



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

## Gestão de Manutenção em Estação de Tratamento de Águas Residuais

Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em  
Sistemas Industriais

Autor

**Tiago Miguel Lopes da Costa**

Orientador

**Doutor Inácio de Sousa Adelino da Fonseca**



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, março 2024



## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste projeto, perante todas as dificuldades no seu desenvolvimento, representa o final de uma etapa de elevada importância na minha vida. Não posso deixar de agradecer a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para o seu desfecho.

Inicialmente gostaria de agradecer aos meus familiares, por todo o apoio que recebi em todas as fases da minha vida, que foi bastante crucial para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A todos os meus colegas de trabalho, por todo o incentivo, motivação e disponibilidade que me ofereceram ao longo da realização deste projeto.

Ao meu orientador, Professor Inácio Fonseca, por todo o acompanhamento, disponibilidade, preocupação, motivação, incentivo e ajuda ao longo do Projeto e durante o processo de escrita do presente relatório.

Aos três gerentes da CTGA, Doutor Ezequiel China, Engenheiro Filipe Carraco e Engenheiro Vítor Ribeiro, por todo o apoio oferecido e pela oportunidade de realizar o Projeto em parceria com a CTGA.

*Tiago Miguel Lopes da Costa*

## RESUMO

O presente documento surge com o objetivo de apresentar o projeto desenvolvido, inserido no plano curricular do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica com especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais. O documento descreve o trabalho de manutenção desenvolvido na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Espinho pelo Centro Tecnológico de Gestão Ambiental (CTGA), empresa especializada em operação e manutenção de sistemas de tratamento de águas residuais.

A operação em estações de tratamento de águas residuais tem um papel muito importante, pois se for praticada de forma correta, pode evitar anomalias em equipamentos e desta forma reduzir as ações de manutenção, com vista a aumentar a vida útil de cada equipamento.

A manutenção trata-se de um serviço crucial em qualquer setor industrial, devido ao elevado número de equipamentos presentes. Esta garante o bom estado de funcionamento de cada ativo e a operação de cada um em segurança. Em ambiente industrial uma gestão da manutenção eficiente é essencial, desta forma, podem ser reduzidos os tempos de paragens não planeados dos equipamentos, o que irá diminuir os custos associados à produção.

Este projeto foca-se na manutenção de equipamentos eletromecânicos, onde se expõem as principais ações de manutenção desenvolvidas na ETAR de Espinho.

A gestão de manutenção será baseada em dois tipos de manutenção: a manutenção preventiva e a corretiva, sendo que a estratégia será sempre no sentido de evitar que seja necessário intervir a nível corretivo.

No documento são ainda apresentados e descritos os equipamentos de medição usados nas ações de manutenção preventiva e corretiva incluindo-se uma breve descrição e caracterização dos equipamentos eletromecânicos com maior incidência em estações de tratamento de águas residuais.

O presente documento ilustra as atividades de manutenção realizadas na ETAR, com especial atenção à gestão operacional viabilizada por meio do software de manutenção, onde se exemplifica o processo de utilização por ordens de trabalho no software de manutenção, o AQUAMAN. Em complemento são expostas ações de manutenção preventiva sistemática efetuadas a equipamentos e inspeções como termografias e análises de vibrações, visando garantir o bom estado de funcionamento dos equipamentos.

Por último, são exemplificadas intervenções corretivas, desde a fase de diagnóstico até a resolução integral das falhas.

**Palavras-Chave:** Gestão de manutenção, estação de tratamento de águas residuais, ativos, equipamentos eletromecânicos

*Tiago Miguel Lopes da Costa*

## ABSTRACT

The purpose of this document is to present the project developed as part of the curriculum of the Master's Degree in Electrical Engineering with a specialization in Automation and Communications in Industrial Systems. The document describes the maintenance work carried out at the Espinho WWTP (Wastewater Treatment Plant) by CTGA, a company specializing in the operation and maintenance of wastewater treatment systems.

Operation in wastewater treatment plants plays a very important role, because if it is practiced correctly, it can prevent anomalies in equipment and thus reduce maintenance actions, with a view to increasing the useful life of each piece of equipment.

Maintenance is a crucial service in any industrial sector, due to the large number of pieces of equipment present. It ensures that each asset is in good working order and operates safely. In an industrial environment, efficient maintenance management is essential, so that unplanned equipment downtime can be reduced, which will lower the costs associated with production.

This project focuses on the maintenance of electromechanical equipment, where the main maintenance actions carried out at the Espinho WWTP are presented.

Maintenance management will be based on two types of maintenance: preventive and corrective maintenance, and the strategy will always be to avoid the need for corrective intervention.

The document also presents and describes the measuring equipment used in preventive and corrective maintenance actions, including a brief description and characterization of the electromechanical equipment most used in wastewater treatment plants.

This document illustrates the maintenance activities carried out at the WWTP, with special attention to operational management made possible by maintenance software, where the process of using work orders in the maintenance software, AQUAMAN, is exemplified. This is complemented by systematic preventive maintenance actions carried out on equipment and inspections such as thermography and vibration analysis, aimed at ensuring that the equipment is in good working order.

Finally, corrective interventions are exemplified, from the diagnostic phase to the full resolution of faults.

**Keywords:** Maintenance management, wastewater treatment plant, assets, electromechanical equipment



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABELAS .....	xv
ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xvii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Estrutura do Documento.....	2
2 <i>OUTSOURCING</i> .....	3
2.1 Conceito .....	3
2.2 Elementos .....	3
2.3 Processo.....	4
2.4 Motivações .....	5
2.5 Riscos .....	6
2.6 Conclusão.....	7
3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS.....	9
3.1 Fase Líquida.....	11
3.1.1 Tratamento Preliminar .....	11
3.1.2 Tratamento Primário .....	12
3.1.3 Tratamento Secundário .....	13
3.1.4 Tratamento Terciário.....	14
3.2 Fase Sólida.....	14
3.2.1 Espessamento .....	14
3.2.2 Estabilização .....	15
3.2.3 Desidratação .....	17
3.3 Fase Gasosa .....	18
3.3.1 Desodorização .....	18
3.3.2 Cogeração .....	19

3.4	Caracterização da Instalação .....	20
3.4.1	ETAR de Espinho.....	20
3.4.2	Tratamento Fase Líquida .....	21
3.4.3	Tratamento Fase Sólida.....	27
3.4.4	Tratamento Fase Gasosa.....	30
3.5	Conclusão.....	31
4	MANUTENÇÃO .....	33
4.1	Enquadramento Histórico da Manutenção .....	33
4.2	Tipos de Manutenção .....	34
4.3	Manutenção Planeada e Manutenção não Planeada.....	35
4.4	Manutenção Preventiva .....	36
4.4.1	Manutenção Preventiva Sistemática.....	36
4.4.2	Manutenção Preventiva Condicionada.....	36
4.5	Manutenção Corretiva .....	38
4.5.1	Manutenção Corretiva Imediata .....	38
4.5.2	Manutenção Corretiva Diferida.....	39
4.6	Manutenção de Melhoria.....	39
4.7	Níveis de Manutenção .....	39
4.8	Gestão de Manutenção .....	41
4.9	Fiabilidade .....	44
4.10	Gestão de Ativos.....	45
4.11	Conclusão .....	46
5	EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO.....	47
5.1	Pinça Amperimétrica.....	47
5.2	Megaohmímetro.....	48
5.3	Câmara Termográfica.....	49
5.4	Analizador de Vibrações.....	49
5.5	Analizador de Biogás.....	50
5.6	Equipamento Multifunções .....	50
5.7	Conclusão.....	51
6	CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	53
6.1	Motorreductor.....	53
6.1.1	Motor de Indução Trifásico .....	53

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

6.1.2	Redutor de Velocidade .....	54
6.2	Bomba Centrífuga.....	54
6.2.1	Bomba Centrífuga Submersível.....	55
6.2.2	Bomba Multicelular Vertical.....	56
6.2.3	Bomba de Parafuso .....	57
6.3	Agitador Submersível.....	58
6.4	Posto de Transformação .....	59
6.5	Grupo Gerador .....	60
6.6	Conclusão.....	61
7	CASO PRÁTICO DE ESTUDO.....	63
7.1	<i>Software</i> de Gestão de Manutenção .....	63
7.1.1	Pedido de Trabalho.....	64
7.1.2	Ordem de Trabalho .....	67
7.2	Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Análise de Vibrações.....	68
7.2.1	Configuração do Analisador de Vibrações .....	69
7.2.2	Medição com Analisador de Vibrações.....	71
7.2.3	Intervenções de Análise de Vibrações.....	73
7.2.4	Intervenção Parafuso Arquimedes 1 (P1111) .....	76
7.2.5	Intervenção Motorreductor de Arejamento (A3122).....	77
7.2.6	Intervenção Bomba Submersível Elevatória Final (P5214) .....	79
7.2.7	Intervenção Ventilador Sala de Aquecimento de Lamas (K7542).....	80
7.3	Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Análises Termográficas.....	81
7.3.1	Intervenção Posto de Transformação de Entrada .....	82
7.3.2	Intervenção Quadro Elétrico 03.....	83
7.3.3	Intervenção Quadro Elétrico 04.....	84
7.3.4	Intervenção Quadro Elétrico 05.....	85
7.3.5	Intervenção Quadro Geral BT.....	86
7.3.6	Intervenção Quadro Corte Geral .....	87
7.4	Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Medição de Terras .....	88
7.5	Intervenções de Manutenção Preventiva Sistemática.....	89
7.5.1	Agitador submersível.....	90

7.5.2	Bomba submersível.....	90
7.5.3	Arejador de superfície.....	91
7.5.4	Gerador de Emergência .....	91
7.5.5	Posto de Transformação .....	92
7.5.6	Quadros elétricos.....	92
7.5.7	Bomba de parafuso .....	93
7.5.8	Cogerador .....	94
7.6	Intervenções de Manutenção Corretiva .....	94
7.6.1	Intervenção Motor Elétrico SEW .....	94
7.6.2	Intervenção Bomba Submersível EFAFLU .....	97
7.6.3	Intervenção Bomba Multicelular Vertical LOWARA .....	100
7.6.4	Intervenção Agitador Submersível SULZER .....	103
7.6.5	Intervenção Agitador Submersível FLYGT .....	106
7.6.6	Intervenção Parafuso Transportador de Lamas .....	109
7.7	Conclusão.....	111
8	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	113
8.1	Proposta de trabalhos futuros .....	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	115
	ANEXOS.....	121
	Anexo A – Registos de manutenção.....	121
	Folha de pedido de trabalho.....	121
	Folha padrão de registo de manutenção preventiva .....	122
	Folha de registo de manutenção corretiva.....	123
	Folha de registo de horas de funcionamento de um gerador .....	124
	Anexo B – Plano de manutenção preventiva.....	125
	Anexo C – Intervenção por Análise de Vibrações a Parafuso de Arquimedes (P1111) .....	127
	Anexo D – Especificações dos equipamentos intervencionados a nível corretivo .....	144
	Especificações motor elétrico SEW.....	144
	Especificações bomba submersível EFAFLU .....	147
	Especificações bomba multicelular vertical LOWARA .....	149
	Especificações agitador submersível ABS .....	151
	Especificações agitador submersível FLYGT.....	154

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Especificações transportador de lamas desidratadas EASYPOINT .....	163
Anexo E – AQUAMAN.....	164

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos principais de <i>outsourcing</i> .....	3
Figura 2 - Fases de <i>outsourcing</i> [1] .....	4
Figura 3 - Motivações para <i>outsourcing</i> .....	5
Figura 4 - Riscos para <i>outsourcing</i> .....	6
Figura 5 - ETAR de Espinho [8] .....	9
Figura 6 - Processo de tratamento de uma ETAR com valorização energética do biogás [9] .....	10
Figura 7 - Tratamento da fase líquida.....	11
Figura 8 - Fases de remoção tratamento preliminar .....	12
Figura 9 - Tratamento primário .....	12
Figura 10 - Tratamento secundário [13].....	13
Figura 11 - Fase de tratamento sólida.....	14
Figura 12 - Principais tipos de espessamento .....	15
Figura 13 -Principais tipos de estabilização .....	16
Figura 14 - Principais tipos de desidratação .....	17
Figura 15 - Desodorização.....	18
Figura 16 - Processo de cogeração [23].....	19
Figura 17 - ETAR de Espinho[24].....	21
Figura 18 – (A) Parafusos arquimedes; (B) Motorreductor .....	22
Figura 19 – (A) Gradagem manual; (B) Tamisador .....	22
Figura 20 – (A) Desarenação/Desengorduramento; (B) Classificador de areias ....	23
Figura 21 - Agitadores de mistura de cloreto férrico.....	24
Figura 22 - Decantador primário.....	24
Figura 23 – (A) Motorreductor; (B) Turbina de arejamento.....	25
Figura 24 - Decantador secundário.....	26
Figura 25 - Edifício da elevatória final .....	26
Figura 26 – (A) Espessador gravítico; (B) Mesa de espessamento .....	27
Figura 27 – (A) Digestor; (B) Gasómetro.....	28
Figura 28 - (A) Bomba parafuso lamas digeridas; (B) Unidade de preparação de polímero .....	28

Figura 29 - (A) Centrifuga; (B) Motorreductor transporte de lamas; (C) Parafuso helicoidal .....	29
Figura 30 - Silo de armazenamento das lamas .....	30
Figura 31 – Cogrador.....	31
Figura 32 - Tipos de manutenção segundo a norma (NP EN 13306) [26] .....	35
Figura 33 - Níveis de manutenção segundo a norma AFNOR DFX60-000 (2002) [40].....	41
Figura 34 - Processo de sistema por OT padrão .....	44
Figura 35 - Ciclo de vida útil de um ativo.....	46
Figura 36 - Pinça amperimétrica Fluke 376 [43].....	48
Figura 37 - Medidor de resistência de isolamento Fluke 1507 [44] .....	48
Figura 38 - Câmara termográfica Fluke Ti105 [45] .....	49
Figura 39 - Analisador de vibrações Fluke 810 [46].....	50
Figura 40 - Analisador de biogás Geotech [47] .....	50
Figura 41 - Equipamento Multifunções Fluke 1653B [48].....	51
Figura 42 – Constituição de um motor elétrico [54].....	53
Figura 43 - Constituição de um reductor [55].....	54
Figura 44 - Constituição de uma bomba centrífuga [57] .....	55
Figura 45 - Bomba submersível [51].....	56
Figura 46 - Bomba multicelular vertical [58].....	57
Figura 47 - Bomba de parafuso [59] .....	58
Figura 48 - Agitador submersível [60] .....	58
Figura 49 - Esquema de um posto de transformação [62] .....	60
Figura 50 - Constituição de grupo gerador [63].....	61
Figura 51 - Página inicial do <i>software</i> AQUAMAN.....	64
Figura 52 - Menu para criar pedido de trabalho .....	65
Figura 53 - Preenchimento dos campos relativos ao pedido de trabalho destaque n° 1 .....	65
Figura 54 - Destaque n° 2 e respetiva classificação da prioridade de reparação.....	66
Figura 55 - Destaque n° 3 .....	66
Figura 56 - Informação geral da ordem de trabalho gerada .....	67
Figura 57 – Menu “Atuais” .....	67
Figura 58 - Menu “Relatório de avaria” .....	68

Figura 59 - Orientação dos eixos.....	72
Figura 60 - Opções de montagem do sensor [66] .....	72
Figura 61 - Processo de medição vibrométrica em equipamentos [66] .....	73
Figura 62 - Análise vibrométrica ao parafuso de arquimedes n.º 1 .....	77
Figura 63 - Análise vibrométrica ao motorreductor de arejamento .....	78
Figura 64 - Análise vibrométrica de uma bomba submersível da elevatória final... 79	
Figura 65 - Análise vibrométrica a um ventilador.....	81
Figura 66 - Análise termográfica ao posto de transformação de entrada .....	82
Figura 67 - Análise termográfica ao quadro elétrico 03 .....	83
Figura 68 - Análise termográfica ao quadro elétrico 04 .....	84
Figura 69 - Análise termográfica ao quadro elétrico 05 .....	85
Figura 70 - Análise termográfica ao quadro geral de baixa tensão.....	86
Figura 71 - Análise termográfica ao quadro de corte geral.....	87
Figura 72 - Kit de varas [50].....	89
Figura 73 - Ligações para medição da resistência da terra [51].....	89
Figura 74 - (A) Motor elétrico; (B) Chapa de características.....	95
Figura 75 - Estator queimado .....	96
Figura 76 - (A) Corpo da bomba; (B) Voluta; (C) Chapa de características .....	98
Figura 77 - (A) Desgaste no impulsor; (B) Água no interior da bomba; (C) Empanque danificado.....	99
Figura 78 – (A) Bomba multicelular vertical; (B) Chapa de características .....	101
Figura 79 - Conjunto hidráulico danificado .....	102
Figura 80 - (A) Agitador submersível; (B) Chapa de características .....	104
Figura 81 - (A) Empanque de vedação cárter de óleo; (B) Estator queimado.....	104
Figura 82 - (A) Agitador submersível; (B) Chapa de características .....	107
Figura 83 - Empanque e rolamentos danificados.....	107
Figura 84 - (A) Motorreductor; (B) Chapa de características.....	109
Figura 85 - (A) Desgaste no parafuso; (B) Parafuso em boas condições; (C) Placas PEAD com desgaste.....	110

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Técnicas de inspeção e suas aplicações [37] .....	37
Tabela 2 – Descrição dos níveis de manutenção.....	40
Tabela 3 - Indicadores de uma OT segundo norma EN 13460 [26].....	42
Tabela 4 – Grau de severidade do nível de vibração pela norma ISO-10816 [65] .	69
Tabela 5 - Características do motor a inserir no analisador de vibrações [66].....	70
Tabela 6 – Opções para equipamentos de transmissão com acoplamento [66].....	70
Tabela 7 – Opções para equipamento de transmissão sem acoplamento [66] .....	71
Tabela 8 - Lista de equipamento alvo de análise de vibrações.....	73
Tabela 9 - Características do parafuso de arquimedes.....	76
Tabela 10 - Características do motorreductor de arejamento .....	78
Tabela 11 – Características de uma bomba submersível da elevatória final.....	79
Tabela 12 - Características do ventilador .....	80
Tabela 13 - Tabela de análise termográfica usando o critério da diferença de temperatura.....	82
Tabela 14 - Dados termográficos posto de transformação de entrada .....	83
Tabela 15 - Dados termográficos quadro elétrico 03 .....	84
Tabela 16 - Dados termográficos quadro elétrico 04 .....	85
Tabela 17 - Dados termográficos quadro elétrico 05 .....	86
Tabela 18 - Dados termográficos no quadro geral de baixa tensão.....	87
Tabela 19 - Dados termográficos quadro de corte geral.....	88
Tabela 20 - Inspeções a realizar em agitadores submersíveis .....	90
Tabela 21 - Inspeções a realizar em bombas submersíveis .....	90
Tabela 22 - Inspeções a realizar em arejadores de superfície.....	91
Tabela 23 - Inspeções a realizar no gerador de emergência .....	91
Tabela 24 - Inspeções a realizar no PT .....	92
Tabela 25 - Inspeções a realizar em quadros elétricos .....	93
Tabela 26 - Inspeções a realizar em bombas de parafuso .....	93
Tabela 27 - Inspeções a realizar nos cogeneradores .....	94
Tabela 28 - Orçamento para reparação do motor elétrico .....	96
Tabela 29 - Orçamento para novo motor elétrico .....	97

Tabela 30 - Orçamento para reparação de bomba submersível.....	99
Tabela 31 - Orçamento para nova bomba submersível.....	100
Tabela 32 - Orçamento para reparação de bomba multicelular.....	102
Tabela 33 - Orçamento para nova bomba multicelular.....	103
Tabela 34 - Orçamento para reparação do agitador submersível.....	105
Tabela 35 - Orçamento para novo agitador submersível.....	106
Tabela 36 - Orçamento para reparação do agitador submersível.....	108
Tabela 37 - Orçamento para um novo agitador submersível.....	108
Tabela 38 - Orçamento para substituição de peças.....	110
Tabela 39 - Orçamento para novo transportador.....	111
Tabela 40 - Sugestões de Melhoria.....	114

## ABREVIATURAS E SIGLAS

BT	Baixa tensão
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CTGA	Centro Tecnológico de Gestão Ambiental
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
IBM	International Business Machines
kW	kilowatt
MT	Média tensão
OT	Ordem de trabalho
PEAD	Polietileno de alta densidade
PT	Posto de transformação
QCG	Quadro de corte geral
QE	Quadro elétrico
QGBT	Quadro geral de baixa tensão
RPM	Rotações por minuto
UPS	Uninterruptible power supply
UV	Ultravioleta
VEV	Variador eletrónico de velocidade

*Tiago Miguel Lopes da Costa*

# 1 INTRODUÇÃO

O presente documento surge com o objetivo de apresentar o projeto desenvolvido no âmbito da Gestão de Manutenção na ETAR de Espinho, a fim da obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica com especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais.

Atualmente, com a elevada concorrência, os mercados encontram-se cada vez mais competitivos, o que leva as indústrias a reforçar a qualidade dos produtos ou serviços prestados. A manutenção assume um papel de elevada importância neste aspeto, pois tem como finalidade, através de ações de manutenção preventiva ou corretiva, manter os equipamentos em bom funcionamento.

Desta forma o paradigma da manutenção tem vindo a sofrer alterações, a perceção do funcionamento de cada ativo é fundamental, para que os equipamentos e as instalações sejam rentabilizados o máximo possível.

O objetivo deste trabalho consiste em promover uma postura de rentabilização e gestão técnica, adotando estratégias de manutenção adequadas a cada ativo presente na instalação, otimizando os seus custos operacionais, e potenciando a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. A filosofia a implementar tem como objetivo aumentar a vida útil dos equipamentos com o menor custo possível.

O foco principal deste trabalho passa por adotar ações de manutenção preventiva, uma vez que estas apresentam um menor custo de reparação comparativamente com as ações a nível corretivo.

O presente trabalho de Gestão de Manutenção e Ativos foi realizado, como mencionado anteriormente, na ETAR de Espinho, este em regime de *outsourcing*. A equipa de manutenção presente no local é composta por:

- 1 Engenheiro da área de eletrotécnica, eletromecânica ou mecânica;
- 1 Técnico de eletricidade;
- 2 Técnicos eletromecânicos.

A ETAR de Espinho trata-se de uma instalação de grande dimensão a nível industrial, desta forma existe um elevado número de equipamentos, onde são necessárias realizar inúmeras intervenções de manutenção periodicamente. Por forma a tornar este processo organizado e eficiente, é usado um *software* de gestão de manutenção e ativos que possibilita a organização e eficiência de todo o processo de manutenção, com vista a um controlo eficiente de todas as ações realizadas.

## 1.1 Estrutura do Documento

O presente documento encontra-se estruturado por seis capítulos, que demonstram o trabalho desenvolvido ao longo do projeto.

O capítulo 1 apresenta um enquadramento geral ao tema proposto e os principais objetivos que se pretendem alcançar com a sua realização.

No capítulo 2 encontra-se descrito, de uma forma resumida, o conceito de *outsourcing*. Apresentam-se os seus elementos, as fases existentes no processo, são mencionadas algumas das motivações que levam as instituições a optar pelo *outsourcing* e os principais riscos.

No capítulo 3 são explicados os procedimentos numa estação de tratamento de águas residuais, onde são mencionadas as suas três fases de tratamento: líquida, sólida e gasosa. Ainda neste capítulo é realizada uma contextualização da ETAR de Espinho, sendo realizada uma caracterização da instalação e ilustrados os principais equipamentos presentes.

O capítulo 4 é baseado no enquadramento teórico de conceitos de manutenção, sendo mencionado um enquadramento histórico da manutenção e uma breve descrição de cada tipo de manutenção. Neste capítulo serão também descritos os níveis de manutenção segundo a norma AFNOR FDX60-000, descrição de gestão de manutenção, a fiabilidade e a gestão de ativos.

No capítulo 5 é apresentada uma breve descrição dos equipamentos de medição usados nas intervenções de manutenção.

No capítulo 6 é apresentada uma breve descrição e constituição dos equipamentos mais comuns presentes na instalação.

No capítulo 7 é apresentado o caso de estudo efetuado, onde são descritas de forma sucinta as tarefas de manutenção preventiva e corretiva efetuadas pela equipa de manutenção no terreno, com demonstrações fotográficas.

Por último, no oitavo capítulo, são apresentadas as conclusões retiradas do desenvolvimento deste projeto.

## 2 OUTSOURCING

Neste capítulo consta uma breve apresentação do conceito de *outsourcing*, o processo e as suas principais vantagens e desvantagens.

### 2.1 Conceito

O *Outsourcing* é uma estratégia adotada por empresas com objetivo de se destacarem no mercado. A empresa que pratica *Outsourcing* (cliente) tem a necessidade de encontrar uma empresa parceira (fornecedor) que consiga fornecer serviços/produtos, de uma forma eficiente com intuito de melhorar a sua qualidade e produtividade [1].

O *Outsourcing* é uma ferramenta de gestão de empresas, onde o seu principal objetivo passa por melhorar a eficiência e competitividade da atividade que envolve um contrato entre o cliente e o fornecedor [2].

O conceito de *Outsourcing* impõe à empresa subcontratada a gestão operacional a que se comprometeu realizar de acordo com o caderno de encargos [3].

### 2.2 Elementos

Quando estamos perante um caso de *Outsourcing*, existem 3 elementos principais: o cliente, fornecedor e o projeto/serviço (Figura 1).

- Cliente: Trata-se da empresa que vai receber um serviço que será prestado pelo fornecedor.
- Fornecedor: Parte que é contratada pelo cliente (empresa, associação, etc.), que tem a responsabilidade de fornecer o serviço ao cliente, de acordo com o contrato estipulado por ambas as instituições.
- Projeto/Serviço: Trata-se do trabalho a ser realizado pelo fornecedor ao longo da prestação de serviço.

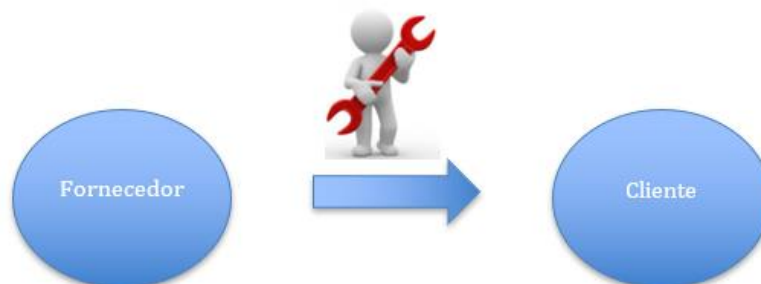


Figura 1 - Elementos principais de *outsourcing*

## 2.3 Processo

O processo de *Outsourcing* é dividido em 5 fases distintas, a preparação, a seleção do fornecedor, a transição, a gestão de parceria e a reconsideração.

Na Figura 2, são mencionadas com mais detalhe cada uma destas fases.

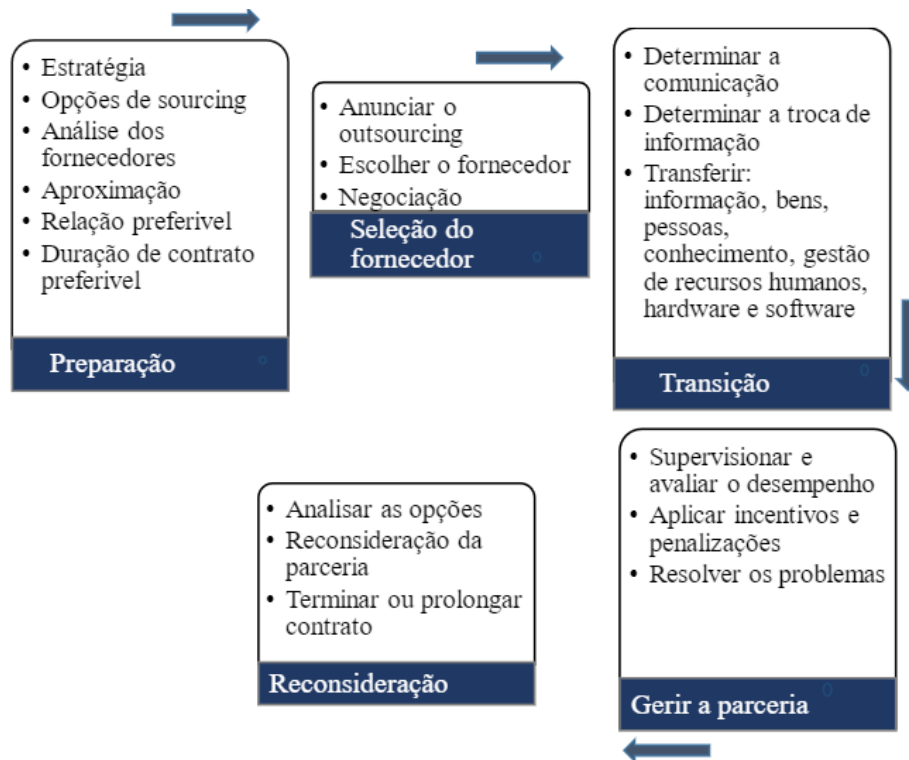


Figura 2 - Fases de *Outsourcing* [1]

Na fase 1, de preparação, é onde as empresas fornecedoras vão determinar se o *Outsourcing* corresponde a uma opção viável para investimento ou não. Nesta primeira fase são estipuladas cláusulas como a duração de contrato, montante associado, entre outras cláusulas.

Na fase 2, de seleção do fornecedor, o cliente vai analisar todas as propostas recebidas por forma a identificar qual dos fornecedores consegue ter uma melhor resposta nos diversos aspetos.

Na fase 3, de transição, já está identificado qual o fornecedor que se diferenciou e ofereceu uma melhor proposta relativamente à sua concorrência. Nesta fase o cliente disponibiliza toda a informação necessária ao fornecedor, para que este consiga dar resposta às exigências. É também debatida a forma de comunicação entre ambas as empresas.

Na fase 4, de gestão de parceria, a empresa fornecedora já se encontra a operar e a trabalhar em função do acordado inicialmente. O cliente nesta fase supervisiona o desempenho na realização das tarefas. Caso esteja indicado no contrato, a empresa

cliente pode atribuir incentivos ou penalizações conforme o desempenho da empresa que opera como fornecedora.

Na fase 5 surge a decisão de renovação ou rescisão do contrato, conforme o desempenho mostrado e a satisfação de ambas as empresas [4].

### 2.4 Motivações

Existem diversas motivações que levam as instituições a optar pelo *outsourcing*, estas variam conforme o sector de atividade de cada empresa. Na Figura 3 são mencionadas as principais motivações que levam as empresas a recorrerem ao *Outsourcing*.

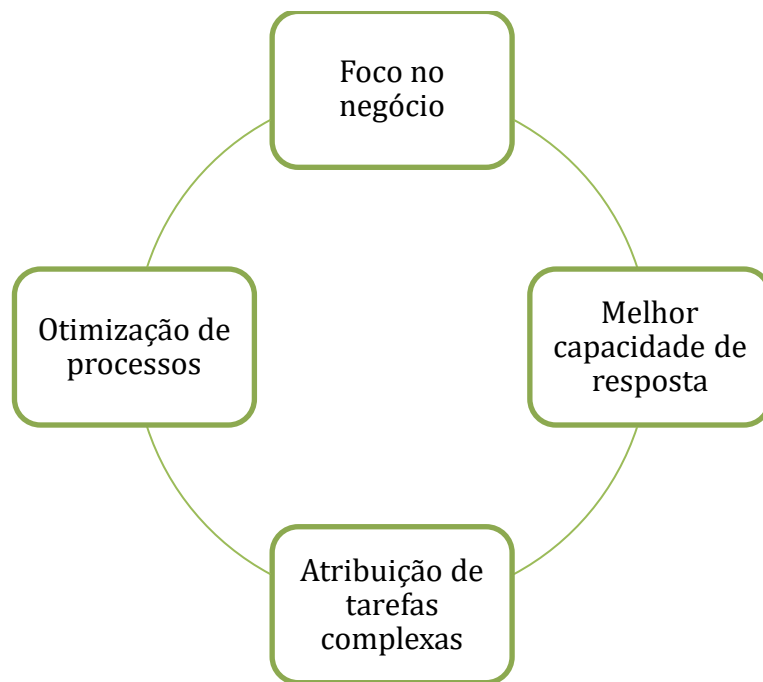


Figura 3 - Motivações para *outsourcing*

- **Foco no negócio:**

O *Outsourcing* permite que as instituições dediquem o seu tempo à sua principal atividade de negócio e assim melhorar a sua qualidade de serviços apresentados ao cliente.

- **Otimização de processos:**

As instituições conseguem obter benefícios, recorrendo a fornecedores externos e com isto otimizar processos internamente.

- **Melhor capacidade de resposta:**

Recorrendo à subcontratação de um fornecedor, a empresa (cliente) consegue obter serviços com maior qualificação, que por vezes não se encontram disponíveis internamente.

- **Atribuição de tarefas complexas:**

Por vezes surgem tarefas com um elevado nível de complexidade, recorrendo ao *Outsourcing*, a empresa (cliente) pode beneficiar e transferi-la para a empresa subcontratada.

## 2.5 Riscos

Apesar de o *Outsourcing* apresentar inúmeros benefícios tal como visto no tópico anterior, existem riscos que não devem ser desconsiderados e que podem prejudicar ambas as instituições [5].

Na Figura 4 ilustram-se os principais riscos relativos ao *Outsourcing*.

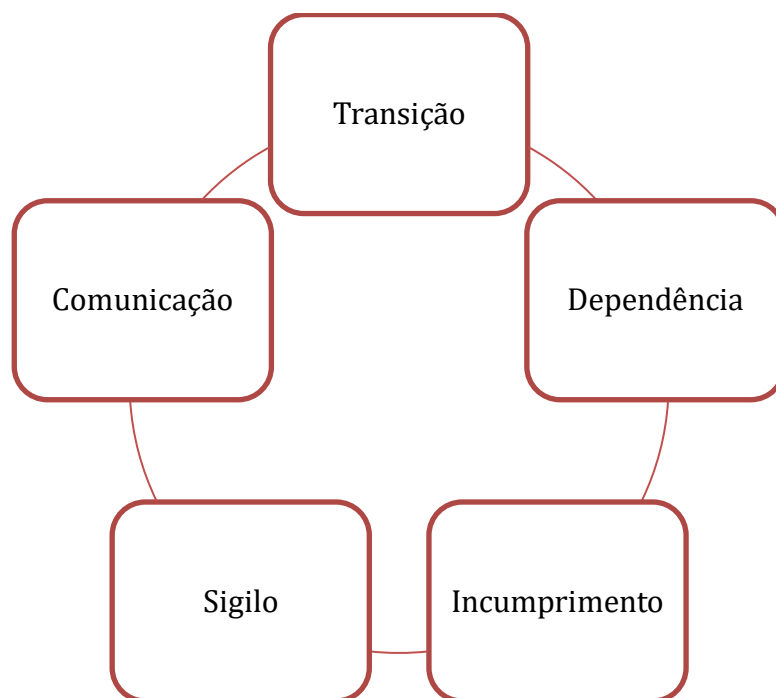


Figura 4 - Riscos para *outsourcing*

- **Transição:**

O primeiro risco que poderá surgir é a transição, que acontece no início do contrato. A adaptação da empresa subcontratada pode ser demorada e com isto vai prejudicar o serviço que tem de prestar ao cliente.

- **Comunicação:**

Ao longo da prestação de serviço podem existir barreiras na comunicação entre ambas as empresas (cliente e subcontratada), tais como: estratégias de gestão de trabalho, organização, prioridade de execução das tarefas a executar, entre outras.

- **Sigilo:**

Com vista a executar as tarefas previstas no contrato, a empresa subcontratada tem acesso a dados do cliente, procedimentos de negócio, entre outras informações confidenciais.

- **Incumprimento:**

Pode surgir um incumprimento por parte da empresa subcontratada na execução das tarefas propostas no contrato. O que acontece por vezes é a empresa subcontratada apresentar um baixo rendimento no trabalho, por falta de conhecimento do negócio ou por se encontrar numa situação económica que prejudique apresentar os recursos necessários para efetuar as tarefas a que se encontra sujeita.

- **Dependência:**

A empresa subcontratada pode tornar-se muito independente e autónoma, sendo que o cliente pode perder algumas valias e ficar dependente da empresa subcontratada. Em fase final de contrato esta dependência pode gerar problemas e a necessidade de o cliente ter de manter a empresa subcontratada.

## **2.6 Conclusão**

Neste capítulo apresentaram-se os aspetos mais relevantes quando se usa o mecanismo de *Outsourcing*, como forma de delegar determinadas tarefas a um fornecedor externo ou de as executar no caso de um fornecedor. A decisão de adotar o *Outsourcing* deve ser ponderada, considerando os seus possíveis benefícios, desafios associados e as metas estratégicas da organização. Uma gestão adequada do relacionamento com os fornecedores é fundamental para garantir o sucesso do *Outsourcing* a longo prazo.



### 3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), trata-se de uma instalação que, tal como o seu nome indica, tem o objetivo de tratar as águas residuais sejam elas de origem doméstica e/ou industrial [6].

As Estações de Tratamento de Águas Residuais apresentam uma grande importância para o bem-estar do meio ambiente. Têm como principal objetivo reduzir a carga poluente das águas residuais para que as mesmas possam ser devolvidas ao meio ambiente em condições seguras [7].

Na Figura 5 exibe-se a ETAR de Espinho, a instalação selecionada para o caso prático de estudo deste projeto.



Figura 5 - ETAR de Espinho [8]

O processo de tratamento de uma ETAR pode-se dividir em 3 grandes grupos com a finalidade de remover substâncias e microrganismos presentes nas águas residuais. As três fases são a fase líquida, fase sólida e fase gasosa sendo que cada uma subdivide-se em vários tratamentos/processos.

- **Fase líquida:**

A fase líquida tem como objetivo satisfazer as exigências impostas na legislação em vigor e devolver as águas tratadas ao meio hídrico.

- **Fase sólida:**

A fase sólida caracteriza-se pelo tratamento dos elementos sólidos separados na fase líquida, de modo a tratar de uma forma adequada os mesmos, sendo esta também conhecida por fase de tratamento de lamas.

- **Fase gasosa:**

Por último, a fase gasosa, traduz-se pelo tratamento dos gases produzidos ao longo de todo o processo anterior, podendo estes serem reaproveitados para a produção de energia elétrica. É também nesta fase gasosa que se dá o tratamento dos odores, a desodorização.

Na Figura 6 observam-se as etapas associadas às três fases de tratamento numa ETAR.

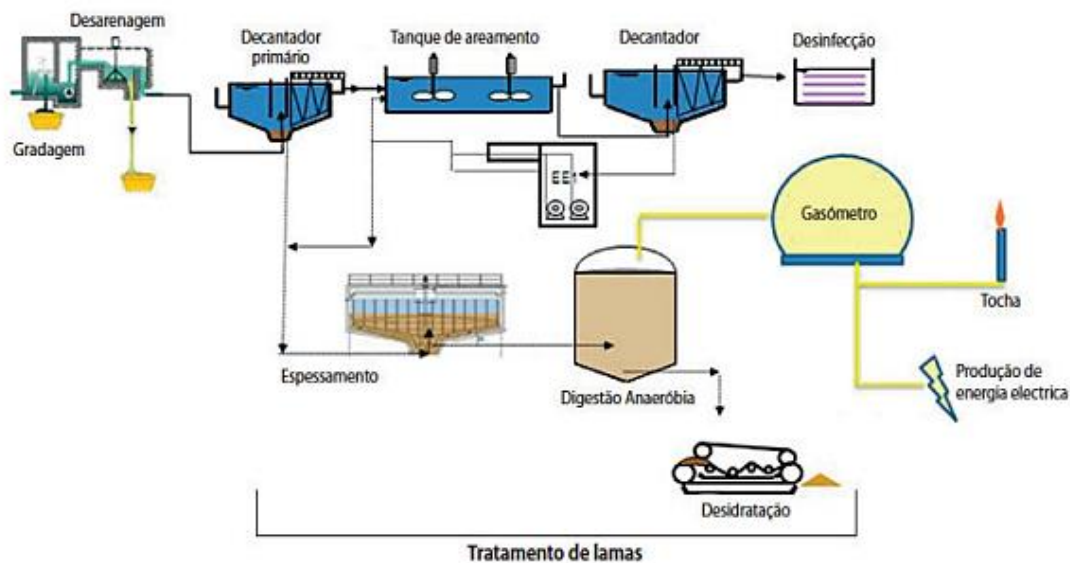


Figura 6 - Processo de tratamento de uma ETAR com valorização energética do biogás [9]

Analisando a Figura 6, verifica-se que a fase líquida é caracterizada pelos processos de tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário.

No tratamento preliminar efetua-se a gradagem, o desarenamento e o desengorduramento. Já o tratamento primário é constituído por decantadores primários, onde ocorre a separação primária de partículas. Por sua vez o tratamento secundário caracteriza-se pela remoção de matéria orgânica biodegradável sendo constituído por um tanque de arejamento e decantador secundário.

O tratamento terciário é o último desta etapa da fase líquida e tem o objetivo de remover os poluentes que não foram removidos nos tratamentos anteriores, através de desinfecção e remoção de nutrientes.

Na fase intermédia encontra-se a fase sólida, que se distingue pelos processos de espessamento, estabilização e desidratação de lamas. Estas últimas são encaminhadas para o seu destino final, no caso para valorização agrícola.

Já a fase gasosa, existente apenas em Etares de grandes dimensões, é caracterizada pelo tratamento de gases que se inicia na digestão anaeróbica (reator anaeróbico), onde a matéria orgânica origina a produção de biogás. Este é posteriormente armazenado no gasómetro podendo entrar como “matéria prima” na produção de energia eléctrica. No caso da produção de biogás ser em quantidade excessiva, parte poderá ser encaminhada para queima e posterior libertação na atmosfera.

### 3.1 Fase Líquida

Na Figura 7 constam as etapas do tratamento de fase líquida mencionadas anteriormente.

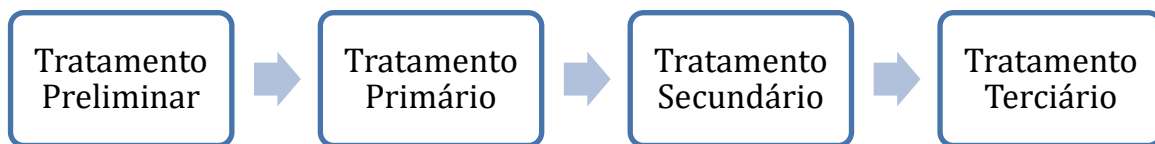


Figura 7 - Tratamento da fase líquida

Nas secções 3.1.1 a 3.1.4 apresenta-se cada um dos tratamentos acima descritas.

#### 3.1.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar sendo a primeira fase do processo, é onde ocorre a entrada das águas residuais.

O objetivo desta fase é a remoção de sólidos, gorduras, areias, entre outros materiais com o recurso a diversos equipamentos eletromecânicos.

Na Figura 8 destacam-se as fases de remoção existentes neste tratamento.

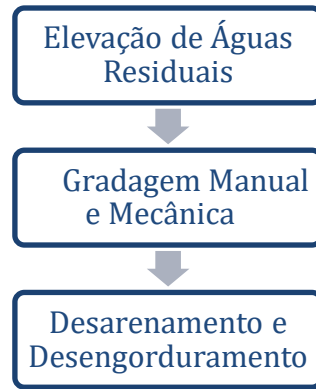


Figura 8 - Fases de remoção tratamento preliminar

Com estas remoções, os equipamentos eletromecânicos presentes nas próximas fases de tratamento deixam de estar sujeitos a estes gradados, e assim aumenta o seu tempo de vida útil [10].

### 3.1.2 Tratamento Primário

Após a primeira fase de tratamento preliminar, as águas residuais ainda apresentam material orgânico e inorgânico dissolvido a par dos sólidos em suspensão [11].

Deste modo passa-se para o tratamento primário com o objetivo de remover os sólidos que se encontram em suspensão e que são facilmente sedimentáveis [12].

No processo de tratamento primário (Figura 9), as águas chegam ao decantador provenientes do tratamento preliminar onde se processa o tratamento de decantação primária. Após a decantação a água clarificada irá para a fase de tratamento seguinte (tratamento secundário), por sua vez as lamas resultantes da decantação seguem para o tratamento de fase sólida e o sólidos em suspensão são retirados para um concentrador de gorduras [7].



Figura 9 - Tratamento primário

### 3.1.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário é a terceira etapa de tratamento de fase líquida e tem como objetivo remover os flocos biológicos que ainda possam existir após o tratamento primário. Este tratamento pode ser assegurado por elementos químicos, no entanto e devido aos custos associados, o mais usual passa pelo processo biológico [12].

O tratamento secundário é composto por ações desenvolvidas em:

- Tanque de lamas ativadas;
- Decantador Secundário.

As águas provenientes do tratamento primário entram no tanque de arejamento onde há a agitação das águas por forma a garantir o oxigénio necessário. De seguida as águas fluem para o decantador secundário, onde ocorre a separação da fase líquida que prossegue para o tratamento terciário e das lamas geradas. Estas escoam para o fundo do decantador e são encaminhadas para a fase sólida ou para o tanque de arejamento através de bombas submersíveis de recirculação de lamas. Esta ação garante a concentração constante de biomassa necessária no tanque de arejamento (Figura 10).

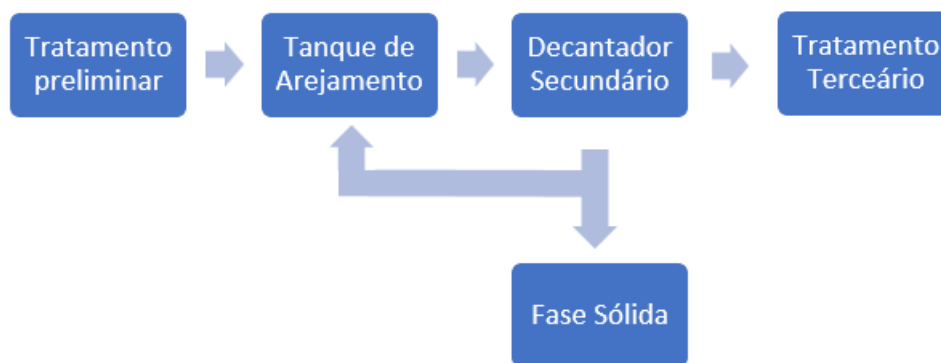


Figura 10 - Tratamento secundário [13]

### 3.1.4 Tratamento Terciário

Na última fase de tratamento da fase líquida o objetivo passa pela desinfecção e remoção dos nutrientes compostos de azoto e fósforo.

Existem várias técnicas para esta desinfecção e remoção, com vista a melhorar a qualidade do efluente, tais como: a cloragem, ozonização e desinfecção por lâmpadas UV [14].

Nesta fase a água é devolvida a rios ou oceanos, enviada por meio de bombeamento ou por gravidade. As águas tratadas podem também ser reutilizadas como água de serviço para sistema de rega ou limpezas na instalação.

## 3.2 Fase Sólida

Os poluentes sólidos provenientes das etapas da fase líquida: tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento secundário, são tratados na etapa da fase sólida [12].

Nesta fase ocorrem as seguintes etapas: espessamento, estabilização e desidratação (Figura 11).



Figura 11 - Fase de tratamento sólida

Nas secções 3.2.1 a 3.2.3 é abordado, de forma detalhada, o funcionamento de cada um destes tratamentos de fase sólida.

### 3.2.1 Espessamento

Nesta fase o principal objetivo passa por aumentar a concentração dos sólidos e reduzir o volume da água existente nas lamas. Reduzindo o volume das lamas a tratar nas etapas seguintes, os custos de operação irão diminuir, e assim existe uma otimização dos processos e desta forma vai otimizar os processos seguintes de digestão de lamas e desidratação.

Apesar de existirem vários processos de espessamento de lamas, os mais comuns são: o espessamento gravítico, espessamento por flotação e o espessamento mecânico (Figura 12).

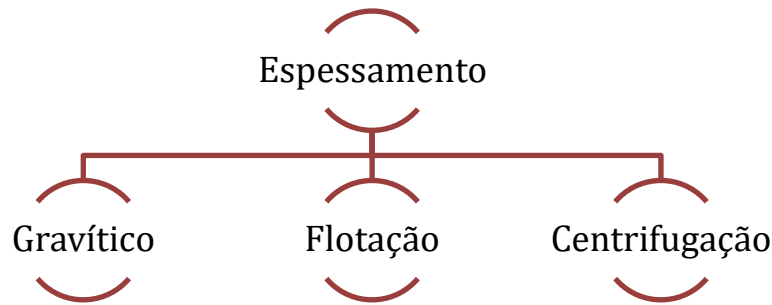


Figura 12 - Principais tipos de espessamento

- **Espessamento gravítico:**

O espessamento gravítico caracteriza-se por deixar as lamas a decantar no tanque circular por ação da gravidade, assim os sólidos sedimentam e há uma separação física da parte sólida e líquida.

- **Espessamento por flotação:**

O espessamento por flotação caracteriza-se pela utilização de ar que dissolvido é libertado e este une-se às partículas de lama, formando uma camada densa na superfície. Esta camada pode ser posteriormente removida. Este tipo de espessamento é bastante eficiente a espessar lamas [15].

- **Espessamento por Centrifugação:**

O espessamento por centrifugação é utilizado com o intuito de espessar e desidratar as lamas de uma forma mais acelerada comparativamente aos processos de decantação [16].

Este tratamento caracteriza-se pela utilização de força centrífuga gerada num tambor rotativo onde são inseridas as lamas a tratar.

Este processo contém custos elevados de operação a nível de manutenção, consumo elétrico elevado, entre outros. Contudo em instalações de grandes dimensões esses custos serão facilmente recuperados devido ao volume de lamas a ser tratado [11].

### 3.2.2 Estabilização

O processo de estabilização tem como principal objetivo assegurar a qualidade do tratamento reduzindo ou eliminando microrganismos patogénicos e odores existentes no tratamento de sólidos numa ETAR [16].

A Figura 13 apresenta os principais tipos de estabilização.

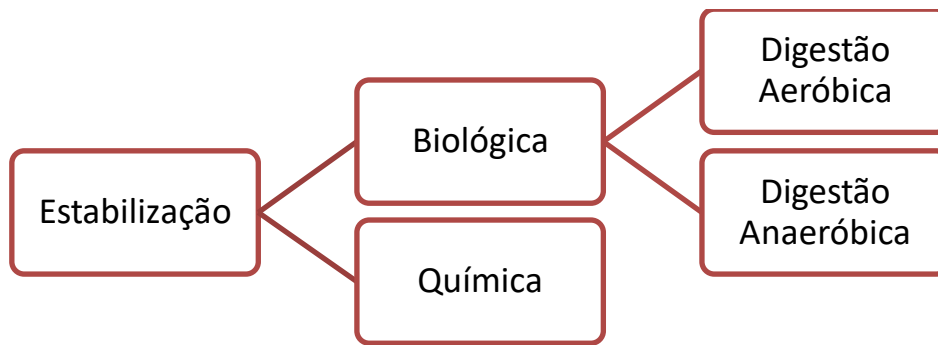


Figura 13 -Principais tipos de estabilização

A estabilização pode ser biológica ou química, sendo que a biológica subdivide-se em digestão aeróbica e anaeróbica.

**Estabilização Biológica:** A estabilização biológica é realizada por digestão, podendo ser anaeróbica ou aeróbica.

O processo de estabilização de lamas por digestão anaeróbica traduz-se pela degradação da matéria orgânica e inorgânica na ausência de oxigénio e consequentemente a produção de energia eléctrica. Desta forma este processo é vantajoso sendo o mais utilizado para sistemas de lamas ativadas [10], [16].

O processo de estabilização por digestão aeróbica distingue-se por oxidação e decomposição da parte orgânica das lamas, por ação da presença de oxigénio ou de microrganismos. Este processo é realizado em tanques em sistema aberto ou fechado e é comum em Etares com capacidade inferior a 20mil m<sup>3</sup>/dia [17], [18].

### **Estabilização Química:**

O processo de estabilização química trata-se de um processo menos utilizado no presente e caracteriza-se pela adição de um produto ou estabilizador químico, que elevaria o pH, evitando assim a produção de odores e a diminuição do risco de existência de espécies patogénicas para o meio ambiente.

Um dos produtos químicos utilizados é por exemplo o óxido de cálcio, mais conhecido por 'cal', por ser um produto alcalino forte e de preço reduzido [19].

### 3.2.3 Desidratação

Após o processo de estabilização, segue-se a desidratação de modo a retirar o máximo de água presente nas lamas provenientes da estabilização. Ao desidratar as lamas, estas podem ser armazenadas em silos para transporte final com custos reduzidos, pelo que este processo tem elevada importância no tratamento [14].

O processo de desidratação pode ser realizado sob duas formas: através de leitos de secagem ou desidratação mecânica, conforme se apresenta na Figura 14.

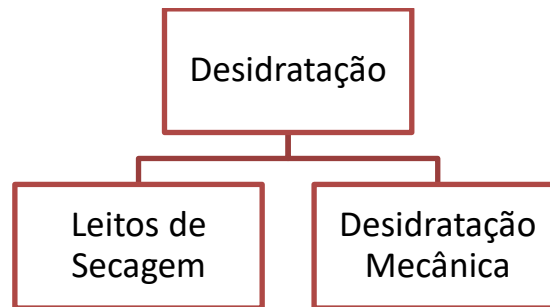


Figura 14 - Principais tipos de desidratação

#### Leitos de Secagem:

Os leitos de secagem são sistemas naturais onde uma camada de lamas é exposta ao ar e sol existindo a evaporação de águas e também a sua drenagem através das camadas inferiores de areia e brita. Trata-se de um processo natural e simples, este é mais utilizado em Etares de pequenas dimensões [18].

#### Desidratação Mecânica:

Os processos mecânicos ajudam a ter uma desidratação mais rápida e eficaz pelo que são processos vantajosos em Etares de grandes dimensões [13]. As suas desvantagens surgem principalmente por custos com desgastes e manutenção de equipamentos. Os processos mecânicos usados são: filtro de banda, filtro de prensa e centrífuga [14].

A desidratação através de Centrífuga é o processo mais utilizado por apresentar alto rendimento, por suportar elevadas cargas hidráulicas e ser de operação simples. A sua eficiência pode ser incrementada também com o recurso a produtos químicos. Já por sua vez apresenta desvantagens de desgaste rápido, elevados consumos elétricos, elevados níveis de ruído, entre outras [20].

### 3.3 Fase Gasosa

A fase gasosa divide-se em dois tratamentos distintos: a cogeração que visa aproveitar os gases produzidos na ETAR para produção de energia elétrica e a desodorização que é responsável pela aspiração de odores para o seu tratamento devido.

Estes dois tratamentos são descritos nas secções 3.3.1 e 3.3.2.

#### 3.3.1 Desodorização

Os sistemas de desodorização são sistemas de ventilação/extração de gases provenientes dos tratamentos anteriores. São geralmente utilizados em ETARES de grandes dimensões devido à sua elevada produção de odores e em ETARES próximas de localidades turísticas para que não seja afetado o turismo local, como é o caso da ETAR de Espinho.

Na Figura 15 estão representadas as etapas de tratamento cujo um dos seus produtos finais são os odores, que seguem para o tratamento de desodorização e assim se garante a qualidade do ar expelido.



Figura 15 - Desodorização

Nesta etapa existe um processo de lavagem química que é responsável pela eliminação de odores que são prejudiciais à nossa saúde. O ar contaminado é encaminhado para as torres de lavagem química, onde o ar contaminado entra em contacto com reagentes químicos (ácidos e bases) com a capacidade para o oxidar e neutralizar. Posteriormente o ar chega à saída da torre isento dos maus odores e é libertado para a atmosfera [6].

### 3.3.2 Cogeração

Através da digestão anaeróbica, existe a produção de biogás. Este trata-se de um biocombustível proveniente de matéria orgânica, sendo por isso considerada uma energia limpa e renovável. Assim é usado no processo para produzir energia elétrica, através de um sistema de cogeração [21].

A composição do biogás depende das condições existentes no digestor anaeróbico e vários fatores podem contribuir para a sua diferença de composição. Estes fatores podem ser tais como: temperatura, pH, humidade, concentração de matéria orgânica, entre outros [22].

Tipicamente o biogás proveniente dos digestores é constituído pelos seguintes compostos químicos:

- Metano ( $\text{CH}_4$ ) – Entre 60% a 75%;
- Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) – Entre 19% a 33%;
- Hidrogénio ( $\text{H}_2$ ), Nitrogénio ( $\text{N}_2$ ), Gás Sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), entre outros – Entre 6% a 7%.

A Figura 16 ilustra o processo de fase gasosa de uma ETAR, com a produção de biogás que posteriormente originará a produção de energia elétrica e térmica.

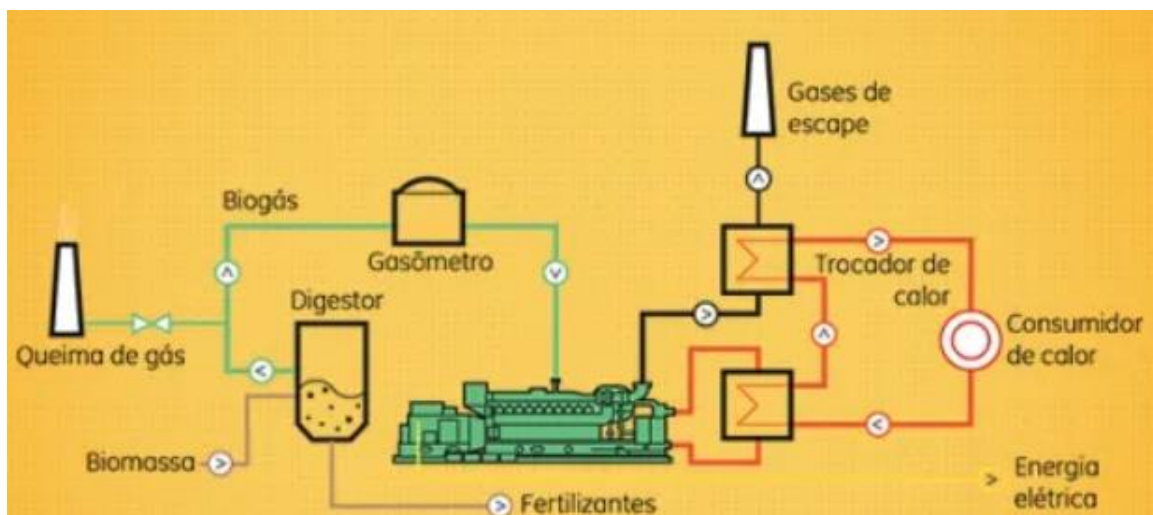


Figura 16 - Processo de cogeração [23]

Numa primeira fase o biogás é produzido no digestor e de seguida é sujeito a um processo de remoção dos contaminantes, que são desfavoráveis ao aproveitamento energético. Depois este biogás é armazenado num gasómetro. Quando o gasómetro se encontra na sua total capacidade, o biogás excedente é queimado na tocha e enviado posteriormente para a atmosfera.

O biogás armazenado é injetado no motor de combustão que ao entrar em funcionamento aciona um motor elétrico que se encontra acoplado a si, este funciona como gerador produzindo energia elétrica. A energia elétrica gerada é posteriormente injetada na rede nacional de distribuição.

Simultaneamente, o motor de combustão produz energia térmica que é utilizada para manter a temperatura adequada dos digestores na produção de biogás.

### **3.4 Caracterização da Instalação**

Neste subcapítulo é contextualizada a instalação da ETAR de Espinho e os seus principais equipamentos eletromecânicos presentes ao longo do processo de tratamento da instalação.

#### **3.4.1 ETAR de Espinho**

A ETAR de Espinho (Figura 17), localizada na freguesia de Paramos, concelho de Espinho, encontra-se em funcionamento desde 1998 e trata as águas residuais do Município de Espinho. Os efluentes tratados a nível secundário são lançados no Oceano Atlântico através de tubagem submarina que se desenvolve perpendicularmente à linha de costa e termina 2 km a oeste do limite da instalação [8].

Em 2007 houve uma ampliação da estação, tendo ficado capacitada para servir um maior número de habitantes. Assim neste momento a ETAR de Espinho recebe e trata perto de 16 mil m<sup>3</sup> diários de efluentes provenientes de cerca de 115 mil habitantes-equivalentes [24].



Figura 17 - ETAR de Espinho[24]

### 3.4.2 Tratamento Fase Líquida

Nesta primeira fase as águas residuais chegam à ETAR e são elevadas através de parafusos de arquimedes, sendo que o nº de parafusos em funcionamento varia conforme o caudal de entrada de águas na instalação.

O parafuso de arquimedes ou bomba de parafuso, é um equipamento eletromecânico que, neste caso, tem como objetivo elevar águas entre dois pontos. Este é constituído por o parafuso em si e um motorreductor (motor elétrico e reductor). O motor elétrico aciona o reductor através de correias e este aciona o parafuso que eleva a água até ao ponto desejado.

A Figura 18 ilustra o trio de parafusos (A) e o seu motorreductor (B).

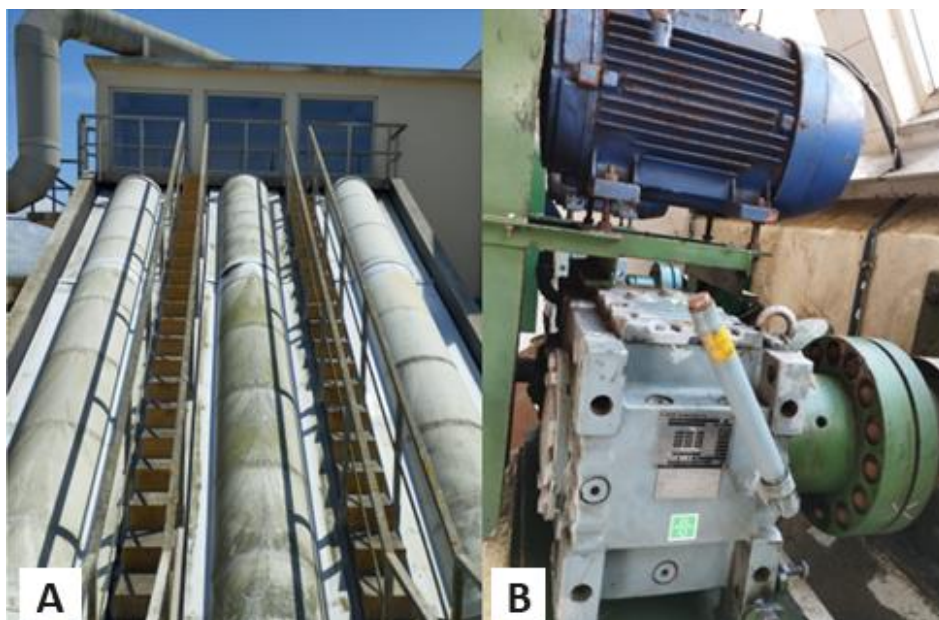


Figura 18 – (A) Parafusos Arquimedes; (B) Motorreductor

Após a elevação das águas, estas passam para a fase de gradagem. A ETAR de Espinho está preparada com 2 tipos de gradagem: a manual através de grades e a mecânica com recurso a 2 tamisadores. Os gradados removidos, tanto na gradagem manual como na gradagem mecânica, são enviados para contentores através de uma bomba de parafuso.

Na Figura 19, observa-se uma das grades onde se acumulam os gradados que são removidos manualmente por operadores da instalação (A) e o tamisador composto por grelhas que são acionadas por motor elétrico (B).

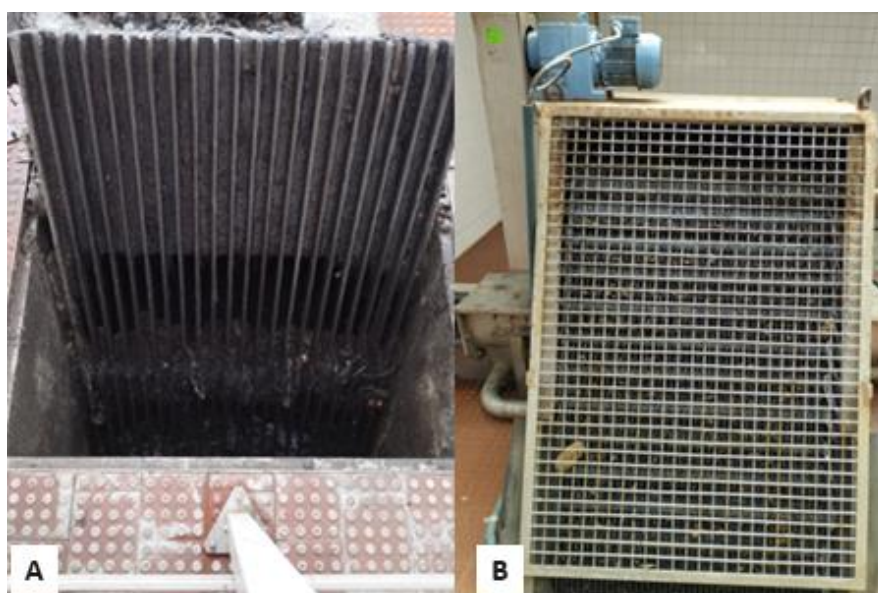


Figura 19 – (A) Gradagem manual; (B) Tamisador

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

De seguida, as águas são enviadas para dois desarenadores onde vai ser efetuada a remoção de areias e gorduras das mesmas.

As areias removidas são enviadas através de bombeamento para um classificador de areias e encaminhadas para destino final. Por outro lado, as gorduras são enviadas para os digestores através de bombeamento por bomba de parafuso.

Na Figura 20 ilustram-se as duas linhas de desarenamento e desengorduramento (A) e o classificador de areias responsável pela extração das areias para o contentor (B).

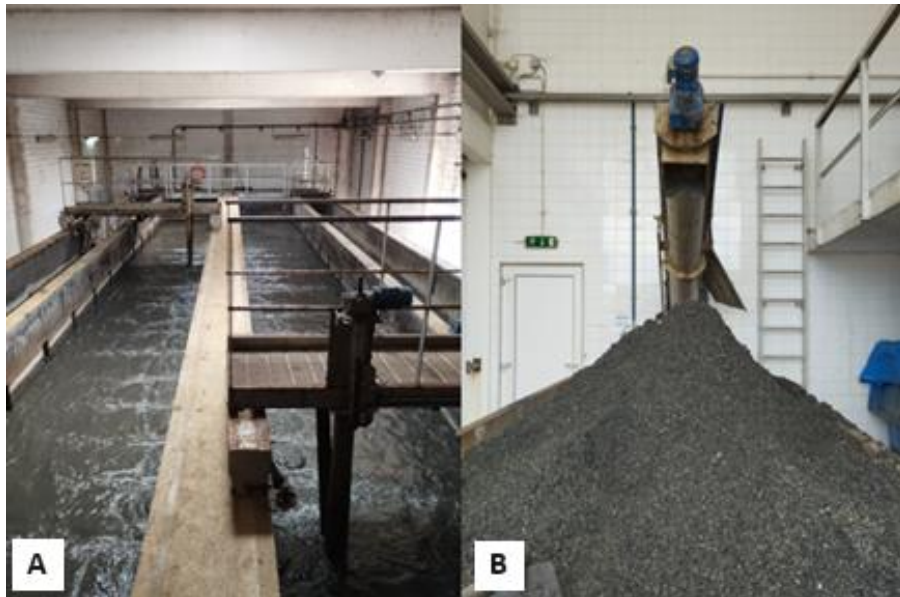


Figura 20 – (A) Desarenação/Desengorduramento; (B) Classificador de areias

Após estes tratamentos, as águas são encaminhadas para um tanque de tratamento físico-químico onde é adicionado um coagulante (cloreto férrico) e um floculante.

Na Figura 21 estão representados 4 motorreductores responsáveis pela mistura do floculante com as águas residuais. Estes motorreductores encontram-se acoplados a turbinas que se encontram submersas nas águas e quando acionadas realizam o trabalho de mistura.



Figura 21 - Agitadores de mistura de cloreto férrico

De seguida, as águas residuais são encaminhadas para a fase de tratamento primário (Figura 22), sendo efetuada a separação do estado sólido e do estado líquido das águas que posteriormente seguem para o tratamento secundário.



Figura 22 - Decantador primário

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Numa primeira fase do tratamento secundário, as águas entram em tanques de arejamento para promover a agitação das águas e consequentemente aumentar o oxigénio presente. A instalação de Espinho está preparada com 3 linhas de arejamento em que cada linha contém 3 arejadores. Os tanques de arejamento estão dotados de motorreductores (A) respetivamente acoplados às turbinas (B). Estes são responsáveis pela agitação das águas.



Figura 23 – (A) Motorreductor; (B) Turbina de arejamento

Após a agitação das lamas nos tanques de arejamento, estas são encaminhadas para os decantadores secundários onde é feita novamente uma separação entre a fase líquida e a fase sólida. As águas resultantes são enviadas para o tratamento terciário, já a maior parte da fase sólida é enviada para o espessamento mecânico. O restante da porção da parte sólida é encaminhada de volta ao tanque de arejamento através de bombas de recirculação, para garantir a concentração de biomassa necessária no tanque.

Na Figura 24, encontra-se um dos decantadores secundários existentes na instalação da ETAR de Espinho.



Figura 24 - Decantador secundário

Posteriormente à decantação secundária, as águas são encaminhadas para uma elevatória final. Esta elevatória tem como objetivo bombear a água para o Oceano, através de 4 bombas submersíveis de alta potência.

Na Figura 25 encontra-se o edifício da elevatória final, responsável pelo envio das águas para o seu destino final.



Figura 25 - Edifício da elevatória final

### 3.4.3 Tratamento Fase Sólida

O primeiro processo do tratamento da fase sólida é o espessamento de lamas. As lamas que provêm do tratamento primário são encaminhadas para os espessadores gravíticos (Figura 26 A), já as lamas vindas do tratamento secundário são encaminhadas para mesas de espessamento mecânico (Figura 26 B).

Após o espessamento de todas as lamas, estas são encaminhadas para o tanque de lamas mistas, onde também são rececionados óleos e gorduras provenientes do tratamento preliminar.



Figura 26 – (A) Espessador gravítico; (B) Mesa de espessamento

De seguida as lamas são encaminhadas para os digestores que promovem a sua degradação. Para que ocorra uma boa degradação, os digestores têm de ter temperaturas entre os 30 a 35°C. Para tal, existem na sala de aquecimento de lamas permutadores de calor que asseguram as temperaturas desejadas.

Por forma a manter as condições de mistura, parte do biogás produzido é reintroduzido no fundo dos digestores por intermédio de 3 compressores. O restante biogás produzido é encaminhado para os gasómetros para o seu devido armazenamento. As lamas por sua vez são encaminhadas para os tanques de lamas digeridas.

A Figura 27 representa um dos digestores existentes na instalação (A) e um dos gasómetros responsáveis pelo armazenamento do biogás (B).



Figura 27 – (A) Digestor; (B) Gasómetro

A última fase do processo de estado sólido é a desidratação de lamas. Neste processo, as lamas são desidratadas através de centrífugas. Assim após o tanque de lamas digeridas, as lamas são encaminhadas para as centrífugas através de bombas de parafuso. Para melhorar o rendimento é colocado polímero no momento de transferência das lamas do tanque para a centrífuga. Este produto é preparado previamente num reservatório.

A Figura 28 ilustra as bombas de parafuso responsáveis pela elevação das lamas digeridas para as centrífugas (A) e a unidade responsável pela preparação de polímero a ser incorporado nas lamas (B).



Figura 28 - (A) Bomba parafuso lamas digeridas; (B) Unidade de preparação de polímero

As lamas digeridas misturadas com o polímero entram nas centrífugas e após o seu tratamento, existe a separação das escorrências das próprias lamas.

A Figura 29 representa uma das centrífugas existentes na sala de desidratação de lamas (A), já (B) e (C) ilustram o motorreductor e o parafuso respetivamente, que são responsáveis pelo transporte das lamas desidratadas quando saem das centrífugas.

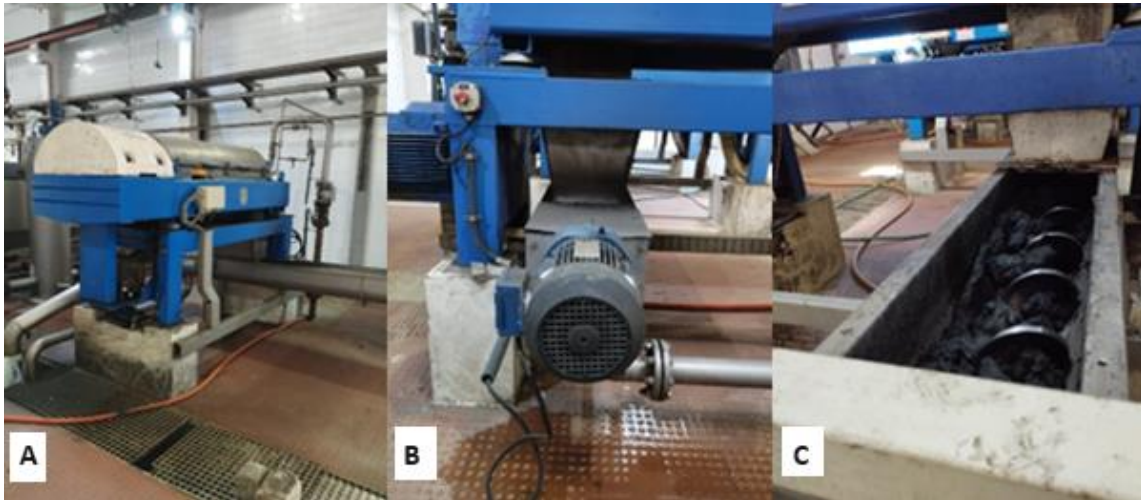


Figura 29 - (A) Centrífuga; (B) Motorreductor transporte de lamas; (C) Parafuso helicoidal

Assim as lamas desidratadas são bombeadas para armazenamento temporário em silo, sendo que posteriormente são transportadas por camiões para o seu destino final.

Na Figura 30 encontra-se representado o silo de armazenamento das lamas desidratadas que se encontra na ETAR de Espinho.



Figura 30 - Silo de armazenamento das lamas

#### **3.4.4 Tratamento Fase Gasosa**

O biogás produzido e armazenado nos gasómetros tem como finalidade servir de combustível para os cogeneradores existentes. Este biogás é previamente sujeito a um processo de remoção das impurezas, sendo de seguida, injetado no motor a combustão originando assim a produção de energia mecânica. Esta energia é convertida e transformada em energia elétrica.

Para além da energia elétrica produzida, os cogeneradores produzem também energia térmica, esta aproveitada e injetada para o aquecimento das lamas da digestão anaeróbica através de permutadores de calor, para que estes possam manter a temperatura necessária no processo.

Na Figura 31 apresenta-se um dos dois grupos de cogeneradores existentes na instalação. Este cogenerador é composto por um motor de combustão com 8 cilindros que estando em funcionamento aciona um motor elétrico a trabalhar como gerador de energia. A energia produzida é injetada na rede elétrica nacional.



Figura 31 – Cogerador

### 3.5 Conclusão

Neste capítulo foram abordadas todas as etapas constituintes do tratamento de águas residuais demonstrando os principais equipamentos intervenientes.

Uma gestão eficaz das águas residuais é essencial para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental, e instalações como a ETAR de Espinho exemplificam esse compromisso.

A caracterização efetuada aos equipamentos presentes na ETAR de Espinho revela a sua importância no tratamento das águas residuais. Cada ativo desempenha um papel crucial para o compromisso da instalação e a sua conformidade ambiental.

Os equipamentos destacados são fundamentais para alcançar os objetivos de tratamento, assegurando a proteção do meio ambiente e da saúde pública.



## 4 MANUTENÇÃO

Manutenção é um conjunto de ações em que o seu principal objetivo é manter os equipamentos em funcionamento pelo menor custo global possível. Podemos definir manutenção, conforme a norma europeia NP EN 13306, como sendo a *“combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão durante o ciclo de vida de um bem, com o objetivo de o manter ou reparar, de forma, a que este consiga realizar a função requerida”*.

Exercer manutenção é realizar ações de lubrificação, limpeza e observação de equipamentos, reparações e melhorias, entre outras, que permitem preservar o estado de cada equipamento, de forma a assegurar a continuidade e qualidade da produção, com vista a uma manutenção eficiente, todo este processo realizado ao menor custo possível [25].

Na fase de conceção de um sistema existem vários fatores a ter em conta para cumprir uma determinada exigência como a: manutibilidade, capacidade de manter, a sua fiabilidade e disponibilidade, capacidade de estar operacional, a sua durabilidade e tempo de vida útil [27].

### 4.1 Enquadramento Histórico da Manutenção

A conservação de instrumentos e ferramentas é uma prática que já existe desde os primórdios da civilização, no entanto, foi nos meados do século XVIII onde surgiram as primeiras máquinas têxteis a vapor a requerer a devida manutenção [28].

Ao longo dos anos as organizações começaram a perceber a importância da manutenção relativamente às evoluções tecnológicas e económicas.

A evolução e aumento dos equipamentos de produção usados na indústria, originou um aumento das solicitações requeridas à manutenção. Esta evolução que foi causada pelo aumento das ocorrências transmitidas pela parte da produção, deu-se de forma repentina e foi caracterizada por quatro gerações distintas [29].

A primeira geração da manutenção, que durou até cerca de meados dos anos 50, ficou caracterizada pela reduzida mecanização, centrando-se assim no trabalho manual. Nesta altura, devido à simplicidade dos mecanismos, a manutenção era considerada uma atividade de pequena importância para o funcionamento da instalação. A prevenção de avarias nos equipamentos não era realizada, sendo que as intervenções efetuadas eram a nível corretivo [30].

A segunda geração da manutenção, que durou até cerca de meados dos anos 70, é marcada pelo clima pós-guerra em que traz uma redução da oferta da mão-de-obra e um aumento na procura de todos os tipos de bens. Devido ao aumento na procura

dos bens e para um aumento da produção, as empresas começaram a investir e a depender do uso de máquinas. O aumento das máquinas exigiu um aumento nos recursos de manutenção, sendo que começou a existir em maior força a manutenção a nível preventivo [30], [31].

A terceira geração da manutenção, que durou até aos anos 2000, nesta geração a produção começou a dar importância à segurança dos seus trabalhadores, ao meio ambiente e à qualidade final do produto fabricado. Esta geração ficou ainda marcada pelas novas metodologias de gestão de manutenção como: monitorização das condições dos equipamentos, estudos de risco, efeitos das falhas, etc. [32].

Na quarta geração, após o ano de 2000, tem-se adotado estratégias para reduzir ao máximo os custos das organizações, através do aumento da fiabilidade dos equipamentos. A monitorização constante das condições de cada equipamento com a inclusão de técnicas de inteligência artificial conduzem a um aperfeiçoamento da manutenção, estas técnicas são de nível preditivo [29], [30].

## **4.2 Tipos de Manutenção**

No século passado surgiam paragens não planeadas dos equipamentos, estas paragens resultavam em despesa. Atualmente por forma a reduzir estes custos associados às paragens, o tempo de paragem dos equipamentos para manutenção é trabalhado e minimizado pela equipa de gestão da manutenção [33].

O principal propósito da manutenção é a prevenção de falhas e avarias, aumentando a disponibilidade e fiabilidade do sistema.

Podemos assumir que existem duas estratégias principais de manutenção. A manutenção reativa, em que o equipamento é intervencionado após a sua avaria podendo esta ser planeada ou não, e a manutenção preventiva em que o seu objetivo é reduzir ao máximo a existência de uma falha no equipamento. A manutenção preventiva tem sido alvo de profunda investigação, com o objetivo de encontrar estratégias adicionais para manter os equipamentos operacionais [34].

A Figura 32 ilustra os tipos de manutenção existentes, segundo a norma NP EN 13306.

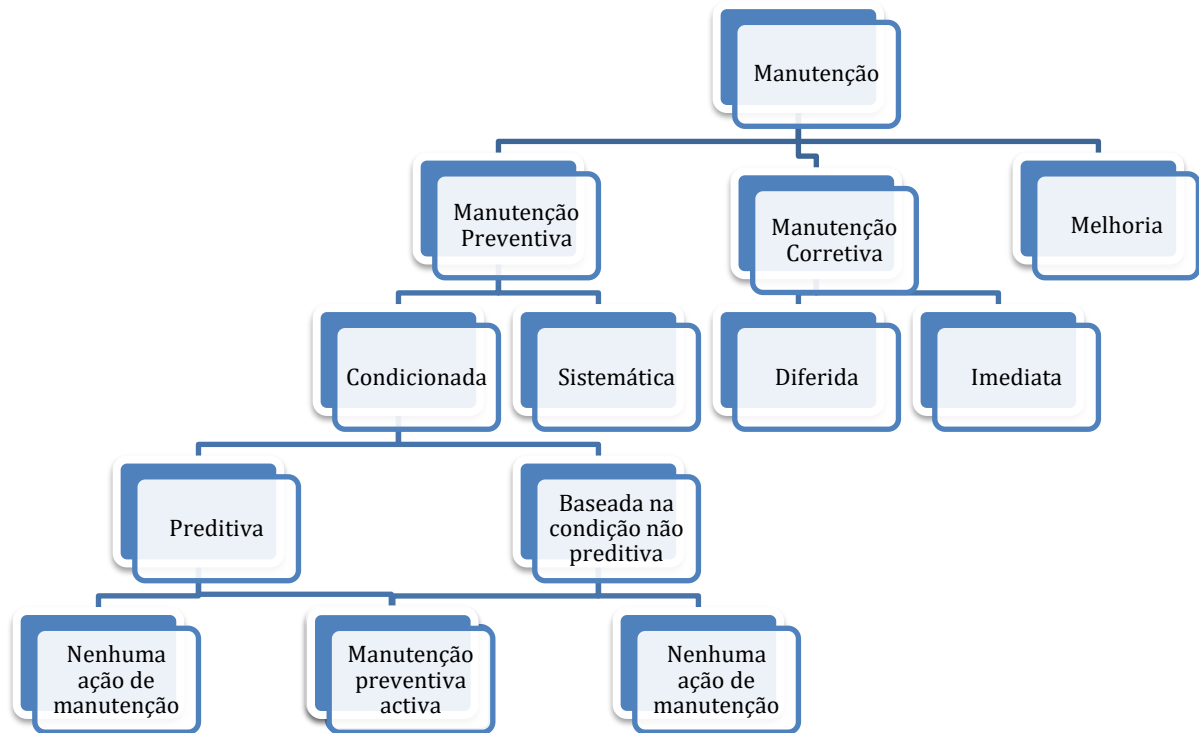


Figura 32 - Tipos de manutenção segundo a norma (NP EN 13306) [26]

### 4.3 Manutenção Planeada e Manutenção não Planeada

Existem duas formas de atuar quando estamos perante uma avaria ou anomalia, estas intervenções de manutenção podem se dividir em duas categorias:

#### **Manutenção planeada:**

Esta ocorre quando existe desgaste num equipamento de forma contínua, ou seja, quando o equipamento começa a apresentar algum tipo de anomalia, mas ainda se consiga manter em funcionamento. Com isto é possível elaborar um planeamento da ação de manutenção a realizar no equipamento [25].

#### **Manutenção não planeada:**

A manutenção não planeada ocorre quando existe uma avaria num equipamento de forma imprevisível, e neste caso como a avaria não era prevista, não existe planeamento para esta intervenção [25].

## 4.4 Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção efetuada a intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.”*.

Esta é planeada e efetuada em intervalos de tempo definidos, com o objetivo de evitar possíveis avarias a nível corretivo e ainda aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos, esta divide-se em dois tipos: manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicionada.

### 4.4.1 Manutenção Preventiva Sistemática

A Manutenção Preventiva Sistemática, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem”*.

Esta é programada e não se realiza qualquer diagnóstico prévio, é efetuada de acordo com a periodicidade preestabelecida. Estas intervenções são baseadas nos manuais técnicos de cada equipamento, face às suas condições normais de funcionamento.

Um caso prático de uma tarefa efetuada em regime de manutenção preventiva sistemática é a realização de lubrificações nos equipamentos, no que diz respeito a mudanças de óleos para os equipamentos existentes [25].

### 4.4.2 Manutenção Preventiva Condicionada

A Manutenção Preventiva Condicionada, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes.”*.

Este tipo de manutenção trata-se de um conceito evoluído relativamente à manutenção preventiva sistemática em que, ao invés de ações de manutenção em intervalos de tempo definidos, teremos ações de inspeção. Desta forma uma ação de manutenção só existe quando se verificar na inspeção alguma anomalia que a justifique [36].

Nestas ações de inspeção procede-se ao controlo sistemático da condição do equipamento através da medição de parâmetros que o caracterizam. Os resultados destas medições são analisados e verificados se estão em conformidade com as condições normais de funcionamento de cada equipamento. Caso não estejam estamos perante uma situação inicial de avaria.

Este tipo de manutenção aplica-se a equipamentos mais críticos existentes, e tem como objetivos principais: aumentar a vida útil dos equipamentos, aumentar a produtividade, baixar o custo de reparação, entre outros.

A deteção de avarias/anomalias pode ser obtida através de vários tipos de inspeção, como: análise de vibrações, análise de partículas/lubrificação, monitorização do desempenho, análise por ultrassons, termografia, inspeção visual, entre outros [25].

Na Tabela 1, constam algumas das técnicas de inspeção usadas em manutenção preventiva condicionada e as suas diversas aplicações.

Tabela 1 - Técnicas de inspeção e suas aplicações [37]

<b>Tecnologias \ Aplicações</b>	<b>Bombas</b>	<b>Motores Eléctricos</b>	<b>Geradores diesel</b>	<b>Disjuntores</b>	<b>Permutadores de calor</b>	<b>Sistemas eléctricos</b>
<b>Análise de vibrações</b>	√	√	√			
<b>Análise de partículas/lubrificação</b>	√	√	√			
<b>Monitorização do desempenho</b>	√	√	√		√	
<b>Análise por ultrassons</b>	√	√	√		√	√
<b>Termografia infravermelha</b>	√	√	√	√	√	√
<b>Inspeção visual</b>	√	√	√	√	√	√

Seguidamente abordam-se as inspeções por análise de vibrações e a termografia, uma vez que vão ser mencionadas na componente experimental.

### **Análise de Vibrações:**

A análise de vibrações é um método de inspeção de elevada importância para avaliação do estado operacional de equipamentos eletromecânicos, com capacidade de identificar, com antecedência, problemas que possam surgir.

Esta técnica baseia-se nas correlações existentes entre as vibrações registadas num dado equipamento e as suas características reais, tornando-se possível detetar qualquer dano existente. Desta forma, a análise de vibrações consiste, de um modo geral, em ouvir o interior do equipamento, descobrir e analisar essas mudanças.

Com a análise de vibrações, conseguimos detetar, por exemplo, se existe algum desequilíbrio, instabilidade, desalinhamento, danos nos rolamentos, folgas, entre outros.

### **Termografia:**

É uma técnica que permite visualizar e medir a energia térmica emitida pelos equipamentos, sendo possível identificar os pontos quentes que estão na origem de anomalias. As câmaras termográficas permitem visualizar imagens térmicas, sendo possível verificar as temperaturas existentes de vários pontos presentes nos equipamentos alvos de inspeção.

Com o uso da termografia é possível identificar anomalias em:

- Sistemas elétricos – Verificar desapertos nas ligações, contactos com oxidação, sobrecargas;
- Isolamentos térmicos – Detecção de anomalias em isolamentos provocados por montagens deficientes;
- Equipamentos mecânicos – Distribuição anormal da temperatura.

## **4.5 Manutenção Corretiva**

A Manutenção Corretiva, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria, e destinada a repor o bem num estado em que possa realizar uma função requerida.”*

A Manutenção Corretiva é executada quando surge uma avaria e destinada a repor o bom funcionamento, num estado no qual a função requerida possa ser cumprida. Esta reúne um conjunto de operações que têm em vista repor em funcionamento um ativo que se encontre em avaria. O objetivo destas operações é, desta forma, a reposição da unidade de produção em funcionamento no menor prazo temporal possível [25].

Esta pode ser classificada em dois tipos distintos: manutenção corretiva diferida e manutenção corretiva imediata.

### **4.5.1 Manutenção Corretiva Imediata**

A Manutenção Corretiva Imediata, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção corretiva que é realizada imediatamente após a deteção de uma falha a fim de evitar consequências inaceitáveis.”*

Este tipo de manutenção é realizada de forma imediata após a deteção da falha, com vista a evitar consequências inaceitáveis ou elevados prejuízos.

#### 4.5.2 Manutenção Corretiva Diferida

A Manutenção Corretiva Diferida não é efetuada imediatamente após a deteção da avaria, sendo retardada de acordo com regras determinadas.

A Manutenção Corretiva reagrupa operações que têm em vista repor em funcionamento um bem avariado no mais curto prazo possível. Embora a norma NP EN 13306 não o refira, existem dois aspetos a ter em conta quando abordamos Manutenção Corretiva, como:

- As **operações paliativas**, que são designadas como reparações provisórias, cujo o seu objetivo é anular a falha existente e recolocar o serviço em funcionamento dentro das suas possibilidades, esta operação não apresenta carácter definitivo [25].
- As **operações curativas**, denominadas por reparações definitivas, têm o objetivo de eliminar a avaria e repor o correto nível de desempenho desejado, esta trata-se da segunda fase da desmanpanagem [25].

#### 4.6 Manutenção de Melhoria

A Manutenção de Melhoria, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“Manutenção em que as atividades de melhoria têm o objetivo de otimizar a segurança de funcionamento de um equipamento, sem que seja modificada a sua função requerida”*.

Podemos considerar a manutenção de melhoria um bom exemplo de engenharia, pois tem como principal objetivo adaptar ou corrigir erros existentes na conceção ou na instalação dos equipamentos. Os investimentos efetuados nestas melhorias, podem tornar o processo mais eficiente, o que pode resultar em ganhos notáveis para a organização que o implementa [39].

#### 4.7 Níveis de Manutenção

Para além dos tipos de manutenção existentes podem considerar-se ainda os níveis de intervenção na manutenção. Estes níveis são definidos com base na complexidade dos trabalhos a executar e na competência necessária a nível técnico da equipa de manutenção, que virá a executar a tarefa.

A norma AFNOR é baseada em cinco níveis de manutenção, na Tabela 2 encontram-se os níveis descritos.

Tabela 2 – Descrição dos níveis de manutenção

Níveis de Manutenção		Executante
<b>Nível 1</b>	Afinações simples previstas pelo construtor por intermédio de componentes acessíveis e que não exista a necessidade de abertura ou desmontagem do equipamento ou troca de consumíveis de fácil substituição como: fusíveis, lâmpadas, etc.	Operador
<b>Nível 2</b>	Afinações simples previstas pelo construtor por intermédio de componentes acessíveis e que não exista a necessidade de abertura ou desmontagem do equipamento ou troca de consumíveis de fácil substituição como: fusíveis, lâmpadas, etc.	Operador com versatilidade ou técnico especializado
<b>Nível 3</b>	Operações que requerem localizações e diagnóstico de avarias, reparações de troca de componentes, reparações mecânicas menores e operações correntes previstas de manutenção preventiva.	Técnico de manutenção com experiência
<b>Nível 4</b>	Trabalhos de elevada importância a nível corretivo e preventivo, exige o domínio de instrumentação utilizados para a manutenção.	Técnico de manutenção especializado
<b>Nível 5</b>	Trabalhos de renovação, construção ou reparações de elevada importância, por vezes, efetuadas em unidades exteriores através de subcontratação.	Técnicos especializados, por vezes externos ou fabricante

Na Figura 33 resumem-se os diferentes níveis de intervenção, conforme consta do original da norma AFNOR FDX60-000 de 2002

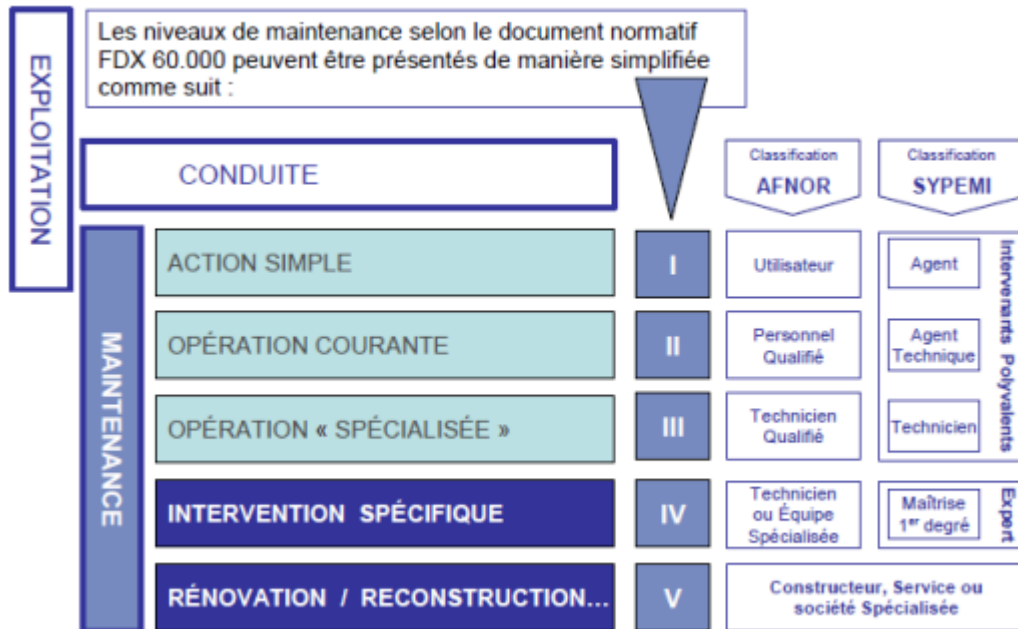


Figura 33 - Níveis de manutenção segundo a norma AFNOR DFX60-000 (2002) [40]

## 4.8 Gestão de Manutenção

A manutenção apresenta uma elevada importância no desempenho de uma organização, pois esta interfere diretamente com a disponibilidade operacional dos equipamentos, a eficiência dos processos e a qualidade existente no produto final.

Para uma gestão eficiente e com qualidade na manutenção é necessário saber gerir os custos de manutenção, ou seja, encontrar o ponto de equilíbrio dos custos associados à manutenção e o retorno do seu investimento.

Um sistema eficiente para a operação e controlo da manutenção é a base para uma estrutura sólida de gestão de manutenção.

O sistema por ordens de trabalho é um meio eficiente para planear e controlar as tarefas de manutenção. Este proporciona a informação necessária para supervisionar e transmitir informação acerca de um determinado trabalho de manutenção [25].

A ordem de trabalho (OT), definida na NP EN 13460<sup>1</sup> (esta norma apresenta a documentação para a manutenção onde se insere aspetos relacionados com a ordem de trabalho), é um documento que apresenta toda a informação referente a uma operação de manutenção.

A ordem de trabalho é o processo existente desde o início até ao fim de uma tarefa de manutenção, esta pode ainda incluir registos do trabalho desenvolvido ao longo

<sup>1</sup> <https://www.ipq.pt/loja/normas/norma/ad5ea560-a4d0-ec11-a7b5-0022489d2b7d/>

do processo como: os recursos previstos e usados (mão de obra, materiais, serviços, entre outros) e os custos associados [25].

Um sistema por ordens de trabalho apresenta bastantes benefícios:

- **Histórico dos ativos:** Com o sistema por ordens de trabalho poderemos verificar todas as intervenções existentes nos diversos ativos e com isto verificar a durabilidade e disponibilidade de cada equipamento. De referir que as consultas de intervenções passadas podem ser importantes para a conclusão de avarias futuras.
- **Custos:** Com este sistema poderemos analisar todos os custos associados a uma intervenção como: mão de obra, materiais usados e meios. Desta forma com todos estes registos pode-se verificar se a reparação de um equipamento se torna viável ou estudar alternativas para uma intervenção com menores custos associados.
- **Segurança no trabalho:** Quando se pretende realizar uma ação de manutenção a primeira fase passa por assegurar que esta é efetuada em segurança e com os devidos equipamentos de proteção. Usando um sistema por ordens de trabalho quando ocorre um acidente de trabalho, este pode ser verificado nos registos de manutenção e desta forma procurar causas e soluções a nível de segurança no trabalho.

Uma OT, segundo a norma EN 13460 pode assumir, de modo detalhado, os seguintes campos, indicados na Tabela 3.

Tabela 3 - Indicadores de uma OT segundo norma EN 13460 [26]

Indicadores	Descrição
Número da OT	Código atribuído a cada OT, este é exclusivo para cada uma das OT's.
Responsável do pedido de trabalho	Nome da pessoa autorizada que é responsável pelos pedidos de trabalho à manutenção.
Data de emissão	Data em que a OT é emitida.
Data de abertura	Data em que se dá início à OT.
Data de fecho	Data em que se completa o trabalho e a OT é fechada.
Localização	Código que corresponde à localização de cada equipamento.
Nº de ativo	Número associado a cada equipamento.

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Indicadores	Descrição
<b>Horas de funcionamento</b>	Parâmetro que pode ser introduzido, que indica a utilização de cada equipamento.
<b>Tipo de manutenção</b>	Código relativo a cada atividade de manutenção efetuada.
<b>Prioridade</b>	Número indicado para informar qual a urgência de intervenção relativa a cada OT.
<b>Frequência</b>	Tempo entre serviços de manutenção em operações cíclicas.
<b>Estimativa de recursos</b>	Quantidade de recursos necessários para a finalização da OT.
<b>Lista de verificações</b>	Lista de tópicos a inspecionar numa ação de manutenção.
<b>Falha</b>	Motivo pela qual foi gerada uma OT.
<b>Componente em falha</b>	Elemento que se encontra em anomalia e provocou a criação de um pedido de trabalho.
<b>Causa da falha</b>	Motivo pelo qual um ativo entrou em avaria, segundo o diagnóstico efetuado pelo técnico de manutenção.
<b>Descrição da intervenção</b>	Explicação do trabalho efetuado para a realização da OT.
<b>Horas de mão de obra</b>	Tempo total de trabalho gasto para a execução da OT.
<b>Tipo de mão de obra</b>	Categoria ou especialidade do técnico que executa o trabalho de manutenção.
<b>Quantidade de Sobressalentes</b>	Quantidade de cada elemento em <i>stock</i> usado no desenvolvimento da OT.
<b>Mão de obra externa</b>	Quantidade total de fornecedores contratados externamente para desenvolver trabalhos necessários para a execução de uma OT.
<b>Sobressalentes externos</b>	Todos os sobressalentes externos fornecidos para o desenvolvimento da OT

A Figura 34 apresenta um fluxograma com os passos desde o pedido referente a um trabalho, a sua decisão (aceite ou recusa) da OT e a sua respetiva conclusão.

O processo é iniciado por um elemento responsável pelo local de trabalho e enviado para a equipa de manutenção, que fica responsável pelo seguimento da OT até à sua conclusão.

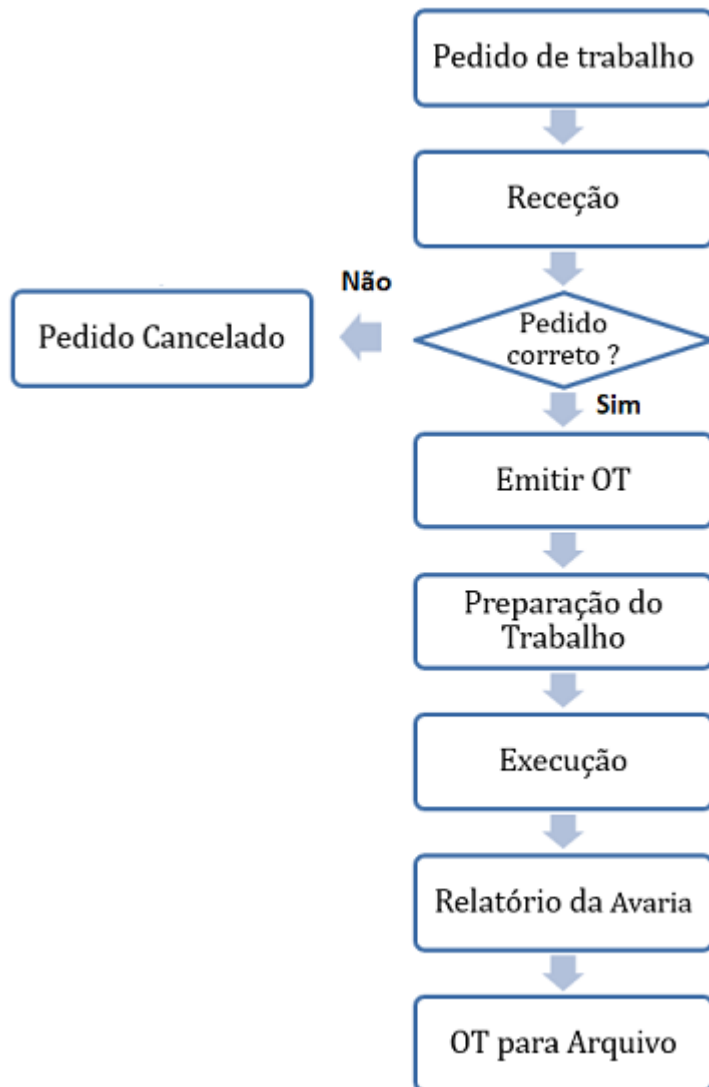


Figura 34 - Processo de sistema por OT padrão

## 4.9 Fiabilidade

Ao longo dos últimos anos tem surgido um aumento da atenção aos aspetos relativos à produção, utilização e manutenção dos equipamentos.

Atualmente existe um grande empenho, por parte da engenharia, em aumentar o tempo de funcionamento dos equipamentos sem que existam falhas. Ou seja, tem existido uma grande preocupação com o aumento da fiabilidade nos equipamentos [41].

A Fiabilidade, segundo a norma NP EN 13306, é definida por: *“A aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”*.

Um bem, segundo a norma NP EN 13306, trata-se de qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional ou sistema que pode ser considerado de forma singular.

A falha e a avaria são dois aspetos bastante importantes a ter em consideração para a Manutenção. Sendo que quando existe uma falha, esta irá originar uma avaria. Segundo a norma NP EN 13306, a falha é considerada como uma ocorrência e a avaria como um estado.

A equipa de manutenção tem a responsabilidade de encontrar o ponto de equilíbrio que permita manter no melhor estado possível os equipamentos existentes e no maior tempo de vida útil possível.

### 4.10 Gestão de Ativos

Nos dias de hoje é cada vez mais importante existir a consciencialização de que os ativos geridos pelas empresas, nomeadamente, os equipamentos e as instalações devem ser rentabilizados ao máximo. Para promover esta postura de rentabilização, a gestão técnica e operacional deverá adotar estratégias de manutenção adequadas a cada tipo de processo e instalação, otimizando os seus custos operacionais, maximizando a fiabilidade e a disponibilidade dos seus ativos.

Um ativo, segundo a norma ISO 55000<sup>2</sup> (esta estabelece os princípios e requisitos para a gestão de ativos) é definido como: *“um item, coisa ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização”*. A gestão de ativos é definida na mesma norma como: *“atividades coordenadas de uma organização para realizar valor dos ativos”*.

O ciclo de vida de um ativo consiste, por ordem, em: aquisição, comissionamento, arranque, operação e abate.

Na Figura 35 ilustra-se o ciclo de vida de um ativo.

---

<sup>2</sup> <https://www.ipq.pt/loja/normas/norma/66b8f32a-d9ce-ec11-a7b5-0022489d2218/>

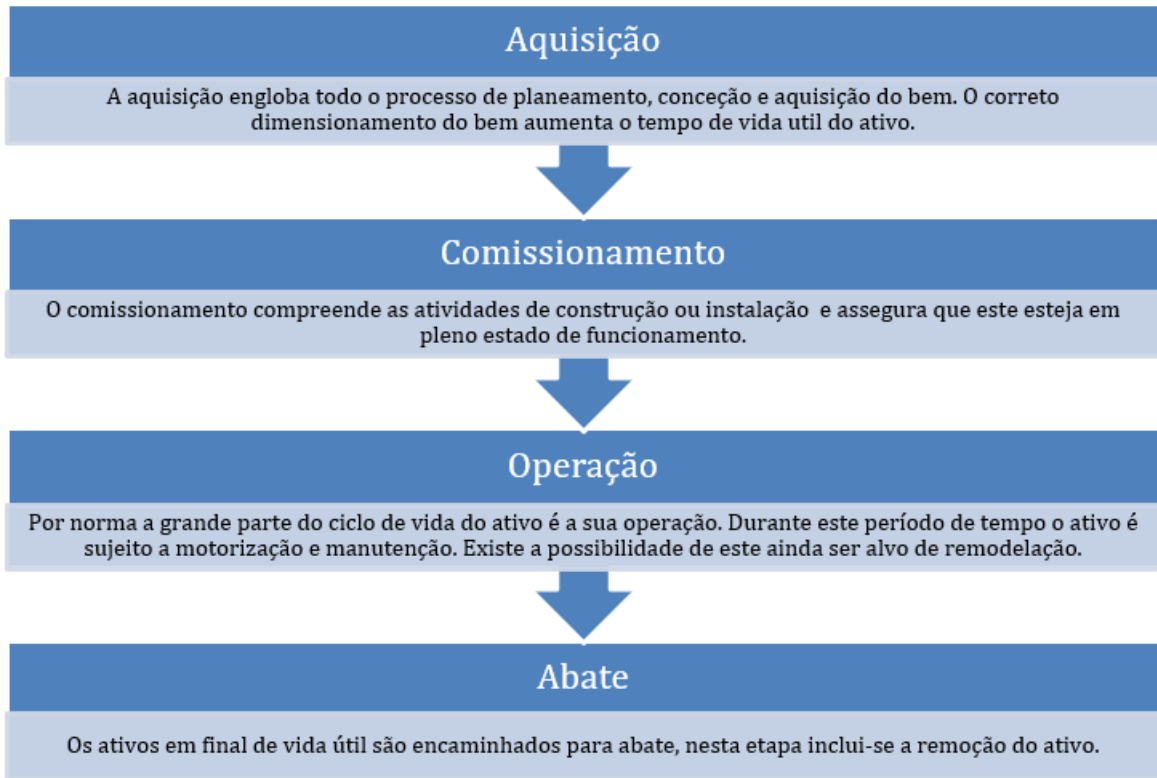


Figura 35 - Ciclo de vida útil de um ativo

## 4.11 Conclusão

Neste capítulo foram apresentados conceitos importantes relativamente à manutenção, onde se identificou os tipos de manutenção, noções de gestão de manutenção, fiabilidade de equipamentos, gestão de ativos, entre outros conceitos de elevada importância para que se possa exercer manutenção de uma forma competente e eficaz.

Ao longo deste capítulo foi explorado o conceito e a importância da manutenção. Desde o seu enquadramento até à sua eficiente gestão, foram analisados os diversos tipos e níveis de manutenção, visando a sua importância para garantir a operacionalidade e fiabilidade dos ativos. Através de uma abordagem sistemática, destaca-se a necessidade de uma gestão eficaz, incluindo a elaboração de ordens de trabalho que permitam uma intervenção adequada e oportuna.

Este capítulo proporcionou uma base sólida para compreender a complexidade e a importância da manutenção no contexto operacional e estratégico de uma organização.

## 5 EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

Os equipamentos de medição são ferramentas indispensáveis para a realização de intervenções de manutenção, seja a nível preventivo ou corretivo.

Com o uso destes torna-se mais fácil avaliar o estado de qualquer equipamento que tenha de ser intervencionado. Estes equipamentos de medição usados nas intervenções necessitam de ser calibrados periodicamente por entidades habilitadas para esse efeito.

Neste capítulo são apresentados os principais equipamentos de medição usados nas rotinas de manutenção industrial na ETAR, descritos no capítulo 3, seção 3.4.

### 5.1 Pinça Amperimétrica

A pinça usada nas diversas ações de manutenção é a Pinça amperimétrica corrente alternada (CA)/corrente contínua (CC) True-rms com iFlex™ Fluke 376 (Figura 36). Com esta é possível medir corrente e tensão CA de valor eficaz, tensão e corrente CC, resistência, continuidade, entre outros [42].

O seu uso, embora seja simples e de fácil implementação, permite-nos identificar o estado de funcionamento dos equipamentos. Comparando os valores obtidos nas medições com os existentes nas chapas de características de cada equipamento, é possível detetar as seguintes anomalias:

- Sobrecarga do equipamento;
- Desequilíbrios entre as fases;
- Sobredimensionamento/subdimensionamento da proteção térmica, etc.

Este método de diagnóstico aplica-se a todos os equipamentos elétricos e eletromecânicos como: bombas, atuadores, baterias de condensadores, UPS, motores elétricos, Q.E., entre outros.



Figura 36 - Pinça amperimétrica Fluke 376 [43]

## 5.2 Megaohmímetro

O megaohmímetro usado nas diversas intervenções de manutenção é o Fluke 1507 (Figura 37). Com este é possível medir a resistência de isolamento fase-fase e fase-terra, tensão CA e tensão CC.

Com o uso deste equipamento conseguimos verificar o estado de isolamento de equipamentos como bombas submersíveis e motores elétricos.



Figura 37 - Medidor de resistência de isolamento Fluke 1507 [44]

### 5.3 Câmara Termográfica

A câmara usada nas intervenções de manutenção preventiva é a câmara termográfica Fluke Ti105 (Figura 38). A sua utilização tem como principal objetivo a deteção de energia térmica emitida pelos objetos.

Trata-se de um método bastante eficiente, pois prematuramente, é possível detetar uma libertação de calor anormal num determinado componente elétrico ou mecânico, com isto é possível planear intervenções para efetuar ajustes ou correções antes que o equipamento entre em falha. A análise termográfica permite:

- Efetuar medições sem contato físico com a instalação;
- Verificar equipamentos em pleno funcionamento;
- Inspeccionar um elevado número de equipamentos num curto espaço de tempo, devido ao seu elevado rendimento.



Figura 38 - Câmara termográfica Fluke Ti105 [45]

### 5.4 Analisador de Vibrações

O analisador de vibrações usado nas intervenções de manutenção preventiva é o Fluke 810 (Figura 39). O seu objetivo, como o nome indica, é analisar as vibrações existentes em cada equipamento.

Com base nesta análise de vibrações, conseguimos detetar se existe desequilíbrio, componentes frouxos, instabilidade, desalinhamentos, folgas, danos nos rolamentos, entre outros.

Além do diagnóstico exato, o analisador informa-nos sobre o grau de urgência de intervenção em cada equipamento analisado.



Figura 39 - Analisador de vibrações Fluke 810 [46]

## 5.5 Analisador de Biogás

O analisador de biogás, da marca Geotech, (Figura 40) é usado em intervenções de manutenção preventiva e o seu objetivo é verificar instantaneamente os valores percentuais de cada constituinte. Trata-se de um equipamento imprescindível para o correto funcionamento dos Cogeneradores.



Figura 40 - Analisador de biogás Geotech [47]

## 5.6 Equipamento Multifunções

O equipamento multifunções Fluke 1653B (Figura 41), é usado para inúmeras funções como: medição da resistência de isolamento, medição de resistência, resistência do eletrodo à terra, sequência de fase, entre outras.



Figura 41 - Equipamento Multifunções Fluke 1653B [48]

## 5.7 Conclusão

Este capítulo descreve, de uma forma resumida, os principais equipamentos de medição (ferramentas de trabalho) utilizados no âmbito de ações de manutenção realizadas para o caso em estudo.

Os equipamentos de medição usados nas ações de manutenção, como câmara termográfica, analisador de vibrações, pinça amperimétrica, analisador de biogás, megaohmímetro e o equipamento multifunções, desempenham papéis de extrema importância para garantir a eficiência e segurança dos sistemas industriais. Estes têm a capacidade de identificar problemas elétricos e mecânicos, permitindo que sejam tomadas medidas de manutenção preventivas, e desta forma evitando a manutenção corretiva.

O uso adequado destes equipamentos de medição permite aumentar a disponibilidade operacional, aumentar a vida útil e reduzir custos de manutenção, o que torna estes equipamentos fundamentais para manutenções industriais eficazes.



## 6 CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

No presente capítulo é apresentada uma breve descrição dos equipamentos que surgem com maior incidência numa ETAR.

### 6.1 Motorreductor

Um motorreductor é composto por um motor elétrico e um reductor de velocidade, trata-se de um equipamento com diversas aplicações a nível industrial.

Nas secções 6.1.1 e 6.1.2 são descritos ambos os elementos que constituem o motorreductor (motor elétrico e reductor de velocidade).

#### 6.1.1 Motor de Indução Trifásico

O motor de indução é atualmente o equipamento mais usado na indústria, constitui cerca de 90% dos motores utilizados. É uma máquina robusta, de fácil construção, com um custo acessível comparativamente com outros tipos de motor e simplicidade de manutenção. Os motores de indução podem ser monofásicos ou trifásicos [53].

A Figura 42 apresenta a constituição de um motor elétrico trifásico.

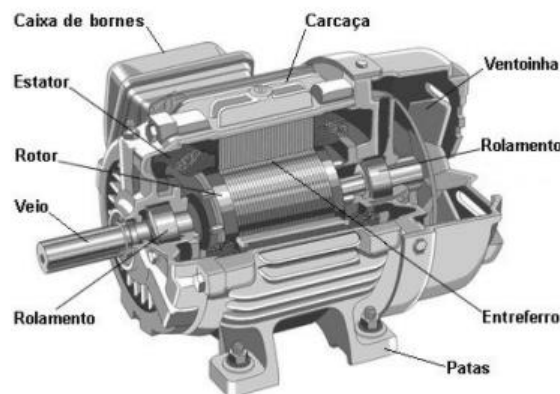


Figura 42 - Constituição de um motor elétrico [54]

Relativamente aos constituintes que se verificam na Figura 42, os motores elétricos detêm dois elementos fundamentais para o seu funcionamento, onde ocorrem os principais fenómenos eletromagnéticos, sendo estes: o rotor e o estator, também designados respetivamente por indutor e induzido [54].

### 6.1.2 Redutor de Velocidade

Podemos definir um redutor de velocidade como um conjunto de engrenagens que operam dentro de uma caixa metálica, designada de carcaça. Por norma os redutores são acionados por motores elétricos.

Estes equipamentos são utilizados quando se pretende diminuir a velocidade da rotação e aumentar o binário.

Existem diversos tipos de redutores: de engrenagens helicoidais, engrenagens helicoidais de eixos paralelos, de engrenagens cónicas, de rosca sem-fim, entre outros [55].

A Figura 43 ilustra os componentes básicos de um redutor de velocidade.



Figura 43 - Constituição de um redutor [55]

### 6.2 Bomba Centrífuga

Uma bomba centrífuga é composta por um motor elétrico e um conjunto hidráulico, define-se como um conversor de energia mecânica em energia hidrostática, ou seja, pressão e caudal.

Estas bombas necessitam que lhes seja transmitido um movimento de rotação, este é obtido a partir de um motor, que pode ser elétrico ou de combustão. Em cada rotação a bomba aspira um determinado volume de líquido, através de um mecanismo de vácuo que depende do tipo de bomba [56].

As bombas centrífugas podem apresentar-se de duas formas distintas: bomba e conjunto hidráulico juntos num só equipamento ou então motor e conjunto hidráulico separados.

Na Figura 44 apresenta-se a constituição de uma bomba centrífuga.

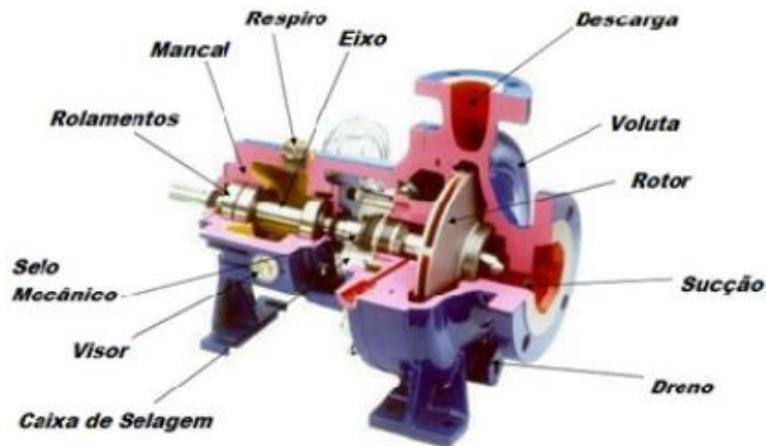


Figura 44 - Constituição de uma bomba centrífuga [57]

Dos elementos acima referidos, os principais são:

- Impulsor ou rotor – composto por pás, é acoplado ao motor elétrico que faz com que as pás girem a alta velocidade e provocam a transformação da energia mecânica em energia cinética e gravitacional.
- Voluta - responsável pela contenção da água, promovendo assim a transformação de energia cinética em gravitacional.
- Veio - responsável pela entrada em movimento do impulsor.
- Selo mecânico - este é responsável pela vedação dinâmica do conjunto hidráulico.
- Rolamento – tem como objetivo transmitir um movimento de rotação controlado entre um eixo e outros elementos.

Nas secções 6.2.1, 6.2.2 e 6.2.3 são abordados os tipos de bombas com maior abundância na ETAR de Espinho.

### 6.2.1 Bomba Centrífuga Submersível

Esta bomba submersível é muito semelhante à demonstrada na secção 6.2, mas apresenta-se a trabalhar na vertical. Na parte superior do corpo da bomba, ilustra-se a parte elétrica onde surgem: rotor, rolamentos, estator, entre outros componentes.

Na parte inferior é onde consta o conjunto hidráulico composto por: impulsor, voluta, flange de sucção e flange de descarga.

Na Figura 45 ilustra-se uma bomba centrífuga submersível vertical, trata-se de um dos equipamentos com maior existência em ETARES.

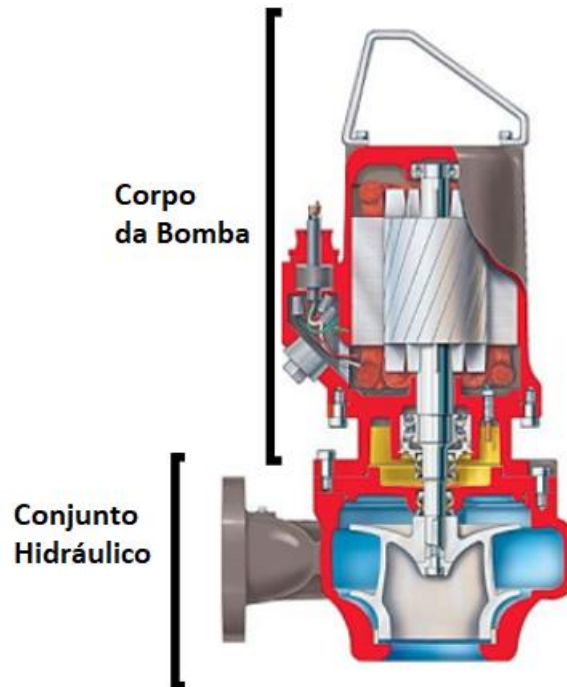


Figura 45 - Bomba submersível [51]

### 6.2.2 Bomba Multicelular Vertical

Esta bomba também é composta pelo motor elétrico que se acopla ao conjunto hidráulico. As diferenças comparativamente a uma bomba submersível é que (1) para além desta trabalhar fora de água, o motor e o conjunto hidráulico são separados sendo estes acoplados e (2) devido ao número de impulsores que são vários nesta bomba.

Na parte superior encontra-se o motor elétrico, e de seguida o acoplamento que faz a transmissão para o conjunto hidráulico. O conjunto hidráulico é composto por vários impulsores interligados.

Na Figura 46 ilustra-se uma bomba multicelular vertical bastante usada em ETARES em água de serviço, sistemas de rega, abastecimento a centrífugas, entre outras funções.

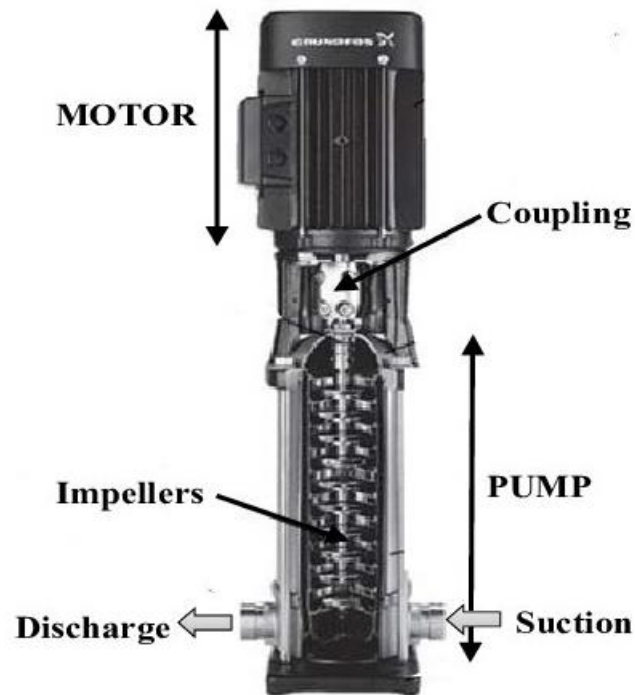


Figura 46 - Bomba multicelular vertical [58]

### 6.2.3 Bomba de Parafuso

Uma bomba é acionada por um motor elétrico, este é responsável pelo trabalho desenvolvido no bombeamento efetuado pela parte hidráulica da bomba. A parte hidráulica é composta por: flange de sucção, fole, estator, rotor e flange de descarga. Este tipo de bomba é bastante usado para bombeamento de fluidos como: polímero, lamas desidratadas, entre outros fluidos.

A Figura 47 ilustra a constituição de uma bomba de parafuso.

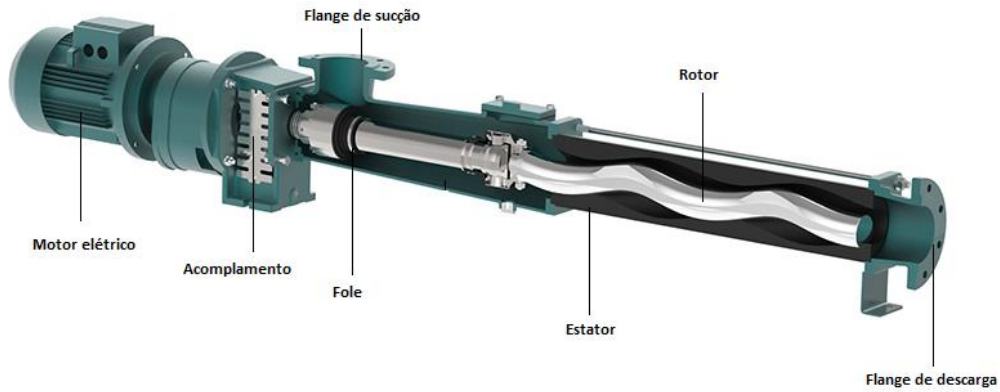


Figura 47 - Bomba de parafuso [59]

### 6.3 Agitador Submersível

Um agitador submersível é um equipamento eletromecânico que é bastante usado para a agitação de fluidos em sistemas de águas como: águas residuais, lamas, entre outros.



Figura 48 - Agitador submersível [60]

Na Figura 48 ilustra-se a constituição de um agitador submersível, sendo estes:

- **Suporte:** Os agitadores submersíveis normalmente são fixos numa guia, o suporte é o elemento necessário para a sua fixação.

- **Corpo do agitador:** O corpo do agitador é a componente elétrica do equipamento, nesta encontra-se presente o estator e o rotor, estes responsáveis pela entrada do agitador em trabalho.
- **Hélice:** A hélice é o elemento responsável pelo trabalho e agitação, esta hélice encontra-se acoplada ao rotor, entra em movimento assim que a parte elétrica seja energizada.

## 6.4 Posto de Transformação

Um posto de transformação tem a função de transformar a energia elétrica de níveis de tensão elevados (15 ou 30kV) para baixa tensão (400V), esta utilizada pelo consumidor final.

Os postos de transformação são responsáveis por executar, visando a segurança fiabilidade e flexibilidade, as seguintes funções:

- **Seccionadores:** são equipamentos destinados a interromper ou estabelecer a continuidade de um circuito. Estes não apresentam poder de corte garantido, desta forma, não devem ser manobrados em carga;
- **Interruptores:** são equipamentos com duas posições (aberto ou fechado), estes são destinados a ligar ou desligar um circuito em carga, dotados com poder de corte;
- **Fusíveis:** São equipamentos de proteção contra curto-circuitos, sobrecargas e sobreaquecimentos;
- **Transformador:** Trata-se do principal equipamento usado num PT, este é responsável por modificar os valores de tensão e corrente elétrica, mantendo a sua potência elétrica [61].

A Figura 49 ilustra o esquema geral de um posto de transformação desde a sua entrada em média tensão até à distribuição nos quadros parciais de baixa tensão.

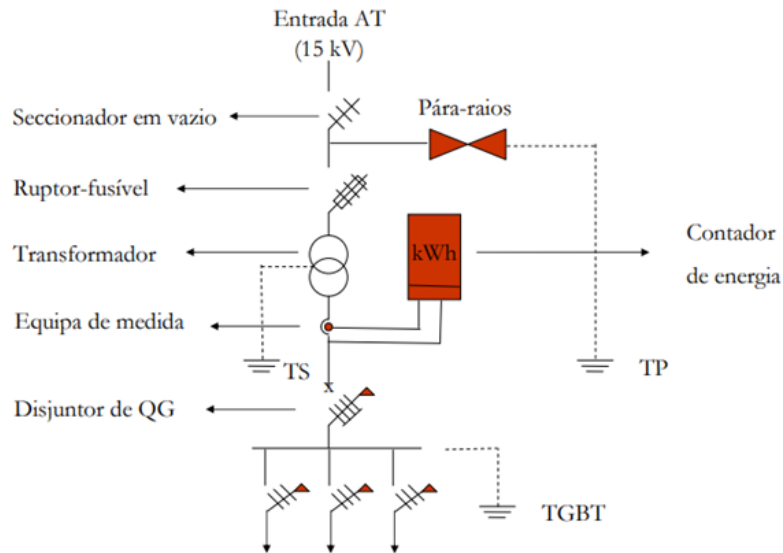


Figura 49 - Esquema de um posto de transformação [62]

## 6.5 Grupo Gerador

Um grupo gerador é um equipamento que converte energia mecânica em energia elétrica. Estes equipamentos são muito usados em situações de emergência, onde o seu principal objetivo é disponibilizar energia elétrica sempre que exista indisponibilidade elétrica vinda da rede.

Estes geradores são constituídos por um motor de combustão e um alternador. O motor de combustão entrando em funcionamento vai acionar o alternador para produção de energia elétrica. A energia produzida pode ser usada nos equipamentos com necessidade extrema de funcionamento.

Este tipo de equipamento é muito usado em hospitais, clínicas, unidades industriais, entre outros.

Na Figura 50 apresenta-se a constituição de um grupo gerador.



Figura 50 - Constituição de grupo gerador [63]

## 6.6 Conclusão

No presente capítulo foram apresentados os equipamentos que surgem em maior abundância numa ETAR e que foram alvo de manutenções realizadas durante o decorrer dos trabalhos.

Neste capítulo foram abordados os principais equipamentos elétricos e eletromecânicos de uma estação de tratamento de águas residuais, como bombas (submersíveis, multicelulares e de parafuso), motores elétricos, redutores, agitadores, posto de transformação e gerador. Cada um desempenha um papel fundamental no processo de tratamento e a compreensão de cada um é essencial para adotar estratégias eficazes de manutenção.

Podemos concluir que, compreender a constituição e funcionamento dos equipamentos é essencial para facilitar na sua manutenção. Isto permite implementar estratégias de manutenção adequadas, garantindo o eficiente e correto estado de funcionamento de todos os equipamentos.



## 7 CASO PRÁTICO DE ESTUDO

Com a evolução das tecnologias ao longo dos últimos anos existe a necessidade de aumentar a eficiência no processo de gestão de manutenção desta forma adotou-se o uso do *software* de gestão de manutenção da IBM, o AQUAMAN. Os procedimentos de atuação com o *software* são referidos na secção 7.1.

A manutenção preventiva, como o próprio nome sugere, consiste num trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a paragem ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação. Trata-se de uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha, ou seja, é o conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando evitar ou reduzir a probabilidade da ocorrência de avarias.

Como já referido anteriormente esta tipologia de manutenção subdivide-se em dois tipos de manutenção: manutenção preventiva condicionada (secção 7.2 e 7.3) e manutenção preventiva sistemática (secção 7.4).

Em complemento à manutenção preventiva, que é a mais importante e a que garante uma maior longevidade e fiabilidade dos equipamentos e das instalações, teremos a Manutenção Corretiva (secção 7.5).

### 7.1 Software de Gestão de Manutenção

O *software* de apoio aos trabalhos a realizar na ETAR de Espinho é o AQUAMAN, contribui para o aumento da eficiência dos processos de manutenção e garante, simultaneamente, uma significativa redução de custos [64].

Este *software* permite:

- Solução de manutenção abrangente na gestão de trabalho planeado (manutenção preventiva e preditiva) e não planeado (manutenção corretiva e ocasional), de longo e de curto prazo;
- Interliga a atividade de manutenção com outras áreas relevantes, como a financeira (contabilidade de custos e registo), a logística (compras e gestão de armazém) e os recursos alocados;
- Permite, da forma mais económica possível, manter ou restabelecer um bem num determinado estado específico ou assegurar um determinado serviço.

A Figura 51 ilustra a página inicial do *software*, onde é possível visualizar os menus na lateral esquerda relativos a: pedidos de trabalho, ordens de trabalho,

ativos/localizações e manutenção preventiva. Na parte central observa-se o quadro de mensagens, lista dos pedidos de trabalho e a lista de ordens de trabalho.

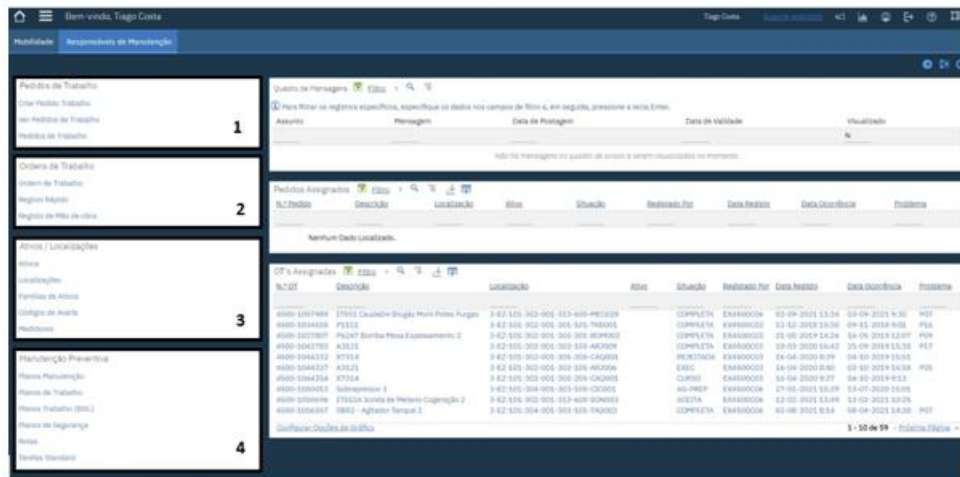


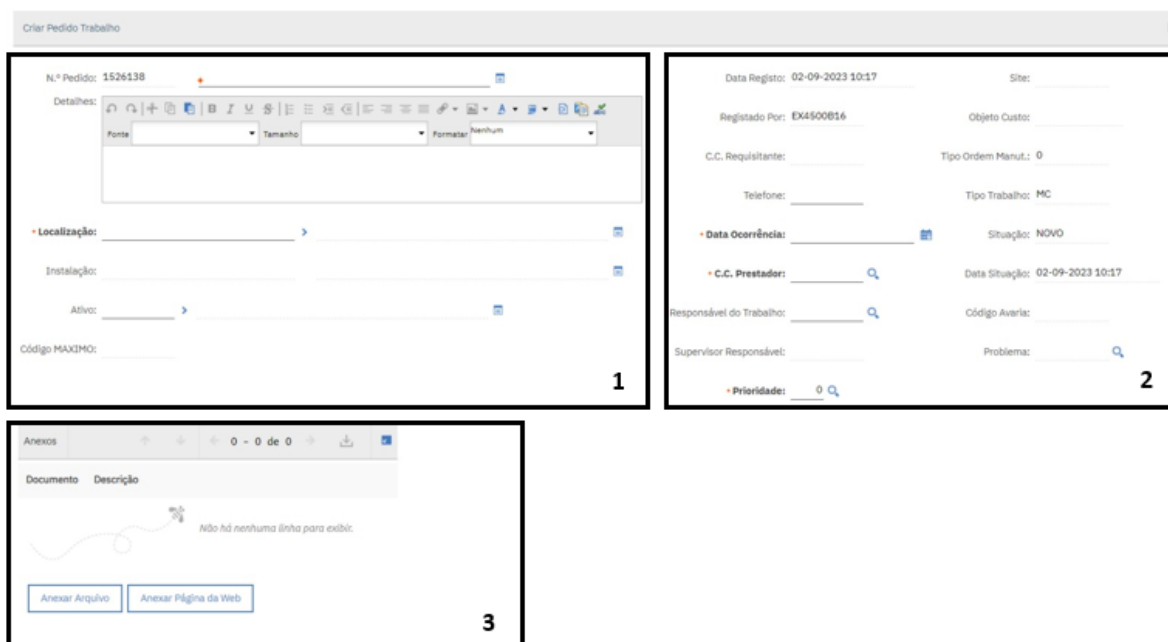
Figura 51 - Página inicial do *software* AQUAMAN

### 7.1.1 Pedido de Trabalho

Para a criação de um pedido de trabalho é necessário selecionar no menu lateral a opção de “criar um pedido de trabalho” (Figura 51 coluna 1)

Entrando no pedido, surge uma página com os campos a preencher, relativo ao pedido de trabalho (Figura 52).

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

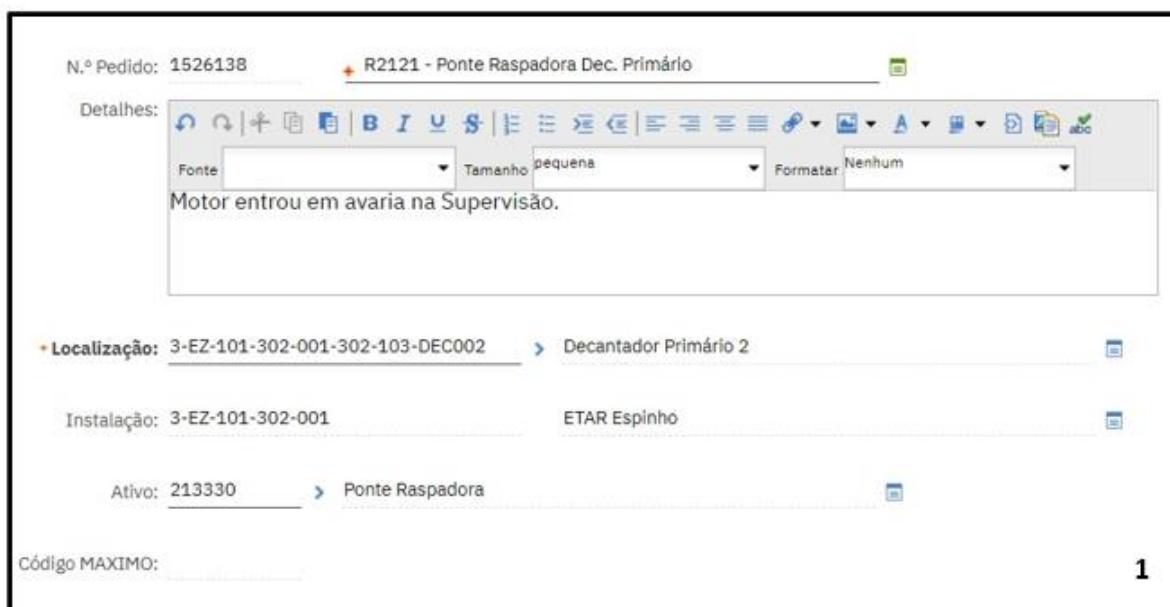


The image shows a web application interface for creating a work order. It is divided into three main sections:

- Section 1:** Contains the 'N.º Pedido' (1526138), a rich text editor for 'Detalhes', and fields for 'Localização', 'Instalação', 'Ativo', and 'Código MAXIMO'.
- Section 2:** Contains registration information including 'Data Registro' (02-09-2023 10:17), 'Registrado Por' (EX4500816), 'C.C. Requisitante', 'Telefone', 'Data Ocorrência', 'C.C. Prestador', 'Responsável do Trabalho', 'Supervisor Responsável', and 'Prioridade'.
- Section 3:** An 'Anexos' section with a table for 'Documento' and 'Descrição', and buttons for 'Anexar Arquivo' and 'Anexar Página da Web'.

Figura 52 - Menu para criar pedido de trabalho

No destaque n.º 1 apresentado na Figura 53, procede-se ao preenchimento das informações associadas ao equipamento ao qual se solicitou uma intervenção, nomeadamente, a sua identificação (número e nome do equipamento) descrição da avaria, localização e ativo.



The image shows the same form as Figure 52, but with the following fields filled in:

- Detalhes:** Motor entrou em avaria na Supervisão.
- Localização:** 3-EZ-101-302-001-302-103-DEC002 (with a dropdown arrow) and Decantador Primário 2.
- Instalação:** 3-EZ-101-302-001 (with a dropdown arrow) and ETAR Espinho.
- Ativo:** 213330 (with a dropdown arrow) and Ponte Raspadora.

Figura 53 - Preenchimento dos campos relativos ao pedido de trabalho destaque n.º 1

O destaque n° 2 presente na Figura 54, reúne-se informação sobre o espaço temporal (data de registo, data de ocorrência), a identificação da equipa de manutenção a quem é destinada a tarefa (C.C. prestador), identificação do responsável de trabalho e do supervisor responsável. A prioridade de reparação é um critério com elevada relevância e também consta neste destaque, estando classificada em 5 níveis de urgência.

The image shows a screenshot of a maintenance request form (Destaque n° 2) and a legend for the priority classification. The form contains the following fields:

- Data Registo: 02-09-2023 10:17
- Site: 4500
- Registado Por: EX4500B16
- Objeto Custo: 234501000905
- C.C. Requisitante: \_\_\_\_\_
- Tipo Ordem Manut.: 0
- Telefone: \_\_\_\_\_
- Tipo Trabalho: MC
- Data Ocorrência: 16-08-2023 10:17
- Situação: NOVO
- C.C. Prestador: 0045031231
- Data Situação: 02-09-2023 10:17
- Responsável do Trabalho: \_\_\_\_\_
- Código Avaria: GERAL
- Supervisor Responsável: \_\_\_\_\_
- Problema: \_\_\_\_\_
- Prioridade: 3

The legend on the right shows the classification of the priority level 3:

- 0 Não Definido
- 1 Urgência 1 (30 dias)
- 2 Urgência 2 (15 dias)
- 3 Urgência 3 (7 dias)
- 4 Urgência 4 (2 dias)
- 5 Urgência 5 (Imediato)

Figura 54 - Destaque n° 2 e respetiva classificação da prioridade de reparação

O destaque n° 3 presente na Figura 55, tem como objetivo a inserção de anexos de elementos complementares ao pedido como: fotografias da anomalia, documentação acerca do equipamento, entre outros.

The image shows a screenshot of the 'Anexos' (Attachments) section of the maintenance request form. It features a table with the following structure:

Documento	Descrição
Não há nenhuma linha para exibir.	

At the bottom of the section, there are two buttons: 'Anexar Arquivo' and 'Anexar Página da Web'. The number '3' is visible in the bottom right corner of the screenshot.

Figura 55 - Destaque n° 3

### 7.1.2 Ordem de Trabalho

O pedido de trabalho, caso se verifique a necessidade de intervenção e aceite pelo responsável da manutenção, origina uma ordem de trabalho.

A Figura 56 apresenta a informação geral de uma ordem de trabalho gerada.

Figura 56 - Informação geral da ordem de trabalho gerada

A Figura 57 apresenta o menu “Atuais” onde, após a execução da avaria, são inseridas as horas de mão de obra, os materiais e consumíveis e os serviços contratados caso exista a necessidade.

Figura 57 – Menu “Atuais”

Para finalizar esta ordem de trabalho é efetuado o relatório de avaria. No campo das observações insere-se a descrição para a resolução da avaria, desde a sua ocorrência até à sua conclusão. No código de falha é referido o problema, a causa e a solução relativamente a esta OT (Figura 58).

Figura 58 - Menu “Relatório de avaria”

## 7.2 Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Análise de Vibrações

Como já referido anteriormente, com uma inspeção de análise de vibrações, é possível antecipar possíveis falhas em equipamentos eletromecânicos.

Todo o equipamento eletromecânico tem uma escala de gravidade associada, esta escala é uma indicação da gravidade de qualquer condição de falha específica do equipamento, baseando-se na intensidade da falha do equipamento no momento da medição.

Em 1995 foi lançada a norma ISO 10816-1, que estabelece os limites aceitáveis de vibração para equipamentos eletromecânicos, bem como, o modo correto de realizar a medição [65].

Na Tabela 4 são apresentados os níveis de vibração aceitáveis para equipamentos eletromecânicos, em termos de velocidade de vibração medida em milímetros por segundo (mm/s), de acordo com a sua classe de máquina.

As classes de máquinas são divididas em diferentes categorias, com base na importância da máquina e na sua sensibilidade a problemas de vibração. Esta tabela é uma ferramenta essencial para engenheiros e operadores de máquinas, pois permite

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

a interpretação dos níveis de vibração de cada máquina e se esta se encontra em boas condições de funcionamento.

Tabela 4 – Grau de severidade do nível de vibração pela norma ISO-10816 [65]

Norma ISO 10816 - Classe de equipamento					
R.m.s (mm/s)	Classe I Máq. Pequena	Classe II Máq Média	Máquinas Grandes		
			Classe II fundação rígida	Classe IV fundação flexível	
0,28	A	A	A	A	
0,45					
0,71					
1,12	B	B	A	A	
1,8					
2,8	C	C	B	B	
4,5					
7,1	D	D	C	B	
11,2					
18			D	D	C
28					
45	D	D	D		

Zona A Verde: valores de vibração operacionais.  
Zona B Amarelo: Operação contínua sem restrições  
Zona C Laranja: Condição é aceitável apenas por um período limitado de tempo.  
Zona D Vermelha: Valores de vibração perigosos – falha iminente.

Cada cor representada na Tabela 4 apresenta um nível de prioridade e apresenta as seguintes recomendações técnicas:

- Verde (A) – Nenhuma ação de reparo é recomendada. Aconselha-se a monitorização da máquina e voltar a efetuar o teste vibrométrico após a manutenção regular.
- Amarelo (B) – Uma ação de reparo será necessária no futuro, possível falha da máquina. Recomenda-se que seja realizada uma intervenção no equipamento no prazo de meses até ao limite máximo de um ano.
- Laranja (C) – Uma ação de reparo deve ser planeada com urgência, recomenda-se uma intervenção no equipamento no prazo de semanas.
- Vermelho (D) – Recomenda-se desligar a máquina e efetuar uma ação de manutenção, devido a ser aconselhada uma reparação imediata, o prazo recomendado para intervir no equipamento é de apenas alguns dias.

### 7.2.1 Configuração do Analisador de Vibrações

Por forma a obter a melhor análise e diagnóstico do equipamento a intervir, é necessário inserir os dados de cada equipamento no analisador.

Desta forma é necessário inserir a informação relevante acerca do equipamento no analisador de vibrações, como por exemplo: as características do motor e as opções de transmissão, com ou sem acoplamento.

Na Tabela 5 são indicadas as opções relativas ao motor, necessárias a inserir no analisador de vibrações para a realização da intervenção de manutenção.

Tabela 5 - Características do motor a inserir no analisador de vibrações [66]

Seleção	Opção	Descrição
Selecione tipo motor	CA	Necessário identificar se é um motor de corrente contínua ou corrente alternada.
	CC	
Motor CA com VEV (Variador Eletrónico de Velocidade)	Sim	Caso o motor seja CA, necessário indicar se este é acionado por um VEV.
	Não	
Inserir rotação do motor em RPM (Rotações por minuto)	Inserção pelo teclado numérico	Neste passo existem duas formas de inserir as RPM do equipamento. Pode ser usado um tacómetro ou inserir de forma manual.
Inserir potência do motor (kW ou CV)	Inserção pelo teclado numérico	Neste passo é necessário verificar a potência do equipamento e inserir de forma manual.
Posição do motor	Horizontal	Necessário verificar em que posição se encontra o motor e inserir no analisador.
	Vertical	
Tipo de rolamentos do motor	Rolo	Necessário verificar o tipo de rolamentos existentes no motor e inserir no analisador.
	Axial	

Tabela 6 – Opções para equipamentos de transmissão com acoplamento [66]

Seleção	Opção	Ação	Opção
Motor diretamente aparafusado em:	Bomba centrífuga	Selecionar o equipamento acionado que se ligado ao motor	Nº de pás
	Bomba de engrenagem		Número de dentes da engrenagem ou sem-fim
	Ventilador		Número de pás
	Compressor centrífugo		Nº de pás do compressor
	Bomba sem-fim		Nº de dentes

Na Tabela 6 são indicadas as opções para equipamentos com transmissão por acoplamento, necessárias a inserir no analisador de vibrações para a realização da intervenção de manutenção.

Na Tabela 7 constam as opções necessárias a acrescentar no analisador para equipamentos com transmissão sem acoplamento.

Tabela 7 – Opções para equipamento de transmissão sem acoplamento [66]

Seleção	Opção	Descrição
Acoplamento entre o motor e o próximo equipamento	Sim	Necessário indicar se existe algum tipo de acoplamento entre motor e o próximo equipamento.
	Não	
Próximo componente	Bomba	Necessário indicar na lista qual o equipamento que se encontra acoplado ao motor.
	Ventilador	
	Compressor	
	Ventoinha	
	Eixo-árvore	
	Redutor	
	Acionamento por correia	
	Acionamento por corrente	

### 7.2.2 Medição com Analisador de Vibrações

Após a inserção de toda a informação acima referida na secção 7.2.1, prossegue-se com a medição através do sensor.

O local de medição ideal é o mais próximo possível dos rolamentos do equipamento. Recomenda-se que a medição seja efetuada numa superfície de metal plana e limpa. Uma peça de metal transmite efetivamente os sinais de vibração emitidos pelos rolamentos [66].

A orientação do sensor é crítica para garantir diagnósticos consistentes, o sensor é composto por três transdutores, estes transdutores medem simultaneamente os dados de vibração dos três eixos: axial, radial e tangencial, como se pode verificar na Figura 59.

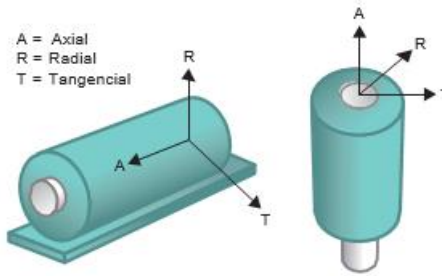


Figura 59 - Orientação dos eixos

Os diagnósticos dependem da qualidade do sinal de vibração recebido pelo equipamento que está a ser alvo de análise. O modo como o sensor é colocado no equipamento afeta diretamente a qualidade e precisão do diagnóstico.

Existem três modos para a montagem do sensor no equipamento a ser analisado: montagem com parafuso prisioneiro, montagem com adesivo e montagem magnética (Figura 60).

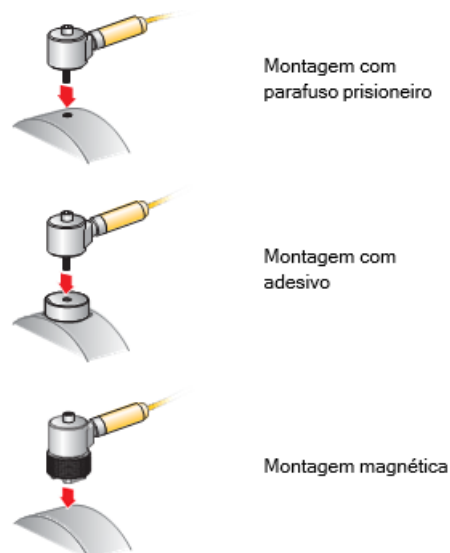


Figura 60 - Opções de montagem do sensor [66]

Os locais de medição estão interligados com os locais dos rolamentos, a sua sequência de medição deverá seguir o fluxo de energia, iniciando pela extremidade livre do motor até à extremidade final onde é realizado o trabalho.

Na Figura 61 é indicado como deverá ser efetuado o processo de medição aos equipamentos alvo de inspeção vibrométrica. Os números indicam a sequência de medição a elaborar com o sensor.

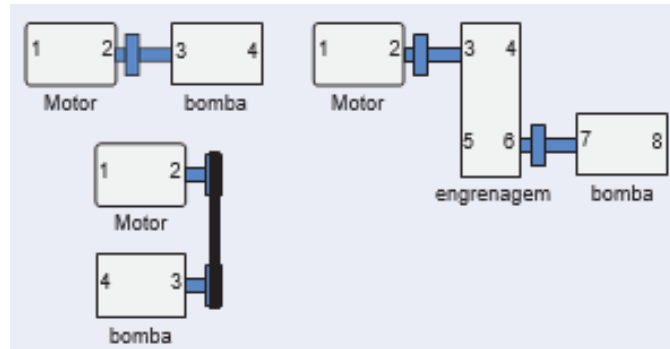


Figura 61 - Processo de medição vibrométrica em equipamentos [66]

### 7.2.3 Intervenções de Análise de Vibrações

Foram efetuadas intervenções com o analisador de vibrações aos equipamentos principais presentes na instalação, recorrendo ao sensor com montagem magnética.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados das intervenções efetuadas com o analisador de vibrações.

Tabela 8 - Lista de equipamento alvo de análise de vibrações

Localização	Nº Equipamento	Designação do Equipamento	Anomalia	Diagnóstico	
				Gravidade	Descrição
Obra de Entrada	P1111	Parafuso Arquimedes		OK	Nenhuma falha encontrada
	P1112	Parafuso Arquimedes		OK	Nenhuma falha encontrada
	P1113	Parafuso Arquimedes		OK	Nenhuma falha encontrada
	S1212	Tamisador		OK	Nenhuma falha encontrada
	S1222	Tamisador		OK	Nenhuma falha encontrada
Desodorização	K9131	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
	K9231	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
Desengorduramento/ Desarenamento	K1332	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada
	K1333	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada
Decantação Primária	R2111	Ponte Raspadora	Rolamento	Leve	Desgaste do rolamento de entrada do redutor
	R2121	Ponte Raspadora	Rolamentos	Moderada	Desgaste dos rolamentos de entrada e saída do redutor
	R2131	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada

Localização	Nº Equipamento	Designação do Equipamento	Anomalia	Diagnóstico	
				Gravidade	Descrição
Reatores Biológicos	A3111	Motorreductor	Desequilíbrio Dinâmico	Grave	Necessidade de equilibrar motor
			Folga	Moderada	Folga no eixo de entrada do reductor ou possível dano no Pinhão
	A3112	Motorreductor	Rolamento	Grave	Folga ou desgaste no rolamento dianteiro do motor
	A3113	Motorreductor	Rolamento	Moderada	Desgaste do rolamento do reductor
	A3121	Motorreductor	Rolamento	Moderada	Desgaste do rolamento de esferas do reductor
			Folga	Moderada	Folga no eixo de entrada do reductor ou possível dano no pinhão
	A3122	Motorreductor	Rolamento	Grave	Folga ou desgaste no rolamento dianteiro do motor
			Folga	Leve	Folga no eixo de entrada do reductor ou possível dano no pinhão
	A3123	Motorreductor		OK	Nenhuma falha encontrada
	A3131	Motorreductor	Desequilíbrio Dinâmico	Grave	Necessidade de equilibrar o motor
	A3132	Motorreductor	Desequilíbrio Dinâmico	Grave	Necessidade de equilibrar o motor
			Folga	Grave	Folga no eixo de entrada do reductor ou possível dano no pinhão
			Rolamento	Grave	Folga ou desgaste no rolamento dianteiro do motor
	A3133	Motorreductor	Rolamento	Moderada	Folga ou desgaste no rolamento dianteiro do motor
Folga			Moderada	Folga no eixo de entrada do reductor ou possível dano no pinhão	
Tanque de Recirculação de Lamas	P4231	Bomba Submersível	Desequilíbrio Dinâmico	Moderada	Necessidade de equilibrar bomba
	P4232	Bomba Submersível	Desequilíbrio Dinâmico	Leve	Necessidade de equilibrar bomba
	P4241	Bomba Submersível	Desequilíbrio Dinâmico	Moderada	Necessidade de equilibrar bomba
	P4242	Bomba Submersível	Desequilíbrio Dinâmico	Moderada	Necessidade de equilibrar bomba
Decantação Secundária	R4111	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada
	R4121	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Localização	Nº Equipamento	Designação do Equipamento	Anomalia	Diagnóstico	
				Gravidade	Descrição
Decantação Secundária	R4131	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada
	R4141	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada
Elevatória Final	P5211	Bomba Submersível		OK	Nenhuma falha encontrada
	P5212	Bomba Submersível		OK	Nenhuma falha encontrada
	P5213	Bomba Submersível		OK	Nenhuma falha encontrada
	P5214	Bomba Submersível		OK	Nenhuma falha encontrada
Lamas Mistas e Digeridas	M6314	Agitador Submersível	Rolamento	Moderada	Desgaste no rolamento de esferas da extremidade acionada
			Rolamento	Moderada	Desgaste no rolamento de esferas da extremidade livre
	M7712	Agitador Submersível	Rolamento	Moderada	Desgaste no rolamento de esferas da extremidade acionada
			Rolamento	Moderada	Desgaste no rolamento de esferas da extremidade livre
Espessamento de Lamas	R6111	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada
	R6112	Ponte Raspadora		OK	Nenhuma falha encontrada
Aquecimento de Lamas	K7541	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
	K7542	Ventilador	Desequilíbrio Dinâmico	Grave	Necessidade de equilibrar o ventilador
	K7617	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
Sala da Cadeira	K7616	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
Desidratação	S8111	Centrifuga	Desalinhamento	Moderada	Desalinhamento do rolamento do motor
	S8112	Centrifuga	Desalinhamento	Moderada	Desalinhamento do rolamento do motor
	S8113	Centrifuga	Desalinhamento	Leve	Desalinhamento do rolamento do motor
	P8413M1	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada
	P8413M2	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada
	P8412M1	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada
	P8412M2	Motor		OK	Nenhuma falha encontrada

Localização	Nº Equipamento	Designação do Equipamento	Anomalia	Diagnóstico	
				Gravidade	Descrição
Gasómetros	K7511	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
	K7512	Ventilador		OK	Nenhuma falha encontrada
Biogás	X7611	Moto gerador		OK	Nenhuma falha encontrada
	K7413	Compressor		OK	Nenhuma falha encontrada
		Gerador de Emergência		OK	Nenhuma falha encontrada
Tanque das Gorduras	M1340	Agitador Submersível		NOK	Em avaria

#### 7.2.4 Intervenção Parafuso Arquimedes 1 (P1111)

O parafuso de arquimedes é composto por um motor elétrico trifásico alimentado por corrente alternada, este motor faz a transmissão para o redutor através de correias e por último o redutor aciona o parafuso para a realização de trabalho.

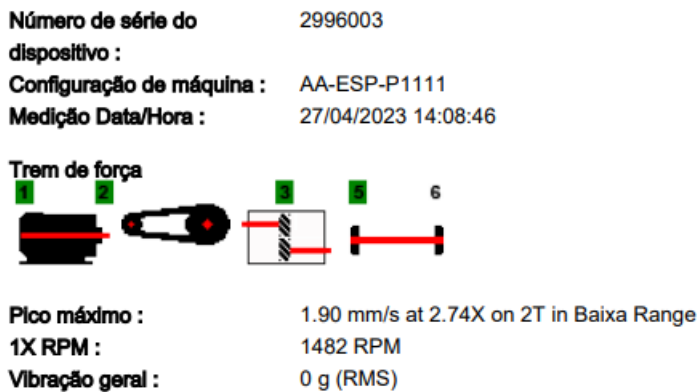
Procedeu-se ao levantamento das características do equipamento a analisar a vibrometria para a sua inserção no analisador (Tabela 9).

Tabela 9 - Características do parafuso de arquimedes

Características do equipamento	
Tipo de motor	Motor CA
Motor CA com VEV	Sim
Nº rotações (RPM)	1475
Potência (kW)	30
Posição do motor	Horizontal
Tipo de rolamentos	Esferas
Acoplamento entre motor e próximo componente	Não
Próximo componente	Acionamento por correias
Rotação eixo de entrada de acionamento à correia (RPM)	1475
Rotação eixo de saída de acionamento da correia (RPM)	784
Acionamento da correia acoplado a	Redutor
Tipo de rolamento do redutor	Esferas
Nº rotações de entrada do redutor	784
Nº rotações de saída do redutor	200

Na Figura 62 é apresentado o relatório final da inspeção efetuada ao parafuso de arquimedes.

810 Vibration Tester Diagnostic Report



Diagnóstico

Descrição da falha	Gravidade da falha	Pontuação de gravidade	Escala de gravidade
Nenhuma falha encontrada	Nenhum	0/100	

Figura 62 - Análise vibrométrica ao parafuso de arquimedes n.º 1

**Observação/Conclusão:**

Anteriormente à inspeção o equipamento encontrava-se com funcionamento deficiente, onde foi detetada uma anomalia nos rolamentos e efetuada a sua respetiva substituição.

Neste momento e de acordo com os dados obtidos da inspeção, verifica-se que o equipamento se encontra em perfeito estado de funcionamento.

**7.2.5 Intervenção Motorreductor de Arejamento (A3122)**

O motorreductor de arejamento é composto por um motor elétrico trifásico alimentado por corrente alternada, este motor aciona por acoplamento um reductor, que por sua vez aciona a turbina de arejamento.

Foram recolhidas as características do motorreductor e realizada a sua inserção no analisador para a sua análise de funcionamento (Tabela 10).

Tabela 10 - Características do motorreductor de arejamento

Características do equipamento	
Tipo de motor	Motor CA
Motor CA com VEV	Sim
Nº rotações (RPM)	1480
Potência (kW)	45
Posição do motor	Vertical
Tipo de rolamentos	Esferas
Acoplamento entre motor e o próximo componente	Sim
Próximo componente	Redutor
Tipo de rolamento do redutor	Esferas
Nº rotações de entrada do redutor	784
Nº rotações de saída do redutor	200

A Figura 63 demonstra o resultado da inspeção realizada ao motorreductor de arejamento

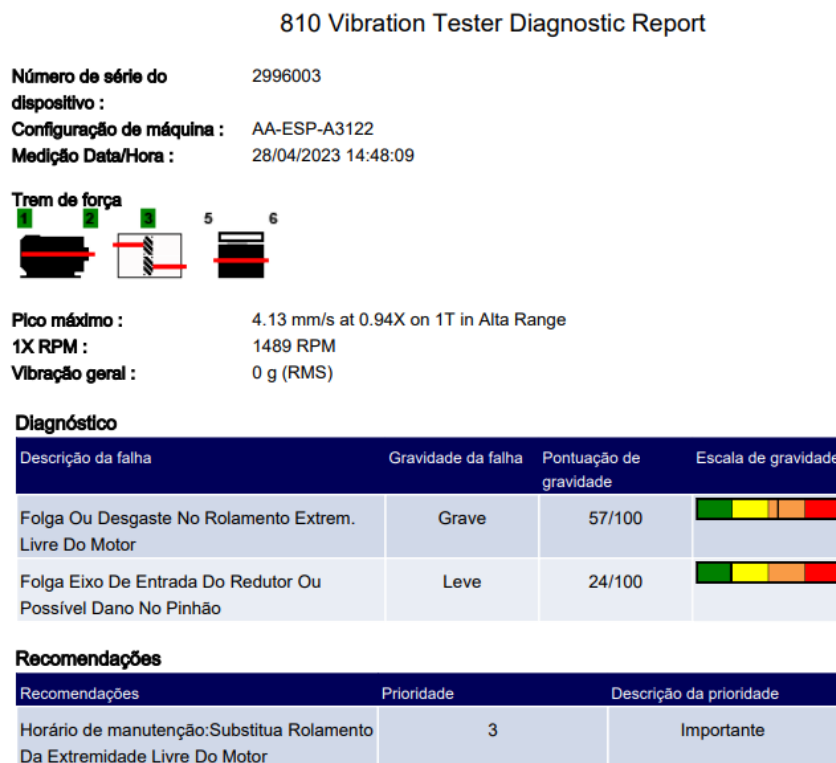


Figura 63 - Análise vibrométrica ao motorreductor de arejamento

**Observação/Conclusão:**

Após a análise vibrométrica podemos verificar que o equipamento se encontra com duas anomalias, uma destas grave e a outra leve.

É necessário efetuar uma intervenção de manutenção com urgência, para a verificação de folgas e desgastes no equipamento. É recomendado efetuar uma intervenção a nível corretivo para a substituição do rolamento da extremidade livre do motor.

### 7.2.6 Intervenção Bomba Submersível Elevatória Final (P5214)

A bomba submersível em causa é composta na parte superior pelo corpo da bomba e na parte inferior pela parte hidráulica. A turbina responsável pelo trabalho desenvolvido encontra-se aparafusada ao rotor que se encontra na parte superior da bomba.

Procedeu-se à recolha das características da bomba submersível, como se pode verificar na Tabela 11, e de seguida efetuou-se a sua introdução no analisador.

Tabela 11 – Características de uma bomba submersível da elevatória final

Características do equipamento	
Tipo de motor	Motor CA
Motor CA com VEV	Sim
Nº rotações (RPM)	980
Potência (kW)	20,2
Posição do motor	Vertical
Tipo de rolamentos	Rolos
Motor diretamente acionado em	Conjunto Hidráulico

A Figura 64 mostra o resultado obtido da inspeção vibrométrica efetuada a uma das bombas submersíveis da elevatória final.

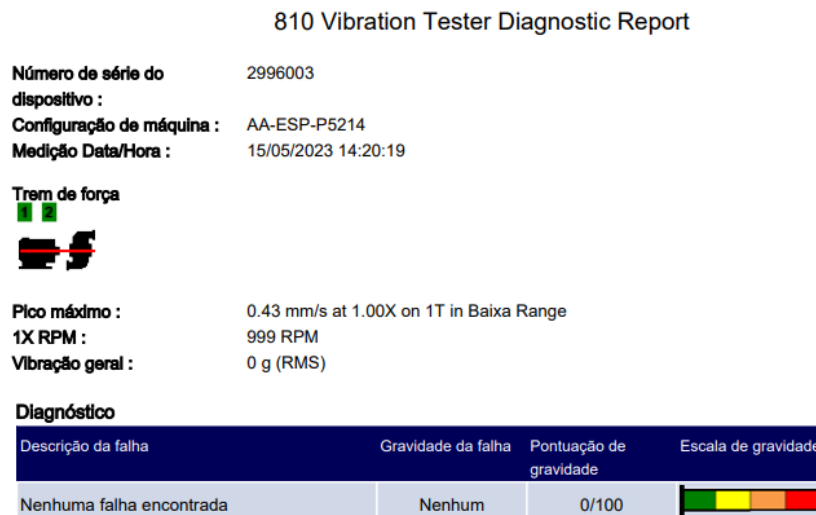


Figura 64 - Análise vibrométrica de uma bomba submersível da elevatória final

**Observação/Conclusão:**

Podemos concluir com esta intervenção de manutenção preventiva condicionada, que a bomba analisada se encontra em perfeito estado de funcionamento. Não sendo assim necessária nenhuma ação de manutenção ao equipamento.

**7.2.7 Intervenção Ventilador Sala de Aquecimento de Lamas (K7542)**

O ventilador que se encontra situado na sala de aquecimento de lamas é composto pelo motor elétrico que aciona uma ventoinha, com o objetivo de refrigeração do local onde se encontra instalado.

Foi realizado um levantamento das características do ventilador, estas podem ser visualizadas na Tabela 12.

Tabela 12 - Características do ventilador

<b>Características do equipamento</b>	
Tipo de motor	Motor CA
Motor CA com VEV	Não
Nº rotações (RPM)	1450
Potência (kW)	7,5
Posição do motor	Horizontal
Tipo de rolamentos	Rolos
Motor diretamente acionado em	Ventilador
Tipo de rolamento do ventilador	Rolos
Ventilador suportado por	Suspenso

Na Figura 65 é apresentado o resultado da intervenção de análise de vibrações efetuada ao ventilador.

810 Vibration Tester Diagnostic Report

Número de série do dispositivo : 2996003  
 Configuração de máquina : AA-ESP-K7542  
 Medição Data/Hora : 28/04/2023 10:20:37



Pico máximo : 9.10 mm/s at 1.00X on 1T in Baixa Range  
 1X RPM : 1498 RPM  
 Vibração geral : 0 g (RMS)

**Diagnóstico**

Descrição da falha	Gravidade da falha	Pontuação de gravidade	Escala de gravidade
Desbalanceamento Do Ventilador	Grave	74/100	

**Recomendações**

Recomendações	Prioridade	Descrição da prioridade
Horário de manutenção:Verifique Desalinhamento E Oscilação Do Eixo-árvore E Encaixe Do Rolamento	3	Importante
Monitorar quanto a aumento de vibração	2	Desejável

Figura 65 - Análise vibrométrica a um ventilador

**Observação/Conclusão:**

Com a análise de vibrações efetuada foi verificado que o ventilador encontra-se com um desequilíbrio dinâmico, isto é, quando a distribuição da massa ao redor do eixo de rotação não é uniforme. Esta anomalia apresenta alguma gravidade, é recomendado verificar o estado dos rolamentos, possíveis folgas e o desalinhamento dinâmico no veio. Relativamente ao veio deve-se proceder ao seu equilíbrio.

**7.3 Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Análises Termográficas**

As inspeções termográficas, como já referido, mostram as temperaturas em diversos pontos, para que estas possam ser analisadas, e com isto verificar atempadamente falhas em sistemas elétricos, equipamentos eletromecânicos, etc.

A técnica termográfica mais usada na indústria é por comparação termográfica, esta comparação pode ser quantitativa ou qualitativa.

A termografia qualitativa é utilizada quando interessa o perfil e não os valores térmicos, com esta é possível detetar deficiências, no entanto é através das medições quantitativas que se tem a capacidade para determinar a gravidade.

A termografia quantitativa, a mais usual, é um método para avaliar o estado de funcionamento de equipamentos ou sistemas, através da comparação de temperatura em equipamentos idênticos e nas mesmas condições de funcionamento [67].

Um critério usado para avaliação de equipamentos é através da diferença de temperaturas ( $\Delta T$ ). Este critério é realizado com a diferença temperatura entre o ponto mais elevado e a temperatura de referência, esta normalmente é a temperatura ambiente existente. O critério por termografia quantitativa apresenta como vantagem a sua rapidez na intervenção [68].

Na Tabela 13 são apresentados os valores de  $\Delta T$  usados para avaliação de equipamentos

Tabela 13 - Tabela de análise termográfica usando o critério da diferença de temperatura

Prioridade	$\Delta T$ entre componentes similares sob a mesma carga	$\Delta T$ sobre a temperatura do ar ambiente	Ação recomendada
1	1 a 3°C	1 a 10°C	Possível deficiência, garantir investigação
2	4 a 15°C	11 a 20°C	Indica provável deficiência, reparar quando tempo permitir
3	---	21 a 40°C	Monitorizar até medidas correctivas serem aplicadas
4	> 15°C	> 40°C	Maior discrepância, reparar imediatamente

Nas seguintes alíneas apresentam-se os sistemas elétricos que foram alvo de inspeção termográfica, bem como, os resultados obtidos e indicações/observações.

### 7.3.1 Intervenção Posto de Transformação de Entrada

A Figura 66 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao posto de transformação de entrada de entrada.

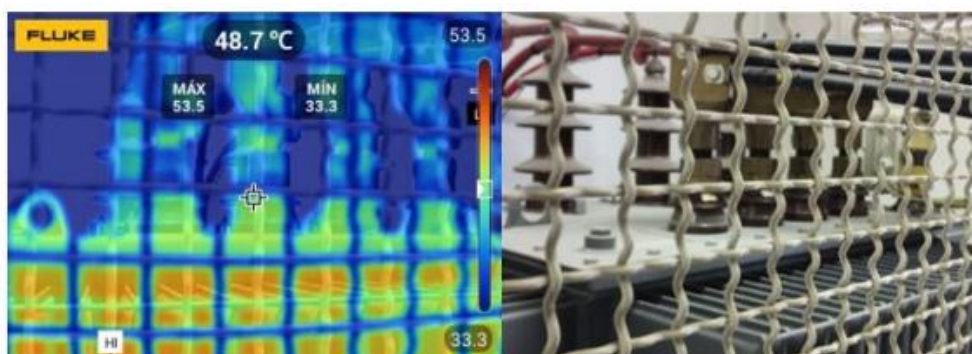


Figura 66 - Análise termográfica ao posto de transformação de entrada

Na Tabela 14 podemos observar os dados retirados da inspeção termográfica ao Posto de Transformação de Entrada, para a sua devida análise.

Tabela 14 - Dados termográficos posto de transformação de entrada

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	53,5°C
Temp. Mínima	33,3°C
Temp. Ponto Central	48,7°C
Emissividade	0,95
Prioridade	3

### **Observação:**

Analisando os pontos de temperatura máximo e temperatura mínima podemos verificar que o diferencial é de 20,2°C, o que corresponde a uma ocorrência com nível de prioridade 3, segundo a tabela da diferença de temperaturas. Desta forma é importante monitorizar o funcionamento do transformador até que sejam necessárias tomar medidas corretivas.

### **7.3.2 Intervenção Quadro Elétrico 03**

A Figura 67 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao quadro elétrico 03.

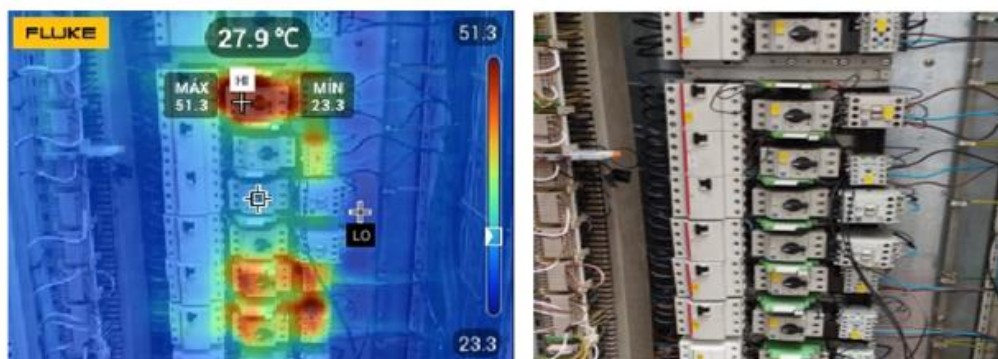


Figura 67 - Análise termográfica ao quadro elétrico 03

Na Tabela 15 surgem os dados retirados da inspeção termográfica ao quadro elétrico 03.

Tabela 15 - Dados termográficos quadro elétrico 03

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	51,3°C
Temp. Mínima	23,3°C
Temp. Ponto Central	27,9°C
Emissividade	0,95
Prioridade	3

**Observação:**

Analisando os dados obtidos, verifica-se, que na generalidade, os disjuntores térmicos presentes no quadro elétrico apresentam temperaturas um pouco acima do previsto. O disjuntor térmico com temperatura superior apresenta um diferencial relativamente à temperatura mínima de 28°C. Recomenda-se a realização de uma intervenção no quadro elétrico, pois poderão existir maus contactos ou alguns dos disjuntores térmicos podem estar próximos do seu fim de vida útil, nesse caso é aconselhável efetuar a sua substituição.

**7.3.3 Intervenção Quadro Elétrico 04**

A Figura 68 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao quadro elétrico 04.

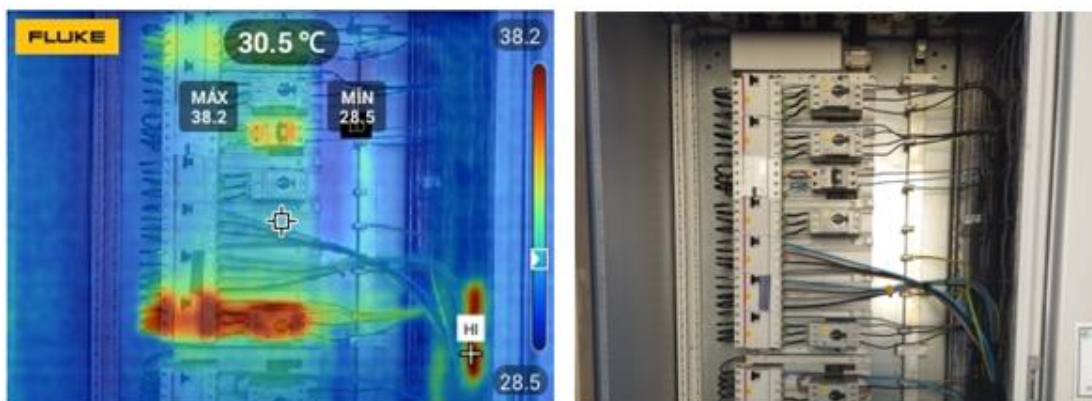


Figura 68 - Análise termográfica ao quadro elétrico 04

Podemos verificar na Tabela 16 os dados termográficos da intervenção termográfica efetuada no quadro elétrico 04.

Tabela 16 - Dados termográficos quadro elétrico 04

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	38,2°C
Temp. Mínima	28,5°C
Temp. Ponto Central	30,5°C
Emissividade	0,95
Prioridade	1

**Observação:**

De uma forma geral os elementos presentes no quadro apresentam-se em bom estado de funcionamento, no entanto destaca-se o circuito na parte inferior da análise termográfica. Este apresenta uma diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima de 9,7°C, que apesar de não ser uma temperatura elevada, recomenda-se uma verificação devido à possível existência de uma deficiência no circuito.

**7.3.4 Intervenção Quadro Elétrico 05**

A Figura 69 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao quadro elétrico 05.

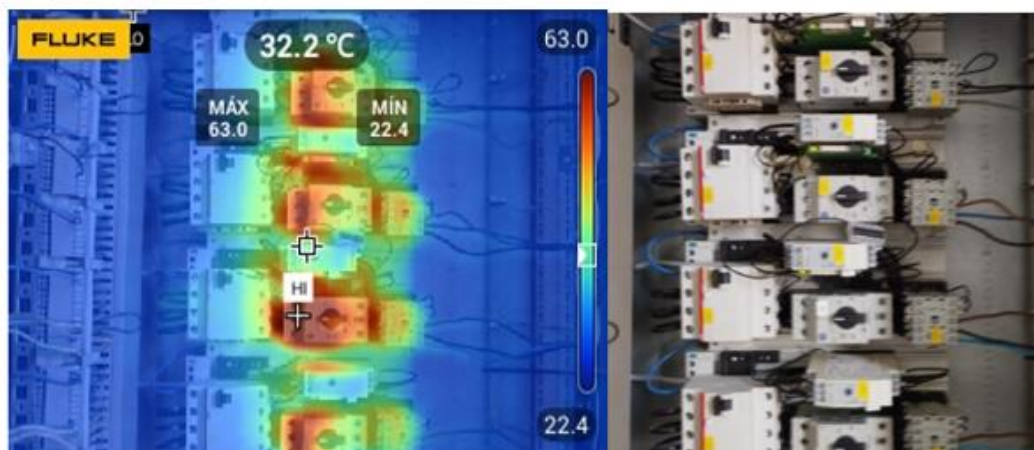


Figura 69 - Análise termográfica ao quadro elétrico 05

Na Tabela 17 podemos verificar os dados obtidos da inspeção termográfica realizada no quadro elétrico 05.

Tabela 17 - Dados termográficos quadro elétrico 05

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	63,0°C
Temp. Mínima	22,4°C
Temp. Ponto Central	32,2°C
Emissividade	0,95
Prioridade	4

### **Observação:**

De uma forma geral é necessário verificar o estado dos equipamentos elétricos presentes neste quadro, uma vez que existem alguns pontos com temperaturas bastante elevadas. A temperatura máxima e a temperatura mínima presente, têm uma diferença de 40,6°C. Este diferencial de temperatura apresenta-se alto, pelo que é necessário efetuar a substituição imediata do disjuntor térmico que apresenta a temperatura de 63°C. Além disso, recomenda-se efetuar reapertos nos restantes disjuntores térmicos existentes e posteriormente efetuar nova análise termográfica para verificar se os pontos de maior temperatura ficaram corrigidos.

### **7.3.5 Intervenção Quadro Geral BT**

A Figura 70 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao quadro elétrico de baixa tensão.

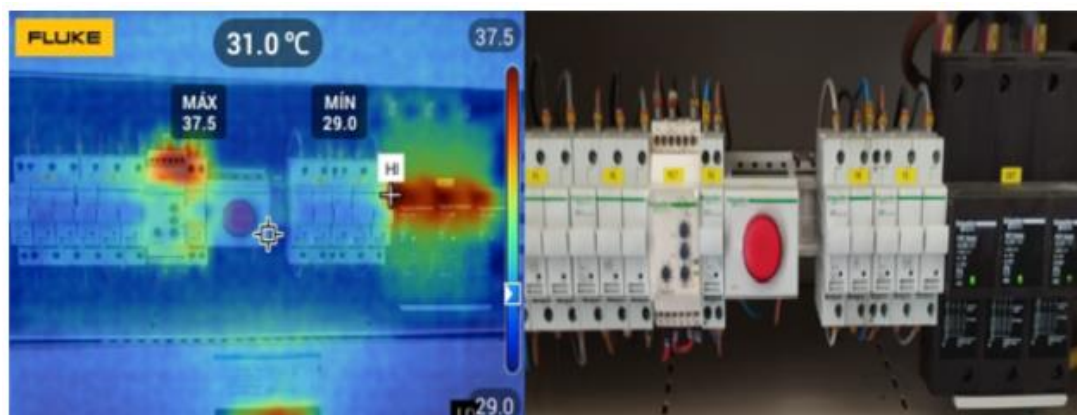


Figura 70 - Análise termográfica ao quadro geral de baixa tensão

Na Tabela 18 podemos verificar os dados obtidos da inspeção termográfica realizada no quadro elétrico de baixa tensão.

Tabela 18 - Dados termográficos no quadro geral de baixa tensão

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	37,5°C
Temp. Mínima	29,0°C
Temp. Ponto Central	31°C
Emissividade	0,95
Prioridade	1

**Observação:**

As temperaturas existentes nos elementos do quadro geral de baixa tensão, apresentam-se com pequenas diferenças de temperatura entre o ponto de temperatura máxima e a temperatura ambiente (8,5°C). É recomendado dar continuidade à ação de manutenção preventiva para monitorização do quadro.

**7.3.6 Intervenção Quadro Corte Geral**

A Figura 71 apresenta a inspeção termográfica efetuada ao quadro de corte geral.

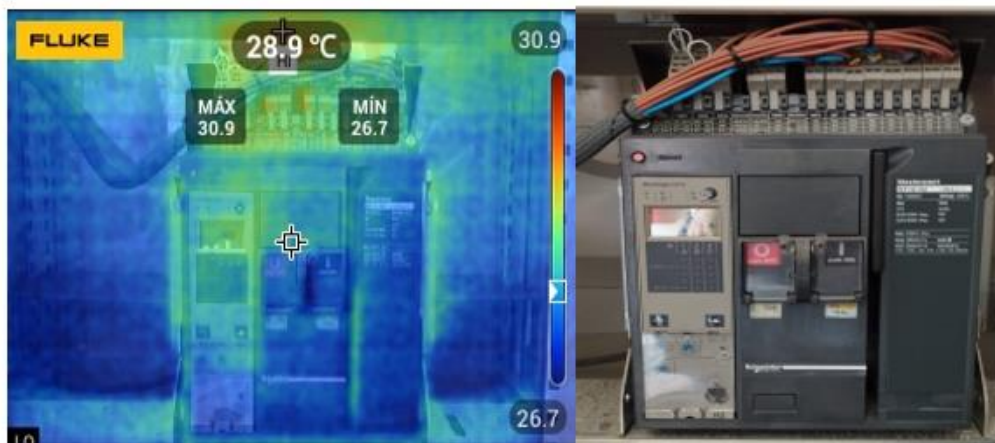


Figura 71 - Análise termográfica ao quadro de corte geral

Na Tabela 19 são apresentados os dados da inspeção termográfica efetuada no quadro elétrico de corte geral.

Tabela 19 - Dados termográficos quadro de corte geral

Informação Termográfica	
Temp. Máxima	30,9°C
Temp. Mínima	26,7°C
Temp. Ponto Central	28,9°C
Emissividade	0,95
Prioridade	1

**Observação:**

Os resultados obtidos da análise termográfica efetuada no quadro de corte geral encontram-se dentro da normalidade, sem pontos de temperatura elevados. É recomendado continuar com as ações/verificações e inspeções de manutenção preventiva.

**7.4 Intervenções de Manutenção Preventiva Condicionada – Medição de Terras**

Relativamente à ação de manutenção de medição da resistência do elétrodo de terra, não foi possível dispor do equipamento a tempo de expor a sua intervenção no presente projeto. No entanto a sua utilização seria com objetivo de verificar a qualidade da resistência de terra existente na instalação, assim como a adequabilidade dos equipamentos de proteção existentes para proteção dos equipamentos e pessoas.

Uma instalação de ligação à terra consiste num conjunto de um ou mais elétrodos de terra interligados e dos condutores de proteção e de terra correspondentes. Os principais objetivos de apresentar uma ligação à terra segura são: assegurar a proteção das pessoas que estão nas proximidades das instalações ligadas à terra, evitando assim o perigo de eletrocussão e acautelar meios para conduzir correntes elétricas para a terra sob condições normais [49].

Um elétrodo de terra é um ou vários elementos condutores que se encontram em contacto com o solo, garantindo uma ligação elétrica com o mesmo. Podem ser usados elétrodos com as seguintes características metálicas: tubos, varetas, chapas, entre outros [49].

Para realizar a medição da resistência da terra é necessário o equipamento multifunções Fluke 1653B e um kit de varas, no entanto existem outras formas de efetuar esta medição.



Figura 72 - Kit de varas [50]

O teste de resistência da terra é efetuado com o equipamento multifunções da Fluke 1653B que se conecta ao elétron da terra e às varas penetradas no solo. Para se obter maior precisão a vara central deve estar colocada a 62% de distância da vara mais distante, comparativamente com o elétron de terra. Para efetuar a medição o elétron de terra deve estar desligado do sistema elétrico [51].

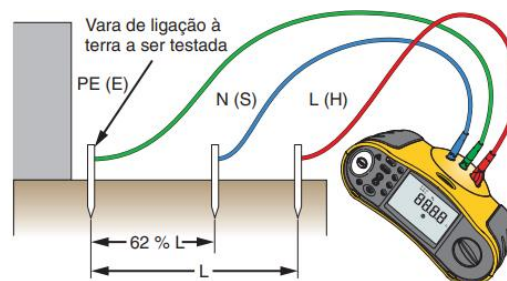


Figura 73 - Ligações para medição da resistência da terra [51]

Para a aferição dos valores medidos, recomenda-se a realização de várias medições de forma a verificar a validade dos resultados e a influência do potencial do elétron de terra sobre os elétrons auxiliares [52].

## 7.5 Intervenções de Manutenção Preventiva Sistemática

Inserem-se nesta tipologia de manutenção, as intervenções preventivas de carácter cíclico que se desencadeiam em intervalos de tempo regulares, com o objetivo de manter o sistema num bom estado de funcionamento. Fazem parte desta tipologia de manutenção as tarefas baseadas nas inspeções visuais, as tarefas de revisão, as tarefas de calibração e as tarefas de lubrificação.

Da secção 7.5.1 à 7.5.8 apresentam-se as tarefas a desenvolver por tipologia de equipamentos, todas as atividades de manutenção serão executadas segundo as normas e especificações dos respetivos fabricantes, segundo as boas práticas de manutenção e em condições de segurança.

### 7.5.1 Agitador submersível

Na Tabela 20 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar em agitadores submersíveis e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 20 - Inspeções a realizar em agitadores submersíveis

Inspeção Mensal	Inspeção Trimestral	Inspeção Anual
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição da corrente de consumo;</li> <li>• Medição da tensão de alimentação;</li> <li>• Verificação do regulador térmico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar existência de folgas nos rolamentos;</li> <li>• Verificar existência de ruídos ou vibrações;</li> <li>• Verificar a existência de fuga de óleo;</li> <li>• Verificação do alinhamento do sistema de acoplamento;</li> <li>• Verificar guias de elevação;</li> <li>• Verificação do comando local;</li> <li>• Verificação das ligações elétricas e buçins.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição das resistências de isolamento do motor;</li> <li>• Medições das resistências de isolamento do cabo de alimentação;</li> <li>• Medição da resistência de terra;</li> <li>• Realização de ensaio em vazio e rotor-bloqueado para analisar as perdas do sistema;</li> <li>• Substituir o óleo.</li> </ul>

### 7.5.2 Bomba submersível

Na Tabela 21 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar em bombas submersíveis e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 21 - Inspeções a realizar em bombas submersíveis

Inspeção Mensal	Inspeção Anual	Inspeção Bianual
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar existência de ruídos ou vibrações;</li> <li>• Medição da corrente de consumo;</li> <li>• Medição da tensão de alimentação;</li> <li>• Verificação do regulador térmico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição das resistências de isolamento do motor;</li> <li>• Medições das resistências de isolamento do cabo de alimentação;</li> <li>• Medição da resistência de terra;</li> <li>• Realização de ensaio em vazio e rotor-bloqueado para analisar as perdas do sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição de óleo.</li> </ul>
Inspeção Trimestral		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alinhamento do sistema de acoplamento;</li> <li>• Retirar a bomba e verificar o estado de limpeza do impulsor;</li> <li>• Verificar o estado de desgaste do impulsor;</li> <li>• Verificar o estado de limpeza e conservação do sistema de elevação;</li> <li>• Verificar o funcionamento da válvula de retenção;</li> <li>• Verificação de sinais de corrosão e estado de pintura;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar limpeza geral da máquina;</li> <li>• Verificação do comando local;</li> <li>• Verificar as ligações elétricas e buçins;</li> <li>• Verificar o funcionamento através das boias de nível;</li> <li>• Revisão do sistema eletrónico de variação de velocidade, caso exista.</li> </ul>	

### 7.5.3 Arejador de superfície

Na Tabela 22 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar em arejadores de superfície e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 22 - Inspeções a realizar em arejadores de superfície

Inspeção Mensal	Inspeção Trimestral
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar existência de ruídos ou vibrações;</li> <li>• Verificação dos sinais de corrosão e estado da pintura;</li> <li>• Verificação da limpeza geral da máquina;</li> <li>• Medição da corrente de consumo;</li> <li>• Verificação do regulador térmico;</li> <li>• Medição da tensão de alimentação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar óleo da caixa redutora;</li> <li>• Verificar existência de folgas nos rolamentos;</li> <li>• Verificação do aperto dos apoios da fixação;</li> <li>• Verificação do comando local;</li> <li>• Verificação do funcionamento das pás de refrigeração do motor.</li> </ul>
Inspeção Anual	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medições termográficas;</li> <li>• Medições de vibração;</li> <li>• Verificação do alinhamento e aperto do veio;</li> <li>• Substituir o óleo;</li> <li>• Verificar limpeza das hélices;</li> <li>• Verificação visual das ligações elétricas e buçins;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação do reaperto da cablagem;</li> <li>• Medição das resistências de isolamento do motor;</li> <li>• Medição das resistências de isolamento do cabo de alimentação;</li> <li>• Medição da resistência de terra;</li> <li>• Realização de ensaio em vazio e rotor-bloqueado para analisar as perdas do sistema.</li> </ul>

### 7.5.4 Gerador de Emergência

Na Tabela 23 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar no gerador de emergência e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 23 - Inspeções a realizar no gerador de emergência

Inspeção Mensal	Inspeção Trimestral
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação de equipamentos de medida;</li> <li>• Verificação de Lâmpadas Sinalizadoras;</li> <li>• Verificação da limpeza geral da máquina;</li> <li>• Medição da tensão das baterias;</li> <li>• Verificar o nível de óleo e combustível;</li> <li>• Verificar o funcionamento dos contadores;</li> <li>• Medição da tensão de funcionamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaperto de bornes;</li> <li>• Verificação geral do involucro;</li> <li>• Verificação do comando local;</li> <li>• Verificação do funcionamento do quadro inversor;</li> <li>• Verificação da ausência de ruído e vibrações;</li> <li>• Verificação da ligação elétrica e dos buçins.</li> </ul>
Inspeção Anual	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise termográficas;</li> <li>• Verificação do alinhamento do veio;</li> <li>• Substituir o óleo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição das resistências de terra;</li> <li>• Medição das resistências de isolamento.</li> </ul>

### 7.5.5 Posto de Transformação

Na Tabela 24 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar no PT e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 24 - Inspeções a realizar no PT

Inspeção Trimestral	Inspeção Anual
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza geral do quadro;</li> <li>• Análise e verificação do estado geral de conservação e funcionamento do transformador;</li> <li>• Verificar o estado geral de corrosão e pintura;</li> <li>• Verificar o funcionamento de contadores;</li> <li>• Verificação do regulador térmico;</li> <li>• Verificar ligações à terra;</li> <li>• Verificação do comando local;</li> <li>• Verificação visual das ligações elétricas e buçins;</li> <li>• Medição da tensão do lado secundário;</li> <li>• Verificação e limpeza interior e exterior das celas MT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar o estado de condição dos órgãos de corte e proteção dos equipamentos MT;</li> <li>• Reaperto de bornes;</li> <li>• Verificação de equipamentos de medida;</li> <li>• Verificação de lâmpadas sinalizadoras;</li> <li>• Verificação geral do invólucro;</li> <li>• Verificar fixação do quadro;</li> <li>• Medição termográfica;</li> <li>• Verificar os encravamentos sobre os órgãos MT e BT dos transformadores;</li> <li>• Ensaio em vazio e em curto-circuito para determinar os parâmetros do transformador;</li> <li>• Verificar existência de elementos de segurança;</li> <li>• Verificação do sistema de manobra do seccionador;</li> <li>• Lubrificação de contactos e encaixes dos seccionadores (em carga e em vazio);</li> <li>• Lubrificar as partes mecânicas móveis do disjuntor.</li> </ul>
Inspeção Triannual	Inspeção Semestral
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisar o óleo dielétrico dos transformadores e sua substituição, se necessário;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza geral do quadro;</li> <li>• Medição da resistência da terra de serviço</li> <li>• Medição da resistência da terra de proteção;</li> <li>• Medição da resistência de isolamento dos cabos do secundário;</li> <li>• Medição da resistência de isolamento dos enrolamentos (primário e secundário);</li> <li>• Ensaio a atuação mecânica dos relés diretos;</li> <li>• Verificar e ensaiar as regulações dos relés diretos e indiretos;</li> <li>• Verificar o estado de funcionamento dos dispositivos de proteção e alarme.</li> </ul>

### 7.5.6 Quadros elétricos

Na Tabela 25 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar em quadros elétricos e a sua respetiva periodicidade.

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Tabela 25 - Inspeções a realizar em quadros elétricos

Inspeção Trimestral	Inspeção Anual
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpeza geral do quadro;</li> <li>• Verificar o estado geral de corrosão e pintura;</li> <li>• Verificar existência de resistência anti condensação;</li> <li>• Verificação de funcionamento do ventilador;</li> <li>• Verificar funcionamento da iluminação interior do quadro;</li> <li>• Verificar o funcionamento de contadores;</li> <li>• Verificar ligações à terra;</li> <li>• Medição da tensão de entrada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição termográfica;</li> <li>• Reaperto de bornes;</li> <li>• Ensaio dos dispositivos diferenciais;</li> <li>• Verificação de equipamentos de medida;</li> <li>• Verificação de lâmpadas sinalizadoras;</li> <li>• Verificação geral do invólucro;</li> <li>• Verificar fixação do quadro;</li> <li>• Verificação de funcionamento do corte geral.</li> </ul>
Inspeção Semestral	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação de funcionamento da UPS.</li> </ul>	

### 7.5.7 Bomba de parafuso

Na Tabela 26 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar em bombas de parafuso e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 26 - Inspeções a realizar em bombas de parafuso

Inspeção Mensal	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição da corrente de consumo;</li> <li>• Medição da tensão de alimentação;</li> <li>• Verificação do regulador térmico;</li> <li>• Verificação de fugas no empanque;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação de sinais de corrosão e estado da pintura;</li> <li>• Verificação de limpeza geral da máquina.</li> </ul>
Inspeção Trimestral	Inspeção Semestral
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação visual das ligações elétricas e buçins;</li> <li>• Limpeza de alhetas de arrefecimento do motor;</li> <li>• Verificação do comando local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar estado e nível de óleo.</li> </ul>
Inspeção Anual	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituir o óleo;</li> <li>• Lubrificação de veio e rolamentos;</li> <li>• Substituir o empanque;</li> <li>• Verificação de alinhamento do sistema de acoplamento;</li> <li>• Verificação de desgaste do veio de acoplamento;</li> <li>• Verificação da proteção térmica do estator;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificação do reaperto da cablagem;</li> <li>• Verificação de funcionamento do variador (caso exista);</li> <li>• Medição da resistência de isolamento dos cabos;</li> <li>• Medição da resistência de isolamento do motor.</li> </ul>

### 7.5.8 Cogedor

Na Tabela 27 são expostas as tarefas de manutenção preventiva sistemática a realizar nos cogedores e a sua respetiva periodicidade.

Tabela 27 - Inspeções a realizar nos cogedores

Inspeção Semanal	Inspeção a todas as 2000h
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medição da qualidade do biogás.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmontar e limpar pick-up's de velocidade e ignição;</li> <li>• Substituição do filtro de ar.</li> </ul>
Inspeção a todas as 500h	Inspeção a todas as 6000h
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudança de óleo lubrificante;</li> <li>• Mudança dos filtros de óleo;</li> <li>• Ajuste de folga das válvulas;</li> <li>• Substituição das velas de ignição;</li> <li>• Verificação/limpeza do filtro de ar;</li> <li>• Verificação do nível do líquido refrigerante;</li> <li>• Verificação/limpeza do filtro de gás;</li> <li>• Verificar existência de fugas de água, reparar se necessário;</li> <li>• Verificar existência de fugas de gás, reparar se necessário.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição do filtro de água;</li> <li>• Substituição do filtro de gás;</li> <li>• Substituição dos cabos das velas;</li> <li>• Verificação/substituição das baterias.</li> </ul>

## 7.6 Intervenções de Manutenção Corretiva

Neste subcapítulo são apresentados equipamentos presentes na ETAR de Espinho nos quais surgiu uma avaria inesperada e de nível corretivo.

É demonstrado todo o processo de reparação, começando pelo diagnóstico inicial de avaria do equipamento e o levantamento do material necessário para a sua reparação. Numa segunda fase é realizada uma análise económica onde é verificado se é compensatória a reparação do equipamento ou a aquisição de um novo. Para finalizar é mencionada uma breve descrição da reparação efetuada e da reposição de cada equipamento no seu respetivo funcionamento.

Em cada subcapítulo é mencionado cada passo, conforme realizado no *software* de manutenção e gestão de ativos o AQUAMAN.

### 7.6.1 Intervenção Motor Elétrico SEW

#### Pedido de Trabalho:

Uma das pontes raspadoras dos decantadores primários entrou em avaria, uma vez que se trata de um equipamento imprescindível para o correto funcionamento a nível de operação, foi criado um pedido de trabalho com carácter de urgência.

### **Ordem de Trabalho:**

Foi criada ordem de trabalho e a equipa de manutenção deslocou-se ao local para verificação do equipamento, após análise, verificou-se que o motor responsável pelo movimento da ponte raspadora se encontrava em disparo do disjuntor térmico. Foram ainda verificados os circuitos de comando e potência do motor e deparou-se que o disjuntor magneto-térmico não era o adequado ao presente motor elétrico, uma vez que a sua corrente de regulação era superior ao pretendido para a proteção do motor.

A Figura 74 ilustra o motor elétrico em avaria (A) e a sua respetiva chapa de características (B).



Figura 74 - (A) Motor elétrico; (B) Chapa de características

### **Diagnóstico:**

Foram efetuadas medições elétricas ao motor, onde foi verificado que um enrolamento se encontrava em aberto. O motor foi aberto e deparou-se que o estator se encontrava danificado, foi ainda verificada a necessidade de substituição de rolamentos, retentores e freios. A nível de proteção do motor existe a necessidade de troca do disjuntor térmico para um com a regulação indicada para proteção do motor.

Na Figura 75 pode se visualizar o estator do motor elétrico queimado, esta foi a causa que provocou a entrada do equipamento em avaria.

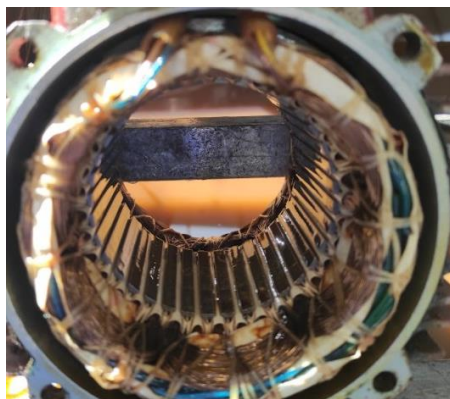


Figura 75 - Estator queimado

### **Orçamentação:**

Após a identificação dos componentes danificados, foram enviados pedidos de orçamentação do material necessário para a reparação do motor e para um novo motor.

Na Tabela 28 encontra-se o **orçamento para reparação do motor elétrico da SEW.**

Tabela 28 - Orçamento para reparação do motor elétrico

<b>Tipo: Motor Elétrico</b>				
<b>Marca: SEW</b>				
<b>Modelo: DRN71MS4/FG</b>				
<b>Nº Serie: 55.8182537501.0001.22.40</b>				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Bobinagem	1,00	un	82,00 €	82,00 €
Rolamento 6203	1,00	un	3,55 €	3,55 €
Rolamento 6303	1,00	un	4,67 €	4,67 €
Retentor 16x28x7	1,00	un	1,95 €	1,95 €
Retentor 17x30x7	1,00	un	1,95 €	1,95 €
Freio Ext 10	1,00	un	0,09 €	0,09 €
Freio Ext 17	1,00	un	0,16 €	0,16 €
Disjuntor Térmico	1,00	un	32,00 €	32,00 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>126,37 €</b>

Na Tabela 29 encontra-se o **custo de aquisição para novo motor elétrico**, para substituição do motor que entrou em avaria.

Tabela 29 - Orçamento para novo motor elétrico

<b>Tipo: Motor Elétrico</b>				
<b>Marca: SEW</b>				
<b>Modelo: DRN7IMS4/FG</b>				
<b>Nº Serie: 55.8182537501.0001.22.40</b>				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo Equipamento	1,00	un	254,59 €	254,59 €
Disjuntor Térmico	1,00	un	32,00 €	32,00 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>286,59 €</b>

Analisando ambos os orçamentos, é compensatório seguir com a reparação do motor elétrico, uma vez que tem um custo bastante inferior e o motor ainda se apresentar em bom estado de conservação.

### **Reparação:**

Seguiu-se com a aquisição dos elementos necessários para a reparação do motor (rolamentos, retentores e freios). O estator do motor foi enviado para uma empresa externa para efetuar a bobinagem do estator.

Após a reparação do estator, procedeu-se à montagem do motor elétrico onde foram substituídos os elementos acima descritos. Foi trocado o disjuntor térmico por um com a regulação de corrente adequada para o motor, de seguida, o motor foi instalado no local e ficou operacional.

Foram realizadas medições elétricas ao motor elétrico e verificou-se que se encontrava a funcionar dentro da normalidade.

A ordem de trabalho foi dada como fechada no *software* de gestão de manutenção.

## **7.6.2 Intervenção Bomba Submersível EFAFLU**

### **Pedido de Trabalho:**

Foi enviado pela equipa de operação uma solicitação relativamente à bomba submersível de recirculação de lamas, devido a esta se encontrar em avaria no sistema de supervisão.

**Ordem de Trabalho:**

Foi criada uma ordem de trabalho para a verificação desta anomalia, a equipa de manutenção deslocou-se ao local para verificação do estado de funcionamento da bomba. Foi efetuada uma tentativa de arrancar com a bomba, esta disparou o disjuntor diferencial.

Na Figura 76 encontra-se o corpo da bomba submersível (A), a voluta da bomba (B) e a chapa de características da respetiva bomba (C).



Figura 76 - (A) Corpo da bomba; (B)Voluta; (C) Chapa de características

**Diagnóstico:**

A bomba foi retirada para verificação da causa da sua avaria. Foram realizadas medições elétricas e foi verificado que a bomba se encontrava com passagem à terra. Desta forma a bomba foi encaminhada para a oficina, foi aberta e verificou-se água no interior, causado por uma falha na vedação, devido ao empanque se encontrar danificado. Foi ainda verificado um elevado desgaste no impulsor.

Na Figura 77 podemos verificar as ocorrências acima mencionadas onde se encontra o desgaste excessivo presente no impulsor (A), a entrada de água no interior da bomba (B) e o empanque danificado (C).

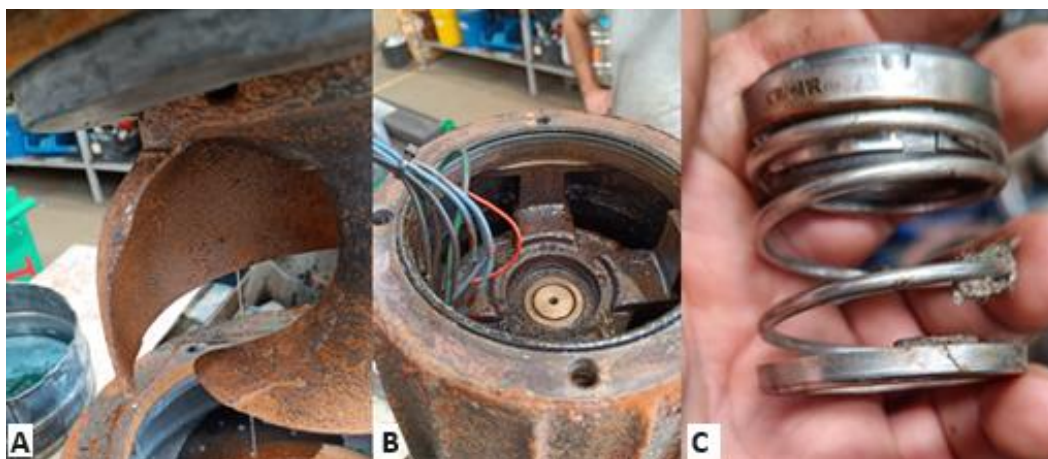


Figura 77 - (A) Desgaste no impulsor; (B) Água no interior da bomba; (C) Empanque danificado

### Orçamentação:

Após a identificação dos componentes que necessitam de substituição, foram enviados pedidos de orçamentação para o material danificado e para um novo equipamento.

Na Tabela 30 encontra-se o **orçamento para reparação da bomba submersível**, onde constam todos os elementos que necessitam de substituição para repor a bomba em funcionamento.

Tabela 30 - Orçamento para reparação de bomba submersível

<b>Tipo: Bomba Submersível</b>				
<b>Marca: EFAFLU</b>				
<b>Modelo: MCFF41 IR-0307</b>				
<b>Nº Serie: 42006325 I</b>				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Rolamento 6305	1,00	un	6,64 €	6,64 €
Rolamento 3307 BD XL	1,00	un	59,82 €	59,82 €
Oring 140x4,5	1,00	un	1,02 €	1,02 €
Oring 209,30x5,70	1,00	un	1,61 €	1,61 €
Oring 219,30x5,7	1,00	un	1,60 €	1,60 €
Empanque AT 30x54x15	1,00	un	6,32 €	6,32 €
Estacionário 33x57x10	1,00	un	3,59 €	3,59 €
Empanque FP/C TSC	1,00	un	23,85 €	23,85 €
Estacionário 32x51x9,5	1,00	un	20,72 €	20,72 €
Impulsor	1,00	un	1 219,00 €	1 219,00 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>1 344,17 €</b>

Na Tabela 31 encontra-se o **custo para aquisição de uma nova bomba submersível**.

Tabela 31 - Orçamento para nova bomba submersível

<b>Tipo:</b> Bomba Submersível				
<b>Marca:</b> EFAFLU				
<b>Modelo:</b> MCFF41 IR-0307				
<b>Nº Serie:</b> 420063251				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo Equipamento	1,00	un	7 376,38 €	7 376,38 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>7 376,38 €</b>

Verificando as duas hipóteses para repor o sistema em funcionamento é vantajoso proceder à reparação da bomba devido ao seu custo inferior e ao bom estado da carcaça da bomba.

### **Reparação:**

Foi efetuada a compra do material necessário à reposição da bomba em funcionamento.

A bomba foi montada em oficina, onde foram substituídos os itens de vedação e dinâmicos que se encontravam danificados. Foi ainda substituído o impulsor devido ao seu elevado desgaste, este desgaste iria comprometer o funcionamento da bomba.

A bomba foi levada para o local, foi instalada e ficou em bom funcionamento. Para finalizar foram realizadas medições elétricas ao equipamento e este apresentou-se sem qualquer tipo de anormalidade no seu funcionamento.

A ordem de trabalho foi dada como fechada no *software* de gestão de manutenção.

### **7.6.3 Intervenção Bomba Muticelular Vertical LOWARA**

#### **Pedido de Trabalho:**

Foi realizado um pedido de trabalho referente a uma das bombas de água de serviço, com indicação pelos operadores, que a bomba provocava o disparo do disjuntor diferencial.

### Ordem de Trabalho:

Foi aberta uma ordem de trabalho, por forma a verificar a anomalia existente. A equipa de manutenção deslocou-se ao local, para um diagnóstico mais preciso.

Na Figura 78 encontra-se a bomba multicelular da Lowara composta pelo motor elétrico e pelo conjunto hidráulico (A) e a chapa de características do equipamento (B).

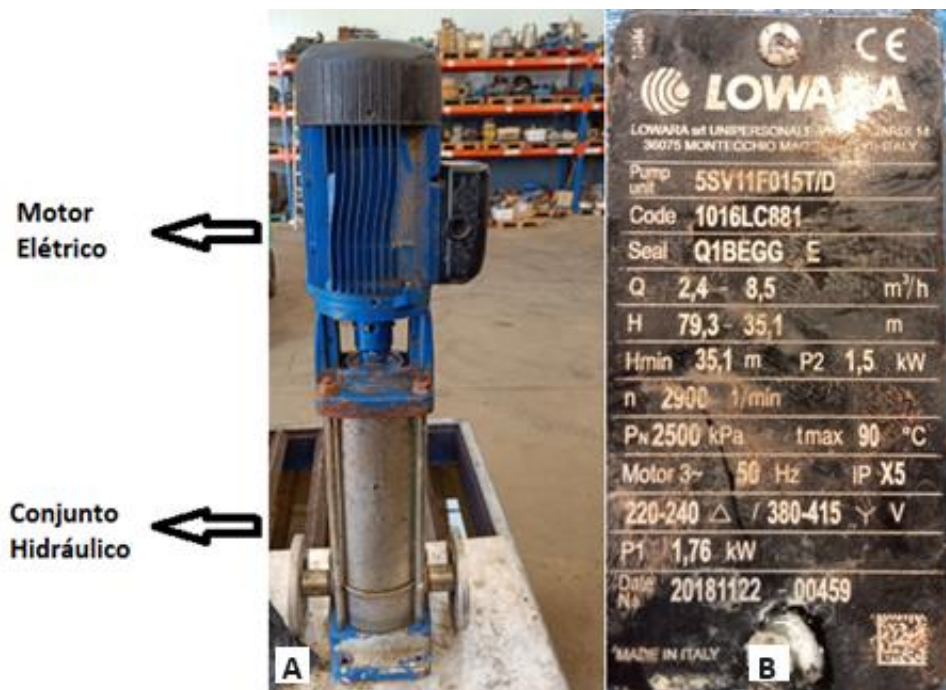


Figura 78 – (A) Bomba multicelular vertical; (B) Chapa de características

### Diagnóstico:

Foi verificado que a bomba necessitava de ir para a oficina para efetuar o diagnóstico. Primeiramente foi separado o motor elétrico do conjunto hidráulico.

O motor foi testado e verificado que se encontra em boas condições de funcionamento. Relativamente ao conjunto hidráulico foi verificado que se encontra completamente danificado, como se pode verificar na Figura 79 , desta forma este conjunto necessita de ser adquirido para a reparação e reposição da bomba em funcionamento.



Figura 79 - Conjunto hidráulico danificado

### Orçamentação:

Após a identificação dos componentes que necessitam de substituição, foram enviados pedidos de orçamentação para a parte hidráulica e para um novo equipamento.

Na Tabela 32 encontra-se o **orçamento de reparação da bomba multicelular**, onde consta o conjunto hidráulico, este considerado como danificado na fase de diagnóstico.

Tabela 32 - Orçamento para reparação de bomba multicelular

<b>Tipo:</b> Bomba Multicelular				
<b>Marca:</b> Lowara				
<b>Modelo:</b> 5SV11F01ST/D				
<b>N° Serie:</b> 1016LC881				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Conjunto Hidráulico	1,00	un	518,51 €	518,51 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>518,51 €</b>

Na Tabela 33 encontra-se o **orçamento para aquisição de uma nova bomba**.

Tabela 33 - Orçamento para nova bomba multicelular

<b>Tipo:</b> Bomba Multicelular				
<b>Marca:</b> Lowara				
<b>Modelo:</b> 5SV11F01ST/D				
<b>N° Serie:</b> 1016LC881				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo Equipamento	1,00	un	719,55 €	719,55 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>719,55 €</b>

Confrontando os dois orçamentos, de reparação e de aquisição de um novo equipamento, podemos concluir que compensa efetuar a reparação da bomba, uma vez que o motor elétrico se encontra em bom funcionamento e apenas é necessária a aquisição do conjunto hidráulico para repor o equipamento em bom funcionamento.

#### **Reparação:**

Seguiu-se com a aquisição do conjunto hidráulico. Foi efetuada a montagem da bomba onde foi substituído o conjunto hidráulico. O equipamento foi instalado no local e reposto em funcionamento.

Foram efetuadas medições elétricas para verificar o seu estado, onde foi concluído que a bomba multicelular se encontrava em perfeito estado de funcionamento. Desta forma a ordem de trabalho foi dada como concluída no *software* de gestão de manutenção.

#### **7.6.4 Intervenção Agitador Submersível SULZER**

##### **Pedido de Trabalho:**

Foi realizada uma comunicação pela equipa de operação relativamente ao estado de funcionamento do agitador submersível do tanque de lamas mistas.

##### **Ordem de Trabalho:**

Foi criada uma ordem de trabalho para a análise da avaria existente no agitador, seguindo-se da deslocação de técnicos da manutenção ao local para a realização de um diagnóstico ao equipamento.

Na Figura 80 observa-se o agitador submersível da sulzer (A) e a sua respetiva chapa de características (B).



Figura 80 - (A) Agitador submersível; (B) Chapa de características

### **Diagnóstico:**

Foram realizados alguns ensaios e verificou-se que o agitador estava a disparar o diferencial devido a este estar com passagem à terra.

O equipamento foi levado para oficina e foi aberto para a sua devida verificação. Constatou-se que o equipamento se encontra com a bobinagem queimada, necessitava da substituição dos elementos de vedação e dinâmicos (rolamentos, orings, empanques, estacionário, casquilho, etc.).

Na Figura 81 verifica-se a vedação deficiente existente para o estator (A) e o mesmo estator queimado (B).

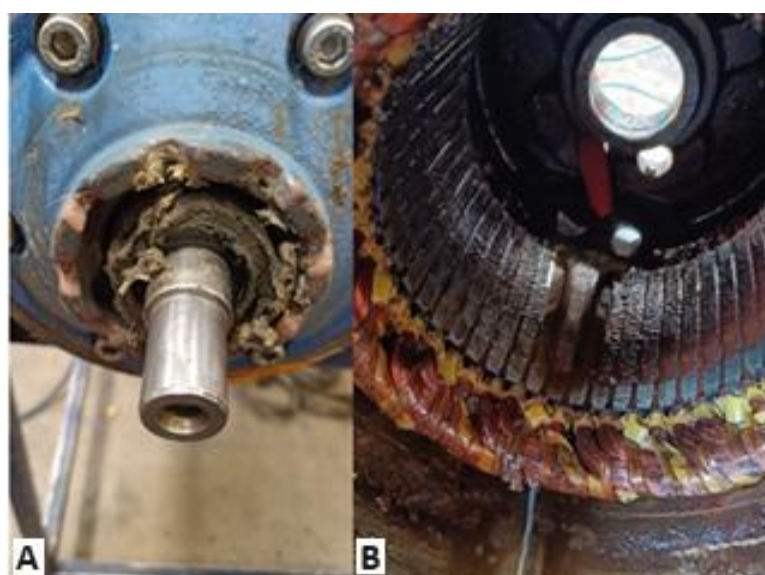


Figura 81 - (A) Empanque de vedação cárter de óleo; (B) Estator queimado

**Orçamentação:**

Após o diagnóstico ao agitador, foram realizados pedidos de cotação de material para reparação e de um novo equipamento.

Na Tabela 34 encontra-se o **orçamento para reparação do agitador**, onde constam os elementos mencionados no diagnóstico que necessitam de substituição para a reposição do Agitador em funcionamento na normalidade.

Tabela 34 - Orçamento para reparação do agitador submersível

<b>Tipo: Agitador Submersível</b>				
<b>Marca: Sulzer</b>				
<b>Modelo: ABS RW-403 I -A40/8-EC</b>				
<b>Nº Serie: 000473 I</b>				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Rolamento 6307	1,00	un	9,72 €	9,72 €
Rolamento 6204	1,00	un	3,73 €	3,73 €
Oring 39x5	1,00	un	0,17 €	0,17 €
Oring 93x3	1,00	un	0,25 €	0,25 €
Oring 195x3	2,00	un	0,99 €	1,98 €
Oring 150x3	1,00	un	0,56 €	0,56 €
Oring 202x4	1,00	un	1,46 €	1,46 €
Retentor 35x62x7	1,00	un	1,48 €	1,48 €
Empanque BG I 30 NTB	1,00	un	29,07 €	29,07 €
Estacionário 31x45x7,5	1,00	un	9,09 €	9,09 €
Casquilho 17x40x30	1,00	un	15,98 €	15,98 €
Empanque STE	1,00	un	143,92 €	143,92 €
Bobinagem	1,00	un	456,97 €	456,97 €
Kit Vedante Sonda	1,00	un	59,30 €	59,30 €
Junta (43070497)	1,00	un	48,00 €	48,00 €
Bucim (31320142)	1,00	un	37,52 €	37,52 €
Anilha (42010088)	1,00	un	8,88 €	8,88 €
Parafuso (11210243)	1,00	un	7,93 €	7,93 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>836,01 €</b>

Na Tabela 35 encontra-se o **orçamento para aquisição de um novo agitador** equivalente ao que se encontra em avaria.

Tabela 35 - Orçamento para novo agitador submersível

<b>Tipo:</b> Agitador Submersível				
<b>Marca:</b> Sulzer				
<b>Modelo:</b> ABS RW-403 I-A40/8-EC				
<b>N° Serie:</b> 000473 I				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo Equipamento	1,00	un	4 816,00 €	4 816,00 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>4 816,00 €</b>

Comparando os custos para reparação e para a aquisição do agitador, a opção passou pela reparação devido ao custo ser inferior.

### Reparação:

O equipamento foi enviado para empresa externa para efetuar a rebobinagem do estator.

Foram substituídos os elementos danificados (rolamentos, orings, retentor, empanques e estacionário). Foi colocado um casquilho para vedação do cabo elétrico e um vedante para a sonda do óleo, esta responsável pela pressão do óleo no cárter.

O equipamento foi instalado e ficou em bom funcionamento, foram efetuadas medidas elétricas e estavam dentro dos parâmetros. A ordem de trabalho foi dada como fechada no *software* de gestão de manutenção.

### 7.6.5 Intervenção Agitador Submersível FLYGT

#### Pedido de Trabalho:

Foi verificado pela equipa de operação que o agitador submersível se encontrava em avaria no sistema de supervisão.

#### Ordem de Trabalho:

Foi criada uma ordem de trabalho e enviada a equipa de manutenção ao local para efetuar o diagnóstico de avaria.

Na Figura 82 ilustra-se o agitador submersível (A) que entrou em avaria e a sua respetiva chapa de características (B).

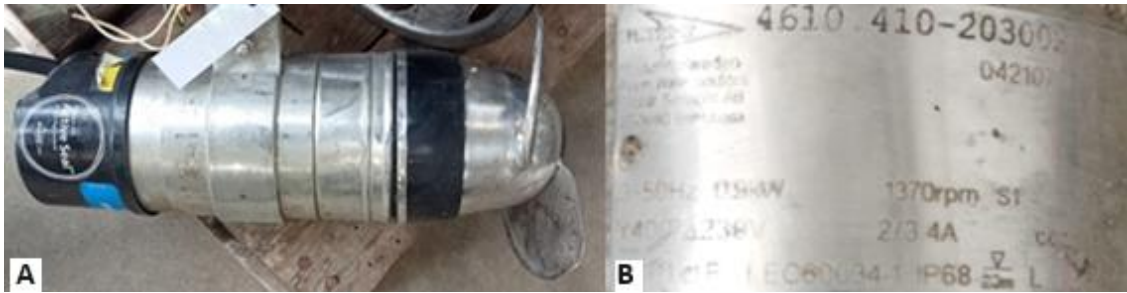


Figura 82 - (A) Agitador submersível; (B) chapa de características

### **Diagnóstico:**

Inicialmente foi verificado o circuito de potência no quadro elétrico e quando o equipamento era colocado em funcionamento o disjuntor térmico disparava. O equipamento foi retirado para verificação em oficina, foram efetuadas medições elétricas e constatou-se que as resistências de cada enrolamento tinham valores com diferenças superiores ao suposto.

Foi aberto o agitador, após análise, foi verificado que apresentava o estator queimado e continha os elementos de vedação e dinâmicos danificados. Necessita assim da substituição destes elementos referidos.

Na Figura 83 apresentam-se as peças que se encontravam danificadas. Verifica-se no veio do rotor um dos rolamentos que necessita de substituição (A) e o empanque, responsável pela vedação, danificado (B).

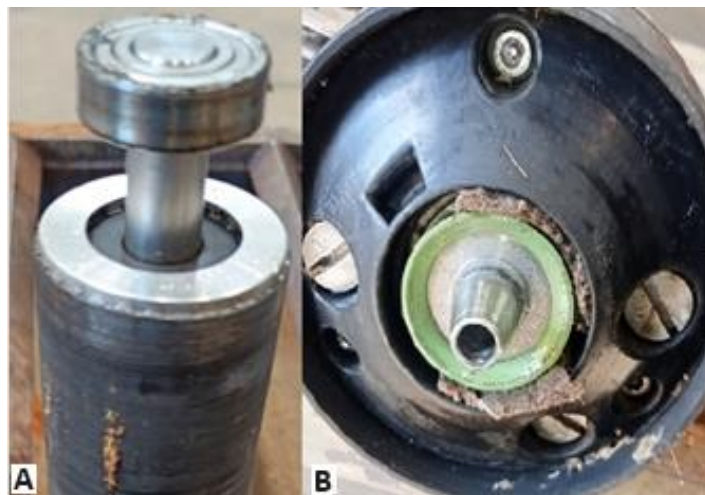


Figura 83 - Empanque e rolamentos danificados

### **Orçamentação:**

Foram efetuados pedidos de orçamentação aos fornecedores do material necessário à reparação do agitador e de um novo agitador.

Na Tabela 36 é apresentado o **orçamento para reparação do agitador submersível**.

Tabela 36 - Orçamento para reparação do agitador submersível

<b>Tipo:</b> Agitador Submersível				
<b>Marca:</b> Flygt				
<b>Modelo:</b> 4610.410				
<b>N° Serie:</b> 2030028				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Bobinagem	1,00	un	98,00 €	98,00 €
Rolamento 6304 2Z	1,00	un	3,89 €	3,89 €
Rolamento 6301 2Z	1,00	un	2,75 €	2,75 €
Empanque Flygt TF252	1,00	un	253,55 €	253,55 €
Kit de Orings	1,00	un	3,34 €	3,34 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>361,53 €</b>

Na Tabela 37 consta o **orçamento para aquisição de um novo agitador equivalente ao existente**.

Tabela 37 - Orçamento para um novo agitador submersível

<b>Tipo:</b> Agitador Submersível				
<b>Marca:</b> Flygt				
<b>Modelo:</b> 4610.410				
<b>N° Serie:</b> 2030028				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo equipamento	1,00	un	1 064,05 €	1 064,05 €
<b>Total de Reparação:</b>				<b>1 064,05 €</b>

Analisando ambos os orçamentos indicados, a opção de aquisição passou pelo orçamento de reparação, sendo efetuada a reparação e colocado o equipamento em operação, tendo ficado no estado de bom funcionamento.

### **Reparação:**

O equipamento foi enviado para uma empresa externa para efetuar a rebobinagem do estator. Foram substituídos os elementos danificados, rolamentos, kit de oring's e empanque.

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Para concluir, o agitador foi instalado, foi efetuado o seu ensaio funcional e verificadas as medições elétricas em funcionamento.

Este apresentou-se dentro dos seus parâmetros de funcionamento esperados. A ordem de trabalho foi fechada no *software* de gestão de manutenção.

### 7.6.6 Intervenção Parafuso Transportador de Lamas

#### Pedido de Trabalho:

Foi verificado pela equipa de operação, que o transportador de lamas desidratadas se encontrava com pouca eficiência a realizar o transporte, desta forma foi criado um pedido de trabalho.

#### Ordem de Trabalho:

O pedido de trabalho originou uma ordem de trabalho. A equipa de manutenção foi enviada ao local para verificação do estado do transportador de lamas.

Na Figura 84 podemos observar o motorreductor que aciona o parafuso transportador (A) e a sua respetiva chapa de características (B).



Figura 84 - (A) Motorreductor; (B) Chapa de características

#### Diagnóstico:

O equipamento foi alvo de diagnóstico pela equipa de manutenção e verificou-se desgaste acentuado no parafuso transportador e nas placas PEAD do transportador, o que condiciona o transporte das lamas desidratadas.

Na Figura 85 observa-se o elevado desgaste encontrado na zona central do parafuso (A). Na Figura 85 B encontra-se a parte final do parafuso onde é notório, que comparativamente com a Figura 85 A, o seu desgaste é bastante inferior. Na Figura 85 C verifica-se o desgaste presente nas placas em PEAD do transportador.

Desta forma verifica-se que é necessária a substituição do parafuso e das respetivas placas PEAD.

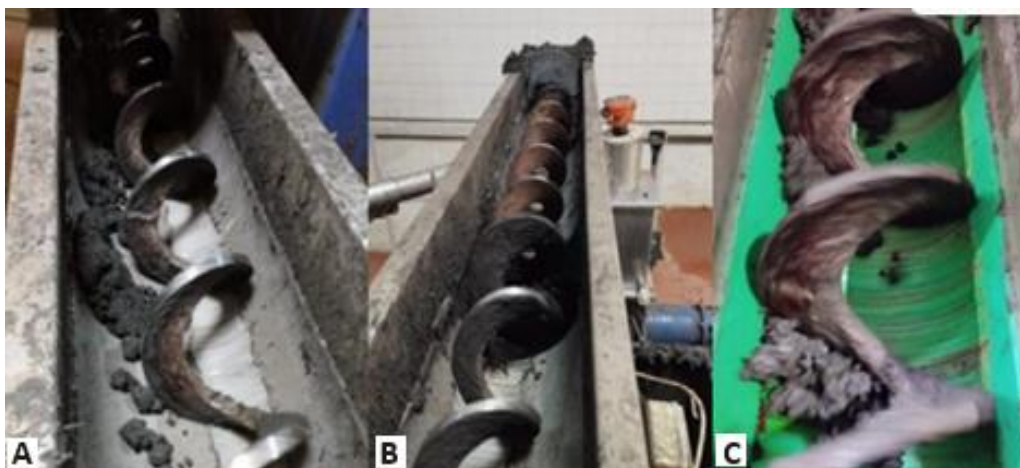


Figura 85 - (A) Desgaste no parafuso; (B) Parafuso em boas condições; (C) Placas PEAD com desgaste

### Orçamentação:

Foram efetuadas consultas no mercado para a aquisição de parafuso e das placas de desgaste, foi ainda consultado o preço para a substituição total do transportador onde se inclui toda a estrutura.

Na Tabela 38 é apresentado o **orçamento para aquisição do parafuso e as placas em PEAD**.

Tabela 38 - Orçamento para substituição de peças

<b>Tipo:</b> Transportador de Lamas Desidratadas				
<b>Marca:</b> Sistemas e Técnicas Industriais				
<b>Modelo:</b> TSF 26				
<b>Nº Serie:</b> 313-082-2006				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Parafuso Helicoidal	1,00	un	2 380,00 €	2 380,00 €
Placas de Desgaste	1,00	un	1 580,00 €	1 580,00 €
<b>Total de Reparação:</b>			<b>3 960,00 €</b>	

Na Tabela 39 é apresentado o **orçamento para aquisição de um novo transportador de lamas desidratadas.**

Tabela 39 - Orçamento para novo transportador

<b>Tipo:</b> Transportador de Lamas Desidratadas				
<b>Marca:</b> Sistemas e Técnicas Industriais				
<b>Modelo:</b> TSF 26				
<b>Nº Serie:</b> 313-082-2006				
<b>Tipo de material</b>	<b>Qt</b>	<b>Unid</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Preço Total</b>
Novo Transportador	1,00	un	10 100,00 €	10 100,00 €
			<b>Total de Reparação:</b>	<b>10 100,00€</b>

Analisando ambos os orçamentos referidos, a opção de aquisição passou pelo orçamento de substituição do parafuso e das placas de desgaste, uma vez que a estrutura do transportador se encontra em bom estado e ao menor custo.

### Reparação:

Foram adquiridas as placas em PEAD e o parafuso, estes foram substituídos no transportador de lamas desidratadas. O transportador, após reparação, ficou em bom funcionamento e com grande capacidade para o transporte das lamas.

## 7.7 Conclusão

Este capítulo descreveu, de uma forma detalhada e exaustiva, as principais ações de manutenção efetuadas, durante este trabalho, em equipamentos com anomalias ou avariados. Para cada caso analisaram-se duas vertentes económicas, o custo de reparação ou de substituição por novo, tendo-se optado pela vertente mais económica. Em todos os casos apresentados os equipamentos, terminadas as ações de manutenção, ficaram a funcionar em boas condições na instalação.



## 8 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente capítulo apresenta uma síntese das principais conclusões alcançadas ao longo do desenvolvimento do projeto e os Anexos A, B, C, D e E apresentam detalhes referentes aos trabalhos descritos nos capítulos anteriores.

Todas as intervenções efetuadas ao longo do projeto, independentemente do seu tipo, visam aumentar a disponibilidade e vida útil dos equipamentos, com a finalidade de obter melhorias nas diversas fases de tratamento da instalação. Este trata-se do tema de maior importância para o bem-estar das populações e para o meio ambiente, que não pode de forma alguma, ser desprezado pelas sociedades urbanas e industriais.

Conciliando um bom serviço a nível de operação e manutenção na ETAR, são obtidos resultados bastante satisfatórios como:

- Separação das areias – que podem ser usadas na construção civil;
- Produção de lamas – para além de serem usadas como fertilizantes, se forem de qualidade vão proporcionar um aumento do biogás que desta forma vai aumentar a produção de energia elétrica;
- Água de saída – reutilização para regas e lavagens e grande maioria devolvida à natureza nas suas devidas condições ambientais.

O principal objetivo deste trabalho foi aumentar a disponibilidade e vida útil dos equipamentos presentes na instalação ao menor custo possível. Com a implementação de boas práticas de gestão de manutenção, conseguiu-se a diminuição de anomalias a nível corretivo, e por sua vez, pedidos de trabalho à equipa e manutenção.

Esta redução de intervenções a nível corretivo, aumentou a disponibilidade para as intervenções de manutenção preventiva sistemática e condicionada. Estas intervenções de manutenção preventiva são de extrema importância, pois com verificações preventivas de carácter cíclico em intervalos de tempo pré-definidos e com técnicas de manutenção condicionada conseguimos ir acompanhando o funcionamento dos equipamentos e desta forma evitar avarias não planeadas de nível corretivo. De referir que as intervenções de manutenção preventiva apresentam menores custos de reparação comparativamente com as intervenções de manutenção corretiva.

As estratégias bem definidas para a realização de intervenções preventivas, não anulam a possibilidade de ocorrência de avarias nos equipamentos. Nestas avarias é de extrema importância a realização de um diagnóstico pormenorizado e criterioso, por forma a identificar de forma objetiva os elementos que realmente estão danificados. Reunidos os elementos que necessitam verdadeiramente da sua

reposição, é necessário proceder à sua orçamentação. Este passo também é de elevada importância e onde poderão ser reduzidos custos.

## 8.1 Proposta de trabalhos futuros

Relativamente a trabalhos futuros, ao longo da realização do projeto, foram verificados alguns pontos que podem tornar a gestão da manutenção mais eficiente, na Tabela 40 são apresentados estes pontos.

Tabela 40 - Sugestões de Melhoria

Equipamentos e peças de reserva	A existência de equipamentos e peças de reserva, prontos para entrar em funcionamento ou, no caso das peças, para uma possível reparação de urgência, trata-se de uma boa prática de manutenção para diminuir as paragens ou as perturbações e para reduzir as paragens na produção. Ainda que esta política acarrete alguns custos e espaço.
<i>Software</i> de Gestão de Manutenção e Ativos	Dedicar mais tempo ao <i>software</i> de gestão de manutenção e ativos, o Aquaman visto ser uma ferramenta bastante completa no que toca à eficiência da gestão de manutenção. Seria importante efetuar uma revisão aos planos de manutenção preventiva já existentes em formato digital e proceder à introdução destes, já com as devidas atualizações, no Aquaman. Após a sua introdução no Aquaman, as tarefas de manutenção são lançadas automaticamente pelo <i>software</i> para a sua respetiva realização, melhorando assim a gestão da manutenção.
Inventário dos ativos	Efetuar um levantamento pormenorizado dos equipamentos presentes na instalação como: prazo de garantia, manual do utilizador, dados de verificações anteriores, dados de reparações anteriores, entre outros. De seguida inserir no <i>software</i> de gestão de manutenção e ativos a informação recolhida. Desta forma poderemos consultar a qualquer momento informações técnicas do equipamento ou peças necessárias para uma possível reparação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Delgado, Vantagens e Desvantagens do Outsourcing: Estudo dos casos Queensland Health e WhatsApp Advantages and Disadvantages of Outsourcing: Case study of Queensland Health and WhatsApp. 2022. doi: 10.13140/RG.2.2.14351.66721.
- [2] I. Vaz, «O Outsourcing - O Outsourcing dos Recursos Humanos», dez. 2022.
- [3] J. Nóbrega, «Os caminhos do Outsourcing de SI/TI», Computerworld. Acedido: 26 de maio de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.computerworld.com.pt/2005/10/06/os-caminhos-do-outsourcing-de-siti/>
- [4] D. A. S. dos Santos, «Estratégia de Implementação da Gestão da Manutenção em Regime de Outsourcing». Acedido: 5 de fevereiro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/40917/1/Duarte-Agostinho-Suzano-Santos.pdf>
- [5] J. D. Campbell, «Outsourcing in maintenance management», J. Qual. Maint. Eng., vol. 1, n.º 3, pp. 18–24, jan. 1995, doi: 10.1108/13552519510096369.
- [6] J. M. P. N. Barreto, «Estudo de ETAR». agosto de 2014.
- [7] C. C. Brandão, «Estudo Energético Comparativo da ETAR do Ave», jul. 2018.
- [8] «Espinho», Águas do Centro Litoral. Acedido: 8 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.aguasdocentrolitoral.pt/espinho/>
- [9] «Livro da Água». Acedido: 30 de maio de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://www.sal.spq.pt/docs/Livro\\_agua\\_Escola\\_jose\\_%20Estevao\\_Nov2013.pdf](https://www.sal.spq.pt/docs/Livro_agua_Escola_jose_%20Estevao_Nov2013.pdf)
- [10] T. C. R. de Sousa, «Estação de Tratamento de Águas Residuais: Conceitos e Dimensionamentos». maio de 2016.
- [11] «Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems», set. 2004.
- [12] H. M. Do Monte, M. T. Santos, A. M. Barreiros, e A. Albuquerque, «Tratamento de Águas Residuais». Acedido: 31 de maio de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/13925/1/ERSAR\\_TARESID.pdf](https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/13925/1/ERSAR_TARESID.pdf)
- [13] L. F. Iervolino, «Sistema de lodos ativados», Tratamento de Água. Acedido: 6 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/sistema-lodos-ativados/>
- [14] C. Simões, I. Rosamaninho, e A. G. Henriques, «Guia para a Avaliação de Impacto Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais». novembro de 2008. Acedido: 6 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://www.apambiente.pt/sites/default/files/\\_SNIAMB\\_A\\_APA/Publicacoes/Guias\\_M\\_anuais/guia\\_ETAR\\_final.pdf](https://www.apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_A_APA/Publicacoes/Guias_M_anuais/guia_ETAR_final.pdf)

- [15] F. R. Spellman, Handbook of water and wastewater treatment plant operations. Boca Raton, Fla: Lewis Publishers, 2003.
- [16] A. Maulana, Metcalf & Eddy Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th edition) (2004). Acedido: 8 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://www.academia.edu/40928611/Metcalf\\_and\\_Eddy\\_Wastewater\\_Engineering\\_Treatment\\_and\\_Reuse\\_4th\\_edition\\_2004\\_](https://www.academia.edu/40928611/Metcalf_and_Eddy_Wastewater_Engineering_Treatment_and_Reuse_4th_edition_2004_)
- [17] I. S. Turovskii e P. K. Mathai, Wastewater sludge processing. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2006.
- [18] A. Silva, «Estudo Comparativo de Sistemas de Espessamento de Lamas de ETAR». Acedido: 8 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: [http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/20.500.11960/1440/1/Ana\\_Silva\\_1381.pdf](http://repositorio.ipvc.pt/bitstream/20.500.11960/1440/1/Ana_Silva_1381.pdf)
- [19] I. Croft, «Opções de tratamento de águas residuais por sistemas clássicos de lamas activadas numa perspectiva de minimização de recursos aplicados», set. 2012.
- [20] N. F. T. Alves, «Projecto de pré-dimensionamento de uma ETAR em Luanda - Angola», 2013.
- [21] S. Coelho, S. Velázquez, O. Silva, V. Pecora, e F. Abreu, «Geração de energia elétrica a partir do Biogás proveniente do tratamento de esgoto». Acedido: 8 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n6v1/070.pdf>
- [22] A. Khalid, M. Arshad, M. Anjum, T. Mahmood, e L. Dawson, «The anaerobic digestion of solid organic waste», Waste Manag., vol. 31, n.º 8, pp. 1737–1744, ago. 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.03.021.
- [23] G. do Brasil, «Sem perdas, nem desperdício: saiba tudo sobre cogeração», Medium. Acedido: 12 de agosto de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://gereportsbrasil.com.br/sem-perdas-nem-desperd%C3%ADcio-saiba-tudo-sobre-cogera%C3%A7%C3%A3o-41505521c356>
- [24] «ETAR de Espinho», AdP. Acedido: 8 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <http://www.adp.pt/pt/?id=61&img=28&bl=6>
- [25] F. Sena e F. Didelet, Manutenção de Instalações Técnicas. Engebook, 2016.
- [26] «NP EN 13306:2017 Maintenance terminology».
- [27] F. M. C. Filipe, «Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias», 2006.
- [28] J. T. V. Pitéu, «Manutenção de Edifícios Manutenção das Instalações Técnicas de um Grande Edifício», 2011.
- [29] L. Andrade Ferreira, Uma Introdução à Manutenção, 1ª edição. 1998.
- [30] F. M. C. Santos, «Manutenção Preditiva e Pró-Activa. Filosofias Alternativas ou Complementares. Estudo de Caso», nov. 2013.

- [31] I. Lopes, L. Pires, e P. Bastos, «A decentralized predictive maintenance system based on data mining concepts».
- [32] T. Simões, «Preparação de intervenções de manutenção de sistemas de bombagem das redes de águas e saneamento de Coimbra», 2014.
- [33] D. S.-S. Then, «Facilities management and maintenance», dez. 2004.
- [34] S. Alves, «Desenvolvimento de Manutenção Preventiva numa Empresa Industrial». outubro de 2020.
- [35] J. P. Saraiva Cabral, Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios. Lidel, 2021.
- [36] F. Didelet, C. Dias Sequeira, e F. Sena, Planeamento, Técnicas e Tendências da Manutenção, Engebook. 2019.
- [37] L. Mlynarcczuk, «Aplicação de Termografia para Manutenção Preditiva em Painéis Elétricos». Dezembro de 2018.
- [38] J. L. G. Nina, «Melhoria da Gestão de Manutenção», 2016.
- [39] J. P. Pinto, Manutenção Lean. 2013.
- [40] «Guide D'Application du Fascicule de Documentation AFNOR FDX 60-000 AUX Patrimoines Immobiliers». Acedido: 18 de junho de 2023. [Em linha]. Disponível em: [http://imis.angers.free.fr/site/IMG/pdf/sypemi\\_guide\\_afnor\\_fdx\\_60-000\\_aux\\_patrimoines\\_immobiliers.pdf](http://imis.angers.free.fr/site/IMG/pdf/sypemi_guide_afnor_fdx_60-000_aux_patrimoines_immobiliers.pdf)
- [41] F. Sena e F. Didelet, Fiabilidade e sua aplicação à Manutenção. Publindústria, 2012.
- [42] «Manual do Usuário 374, 375, 376». Acedido: 22 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/37x\\_\\_\\_\\_umpor0000.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/37x____umpor0000.pdf)
- [43] «Fluke 376 True RMS AC/DC Clamp Meter with iFlex®». Acedido: 22 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/testes-eletricos/pincas-amperimetricas/fluke-376>
- [44] «Equipamentos de teste de resistência de isolamento Fluke 1507/1503». Acedido: 22 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/testes-eletricos/equipamentos-de-teste-de-isolamento/fluke-1507>
- [45] «Câmara termográfica Fluke Ti105 para aplicações industriais e comerciais». Acedido: 22 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/camaras-de-imagens-termicas/ti105>
- [46] «Medidor de Vibrações Fluke 810». Acedido: 22 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/manutencao-mecanica/analise-de-vibracao/fluke-810>
- [47] «BIOGAS 5000 Geotech portable biogas analyser», Entech. Acedido: 30 de julho de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.entech.co.th/product/biogas-5000-portable-biogas-analyser/>

- [48] «Fluke 1653B Multifunction Installation Tester». Acedido: 14 de outubro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/installation-testers/fluke-1653b>
- [49] A. A. A. Gomes, «INSTALAÇÕES DE LIGAÇÃO À TERRA».
- [50] «Kit de teste de terra (estacas) (Fluke 1653)». Acedido: 14 de outubro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fluke.com/pt-pt/produto/acessorios/sondas/fluke-es165x>
- [51] «Manual de Utilizador 1653B Fluke». fevereiro de 2010. Acedido: 16 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3\\_bombas\\_classificacaoedescricao.pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombas_classificacaoedescricao.pdf)
- [52] H. Batista et al., «Manual Prático de Medição da Resistência de Terra e Resistividade do solo».
- [53] A. M. S. Francisco, «Motores e Indução Trifásicos». Acedido: 2 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/lpestanda/maquinas%20el%C3%A9ctricas%20/aulas%20te%C3%B3ricas/Motores\\_inducao\\_tri.pdf](https://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/lpestanda/maquinas%20el%C3%A9ctricas%20/aulas%20te%C3%B3ricas/Motores_inducao_tri.pdf)
- [54] J. Vaz, «Otimização dos Planos de Manutenção Preventiva de Motores Assíncronos Trifásicos». Acedido: 16 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/17936/1/Joao-Ribeiro-Vaz.pdf>
- [55] C. Procópio, «Projeto de uma bancada didática para o diagnóstico de defeitos em redutores utilizando análise de vibrações», 2016.
- [56] J. R. C. Pinto, *Tecnologias de Automação na Indústria 4.0*. 2021.
- [57] P. C. Ângelo, «Comparativo entre métricas de confiabilidade para bombas centrífugas aplicadas na indústria de celulose.», 2015.
- [58] I. Ben Ali, M. Turki, J. Belhadj, e X. Roboam, «Systemic design of a reverse osmosis desalination process powered by hybrid energy system», 2014 Int. Conf. Electr. Sci. Technol. Maghreb CISTEM 2014, abr. 2015, doi: 10.1109/CISTEM.2014.7076941.
- [59] «Screw pumps for pumping both thick». Acedido: 16 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://prom-nasos.pro/eng/catalog/nasosy/vintovye\\_nasosy/](https://prom-nasos.pro/eng/catalog/nasosy/vintovye_nasosy/)
- [60] «Flygt 4630 | Xylem España». Acedido: 16 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.xylem.com/es-es/products--services/mixing-mixing-equipment/single-speed-mixers/4630-compact-mixer/>
- [61] «Transformador – Wikipédia, a enciclopédia livre». Acedido: 17 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Transformador>
- [62] J. M. T. Pina, «Instalações Eléctricas».

- [63] «Monitoramento remoto de grupo gerador». Acedido: 16 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.himoina.com.br/bra/sistemas-inteligentes-de-energia/41/monitoramento-remoto-de-grupo-gerador.html>
- [64] «AQUAMAN . Solução de Manutenção e Gestão Integrada de Ativos». [Em linha]. Disponível em: [https://www.aquasis.pt/files/folheto\\_aquaman\\_digital\\_PT.pdf?v=20210920214131](https://www.aquasis.pt/files/folheto_aquaman_digital_PT.pdf?v=20210920214131)
- [65] W. Dantas e E. G. S. Nascimento, «Manutenção preditiva: classificação automática de falhas em máquinas rotativas utilizando deep learning.».
- [66] «Manual de funcionamento básico 810 Vibration Tester». janeiro de 2010. Acedido: 17 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: [https://assets.fluke.com/manuals/810\\_\\_\\_gsspa0000.pdf](https://assets.fluke.com/manuals/810___gsspa0000.pdf)
- [67] D. Campos, «Implementação de técnicas e ferramentas para manutenção preditiva na Colep». julho de 2011.
- [68] L. Hitchcock, «Using Thermal Imaging to Solve Lubrication Problems», jan. 2003, Acedido: 17 de setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.machinerylubrication.com/Read/583/thermal-imaging-lubrication>





## ANEXOS

Nesta seção de anexos apresentam-se alguns elementos no âmbito dos modelos de registos de manutenção, exemplos de planos de manutenção de alguns equipamentos, exemplos de análise de vibração e respetivos gráficos, e finalmente algumas especificações dos equipamentos intervencionados. Não será efetuada nenhuma outra consideração.

### ANEXO A – REGISTOS DE MANUTENÇÃO

#### Folha de pedido de trabalho

			
<b>Manutenção ETAR de Espinho e Remolha</b> Manutenção corretiva			
Pedido de intervenção nº: _____	Data: ___ / ___ / 2020	Operador: _____	
Localização: _____			
Equipamento: _____		Código: _____	
DESCRIÇÃO DA AVARIA / ANOMALIA			
<div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>			
Imediato	Urgente	Normal	Melhoria
DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS			
<div style="border: 1px solid black; height: 120px; width: 100%;"></div>			
OBSERVAÇÕES GERAIS			
<div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>		Relatório anexo:  SIM <input type="checkbox"/> NÃO <input type="checkbox"/>	
Técnico		Data de conclusão	
<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>		<div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	







## ANEXO B – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Equipamentos		ANO 2023											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
P1111	Parafuso de Arquimedes 1	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
P1112	Parafuso de Arquimedes 2	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se
P1113	Parafuso de Arquimedes 3	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
S1212	Tamizador Tipo 1	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
S1222	Tamizador Tipo 1	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
R1331	Ponte Raspadora 1	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
R1331a	Ponte Raspadora 2	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
X1336	Triturador de Sólidos 1					Se						Se	A
X1337	Triturador de Sólidos 2					Se						Se	A
P1338	Bomba de Rotor Excêntrico 1					Se						Se	A
P1339	Bomba de Rotor Excêntrico 2					Se						Se	A
K1332	Sobrepessor 1					Se						Se	A
K1333	Sobrepessor 2					Se						Se	A
R2111	Ponte Raspadora Decantador 1	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
R2121	Ponte Raspadora Decantador 2	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
R2131	Ponte Raspadora Decantador 3	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
A3111	Arejador 1 Linha 1	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
A3112	Arejador 1 Linha 2	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
A3113	Arejador 1 Linha 3	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M	S/M	A	Se
A3121	Arejador 2 Linha 1	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
A3122	Arejador 2 Linha 2	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
A3123	Arejador 2 Linha 3	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
A3131	Arejador 3 Linha 1	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
A3132	Arejador 3 Linha 2	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
A3133	Arejador 3 Linha 3	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
R4111	Ponte Raspadora Decantador Sec. 1	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M	S/M
R4121	Ponte Raspadora Decantador Sec. 3	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M	S/M
R4131	Ponte Raspadora Decantador Sec. 2	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se	S/M
R4141	Ponte Raspadora Decantador Sec. 4	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se/A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	Se
P4211	Bomba 1 recirculação lamas do dec 1 ao reactor biol						Se/A						Se
P4212	Bomba 2 recirculação lamas do dec 2 ao reactor biol	Se						Se/A					
P4221	Bomba 2 recirculação lamas do dec 2 ao reactor biol		Se						Se/A				
P4222	Bomba 1 recirculação lamas do dec 3 ao reactor biol			Se						Se/A			
P4231	Bomba 2 recirculação lamas do dec 3 ao reactor biol						Se/A						Se
P4232	Bomba 1 recirculação lamas do dec 4 ao reactor biol	Se						Se/A					
P4241	Bomba 2 recirculação lamas do dec 4 ao reactor biol		Se						Se/A				
P4242	Bomba 2 recirculação lamas do dec 4 ao reactor biol			Se						Se/A			
P4311	Bomba centrífuga submersível 2 escumas dec sec 1 e 2					Se/A						Se	
P4312	Bomba centrífuga submersível 2 escumas dec sec 1 e 2						Se/A						Se
P4321	Bomba centrífuga submersível 1 escumas dec sec 3 e 4					Se/A						Se	
P4322	Bomba centrífuga submersível 2 escumas dec sec 3 e 4						Se/A						Se
P5211	Bomba de Elevação 1			Se	A					Se			
P5212	Bomba de Elevação 2			Se	A					Se			
P5213	Bomba de Elevação 3			Se	A					Se			
P5214	Bomba de Elevação 4			Se	A					Se			
S6211	Mesa de Espessamento	M	M	M	Se	A	M	M	M	M	Se	M	M
S6221	Mesa de Espessamento	M	M	M	Se	A	M	M	M	M	Se	M	M

Equipamentos		ANO 2023											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
S6231	Mesa de Espessamento	M	M	M	Se	A	M	M	M	M	Se	M	M
S8111	Centrifuga	S/M	S/M	S/M	S/M	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
S8112	Centrifuga	S/M	S/M	S/M	S/M	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
S8113	Centrifuga	S/M	S/M	S/M	S/M	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
P8412M1	Bomba Parafuso Excêntrico	S/M	S/SE	S/M	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
P8413M1	Bomba Parafuso Excêntrico	S/M	S/SE	S/M	A	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M	S/M
R6111	Ponte Raspadora	Se						Se			A		
R6112	Ponte Raspadora	Se						Se			A		
P7211	Bomba Centrifuga de Eixo Horizontal	Se						Se			A		
P7212	Bomba Centrifuga de Eixo Horizontal	Se						Se			A		
P7213	Bomba Centrifuga de Eixo Horizontal	Se						Se			A		
P7311	Bomba Circuladora Monobloco	Se						Se		A			
P7312	Bomba Circuladora Monobloco	Se						Se		A			
P7313	Bomba Circuladora Monobloco	Se						Se		A			
X7314	Caldeira	Se						Se		A			
K7411M1	Compressor	S	S/Se	S	S	S	S	S	S/Se	S	S	S	S
K7412M1	Compressor	S	S/Se	S	S	S	S	S	S/Se	S	S	S	S
K7413M1	Compressor	S	S/Se	S	S	S	S	S	S/Se	S	S	S	S
X7611	Có-Geração												
X7612	Co-Geração												
X7531	Tocha		Se						Se				
K7511	Gasómetro			Se						Se			
K7512	Gasómetro			Se						Se			
K7616	Buster da Caldeira	M	M	M/A	M	M	M	M	M	M	M	M	M
K7701	Potes de Purga				Se						Se		
K7711	Potes de Purga				Se						Se		
K7712	Potes de Purga				Se						Se		
K7721	Potes de Purga				Se						Se		
K7722	Potes de Purga				Se						Se		
K7731	Potes de Purga				Se						Se		
Compressor		M	M/A	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Ponte Rolante		M	M/A	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Gerador			Se/A						Se				
PT			A										

Legenda:  
D-Diário; S-Semanal; Q-Quinzenal; M-Mensal; Se-Semestral; A-Anual

## ANEXO C – INTERVENÇÃO POR ANÁLISE DE VIBRAÇÕES A PARAFUSO DE ARQUIMEDES (P1111)

Data:5/24/2023 12:30 PM

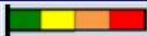
### 810 Vibration Tester Diagnostic Report

Número de série do dispositivo : 2996003  
Configuração de máquina : AA-ESP-P1111  
Medição Data/Hora : 27/04/2023 14:08:46

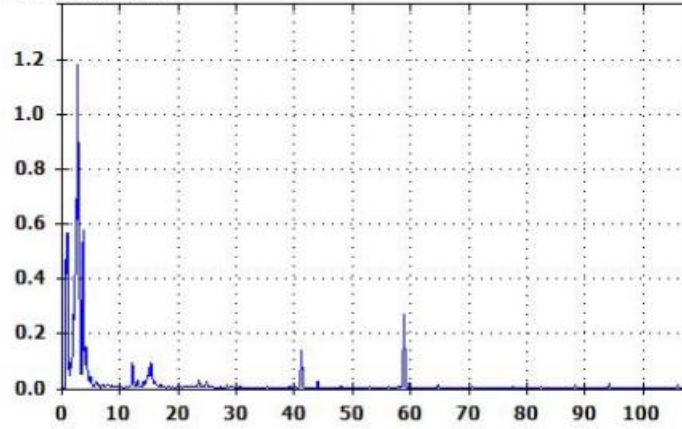


Pico máximo : 1.90 mm/s at 2.74X on 2T in Baixa Range  
1X RPM : 1482 RPM  
Vibração geral : 0 g (RMS)

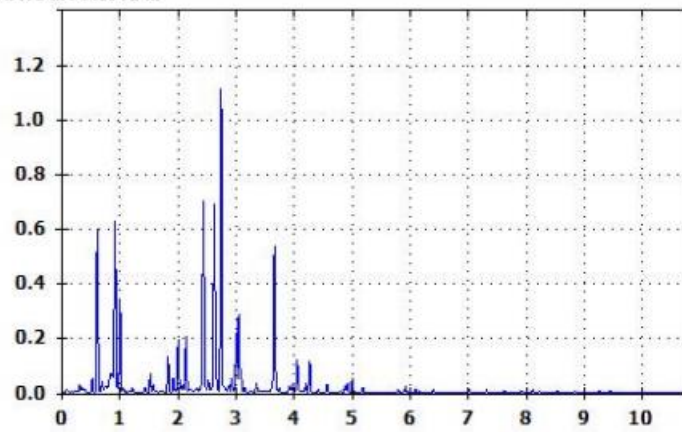
#### Diagnóstico

Descrição da falha	Gravidade da falha	Pontuação de gravidade	Escala de gravidade
Nenhuma falha encontrada	Nenhum	0/100	

Local : Local 1  
Fabca : Fabca alta  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1482 RPM

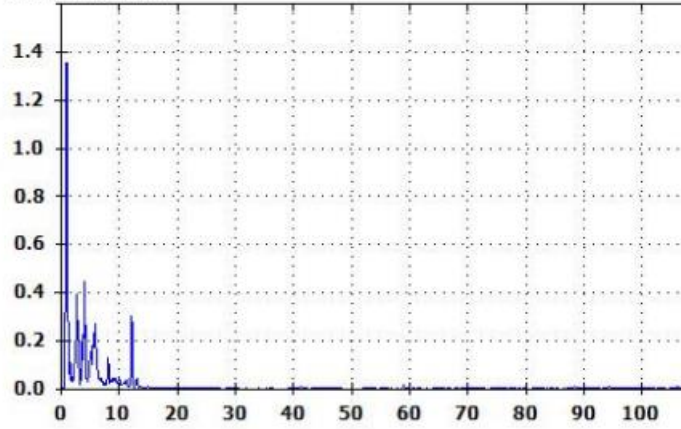


Local : Local 1  
Fabca : Fabca baixa  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

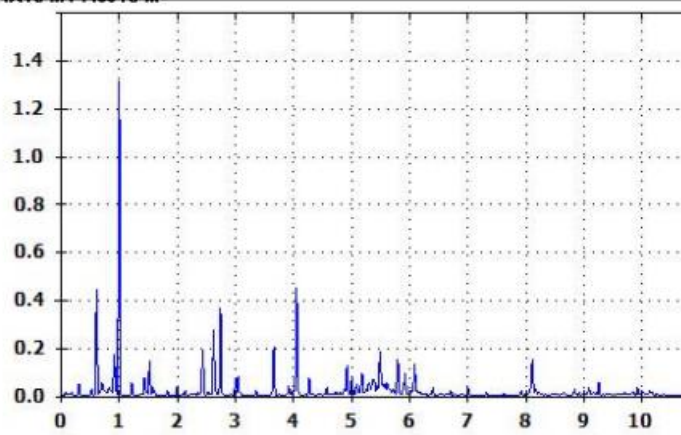


Data:5/24/2023 12:30 PM

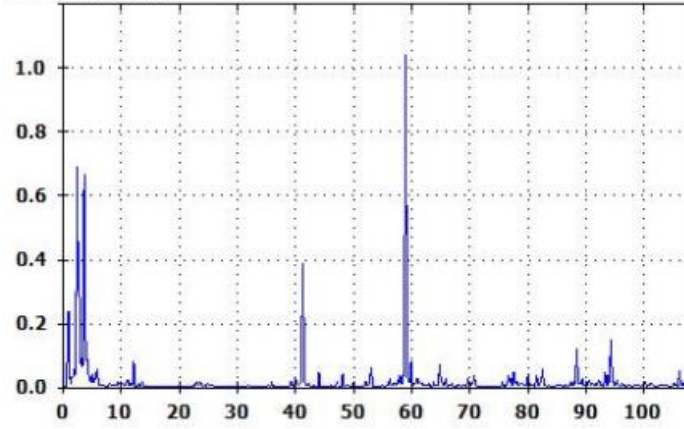
Local : Local 1  
Faba : Faba alta  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1481 RPM



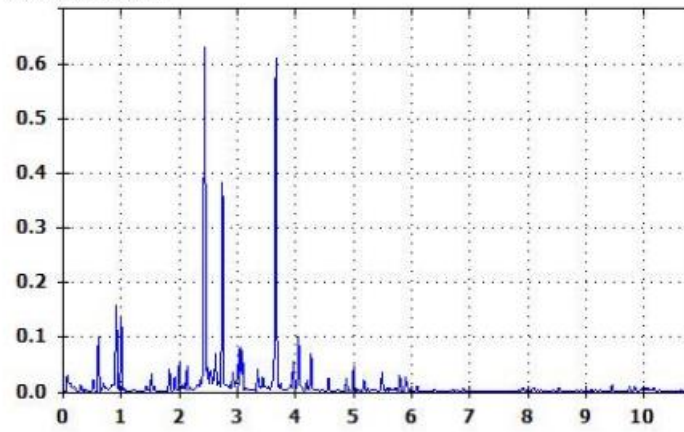
Local : Local 1  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 1  
Faba : Faba alta  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1481 RPM

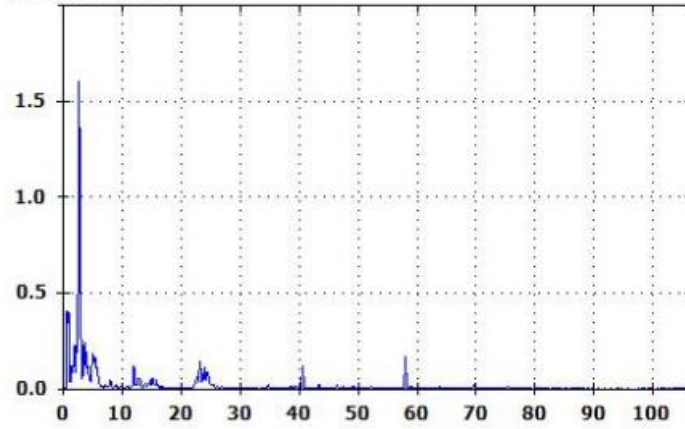


Local : Local 1  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

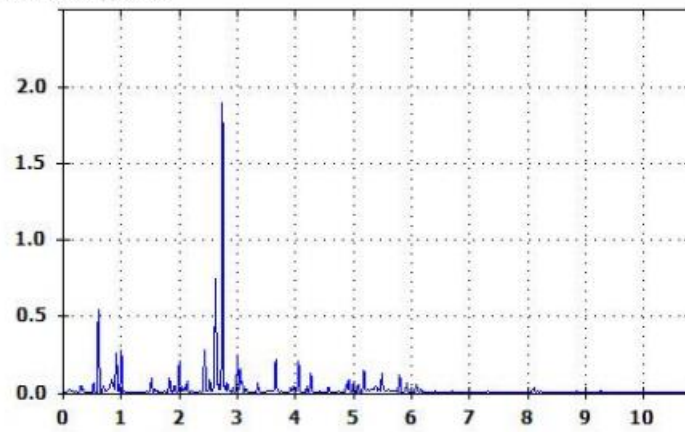


Data:5/24/2023 12:30 PM

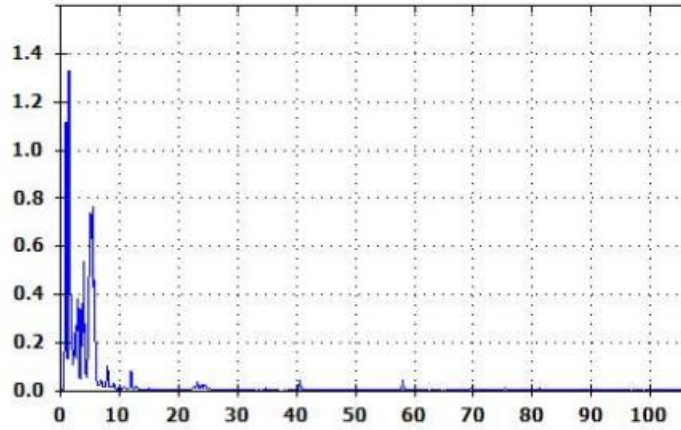
Local : Local 2  
Faba : Faba alta  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1504 RPM



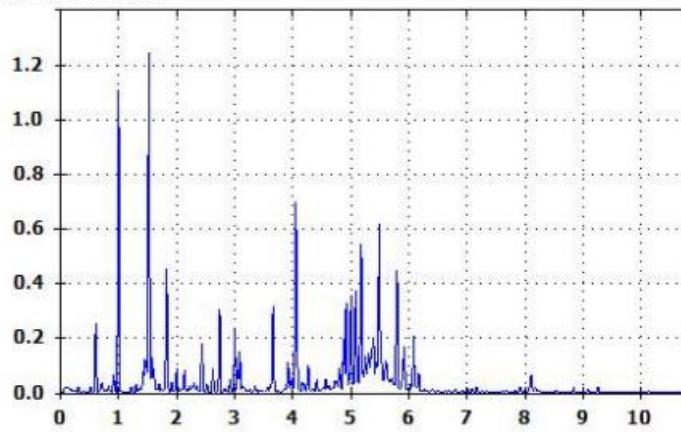
Local : Local 2  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 2  
Fabca : Fabca alta  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1504 RPM

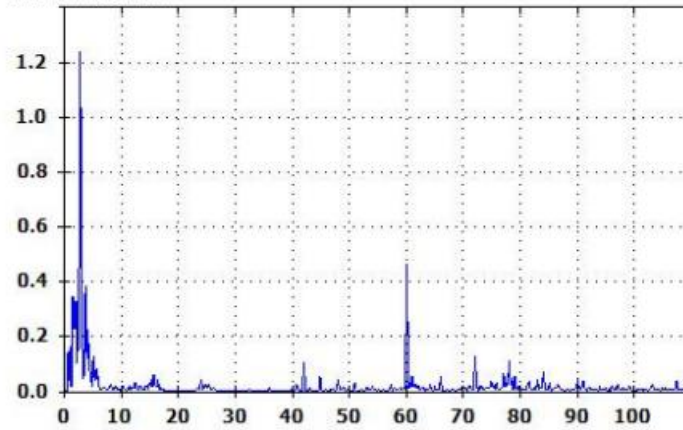


Local : Local 2  
Fabca : Fabca baixa  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

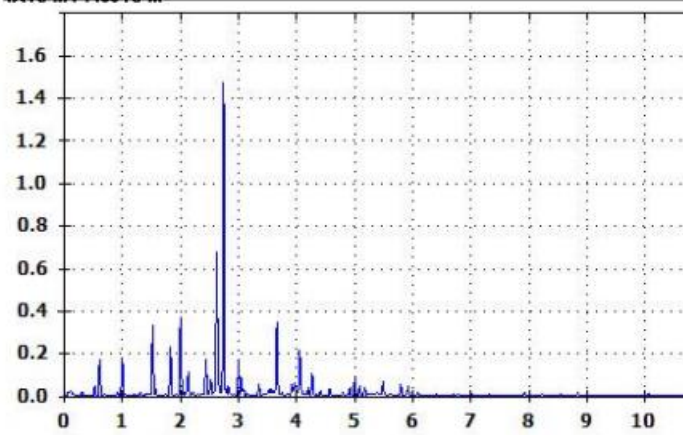


Data:5/24/2023 12:30 PM

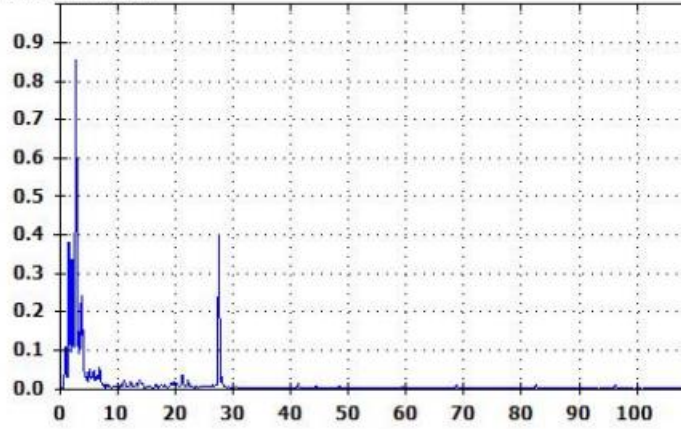
Local : Local 2  
Faba : Faba alta  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1453 RPM



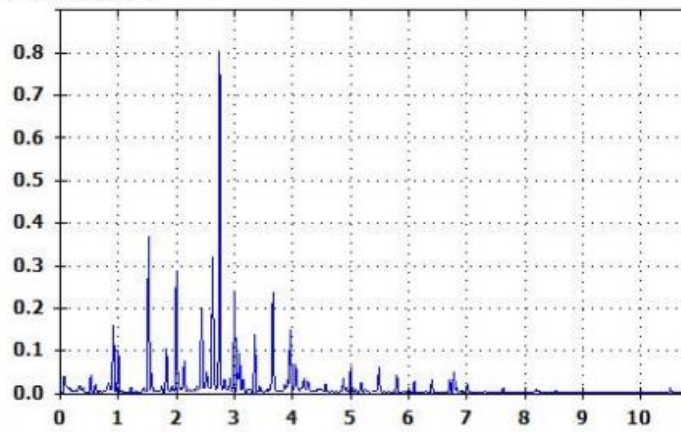
Local : Local 2  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 3  
Fabca : Fabca alta  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1489 RPM

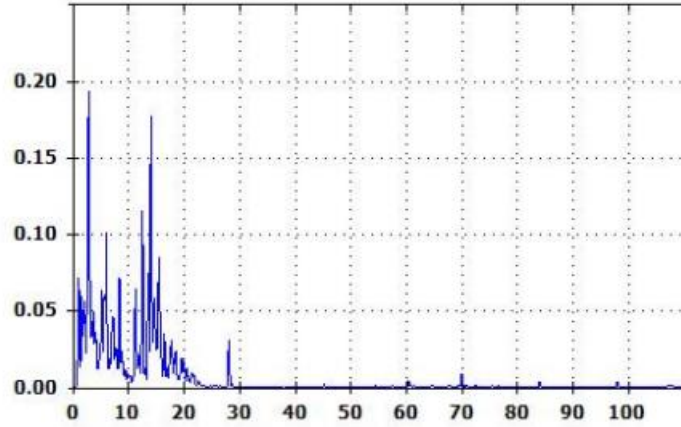


Local : Local 3  
Fabca : Fabca baixa  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

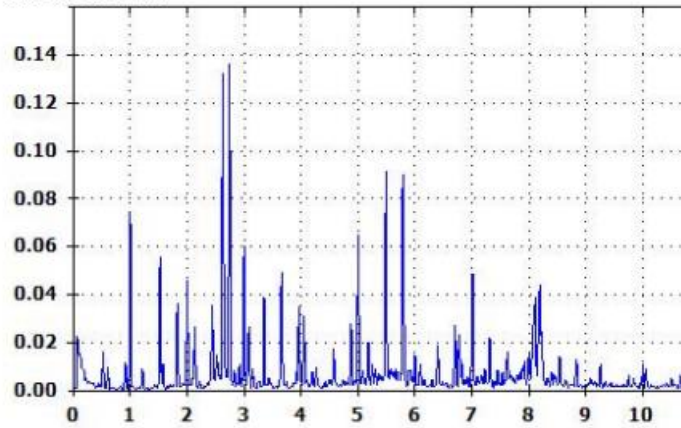


Data: 5/24/2023 12:30 PM

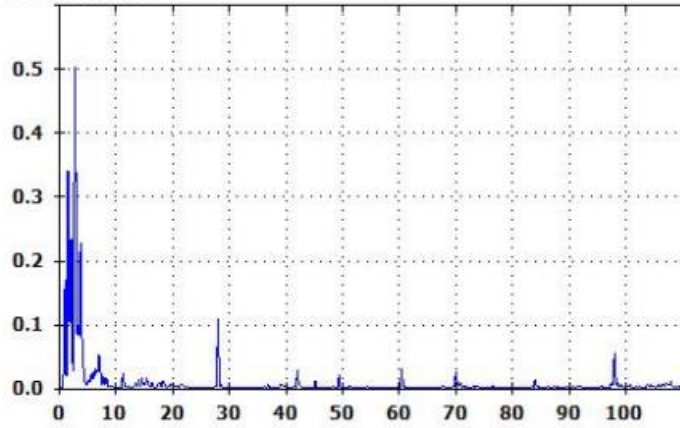
Local : Local 3  
Faba : Faba alta  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1444 RPM



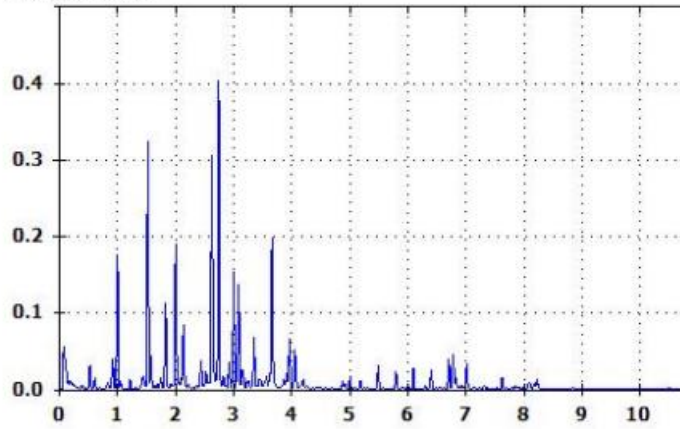
Local : Local 3  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 3  
Faba : Faba alta  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1444 RPM

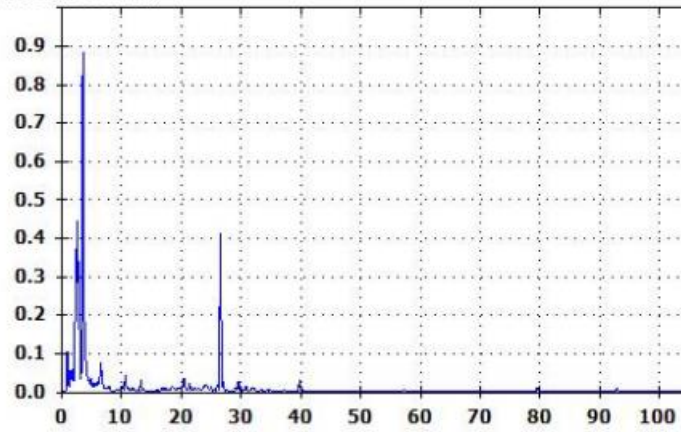


Local : Local 3  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

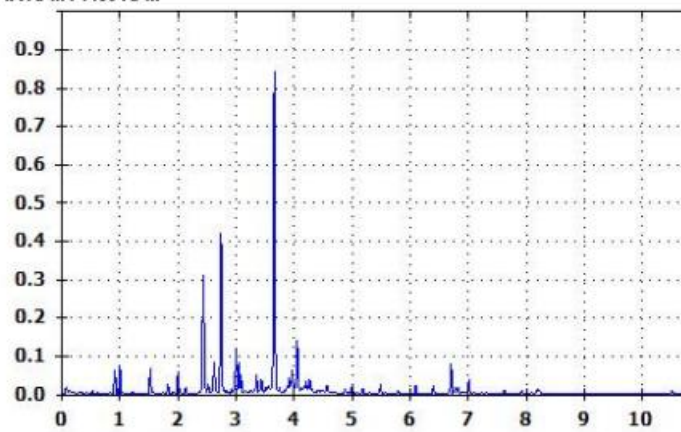


Data:5/24/2023 12:30 PM

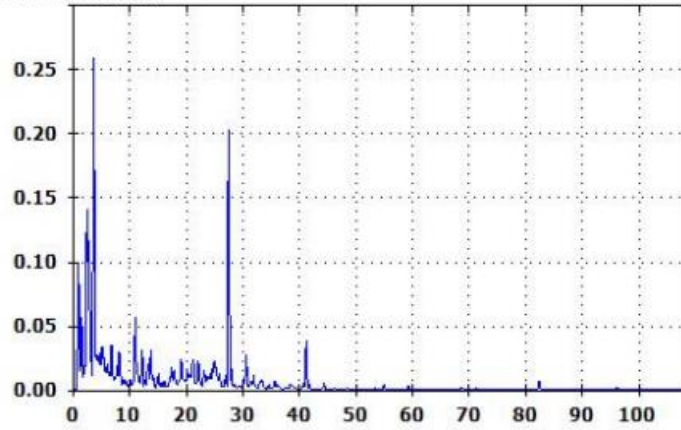
Local : Local 4  
Faba : Faba alta  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1524 RPM



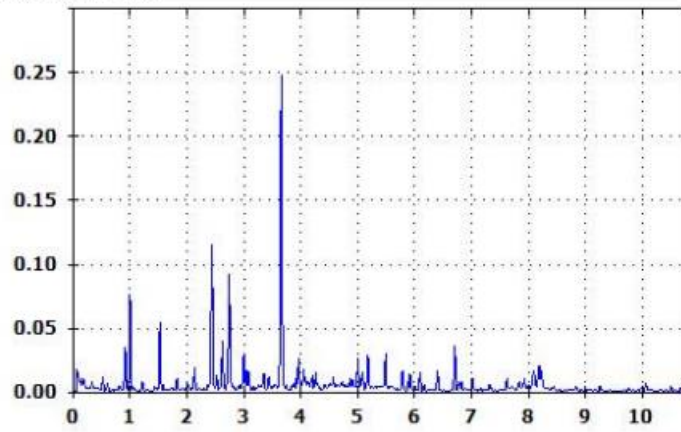
Local : Local 4  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 4  
Fabca : Fabca alta  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1471 RPM

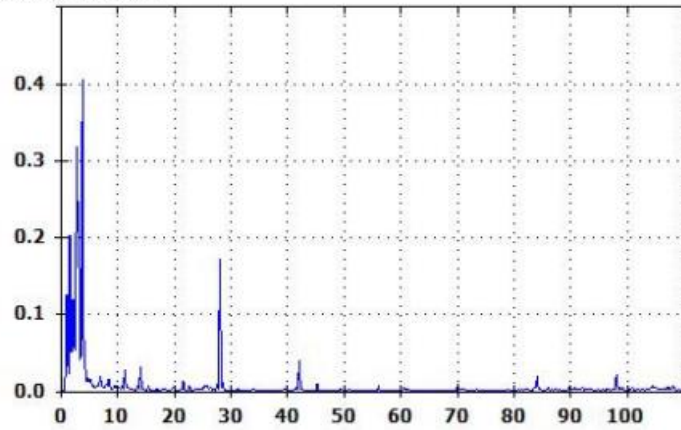


Local : Local 4  
Fabca : Fabca baixa  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM

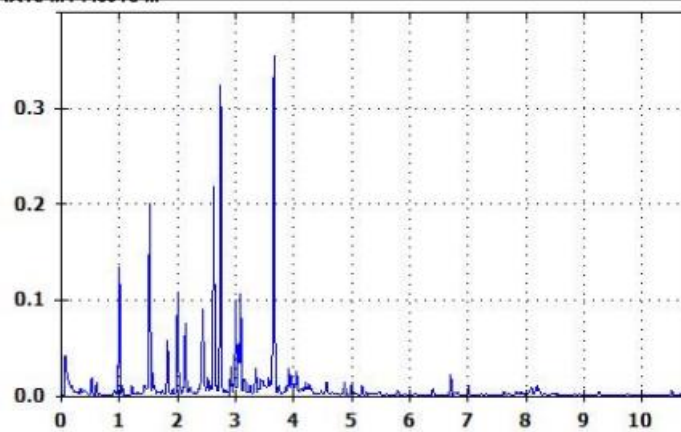


Data:5/24/2023 12:30 PM

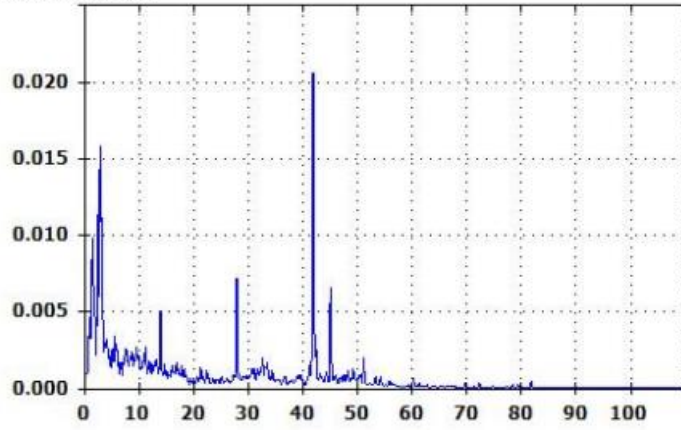
Local : Local 4  
Faba : Faba alta  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1442 RPM



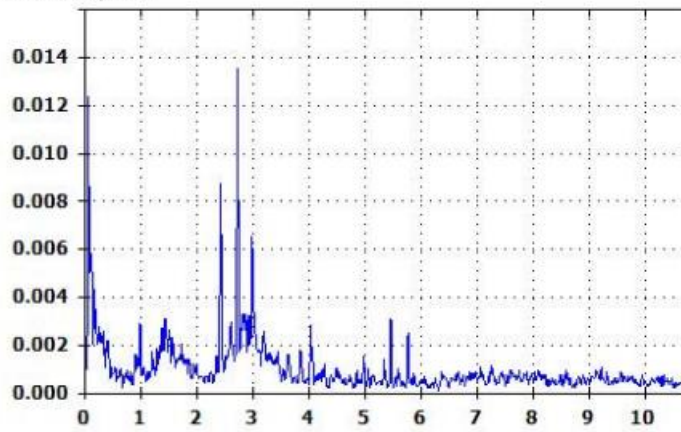
Local : Local 4  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1480 RPM



Local : Local 5  
Fabca : Fabca alta  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1447 RPM

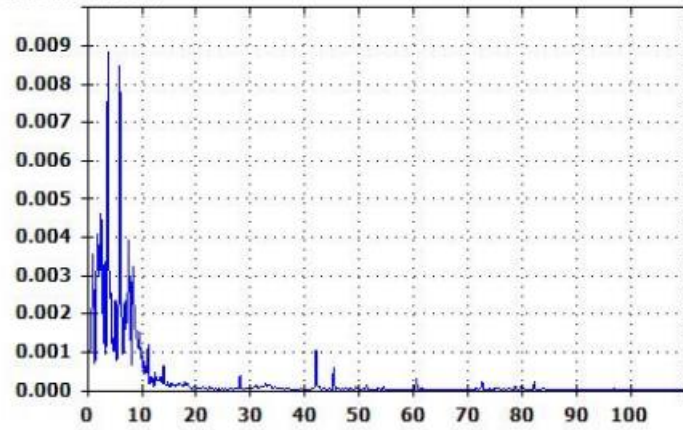


Local : Local 5  
Fabca : Fabca baixa  
Eixo : Axial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1484 RPM

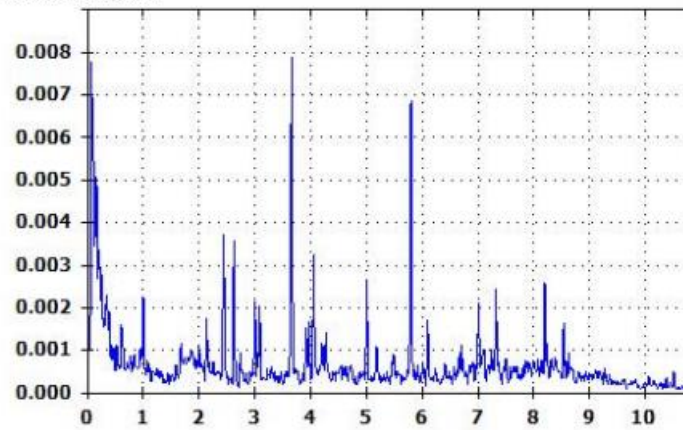


Data:5/24/2023 12:30 PM

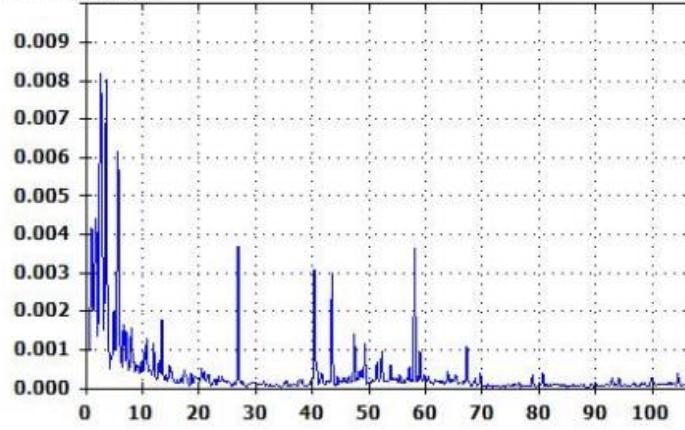
Local : Local 5  
Faba : Faba alta  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1442 RPM



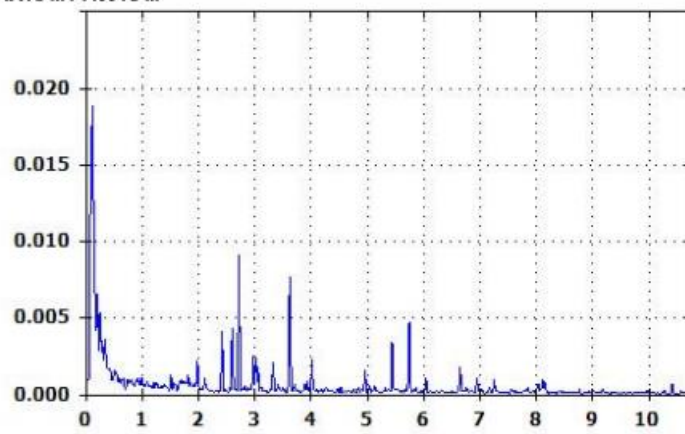
Local : Local 5  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Tangencial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1478 RPM



Local : Local 5  
Faba : Faba alta  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1502 RPM



Local : Local 5  
Faba : Faba baixa  
Eixo : Radial  
Unidade do eixo X : Orders  
Unidade do eixo Y : mm/s  
1X RPM : 1483 RPM



## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

### Detalhes da configuração da máquina

#### Configuração de máquina : AA-ESP-P1111

Campo conf.	Entrada
Tipo de motor	CA
Motor CA com VFD	Sim
Rotação em RPM	1475
kW nominal	30
Motor montado	Horizontal
O motor tem	Rolamento de esferas
Motor separado do trem de força	Não
Motor com acoplamento fechado	Não
Acoplamento entre o motor e o próximo componente	Não
Próximo componente	Ac. correia
Rotação do eixo de entrada de acionamento da correia	1475
Rotação do eixo de saída de acionamento da correia	784
Rotação do acionamento da correia [opcional]	
Acionamento da correia/corrente acoplado a	Redutor
Tipo de rolamento do redutor	Rolamento de esferas
Nº comutadores de velocidade internos no redutor	1
O que se sabe?	Velocs. eixo
Método de inserção de RPM	Manual
RPM de entrada	784
RPM de saída	200
Existe acoplamento flexível entre o redutor e o próx. componente	Não
Próximo componente ao qual o redutor está acoplado	Árvore

# ANEXO D – ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS INTERVENCIONADOS A NÍVEL CORRETIVO

## Especificações motor elétrico SEW

Informação de produto



Designação de catálogo

DRN71MS4/FG  
Motores AC DRN.. (IE3)

Clique nestes ícones para mais informações sobre o Online Support



Dados de referência

Processo : 81825375  
Item : 100  
Número de série : 55.8182537501

Dados do produto

Posição de montagem : M1  
Pos. da caixa de terminais : 0 (D) / X  
Cor : RAL7031 (cinza azul)

Motor : DRN71MS4/FG  
Formato de saída : FG = flange para redutor  
Ponta do veio de saída : saliência do pinhão 10mm  
Com pinhão montado : 00005568  
Flange : FG100 D120  
Vel. motor A [r/min] : 1405  
Potência motor [kW] : 0,25  
Frequência motor [Hz] : 50  
Fator de duração do ciclo : S1  
Tensão motor [V] / tipo conn. : 230/400 triangulo/estrela  
Corrente nominal [A] : 1,26 / 0,72  
Cos Phi : 0,66  
Esquema de ligações : R13 / 680010306  
Classe temp.(°C)/Proteção (IP) : 155(F) / 55  
Classe eficiência internaciona : IE3

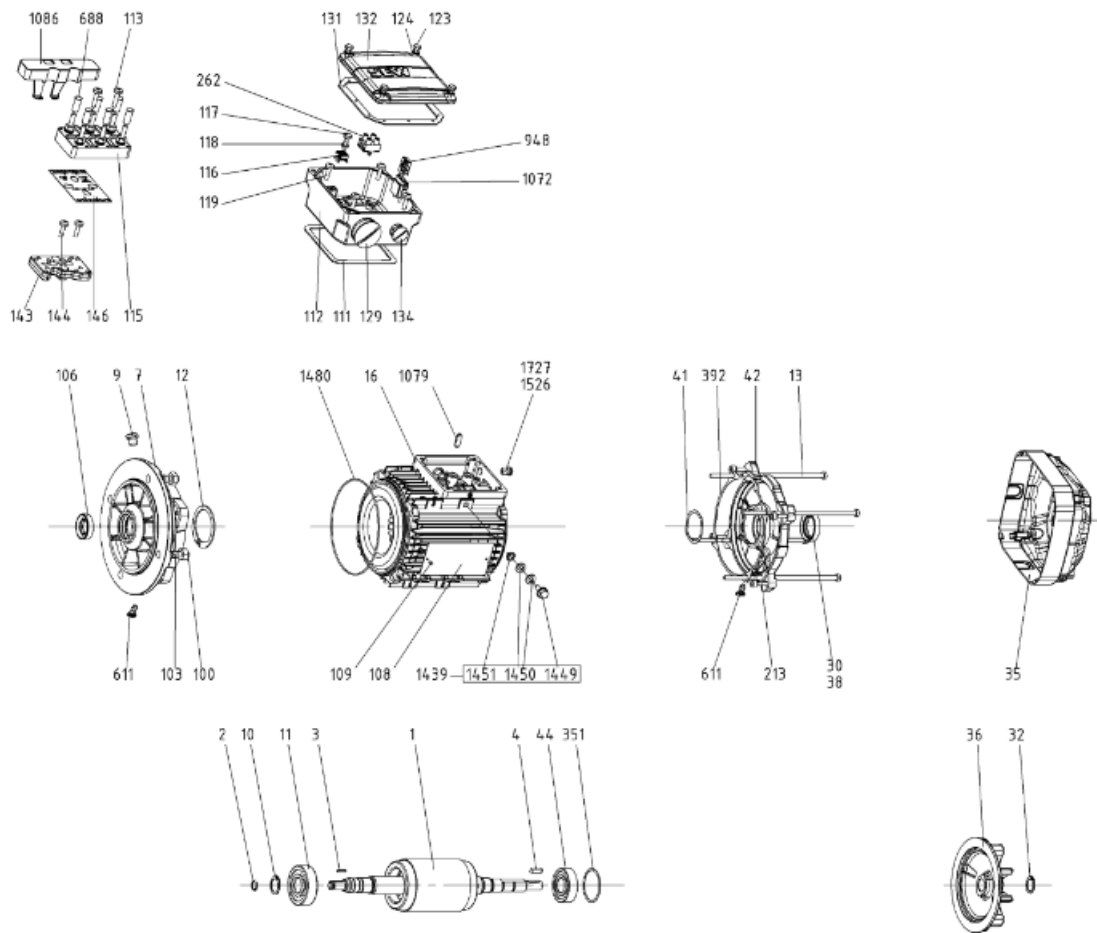


Rendimento a 50/75/100% Pn [%] : 70,1 / 73,5 / 73,5  
Símbolo CE : Sim  
Caixa de terminais : Caixa de ligação em alumínio com furos  
roscados 1xM25, 1xM16  
Documentação n.º : 25957104  
: 26861356  
: 26871211  
Informação : Pode encontrar o SWPL (spare and wearing  
: parts list - lista de peças  
: sobresselentes) através do  
: número de  
: série no Online Support.

Chapa de características : Português  
Posição chapa características : 270°  
Instruç. operação Idioma A/Qtd : Português / 0  
Lista peças/idioma/quantidade : Português / 0  
Código estatístico : 85015100  
COD : PT  
Peso : 7,00 kg

As informações atuais do produto não representam uma proposta em termos legais. Os dados técnicos devem ser confirmados em uma verificação técnica final. Essa verificação é realizada ao criar a proposta/pedido. Um contrato juridicamente vinculativo exige um pedido emitido pelo requerente e uma confirmação do pedido emitida pela SEW-EURODRIVE Portugal.  
Concebido na classe: 13/09/2023 21:42:44 CEST

# Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais



*Tiago Miguel Lopes da Costa*

Nr.	Designação SEW	Referência	Quantidade
1001	PINHÃO MN1.00 Z21 L16 D10	5568	1
1	ROTOR DRN71MS/D62N22AL RZ10	20987323	1
2	ANEL DE RETENÇÃO W4173 SW10X1-FS	115193	1
3	CHAVETA DIN6885-1 A2X2X8 +QT+C FLANGE	25677268	1
7	DR/DRN63/DR/DRN71/DT71/80/CM71-	1844768	1
9	BUJÃO W4085 B-M10X1-ST-ADC3K-	0011426X	1
10	ANEL DE RETENÇÃO DIN471 17X1-FS	102695	1
11	ROL.ESF. 6303-2Z-C3-K52	13236563	1
12	ANEL DE RETENÇÃO DIN472 47X1,75-FS	103187	1
13	PARAF.CILIND W4016 B-M5X131-6.8-ADB3	13237160	4
16	ESTATOR DRNU71MS4 WB230	15247503	1
30	RETENTOR W BAOFSF16X28X6/7-NBR	19193696	1
35	GUARD.VENT DR2G71	21011621	1
36	VENTILADOR DR71 D101 ARRUELA ONDULADA W4253 33,3X39X0,5-	13643711	1
41	OE	115894	1
42	TAMPA LADO B DR1G71/DR2G71/EI7./EI8.	22659471	1
44	ROL.ESF. 6203-2Z-C3-K52	13236601	1
100	PORCA SEX EN1661 M6-8-A2F	19052677	4
103	PINO ROSCADO DIN939 M6X18-8.8-A2F	134074	4
106	RETENTOR W A17X30X7-NBR	106062	1
111	JUNTA BASE CX.LIG.. DR71-132/DV100 (AL)	1355635	1
112	MTG CX TERM DR71-90 M25/M16 AL	4111117	1
116	BORNE DE TERRA C10-NIRO	104426	2
117	PARAFUSO W4033 DE-B-M5X16-A2F-GM1	13237136	1
118	ANEL DE PRESSÃO DIN7980 5-A2	118206	1
119	PARAFUSO W4033 CA-A-M5X16-A2F-GM1	130591	4
123	PARAFUSO W4033 DE-B-M5X16-A2F-GM1	13237136	4
129	BUJÃO W4411 M25X1,5-PA-NBR JUNTA TAMPA CX TER DR71-132/DV100-	131385	1
131	132SAL	1355627	1
132	TAMPA CX.LIG C. DR71-132 AL	4111354	1
134	BUJÃO W4411 M16X1,5-PA-NBR	131334	1
392	JUNTA DR71/EDR71	13749056	1
1603	MASSA L SINT KLÜBER PETAMO GHY133N	4963458	1

## Especificações bomba submersível EFAFLU

EFLUENTES E DRENAGEM | SEWAGE AND DRAINAGE



MC Bombas submersíveis para drenagem e efluentes | Submersible sewage and drainage pumps



### MC

A gama de bombas submersíveis MC, com impulsor monocanal, são de fabrico robusto e compacto, em ferro fundido, concebidas para trabalhar em regime contínuo (classe S1). Aptas a bombear efluentes com sólidos em suspensão até 100 mm. Podem ser instaladas nas execuções móveis ou fixas, com pé de acoplamento. São fornecidas com cabo elétrico de 10 metros.

The MC submersible pumps with single channel impeller are robust and compact, in cast iron, designed to work in continuous operation (S1 class), suitable for pumping sewage containing solids up to 76 mm. They can be installed on movable or fixed structures, with a coupling foot. They are supplied with a 10 meter electric cable.

#### APLICAÇÕES

Bombagem de efluentes industriais e domésticos  
Transferência de água e efluentes de tanques  
Bombagem de efluentes gradados em ETAR's  
Drenagem de águas fluviais e de inundações

#### MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Corpo da bomba: Ferro fundido GG25  
Impulsor: Ferro fundido GG25  
Velo: AISI 431 ou Duplex  
Empaque superior: Mecânico em SIC/ SIC/ NBR  
Empaque inferior: Mecânico em SIC/ SIC/ NBR  
O'ring: NBR  
Opções: Versão ATEX disponível  
Versão em bronze ou AISI 316 disponível

#### LIMITES DE UTILIZAÇÃO

Passagem máxima de sólidos: até 100 mm  
Temperatura máxima do líquido: 40°C  
Proteção e comando: Nas versões monofásicas incorporam proteção térmica contra sobrecorrente e interruptor de nível.

#### CARACTERÍSTICAS DO MOTOR

Tensão: 1x230V ou 3x400V  
Classe de isolamento: H  
Classe de proteção: IP68  
Rotação: 950, 1450 ou 2900 rpm

#### APPLICATIONS

Pumping industrial and domestic sewage  
Transfer of water and sewage from tanks  
Pumping sewage in small wastewater stations  
Drainage of rainwater and floodwater

#### CONSTRUCTION MATERIALS

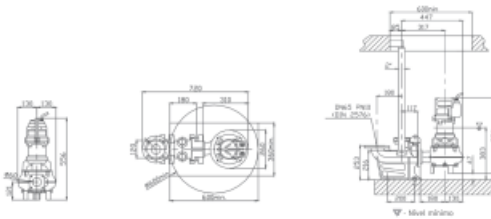
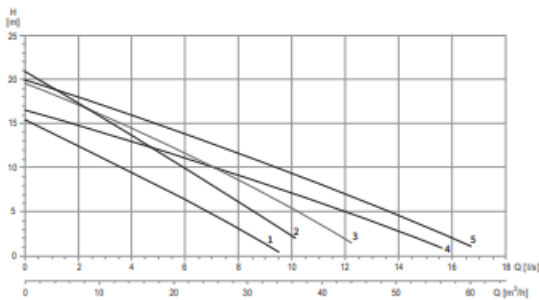
Pump casing: GG25 cast iron  
Impeller: GG25 cast iron  
Shaft: AISI 431 or Duplex  
Upper seal: Mechanical in SIC/ SIC/ NBR  
Lower seal: Mechanical in SIC/ SIC/ NBR  
O'rings: NBR  
Notes: ATEX version available  
Bronze and AISI 316 version available

#### WORKING LIMITS

Maximum passage of solids: up to 100 mm  
Maximum liquid temperature: 40°C  
Protection and control: The single-phase versions include thermal overcurrent protection and level switch.

#### MOTOR SPECIFICATIONS

Voltage: 1x230V or 3x400V  
Insulation class: H  
Protection class: IP68  
Rotation: 950, 1450 or 2900 rpm



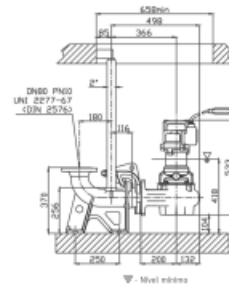
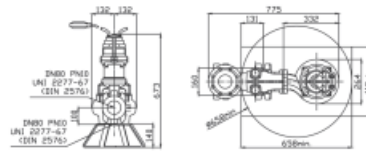
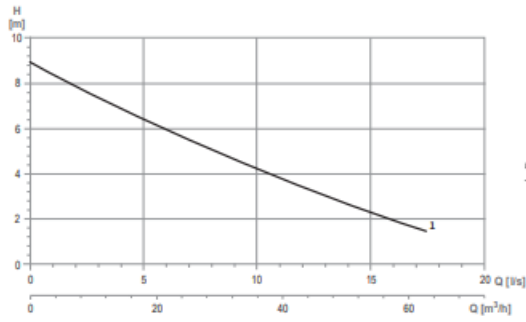
EFLUENTES E DRENAGEM / SEWAGE AND DRAINAGE

Nº NR	MODELO		POTÊNCIA NOMINAL		CORRENTE MÁX.		Ø DNG (mm)	MÁX. SÓLIDOS Ø (mm)	PESO	
	1=	2=	1=	2=	1=	2=			1=	2=
1	MCF272M-0394	MCF272F-9016	1,4	1,9	8,4	3,5	50	30	31	31
2	-	MCF272F-0602	-	1,9	-	3,5	50	30	-	31
3	MCF271M-2282	MCF271F-2043	1,5	1,6	9,0	3,1	65	30	42	42
4	MCF271M-5372	MCF271F-5453	1,9	2,4	11,4	4,5	65	40	45	45
5	-	MCF271F-5029	-	2,4	-	4,5	65	40	-	45

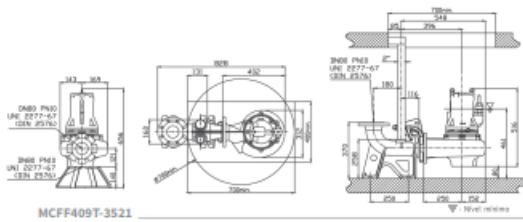
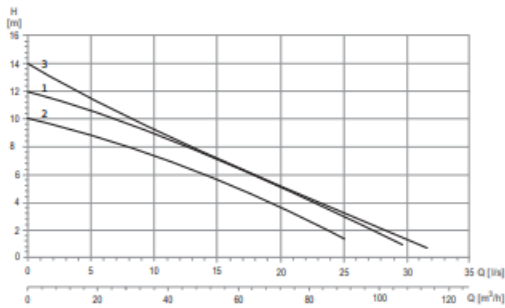


EFLUENTES E DRENAGEM | SEWAGE AND DRAINAGE

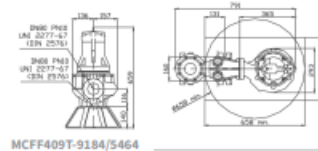
MC Bombas submersíveis para drenagem e efluentes | Submersible sewage and drainage pumps



Nº	MODELO	POTÊNCIA NOMINAL		CORRENTE MÁX.		Ø DND	MAX. Ø SÓLIDOS	PESO
		RATED POWER		MAX. CURRENT				
MR	MODEL	(kW)		(A)		(mm)	(mm)	(Kg)
	1450 r.p.m.	1~	3~	1~	3~			1~ 3~
1	MCFF471M-4188	1,2	1,6	6,9	3,1	80	65	49



Nº	MODELO	POTÊNCIA NOMINAL		CORRENTE MÁX.		Ø DND	MAX. Ø SÓLIDOS	PESO
		RATED POWER		MAX. CURRENT				
MR	MODEL	(kW)		(A)		(mm)	(mm)	(Kg)
	1450 r.p.m.	1~	3~	1~	3~			1~ 3~
1	MCFF409T-9184	2,8	5,4	80	65	67		
2	MCFF409T-5464	2,3	4,4	80	65	67		
3	MCFF409T-3521	2,8	5,4	80	76	67		

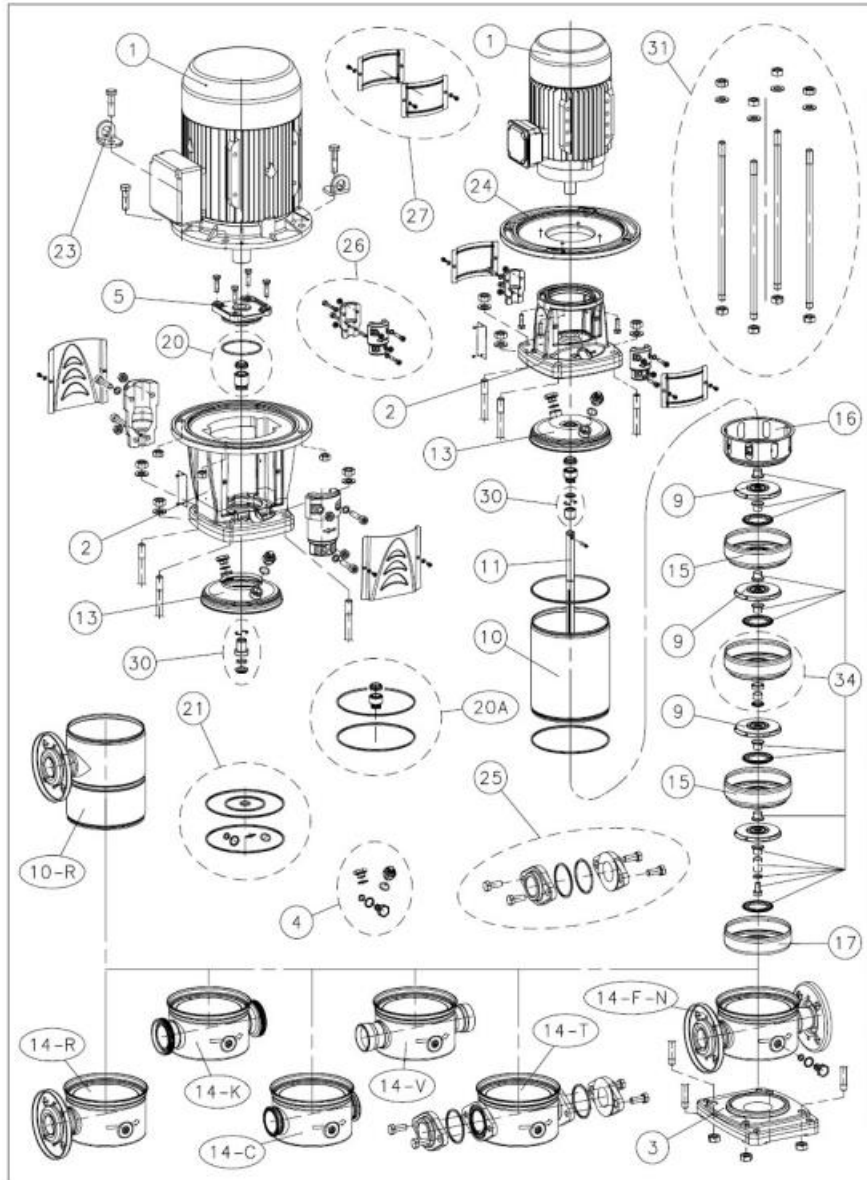


EFLUENTES E DRENAGEM / SEWAGE AND DRAINAGE

## Especificações bomba multicelular vertical LOWARA



Spare parts for 1016LC881 - 5SV11F015T/D ELP 23/40

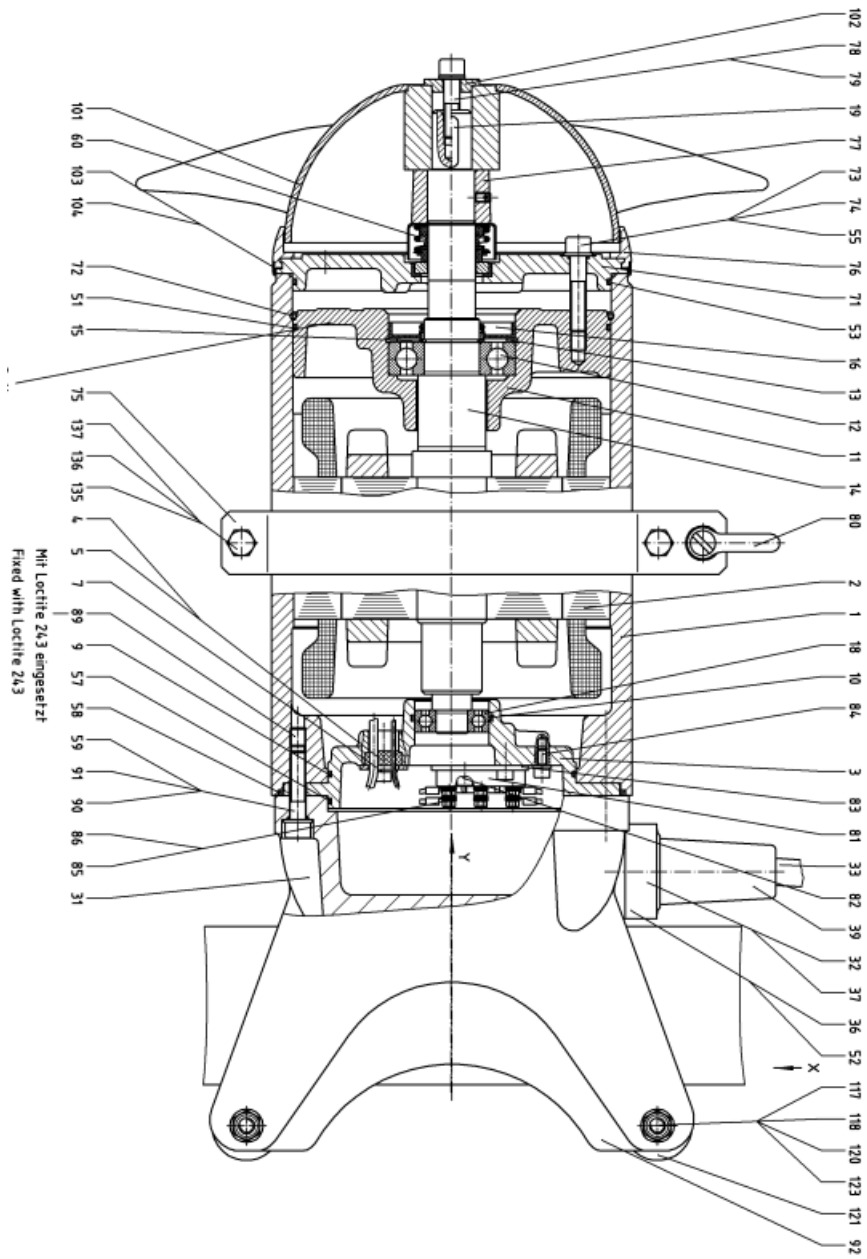




Spare parts for 1016LC881 - 5SV11F015T/D ELP 23/40

Number	Part code	Part description	Quantity	Recommended	Special	Description of special
1	107234020	Complete motor IE3	1	0		
2	161470740	Adapter	1	0		
3	161431310	Base	1	0		
4	KL34AAT	Kit plugs	1	0		EPDM
4	KL34AAM	Kit plugs	1	0		FEP - Fluorinated ethylene propylene
4	KL34AAL	Kit plugs	1	0		FPM
9	150703620	Impeller	1	1		
10	166443210	Sleeve	1	0		
11	165050210	Shaft	1	0		
13	150102920	Seal housing disc	1	0		
14	151302400	Pump casing	1	0		
15	152803120	Diffuser	1	0		
16	152803020	Final diffuser	1	0		
17	152802920	Initial stage	1	0		
20A	KL01AAD	Kit mechanical seal	1	1		QBE - Silicon carbide, Carbon, EPDM
20A	KL01AAG	Kit mechanical seal	1	1	Standard option	QBV - Silicon carbide, Carbon, FPM
20A	KL01ADB	Kit mechanical seal	1	1	Standard option	QCT - Silicon carbide, Carbon Special, Teflon
20A	KL01AC7	Kit mechanical seal	1	1	Standard option	QQE - Silicon carbide, Silicon carbide, EPDM
20A	KL01ADD	Kit mechanical seal	1	1	Standard option	QQT - Silicon carbide, Silicon carbide, Teflon
20A	KL01AC9	Kit mechanical seal	1	1	Standard option	QQV - Silicon carbide, Silicon carbide, FPM
21	KL02AA1	Kit OR	1	1		EPDM
21	KL02AA3	Kit OR	1	1	Standard option	FEP - Fluorinated ethylene propylene
21	KL02AA2	Kit OR	1	1	Standard option	FPM
26	KL10ABE	Kit coupling	1	0		
27	KL33AAP	Kit coupling protection	1	0		
30	KL41AAX	Kit seal block	1	0		
31	KL22AME	Kit tie rods	1	0		
34	KL35AEM	Kit wearing parts	1	1		
	102882871	Hydraulic stack kits	1	0		EPDM

## Especificações agitador submersível ABS



	<b>Ersatzteilstückliste / Spare Parts List</b>	Seite / page
		1 von 2 Datum / date 26.05.2007

Artikel/Item	M415112N1211111	Zeichnung	AN-S.14.105
SerienNr/SerialNo	RW4031A 40/ 8EC 380-415/50.	/Drawing	
Auftrag/Order	29793 706662	Pos/Line	1

VOLTAGE: 380-415V/50HZ; STATOR/BI-METALS

MATERIAL: MOTOR-EC; SEALS-NBR/NBR


MATERIAL: PROPELLER-1.4571

INSTALLATION: OPEN BRACKET 60x 60

CABLE: 10M

PAINTING/LUBRICANTS: EPOXY-BLACK/STD.

Pos	Artikel/Part	Qty	Unit	Benennung	Description
1	31000275	1,000	ST	MOTORG.RW400 A 40/ 8 EC	MOTOR CASING
2	65000772	1,000	ST	WICKL.A 40/ 8 400/695/50	WINDING ASSEMBLY
3	31150304	1,000	ST	OB.LAGERD.RW400 GG	TOP BEARING COVER
4	43070398	2,000	ST	DICHTUNG RW400 NBR55	SEAL
5	11470123	2,000	ST	SCHEIBE 19,0 DIN 433 STVZ.	WASHER
6	11210025	3,000	ST	ZYL.SCH.M 6x 16 DIN 912 8.8VZ.	CYLINDER SCREW
7	11470035	3,000	ST	SCHEIBE 6,4 DIN7349 STVZ.	WASHER
9	11120049	1,000	ST	O-RING 150,0x 3,0 NBR70	O-RING
10	11120532	1,000	ST	O-RING 46,0x 3,0 VTN	O-RING
11	31150291	1,000	ST	LAGERD.RW400 A40/8 GG	BEARING COVER
12	11010030	1,000	ST	RILLENKUGELLAGER 6307 2RS	BALL BEARING
13	11080073	1,000	ST	SIRING 80x2.50 DIN472	CIRCLIP
14	65010579	1,000	ST	WELLE RW400 A 40/ 8 EC 1.4021	SHAFT ASSEMBLY
15	11070058	1,000	ST	SIRING 35x1,50 DIN471	CIRCLIP
16	11090051	1,000	ST	RWDR 35x 80x10 DIN3760 AD	RADIAL SHAFT SEAL
17	42130109	1,000	ST	DI-ELEKTR. 31 LANG	SEAL-PROBE
17	43040005	1,000	ST	DICHTRING DI H=26MM	SEALING RING
17	11080027	1,000	ST	SICH.SCH.RS 7x0,90 DIN6799 VZ	CIRCLIP
18	11010112	1,000	ST	RILLENKUGELLAGER 6204 2RSD	BALL BEARING
19	11630118	1,000	ST	PASSF.A 8x 7x 32 DIN6885 14571	KEY
31	31020620	1,000	ST	OB.DECKEL RW400 VKT 60 40/ 8EC	TOP COVER
32	31320142	1,000	ST	KABELEINF.RW400 A 40/ 8-220/ 4	CABLE ENTRY
33	12100044-10-002	1,000	ST	LEIT.10G1,5 KB-6/10,5M OZOFLEX	ELECTRIC CABLE
36	42010088	2,000	ST	SCHEIBE D 39,5x 23,0x 1,5 4571	WASHER
37	11210243	4,000	ST	ZYL.SCH.M 8x 25 DIN 912 1.4401	CYLINDER SCREW
39	43030041	1,000	ST	KNICKSCHUTZT.RW400-900 D16,5NB	CABLE SLEEVE
39	11570017	1,000	ST	SCHLAUCHKL. 45,3-48,5	CLAMP
51	11121054	1,000	ST	O-RING 190,0x 3,0 NBR70	O-RING
52	43070425	1,000	ST	DICHTUNG D40xD20,5x30 NBR	SEAL
53	11121054	1,000	ST	O-RING 190,0x 3,0 NBR70	O-RING
55	11121051	6,000	ST	O-RING 10,0x 2,0 NBR	O-RING
57	11120049	1,000	ST	O-RING 150,0x 3,0 NBR70	O-RING
58	11120166	1,000	ST	O-RING 205,0x 4,0 NBR70	O-RING
59	11121051	5,000	ST	O-RING 10,0x 2,0 NBR	O-RING
60	43560018	1,000	ST	ABDECKUNG GLRD RW400	COVERING
60	11110096	1,000	ST	GLRD 30MM SILIC-SILIC.	MECHANICAL SEAL
71	31040216	1,000	ST	ÖLKAM.RW400 EC GG	OIL CHAMBER

	<b>Ersatzteilstückliste / Spare Parts List</b>	Seite / page 2 von 2 Datum / date 26.05.2007
---	--	---

Pos	Artikel/Part	Qty	Unit	Benennung	Description
72	11080062	1,000	ST	SPRENGRING RB201	CIRCLIP
73	11210246	6,000	ST	ZYL.SCH.M10x 45 DIN 912 1.4401	CYLINDER SCREW
74	11470089	6,000	ST	SCHEIBE 10,5 DIN 433 1.4401	WASHER
75	42050021	2,000	ST	BEF.BÜGEL RW400	FASTENING BOW
76	43070428	1,000	ST	SD-RING PROPELLERNABE D212 NBR	SEAL
77	11070073	1,000	ST	SI.RING 30x1,50 DIN471 VA	CIRCLIP
78	11210280	1,000	ST	ZYL.SCH.M10x 40 DIN 912 1.4401	CYLINDER SCREW
79	11490027	2,000	ST	SICHERUNGSSCH.M10 1.4436 NL	LOCKWASHER
80	14990066	1,000	ST	SCHÄKEL A0,4 DIN82101-A4	SHACKLE
81	12200023	1,000	ST	MOT.KLEMMBRETT KB 93 S 9POL/M6	TERMINAL BOARD
82	11210024	1,000	ST	ZYL.SCH.M 6x 12 DIN 912 8.8VZ.	CYLINDER SCREW
83	42320526	1,000	ST	MONTAGEBL.AF2 GR.1 STVZ	MOUNTING WASHER
84	11470018	1,000	ST	SCHEIBE 6,4 DIN 125 1.4401	WASHER
85	11400031	9,000	ST	SKT.MUT. M 6 ISO 4032-MS	HEXAGON NUT
86	11400052	9,000	ST	SKT.MUT. M 6 DIN985 8VZ	HEXAGON NUT
87	11470031	19,000	ST	SCHEIBE 6,4 DIN 125 B MS	WASHER
89	11360029	1,000	ST	GEW.STIFT M10x12 DIN913 1.4401	GRUB SCREW
90	11210246	6,000	ST	ZYL.SCH.M10x 45 DIN 912 1.4401	CYLINDER SCREW
91	11470089	6,000	ST	SCHEIBE 10,5 DIN 433 1.4401	WASHER
92	31420776	1,000	ST	AUSKL.VKT 60 RW400 A40/8	BRACKET
94	12200029	1,000	ST	VERBINDUNGSBRÜCKE M6 CUZN,KV4	CONNECTION DISC
101	35070405	1,000	ST	PROPELLER 4031 CR	PROPELLER
102	32010511	1,000	ST	LAUFRADSCH.RW 400 1.4305	IMPELLER WASHER
103	15070084	1,100	M	KLEMMBAND 6,53MM BREIT C202	CLAMP
104	15070085	1,000	ST	BANDKLAMMER 6,53MM BREIT C252	BAND-IT CLIP
117	41380099	4,000	ST	ROHR- 15,0x2,0x 14,0 DIN2463	PIPE
118	11200284	4,000	ST	SKT.SCH.M10x 45-ISO 4017-A4-70	HEXAGON HEAD SCREW
120	11400055	4,000	ST	SKT.MUT. M10 DIN985 1.4401	HEXAGON NUT
121	44510120	4,000	ST	ROLLE D4x 16	ROATION STOP
123	11470089	4,000	ST	SCHEIBE 10,5 DIN 433 1.4401	WASHER
135	11200284	1,000	ST	SKT.SCH.M10x 45-ISO 4017-A4-70	HEXAGON HEAD SCREW
135	11200163	1,000	ST	SKT.SCH.M10x 30-ISO 4017-A4-70	HEXAGON HEAD SCREW
136	11470058	4,000	ST	SCHEIBE 10,5 DIN 125 1.4401	WASHER
137	11400055	2,000	ST	SKT.MUT. M10 DIN985 1.4401	HEXAGON NUT

## Especificações agitador submersível FLYGT

**xylem**  
Let's Solve Water



Parts List

896623\_10.0

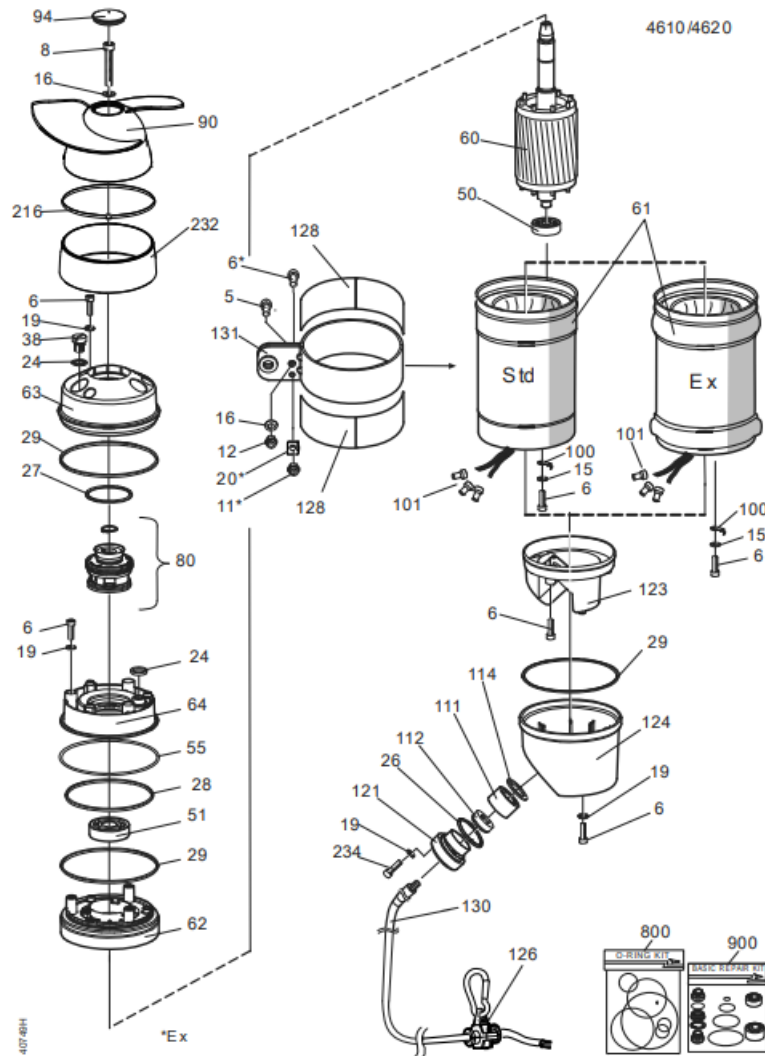


# Flygt 4610.410/.490

**FLYGT**  
a xylem brand

### 3 Exploded View

#### 3.1 Mixer

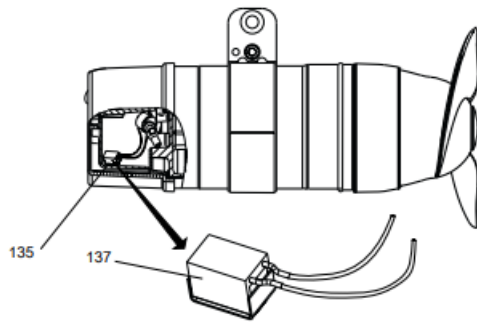


---

### 3.2 Installation components

**Leakage sensor**

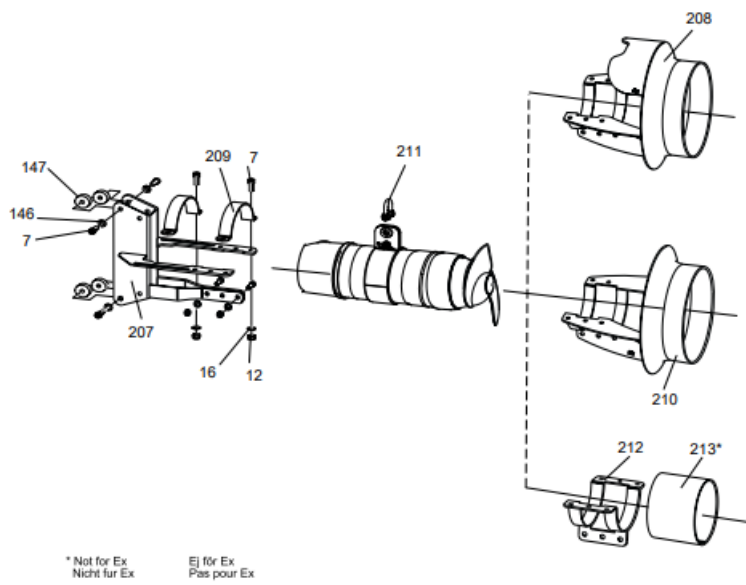
4610/4620



408 MB

Installation accessories

4610/4620



40713AC

## 4 List of Parts

### 4.1 4610.410/490

Pos. No	Part. No	Type	Denomination	Qty/Version	
				410	490
5	83 04 45		Hex.socket hd screw M8X35-A4-80	1	1
6	83 06 67		Hex.socket hd screw M6X20 A4-80+DRI-LOC 204	11	12
6	83 06 67		Hex.socket hd screw M6X20 A4-80+DRI-LOC 204	1	1
6	83 06 67		Hex.socket hd screw M6X20 A4-80+DRI-LOC 204	2	2
7	83 02 01		Hex.socket hd screw M8X25-A4-80	6	6
7	83 04 48		Hex.socket hd screw M8X20-A4-80	4	4
7	83 02 01		Hex.socket hd screw M8X25-A4-80	4	4
8	83 03 06		Hex.socket hd screw M8X50-A4-70	1	1
11	82 27 26		Lock nut M6-A4-70		1
12	82 27 27		Lock nut M8-A4-70	1	1
12	82 27 27		Lock nut M8-A4-70	7	7
12	82 27 27		Lock nut M8-A4-70	5	5
15	82 35 73		Plain washer 6.4X12X1.6-A4-170HV	1	1
15	82 35 73		Plain washer 6.4X12X1.6-A4-170HV	2	2
16	82 35 74		Plain washer 8.4X16X1.8-A4-170HV	1	1
16	82 35 74		Plain washer 8.4X16X1.8-A4-170HV	7	7
16	82 35 74		Plain washer 8.4X16X1.8-A4-170HV	5	5
19	640 84 00		Seal ring	10	10
20	646 53 00	(Ex)	Earthing plate		1
24	82 73 85		O-ring 13.3X2.4 NBR	4	4
24	82 79 12		O-ring 13.3X2.4 FPM	4	4
26	82 77 88		O-ring 48X3-1 NBR	1	1
26	82 95 59		O-ring 48X3 FPM	1	1
27	82 74 64		O-ring 54.5X3 NBR	1	1
27	82 75 19		O-ring 54.5X3 FPM	1	1
28	82 74 75		O-ring 109.5X3 NBR	1	1
28	82 81 67		O-ring 109.5X3 FPM	1	1
29	82 74 77		O-ring 119.5X3 NBR	3	3
29	82 81 59		O-ring 119.5X3 FPM	3	3
38	303 44 08		Plug	3	3

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Pos. No	Part. No	Type	Denomination	Qty/Version	
				410	490
50	83 33 11		Ball bearing 12X37X12 MM	1	1
51	83 33 13		Ball bearing 20X52X15 MM	1	1
55	607 48 02	(Ex)	Spring	1	1
60	640 66 07		Shaft unit	1	1
61	730 81 01		Stator housing unit 3-phase 50 Hz 400V-415V Y 230V D	1	
			3-phase 60 Hz 4-poles 460V Y		
61	730 81 02		Stator housing unit 3-phase 50 Hz 440V Y	1	
61	730 81 03		Stator housing unit 3-phase 50 Hz 500V Y	1	
			3-phase 60 Hz 575V-600V Y		
61	730 81 05		Stator housing unit 3-phase 50 Hz 200V Y	1	
61	730 81 06		Stator housing unit 3-phase 60 Hz 220V-230V D	1	
61	730 81 07		Stator housing unit 3-phase 60 Hz 200V-208V Y	1	
61	730 81 08		Stator housing unit 3-phase 60 Hz 400V Y	1	
61	730 81 09		Stator housing unit 3-phase 50 Hz 380V Y 220V D 3-phase 60 Hz 440V Y	1	
61	646 43 81	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 50 Hz 400V-415V Y 230V D		1
			3-phase 60 Hz 460V Y		
61	646 43 82	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 50 Hz 440V Y		1
61	646 43 83	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 50 Hz 500V Y		1
			3-phase 60 Hz 575V-600V Y		
61	646 43 85	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 50 Hz 200V Y		1
61	646 43 86	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 60 Hz 220V-230V D 380V Y		1
61	646 43 87	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 60 Hz 200V-208V Y		1
61	646 43 88	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 60 Hz 400V Y		1
61	646 43 89	(Ex)	Stator housing unit 3-phase 50 Hz 380V Y 220V D		1
62	708 96 06		Bearing housing	1	
62	708 96 04		Bearing housing FLS	1	
62	708 96 03	(Ex)	Bearing holder		1
63	640 82 00		Oil housing	1	1
64	626 77 02		Bearing cover	1	
64	626 77 01	(Ex)	Bearing cover		1
80	769 94 30		Mechanical seal dbl. AL203/ WCCR,WCCR/WCCR FPM	1	1
80	769 94 31		Mechanical seal dbl. AL203/ WCCR,RSIC/RSIC FPM	1	1
90	701 26 07		Propeller compl. 7 DEG Mtrl. stainless steel (ASTM 316L) No of blades=2 OD=210mm Angle=7 3-phase 50Hz 60Hz	1	1
90	701 26 13		Propeller compl. 13 DEG Mtrl. stainless steel (ASTM 316L) No of blades=2 OD=211mm Angle=13 3-phase 50Hz	1	1
94	701 28 00		Protective plug	1	1
100	83 43 58		Cable lug UL/CSA 1.04-2.62 MM2 M6	1	1

*Tiago Miguel Lopes da Costa*

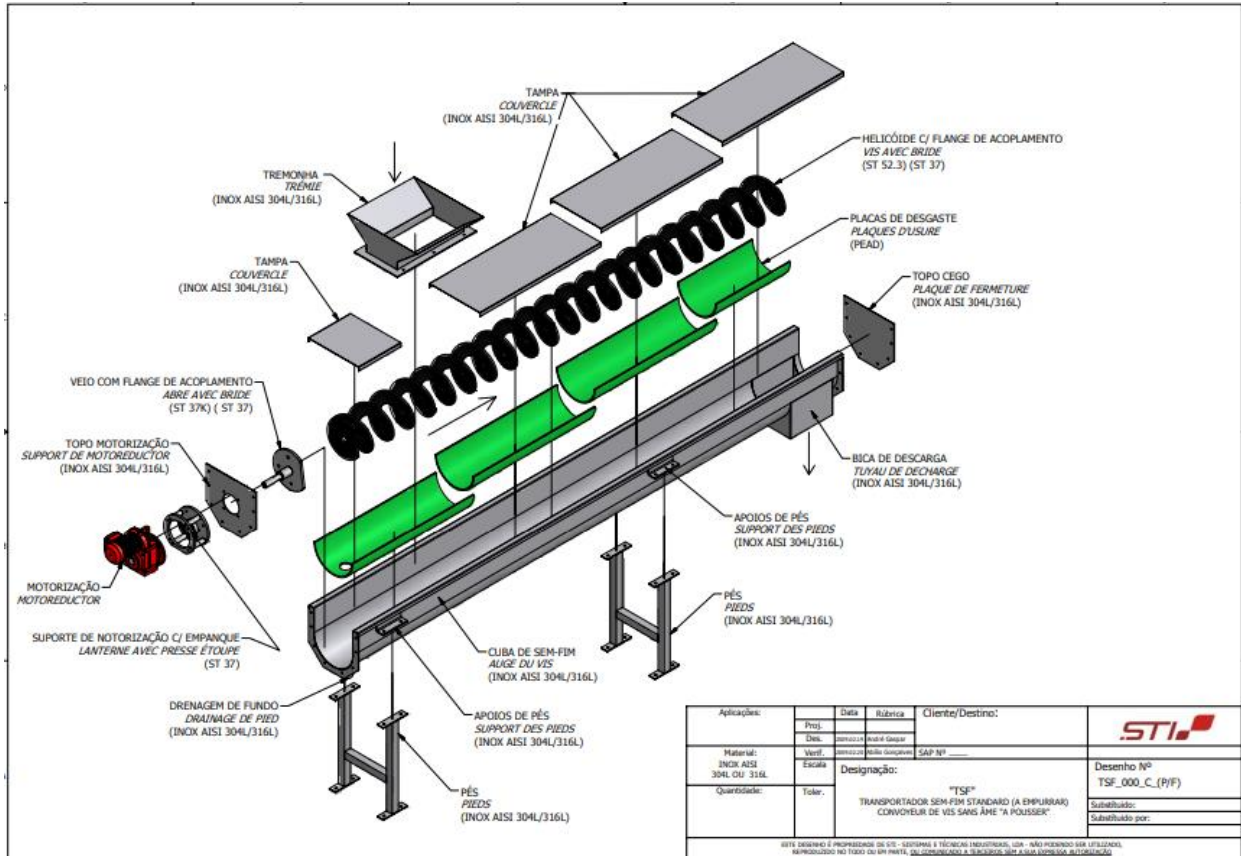
Pos. No	Part. No	Type	Denomination	Qty/Version	
				410	490
100	83 42 96		Cable lug 2.5-6 MM2 M6	1	1
100	83 43 62		Cable lug UL/CSA 0.50-1.65 MM2 M6	1	1
101	83 44 24		Closed-end splice 3-6 (AWG 12-10)	1	1
101	83 44 24		Closed-end splice 3-6 (AWG 12-10)	6	6
101	83 44 24		Closed-end splice 3-6 (AWG 12-10)	7	
101	83 42 62		Closed-end splice 0.33-0.82 (AWG 22-18)	4	4
101	83 44 24		Closed-end splice 3-6 (AWG 12-10)	4	4
111	84 17 91		Seal sleeve (12)-14 MM NBR	1	1
111	84 17 92		Seal sleeve (14)-16 MM NBR	1	1
111	84 15 86	(Ex)	Seal sleeve (10)-12 MM FPM	1	
111	84 17 91		Seal sleeve (12)-14 MM NBR	2	2
111	84 17 93		Seal sleeve (16)-18 MM NBR	1	1
112	678 58 16	(Ex)	Cable clip 14-(16) MM	1	1
112	678 58 18	(Ex)	Cable clip 16-(18) MM	1	1
112	678 58 12	(Ex)	Cable clip 10-(12) MM	1	
112	678 58 20	(Ex)	Cable clip 18-(20) MM	1	1
114	82 42 42		Plain washer 24.5X35X2-A4-70	1	1
121	788 31 01		Entrance flange	1	
121	673 30 00	(Ex)	Entrance flange ISO G1, (14)-20 MM Intended for power cable with metal hose	1	1
121	788 31 00	(Ex)	Entrance flange (14)-20 MM		1
123	640 87 00		Connection housing	1	
123	640 87 01	(Ex)	Connection housing		1
124	640 88 00		Entrance cover	1	1
126	83 45 62		Cable holder	1	1
126	83 45 63		Cable holder	1	1
128	630 68 00	(Ex)	Data plate USE 6306801 AS SPARE PART	2	2
128	775 91 00		Connection plate	1	1
128	630 76 00		Plate HOT WATER PRODUCT	1	
128	630 69 01	(Ex)	Certificate plate IECEX		2
128	630 69 00	(Ex)	Certificate plate EN		2
128	630 70 00	(Ex)	Certificate plate FM		2
128	801 03 02		Name plate CSAEx		1
128	801 04 00		Caution plate CSAEx		1
130	94 20 61		Motor cable subcab 4G1.5+2X1.5 Cable entry: (14) - 16mm Cable entry: (10) - 12mm Cable entry: (18) - 20mm	*	*
130	94 20 59		Motor cable subcab 4G2.5+2X1.5 Cable entry: (17) - 18mm	*	*

## Gestão de Manutenção numa Estação de Tratamento de Águas Residuais

Pos. No	Part. No	Type	Denomination	Qty/Version		
				410	400	
130	94 19 79		Motor cable silicone 7G2,5	Cable entry: (10) - 12mm Cable entry: (10) - 12mm	*	*
130	94 19 90		Motor cable subcab S3X2.5+3X2.5/3+S(4X0.5)	Cable entry: (18) - 20mm	*	*
131	640 97 01	(Ex)	Lifting handle compl		1	1
135	817 98 00		Holder		1	1
137	518 89 02	(Ex)	Leakage sensor (FLS)		1	1
146	82 50 15		Lock washer NORD-LOCK M8-2340		4	4
147	630 82 00		Sleeve		4	4
207	671 39 00		Sliding bracket comp		1	1
208	671 42 00		Jet ring compl.		1	1
209	671 34 00		Clamp		2	2
210	671 43 00		Jet ring compl.		1	1
211	82 26 48		Shackle		1	1
212	671 37 00		Lifting handle half		1	1
213	671 41 00		Sleeve		1	1
216	82 93 10		Strap		1	1
232	701 29 00		Protective ring		1	1
234	83 02 79		Hex.socket hd screw M6X25-A4-70		2	2
250	726 10 00		Fastening kit		1	1
400	667 40 00		Sticker		2	2
800	80 32 97		O-ring kits NBR		1	1
800	80 32 98		O-ring kits FPM		1	1
801	466 26 29		Zinc anode kit	With guide claw.	1	1
801	466 26 30		Zinc anode kit	With jet ring.	1	1
808	701 27 07		Propeller unit		1	1
815	554 20 00		Starter 356-600-A-PG-1.6		1	1
815	554 20 01		Starter START 356-600-A-PG-2.5		1	1
815	554 20 02		Starter START 356-600-A-PG-4.0		1	1
815	554 21 00		Starter 1-1.6A CABLE 9-18MM		1	1
815	554 21 01		Starter START 356-600-B-PG-4.0		1	1
815	554 21 02		Starter START 356-600-B-PG-6.3		1	1
815	554 30 01		Starter 351-400-B-516-2.5		1	1
815	554 30 41		Starter 351-400-B-PG-2.5		1	1
815	554 30 50		Starter 351-500-B-PG-1.6		1	1
815	554 30 70		Starter 351-500-B-432-1.6		1	1
900	634 01 09		Basic repair kit	NBR, AI2O3/WCCR-WCCR/WCCR	1	1
900	634 01 10		Basic repair kit	FPM, AI2O3/WCCR-WCCR/WCCR	1	1
900	634 01 11		Basic repair kit	FPM, AI2O3/WCCR-RSIC/RSIC	1	1

Pos. No	Part. No	Type	Denomination	Qty/Version	
				410	490
901	90 17 52		Oil ISO VG 32	*	*
912	82 73 85		O-ring 13.3X2.4 NBR	3	3
			Extra O-rings for inspection.Sealing parts Mtri: NBR Max ambient temp=70 DC		
912	82 79 12		O-ring 13.3X2.4 FPM	3	3
			Extra O-rings for inspection.Sealing parts Mtri: FPM Max ambient temp=90 DC		
914	671 33 00	Spare part kit	Guiding claw unit	1	
914	671 33 01	Spare part kit	Jet ring, compl.	1	
914	671 33 02	Spare part kit	Jet ring and guiding claw	1	
914	671 33 03	Spare part kit	Jet ring with vortex	1	
914	671 33 04	Spare part kit	Jet ring with vortex and guiding claw	1	
914	671 33 05	Spare part kit	Guiding claw unit		1
914	671 33 06	Spare part kit	Jet ring compl.		1
914	671 33 07	Spare part kit	Jet ring and guiding claw		1
914	671 33 08	Spare part kit	Jet ring with vortex		1
914	671 33 09	Spare part kit	Jet ring with vortex and guiding claw		1

## Especificações transportador de lamas desidratadas EASYPOINT



## ANEXO E – AQUAMAN





## O que é? Gestão Integrada de Ativos e Manutenção

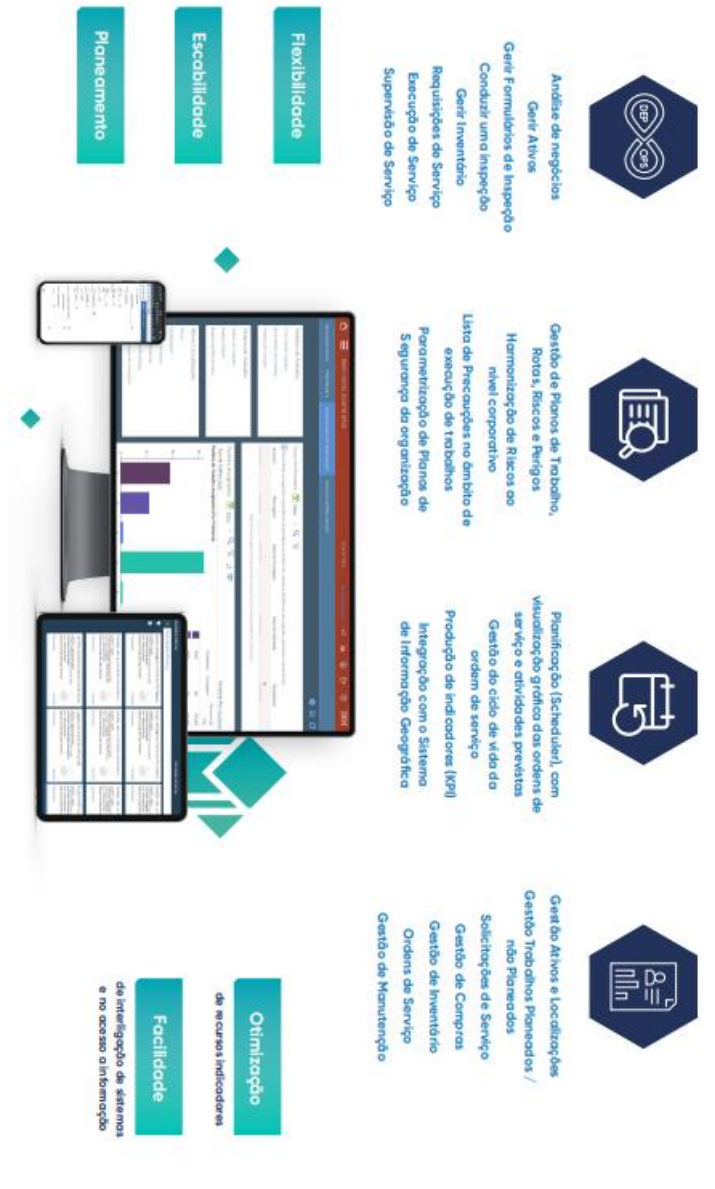
Promove a Gestão Integrada de Manutenção de Ativos adaptada à realidade e às necessidades das Organizações. Inclui e sobre todo o ciclo de vida dos ativos, contribuindo para aumentar a eficiência, eficácia dos processos de manutenção e garantindo, simultaneamente, uma significativa redução de custos.

- Gestão de Ativos
- Gestão de trabalhos planeados / não planeados
- Integração com ERP / SIG
- Gestão Campos
- Gestão Inventário
- Gestão Contratos
- Building Information Models (BIM)
- Disponibilidade Online / Offline

Garante um maior controlo das atividades operacionais através da sistematização, uniformização e monitorização dos processos operacionais por via da definição e registo dos trabalhos e comunicação numa única solução.

Aumento da produtividade por via do controlo das tarefas realizadas e otimização da gestão da informação.

Aumento da eficiência dos processos de manutenção com a consequente melhoria na qualidade do serviço prestado e redução dos custos de manutenção.



## Como funciona o Aquaman?



### Objetivos

- Organização operacional e funcional de todas as infraestruturas
- Sistematização de dados
- Desenvolvimento de uma estrutura analítica
- Inventariação dos objetos alvo de manutenção

- Gestão dos orçamentos
- Redução de custos e melhoria do ROA (Retorno do Ativo) e o OEE (Eficiência Equipamentos Operacionais)
- Organização de procedimentos e dos ordens de serviço



### Módulos - Processos

- Planificação (Scheduler), com visualização dos seus ordens de serviço e atividades previstas para os ativos
- Gestão do ciclo de vida do ordem de trabalho
- Centros de serviço móveis para gestão de Inventário, Ativos, Inspeções, Solicitações e Ordens de Serviço
- Produção de indicadores (KPI)
- Georreferenciação de Localizações / Ativos / Serviços
- Produção de relatórios (pesquisas)
- Analítica

- Central de Serviço
- Ordens de Serviço
- Compras
- Inventário
- Contratos
- Planeamento
- Manutenção Preventiva
- Building Information Models (BIM)
- Workcenters
- Mobilidade (Telefone e Tablet)
- Integração

## Benefícios da utilização do Aquaman?

- ◆ Solução de manutenção abrangente na gestão de trabalho para as atividades planeadas e não planeadas
- ◆ Segurança da informação, compliance e rapidez na implementação
- ◆ Gestão do Planeamento de longo e de curto prazo, manutenção reativa, preventiva e condicionada
- ◆ Controlo de todo o trabalho planeado (manutenção preventiva e preditiva) e não planeado (manutenção corretiva e ocasional)
- ◆ Inteligência a atividade de manutenção com outros dados relevantes, como a financeira (contabilidade de custos e de registos), a logística (compras e gestão de armazém) e os recursos alocados
- ◆ Permite, da forma mais económica possível, manter ou restabelecer um bem num determinado estado específico ou assegurar um determinado serviço
- ◆ Estabelecimento de níveis de serviço (SLAs) alinhados com os objetivos de negócio
- ◆ Redução de custos, melhoria dos processos de negócios, aumento ROI (Retorno do Investimento) e do ROA (Retorno do Ativo), aumentando a eficácia e eficiência operacional
- ◆ Adequada integração com sistemas de informação assegurando a não duplicação de recolha e de mecanismos de atualização:
  - Sistema de clientes - CRM
  - Sistema - ERP
  - Sistema de gestão de operação
  - Sistema de informação geográfica - SIG
  - Sistema de monitorização de caudais e pressões
  - Outros sistemas externos
- ◆ Alinhamento com as melhores práticas da gestão de ativos: ISO 55000 e PAS 55
- ◆ Investimento e compromisso a longo prazo, com resultados comprovados no âmbito do Gestão de Ativos

