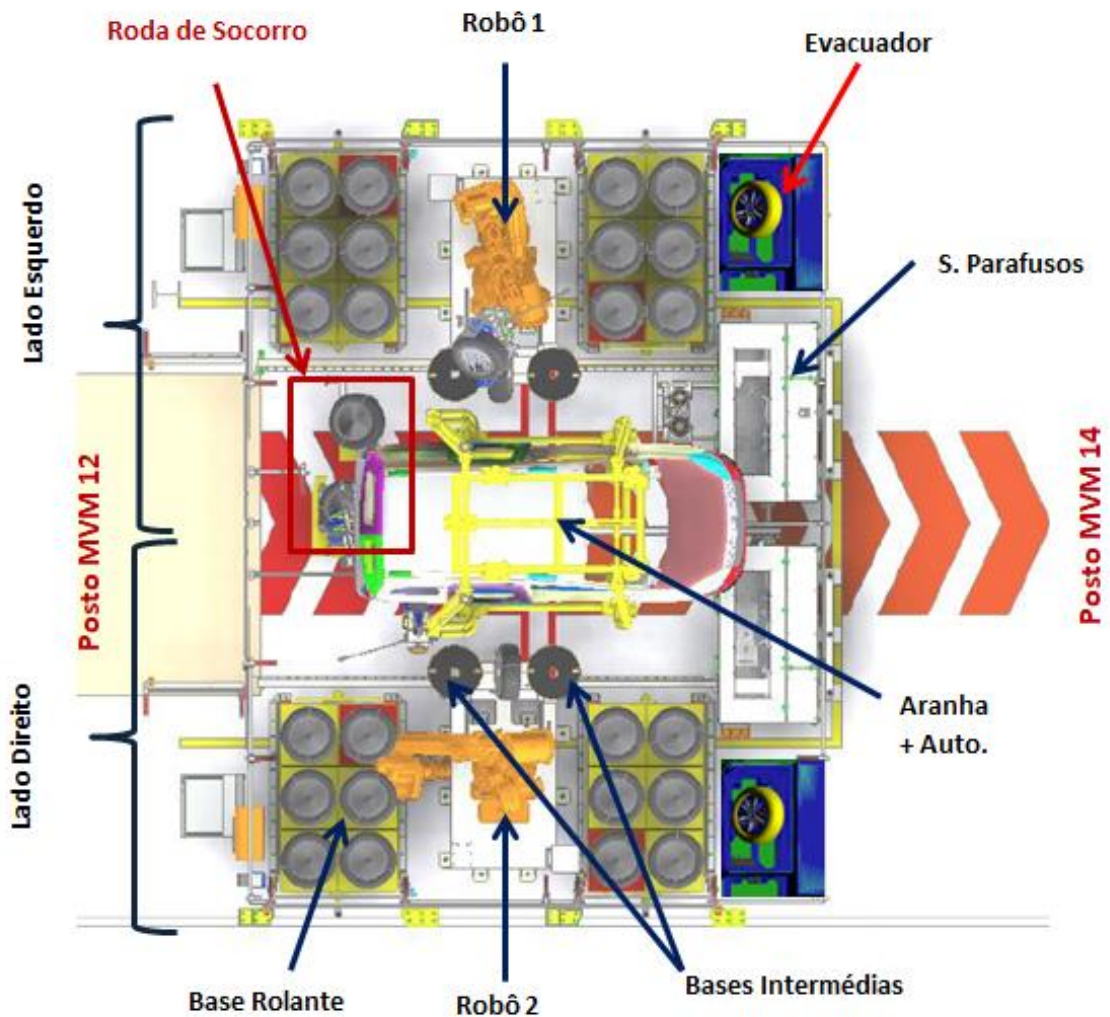


Figura 1: Representação esquemática da ilha das rodas

É também comum a ambas as ilhas, a barreira de entrada, KAE2, e a barreira de saída, KAE3, estas quando ultrapassadas provocam a paragem dos dois robôs .

O robô 1 é o responsável pela colocação da roda de socorro e das duas rodas do lado esquerdo do automóvel, enquanto que o robô 2 tem como função a colocação das duas rodas do lado direito do automóvel. O robô 2 é tido como o prioritário, isto é, o robô 1 é dependente da realização das tarefas do robô 2, estando programado para esperar que o robô 2 realize determinadas tarefas até continuar o seu ciclo.

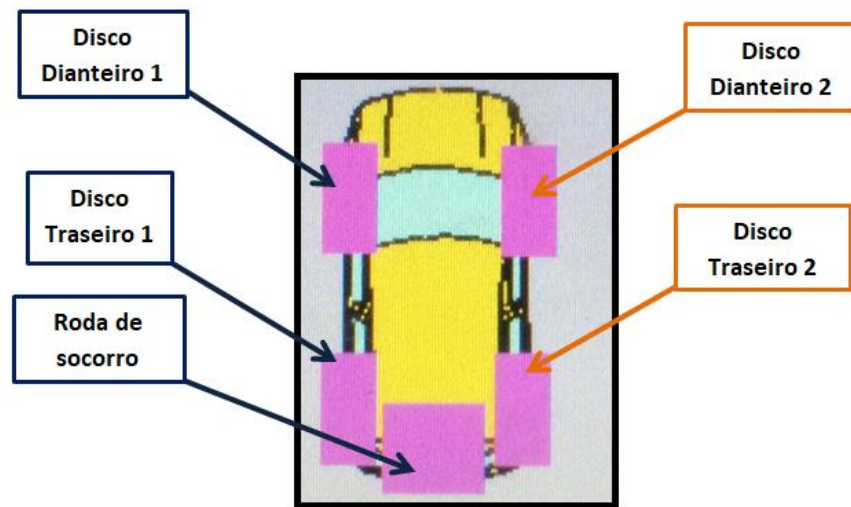


Figura 2: Representação da localização dos discos e da roda de socorro no automóvel

1.1. Lado esquerdo da ilha-Robô1

Como já referido o robô1 situa-se no lado esquerdo da ilha, sendo esta formada pelos três postos e as três portas de seguida apresentadas.

Postos do lado esquerdo da ilha:

- **Posto 1:** Alimentador de Parafusos Esquerdo (P01), prepara e fornece os parafusos ao robô 1.
- **Posto 3:** Roda de Socorro (P03), sistema que com o auxílio do robô 1 procede à colocação da roda de socorro.

- **Posto 4:** Evacuador Esquerdo (P04), sistema que recebe as rodas rejeitadas pelo robô 1.

Portas do lado esquerdo da ilha:

- **Porta 1:** Porta 1 da lateral do robô 1 (PA1).
- **Porta 2:** Porta 2 da lateral do robô 1 (PA2).
- **Porta 3:** Porta frontal de acesso ao lado esquerdo da ilha 1 (PA3).

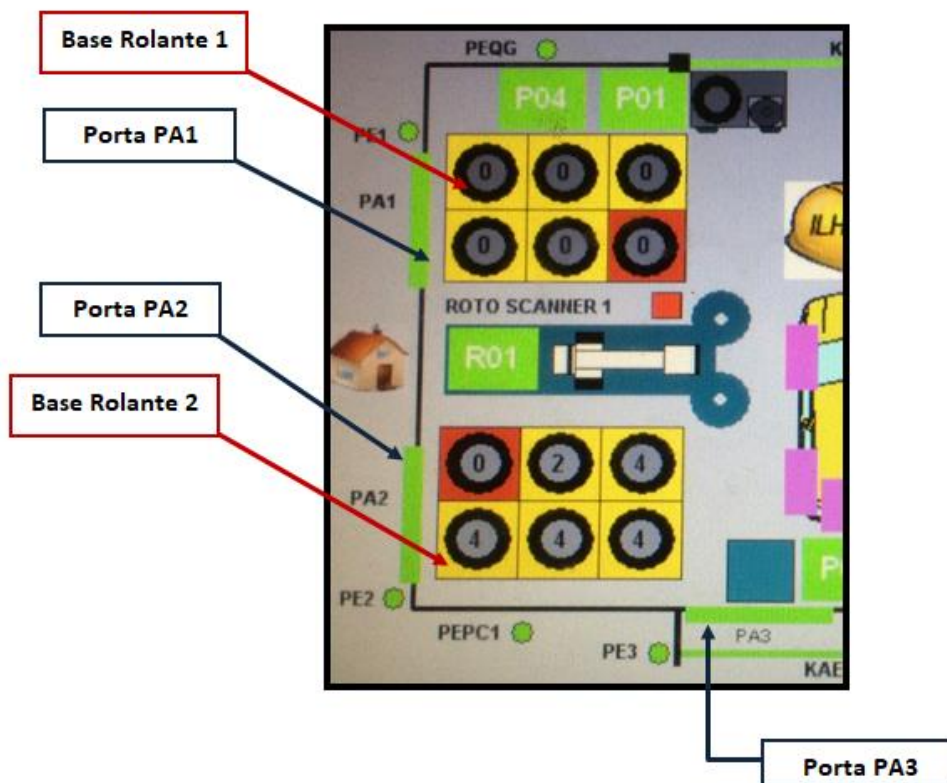


Figura 3: Representação esquemática do lado esquerdo da ilha

1.2. Lado direita da ilha-Robô 2

O lado direito da ilha é formado pelo robô 2, dois postos e três portas:

Postos do lado direito da ilha:

- **Posto 2:** Alimentador de parafusos direito (P02), prepara e fornece os parafusos ao robô 2.

- **Posto 5:** Evacuador direito (P05), sistema que recebe as rodas rejeitadas pelo robô 2.

Portas do lado direito da ilha:

- **Porta 4:** Porta frontal de acesso ao lado direito da ilha (PA4).
- **Porta 5:** Porta 2 da lateral do robô 1 (PA5).
- **Porta 6:** Porta 1 da lateral do robô 1 (PA6).

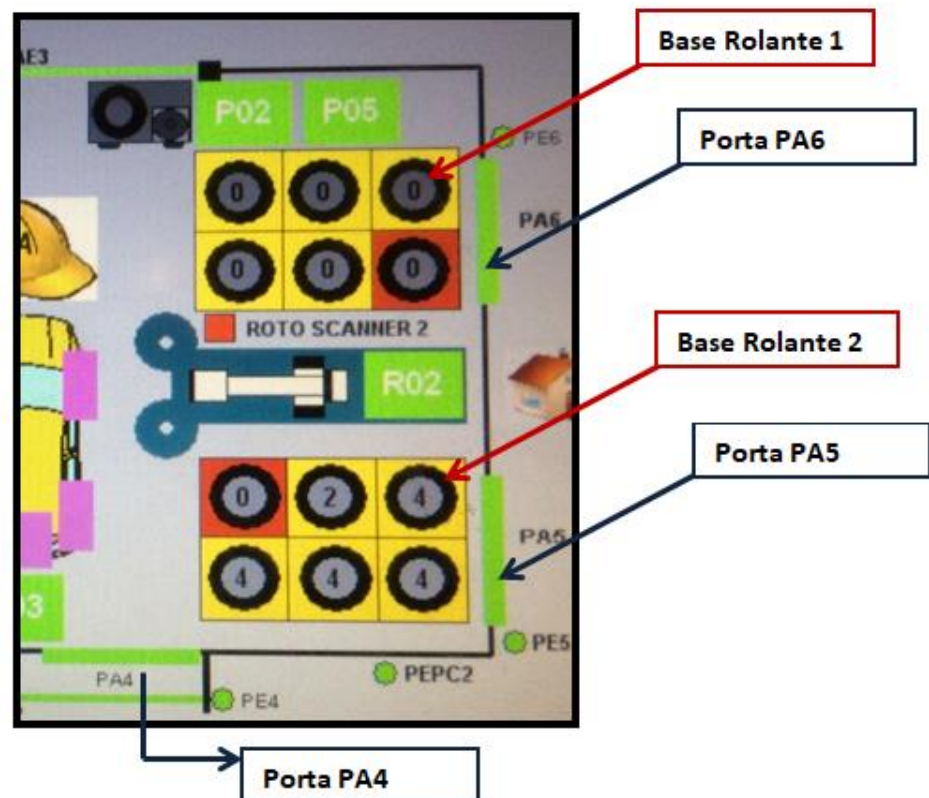


Figura 4: Representação esquemática do lado direito da ilha

2. Descrição do ciclo do robô

É essencial aludir ao conhecimento das etapas que o robô segue, visto ser de extrema importância para o bom entendimento do funcionamento da ilha e para situações que exijam intervenções. Temos então:

1º:Ponto “home”: Os robôs iniciam o ciclo a partir do ponto “home”

2º:Movimentação do robô até á Base Rolante (1/2): Faz a leitura da roda traseira com a câmara 2D.

3º:Movimentação do robô até ao ponto 1: Espera o resultado da imagem dada pela câmara 2D.

4º:Movimentação do robô até á Base Rolante (1/2): O robô faz o agarre da roda traseira.

5º:Movimentação do robô até ponto “home”.

6º:Movimentação do robô até à base intermédia traseira: Coloca a roda na base intermédia traseira.

7º:Movimentação do robô até ponto “home”.

8º:Movimentação do robô até á Base Rolante (1/2): Faz a leitura da roda dianteira com a câmara 2D.

9º:Movimentação do robô até ao ponto 1: Espera o resultado da imagem dada pela câmara 2D.

10º:Movimentação do robô até á Base Rolante (1/2): O robô faz o agarre da roda dianteira.

11º: Movimentação do robô até ponto “home”.

12º: Movimentação do robô até à base intermédia dianteira: Coloca a roda na base intermédia dianteira.

13º: Movimentação do robô até ponto “home”: O robô mantém-se na posição “home” até que a aranha fique apta para seguintes etapas que visam a colocação das rodas, isto é, até que a aranha chegue a um ponto especificado da ilha, e realize o movimento descendente que o permita ficar totalmente assente e corretamente posicionada nos suportes.

14º: Movimentação do robô até à base intermédia dianteira: Faz a leitura dos furos da roda através de varrimento infravermelho com câmara 3D.

15º: Movimentação do robô até ponto “home”.

16º: Movimentação do robô até á caixa de parafusos: O Robô retira os cinco parafusos do gigo através de um íman e de movimentos rotativos da aparafusadora por forma a garantir que os retira.

17º: Movimentação do robô até ponto “home”.

18º: Movimentação do robô até à base intermédia dianteira: Coloca os parafusos nos furos das jantes e faz o agarre da roda dianteira.

19º: Movimentação do robô até ponto “home”.

20º: Movimentação do robô até ao disco dianteiro: Faz a leitura dos furos do disco através de um varrimento infravermelho com câmara 3D.

21º: Movimentação do robô até ao ponto 2: Espera o resultado da imagem dada pela câmara 3D.

22°:Movimentação do robô até ao disco dianteiro: Coloca a roda no disco e faz o seu aperto.

23°:Movimentação do robô até ponto “home”.

24°:Movimentação do robô até á base intermédia traseira: Faz a leitura dos furos da roda através de varrimento infravermelho com câmara 3D.

25°:Movimentação do robô até ponto “home”.

26°:Movimentação do robô até á caixa de parafusos: O Robô retira os cinco parafusos do gigo através de um íman e de movimentos rotativos da aparafusadora.

27°:Movimentação do robô até ponto “home”.

28°:Movimentação do robô até à base intermédia traseira: Coloca os parafusos nos furos das jantes e faz o agarre da roda traseira.

29°:Movimentação do robô até ponto “home”.

30°:Movimentação do robô até ao disco traseiro: Faz a leitura dos furos do disco através de um varrimento infravermelho com câmara 3D.

31°:Movimentação do robô até ao ponto 3: Espera o resultado da imagem dada pela câmara 3D.

32°:Movimentação do robô até ao disco traseiro: Coloca a roda no disco e faz o seu aparafusamento.

33°:Movimentação do robô até ponto “home”.

34°:Repetição do ciclo.

Como já referido os dois robôs iniciam o ciclo em simultâneo e executam tarefas ao mesmo tempo, até que aranha se posicione, no entanto por questões de segurança os robôs estão programados para não colocarem as rodas no mesmo eixo em simultâneo, isto é, enquanto o robô 2 continua o restante ciclo até terminar a colocação das duas rodas o robô 1 aguarda que o 2 coloque a roda dianteira e só depois executa o restante ciclo.

- **Sistema de aplicação da Roda de Socorro**

O robô 1 é o encarregue de efetuar o transporte da roda de socorro desde a base rolante até a um dispositivo este, por sua vez, procede á colocação da roda na caixa, no entanto o dispositivo de montagem da roda de socorro não se encontra atualmente em funcionamento e é excluída do ciclo do robô 1.

Importa referir que o sistema em questão não será tido em conta nos restantes capítulos, dado a sua inatividade ao longo de todo o período de estágio.

Pontos referidos no ciclo:

→ **Ponto “home”:** Ponto de segurança do robô.



Figura 5: Robô2 na posição “home”

- **Ponto 1:** Ponto atingido pelo robô com o intuito de esperar obter o resultado da leitura das rodas por forma a verificar se o mesmo se encontra dentro dos limites.
- **Ponto 2:** Ponto atingido pelo robô com o intuito de esperar o resultado da imagem dada pela câmara 3D, por forma a identificar os furos do disco dianteiro.
- **Ponto 3:** Ponto atingido pelo robô com o intuito de esperar o resultado da imagem dada pela câmara 3D, por forma a identificar os furos do disco traseiro.

Importa referir que no decorrer do ciclo existe a possibilidade de ocorrerem diversas falhas que provoquem a sua interrupção e consequentemente accionam o andon, como tal no decorrer do presente manual são apresentadas formas de solucionar as falhas e retomar o ciclo.

Informações extraídas pelo robô do Sistema de Visão

- **Imagem (A):** Imagem 2D obtida após a leitura das rodas na base rolante, o robô identifica se a roda se encontra dentro dos limites,
- **Imagem (B):** Imagem 2D da furação dos discos obtida através da informação da câmara 3D
- **Imagem (C):**
 - 1º: Aparecimento da imagem 3D obtida por varrimento infravermelho, o robô identifica a furação das rodas na base intermédia
 - 2º: Aparecimento da imagem 3D obtida por varrimento infravermelho, o robô identifica a furação dos discos.
- **Zona D:** Coordenadas do robô ao obter as imagens
- **Zona E:** Coordenadas que o robô deve atingir
- **Zona F:** Informações relativas ao estado e aos erros da recolha de imagens

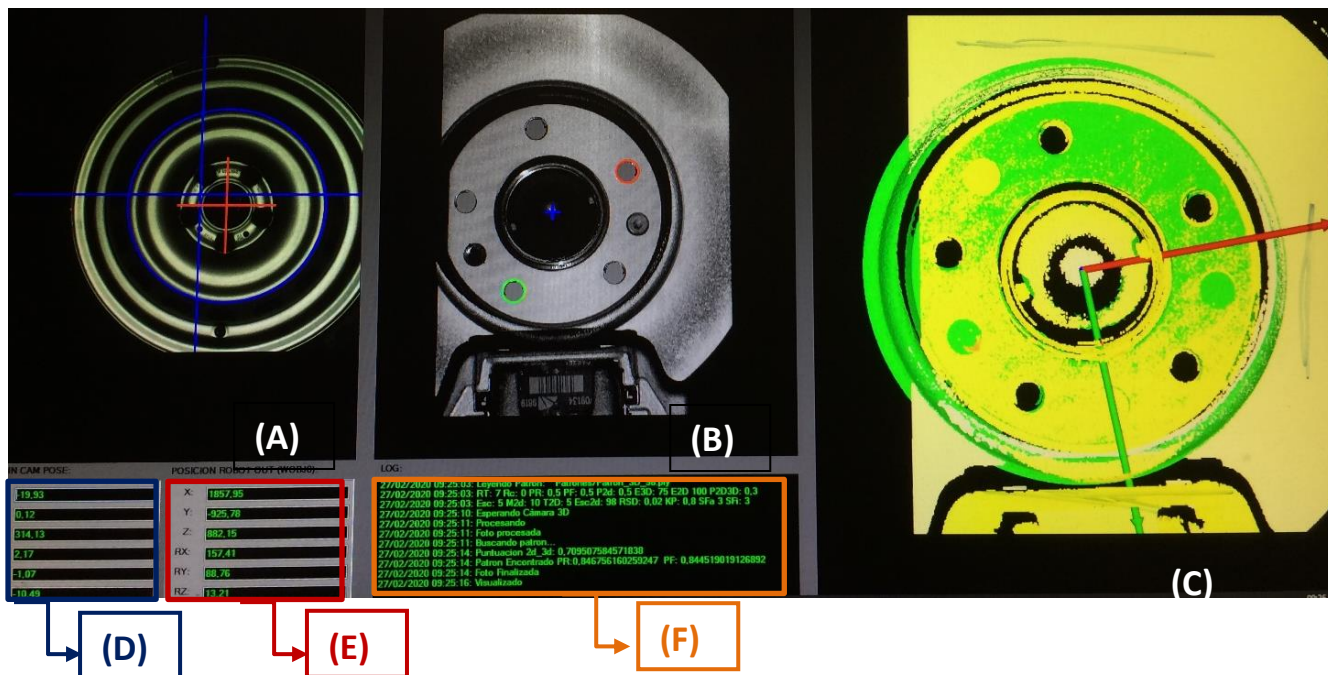


Figura 6: Imagens extraídas pelo robô que podem ser observadas através do monitor do PC

3. Consulta de erros através do Painel View

Assim que o Andon soa, a forma mais rápida de identificar o problema é através da consulta dos alertas expostos no painel view que visam explicitar o que as está a originar, qual o robô, posto ou o local.

Etapas para aceder aos alertas:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ALARMAS”.
3. Recorrer à visualização do painel para deteção do erro:

→ **Zona a vermelho:** Falhas que provocam a paragem do robô e necessitam de intervenção imediata para o recolocar novamente em funcionamento.

→ **Zona a azul:** Falhas que não necessitam de uma intervenção imediata, mas que permitem prevenir que futuros problemas provoquem a interrupção do ciclo.

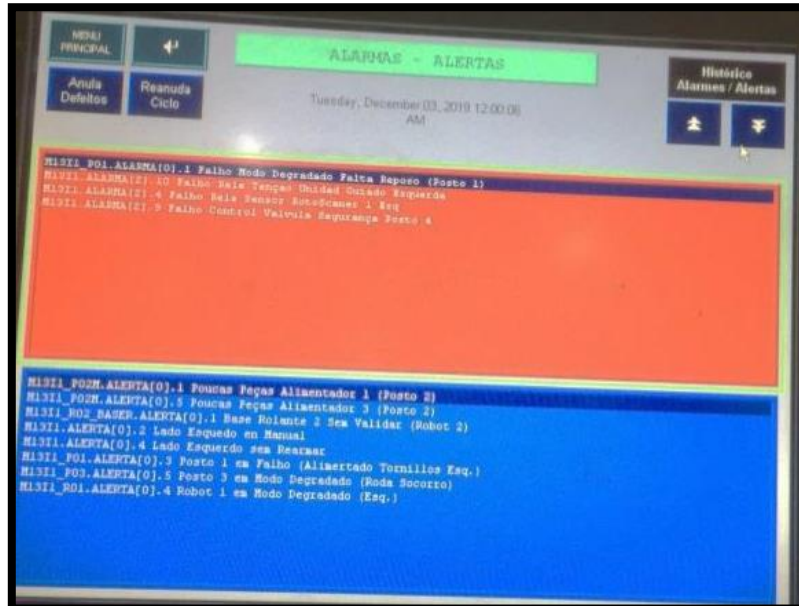


Figura 7: Alarmes do Painel View

4. Pedir acesso, Rearme e Paragem de emergência

4.1. Pedir acesso para aceder à zona do robô

O procedimento 4.1. deve ser executado sempre que se pretenda aceder ao interior da zona do robô. Ao premir o botão de “PEDIDO DE ACESSO” o robô não irá parar de imediato, continua a sua trajetória até à posição de segurança “home”, permitindo dessa forma que se possa entrar de forma segura e sem causar novas falhas no robô. Da mesma forma que também deverá ser seguido antes da abertura da porta de evacuação.

Procedimento:

1. Premir o botão representado a cor de azul de: “PEDIDO DE ACESSO” da figura 8.

Nota: Antes de entrar na zona do robô, deve-se fazer “confirmar” sempre que a consola o solicite.

4.2. Rearmar as barreiras das portas

Esta etapa permite garantir que todo o perímetro de segurança está rearmado, transmitindo informação ao robô de que é seguro iniciar ou retomar o ciclo.

Procedimento:

1. Premir o botão de “REARME” representado a cor verde da figura 9 e o de “REARME” de cor amarela da figura 7.

→ Botão de cor verde de “REARME”, encontra-se nas portas laterias e na porta de entrada da ilha.

→ Botão de cor amarela de “REARME”, encontra-se na barreira de entrada e de saída da ilha.

4.3. Paragem de Emergência

No caso de ocorrerem situações que representem perigo iminente para o ser humano, risco de colisão com um automóvel ou danificação do robô, gerado pela instabilidade da sua trajetória, a betoneira de emergência possibilita a paragem completa de toda a ilha das rodas.

Procedimento:

1. Premir a betoneira: “Paragem Emergência” da figura 9.



Figura 8: Botão de rearme da barreira de entrada e saída



Figura 9: Botões situados nas entradas e saídas da zona do robô

5. Garantir que as fechaduras das portas estão fechadas

Após a saída da zona do robô é importante garantir que as fechaduras das portas se encontram rearmadas, para que tal se verifique os três leds do sensor da fechadura têm de estar acessos, caso contrário o robô irá dar alerta de barreira de segurança desarmada e não inicia o ciclo.

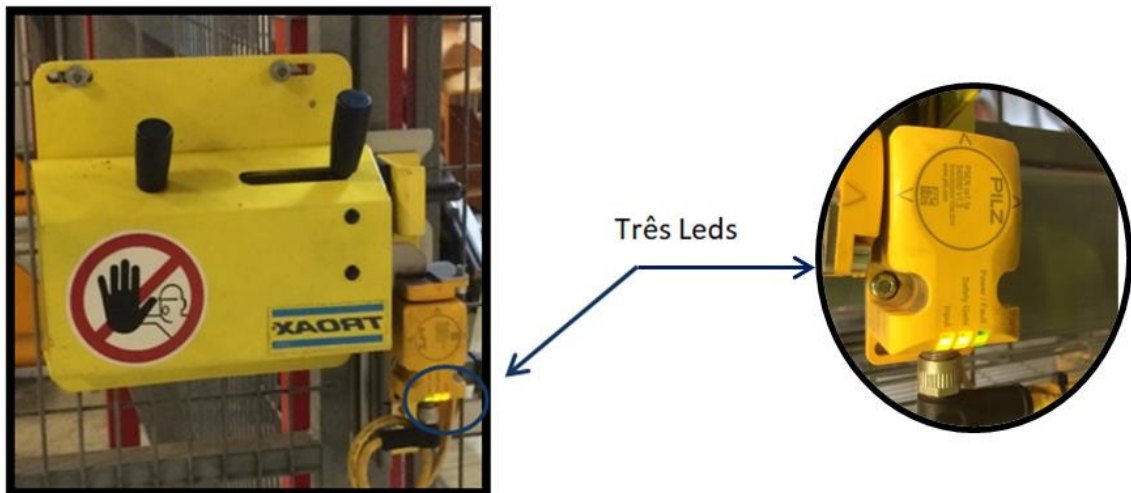


Figura 8: Fechaduras das portas da ilha das rodas

6. Identificar barreiras de segurança desarmadas

Após o alerta a indicar a existência de uma barreira desarmada, é possível através do painel view, verificar a qual delas se refere o alerta.

- Alerta Robô 1: “Falho Rele Emergencia Portas 4/5/6”
- Alerta Robô 2: “Falho Rele Emergencia Portas 1/2/3”

→ **Através da ilha das seguranças:**

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ILHA DAS SEGURIDADES”.
3. Observar qual a barreira assinalada a vermelho com “NOK”.

	P01	P02	P03	P04	P05	R01	R02
Rele Botoneira Emergencia (KAE1)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Rele Barreira Entrada (KAE2)			OK	OK	OK	OK	OK
Rele Barreira Saida (KAE3)	OK	OK		OK	OK	OK	OK
Rele Portas 1/2/3 (KAE4)	OK		OK	OK		OK	z
Rele Portas 4/5/6 (KAE5)		OK	OK		OK		OK
Rele Laser Esquada (KAE6)	OK		OK	OK		OK	
Rele Laser Direita (KAE7)		OK	OK		OK		OK
Rele Fechado Posto 4 (KAE8)				OK		OK	
Rele Fechado Posto 5 (KAE9)					OK		OK
Tencao Servos	OK	OK				OK	OK
REARME POSTOS	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
ZONA CERRADA	OK	OK	OK	OK	OK		
FUERA TRANSFER	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK

Figura 9 : Painel view-Ilha das seguranças

→ **Através da ilha sinóptico**

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ILHA SINÓPTICO”.
3. Visualizar qual a barreira que se encontra a cor vermelha.

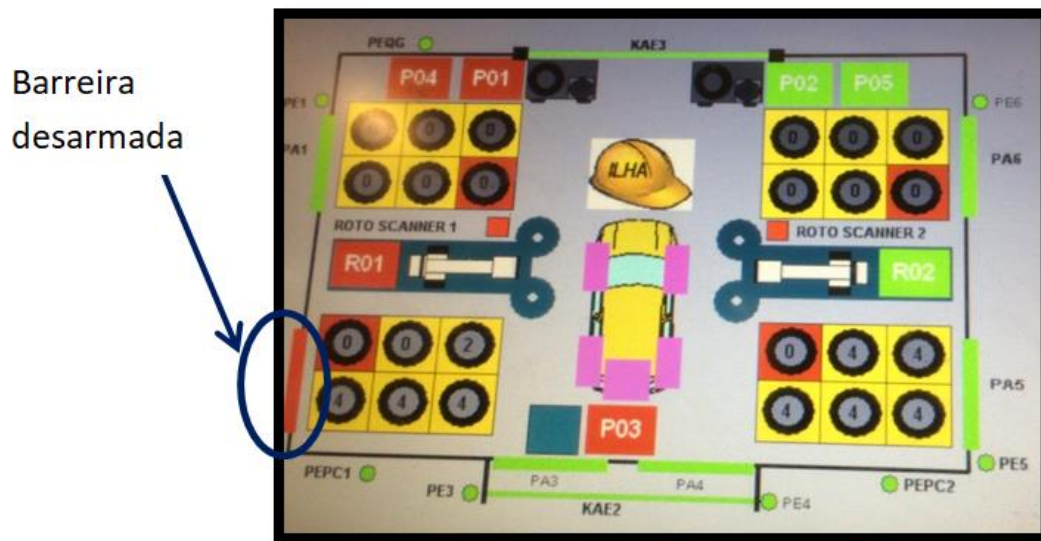


Figura 10:Painel view- Ilha Sinóptico

Nota: Para rearmar a barreira em causa basta seguir o procedimento do tópico 4.2.

7. Rearmar e retomar o ciclo do robô

O procedimento retratado de seguida, tem por objetivo colocar o robô novamente em funcionamento após ter ocorrido uma falha que exija intervenção do colaborador.

Procedimento:

1. Garantir que todas as barreiras de segurança se encontram rearmadas (tópico 4.2 e 5).
2. Aceder ao separador “ALARMAS” do painel view. (tópico 3)
3. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.



Figura 11: Botões do Painel View

7.1. Rearmar e retomar o ciclo do robô após erros nas Bases Rolantes

Procedimento:

1. Aceder ao separador “ALARMAS” do painel view. (tópico 3)
2. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que surja uma mensagem na consola a pedir para confirmar que o a ajuste foi realizado.
3. Premir “confirmar” na consola.
4. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

Nota: Se der erro nas bases intermédias a consola não pede para “confirmar”, basta seguir o procedimento 7.

8. Desligar o Andon

É através do soar do andon que o responsável pelo posto é alertado de que terá de intervir de imediato, a fim de solucionar a falha que terá causado a paragem de ciclo. Após o término da interrupção, o colaborador deverá desligar o soar do andon sendo possível fazê-lo mediante duas vias distintas: através do painel view (maneira mais usual) ou através do andon manual.

8.1 Desligar o Andon através do Painel View

Procedimento:

- 1- Selecionar: “MENU PRINCIPAL”
- 2- Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
- 3- Premir durante alguns segundos: “ANDON”

8.2. Desligar o andon manualmente

Procedimento:

Distender o andon manual, situado depois da barreira de saída (Figura 15)

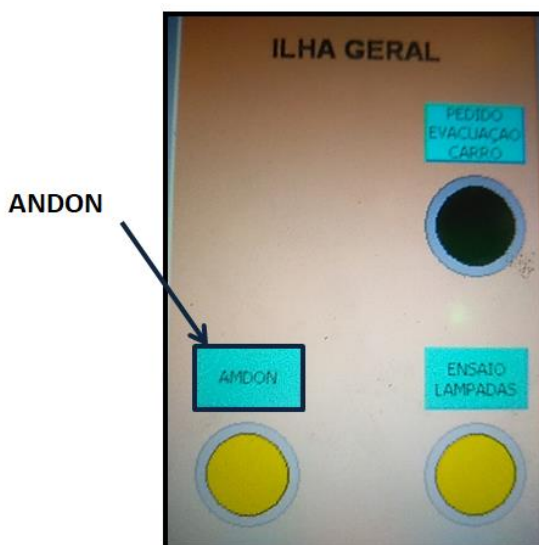


Figura 14: Painel view- Andon

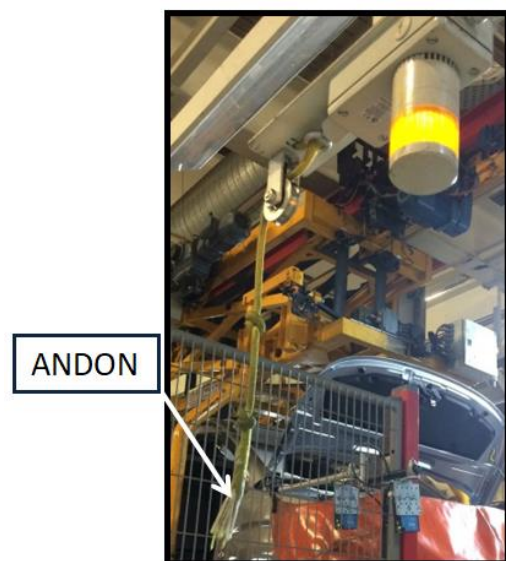


Figura 15: Andon manual

9. Definir o modo de controlo do robô

9.1. Procedimento para acionar o modo automático de controlo do robô

Rodar a chaves (figura 16) para o lado esquerdo e fazer “confirmar” na consola, o robô faz o ciclo para o qual foi programado de forma automática sem intervenção humana.

No painel view:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
3. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” .

9.2. Procedimento para acionar o modo manual de controlo do robô:

Rodar a chaves (figura 16) para o meio e fazer “confirmar” na consola, permite ao operador controlar o robô dentro de certos limites.

No painel view:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
3. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” .

9.3 Procedimento para acionar o modo 100 % manual do robô:

Rodar a chaves (figura 16) para o lado direito e fazer “confirmar” na consola.



Figura 12: Chaves que define o modo de controlo: acionado o modo automático



Figura 13: Parte da representação do separador ilha modos de marcha no painel view-Definir modo de controlo

10. Sistema de fornecimento de parafusos ao robô

O sistema de fornecimento de parafusos é constituído por três gigos, um dos quais foi destinado a parafusos anti-roubo encontrando-se atualmente em desuso, uma garra e um alimentador.

Inicialmente os parafusos são deitados a granel no interior do gigo, por ação de um mecanismo de vibração percorrem um percurso circular no qual passam da posição horizontal até chegarem a uma “fossa”/ ranhura que os coloca na posição vertical, no fim do percurso a garra procede ao agarre do parafusos e coloca-o no alimentador. O mesmo procedimento é repetido mais quatro vezes, ou seja até que o alimentador fique completamente preenchido, seguidamente a gaveta da caixa abre e disponibiliza os cinco parafusos ao robô.

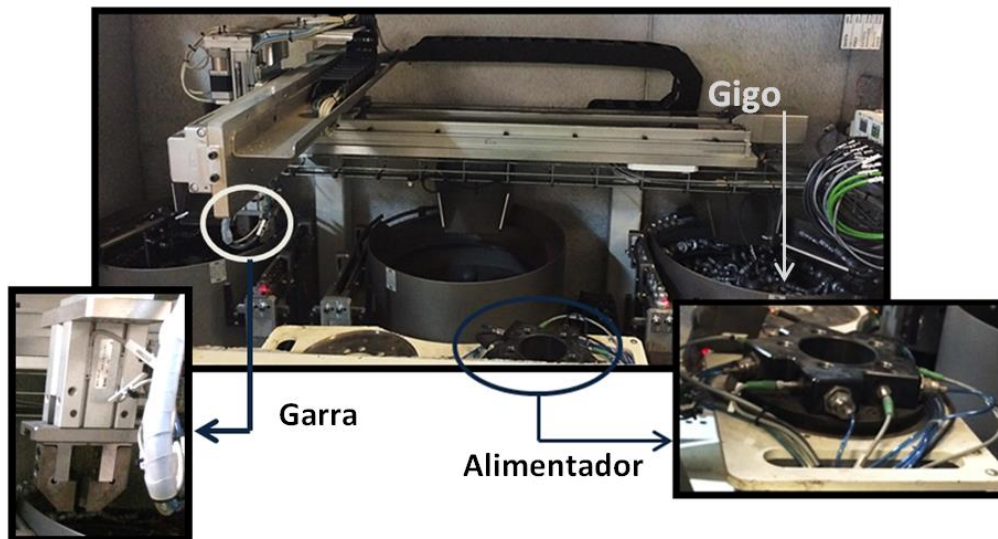


Figura 14: Sistema de fornecimento de parafusos

Atualmente são usados dois tipos de parafusos:

- (1) **Parafuso de jante especial:** maior dimensão com anilhas.
- (2) **Parafuso de jante normal:** menor dimensão, peso e sem anilha.

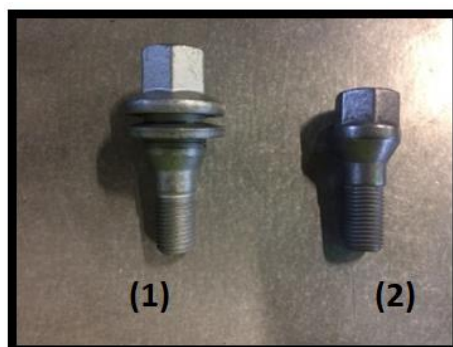


Figura 15: Tipos de parafusos existentes

10.1 Reposição de parafusos no gigo de alimentação

É possível detetar falta de parafusos no gigo de alimentação de duas maneiras diferentes:

→ **Alarmes do painel view:**

Aceder ao Separador “ALARMAS” visualizar os alertas da zona azul e verificar a existência do alerta referente á pouca quantidade de parafusos no alimentador, mais concretamente: “Poucas Peças Alimentador”.

→ **Sinalização luminosa dos alimentadores:**

Observar se as luzes dos alimentadores acendem e começam a piscar.

Luzes de alerta da falta de parafusos



Figura 16 :Luzes e gigo de parafusos

Procedimento:

1. Ir até a zona dos alimentadores e deitar a granel os parafusos no gigo correspondente.
2. Verificar que as luzes desligam.

10.2 Falta de reposição de parafusos

Se o aviso explícito na zona a azul dos alarmes não for detetado ou for ignorado, o alerta de falha de presença de parafusos passa a constar na zona a vermelho e consequentemente o ciclo será interrompido.

Procedimento:

1. Ir até a zona dos alimentadores e deitar a granel os parafusos no gigo correspondente.
2. Verificar que as luzes desligam.
3. Rearmar e retomar o ciclo (tópico 7).

11. Validar e Desvalidar rodas

O presente tópico, pretende dar a conhecer os procedimentos para fornecer informação ao robô relativamente à quantidade de rodas que existem nas bases rolantes. O processo de validação tem como objetivo dar entrada do número de rodas existentes numa determinada pilha e o de desvalidar, tal como o nome indica, permite invalidar rodas que o sistema tinha como existentes.

É de bastante importante garantir que o robô detém da informação exata do número de rodas existentes na base rolante, por risco de ocorrerem situações que representem perigo de colisão entre o robô e a pilha de rodas.

11.1 Validar rodas

Procedimento:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1” ou “ROBOT 2”, conforme o robô em causa.
3. Selecionar: “BASE R”.
4. Na configuração das Bases Rolantes, premir por cima do lugar correspondente á pilha de rodas que se pretende atualizar
5. Definir o número de rodas existentes nessa pilha.
6. Premir: “Entrar Dados Pneu Pila”
7. Repetir as etapas 4, 5 e 6 para cada uma das pilhas de rodas que se pretende atualizar.
8. Premir: “Validar Base Rolante 1” /” Validar Base Rolante 2”, dependendo da base rolante que se está a atualizar.

11.2 Desvalidar rodas

Procedimento:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1” / “ROBOT 2”.
3. Selecionar: “BASE R “.
4. Premir o lugar correspondente à(s) roda(s) retirada(s) ou que se pretende atualizar.
5. Selecionar “Desvalidar base rolante”
6. Definir o número de rodas existentes na pilha.
7. Repetir as etapas 4, 5 e 6 para cada uma das pilhas de rodas que se pretende atualizar.
8. Premir: “Validar Base Rolante 1” /” Validar Base Rolante 2”, dependendo da base rolante que se está a atualizar.

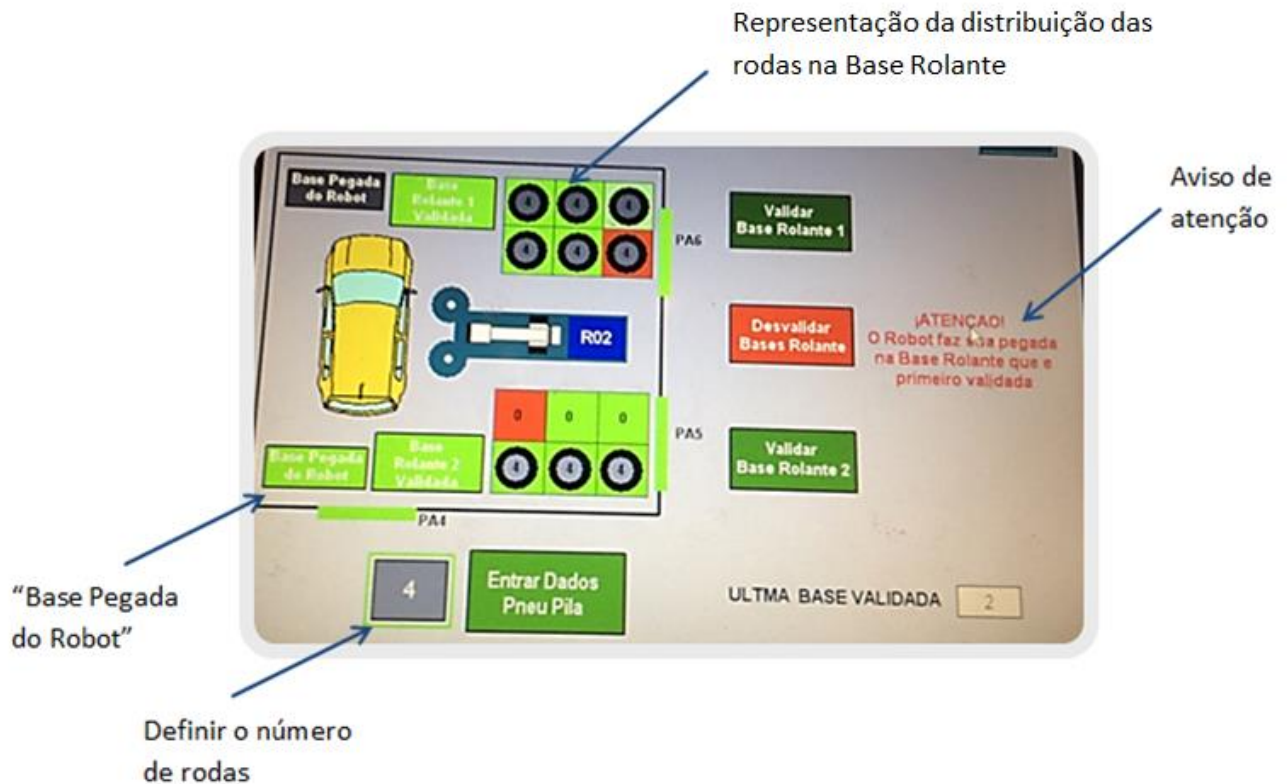


Figura 17: Validar e Desvalidar Rodas através do Painel View

12. Reposição das rodas da base rolante

Cada lado da ilha integra duas bases rolante, sendo cada uma constituída por seis bases. Uma base rolante permite ao robô colocar rodas em doze automóveis, após o seu termino o robô passa a fazer o agarre dos próximos doze ciclos a partir da outra base rolante e assim sucessivamente, sendo que no decorrer desse intervalo de tempo terá de ser feita a reposição da base rolante que fica vazia.

De seguida é exposto o procedimento para uma correta troca da base rolante vazia por uma completa:

Procedimento:

1. Esperar que o robô termine o ciclo e o automóvel passe para o próximo posto.
2. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO” (tópico 4.1).
3. Abrir a porta e retirar a base rolante vazia.
4. Colocar a nova base rolante:

O esquema da distribuição das bases rolantes, situado nas portas laterias de ambos os lados da ilha, permite através da sua consulta saber de forma rápida e eficiente de que forma a base rolante, que está a ser reposta, deve estar orientada. A base contornada com um quadrado a vermelho deverá corresponder ao quadrado a vermelho que serve como base de referencia. Caso contrario o tipo de rodas que o robô visualizará não irá corresponder aos automóveis que entraram na ilha.

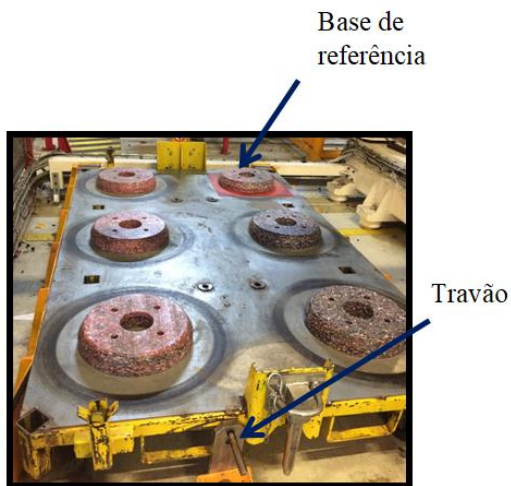


Figura 18: Base rolante vazia

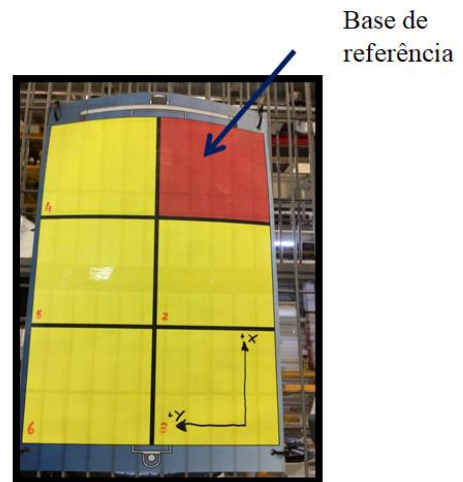


Figura 19: Representação esquemática da base rolante

5. Colocar corretamente o travão do charriot.
6. Fechar a porta e rearmar a ilha (tópico 5 e 7).
7. Validar a base rolante reposta (tópico 11.1)

→ **Robô 2:** Cada pilha é constituída por 4 rodas.

→ **Robô 1:** O número de rodas de cada pilha é variável entre 4 e 5 dependendo se o automóvel leva ou não roda de socorro.

8. Certificar-se que “Base Pegada do Robot” da base rolante a partir da qual o robô irá transportar a roda está a cor verde e que a base rolante que está a ser reposta está a cinzento..

Durante a atualização das bases rolantes é importante confirmar sempre o número de rodas constituintes de cada pilha para o robô 1, dado que o automóvel pode ou não conter roda de socorro e ter presente o aviso de atenção representado no painel, o robô irá fazer o agarre da base rolante que primeiro foi validade.

Mediante a cor de “Base Pegada do Robot” (situado do lado esquerdo do painel) é possível saber ou confirmar qual a base rolante a partir da qual o robô irá transportar a roda. A cor verde, significa que é nessa base rolante que o robô irá fazer o agarre no próximo ciclo e devendo ficar a cor cinzenta a base rolante que não está a ser usada de momento.

Caso as cores de “Base Pegada do Robot” estejam incorretas:

1. Selecionar: “Desvalidar Bases Rolantes”.
2. Selecionar: “Validar Base Rolante”, para a primeira base rolante a partir da qual o robô irá fazer o agarre das rodas.
3. Selecionar: “Validar Base Rolante”, para a segunda base rolante a partir da qual o robô irá fazer o agarre das rodas.
4. Confirmar novamente que “Base Pegada do Robot” adquire cor verde para a primeira base rolante selecionada, e fica de cor cinzenta na segunda base rolante selecionada.

Alerta derivado da não validação das rodas: “Base Rolante sem Validar”.

13. Consola do Robô

No corrente tópico é exibida, sobe a forma de legenda, alguns dos componentes pertencentes à consola do robô com o intuito de fornecer informação útil aos procedimentos que se seguem.

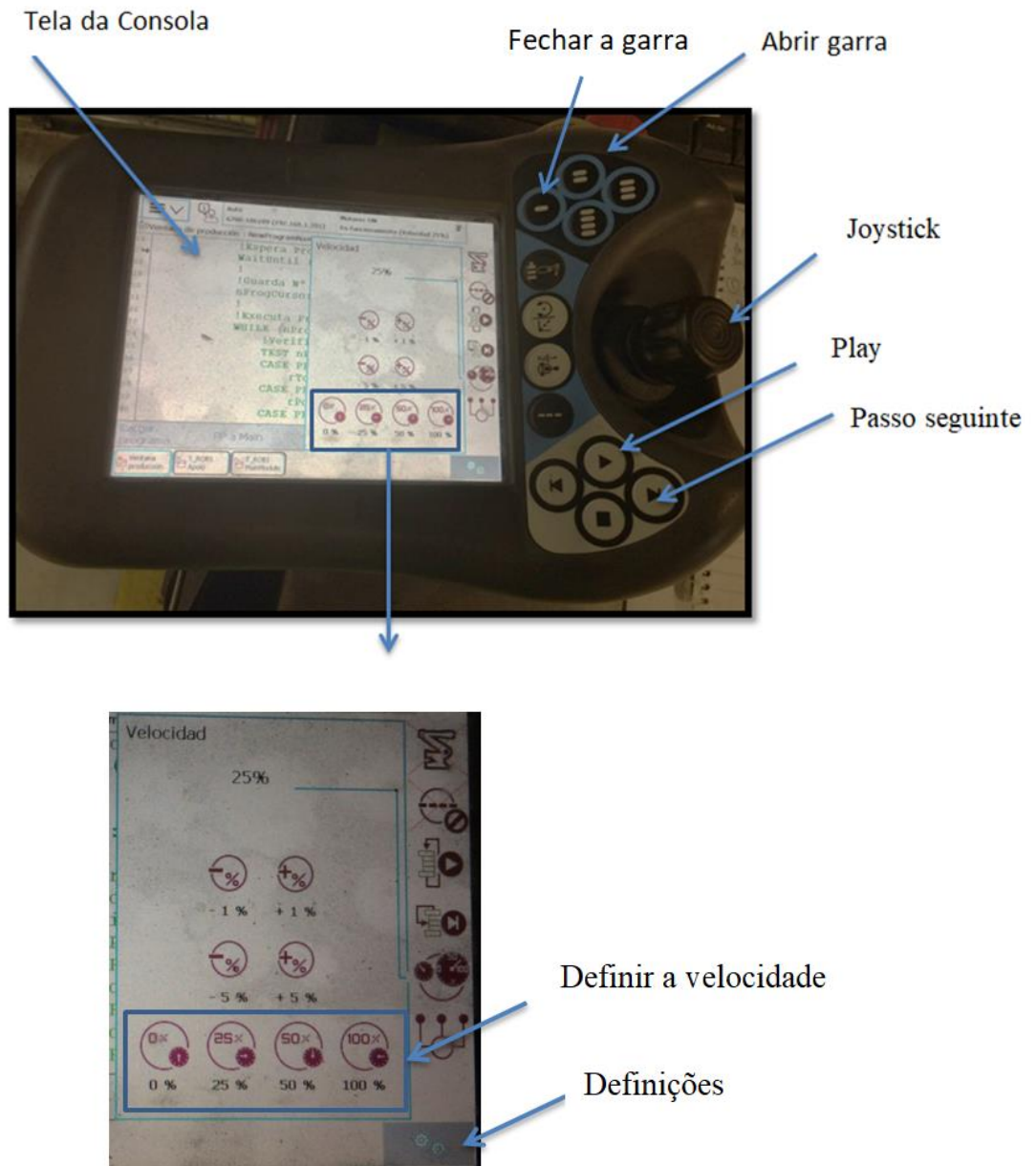


Figura 20: Legenda de alguns componentes pertencentes à consola do robô

13.1 Regular a velocidade do robô através da consola

Procedimento:

1. Aceder às definições da consola
2. Selecionar a velocidade pretendida.

Nota: No modo automático o robô opera a uma velocidade de 100%.

14. Enviar o robô para o modo degradado através da consola e repor o seu funcionamento

Procedimento:

1. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
2. Premir “confirmar” na consola.
3. Através da consola seleccionar: “Menu”.
4. Seleccionar: “Editor programa”.
5. Seleccionar: “Depurar”.
6. Seleccionar: “PP a rotina”.
7. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.
8. Seleccionar: “r pontos Home”.
9. Seleccionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
10. Seleccionar: “Depurar”.
11. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
12. Seleccionar “Moove ABSJ Degradado”.
13. Seleccionar: “PP A curso”.
14. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
15. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.

Passar para o modo degradado pelo painel:

16. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
17. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.
18. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
19. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.



Figura 21: Posição modo degradado robô 2

Colocar o robô novamente em funcionamento:

20. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.
21. Selecionar: “Menu”.
22. Selecionar: “Editor de programas”.
23. Fazer: “Depurar”.
24. Selecionar: “PP a rotina”.
25. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.
26. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
27. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.
28. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
29. Premir “confirmar” na consola.

Tirar do modo degradado e passar para modo automático:

30. Dirigir-se ao painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
31. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
32. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.

Retomar o funcionamento:

33. Rearmar e retomar o ciclo (tópico7).

15. Enviar o robô para modo degradado pelo Painel View

Só é possível mandar o robô para o modo degradado pelo painel quando o robô se encontra na posição de segurança “home” e não existem defeitos, isto é, por defeitos entende-se erros nos robôs, barreiras de segurança desarmadas,

Procedimento:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”
2. Selecionar: “ILHA MODO MARCHA”: Escolher o lado pretendido “ILHA LADO ESQUERDO” ou “ILHA LADO DIREITO”.
3. Passar para modo manual: “LADO(DIREITO/ESQUERDO) MANU”
4. Selecionar novamente: “MENU PRINCIPAL”
5. Escolher o robô em causa “ROBOT 1 / “ROBOT 2”.
6. Selecionar: “ROBOT 1 GERAL” / “ROBOT 2 GERAL”.
7. Selecionar a trajetória até ao número 3: “Va para Degradado”.
8. Clicar em “ENTER”.
9. Rearmar e Retomar o ciclo do robô. (tópico7)
10. Premir: “MANDO CICLO”(nesta etapa o robô deverá realizar uma trajetória ascendente).
11. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
12. Selecionar: “ILHA MODO MARCHA”.
13. Definir: “DEGRADADO ROBOT” para “SIM”.



Figura 22: Modo degradado pelo painel view

16. Evacuador

Caso a colocação ou o aperto da roda falhe, o evacuador é o sistema que recebe a roda rejeitada. No decorrer do ciclo o evacuador encontra-se na posição funcional tal como se observa na imagem 27, após receber a roda realiza um movimento descendente e destranca a gaveta de abertura permitindo dessa maneira, que o colaborador interrompa o ciclo e retire a roda que por sua vez será conduzida até ao posto seguinte e colocada manualmente.

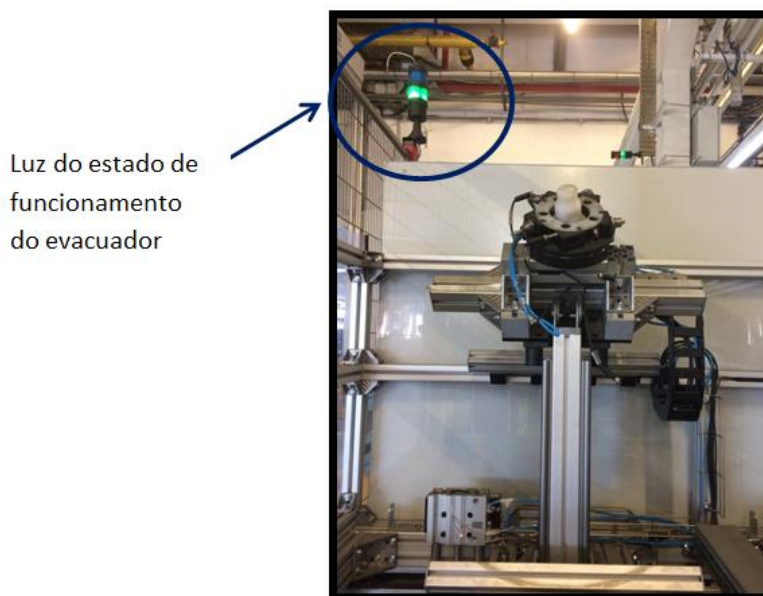


Figura 23: Evacuador na posição de funcionamento

16.1 Evacuador em defeito

É perceptível que o posto de evacuação está em defeito quando se verificam as seguintes situações:

- A luz azul acende (figura 27).
- O evacuador não está na sua posição funcional

Procedimento:

1. Garantir que a ilha se encontra totalmente rearmada (tópico 5 e 6)
2. Aceder ao Painel View.
3. Acionar o modo manual pela painel view (tópico 9.2).
4. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
5. Selecionar o posto em causa: “POSTO 4 Evac. Roda (Esq.)” para o robô 1 ou “POSTO 5 Evac. Roda (Dir.)” para o robô 2.
6. Selecionar:” POSTO 4 MOVIMENTOS” /” POSTO 5 MOVIMENTOS”.
7. Premir “Colocar na origem” até ficar verde.

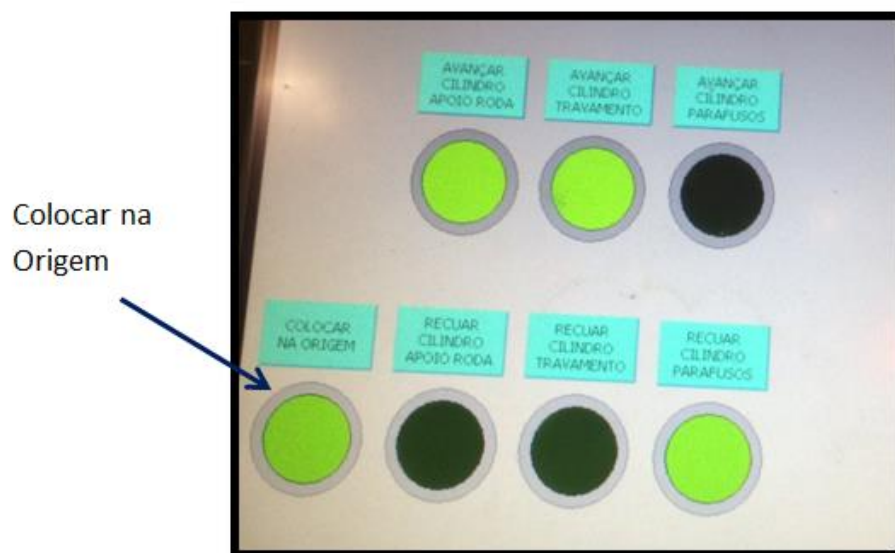


Figura 24: Painel view-Evacuação

8. Acionar o modo automático pelo painel view (tópico 9.1).
9. Verificar se a luz azul do evacuador apaga e a verde passa a estar ligada, caso essa situação não se verifique significa que o evacuador tem alguma avaria passando a ser necessário chamar a manutenção.

16.2 Evacuação de uma roda

O ato de evacuação da roda é realizada por qualquer um dos robôs que detete falha de leitura dos discos ou falha de aparafusamento sem correção possível.

No caso da **Falha de leitura dos discos** esta surge como consequência da não identificação da furação dos discos, este tipo de erro não é corrigível, isto porque o robô ao detetar que não têm todas as informações que necessita para colocar corretamente a roda irá fazer a sua evacuação.

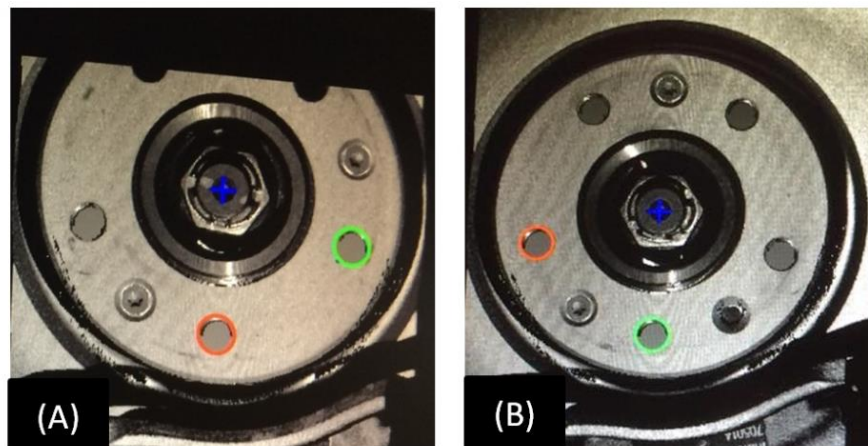


Figura 29: Imagem (A): A leitura do disco aparece cortada causando falha na identificação da furação; Imagem (B): Leitura completa de todos os furos

Neste tópico é feita uma distinção entre os procedimentos que devem ser seguidos para o caso de se verificar a evacuação de uma roda dianteira ou de uma roda traseira, com o intuito de minimizar do tempo de ciclo perdido.

Em ambas as situações irá surgir o aparecimento de uma mensagem na consola a pedir para confirmar se ficaram parafusos (figura 30), que eram dirigidos à roda evacuada na aparafusadora do robô, nessa situação os parafusos deverão ser retirados e caso o aviso seja ignorado o robô não irá retomar o ciclo.

Importa também referir a importância de carregar sempre no botão para pedir acesso antes de retirar a roda evacuada, visto o evacuador poder ficar em defeito.

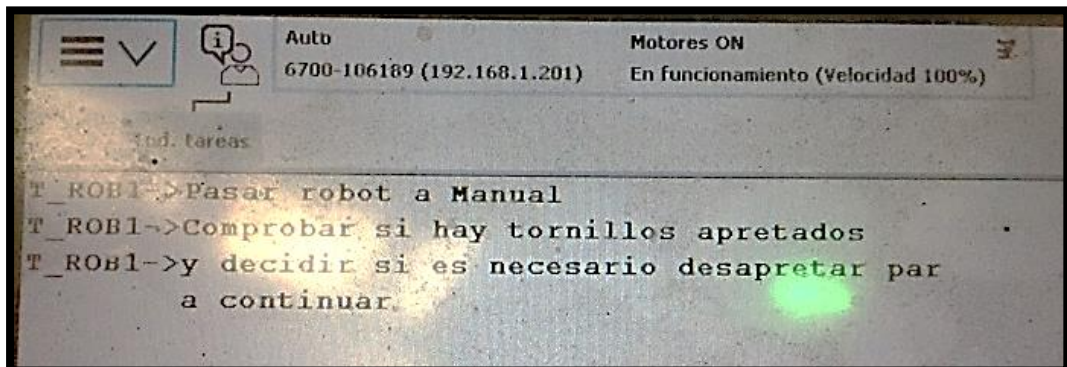


Figura 30: Mensagem na consola a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.



Figura 31: Roda Evacuada

16.2.1 Roda evacuada dianteira

Procedimento:

1. Visualizar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
2. Premir “OK” na consola.
3. Pedir acesso e entrar na zona do robô quando este está numa posição de segurança. (tópico 4.1)

4. Retirar os parafusos que poderão ter ficado no robô.
5. Voltar a rearmar a barreira de segurança (tópico 4.2 e 5).
6. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico 7).
7. Esperar o robô colocar a roda traseira e o automóvel passar para o próximo posto.
8. Pedir acesso para abrir a gaveta de evacuação (tópico 4.1)
9. Retirar a roda evacuada.
10. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico 7).
11. Levar a roda até ao posto seguinte.

16.2.2 Roda evacuada traseira

Procedimento:

1. Visualizar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
2. Premir “OK” na consola.
3. Rearmar e Retomar o ciclo do robô (tópico 7).
4. Esperar o automóvel subir e passar para o posto seguinte (serve para ganhar tempo de ciclo).
5. Pedir acesso e retirar os parafusos que poderão ter ficado na aparafusadora (tópico 4.1).
6. Pedir acesso para abrir a gaveta de evacuação (tópico 4.1)
7. Retirar a roda evacuada.
8. Rearmar e Retomar o ciclo do robô. (ver ponto 2)
9. Levar a roda até ao posto seguinte.

17. Aparafusadora

Através da visualização do controlador da aparafusadora, representada na figura 32, é possível observar o estado do aperto das rodas aos discos:

- A luz “OK” significa que o aparafusamento está conforme o estipulado e foi bem-sucedido. Para que tal se verifique, o aperto total dos cinco parafusos deverá corresponder a um binário igual ou superior a 5Nm.
- Luz “NOK” significa que o aperto das rodas falhou.

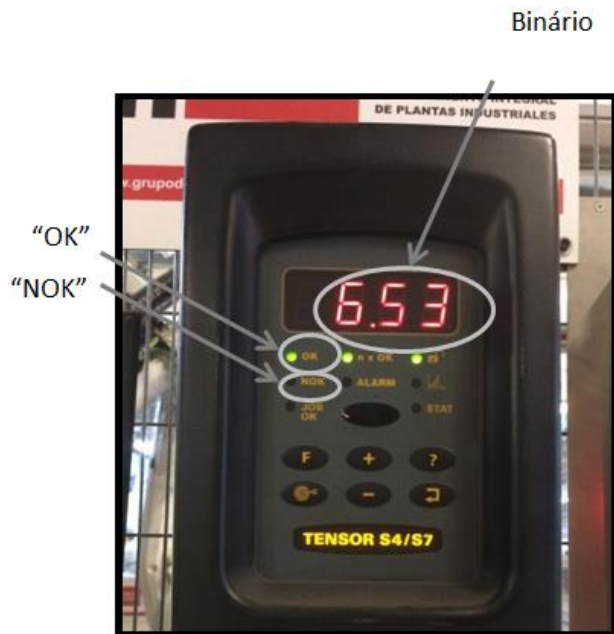


Figura 32: Aparafusadora

17.1. Aceder à Aparafusadora através do Painel View

Procedimento:

1. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.

Uma vez dentro do separador “APARAFUSADORA” é possível dar ordem ao robô para:

- **Reapertar:** Nova tentativa de reaperto dos parafusos.
- **Validar:** Dar informação ao robô que o aperto foi bem sucedido.
- **Cancelar:** Cancelar o aperto, o robô irá evacuar a roda.

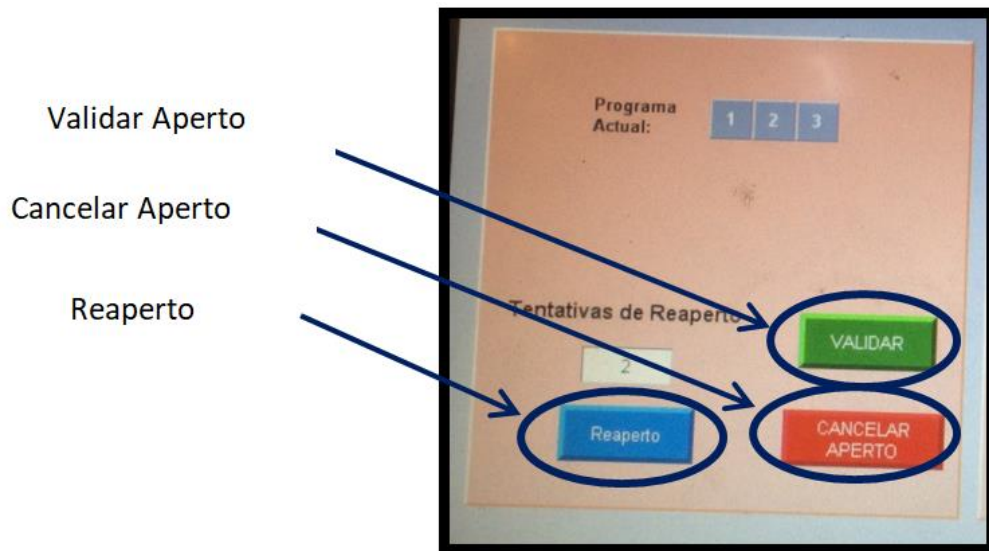


Figura 33: Painel View- Controlador da aparafusadora

17.2. Falha no aparafusamento

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Sempre que ocorra uma falha, quando o robô está a realizar o aperto dos parafusos que fazem a ligação entre a roda e disco do automóvel, deve-se primeiramente ordenar o robô que proceda a um novo reaperto através do procedimento do tópico 17.1. Conforme as consequências desta ação podem ocorrer as situações indicadas de seguida tópicos seguintes.

17.2.1 Aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5

O robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5 Nm e acende a luz de “OK”.

Procedimento:

1. Voltar a rearmar e a retomar o ciclo (tópico7).

17.2.2 Aparafusadora indica um binário inferior a 5

O robô reaperta os parafusos e a aparafusadora produz um dado binário insuficiente. Ainda que inferior a 5 e apesar de acender a luz de “NOK”, significa que apertou pelo menos um dos parafusos e que a roda não vai cair assim que o robô se afastar do disco, nessa situação e caso se possa garantir que a roda está segura:

Procedimento:

1. Validar aperto (tópico 17.1), verificar que o robô se movimenta até à posição “home”.
2. Fazer: rearmar e retomar o ciclo (tópico7).
3. Premir “Confirmar” na consola.
4. Premir novamente os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

17.2.3 Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário

O robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.

Procedimento:

1. Cancelar aperto no painel view (tópico 17.1).
2. Acionar o modo manual através das chaves (tópico 9.2).
3. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação.
4. Fazer play na consola para o robô colocar a roda no evacuador.
5. Verificar que o automóvel não vem agarrado à garra do robô.
6. Verificar que o robô coloca a roda no evacuador.
7. Acionar o modo automático através das chaves (tópico 9.1).
8. Rearmar e retomar o ciclo do robô. (tópico 7)

9. Retirar a roda do evacuador na altura certa (conforme a situação tópico 16.2.1 ou 16.2.2).

17.2.4 Aparafusadora indica erro, não dá nenhum binário e o robô simula a evacuação da roda

Após a última situação explícita (tópico 17.2.3,) caso se verifique ao fazer play na consola (etapa 4) que o automóvel vem agarrado á pinça do robô é porque apertou pelo menos um dos parafusos, nesse caso o robô não irá conseguir evacuar a roda no entanto irá simular essa ação.

Procedimento:

1. Cancelar aperto no painel view (tópico 17.1).
2. Acionar o modo manual através das chaves (tópico 9.2).
3. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação.
4. Premir play na consola.
5. Verificar que ao fazer play na consola o automóvel vem agarrado á garra do robô.
6. Verificar que a roda fica fixa no disco do automóvel, mas que o robô irá simular que coloca a roda no evacuador.
7. Verificar que a luz azul de evacuador em defeito acende, visto o robô ter a informação de que evacuou uma roda mas no entanto não ter recebido nenhuma.
8. Seguir o procedimento do tópico 16.1.
9. Acionar o modo automático através da chaves (tópico 9.1).
10. Rearmar e Retomar o ciclo do robô (tópico 7).

17.2.5 O robô não responde ao comando para evacuar a roda

Procedimento:

1. Verificar que ao fazer play na consola o robô não responde.
2. Aceder ás definições da consola e reduzir a velocidade do robô para 25% (tópico 13.1).

3. Movimentar o robô até ao posto intermédio, através do joystick da consola (tópico 13).
4. Premir o botão de acesso rápido da consola para forçar a abertura da garra do robô e largar a roda na base intermédia (tópico 13).
5. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”(tópico 4.2).
6. Retirar a roda da zona do robô.
7. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
8. Seguir o procedimento do tópico 14 para mandar o robô para modo degradado pela consola e coloca-lo novamente em funcionamento.

18. Alimentador

18.1 Aceder ao alimentador de parafusos através do Painel View

O separador do alimentador de parafusos no painel view, transmite informação relativa ao estado do alimentador, os sensores passam de cor vermelha para verde à medida que detetam a falta ou presença dos parafusos, respetivamente.

Procedimento:

1. Selecionar:” MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “POSTO 1 Alim. Paraf (Esq.)” / “POSTO 2 Alim. Paraf (Dir.)”.
3. Selecionar: “POSTO 1 GERAL” / “POSTO 2 GERAL”.

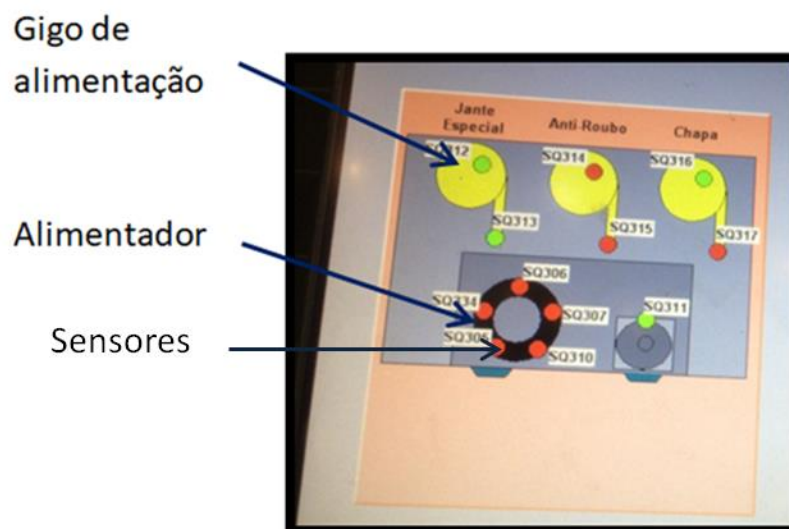


Figura 34:Painel View-Parafusos

18.2. Falhas no alimentador

- Alerta: “Falho Falta Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Saida Alimentador”

18.2.1. O alimentador não tem os cinco parafusos

O robô ao ir colher os parafusos ao alimentador deteta que não estão presentes na sua totalidade, como consequência não prossegue com o ciclo.

Procedimento:

1. Retirar os parafusos da caixa (situada na zona segura da ilha-figura 34).
2. Premir o botão azul para pedir acesso (tópico 4.1)
3. Entrar na zona do robô e colocar os parafusos que faltam diretamente no alimentador (figura 35).
4. Fechar a porta de segurança e voltar a rearmar-la. (tópico 4.3 e 5)
5. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico 7).

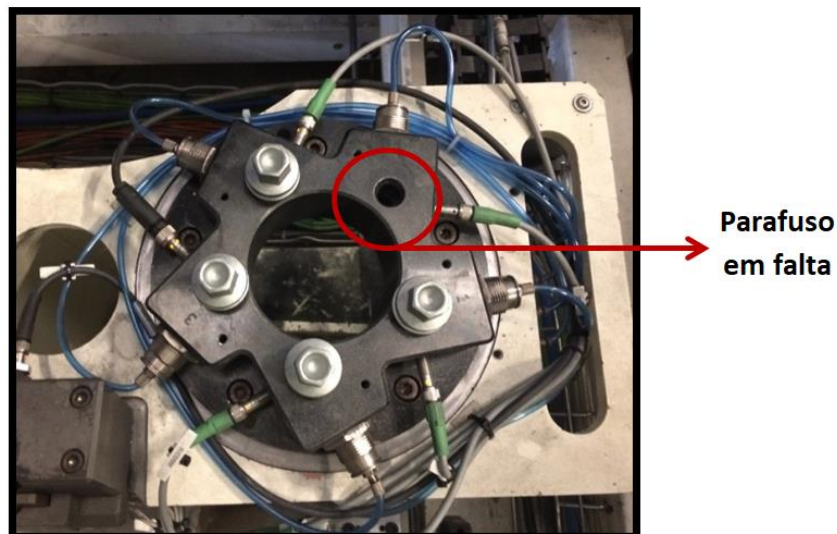


Figura 25: Alimentador de Parafusos



Figura 36: Caixas que contêm parafusos

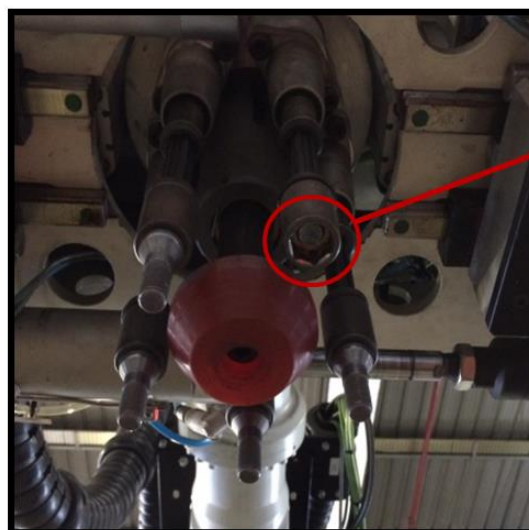
18.2.2. O robô não retira os cinco parafusos do alimentador

Neste caso em concreto verifica-se que o alimentador facultou os cinco parafusos ao robô, no entanto o robô não conseguiu fazer o agarre de todos.

- Alerta: “Falho robot non colleu todoslos parafusos do alimentador”

Procedimento:

1. Retirar os parafusos da caixa (situada na zona segura da ilha-figura 34).
2. Premir o botão azul para pedir acesso (tópico 4.1)
3. Entrar na zona do robô e colocar os parafusos que faltam diretamente na aparfusadora do robô (figura 36).
4. Fechar a porta de segurança e voltar a rearmá-la. (tópico 4.2 e 5)
5. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico 7).



Parafuso
em falta

Figura 37: Aparafusadora do robô

18.3. Caso o ciclo de produção esteja comprometido e se pretenda colocar as rodas no posto seguinte

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”(tópico 4.2).
2. Entrar na zona do robô e retirar os parafusos que ficaram retidos na aparafusadora do robô e no gigo de alimentação.
3. Retirar a(s) roda(s) do posto intermédio.
4. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
5. Seguir o procedimento do tópico 14 para mandar o robô para modo degradado pela consola e coloca-lo novamente em funcionamento e preparado para receber o próximo automóvel.

19. Alimentador obstruído

- Alerta: “Falho Presença Saida Alimentador”
- Alerta: “Falho Porta Alimentadores Aberta”
- Alerta: “Falho Zona Alimentadores Obstruidos”

Este tipo de erro ocorre quando um parafuso fica encravado antes de chegar ao fim do percurso do gigo de alimentação. Para deteção o erro é importante estar atento ao ciclo do robô visto que o alerta de parafuso encravado nem sempre surge no painel, ou desaparece passado uns segundos. Para estas situações é recomendado aceder ao alimentador de parafusos através do painel view e analisar a situação (ver tópico 18.1).

Podem ocorrer duas situações (figura 38):

- **Situação (A):** O parafuso não se posiciona na vertical ficando inclinado e conseqüentemente impedindo a sua chegada ao fim do percurso bem como dos restantes parafusos.

→ **Situação (B):** O parafuso de jante especial fica preso pela aninha ao parafuso seguinte não permitindo que a garra do alimentador faça o seu agarre e prossiga com a sua colocação no alimentador.

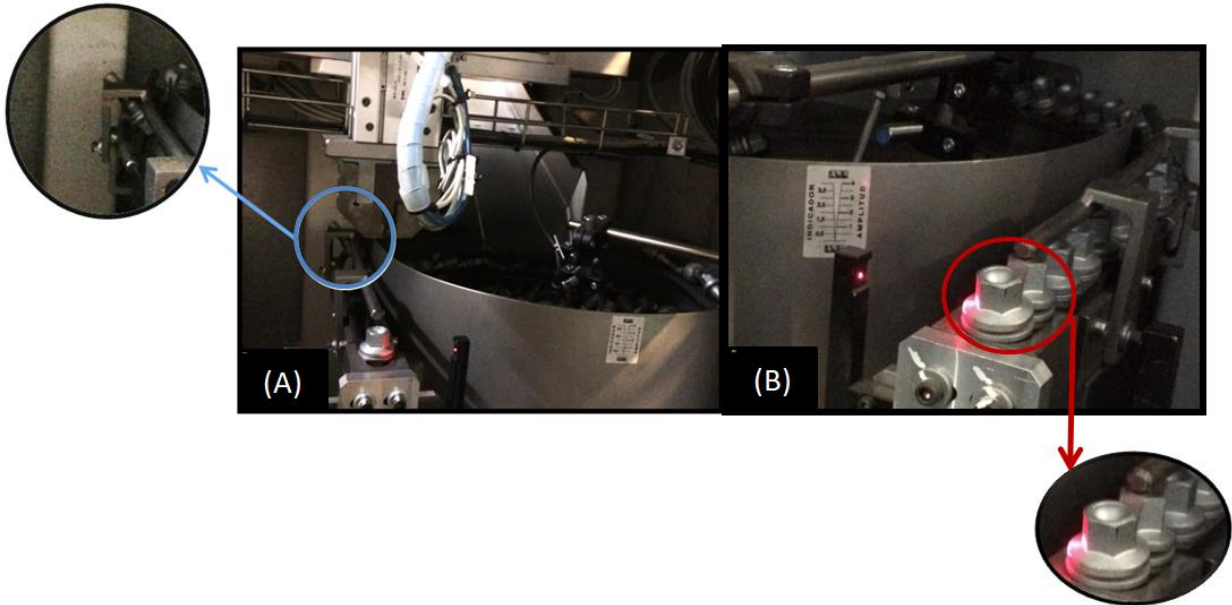


Figura 38: Ocorrências distintas de parafusos encravados

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
3. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).
4. Aceder ao separador do alimentador de parafusos através do painel view(ver tópico 18.1).
5. Visualizar o enchimento do alimentador, os sensores passam de cor vermelha para verde à medida que detetam a falta ou presença dos parafusos, respetivamente.
6. Verificar que todos os sensores representados a vermelho passam a verde.

20. Colisão do robô contra a pilha de rodas ou contra o charriot

- Alerta: “Falho Servo Pinça sem Posição de Segurança”

Colisão do robô com a pilhas das rodas

No momento em que o robô faz o agarre da roda situada na base rolante, a garra bate contra a pilha de rodas que está ao lado, originando a queda das rodas que a constituem.



Figura 39: Pilha das rodas derrubada após colisão com robô

→ Colisão do robô com o charriot

À semelhança da falha anterior também agora ocorre uma colisão, no entanto é entre a garra do robô e o charriot da bases rolantes.



Figura 40: Embate da garra do robô com o charriot

Procedimento:

1. Seguir o procedimento do tópico 14 para mandar o robô para modo degradado pela consola e coloca-lo novamente em funcionamento e preparado para receber o próximo automóvel.
2. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
3. Estar atento a algum dano que o robô possa ter sofrido, caso se verifique alguma situação que comprometa o bom funcionamento do robô, deve-se chamar a manutenção.

21. Falha da Servo pinça de segurança

- Alerta: “Falho Servo Pinça sem Posição de Seguridade”

A servo pinça, é o eixo sobre o qual a camara 3D se movimenta no decorrer da leitura á furação da roda ou do disco. A falha tratada neste tópico ocorre quando o robô interrompe a leitura retratada e dá o alerta referido acima.

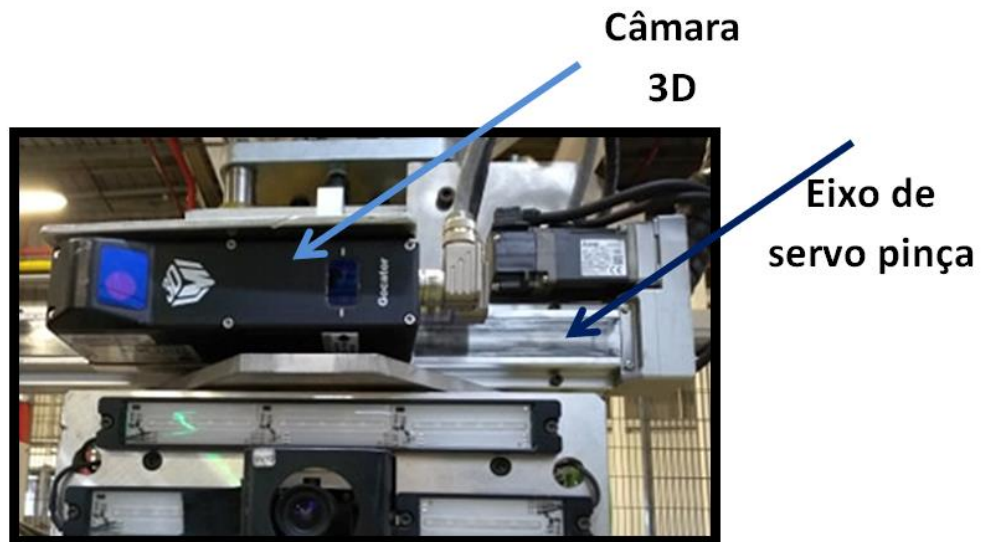


Figura 41: Eixo de servo pinça e câmara 3D

Procedimento:

1. Acionar o modo manual pelo painel view (tópico 9.2).
2. Premir o botão de eixo de segurança: “Eixo R SEG”, até ficar de cor verde.
3. Acionar o modo automático pelo painel view (tópico 9.1).
4. Rearmar e retomar o ciclo (tópico 7).

22. Erro de leitura das jantes especiais

- Alerta: “ Patron NOK Camara 2D ”
- Alerta: “Falho Robot 1 Ver FlexPendant”
- Alerta: “Falho Robot 2 Ver FlexPendant”

Para identificação da falha é necessário conhecer bem o ciclo do robô, este tipo de problema ocorre quando o robô se movimenta até as bases rolantes onde estão situadas as pilhas das rodas e aí procede á leitura das mesmas, recorrendo à câmara 2D, após visualizar a imagem irá analisar o resultado e verificar se conseguiu identificar ou não os furos.

→ **Nas situações (A) e (B) e (D) da figura 42 e 43:** O robô não conseguiu detetar os furos com exatidão e como consequência deu alerta de falha de leitura.

→ Na situação (E) da figura 41: O robô detetou os três furos, procedendo á sua leitura sem problemas.

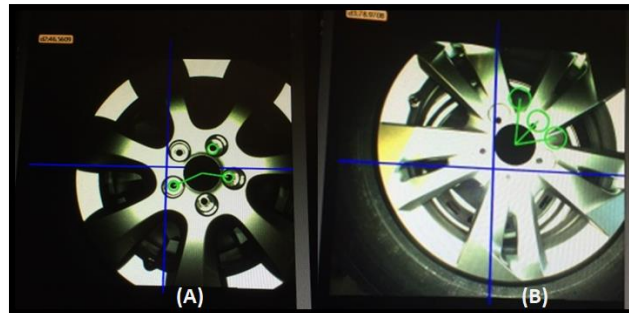


Figura 42 : Resultado da leitura de jante especial cinza

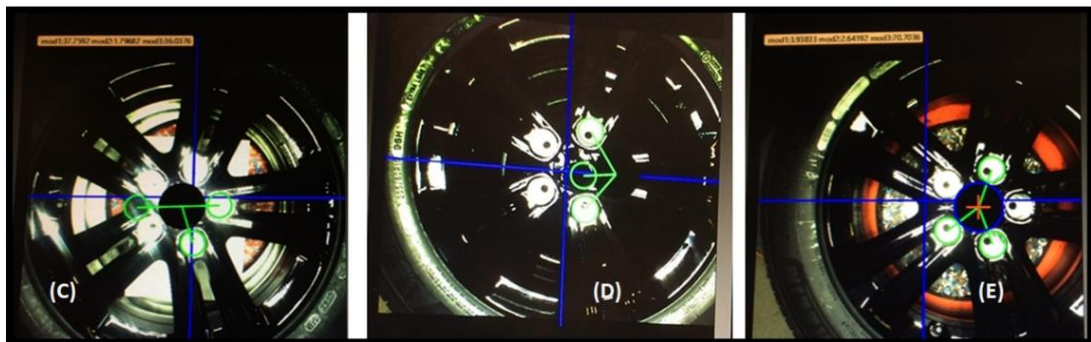


Figura 43:Resultado da leitura de jante especial cinza

Procedimento:

- (C) (D) (E)
1. Entrar na zona de robô e colocar uma folha por baixo da jante que não está a ser lida corretamente. (tópico 4.2)
 2. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
 3. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).
 4. Entrar novamente na zona do robô e retirar a folha (tópico 4.2).
 5. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
 6. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).

Antecipar possíveis erros do mesmo tipo:

Numa pilha completa, todas de jantes especiais, é muito provável que o mesmo erro de leitura se volte a verificar, o operar poderá antecipar-se ao colocar a folha por baixo da próxima roda ao invés de seguir a etapa 4, sendo que o restante procedimento é igual. Caso o erro tenha ocorrida para segunda roda traseira, deve-se deixar o robô acabar todas as tarefas e só quando o automóvel passar para o posto seguinte é que se deverá entrar na zona do robô e retirar a folha branca por forma a ganhar tempo de ciclo.

23. Roda fora dos limites

- Alertas: “Falho Robot 1 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 1 Fuera Limites 2D Pneu”
- Alertas: “Falho Robot 2 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 2 Fuera Limites 2D Pneu”

Quando o robô deteta que a roda está demasiado desviada do ponto central de referencia, irá dar o alerta de falha de patron fora dos limites. Este tipo de erro pode ocorrer nas bases rolantes e nas bases intermédias.

23.1. Rodas fora dos limites nas bases rolantes

23.1.1 Rodas nas bases rolantes fora dos limites da câmara 2D, provocado pelo descaimento do travão

Neste tipo de falhas deve-se primeiramente verificar o estado do travão do carrinho das bases rolantes, muitas vezes pode descair e conseqüentemente irá mover a base e todas as pilhas de rodas aí situadas.

Quando o colaborador entra na zona do robô e por algum motivo tem de passar por cima das bases rolantes pode mover o carrinho e o travão poderá eventualmente descair.



Figura 44: Possível causa de descaimento do travão

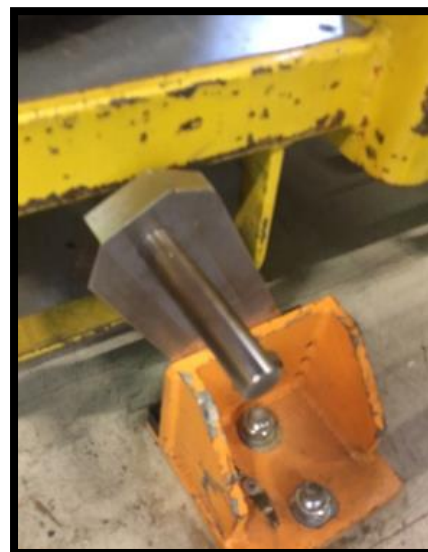


Figura 45: Travão em vias de descair

Caso essa situação se verifique:

1. Premir o botão azul: “Pedir acesso” (tópico 4.1)
2. Recolocar o travão correctamente
3. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
4. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).

23.1.2. Rodas nas Bases Rolantes fora dos limites da câmara 2D

Caso se verifique que o travão está corretamente posicionado, pode-se concluir que o problema está no posicionamento da roda e que o robô ao realizar a leitura a detetou fora dos limites. É possível visualizar, através do monitor do PC, a imagem 2D tirada pelo robô e analisar o deslocamento:

- **Referencial vermelho:** corresponde á posição central que o robô tem como referência.
- **Referencial azul:** corresponde á posição da roda relativamente ao referencial a vermelho.



Figura 46: Roda dentro dos limites do robô



Figura 47: Roda desviada descentralizada

Procedimento:

1. Premir o botão azul: “Pedir acesso”. (ver tópico 4.1)
2. Entrar e reposicionar a roda, o centro do furo da base intermédia deverá corresponder ao centro do furo da roda.
3. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
4. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).

23.2. Rodas fora dos limites nas bases intermédias

Esta situação verifica-se quando o robô coloca a roda na base intermédia e esta sofre um desvio relativamente ao centro da base.



Figura 48: Roda fora dos limites na base intermédia

O procedimento para resolução da falha é semelhante ao anterior (tópico 23.2), diferindo apenas no local do erro.

Procedimento:

1. Premir o botão azul: “Pedir acesso”. (ver tópico 4.1)
2. Posicionar corretamente a roda na base intermédia.
3. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
4. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).

24. Presença de rodas nas bases intermédias

- Alerta: “Falho Puesto Intermedio Falta Presencia Pneu Delantero/Trasero”

As bases intermédias contêm um sensor que deteta a presença das rodas:

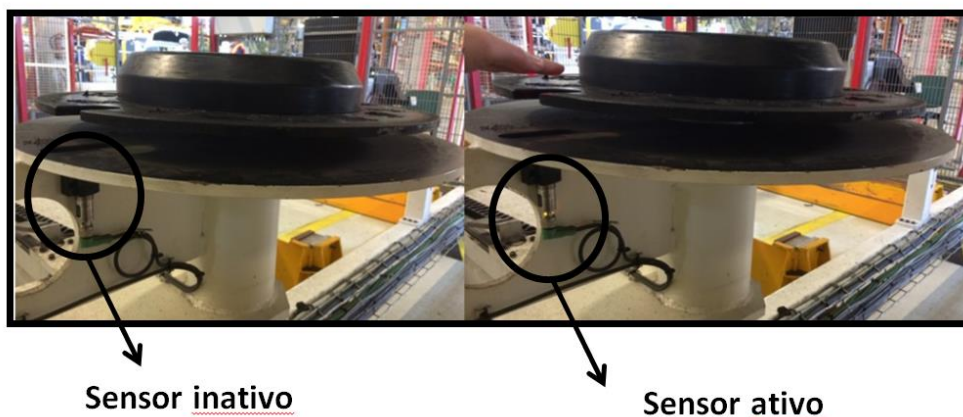


Figura 49: Sensor que deteta a presença das rodas nas bases intermédias

24.1. Aceder ao separador do posto intermédio através do painel:

No painel view o símbolo “SP” significa que o sistema não está a detetar nenhuma presença na base e o símbolo de cor verde “OK” sugere que está presente uma roda na base (figura 50).

Procedimento:

1. Selecionar “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBT1” / “ROBOT2”.
3. Selecionar: “ROBT 1 POSTO INTERMEDIO” / “ROBOT 2 POSTO INTERMEDIO

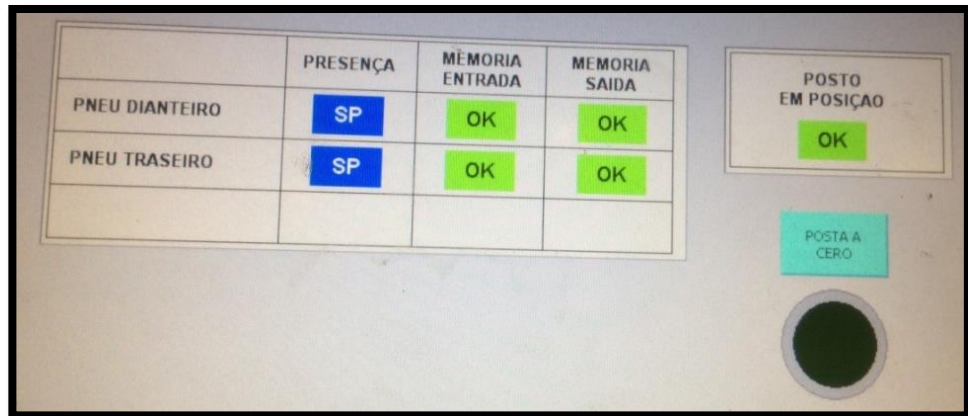


Figura 50: Painel View- Posto intermédio

24.2. Dar indicação ao robô que não têm presença de roda na base intermédia

Existem circunstâncias em que é necessário transmitir a informação ao robô de que já não existe presença de roda, como é o caso de erro que impliquem que seja necessário retirar a roda da base.

Procedimento:

1. Retirar o pneu do posto intermédio (caso se aplique)
2. Acionar o modo manual pelo painel view (tópico 9.2).
3. Voltar a: “MENU PRINCIPAL”.
4. Selecionar: “ROBT1” / “ROBOT2”.
5. Selecionar: “ROBT 1 POSTO INTERMEDIO” / “ROBOT 2 POSTO INTERMEDIO”
6. Premir: “POSTO A CERO” até o “OK” passar a “SP”
7. Acionar o modo automático pelo painel view (tópico 9.1).

24.3. Falha: o robô não deteta um pneu que está no posto intermédio

- Alerta: “Falho Puesto Intermedio Falta Presencia Pneu Delantero/Trasero”

Este erro ocorre quando a roda está presente na base no entanto, o sensor não a deteta dando origem á paragem da montagem.

Procedimento:

1. Premir o botão azul: “Pedir acesso”. (ver tópico 4.1)
2. Entrar na zona de robô e limpar o sensor, não se deve mover a roda caso o robô já tenha feito a sua leitura por risco de dar novo erro de “falho de servo pinça”.
3. Rearmar as barreiras de segurança por onde entrou. (tópico 4.2 e 5).
4. Rearmar e retomar o ciclo do robô (tópico7).
5. Observar que o robô prossegue com o ciclo
6. Caso o robô continue sem detetar o pneu e volte a dar o mesmo alerta, deve-se chamar a manutenção.
7. Verificar se a presença da roda já é detetada (tópico 24.1).

25. O programa do PC deixa de responder

Procedimento:

1. Detetar o erro: No monitor do PC, surge o aparecimento da indicação: “Esperando Câmara 3D” diversas vezes (figura 51).
2. Seguir o procedimento do tópico 14 para mandar o robô para modo degradado pela consola.
3. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
4. Retirar a roda e passa-la para o posto seguinte.
5. Desvalidar as rodas retiradas (tópico 11.2).
6. Desligar e voltar a reiniciar o programa, caso o programa não responda reiniciar o PC.
7. Colocar o robô novamente em funcionamento (tópico 14).

8. Após abertura do programa ter em atenção se fica apto para um correto funcionamento, a mensagem final deverá ser de “câmaras habilitadas”.

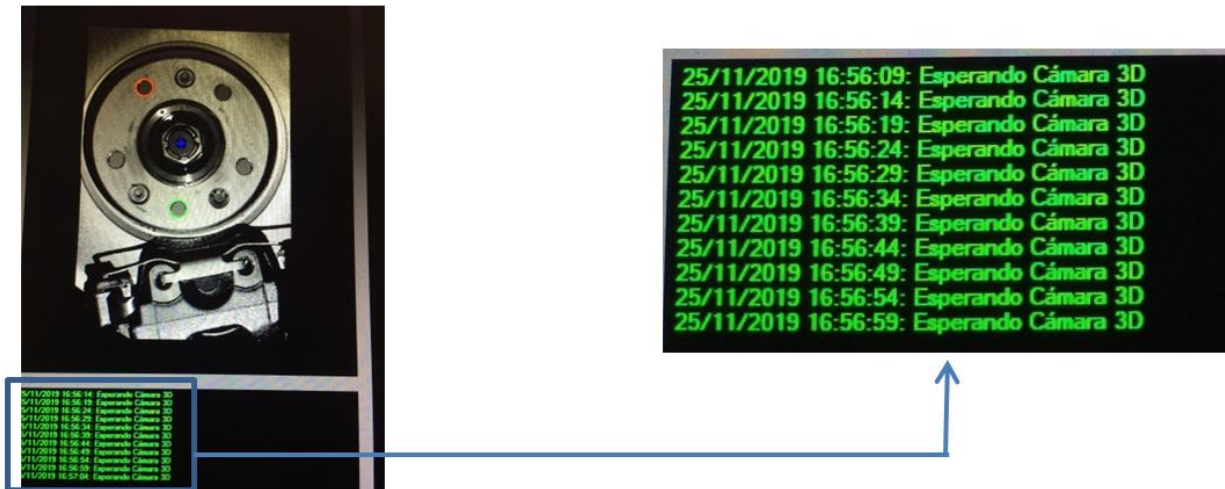


Figura 26: Crash do programa

26. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder

- Alerta: “Cerca de singularidade”

Detetar o erro através do surgimento da mensagem “Cerca de singularidade”, na consola.(Figura 52)

Procedimento:

1. Acionar o modo manual pelo chaves (tópico 9.2).
2. Na consola seleccionar: “T_ROB1”
3. Seleccionar por cima do cursor:”Move J Pinicio Base”
4. Seleccionar: “ PP A curso”
5. Acionar o modo automático pelo chaves (tópico 9.2).
6. Fazer “ok” na consola
7. Rearmar e retomar o ciclo (tópico 7).

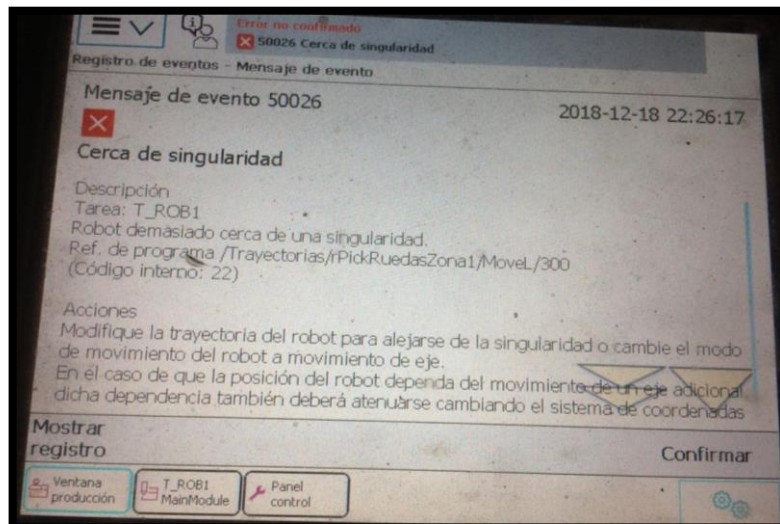


Figura 52: Mensagem da falha de “Cerca de singularidad”

27. Falha de Dados “Trasvaze”

- Alerta: “Falho Dados Andom para Posto”
- Alerta: “Falho Dados Andom para Robot”

Falha de dados “trasvaze” é um tipo de erro gerado por fatores externos à ilha visto, ser referente à perda dos dados que caracterizam o automóvel (tipo de parafuso, jante, disco..) e são passados de posto em posto, no entanto é possível fornecer ao robô todas as informações que ele necessita para concluir o ciclo.(figura 53)

Procedimento:

1. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ ILHA DADOS ANDON”
3. Passar “DADOS” para “MANU”
4. Premir “DESVALIDAR DADOS” até ficar de cor verde
5. Selecionar “DADOS PO1/PO2”
6. Definir o tipo de parafuso, através das setas físicas situadas na lateral do painel
7. Selecionar “DADOS DISCO”
8. Definir o tipo de disco, através das setas físicas situadas na lateral do painel
9. Selecionar “DADOS PNEU”
10. Definir o tipo de jante, através das setas físicas situadas na lateral do painel
11. Selecionar “DADOS P03”

12. Definir se o automóvel tem ou não roda de socorro, através das setas físicas situadas na lateral do painel
13. Aceder às definições da consola e reduzir a velocidade do robô para 25% (tópico 13.1).
14. Rearmar e iniciar o ciclo do robô (tópico 7).
15. Esperar o robô terminar todas as tarefas e o automóvel passar a barreira de saída
16. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
17. Selecionar: “ ILHA DADOS ANDON”
18. Passar “DADOS” para “ANDON”.
19. Rearmar e retomar o ciclo (tópico 7).

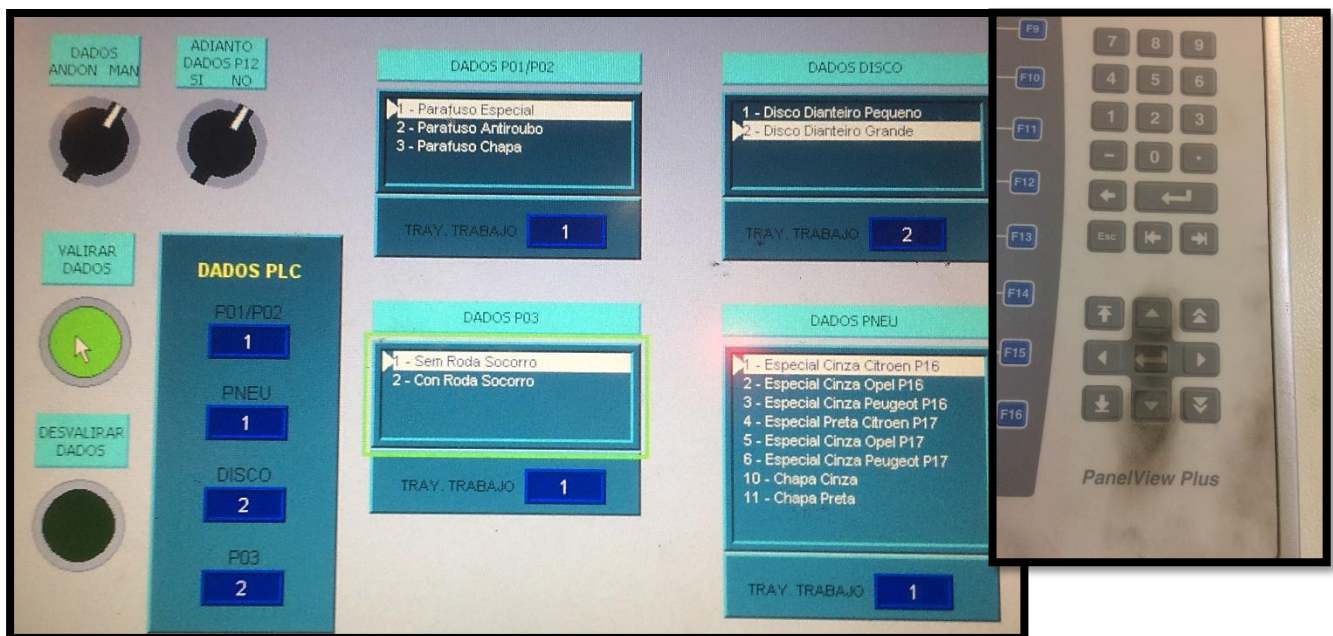


Figura 53: Painel view- Fornecer dados ao robô

ANEXO 6 - GUIA DE PROCEDIMENTOS

Ilha das Rodas

Procedimentos



Índice

1.Reposição das bases rolantes	3
2.Reposição de parafusos no gigo de alimentação.....	6
2.1. Caso os parafusos não sejam repostos atempadamente	6
3. Barreiras de Segurança desarmadas	7
4. Falha no aparafusamento	8
4.1. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5.	8
4.2. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica um binário inferior a 5.	9
4.3. Falha no aparafusamento da roda dianteira: Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.....	10
4.4. Falha no aparafusamento da roda traseira: Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.....	11
4.5. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica erro, não dá nenhum binário e o robô simula a evacuação da roda.....	13
4.6. Falha no aparafusamento: O robô não responde ao comando para evacuar a roda	14
5. Falha no alimentador, o alimentador não tem os cinco parafusos	17
5.1. Falha no alimentador, o alimentador não tem os cinco parafusos e o ciclo de produção está comprometido	18
6. Falha: o robô não retira os cinco parafusos do alimentador	20
6. 1. Falha: o robô não retira os cinco parafusos do alimentador, o ciclo de produção está comprometido e pretende-se colocar as rodas no posto seguinte.....	21
7.Alimentador obstruído	23
8. Colisão das garras do robô com as pilhas de pneus	24
9. O robô pára quando está a fazer uma leitura e dá alerta:	26
10. Erro de leitura das jantes especiais	27
11. Rodas nas bases rolantes fora dos limites da câmara 2D, provocado pelo descaimento do travão.....	28
12. Rodas nas Bases Rolantes fora dos limites da câmara 2D	29
13. Roda fora dos limites nas bases intermédias.....	30
14. O robô não deteta um pneu que está no posto intermédio	30
15. O programa do PC deixa de responder	31
16. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder	34
17. Falha de Dados “Trasvaze”	35
18. Evacuador em defeito	36
19. Roda evacuada dianteira	37
20. Roda evacuada traseira	37



CENTRO DE MANGUALDE

1.Reposição das bases rolantes

- Alerta derivado da não validação das rodas: “Base Rolante sem Validar”

Procedimento:

1. Esperar que o robô termine o ciclo e o automóvel passe para o próximo posto.
2. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
3. Abrir a porta e retirar a base rolante vazia.
4. Colocar a nova base rolante, tendo em conta que a base contornada com um quadrado a vermelho deverá estar orientada de acordo com o esquema da distribuição das bases (situado nas portas laterias da ilha).

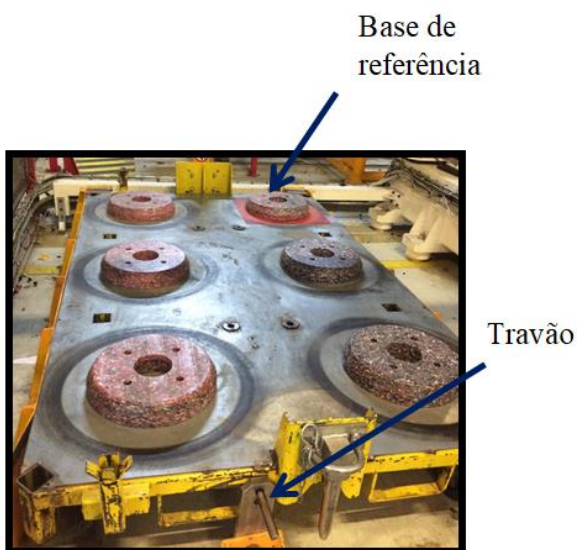


Figura 2: Base rolante vazia

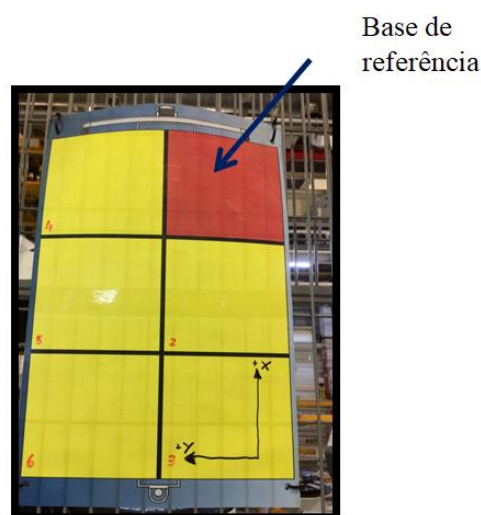
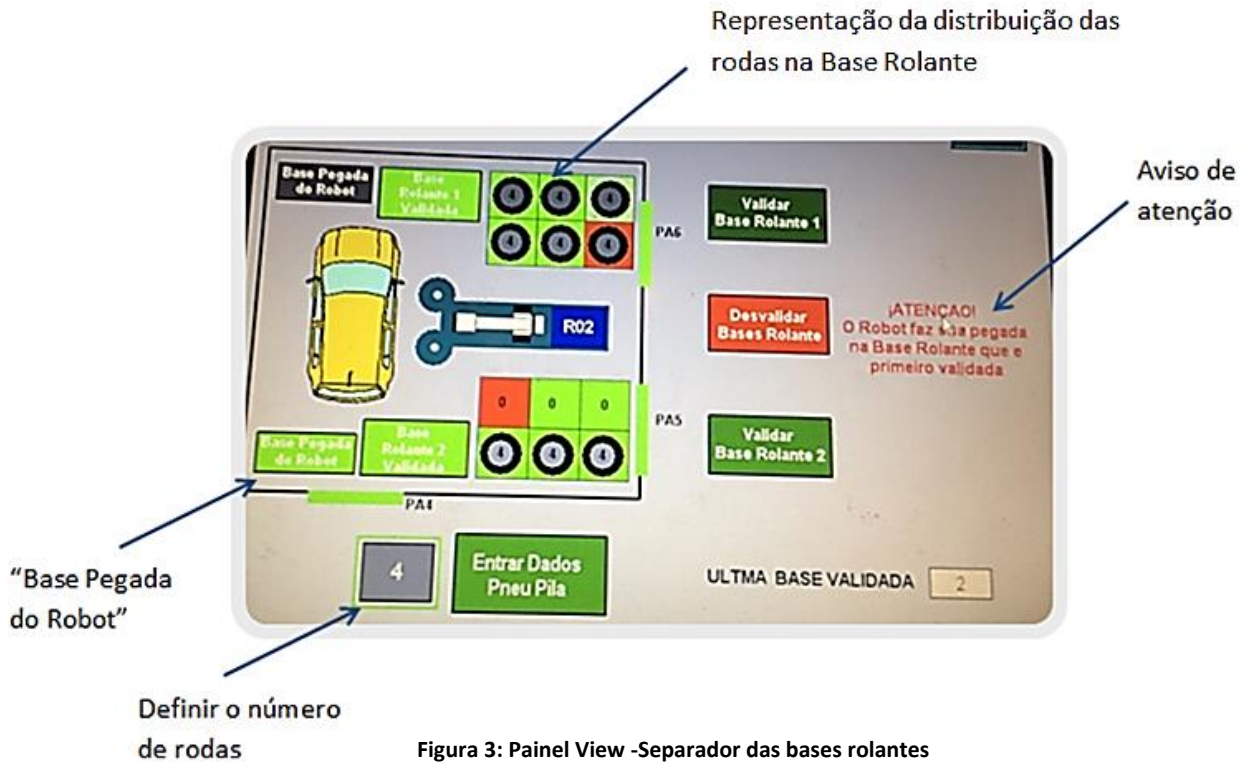


Figura 1: Representação esquemática da base rolante

5. Colocar corretamente o travão do charriot.
6. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
7. Premir o botão de cor verde: “REARME”.
8. Dirigir-se ao Painel View.
9. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
10. Selecionar: “ROBOT 1” ou “ROBOT 2”, conforme o robô em causa.

11. Selecionar: “BASE R”.

12. Certificar-se que “Base Pegada do Robot” da base rolante a partir da qual o robô irá transportar a roda está a cor verde e que a base rolante que está a ser reposta está a cinzento.



13. Caso as cores de “Base Pegada do Robot” estejam incorretas, selecionar: “Desvalidar Bases Rolantes”.

14. Selecionar: “Validar Base Rolante”, para a primeira base rolante a partir da qual o robô irá fazer o agarre das rodas.

15. Selecionar: “Validar Base Rolante”, para a segunda base rolante a partir da qual o robô irá fazer o agarre das rodas.

16. Confirmar novamente que “Base Pegada do Robot” adquire cor verde para a primeira base rolante selecionada, e fica de cor cinzenta na segunda base rolante selecionada.

17. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.

18. Selecionar: “ALARMAS”.

- 19.** Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
- 20.** Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
- 21.** Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
- 22.** Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
- 23.** Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
- 24.** Selecionar: “ROBOT 1” ou “ROBOT 2”, conforme o robô em causa.
- 25.** Selecionar: “BASE R”.
- 26.** Na configuração das Bases Rolantes, premir por cima do lugar correspondente á pilha de rodas que se pretende atualizar
- 27.** Definir o número de rodas existentes na pilha selecionada no passo anterior.
- 28.** Premir: “Entrar Dados Pneu Pila”
- 29.** Repetir as etapas 26, 27 e 28 para cada uma das pilhas de rodas da nova base rolante.
- 30.** Fazer: “Validar Base Rolante 1” /” Validar Base Rolante 2”, dependendo da base rolante que se está a repor.
- 31.** Confirmar novamente que “Base Pegada do Robot” de cor verde é a correta.

Caso a altura mais adequada para proceder à troca das bases seja quando o automóvel ainda não tiver saído da ilha (pelo motivo do posto seguinte ainda não ter terminado todas as tarefas), deve-se:

- 1.** Pedir acesso
- 2.** Abrir a porta
- 3.** Desligar o andon, esta etapa irá permitir que o automóvel passe para oposto seguinte.
- 4.** Continuar o processo de troca das bases

2.Reposição de parafusos no gigo de alimentação

- Alerta: “Poucas Peças Alimentador”

Procedimento:

1. No Painel View, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Seleccionar: “ALARMAS”.
3. Detetar falta de parafusos, através do alerta na zona a azul: “Poucas peças no alimentador”.
4. Observar que as luzes, situadas junto ao alimentador de parafusos, acendem e começam a piscar.
5. Deitar a granel os parafusos no gigo correspondente.
6. Verificar que as luzes desligam.



Figure 4: Luzes e gigos dos parafusos

2.1. Caso os parafusos não sejam repostos atempadamente

1. Ir até a zona dos alimentadores e deitar a granel os parafusos no gigo correspondente.
2. Verificar que as luzes desligam.
3. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.

4. Selecionar: “ALARMAS”.
5. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo

3. Barreiras de Segurança desarmadas

- Alerta Robô1: “Falho Rele Emergencia Portas 4/5/6”
- Alerta Robô2: “Falho Rele Emergencia Portas 1/2/3”

Procedimento:

1. Através do painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ILHA SINÓPTICO”.

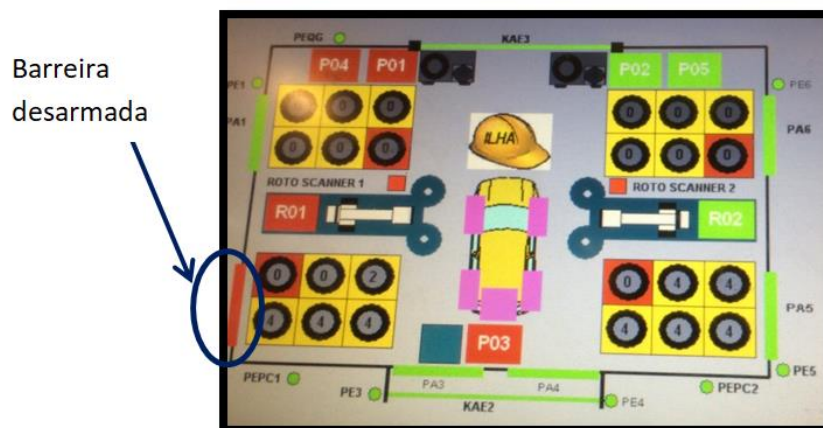


Figura 5: Painel view -Ilha Sinóptico

3. Visualizar qual a barreira que se encontra a cor vermelha.
4. Confirmar que os três leds do sensor da fechadura estão acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta que esteja a dar erro)
7. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
8. Selecionar: “ALARMAS”.

9. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo

4. Falha no aparafusamento

4.1. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5.

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Procedimentos:

1. No painel view. selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica um binário igual ou superior a 5 e acende a luz de “OK”.
5. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
6. Selecionar: “ALARMAS”.
7. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros
8. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
9. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
10. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

4.2. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica um binário inferior a 5.

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK

Procedimento:

1. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora produz um dado binário inferior a 5 e acende a luz “NOK”.
5. Premir “VALIDAR”.
6. Verificar que a roda fica fixa no disco e o robô movimenta-se até à posição “home”.
7. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.

8. Selecionar: “ALARMAS”.
9. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até a consola pedir através de uma mensagem para confirmar.
10. Fazer “Confirmar” na consola.
11. Premir novamente os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
12. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
13. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
14. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

4.3. Falha no aparafusamento da roda dianteira: Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Procedimentos:

1. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.
5. Premir: “CANCELAR APERTO”.
6. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
7. Premir “confirmar” na consola.
8. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
9. Premir play na consola.
10. Verificar que o automóvel não vem agarrado à garra do robô.
11. Verificar que o robô coloca a roda no evacuador.
12. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
13. Premir “confirmar” na consola.
14. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
15. Esperar o robô parar na posição “home”.
16. Retirar os parafusos que poderão ter ficado no robô.
17. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
18. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
19. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
20. Visualizar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
21. Premir “OK” na consola.
22. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.

23. Selecionar: “ALARMAS”.
24. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
25. Esperar o robô colocar a roda traseira e o automóvel passar para o próximo posto.
26. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
27. Abrir a gaveta de evacuação, assim que o automóvel passe a barreira de saída
28. Retirar a roda do evacuador.
29. Premir o botão de cor verde: “REARME”.
30. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
31. Selecionar: “ALARMAS”.
32. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
33. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
34. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
35. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
36. Levar a roda até ao posto seguinte.

4.4. Falha no aparafusamento da roda traseira: Aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Procedimento:

1. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Selecionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.
5. Premir: “CANCELAR APERTO”.

6. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
7. Premir “confirmar” na consola.
8. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
9. Premir play na consola.
10. Verificar que o automóvel não vem agarrado à garra do robô.
11. Verificar que o robô coloca a roda no evacuador.
12. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
13. Premir “confirmar” na consola.
14. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
15. Seleccionar: “ALARMAS”.
16. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
17. Esperar o automóvel subir e passar para o posto seguinte.
18. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
19. Retirar os parafusos que poderão ter ficado na aparfusadora.
20. Observar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
21. Premir “OK” na consola.
22. Abrir a gaveta de evacuação e retirar a roda evacuada
23. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelha no separador “ALARMAS” e o robô retome o seu ciclo.
24. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
25. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
26. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
27. Levar a roda até ao posto seguinte

4.5. Falha no aparafusamento: Aparafusadora indica erro, não dá nenhum binário e o robô simula a evacuação da roda

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Procedimento:

1. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Seleccionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”.
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.
5. Premir: “CANCELAR APERTO”.
6. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
7. Premir “confirmar” na consola.
8. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
9. Premir play na consola.
10. Verificar que ao fazer play na consola o automóvel vem agarrado á garra do robô.
11. Verificar que a roda fica fixa no disco do automóvel, mas que o robô irá simular que coloca a roda no evacuador.
12. Verificar que a luz azul de evacuador em defeito acende.
13. No painel view seleccionar: “MENU PRINCIPAL”
14. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
15. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
16. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”
17. Seleccionar: “Evacuador de RODAS”
18. Premir “COLOCAR NA ORIGEM” até ficar de cor verde.
19. Verificar que a luz azul do evacuador apaga e a verde acende.
20. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
21. Premir “confirmar” na consola.
22. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
23. Seleccionar: “ALARMAS”.

24. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

4.6. Falha no aparafusamento: O robô não responde ao comando para evacuar a roda

- Alerta “Chamar Manutenção Falho Aparafusadora Resultado NOK”

Procedimento :

1. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Seleccionar: “ROBOT 1 APARAF.” / “ROBOT 2 APARAF.”, dependendo do robô em causa.
3. Premir: “Reaperto”
4. Verificar que o robô reaperta os parafusos e a aparafusadora indica erro e não dá nenhum binário.
5. Premir: “CANCELAR APERTO”.
6. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
7. Premir “confirmar” na consola.
8. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
9. Premir play na consola.
10. Verificar que ao fazer play na consola o robô não responde.
11. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
12. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
13. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
14. Aceder ás definições da consola e reduzir a velocidade do robô para 25%.

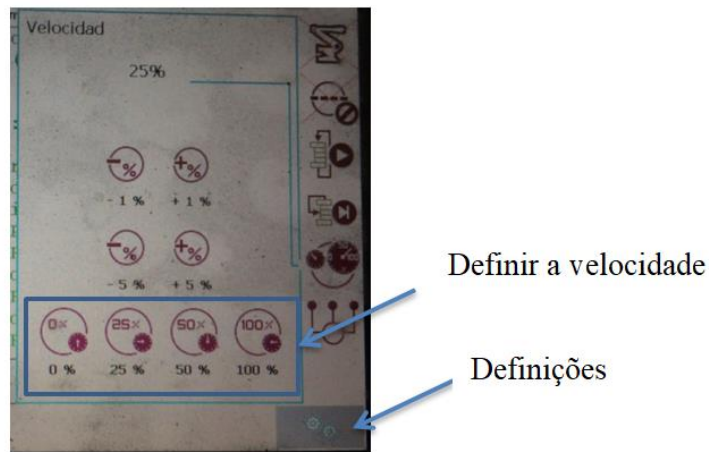


Figure 6: Definição da velocidade do robô

15. Movimentar o robô até ao posto intermédio, através do joystick da consola.
16. Premir o botão de acesso rápido da consola para forçar a abertura da garra do robô e largar a roda na base intermédia.



Figure 7: Comando para fechar e abrir a garra do robô

17. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
18. Retirar a roda da zona do robô.
19. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
20. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
21. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
22. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
23. Premir “confirmar” na consola.
24. Através da consola seleccionar: “Menu”.
25. Seleccionar: “Editor programa”.
26. Seleccionar: “Depurar”.
27. Seleccionar: “PP a rotina”.

28. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.
29. Selecionar: “r pontos Home”.
30. Selecionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
31. Selecionar: “Depurar”.
32. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
33. Selecionar “Moove ABSJ Degradado”.
34. Selecionar: “PP A curso”.
35. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
36. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.

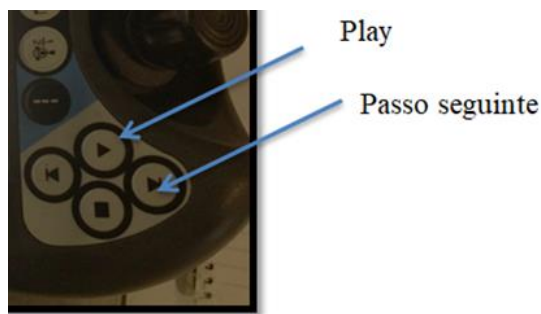


Figura 8: Comando de “play” e “passo seguinte” da consola do robô

37. Dirigir-se ao painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
38. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.
39. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
40. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
41. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.
42. Selecionar: “Menu”.
43. Selecionar: “Editor de programas”.
44. Fazer: “Depurar”.
45. Selecionar: “PP a rotina”.
46. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.

47. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
48. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.
49. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
50. Premir “confirmar” na consola.
51. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
52. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
53. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.
54. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
55. Seleccionar: “ALARMAS”.
56. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

5. Falha no alimentador, o alimentador não tem os cinco parafusos

- Alerta: “Falho Falta Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Saida Alimentador”

Procedimento :

1. Retirar os parafusos da caixa (situada na zona segura da ilha) correspondentes ao tipo de jante que está a ser usada.
2. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
3. Entrar na zona do robô e colocar os parafusos que faltam diretamente no alimentador.
4. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
7. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
8. Seleccionar: “ALARMAS”.

9. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
10. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
11. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
12. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

5.1. Falha no alimentador, o alimentador não tem os cinco parafusos e o ciclo de produção está comprometido

- Alerta: “Falho Falta Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Peça 5 Parafusos”
- Alerta: “Falho Presença Saida Alimentador”

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Entrar na zona do robô e retirar os parafusos que ficaram retidos no alimentador.
3. Retirar a(s) roda(s) do posto intermédio.
4. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
7. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
8. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
9. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
10. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
11. Premir “confirmar” na consola.
12. Através da consola selecionar: “Menu”.
13. Selecionar: “Editor programa”.
14. Selecionar: “Depurar”.
15. Selecionar: “PP a rotina”.
16. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.

17. Selecionar: “r pontos Home”.
18. Selecionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
19. Selecionar: “Depurar”.
20. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
21. Selecionar “Moove ABSJ Degradado”.
22. Selecionar: “PP A curso”.
23. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
24. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.

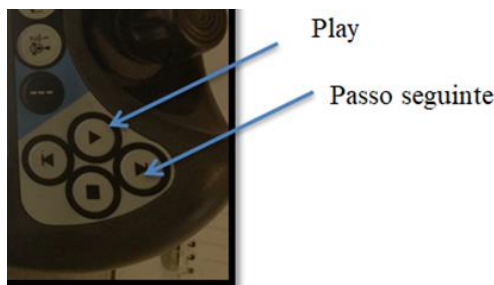


Figura 9: Comando de “play” e “passo seguinte” da consola do robô

25. Dirigir-se ao painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
26. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.
27. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
28. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
29. Passar a(s) roda(s) para o posto seguinte.
30. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.
31. Selecionar: “Menu”.
32. Selecionar: “Editor de programas”.
33. Fazer: “Depurar”.
34. Selecionar: “PP a rotina”.
35. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.
36. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).

37. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.
38. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
39. Premir “confirmar” na consola.
40. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
41. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
42. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.
43. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
44. Seleccionar: “ALARMAS”.
45. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

6. Falha: o robô não retira os cinco parafusos do alimentador

- Alerta: “Falho robot non colleu todoslos parafusos do alimentador”

Procedimento:

1. Retirar os parafusos da caixa (situada na zona segura da ilha) correspondentes ao tipo de jante que está a ser usada.
2. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
3. Entrar na zona do robô e colocar os parafusos que faltam diretamente na aparfusadora do robô.
4. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
7. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
8. Seleccionar: “ALARMAS”.
9. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

6. 1. Falha: o robô não retira os cinco parafusos do alimentador, o ciclo de produção está comprometido e pretende-se colocar as rodas no posto seguinte

- Alerta: “Falho robot non colleu todoslos parafusos do alimentador”

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Entrar na zona do robô e retirar os parafusos que ficaram retidos na aparafusadora do robô e no gigo de alimentação.
3. Retirar a(s) roda(s) do posto intermédio.
4. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
7. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
8. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
9. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
10. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
11. Premir “confirmar” na consola.
12. Através da consola seleccionar: “Menu”.
13. Selecionar: “Editor programa”.
14. Selecionar: “Depurar”.
15. Selecionar: “PP a rotina”.
16. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.
17. Selecionar: “r pontos Home”.
18. Selecionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
19. Selecionar: “Depurar”.
20. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
21. Selecionar “Moove ABSJ Degradado”.
22. Selecionar: “PP A curso”.
23. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
24. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.

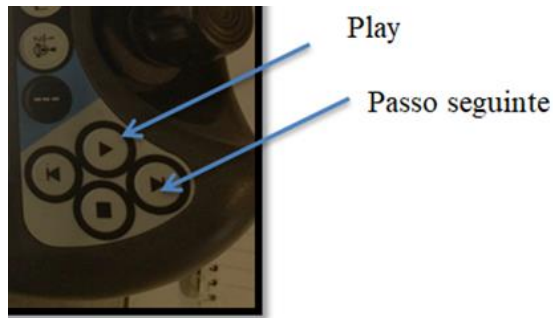


Figura 10: Comando de “play” e “passo seguinte” da consola do robô

25. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
26. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.
27. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
28. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
29. Passar a(s) roda(s) para o posto seguinte.
30. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.
31. Seleccionar: “Menu”.
32. Seleccionar: “Editor de programas”.
33. Fazer: “Depurar”.
34. Seleccionar: “PP a rotina”.
35. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.
36. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
37. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.
38. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
39. Premir “confirmar” na consola.
40. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
41. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
42. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.
43. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.

44. Selecionar: “ALARMAS”.
45. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

7. Alimentador obstruído

- Alerta: “Falho Presença Saida Alimentrador”
- Alerta: “Falho Porta Alimentadores Aberta”
- Alerta: “Falho Zona Alimentadores Obstruidos”

Procedimento :

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Ir até ao sistema de alimentação e com o auxílio de um ferro desencravar e retirar o parafuso.
3. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
4. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
5. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
6. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
7. Selecionar: “ALARMAS”.
8. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
9. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
10. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
11. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
12. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”
13. Selecionar: “POSTO 1 Alim. Paraf (Esq.)” para o robô 1 ou “POSTO 2 Alim. Paraf (Dir.)” para o robô 2.
14. Selecionar: “POSTO 1 GERAL” para o robô1 ou “POSTO 2 GERAL” para o robô 2.

15. Visualizar o enchimento do alimentador, os sensores passam de cor vermelha para verde à medida que detetam a falta ou presença dos parafusos, respetivamente.
16. Verificar que todos os sensores representados a vermelho passam a verde.

8. Colisão das garras do robô com as pilhas de pneus

- Alerta: “Falho Servo Pinça sem Posição de Segurança”

Procedimento:

Mandar o robô para o Modo degradado através da consola:

1. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
2. Premir “confirmar” na consola.
3. Através da consola seleccionar: “Menu”.
4. Seleccionar: “Editor programa”.
5. Seleccionar: “Depurar”.
6. Seleccionar: “PP a rotina”.
7. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.
8. Seleccionar: “r pontos Home”.
9. Seleccionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
10. Seleccionar: “Depurar”.
11. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
12. Seleccionar “Moove ABSJ Degradado”.
13. Seleccionar: “PP A curso”.
14. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
15. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.
16. Verificar que o automóvel passa para o posto seguinte.
17. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
18. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.

19. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
20. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
21. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
22. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
23. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
24. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
25. Voltar a formar e a centrar as pilhas das rodas que caíram.
26. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
27. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
28. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
29. No painel view, selecionar:
30. “MENU PRINCIPAL”
31. Selecionar:” ILHA MODO DE MARCHA”
32. Verificar se aparece algum botão de eixo de segurança: “Eixo R SEG”.
33. Caso esse botão não tenha surgido, passar para o passo 31.
34. Caso o botão tenha surgido premir “Eixo R SEG”, até ficar de cor verde.
35. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.
36. Selecionar: “Menu”.
37. Selecionar: “Editor de programas”.
38. Fazer: “Depurar”.
39. Selecionar: “PP a rotina”.
40. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.
41. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
42. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.
43. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
44. Premir “confirmar” na consola.
45. Dirigir-se ao painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
46. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.

47. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.
48. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
49. Selecionar: “ALARMAS”.
50. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
51. Estar atento a algum dano que o robô possa ter sofrido, caso se verifique alguma situação que comprometa o bom funcionamento do robô, deve-se chamar a manutenção.

9. O robô pára quando está a fazer uma leitura e dá alerta:

- Alerta: “Falho Servo Pinça sem Posição de Seguridade”

Procedimento:

1. No painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”
2. Selecionar:” ILHA MODO DE MARCHA”
3. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou LADO ESQUERDO” para “MANU”.
4. Premir o botão de eixo de segurança: “Eixo R SEG”, até ficar de cor verde.
5. Voltar a passar para o modo automático: “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO”.
6. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
7. Selecionar: “ALARMAS”.
8. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
9. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
10. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
11. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

10. Erro de leitura das jantes especiais

- Alerta: “ Patron NOK Camara 2D ”
- Alerta: “Falho Robot 1 Ver FlexPendant”
- Alerta: “Falho Robot 2 Ver FlexPendant”

Procedimento:

1. Identificação do problema através da visualização da imagem 2D que o robô tirou da roda.
2. Verificar que o robô detetou os furos com exatidão como tal deu o alerta.
3. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
4. Entrar na zona de robô e colocar uma folha por baixo da jante que não está a ser lida corretamente.
5. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
6. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
7. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
8. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
9. Selecionar: “ALARMAS”.
10. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que surja uma mensagem na consola a pedir para confirmar que o ajuste foi realizado.
11. Premir “confirmar” na consola.
12. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
13. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
14. Retirar a folha.
15. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
16. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
17. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)

18. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
19. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
20. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
21. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

11. Rodas nas bases rolantes fora dos limites da câmara 2D, provocado pelo descaimento do travão

- Alertas: “Falho Robot 1 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 1 Fuera Limites 2D Pneu”
- Alertas: “Falho Robot 2 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 2 Fuera Limites 2D Pneu”

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Verificar que o travão do carrinho das bases rolante está descaído.
3. Recolocar o travão corretamente no sitio.
4. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
5. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
6. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
7. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que surja uma mensagem na consola a pedir para confirmar que o a ajuste foi realizado.
8. Premir “confirmar” na consola.
9. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
10. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
11. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
12. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

12.Rodas nas Bases Rolantes fora dos limites da câmara 2D

- Alertas: “Falho Robot 1 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 1 Fuera Limites 2D Pneu”
- Alertas: “Falho Robot 2 Ver FlexPendant”
- Alertas: “Falho Robot 2 Fuera Limites 2D Pneu”

Procedimento:

1. Visualizar a imagem 2D, através do ecrã do PC, tirada pelo robô e analisar o deslocamento. O referencial a vermelho corresponde á posição central que o robô tem como referência e o referencial azul: corresponde á posição da roda relativamente ao referencial a vermelho.
2. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
3. Verificar que o travão está corretamente posicionado.
4. Entrar na zona do robô e posicionar corretamente a roda.
22. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
23. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
24. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
25. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
26. Selecionar: “ALARMAS”.
27. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que surja uma mensagem na consola a pedir para confirmar que o a ajuste foi realizado.
28. Premir “confirmar” na consola.
29. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
30. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
31. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
32. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

13. Roda fora dos limites nas bases intermédias

- Alerta: “Patron NOK Roda Traseira”
- Alerta: “Patron NOK Roda Dianteira”
- Alerta: “Patron Fora Limites Roda Traseira”
- Alerta: “Patron Fora Limites Roda Dianteira”

Procedimento:

1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Entrar e reposicionar a roda, o centro do furo da base intermédia deverá corresponder ao centro do furo da roda.
3. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
4. Premir o botão de cor verde de “REARME”.
5. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
6. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
7. Selecionar: “ALARMAS”.
8. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
9. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
10. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
11. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.

14. O robô não deteta um pneu que está no posto intermédio

- Alerta: “Falho Puesto Intermedio Falta Presencia Pneu Delantero/Trasero”

Procedimento:

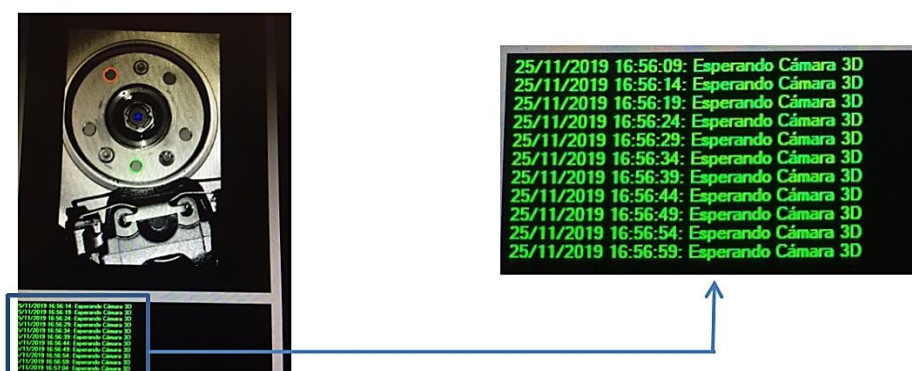
1. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”.
2. Entrar na zona de robô e limpar o sensor, não se deve mover a roda caso o robô já tenha feito a sua leitura por risco de dar novo erro de “falho de servo pinça”.
3. Fechar a porta e confirmar que os três leds do sensor da fechadura ficam acessos.
4. Premir o botão de cor verde de “REARME”.

5. Premir o botão de cor amarela de “REARME”. (Caso exista na porta por onde se entrou)
6. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
7. Selecionar: “ALARMAS”.
8. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.
9. Selecionar: “MENU PRINCIPAL”.
10. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”
11. Premir durante alguns segundos: “AMDON”, até que o alarme pare de tocar.
12. Observar que o robô prossegue com o ciclo
13. Caso o robô continue sem detetar o pneu e deia o mesmo alerta, chamar a manutenção.
14. Selecionar “MENU PRINCIPAL”.
15. Selecionar: “ROBT1” / “ROBOT2”.
16. Selecionar: “ROBT 1 POSTO INTERMEDIO” / “ROBOT 2 POSTO INTERMEDIO
17. Verificar se a presença da roda já é detetada.

15. O programa do PC deixa de responder

Procedimento:

1. Detetar o erro: No monitor do PC, surge o aparecimento da indicação: “Esperando Câmara 3D” diversas vezes (figura 29).



2. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
3. Premir “confirmar” na consola.

4. Através da consola seleccionar: “Menu”.
5. Seleccionar: “Editor programa”.
6. Seleccionar: “Depurar”.
7. Seleccionar: “PP a rotina”.
8. Através da seta amarela andar para baixo nos passos de rotina até se chegar 31-36.
9. Seleccionar: “r pontos Home”.
10. Seleccionar: “OK” - Abre a rotina onde irão aparecer 4 Home (1,2,3 e 4).
11. Seleccionar: “Depurar”.
12. Mover as setas para baixo até à linha “Moove ABSJ Degradado”.
13. Seleccionar “Moove ABSJ Degradado”.
14. Seleccionar: “PP A curso”.
15. Premir de forma ligeira o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).
16. Clicar no botão de “passo seguinte” até que o robô chegue á posição degrada e pare.
17. Dirigir-se ao painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
18. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA” sendo que “ILHA LADO ESQUERDO”, corresponde ao “ROBOT 1” e a “ILHA LADO DIREITO” corresponde ao “ROBOT 2”.
19. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “MANU” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “SIM”.
20. Verificar que após o robô estar no modo degradado, o automóvel sai da ilha e passa para o próximo posto de trabalho.
21. Retirar a roda e passa-la para o posto seguinte.
22. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
23. Seleccionar: “ROBOT 1” / “ROBOT 2”.
24. Seleccionar: “BASE R “.
25. Premir o lugar correspondente à roda que foi retirado e seleccionar “Desvalidar base rolante”

26. Definir o número de rodas existentes na pilha.

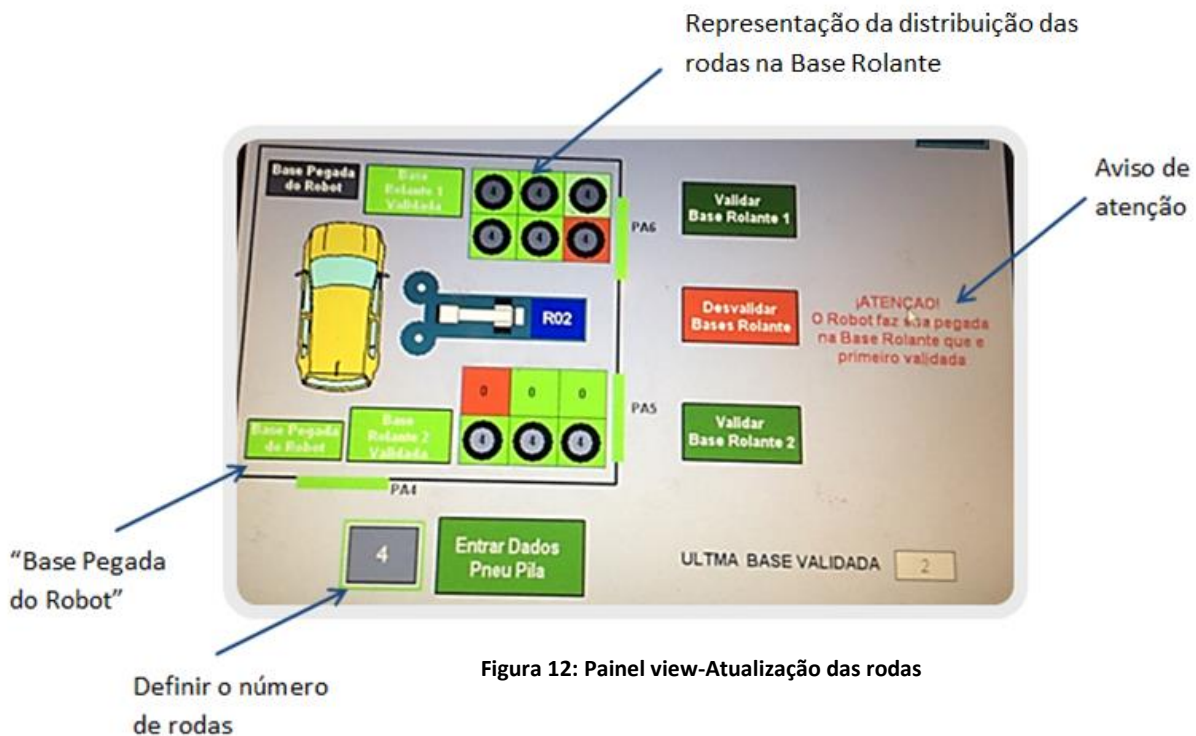


Figura 12: Painel view-Atualização das rodas

27. Fazer:” Validar Base Rolante 1” /” Validar Base Rolante 2”, dependendo da base rolante.

28. Desligar e voltar a reiniciar o programa.

29. caso o programa não responda reiniciar o PC.

30. Esperar a mensagem final ser de “câmaras habilitadas”.

31. Através da consola, movimentar o Joystick até o andon tocar.

32. Selecionar: “Menu”.

33. Selecionar: “Editor de programas”.

34. Fazer: “Depurar”.

35. Selecionar: “PP a rotina”.

36. Clicar no primeiro ponto de exclamação “!”.

37. Premir ligeiramente o dispositivo de ativação (botão lateral da consola).

38. Esperar aparecer na tela da consola: “Espera programa”.

39. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.

40. Premir “confirmar” na consola.

41. Dirigir-se ao painel view, selecionar: “MENU PRINCIPAL”.

42. Selecionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.

43. Escolher o robô em causa e acionar “LADO DIREITO” ou “LADO ESQUERDO” para “AUTO” e “DEGRADADO ROBOT 1” ou “DEGRADADO ROBOT 2” para “NAO”.
44. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
45. Seleccionar: “ALARMAS”.
46. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

16. Falha “Cerca de singularidade”- O Robô deixa de responder

- **Alerta: “Cerca de singularidade”**

Procedimento:

1. Detetar o erro através do surgimento da mensagem “Cerca de singularidade”, na consola.
2. Rodar a chaves para o meio, modo manual.
3. Premir “confirmar” na consola.
4. Na consola seleccionar: “T_ROB1”
5. Seleccionar por cima do cursor:”Move J Pinicio Base”
6. Seleccionar: “ PP A curso”
7. Rodar a chaves para o lado esquerdo, modo automático.
8. Premir “confirmar” na consola.
9. Fazer “ok” na consola.
10. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
11. Seleccionar: “ALARMAS”.
12. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

17. Falha de Dados “Trasvaze”

- Alerta: “Falho Dados Andom para Posto”
- Alerta: “Falho Dados Andom para Robot”

Procedimento:

1. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
2. Seleccionar: “ ILHA DADOS ANDON”
3. Passar “DADOS” para “MANU”
4. Premir “DESVALIDAR DADOS” até ficar de cor verde
5. Seleccionar “DADOS PO1/PO2”
6. Definir o tipo de parafuso, através das setas físicas situadas na lateral do painel
7. Seleccionar “DADOS DISCO”
8. Definir o tipo de disco, através das setas físicas situadas na lateral do painel
9. Seleccionar “DADOS PNEU”
10. Definir o tipo de jante, através das setas físicas situadas na lateral do painel
11. Seleccionar “DADOS P03”
12. Definir se o automóvel tem ou não roda de socorro, através das setas físicas situadas na lateral do painel
13. Aceder ás definições da consola e reduzir a velocidade do robô para 25%.

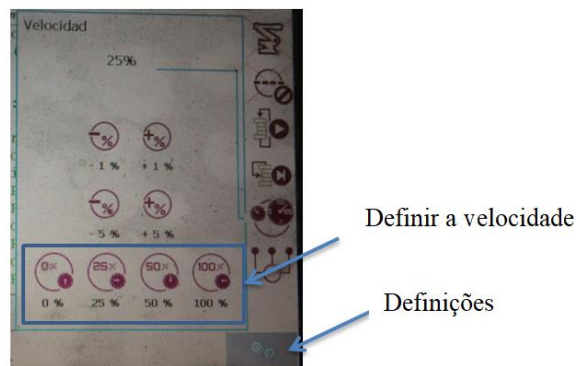


Figura 13: Definir a velocidade

14. No painel view, seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
15. Seleccionar: “ALARMAS”.
16. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô inicie o seu ciclo.
17. Esperar o robô terminar todas as tarefas e o automóvel passar a barreira de saída
18. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
19. Seleccionar: “ ILHA DADOS ANDON”
20. Passar “DADOS” para “ANDON”.
21. Premir os dois botões físicos de: “REARME DEFEITOS” e “RETORNADA CICLO” de forma alternada, até que os erros do robô em causa desaparecem da zona a vermelho e o robô retome o seu ciclo.

18. Evacuador em defeito

1. Garantir que a ilha se encontra totalmente rearmada
2. Aceder ao Painel View.
3. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
4. Seleccionar: “ILHA MODO DE MARCHA”.
5. Escolher o robô em causa e acionar “LADO (DIREITO/ESQUERDO) para “MANU”
6. Seleccionar: “MENU PRINCIPAL”.
7. Seleccionar o posto em causa: “POSTO 4 Evac. Roda (Esq.)” para o robô 1 ou “POSTO 5 Evac. Roda (Dir.)” para o robô 2.
8. Seleccionar:” POSTO 4 MOVIMENTOS” /” POSTO 5 MOVIMENTOS”.
9. Premir “Colocar na origem” até ficar verde.



Figura 14: Painel view-Dados

10. Escolher o robô em causa e acionar “LADO(DIREITO/ESQUERDO) para “AUTO”.
11. Verificar se a luz azul do evacuador apaga e a verde passa a estar ligada, caso essa situação não se verifique, significa que o evacuador tem alguma avaria passando a ser necessário chamar a manutenção.

19. Roda evacuada dianteira

Procedimento:

1. Visualizar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
2. Premir “OK” na consola.
3. Carregar no botão azul: “PEDIDO DE ACESSO”e entrar na zona do robô quando este está numa posição de segurança.
4. Retirar os parafusos que poderão ter ficado no robô.
5. Voltar a rearmar a barreira de segurança
6. Rearmar e retomar o ciclo do robô
7. Esperar o robô colocar a roda traseira e o automóvel passar para o próximo posto.
8. Pedir acesso para abrir a caixa de evacuação
9. Retirar a roda evacuada.
10. Rearmar e retomar o ciclo do robô
11. Levar a roda até ao posto seguinte.

20. Roda evacuada traseira

Procedimento:

1. Visualizar na consola o aparecimento de uma mensagem a pedir para confirmar que não ficaram parafusos no robô.
2. Premir “OK” na consola.
3. Rearmar e Retomar o ciclo do robô
4. Esperar o automóvel subir e passar para o posto seguinte (serve para ganhar tempo de ciclo).
5. Pedir acesso e retirar os parafusos que poderão ter ficado na aparafusadora
6. Pedir acesso para abrir a caixa de evacuação

7. Retirar a roda evacuada.
8. Rearmar e Retomar o ciclo do robô.
9. Levar a roda até ao posto seguinte.