



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**



## **Análise da Degradação Mecânica de Ativos Físicos**

**RICARDO JOÃO CAROLINO MARTINS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutor José Augusto da Silva Sobral  
Especialista António Afonso Roque

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado  
Vogais: Doutor Luís António de Andrade Ferreira  
Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Outubro de 2017**



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia Mecânica**

## **Análise da Degradação Mecânica de Ativos Físicos**

**RICARDO JOÃO CAROLINO MARTINS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutor José Augusto da Silva Sobral  
Especialista António Afonso Roque

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado  
Vogais: Doutor Luís António de Andrade Ferreira  
Doutor José Augusto da Silva Sobral

**Outubro de 2017**

*“A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais volta ao seu tamanho inicial.”  
Albert Einstein*

## **Agradecimentos**

Apesar de uma monografia ser, pela finalidade académica a que se destina, um trabalho individual, existem contributos de diversas naturezas que não podem nem devem deixar de ser referidos. Por esse motivo, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor José Augusto da Silva Sobral e ao Professor António Afonso Roque, orientadores deste trabalho final de mestrado, a quem tenho uma enorme admiração, quer do ponto de vista académico e científico, quer a nível pessoal. O meu eterno agradecimento por todo o apoio, por toda a dedicação e ajuda que me disponibilizaram, por todo o incentivo e total disponibilidade demonstrada em todos os momentos, que me conduziram à concretização deste trabalho.

Ao meu colega de trabalho Luís Pereira, da SGS Portugal, por ter sido o alicerce na minha relação com a ADP-Fertilizantes, por todos os conselhos e palavras de incentivo.

À empresa ADP-Fertilizantes, em especial ao Eng. António Simões Deus e ao Eng. Rodrigo Monteiro, por me terem recebido de braços abertos, disponibilizando não só o seu tempo, como também todo um vasto conhecimento e material imprescindível para a realização do meu trabalho de final de mestrado.

À minha família e à Beatriz, o meu mais sincero e eterno agradecimento, sem vocês nada teria sido possível. Obrigado por toda a confiança que depositaram em mim, por todo o apoio incondicional que me prestaram ao longo destes anos, os mais exigentes da minha vida. Obrigado pelo sacrifício em suportar os momentos de indisponibilidade da minha companhia, fruto das horas de isolamento necessárias à realização deste trabalho.

A todos os meus amigos que direta e indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho final de mestrado.

## **Lista de Acrónimos / Lista de Siglas**

### **C**

CBM	Condition-Based Maintenance (Manutenção Baseada na Condição)
CDF	Cumulative Distribution Function (Função Cumulativa de Probabilidade)

### **E**

EN	Norma Europeia
----	----------------

### **F**

FDP	Função Densidade de Probabilidade
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)
FTA	Fault Tree Analysis (Análise de Árvore Falhas)

### **I**

ISO	International Organization for Standardization (Organização Internacional de Normalização)
-----	--

### **L**

LKV	Likelihood Value (Razão de Verosimilhança)
-----	--

### **M**

MCA	Motor Current Analysis (Análise de Corrente Elétrica)
MTBF	Mean Time Between Failures (Tempo Médio entre Falhas)
MTTF	Mean Time To Failure (Tempo Médio até à Falha)

### **N**

NP	Norma Portuguesa
----	------------------

### **O**

ON	Organismo Notificado
----	----------------------

## **P**

P&ID Piping and Instrumentation Diagram/Drawing (Diagrama/Desenho de Tubagens e Instrumentação)

## **R**

RCM Reliability Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Fiabilidade)

RMS Root Mean Square (Valor Eficaz)

## **S**

SC Sensor-Comutador

SOPAC Sociedade Produtora de Adubos Compostos

## **T**

TBF Time Between Failures (Tempo entre Falhas)

$T_m$  Vida mediana do ativo ou componente

TPM Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

TTF Time To Failure (Tempo até à Falha)

## Resumo

O atual desenvolvimento tecnológico, a competitividade entre as organizações e o preço excessivo dos produtos são fatores que obrigam as organizações a repensar os seus ativos físicos, ganhando consciência que os mesmos (instalações e equipamentos), resultantes de vultosos investimentos, devem ser melhor rentabilizados, isto é, que os custos ao longo dos seus ciclos de vida (aquisição, operação, manutenção e abate) devem ser minimizados, de um modo sustentável, causando o mínimo prejuízo na qualidade do produto ou serviço prestado, tal como na segurança de pessoas e bens.

A fiabilidade do ativo é um fator marcante na qualidade do produto. Um sistema ou equipamento é considerado fiável quando é capaz de executar a sua função com o nível de qualidade previamente definido. As análises de fiabilidade podem ser realizadas através de ensaios realizados pelos fabricantes (normais ou acelerados) ou através de dados de campo, sendo em ambos os casos normalmente referentes a tempos registados até à falha. No entanto, em ambiente industrial, quando se trata de equipamentos críticos, o objetivo é evitar a ocorrência de avarias.

Em resposta a este cenário, surge a análise de degradação, como técnica alternativa aos clássicos métodos de estudo da fiabilidade, apresentando a vantagem de não ser necessário que nenhuma falha ocorra, para se obter informação sobre a fiabilidade do ativo, beneficiando ainda de uma redução no tempo de duração dos testes.

O presente trabalho, começa por abordar os fundamentos da teoria da manutenção e da fiabilidade, da sua aplicação no ciclo de vida dos ativos, fazendo referência às distribuições estatísticas de fiabilidade que mais se adaptam às várias fases de vida de um ativo, nomeadamente a distribuição de Weibull, a distribuição Normal e a distribuição Exponencial.

De seguida, é feita uma proposta de metodologia para acompanhamento e análise da degradação mecânica de ativos físicos, analisando parâmetros dos ativos de maneira a estimar a sua fiabilidade e realizando as intervenções da manutenção apenas quando se encontrarem no seu limite de vida útil, que corresponderá ao tempo até à falha.

Por fim, é apresentado um caso de estudo onde, através da recolha de dados dos ativos dinâmicos de uma empresa produtora de fertilizantes, é estimada a fiabilidade e identificado em que período da vida dos ativos deverá ser realizada a intervenção, pelo facto dos seus parâmetros terem atingido os valores limite previamente definidos.

Palavras-Chave: Análise de vibrações, ativos físicos, degradação, fiabilidade, manutenção.

## **Abstract**

The current technological developments, the competitiveness between organizations and the excessive price of products are factors that make organizations rethink their physical assets, gaining consciousness that these (installations and equipment), which are the result of big investments, should be better monetized, which means that the costs throughout their life cycles (acquisition, operation, maintenance and slaughter) should be minimized, in a sustainable way, causing minimal loss in the quality of the product or the service, as well as in the security of people and assets.

The reliability of the asset is a striking factor in the product's quality. A system or an equipment is considered to be reliable when it is capable of executing its function with the previously defined level of quality. The reliability analysis can be made by the manufacturer's testing (normal or accelerated) or through field data, being in both cases usually referred to time until failure. However, in an industrial environment, when it comes to critical equipment, the point is to avoid the occurrence of malfunction.

As a response to this scenario, comes the degradation analysis, as an alternative technique to the classic methods of reliability study, having the advantage that there is no failure necessary in order to obtain information about the asset's reliability, having yet another benefit, which is the reduction of the test's duration.

This study starts out by addressing the fundamentals of the maintenance and reliability theory, its application in the assets' life cycle, making a reference to the statistical distributions of reliability that adapt the most to the multiple life phases of an asset, in particular the distribution of Weibull, the Normal distribution and the Exponential distribution.

This is followed by a proposal of methodology in order to accompany and analyze the mechanical degradation of the physical assets, analyzing the parameters of the assets in order to evaluate its reliability and making the maintenance interventions only when they're on their lifespan limit, which will correspond to the time to failure.

Finally, there's the introduction of a study case where, through data retrieved from the dynamic assets of a company that produces fertilizers, we have the estimation of the reliability and the identification of in what life period the assets will need an intervention, because their parameters will have reached the limit values which were previously defined.

**Keywords:** Vibration analysis, physical assets, degradation, reliability, maintenance.



# Índice

Capítulo 1 - Introdução .....	1
1.1 - Enquadramento do Tema .....	1
1.2 - Objetivo do Trabalho .....	3
1.3 - Motivação.....	3
1.4 - Estrutura do Documento.....	4
Capítulo 2 – Manutenção .....	5
2.1 - Definição de Manutenção.....	6
2.2 - Objetivos da Manutenção.....	7
2.3 - Evolução da Manutenção .....	8
2.4 - Estratégias e Políticas da Manutenção .....	11
2.4.1 - Manutenção Corretiva .....	13
2.4.2 - Manutenção Preventiva .....	14
2.4.2.1 - Manutenção Preventiva Sistemática.....	15
2.4.2.2 - Manutenção Preventiva Condicionada.....	16
Capítulo 3 – Fiabilidade .....	22
3.1 - Definição de Fiabilidade .....	22
3.2 - Objetivos da Fiabilidade.....	24
3.3 - Função de Fiabilidade .....	25
3.4 - Fases Características da Vida dos Ativos .....	27
3.4.1 - Período de Infância ou Mortalidade Infantil .....	28
3.4.2 - Período de Vida Útil.....	29
3.4.3 - Período de Desgaste ou Envelhecimento .....	31
3.5 - Distribuições Estatísticas de Fiabilidade.....	31
3.5.1 - Distribuição de Weibull .....	32
3.5.1.1 - Distribuição triparmétrica.....	32
3.5.1.2 - Distribuição biparmétrica .....	33
3.5.1.3 - Distribuição monoparmétrica .....	34
3.5.1.4 - Parâmetro de Forma ( $\beta$ ).....	34
3.5.1.5 - Parâmetro de Escala ( $\eta$ ).....	36
3.5.1.6 - Parâmetro de Posição ( $\gamma$ ).....	37
3.5.2 - Distribuição Normal.....	38
3.5.3 - Distribuição Exponencial Negativa.....	40
Capítulo 4 – Proposta de Metodologia.....	43
4.1 - Degradação.....	43
4.2 - Metodologia .....	44
4.2.1 - Modelos de Degradação .....	48
4.2.1.1 - Modelo Linear .....	50
4.2.1.2 - Modelo Exponencial .....	51
4.2.1.3 - Modelo Potência.....	51
4.2.1.4 - Modelo Logarítmico.....	52

4.2.1.5 - Modelo Gompertz .....	52
4.2.1.6 - Modelo Lloyd-Lipow .....	53
4.2.2 - Testes de Ajuste .....	53
4.2.2.1 - Teste de Ajuste Qui-Quadrado .....	54
4.2.2.2 - Teste de Ajuste Kolmogorov-Smirnov .....	55
4.2.2.3 - Teste da Razão de Verossimilhança (LKV) .....	56
4.2.2.4 - Considerações Gerais .....	57
<b>Capítulo 5 – Caso de Estudo .....</b>	<b>58</b>
5.1 - Introdução .....	58
5.2 - Bombas Centrífugas .....	60
5.3 - Ativos em Estudo .....	62
5.3.1 - Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B) .....	63
5.3.2 - Bomba para Tratamento de Água (B 501 B) .....	65
5.4 - Simulações .....	66
5.4.1 - B 275 B .....	67
5.4.2 - B 501 B .....	78
5.4.3 - Considerações Gerais .....	87
<b>Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros .....</b>	<b>88</b>
<b>Referências .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>93</b>
Anexo I .....	94
Anexo II .....	96
Anexo III .....	98
Anexo IV .....	100
Anexo V .....	102
Anexo VI .....	104
Anexo VII .....	107
Anexo VIII .....	129

## Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> - Evolução da Manutenção ao longo dos anos [2] .....	10
<i>Figura 2</i> - Variáveis a ter em consideração na escolha da política de manutenção a implementar [10] .....	12
<i>Figura 3</i> - Políticas de Manutenção .....	12
<i>Figura 4</i> – Representação da prática de manutenção corretiva após a falha de um bem [2] .....	14
<i>Figura 5</i> - Periodicidade da manutenção preventiva sistemática [2].....	16
<i>Figura 6</i> - Periodicidade da manutenção preventiva condicionada [4] .....	18
<i>Figura 7</i> - Definição do valor RMS de uma onda sinusoidal .....	20
<i>Figura 8</i> - Representação da relação entre o valor eficaz, o valor pico e o valor pico-a-pico.....	21
<i>Figura 9</i> - Gráfico da relação entre os custos de fiabilidade versus os custos de não fiabilidade [17] .....	24
<i>Figura 10</i> - Curva característica da fiabilidade ao longo do tempo [18].....	25
<i>Figura 11</i> - Representação gráfica das curvas da Fiabilidade, Taxa de Avarias e Função Densidade de Probabilidade de Falha [1].....	27
<i>Figura 12</i> - Representação gráfica da curva da Taxa de Avarias (Curva da Banheira) [19] .....	28
<i>Figura 13</i> - Fluxograma para análise de dados (adaptado de [20]) .....	32
<i>Figura 14</i> - Função densidade de probabilidade de falha para diferentes valores de $\beta$ [22] .....	35
<i>Figura 15</i> - Efeito do parâmetro de forma na função da taxa de avarias [23] .....	36
<i>Figura 16</i> - Efeito do parâmetro de escala na função densidade de probabilidade de falha para valores de $\beta = cte$ [23] .....	37
<i>Figura 17</i> - Efeito do deslocamento positivo do parâmetro de posição na função densidade de probabilidade de falha [24] .....	38
<i>Figura 18</i> - Efeito do desvio padrão na função densidade de probabilidade de falha, da distribuição normal, para o mesmo valor médio [25].....	39
<i>Figura 19</i> - Efeito da média na função densidade de probabilidade de falha, da distribuição normal, para o mesmo valor de desvio padrão [1].....	40
<i>Figura 20</i> - Efeito da taxa média de avarias na função densidade de probabilidade de falha da distribuição Exponencial negativa [25].....	41
<i>Figura 21</i> - Efeito do parâmetro de posição na função de fiabilidade da distribuição Exponencial negativa [25] .....	42
<i>Figura 22</i> - Efeito do parâmetro de posição na taxa média de avarias da distribuição Exponencial negativa [25] .....	42
<i>Figura 23</i> - Fluxograma da metodologia proposta .....	47
<i>Figura 24</i> - Representação do Modelo Linear [30] .....	50
<i>Figura 25</i> - Representação do Modelo Exponencial [30].....	51
<i>Figura 26</i> - Representação do Modelo de Potência [30] .....	52
<i>Figura 27</i> - Representação do Modelo Logarítmico [30].....	52
<i>Figura 28</i> - Representação da curva de tendência de degradação [36] .....	59
<i>Figura 29</i> - Classificação dos tipos de bombas [37] .....	60
<i>Figura 30</i> - Representação da configuração de uma bomba centrífuga [39] .....	61
<i>Figura 31</i> - Representação dos tipos de bombas centrífugas [39].....	61
<i>Figura 32</i> - Identificação dos pontos de medição no ativo B 275 B .....	63
<i>Figura 33</i> - Identificação dos pontos de medição no ativo B 501 B .....	63
<i>Figura 34</i> - Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B).....	64
<i>Figura 35</i> - Bomba para Tratamento de Água (B 501 B).....	65
<i>Figura 36</i> - Modelo de degradação que melhor se ajusta a cada ponto de leitura (B 275 B) .....	68
<i>Figura 37</i> - Curvas de tendência de degradação dos pontos M1H, M2E, M2H e M2V do componente motor (B 275 B).....	70
<i>Figura 38</i> - Curvas de tendência de degradação dos pontos M1V e M2A do componente motor (B 275 B) .	71
<i>Figura 39</i> - Curvas de tendência de degradação dos pontos P1H, P1V, P2H e P2V do componente bomba (B 275 B).....	71
<i>Figura 40</i> - Teste de ajuste com a distribuição ajustada aos tempos até à falha.....	72
<i>Figura 41</i> - Gráfico da Função Densidade de Probabilidade de Falha .....	73
<i>Figura 42</i> - Gráfico da Função de Fiabilidade .....	74
<i>Figura 43</i> - Gráfico da Função Cumulativa da Probabilidade de Falha .....	74
<i>Figura 44</i> - Gráfico da Taxa de Avarias.....	75
<i>Figura 45</i> - Vida média do ativo .....	75
<i>Figura 46</i> - Tempo (dias) para garantia de uma Fiabilidade de 0,90.....	76
<i>Figura 47</i> - Fiabilidade para uma missão de 1095 dias .....	76

<i>Figura 48</i> - Probabilidade de Falha para uma missão de 600 dias .....	77
<i>Figura 49</i> - Fiabilidade para uma missão de 730 dias .....	77
<i>Figura 50</i> - Modelo de degradação que melhor se ajusta a cada ponto de leitura (B 501 B) .....	80
<i>Figura 51</i> - Curvas de tendência de degradação dos pontos de leitura do componente bomba (B 501 B).....	81
<i>Figura 52</i> - Teste de ajuste com a distribuição ajustada aos tempos até à falha.....	82
<i>Figura 53</i> - Gráfico da Função Densidade de Probabilidade de Falha .....	83
<i>Figura 54</i> - Gráfico da Função de Fiabilidade .....	83
<i>Figura 55</i> - Gráfico da Função Cumulativa da Probabilidade de Falha .....	84
<i>Figura 56</i> - Gráfico da Taxa de Avarias.....	84
<i>Figura 57</i> - Vida média do ativo .....	85
<i>Figura 58</i> - Probabilidade de Falha para uma missão de 600 dias .....	85
<i>Figura 59</i> - Fiabilidade para uma missão de 365 dias .....	86
<i>Figura 60</i> - Tempo (dias) para garantia de uma Fiabilidade de 0,95.....	86
<i>Figura 61</i> - Fiabilidade para uma missão de 730 dias .....	87

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - <i>Características técnicas do ativo B 275 B</i> .....	64
Tabela 2 - <i>Características técnicas do ativo B 501 B</i> .....	65
Tabela 3 - <i>Níveis Globais de Vibração da Bomba de Condensados de Concentração</i> .....	67
Tabela 4 - <i>Zonas Limite de Níveis Globais de Vibração em ativos classificados como Classe I [35]</i> .....	68
Tabela 5 - <i>Modelo de degradação que melhor se ajusta aos pontos de leitura dos sistemas constituintes do ativo B 275 B</i> .....	69
Tabela 6 - <i>Estimação dos tempos até à falha do ativo B 275 B</i> .....	69
Tabela 7 - <i>Níveis Globais de Vibração da Bomba para Tratamento de Água</i> .....	78
Tabela 8 - <i>Zonas Limite de Níveis Globais de Vibração em ativos classificados como Classe II [35]</i> .....	79
Tabela 9 - <i>Modelo de degradação que melhor se ajusta aos pontos de leitura dos sistemas constituintes do ativo B501B</i> .....	80
Tabela 10 - <i>Estimação dos tempos até à falha do ativo B 501 B</i> .....	80

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 - Enquadramento do Tema

Hoje em dia, face ao desenvolvimento científico e tecnológico, o volume de investimento na gestão de ativos tem aumentado significativamente, o que por sua vez proporciona à manutenção um papel de maior relevo na sociedade. A manutenção é fundamental para a fiabilidade, disponibilidade, qualidade dos produtos e serviços e como também para a redução dos riscos de funcionamento, melhorando desta forma a rentabilidade económica e a segurança das pessoas e do ambiente. Assim sendo, a manutenção e as suas técnicas e ferramentas têm uma grande importância na estratégia das organizações.

A gestão da manutenção, através das suas técnicas e ferramentas, proporciona um maior controlo e segurança nos processos produtivos, pois aumenta a disponibilidade dos ativos, resultando no aumento da produtividade. Atualmente, a manutenção afeta todos os aspetos de negócio das organizações, tais como na segurança, na integridade ambiental, na eficiência energética e na qualidade do produto.

O desenvolvimento tecnológico, a forte competição global e o aumento das expectativas dos consumidores, criam grandes pressões às organizações para produzir bens ou prestar serviços de alta qualidade. Em termos industriais, a qualidade dos produtos encontra-se associada aos processos e aos ativos que os geram. Para aumentar a qualidade dos produtos, deve então aumentar-se o desempenho dos ativos que estão associados a todo processo de produção. O desempenho do ativo, ao longo de um período de tempo, designa-se por fiabilidade, correspondendo à quantificação da capacidade do mesmo funcionar sem falhar, sendo associada a uma probabilidade de sucesso [1].

Atualmente, a luta pela sobrevivência leva à exploração máxima dos recursos (humanos, infraestruturais, tecnológicos ou energéticos). Cada vez mais, as organizações tencionam adquirir produtos fiáveis e seguros e para tal é necessário um constante aperfeiçoamento. A manutenção é uma área diretamente ligada à qualidade do ativo, pois estes por mais bem projetados que estejam, não serão seguros e fiáveis se não for realizada a devida manutenção. Um dos objetivos da manutenção é fazer uso do histórico de acidentes e falhas, de maneira a assegurar a melhor segurança e fiabilidade possível, com os menores custos associados.

Assim, para manter um processo com alta qualidade é necessário proporcionar alta fiabilidade aos ativos associados a esse processo. Para tal, os testes de fiabilidade e a utilização de técnicas estatísticas tornam-se importantes no aumento da qualidade dos ativos. A Engenharia da Fiabilidade possui diversas ferramentas para auxiliar na criação de produtos fiáveis, como a Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*), a Análise de Árvore de Falhas (FTA – *Fault Tree Analysis*), testes de vida ou testes de vida acelerados e consequente análise de tempos até à falha.

Todas as técnicas e ferramentas descritas acima são importantes para a Engenharia da Fiabilidade, no entanto, com a redução dos prazos de desenvolvimento de produtos, os ensaios de fiabilidade possuem algumas restrições de tempo. Normalmente são utilizados testes de vida que requerem o conhecimento de tempos até à falha para obter a fiabilidade de um bem. No entanto, por vezes os testes de vida não resultam na falha, o que dificulta a previsão da fiabilidade. De maneira a ultrapassar esta dificuldade, são utilizados os testes de vida acelerados para estimar a fiabilidade ou a probabilidade de falha dos bens.

Outra alternativa, bastante eficaz, passa por realizar análises de degradação em conjunto com técnicas de fiabilidade. A análise de degradação é um modelo que, através de cálculos estatísticos, estima a fiabilidade dos componentes ou sistemas onde a ocorrência de falha é rara ou por vezes inexistente, proporcionando ainda uma redução significativa na duração dos testes de fiabilidade.

Quando um ativo se encontra sujeito a degradação, onde esta possa ser controlada através de um parâmetro de desempenho ou controlo e onde seja possível estabelecer um valor limite ou de alerta para esse parâmetro, é possível recolher diversos dados referentes ao processo de degradação, sendo possível ajustar um modelo matemático de degradação. Através deste modelo será possível prever a falha, ou seja, será possível prever quando o parâmetro atingirá o valor limite estabelecido. O modelo de degradação é função de uma determinada curva de tendência, que ao ser extrapolada permite determinar o valor de tempo até à falha (TTF).

A partir dos valores dos tempos até à falha, é possível determinar outros valores estatísticos como: a função de fiabilidade, a taxa de avarias, a função densidade de probabilidade, a função de probabilidade de falha acumulada, entre outros.

Nas políticas de manutenção preventiva, alguns componentes são substituídos antes da sua completa exploração de vida útil, representando uma perda significativa de recursos humanos e materiais. Esta substituição antecipada conduz as organizações para um grande prejuízo económico.

No controlo de condição, um dos métodos aplicados é o acompanhamento da tendência de um ou vários parâmetros, indicadores da condição de funcionamento do ativo, através de medições contínuas ou periódicas. Com base nos valores medidos, através de inspeções visuais ou de sensores adequados, pode elaborar-se uma curva de tendência que permite determinar o momento em que o nível de degradação atinge o valor limite ou de alarme. Ou seja, através da manutenção condicionada, seria possível realizar as substituições dos componentes apenas quando estes estejam no limite da sua vida útil, correspondendo a uma estimativa do tempo até à falha.

## **1.2 - Objetivo do Trabalho**

O presente Trabalho Final de Mestrado pretende apresentar uma proposta de metodologia, de acompanhamento e de análise da degradação mecânica de ativos físicos. Esta metodologia poderá ser implementada em diversos ativos, com os ajustes necessários. No caso do presente trabalho, esta metodologia foi aplicada a equipamentos dinâmicos, presentes em processos produtivos na instalação da ADP-Fertilizantes, em Alverca.

Após a recolha dos valores em campo, referentes aos níveis globais de vibração, selecionaram-se os ativos que apresentavam uma tendência crescente de degradação. Os ativos analisados foram selecionados de acordo com a criticidade e a qualidade dos dados monitorizados. A modelação dos tempos até à falha, por meio de extrapolação dos dados de degradação, é outro dos objetivos do presente Trabalho Final de Mestrado, com vista à otimização da manutenção condicionada. A modelação estatística dos dados foi realizada utilizando o *software* Weibull++ (versão 11), da ReliaSoft.

A grande vantagem desta metodologia prende-se com o facto de não ser necessária a ocorrência de falhas para obter a fiabilidade do ativo em estudo. Outra vantagem que indiretamente se pode extrair deste modelo passa por realizar uma estimativa de vida útil restante, através da extrapolação da curva de degradação até esta se cruzar com a ordenada do valor limite ou de alarme. Este tipo de metodologia irá disponibilizar às equipas de manutenção informação essencial que pode ajudar a definir o período ou momento mais indicado para intervir no ativo, antes de este atingir os valores limite ou de alerta e entrar em avaria.

## **1.3 - Motivação**

A escolha do tema em questão é justificada pelo interesse em aplicar uma ferramenta de cariz prático, enquanto metodologia da Engenharia da Fiabilidade, capaz de fornecer um acompanhamento e análise da degradação de ativos. A metodologia proposta irá proporcionar aos



responsáveis pelos ativos um planeamento de manutenção e de ações de melhoria, que conduzam à realização das intervenções na altura certa.

A escolha do objeto de estudo teve como fundamento o facto de até à data não ter conhecimento da existência de uma metodologia de acompanhamento e análise da degradação de ativos através dos níveis de vibrações globais acompanhada de uma aplicação fiabilística.

## **1.4 - Estrutura do Documento**

De maneira a cumprir o objetivo do trabalho, esta dissertação foi dividida em seis capítulos que podem ser descritos da seguinte forma:

- Capítulo 1 – Introdução: compreende o enquadramento do tema, o objetivo do trabalho, a motivação da escolha do tema e por fim, apresenta a estrutura do documento.
- Capítulo 2 – Manutenção: descreve e define a função manutenção, os objetivos da manutenção e a importância da sua implementação nas organizações, a evolução da manutenção e por fim apresenta as estratégias e políticas da manutenção. Neste ponto será ainda detalhado o tipo de monitorização que permitiu a recolha de dados para o caso prático onde se aplica a metodologia proposta.
- Capítulo 3 – Fiabilidade: descreve a abordagem aos conceitos gerais de fiabilidade, permitindo compreender definições, a evolução dos conceitos ao longo do tempo e as metodologias aplicáveis.
- Capítulo 4 – Proposta de Metodologia: descreve a metodologia proposta e o estado da arte. Neste ponto, define-se a degradação e os modelos existentes para o acompanhamento e análise da degradação dos ativos.
- Capítulo 5 – Caso de Estudo: compreende a aplicação prática do método, tendo por base, a utilização de dados reais. O caso de estudo é focado no acompanhamento e análise do mecanismo de degradação, dos níveis globais de vibração, dos ativos (motores, bombas, ventiladores, entre outros) associados aos processos de produção, com o objetivo de estimar a fiabilidade e particularmente a sua vida útil restante.
- Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros: descreve o grande contributo da aplicação da metodologia proposta na estratégia da manutenção da organização, nomeadamente na manutenção condicionada e na otimização de políticas de manutenção. São apresentadas algumas conclusões finais relativamente aos resultados obtidos, bem como as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

# Capítulo 2 – Manutenção

Ao adquirir um equipamento novo e colocando-o em funcionamento, geralmente este irá operar na sua máxima eficiência. Contudo, existe sempre o risco de ocorrerem falhas precoces devido a defeitos de projeto, de fabrico ou de montagem. Estes tipos de falhas causam avarias inesperadas na vida inicial dos equipamentos. Por exemplo, ao adquirir uma bomba hidráulica e assumindo um projeto, uma construção e uma montagem apropriadas, as pressões e caudais fornecidos pelo equipamento no estado novo serão perto dos valores teóricos expectáveis, no entanto, caso exista um defeito em algum dos componentes da mesma, poderá ocorrer a falha ao iniciar o serviço ou poucos ciclos ou horas após o seu início de funcionamento.

O mesmo princípio é aplicado a motores, bombas e equipamentos auxiliares. Os ativos com partes móveis acabam por se desgastar e eventualmente necessitam de ser substituídos. Assim sendo, as organizações devem reconhecer e admitir o facto de que é necessário desenvolver e criar um plano para fazer face ao desgaste inevitável dos seus ativos.

As organizações podem ter dezenas, centenas ou até milhares (no caso de refinarias, por exemplo) de ativos, o que significa um investimento elevado, portanto deverão ter os recursos suficientes para realizar os programas de manutenção requeridos, de maneira a proteger esse investimento nos ativos.

Uma organização ao realizar um plano de gestão de manutenção eficaz pode reduzir o tempo de indisponibilidade dos ativos, aumentando assim a sua capacidade de produção ou prestação de serviços que irá afetar os produtos ou serviços fornecidos ao cliente, nomeadamente nos tempos de entrega e na capacidade de obter melhores padrões de qualidade.

Segundo a AEP [2] - *“A manutenção, reputada de tarefa secundária e dispendiosa, alvo de reduções fortes em tempo de crise ou em situações económicas difíceis, passou, então, pelos custos das suas intervenções, a ser considerada fator determinante na economia das empresas, capaz de alterar radicalmente os índices de produtividade, a livre concorrência e o aumento de produção por empregado”*.

## 2.1 - Definição de Manutenção

Segundo a Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 [3], a Manutenção é a *“combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”*. Segundo a mesma norma, a Gestão da Manutenção corresponde a *“todas as atividades de gestão que determinem os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e a supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos”*.

O conceito de Manutenção, devido às várias evoluções ocorridas ao longo dos séculos, foi passando por várias fases fazendo com que existam várias definições para a mesma. Apesar das várias definições apresentadas por diversos autores, no presente trabalho assume-se a definição presente na NP EN 13306:2007 [3].

Monchy [4] identifica a manutenção como a *“a medicina das máquinas”*. No caso do Homem, existem dois marcos importantes, o princípio (nascimento) e o fim (morte). No caso dos ativos existem dois marcos idênticos, a entrada em serviço e o abate. Nos seres humanos, entre o primeiro e o último dia, existem três fases distintas: o recém-nascido e a criança, onde se verifica um decréscimo das doenças típicas; o adolescente e o adulto, onde as doenças se manifestam aleatoriamente; e por fim, a idade geriátrica, onde se observa o aumento do aparecimento de doenças consequentes do envelhecimento. Para cada uma destas três fases, existe uma estratégia médica adequada. Estas três fases são visíveis e aplicáveis à vida de típica um ativo, ou seja, as avarias vão decrescendo após o arranque, ocorrerão aleatoriamente até determinada idade e ao atingir uma idade avançada as avarias tenderão a aumentar, e para cada fase será necessária uma estratégia de manutenção adequada.

Pinto [5] define a manutenção como *“um conjunto integrado de atividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança”*.

Segundo Souris [6], todas as definições de Manutenção, sejam elas oficiais ou não, têm subentendido que se trata da garantia da disponibilidade dos ativos, através da avaliação das imperfeições no património tecnológico investido.

Dias [7] identifica outras definições de Manutenção aceites por especialistas da área:

- Manutenção é combinar ações de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens para otimização do seu ciclo;
- Manutenção é uma atividade desenvolvida para manter o equipamento, ou outros bens, em condições que irão apoiar melhor as metas organizacionais;
- Manutenção é o conjunto de ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certo, por forma a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global otimizado.

## **2.2 - Objetivos da Manutenção**

Para que as organizações sobrevivam, as várias áreas devem estar em sintonia com os objetivos gerais e os objetivos das políticas de manutenção não podem constituir exceção.

O principal objetivo da manutenção é garantir a maior rentabilidade do processo produtivo, influenciando a qualidade, custo e volume de produção. Através de uma política de manutenção bem elaborada é possível garantir altos níveis de produção de bens. Para Cabral [8] o segredo está em encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo, maximizando o contributo da manutenção na rentabilidade das organizações.

Farinha [9] considera que o objetivo primário de qualquer setor de manutenção é garantir que os ativos, sob a sua responsabilidade, cumpram a função para o qual foram adquiridos, maximizando a sua disponibilidade.

Independentemente do objetivo principal, as linhas de orientação da Manutenção devem passar por quatro fatores: segurança, qualidade, custo e disponibilidade. Na área da qualidade, o objetivo passa por obter o máximo de rendimento dos ativos, com o mínimo de defeitos e o máximo de respeito pelas condições de higiene, segurança e do meio ambiente. A segurança trata-se de um fator inegociável, tendo em conta o seu impacto em todos os elementos intervenientes no processo (pessoas e ativos). Na área dos custos, o objetivo passa pela intervenção da manutenção ser realizada pelo mínimo custo global, através de uma análise dos custos da produção e dos custos originados pela manutenção ou a sua ausência. Por fim, o parâmetro da disponibilidade, onde o objetivo passa por garantir uma maior operacionalidade dos ativos, ajustando as imobilizações

programadas e minimizando as imobilizações por avaria, de forma a rentabilizar a produção e cumprir os prazos.

A conjugação destes aspetos é limitada, tornando-se difícil alcançar devido à existência de contradição entre eles, exigindo grandes doses de sensatez por parte da equipa de manutenção. Um exemplo das dificuldades na conjugação destes fatores passa pela absoluta necessidade de disponibilizar um ativo, em que sejam “esquecidas” as normas de segurança ou se introduzam custos superiores na sua reparação.

## **2.3 - Evolução da Manutenção**

É seguro afirmar que a manutenção tem a idade do Homem. A substituição das pontas de pedra das lanças, por quebra ou desgaste, pode ser considerada uma ação de manutenção.

Os conceitos de manutenção e as suas aplicações evoluíram com o desenvolvimento industrial a nível mundial. No século XIX, com a Revolução Industrial, surgiram novos desafios e foi introduzida a mecanização nos processos em oposição aos processos artesanais. Através da mecanização dos processos houve uma necessidade de reparar regularmente as máquinas, devido à sua construção simples. Estas intervenções eram realizadas pelos próprios operadores das máquinas.

Entre o século XIX e o início do século XX a manutenção tratava-se apenas da reparação das avarias quando estas surgiam, não havendo a preocupação com as consequências dessas paragens. A este tipo de manutenção designa-se por manutenção reativa. Devido a fatores como a mão-de-obra extensa e barata e a capacidade de produzir bens suficientes para o mercado, era o suficiente para satisfazer as necessidades da Indústria. As paragens, devido a avarias, eram diagnosticadas e resolvidas caso a caso, sendo a produção retomada assim que as mesmas fossem reparadas. Estas paragens apenas tinham como contrapartida o atraso no prazo de entrega aos clientes, algo que na altura não era considerado problemático, logo, não havia a necessidade de evitar as paragens. O único tipo de prevenção que existia era a lubrificação dos componentes móveis das máquinas. As máquinas eram projetadas e construídas com uma enorme robustez de maneira a minimizar a frequência de avarias.

Durante o século XX, a estratégia da indústria mudou e foi introduzido o conceito de produção em massa. Este conceito foi introduzido por Henry Ford, na indústria automóvel, mas rapidamente se espalhou para outros tipos de indústria. Através desta nova filosofia, quanto maior fosse a produção, mais baixo seria o custo e consequentemente o preço de venda, o que permitia uma

vantagem comercial face à concorrência. A eficiência era um fator cada vez mais importante, no entanto, o que importava era proporcionar condições para que os operadores trabalhassem mais.

Após a Primeira Guerra Mundial, a indústria enfrentou uma grande escassez de mão-de-obra (grande parte dos operadores foram enviados para combate) e uma necessidade de atingir maiores padrões de produção, o que conduziu a uma mudança de atitude relativamente às reparações de avarias. As paragens na produção começaram a ter maior significado, evidenciando a falta de eficácia da manutenção reativa existente. Outro fator importante nesta mudança de atitude foi a maior complexidade das máquinas utilizadas que já começavam a exigir técnicos de manutenção mais especializados.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a produção em massa e a necessidade de obter elevados níveis de disponibilidade nos equipamentos introduziram novas filosofias relativamente às avarias e respetivas reparações. As organizações começaram a ter a preocupação, não só em corrigir as falhas, mas também em atuar preventivamente através de substituições sistemáticas, dos componentes mais críticos e que apresentavam maiores desgastes, assumindo assim uma atitude proactiva. Através desta nova abordagem, iniciou-se a designada Manutenção Preventiva.

Após as grandes guerras, a obtenção de lucro por parte das organizações começou a tornar-se uma tarefa bastante complicada. Com a enorme competitividade dos mercados, tornou-se necessário diminuir cada vez mais os preços dos bens, aumentar a eficiência dos processos produtivos e reduzir os desperdícios, o que levou a uma maior valorização da área da Qualidade.

Devido ao aumento da competitividade dos mercados e de maneira a dar resposta a este problema, deu-se início a uma nova área, a Engenharia da Manutenção. Esta baseava-se na aplicação de modelos matemáticos e estatísticos de análise e controlo de fiabilidade. Começou a aplicar-se técnicas de planeamento, que anteriormente eram apenas utilizadas na indústria militar, e a elaborar-se processos mais científicos de manutenção, tendo em conta os materiais aplicados nas máquinas. Através da Engenharia da Manutenção desenvolveram-se critérios sofisticados de manutenção, baseados na condição e criaram-se processos automatizados de planeamento e controlo, minimizando os serviços burocráticos das equipas de manutenção. Outro grande impulsionador desta área foi o aparecimento dos computadores por volta da década de sessenta.

Entre as décadas de sessenta e setenta, surgiram duas novas filosofias de manutenção com objetivos diferentes. A Manutenção Produtiva Total (TPM), que tem como objetivo reduzir as paragens, eliminar as perdas, garantir a qualidade dos produtos e diminuir os custos dos processos e a Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM) que envolve a identificação de ações que quando executadas reduzem a probabilidade de falhas dos componentes e dos sistemas e minimizam os custos de manutenção.

Na década de oitenta, através da grande evolução tecnológica, passou-se a medir os parâmetros de funcionamento, a analisar a sua variação e a extrapolar o momento de falha dos equipamentos. Através desta nova técnica começou a ser possível a previsão da falha, sendo que parte dos elementos passaram a ser substituídos tendo em conta o seu estado, proporcionando custos de exploração bastante inferiores. No final desta década, com o aumento da exigência na qualidade dos produtos e serviços por parte dos clientes, a manutenção tornou-se ainda mais importante no desempenho dos equipamentos. Assim sendo, a Organização Internacional de Normalização (ISO) realizou uma importante revisão às normas da série 9000 de maneira a incluir a Manutenção no processo de certificação das organizações, concedendo assim o reconhecimento desta área no aumento da qualidade, aumento da fiabilidade operacional, redução dos custos, melhoria nos prazos de produção e entrega dos produtos ou serviços, melhoria da segurança e prevenção do meio ambiente.

Atualmente, tendo em conta as diversas evoluções tecnológicas ao longo dos últimos anos, é comum aplicarem-se vários modelos de Gestão da Manutenção Industrial, tais como [10]:

- RCM – Manutenção Centrada na Fiabilidade;
- TPM – Manutenção Produtiva Total;
- CBM – Manutenção Baseada na Condição;
- RBI – Inspeção Baseada no Risco.

A Figura 1 representa a evolução da Manutenção ao longo dos anos, havendo alguns autores que mencionam a existência de uma quarta geração.

<b>1ª Geração</b>		<b>2ª Geração</b>		<b>3ª Geração</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparar quando partir</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada disponibilidade</li> <li>• Longa vida dos equipamentos</li> <li>• Baixos custos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada disponibilidade</li> <li>• Elevada fiabilidade</li> <li>• Elevado grau de segurança</li> <li>• Melhor qualidade do produto</li> <li>• Sem danos no meio ambiente</li> <li>• Longa vida do equipamento</li> <li>• Eficiência do investimento</li> </ul>	
<b>1940</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>2000</b>

Figura 1 - Evolução da Manutenção ao longo dos anos [2]

No futuro, as exigências de melhoria serão cada vez mais acentuadas relativamente ao desempenho, ou seja, serão exigidas maiores disponibilidades, maior fiabilidade e maior duração da vida útil dos ativos. A recente perspetiva referida como “Indústria 4.0” ou quarta revolução industrial terá certamente impacto na forma como a Manutenção é realizada, mudando diversos paradigmas na gestão dos ativos.

A manutenção preditiva dispõe de melhorias a nível da performance dos ativos. A colocação de sensores, que permitem uma monitorização constante e registam diversos dados, possibilitam o pensamento numa assistência remota aos ativos. Através de uma constante e detalhada análise aos valores obtidos e recorrendo a algoritmos de análise, é possível obter a assistência remota aos ativos, isto porque, uma mínima variação num dos parâmetros de funcionamento de um ativo ou num dos parâmetros do processo, pode ser razão para a necessidade de uma intervenção da manutenção. O autodiagnóstico relativamente ao estado de vida de cada ativo será também possível através de melhorias implementadas pela “Indústria 4.0”. A interconexão das máquinas, sensores, computadores e outros ativos é determinante para que estas “funções” sejam implementadas com sucesso [11].

O autodiagnóstico permitirá o agendamento das ações de manutenção necessárias, nos tempos mais corretos, para que não ocorram falhas ou se minimizem as intervenções corretivas. Os principais desafios para a implementação da “Indústria 4.0” serão a gestão dos dados (*big data*), os modelos preditivos mais indicados (*data analytics*), as soluções de *cloud* e a comunicação entre a *cloud* e os ativos ligados entre si [11]. As tendências atuais direcionam-se para a aplicação de inteligência artificial nos equipamentos inerente ao conceito de *Machine Learning*.

## **2.4 - Estratégias e Políticas da Manutenção**

De maneira a cumprir os seus objetivos, a Manutenção deve possuir uma organização interna que lhe disponibilize os recursos humanos e materiais necessários à sua atividade. Durante muito tempo a manutenção foi considerada como um mal necessário no seio da produção industrial. Hoje em dia, a manutenção é reconhecida como uma das áreas mais importantes de uma organização, com bastante peso na disponibilidade, na fiabilidade, na qualidade e na própria imagem da empresa.

Através desta evolução surgiram, nas últimas décadas, diversas estratégias e políticas de manutenção que tentam dar resposta às exigências das organizações, que aumentam cada vez mais tendo em conta a competitividade dos mercados e crescente importância dos assuntos relacionados com o meio ambiente. Como exemplo, a subcontratação de serviços de manutenção surgiu como uma política decisiva para as áreas de Manutenção, permitindo uma melhoria na gestão dos ativos [10].



A estratégia da Manutenção deve estabelecer a forma de atingir um conjunto de objetivos, resultando na transposição dos objetivos gerais de toda a organização, e em particular da produção. A Figura 2 representa as variáveis a ter em consideração na escolha da política de manutenção a implementar na organização.

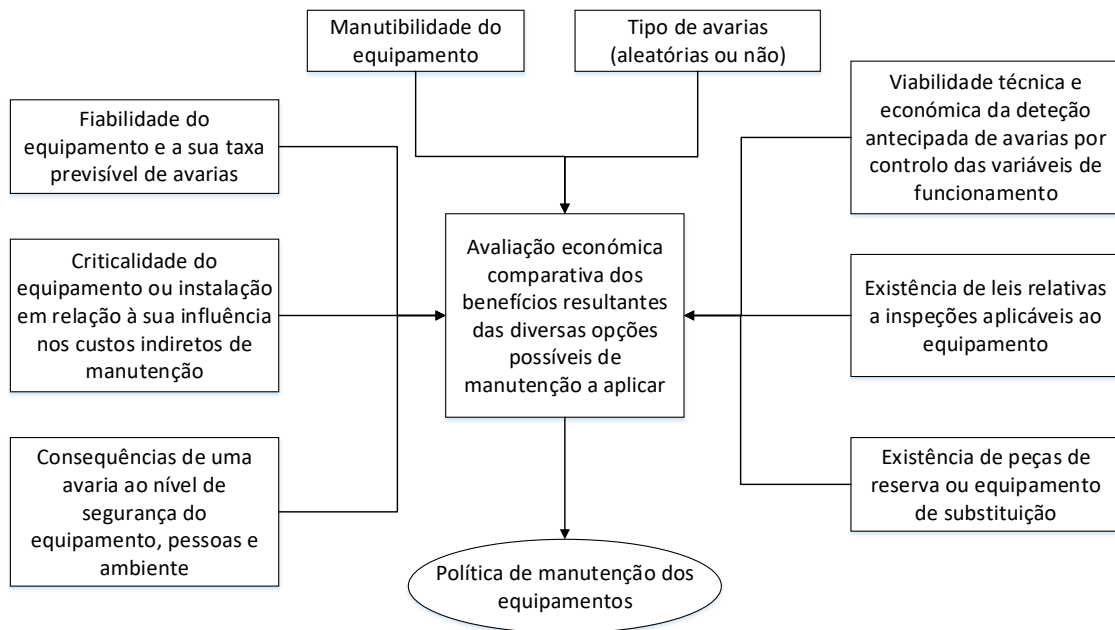


Figura 2 - Variáveis a ter em consideração na escolha da política de manutenção a implementar [10]

As políticas de manutenção são condicionadas por fatores tais como as características do regime de produção, o tipo de equipamentos produtivos, as condições e a idade das instalações/equipamentos e as inspeções legais obrigatórias (como por exemplo, o Decreto-Lei 90/2010 para o licenciamento de Equipamentos Sob Pressão).

As políticas de manutenção, presentes na Figura 3, devem ser selecionadas tendo em conta a otimização dos custos. Dada a elevada competitividade dos mercados, as organizações realizam, cada vez mais, uma Política de Manutenção proactiva baseada em tarefas preventivas (manutenção condicionada e sistemática).

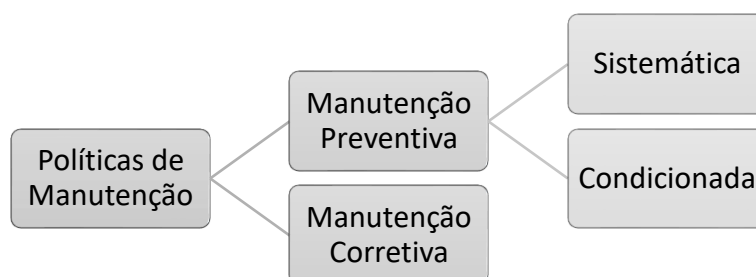


Figura 3 - Políticas de Manutenção

Segundo a Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 [3], os tipos de manutenção existentes podem ser divididos em dois grandes grupos: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. Na manutenção corretiva as intervenções são realizadas após a avaria ocorrer e não existe qualquer tipo de planeamento prévio, enquanto que no caso da manutenção preventiva as intervenções são realizadas antes da avaria ocorrer.

Ainda de acordo com a Norma, dentro da manutenção preventiva existem dois tipos de manutenção diferentes: a condicionada e a sistemática. No caso da manutenção condicionada, as intervenções são realizadas apenas caso alguma condição a desencadeie, por exemplo, num automóvel recente procede-se à troca de pastilhas e discos de travões quando existe uma indicação, no painel, dessa necessidade.

Este tipo de manutenção denomina-se de condicionada visto que a intervenção só ocorre quando existe uma condição que sirva de aviso para a sua execução (ruído, vibração, desgaste, entre outros.). Por fim, a manutenção sistemática, normalmente aplicada quando existe um histórico de avarias, a partir do qual é possível prever, com algum grau de confiança, o momento em que as avarias irão provavelmente ocorrer. Através da análise desses dados é possível planear as intervenções para a altura ideal, tanto para a área da manutenção, como para a produção.

## **2.4.1 - Manutenção Corretiva**

Segundo a Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 [3] a manutenção corretiva é a “*manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida*”. Este tipo de manutenção é efetuada quando surgem avarias imprevisíveis ou quando se opta de uma forma deliberada por manter o equipamento em serviço até à falha.

Neste tipo de manutenção são apenas realizadas ações corretivas/curativas. Estas ações são executadas após a falha e têm como objetivo repor o equipamento no seu estado inicial.

Aos ativos de baixa criticidade e onde os custos envolvidos na sua reparação sejam inferiores aos custos de manutenção preventiva, pode-se adotar a manutenção corretiva como a estratégia mais indicada.

No entanto, quando praticada sem essas preocupações, este tipo de manutenção apresenta algumas desvantagens:

- Mão-de-obra, peças e serviços com custos elevados;
- Equipamentos e instalações inoperantes;

- Perda de produção;
- Possíveis acidentes e danos no meio ambiente.

A Figura 4 representa a prática de manutenção corretiva após a falha de um bem.



Figura 4 – Representação da prática de manutenção corretiva após a falha de um bem [2]

## 2.4.2 - Manutenção Preventiva

Ainda de acordo com a Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 [3] a manutenção preventiva é a “*manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem*”. Para utilizar este tipo de manutenção, as organizações necessitam de uma manutenção preparada e bem estruturada com antecedência. Os planos de manutenção preventiva envolvem uma preparação e programação da ação, tendo em conta as indicações dos fabricantes ou com base nos dados obtidos, na exploração dos equipamentos, ao longo do ciclo de vida.

A manutenção preventiva é realizada antes da ocorrência da avaria e compreende dois tipos de atuação, a condicionada e a sistemática (como se pode observar na Figura 3). Este tipo de manutenção tem os seguintes objetivos [12]:

- Aumento da disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente da fiabilidade, reduzindo as falhas em serviço;
- Maior duração da vida útil dos equipamentos;

- Reduzir a carga de trabalho, intervalando as intervenções com a produção;
- Melhoria na gestão de stocks tendo em conta a previsão dos consumos;
- Redução das improvisações, devido a uma ação planeada que tem em conta todos os elementos necessários.

A primeira questão a ter em conta, quando se implementa a manutenção preventiva sistemática, trata-se da periodicidade das intervenções nos equipamentos. Hoje em dia, muitos dos equipamentos, que as organizações adquirem, já vêm com indicações dos fabricantes das intervenções a realizar. No entanto, muitas organizações optam por, através das informações internas, criar ou adaptar as intervenções aos seus equipamentos. Estas informações podem ser provenientes de observações ou análises estatísticas da degradação dos equipamentos e de avarias imprevisíveis e repetitivas.

Esta estratégia de manutenção pode ser baseada numa variável tipo tempo (sistemática) ou baseada na condição (condicionada). No caso de ser baseada no tempo, as ações para manter as capacidades iniciais, do equipamento ou da instalação, são planeadas para serem realizadas em intervalos específicos da vida do equipamento (tempo, número de ciclos, quilómetros, número de peças produzidas, entre outros). Quando é baseada na condição, as intervenções são realizadas quando se detetam anomalias nos equipamentos durante o seu funcionamento.

#### **2.4.2.1 - Manutenção Preventiva Sistemática**

Este tipo de manutenção é realizada tendo em conta um plano e um programa pré-estabelecidos. Tem como objetivo garantir e manter o desempenho dos equipamentos num estado idêntico ao inicial. Quanto à programação, é onde se estabelece o conjunto de ações a realizar como por exemplo, lubrificações, verificações e substituições.

A manutenção sistemática deve ser aplicada a equipamentos com elevados custos associados à avaria e a equipamentos em que a avaria implique a paragem da instalação ou ponha em causa a segurança das pessoas.

A Figura 5 representa a periodicidade da manutenção preventiva sistemática.

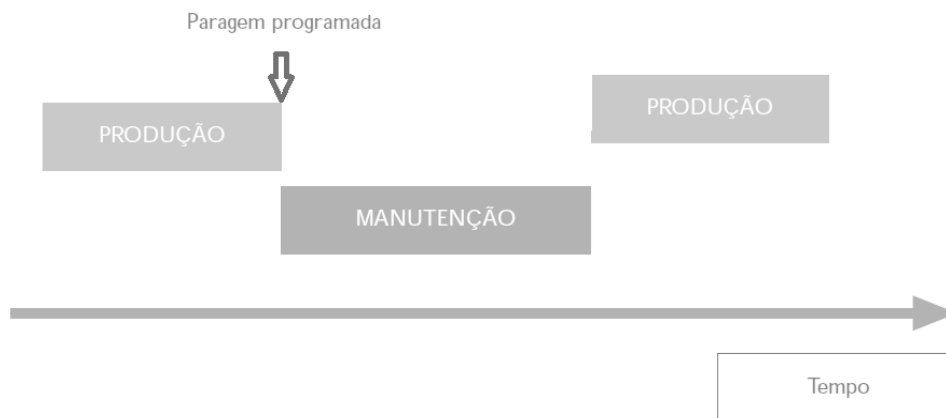


Figura 5 - Periodicidade da manutenção preventiva sistemática [2]

Esta estratégia tem como vantagens a predeterminação dos custos de cada intervenção, conduzindo a uma simplificação na gestão financeira, e a flexibilidade de planeamento das intervenções/paragens com a produção. Em termos de desvantagens, a manutenção sistemática pode conduzir a uma inflação dos custos das intervenções, devido à sua periodicidade e à mão-de-obra necessária, que conduz a um aumento da probabilidade de erro humano e as múltiplas intervenções aumentam o risco de introdução de novas avarias [2]. Um exemplo bastante comum, de manutenção preventiva sistemática, na indústria automóvel, são as substituições de filtros e de óleo, realizadas em intervalos de quilometragem ou em tempos regulares e pré-estabelecidos pelos próprios fabricantes.

#### 2.4.2.2 - Manutenção Preventiva Condicionada

Esta estratégia de manutenção consiste na medição e acompanhamento dos parâmetros de funcionamento dos equipamentos e a sua intervenção é desencadeada no momento em que um ou vários parâmetros atingem valores críticos. Existe uma vigilância periódica ou permanente nos equipamentos, através de inspeções visuais ou de sensores adequados, onde a informação é constantemente comparada com os valores críticos, que desencadeiam alarmes caso sejam ultrapassados.

Tendo em conta os investimentos necessários para a sua implementação, a manutenção condicionada é considerada mais dispendiosa que a manutenção preventiva sistemática. Este tipo de manutenção tem como vantagens o aumento da vida útil dos equipamentos, a utilização total do potencial dos equipamentos, aumentando a produtividade, a redução dos stocks de peças

sobresselentes, a redução do número de intervenções (que só ocorrem quando necessárias) e a redução da manutenção corretiva, pois existe um acompanhamento constante dos parâmetros. No que toca a desvantagens, esta estratégia requer técnicos mais habilitados, requer *softwares* específicos e robustos para tratamentos de dados, implica uma gestão individualizada das intervenções e requer a calibração e controlo metrológico dos equipamentos de medição.

Existe uma série de técnicas/ferramentas de controlo da condição dos equipamentos, tais como [8]:

- Inspeção visual;
- Análise de vibrações;
- Análise por Ultrassons;
- Termografia;
- Análise de corrente elétrica (MCA – *Motor Current Analysis*)
- Análise de lubrificantes em serviço;
- Análise dos parâmetros de rendimento;
- Ensaaios não destrutivos.

Um exemplo comum de manutenção condicionada numa indústria é a análise de vibrações a chumaceiras de diversos equipamentos da instalação, onde caso os valores críticos estabelecidos sejam ultrapassados a equipa de manutenção, ou os próprios limitadores do equipamento, procedem à paragem do mesmo, de maneira a perceber a causa desta variação e proceder à respetiva intervenção. A Figura 6 representa a periodicidade da manutenção preventiva condicionada.

No entanto, na realidade os componentes após uma intervenção de manutenção normalmente não apresentam valores de desempenho idênticos aos iniciais, uma vez que se enquadram em sistemas onde outros componentes sofrem degradação e, do ponto de vista sistémico, não se pode afirmar que estes apresentem uma condição denominada “*as good as new*”. Desta forma, pode-se encarar a Figura 6 como representativa de um comportamento teórico.

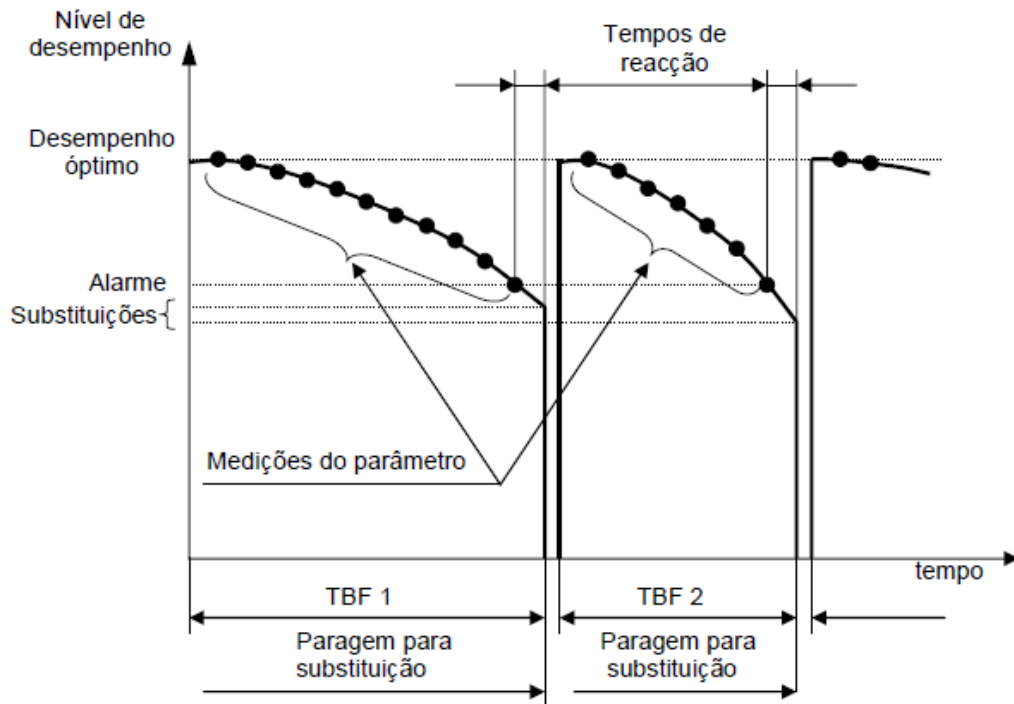


Figura 6 - Periodicidade da manutenção preventiva condicionada [4]

### Análise de Vibrações

Os ativos dinâmicos apresentam vibrações características, ou seja, uma máquina que apresente avaria vibra de um modo característico. Ao realizar medições de vibrações, observam-se padrões e verificam-se alterações, que podem detetar um problema no ativo em tempo útil, permitindo a intervenção antes da ocorrência da falha. Através das vibrações é ainda possível detetar a origem do problema com base na frequência da vibração (exemplo: desequilíbrios, avaria no rolamento, entre outros) e medir a sua severidade através da amplitude da vibração.

Através da análise de vibrações, é ainda possível obter informações que ajudam as equipas de manutenção a determinar porque é que o problema ocorreu. Ao analisar esta informação e se procederem à alteração, do modo como o ativo se encontra instalado ou a operar, é possível obter maiores fiabilidades. Assim sendo, a monitorização de vibrações tem como objetivo a redução de custos de manutenção, a otimização dos tempos de produção e consequentemente o aumento da qualidade de produção.

Todas as máquinas rotativas, tais como bombas, ventiladores, turbinas ou compressores, vibram. O nível e a forma das vibrações fornecem informações sobre a condição dos componentes que compõem este tipo de máquinas. Através de sensores que medem vibrações é possível analisar os

seus níveis e formas. Se os níveis aumentarem e as formas se alterarem é possível detetar a existência e o tipo de problema [13].

Existem vários tipos de avarias que podem ser detetadas e diagnosticadas através do controlo de condição, tais como: desapertos, pata coxa, avarias elétricas, desgaste em correias, excentricidade de rotores, avarias de transmissões e acoplamentos e avarias em engrenagens, entre outros.

Um procedimento comum neste tipo de análise, passa pela colocação de um transdutor (acelerómetro ou sensor de proximidade) normalmente nos apoios da máquina a monitorizar e pela respetiva recolha de vibrações através de um coletor de dados portátil. O técnico pode visualizar a medição de vibração no local e de seguida transferir os dados recolhidos para um computador, onde através de um *software* pode efetuar a respetiva análise.

No caso de se tratar de um ativo crítico, os transdutores podem ser instalados de forma permanente, de maneira a realizar uma monitorização continua das vibrações e através de valores críticos pré-definidos despoletar, em situações de avaria, alarmes em tempo útil. Em máquinas como turbinas ou compressores axiais, existem sistemas de proteção que monitorizam os níveis de vibração continuamente, podendo parar a máquina (ou gerar um sinal visual e/ou sonoro) em caso da vibração ultrapassar o valor limite.

Na última década, fruto do desenvolvimento dos meios de comunicação e informática, o controlo de condição passou a ser realizado via *wireless*, estando neste momento a começar a introduzir-se a capacidade de *clouds* para recolha e armazenamento da informação da condição de um equipamento.

Ao analisar os espectros, os valores globais de vibração e ainda as curvas de tendência e a comparação com o histórico disponível, é possível definir se existe algum problema e qual a sua severidade, podendo assim realizar-se relatórios para a manutenção, com a recomendação das ações a desenvolver. Após a resolução dos problemas identificados, deve proceder-se a novas medições de maneira a perceber se realmente o problema foi resolvido e se a reparação foi realizada com sucesso.

A análise de vibrações é utilizada há vários anos e existem inúmeras empresas, consultores, organismos governamentais e universidades que procuram novas formas de melhorar as técnicas e ferramentas utilizadas por técnicos e analistas de vibrações. De seguida, serão apresentados conceitos técnicos referentes ao controlo de condição através da análise vibracional.

Ao medir as vibrações em máquinas rotativas, estão a ser medidas as respostas da máquina às forças geradas no interior da mesma. Estas forças são geradas por componentes como veios,



elementos rolantes dos rolamentos, pás dos ventiladores e outros tipos de vibrações vindas das máquinas e processos circundantes. Apesar de existirem vários tipos de máquinas com características diferentes, em termos de formas, tamanhos e características técnicas, existem um conjunto de regras básicas [13]:

- É possível identificar as formas de onda. Caso a máquina se encontre desequilibrada, é possível visualizar alterações na vibração;
- À medida que a máquina se degrada, as amplitudes das formas de onda aumentam. O nível global de vibração tende assim a aumentar.

### Valor Eficaz – RMS

O valor eficaz ou valor RMS trata-se da raiz quadrada da média dos quadrados dos valores da forma da onda. Este valor é proporcional à área abaixo da curva. No caso de uma onda sinusoidal, o valor RMS é 0,707 vezes o valor pico.

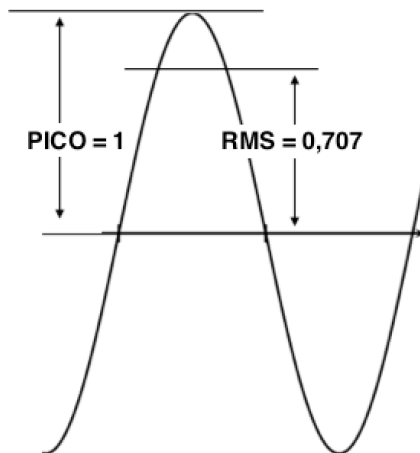


Figura 7 - Definição do valor RMS de uma onda sinusoidal

De seguida, na Figura 8, é possível observar a relação entre o valor eficaz, o valor pico e o valor pico-a-pico para duas situações específicas.

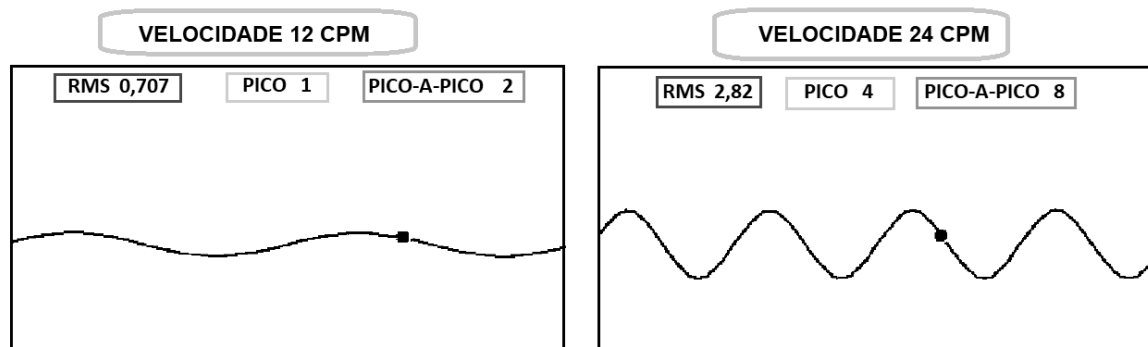


Figura 8 - Representação da relação entre o valor eficaz, o valor pico e o valor pico-a-pico

O valor eficaz (RMS) é o mais utilizado para determinação do nível global. Antes da portabilidade dos analisadores de vibração, o nível global era o parâmetro de medição mais comum. Nos dias de hoje, muitas empresas optam ainda pela aquisição de simples “medidores” de vibrações para medir, visualizar e armazenar o nível global verificando-se que à medida que a condição da máquina se degrada, o nível global aumenta. No entanto, esta opção apenas permite a deteção do problema. A origem, a causa e a severidade do problema só é possível de identificar através dos espectros de frequência.

Quanto à recolha de dados de vibrações realizadas periodicamente, existe uma regra geral bastante aplicada que indica que para as máquinas mais importantes nos processos devem ser medidas mensalmente, enquanto que as menos importantes serão apenas monitorizadas trimestralmente.

Existem normas internacionais que fornecem orientações relativamente a valores limite/alerta, no entanto, após a implementação dos programas de monitorização condicionada, deverão ser comparadas as medidas recentes com medições anteriores ou com medições recolhidas em máquinas semelhantes. Estes limites podem ainda ser alterados de acordo com a experiência do analista ou do técnico que se encontra a realizar a inspeção dos equipamentos dinâmicos ou podem ainda ser adaptados por indicação do fabricante do equipamento.

# Capítulo 3 – Fiabilidade

Como mencionado no capítulo anterior, antes da Segunda Guerra Mundial, os conceitos de manutenção e fiabilidade não estavam presentes nos objetivos das organizações e, apesar da consolidação dos conceitos estatísticos, a sua utilização ao nível destas áreas era quase inexistente.

Só durante e após a Segunda Guerra Mundial é que surgiu a necessidade de recorrer a planos de manutenção, de maneira a reduzir stocks e custos devido às paragens de ativos, sistemas ou processos. A crescente necessidade de formar técnicos cada vez mais especializados, face aos avanços tecnológicos dos ativos e para substituição ou reparação de componentes, começou a merecer maior atenção das organizações, com o objetivo de reduzir prejuízos elevados.

Surgiu então a necessidade de estimar a vida dos ativos e o sucesso das operações durante uma determinada missão. Por exemplo, a indústria de componentes eletrónicos sentiu a necessidade de proceder ao desenvolvimento destas técnicas, dado à elevada introdução de componentes eletrónicos em sistemas e processos, que levava a um elevado número de falhas e consequentemente custos acrescidos [14].

Nas décadas de 70 e 80 a fiabilidade passou a ser utilizada com maior frequência, pelas indústrias militares e aeronáuticas, principalmente na investigação e no desenvolvimento de novos produtos, começando por ser aplicada em projetos cuja falha dos componentes implicariam custos elevados em termos humanos e financeiros.

Nos anos 90, houve um aumento gradual das exigências dos consumidores por produtos com elevada qualidade e baixos custos e as organizações viram, na implementação de modelos de fiabilidade, uma boa resposta a estas novas exigências do mercado global. Hoje em dia, os modelos de fiabilidade estão enraizados na maioria das organizações ao nível dos ativos.

## 3.1 - Definição de Fiabilidade

De acordo com a Norma NP EN 13306:2007 [3], a fiabilidade refere-se à *“aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo”*.

Este conceito abrange palavras como “durabilidade” e “consistência” e está associado a um bem operar com elevada disponibilidade ou ausência de avarias [15]. A fiabilidade permite controlar e preservar os bens que nos rodeiam, analisando os dados dos parâmetros existentes nos

componentes, sistemas ou processos, com a finalidade de estes operarem corretamente, com ausência de falhas.

A fiabilidade ou probabilidade de sucesso está associada à probabilidade de o ativo não avariar. A equação (1) descreve esta complementaridade:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (1)$$

Onde “R” representa a fiabilidade e “F” a probabilidade de falha acumulada. A avaria pode ocorrer ao suspender o funcionamento de um ativo por degradação de um dos seus parâmetros de funcionamento, afetando o desempenho definido no início de serviço. A avaria pode ter origem em diversas causas [16]:

- Erros humanos, de operação ou de *software*;
- Fatores ambientais;
- Inexistência de sistemas redundantes;
- Incumprimento das especificações pré-estabelecidas do ativo;
- Definição errada para os intervalos das inspeções.

A fiabilidade encontra-se assim relacionada com um intervalo de tempo em serviço. Este intervalo trata-se do tempo efetivo de operação, ou seja, pode ser medido em horas, dias, meses ou até anos de operação, número de ciclos, número de atuações ou na distância.

Para definir a fiabilidade de um ativo, pode-se utilizar informações dos fabricantes ou recorrer a utilizadores de ativos com características semelhantes ou parecidas, a funcionar em condições idênticas. Caso seja obtida através de ensaios de qualidade (ensaios ou testes de amostragem), realizados pelos fabricantes, denomina-se fiabilidade intrínseca. Este tipo de fiabilidade pode ser também denominado de fiabilidade inerente, previsionar ou à saída da fábrica. Resulta da qualidade associada ao ativo desde a fase de projeto até ao seu fabrico e pode ser melhorada aperfeiçoando a fase de projeto e os métodos de fabrico. Por outro lado, a possibilidade da definição da fiabilidade por parte dos utilizadores, através da experiência real em serviço, denomina-se fiabilidade extrínseca ou operacional. Neste tipo de fiabilidade é possível uma obtenção de valores fiabilísticos com maiores intervalos de confiança, tendo em conta que reflete as condições reais de serviço [1].

## 3.2 - Objetivos da Fiabilidade

Com o aumento das exigências dos clientes e o desenvolvimento tecnológico, os produtos necessitam de maiores desempenhos, ou seja, necessitam de operar com cargas elevadas e durante o maior período possível, de maneira a rentabilizar a produção ao máximo. Neste momento, é neste tipo de produtos que os clientes optam por investir. Assim sendo, o grande objetivo da Engenharia da Fiabilidade é projetar produtos com melhores desempenhos mantendo por períodos mais longos elevados níveis de fiabilidade.

Outro grande objetivo é alcançar a melhor relação possível entre o nível de fiabilidade pretendido e o custo de produção do mesmo, ou seja, de acordo com a função do ativo, devem ser especificados os requisitos de fiabilidade. A relação entre os custos de fiabilidade pode ser observada na Figura 9.

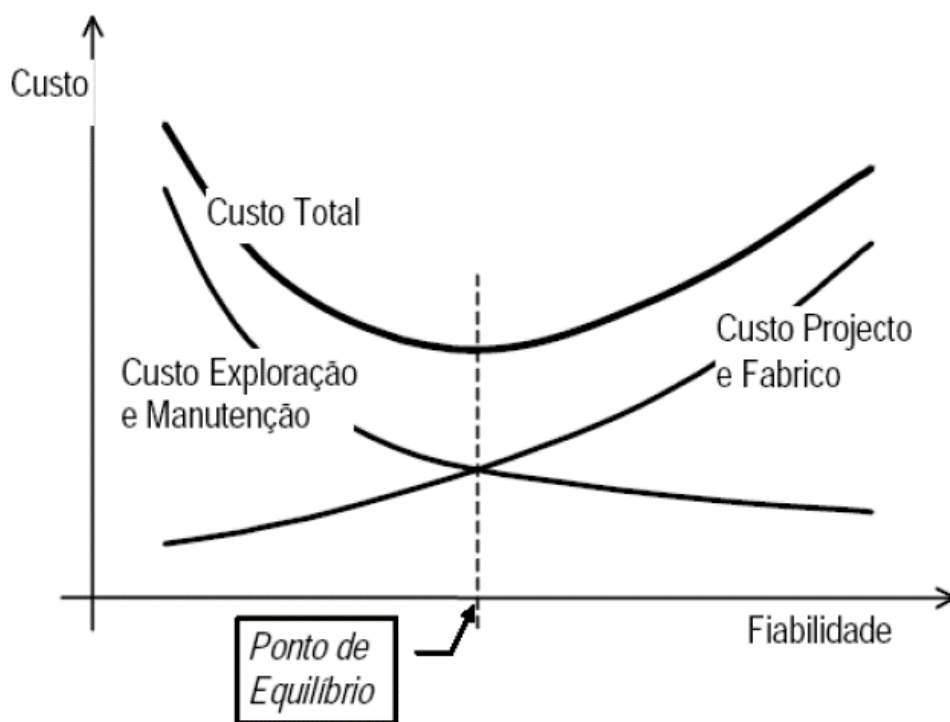


Figura 9 - Gráfico da relação entre os custos de fiabilidade versus os custos de não fiabilidade [17]

Através da Engenharia da Fiabilidade as organizações controlam a vida útil dos seus ativos e reduzem assim os custos, sem comprometer a qualidade, segurança e disponibilidade dos mesmos. Através dos modelos de fiabilidade passou a ser possível estimar o tempo no qual o sistema estará disponível, sendo esta uma informação fundamental para a tomada de decisão, relativamente à gestão da manutenção e para todo o processo produtivo.

### 3.3 - Função de Fiabilidade

Como mencionado anteriormente, a fiabilidade,  $R(t)$ , representa a probabilidade de sucesso e a sua função complementar é a probabilidade de falha acumulada,  $F(t)$ , que representa a repartição dos tempos de falha, numa amostra de componentes idênticos submetidos a análise de fiabilidade. Se  $t_f$  representa o tempo para a avaria (aleatório) de um ativo, a expressão matemática da sua fiabilidade para um qualquer tempo  $t$  será:

$$R(t) = P(t_f > t) \quad (2)$$

A função de fiabilidade tem os seus limites estabelecidos entre  $R(0) = 1$ , onde o ativo não se encontra avariado no início da operação e  $R(\infty) = 0$ , onde se define que nenhum ativo pode operar eternamente sem avariar [1]. Entre estes limites a função de fiabilidade é uma função decrescente, tendo em conta a lei da degradação natural dos componentes.

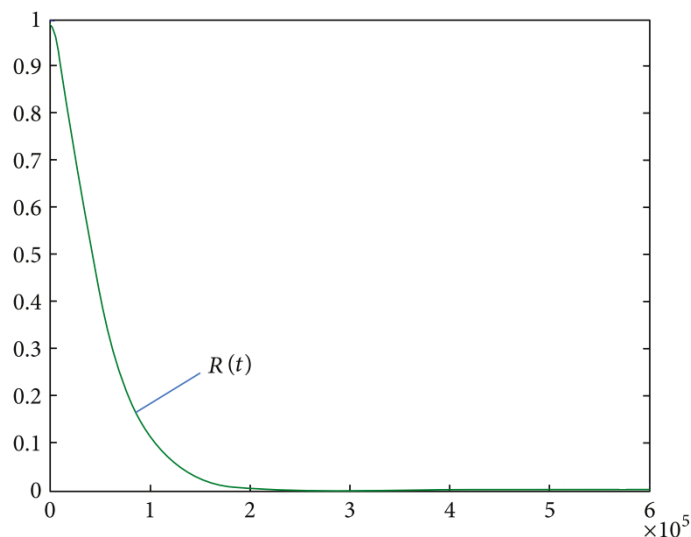


Figura 10 - Curva característica da fiabilidade ao longo do tempo [18]

Tendo em conta as expressões (1) e (2), a expressão matemática que representa a função complementar da fiabilidade, a probabilidade de falha acumulada, será:

$$F(t) = 1 - R(t) \Leftrightarrow F(t) = 1 - P(t_f > t) \Leftrightarrow F(t) = 1 - P(t_f < t) \quad (3)$$

Ao derivar a função de probabilidade de falha acumulada em ordem ao tempo obtém-se a função densidade de probabilidade de falha ou distribuição de probabilidade de falha,  $f(t)$ , que representa a percentagem de componentes que falham na unidade de tempo ( $t$ ), em relação ao número de componentes inicial ( $N_0$ ). É considerada uma função de mortalidade do componente [1].

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \Leftrightarrow f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (4)$$

$$F(t) = \int_0^t f(t).dt \quad (5)$$

A função densidade de probabilidade de falha (FDP) não é condicionada pelo número de componentes que sobrevivem, num dado instante, sendo apenas relativa ao número inicial de componentes ( $N_0$ ).

Recorrendo à relação entre as expressões (1) e (5), é possível obter a seguinte função de fiabilidade,  $R(t)$ :

$$R(t) = 1 - F(t) \Leftrightarrow R(t) = 1 - \int_0^t f(t).dt \Leftrightarrow R(t) = \int_t^{\infty} f(t).dt \quad (6)$$

Através da análise da frequência com que ocorrem as avarias de um determinado componente ou ativo ao longo da sua operação, é possível dimensionar um padrão de avaria. Neste tipo de estudo fiabilístico existe então um indicador muito importante, a taxa de avarias,  $\lambda(t)$ , também designado noutras referências como taxa de falha ou taxa de risco.

A taxa de avarias trata-se de uma probabilidade condicional que quantifica o número de componentes sobreviventes no instante  $t$ . Pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (7)$$

A partir da expressão (7), é possível definir a Função de Fiabilidade Geral que estabelece o cálculo da fiabilidade em função da taxa de avarias independentemente da distribuição de avaria que esteja em análise.

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \quad (8)$$

Um outro indicador muito importante, na definição da fiabilidade de um bem, é o tempo médio até à falha, MTTF. De maneira a definir este indicador é necessária informação dos tempos que mediarão entre as sucessivas falhas e pode ser definido pelas seguintes expressões matemáticas:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t).dt \quad (9)$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} t.f(t).dt \quad (10)$$

Existe outro indicador igualmente importante para a definição de fiabilidade, o MTBF. Este indicador representa o tempo médio entre falhas, que não é mais que uma forma particular do MTTF. Estes indicadores podem ser diferenciados da seguinte maneira:

- MTTF – componentes não reparáveis, ou seja, ao falhar é substituído por um componente novo (rolamentos, pastilhas de travão, entre outros.);
- MTBF – componentes reparáveis, ou seja, ao falhar são desmontados dos sistemas e reparados (caixas de velocidades, motores de arranque, caixas reductoras, entre outros.).

### 3.4 - Fases Características da Vida dos Ativos

As funções demonstradas no ponto 3.3, podem ser consideradas leis de vida dos componentes e são representadas graficamente pelas curvas de mortalidade.

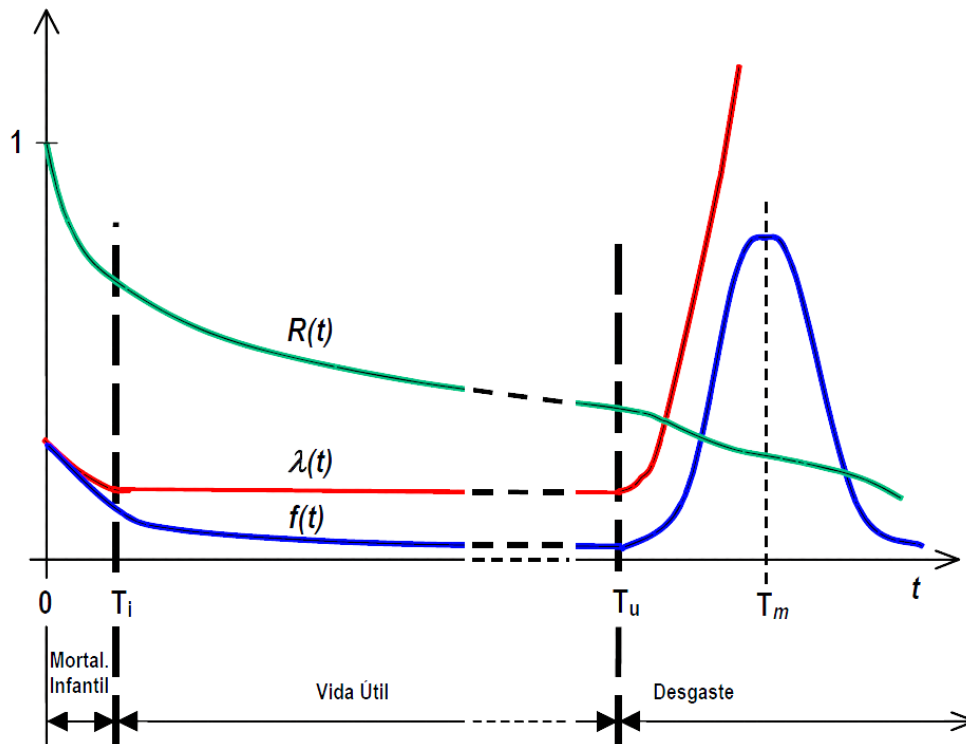


Figura 11 - Representação gráfica das curvas da Fiabilidade, Taxa de Avarias e Função Densidade de Probabilidade de Falha [1]

No caso da curva da taxa de avarias,  $\lambda(t)$ , devido à sua configuração é chamada de curva da banheira. Analisando a Figura 12 é perceptível a existência de três fases distintas da vida dos ativos reparáveis em serviço: período de infância ou mortalidade infantil, período da vida útil e por fim, período de desgaste ou de envelhecimento.



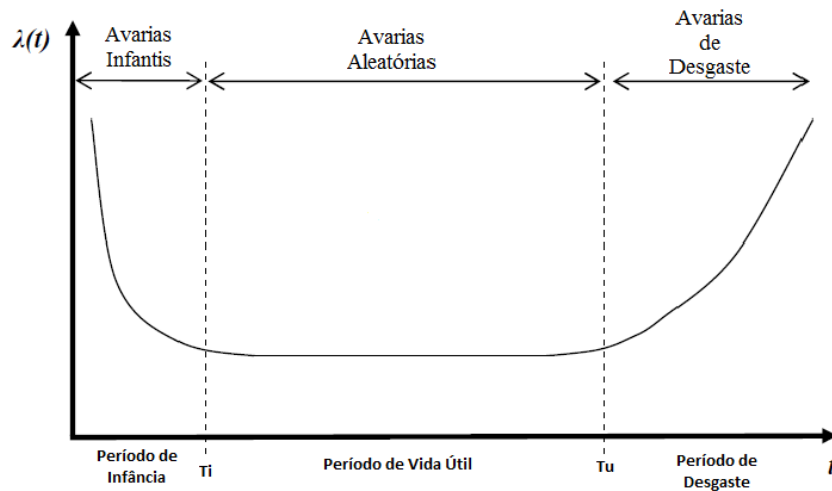


Figura 12 - Representação gráfica da curva da Taxa de Avarias (Curva da Banheira) [19]

### 3.4.1 - Período de Infância ou Mortalidade Infantil

Nesta fase, apesar dos componentes ou ativos serem novos, é normalmente apresentada uma taxa de avarias superior, frequentemente devido a defeitos de fabrico, de montagem ou de instalação. No entanto, a taxa de avarias diminui rapidamente até estabilizar em  $T_i$  (Figuras 11 e 12).

Uma forma de minimizar este problema, passa pela implementação de normas de qualidade, aplicadas ao nível do projeto e do fabrico, onde sejam incluídos ensaios e testes antes dos componentes ou ativos serem postos em serviço. No entanto, os cuidados devem ser redobrados na fase de montagem, uma vez que grande parte dos problemas têm origem nesta etapa.

Um exemplo deste tipo de implementação, de normas de qualidade, pode ser observado na produção de equipamentos sob pressão. Este tipo de equipamento só pode ser colocado no mercado da União Europeia, caso cumpra todos os requisitos expressos na Diretiva 2014/68/UE. Requisitos que vão desde o controlo, por parte de um Organismo Notificado (ON), de todo o dossier de fabrico, onde são detalhados os desenhos, notas de cálculos, materiais utilizados, certificados de soldadura e respetivos controlos não destrutivos e por fim, é realizado um ensaio hidráulico onde a pressão submetida no equipamento é superior à pressão máxima estabelecida pelo fabricante. Após o ensaio hidráulico e caso o ON dê um parecer positivo é então autorizada a comercialização deste equipamento, com garantias de fiabilidade e segurança. Noutros mercados, onde este controlo não é tão detalhado, existem maiores probabilidades de avarias e falhas na vida inicial dos equipamentos, falhas que podem causar acidentes catastróficos devido à perigosidade dos equipamentos sob pressão.

Algumas das principais razões que contribuem para a ocorrência de falhas, neste período de vida dos componentes, são:

- Controlo de qualidade deficiente;
- Erros nos processos de fabrico e montagem;
- Materiais de fabrico com fraca qualidade;
- Instalação incorreta;
- Rodagem deficiente ou insuficiente.

### 3.4.2 - Período de Vida Útil

Terminado o período de infância, o ativo inicia o período de vida útil onde, após  $T_i$ , a taxa de avarias estabiliza e o registo de falhas é aleatório e imprevisível. Este período representa normalmente a maior parte da vida dos ativos e termina em  $T_u$  (Figuras 11 e 12).

A taxa de avarias neste período tende a ser constante, sendo este comportamento bastante comum em componentes eletrónicos. Este período pode ser otimizado, de maneira à taxa de avarias ser o mais baixa possível, através da melhoria do projeto (por exemplo, através da aplicação de materiais mais resistentes) e da melhoria do programa de manutenção do ativo.

Tendo em conta que a taxa instantânea de avarias,  $\lambda(t)$ , é aproximadamente constante podemos concluir que esta não depende do tempo, logo, neste período designa-se apenas por taxa de avarias,  $\lambda$ . Assim sendo, a função de fiabilidade,  $R(t)$ , e a função densidade de probabilidade de falha,  $f(t)$ , passam a ser funções exponenciais negativas. Recorrendo às expressões (7) e (8) e considerando  $\lambda = cte$ , obtém-se:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t).dt} \Leftrightarrow R(t) = e^{-\lambda.t} \quad (11)$$

$$f(t) = \lambda(t).R(t) \Leftrightarrow f(t) = \lambda. e^{-\lambda.t} \quad (12)$$

Recorrendo à relação entre as expressões (9) e (11), é possível verificar que a taxa de avarias é igual ao inverso do MTBF, como se pode observar na seguinte expressão matemática:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t). dt \Leftrightarrow MTBF = \int_0^{\infty} e^{-\lambda.t}. dt \Leftrightarrow MTBF = \left( \frac{e^{-\lambda.t}}{-\lambda} \right)_0^{\infty} \Leftrightarrow MTBF = \frac{1}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (13)$$

Como demonstrado anteriormente, a taxa de avarias é aproximadamente constante, o que leva à simplificação do cálculo da fiabilidade e da FDP, representados nas expressões (11) e (12), respetivamente. Para aplicação das expressões (11) e (12), a lógica matemática deve respeitar as seguintes condições: período de infância desprezável e a ausência de acontecimentos de desgaste durante o período em serviço.

O facto de o componente, nesta fase de vida útil, apresentar uma taxa de avarias constante, leva a que o índice de fiabilidade, independentemente do instante em que se encontre, seja igual para períodos ou missões com o mesmo intervalo de tempo.

Como demonstrado anteriormente, através da expressão (13), o valor de MTTF (bens não reparáveis) ou MTBF (bens reparáveis) durante o período de vida útil, é inversamente proporcional à taxa de avarias. Este parâmetro trata-se de um indicador bastante importante na fiabilidade dos componentes, pois ao obter valores elevados de MTBF, irá corresponder a um elevado nível de fiabilidade e vice-versa.

Recorrendo à relação entre as expressões (11) e (13), é possível simplificar a expressão de fiabilidade, como se pode observar na seguinte expressão matemática:

$$R(t) = e^{-\lambda.t} \Leftrightarrow R(t) = e^{-\frac{t}{MTBF}} \quad (14)$$

Algumas das principais razões que contribuem para a ocorrência de falhas, neste período de vida dos componentes, são:

- Solicitações em serviço superiores às projetadas;
- Erros humanos, de utilização ou manutenção;
- Causas da natureza (relâmpagos, tempestades, incêndios, entre outros);
- Avarias acidentais.

### **3.4.3 - Período de Desgaste ou Envelhecimento**

Após  $T_u$  (Figuras 11 e 12), o ativo inicia o período de desgaste ou envelhecimento, onde é visível um aumento da taxa de avarias, devido à idade avançada do ativo em serviço e com as indesejáveis consequências económicas e de segurança que daí possam ocorrer. As falhas neste período podem ser originadas por fadiga, corrosão e desgaste entre as superfícies atuantes, entre outros.

Nesta fase, é possível concluir que apenas uma percentagem mínima de componentes se avaria antes da vida nominal, verificando-se um aumento das avarias, nos componentes, entre  $T_u$  e  $T_m$  (Figura 11). O maior interesse na análise deste período passa pelo facto de tentar prever o seu início, para que a possível entrada nesta fase de desgaste possa ser evitada.

De maneira a evitar ou atrasar a entrada nesta fase é necessário implementar uma política de manutenção preventiva, que possa levar a cabo a substituição ou reparação dos bens, antes de atingir  $T_u$ , com o principal objetivo de prolongar a sua vida nominal ou potencial. Este tipo de intervenção preventiva irá evitar as avarias e consequentes catástrofes associadas, elevando assim os níveis de fiabilidade. Esta medida preventiva é bastante comum na indústria aeronáutica.

Algumas das principais razões que contribuem para a ocorrência de falhas, neste período de vida dos componentes, são:

- Fadiga;
- Corrosão;
- Desgaste;
- Manutenção e reparações deficientes;
- Projetos de vida curta.

### **3.5 - Distribuições Estatísticas de Fiabilidade**

As características de falha dos ativos em serviço são diferentes, mesmo tratando-se de ativos idênticos. De maneira a descrever detalhadamente as características dos diversos tipos de ativos são utilizadas distribuições estatísticas que permitem caracterizar fiabilisticamente um bem, depois de um ajuste de dados de falha a uma distribuição conhecida. A Figura 13 ilustra a metodologia clássica realizada para o tratamento dos dados, na perspetiva da análise da fiabilidade de um bem.

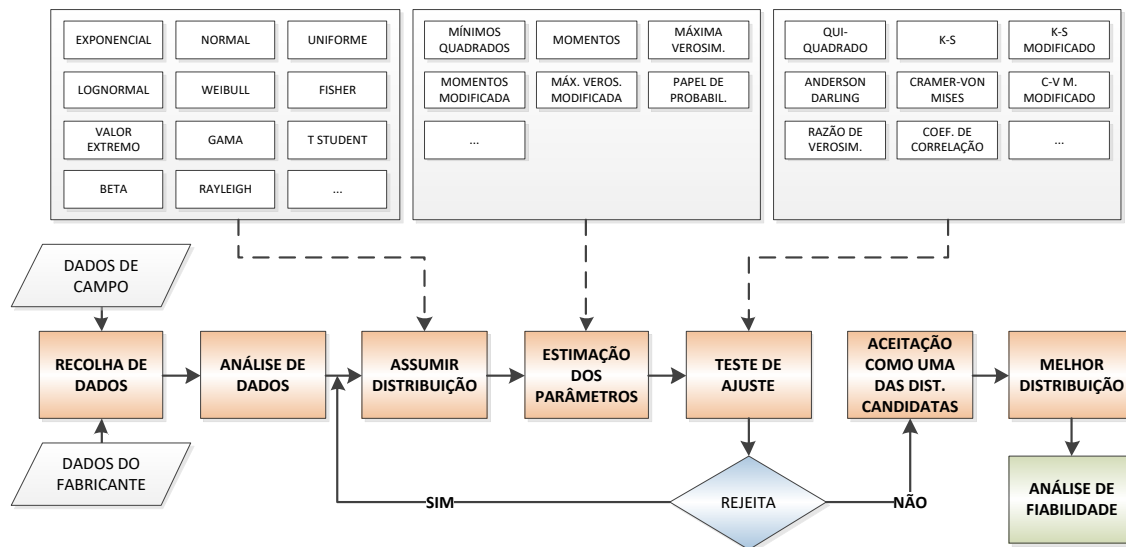


Figura 13 - Fluxograma para análise de dados (adaptado de [20])

Nos tópicos seguintes, são abordadas as distribuições estatísticas mais utilizadas em fiabilidade, sendo posteriormente realizada também uma apresentação de alguns métodos para estimação dos parâmetros e para a realização de testes de ajuste. Outras distribuições poderiam ser referidas (gama, gama-g, lognormal, gompertz, entre outros), mas devido à sua pouca aplicação na maior parte das análises de fiabilidade, não serão abordadas no presente trabalho.

### 3.5.1 - Distribuição de Weibull

A distribuição de Weibull, criada em 1937 pelo engenheiro e matemático sueco Ernst Weibull, tem como base a sua investigação de fadiga dos materiais, tendo sido apresentada cientificamente em 1951, no Estados Unidos [21]. Após a sua apresentação, centenas de artigos científicos têm sido publicados sobre esta distribuição e as suas inúmeras aplicações.

Este método é um dos mais utilizados por engenheiros e cientistas na análise de modos de falha tendo em conta a sua versatilidade. Trata-se de um método que demonstra uma enorme capacidade de ajustamento a uma grande variedade de possíveis distribuições, por ser composto por três parâmetros que ao assumirem valores distintos fazem com que a distribuição se ajuste a um qualquer período de vida dos componentes.

#### 3.5.1.1 - Distribuição tripamétrica

A função densidade de probabilidade de falha da distribuição de Weibull, na sua forma tripamétrica, encontra-se representada na seguinte expressão matemática:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (15)$$

Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$t$  – Variável que mede a extensão de utilização do componente/ativo (tempo, distância percorrida, número de ciclos, operações, entre outros);

$\beta$  – Parâmetro de forma: define a forma da distribuição e traduz o mecanismo de degradação;

$\gamma$  – Parâmetro de posição ou vida inicial: pode ser definido por um valor positivo, negativo ou nulo;

$\eta$  – Parâmetro de escala ou vida característica: define o ponto que corresponde a uma probabilidade de falha de 63,2% ( $\eta=1/\lambda_0$ ).

Tendo em conta a expressão (6), para o cálculo da fiabilidade com a distribuição de Weibull na forma triparamétrica, resulta na seguinte expressão matemática:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (16)$$

Tendo em conta que a função da fiabilidade corresponde à função complementar da probabilidade de falha acumulada (CDF), e considerando a expressão (1), obtém-se a função da CDF, da distribuição de Weibull triparamétrica, através da seguinte expressão matemática:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (17)$$

No caso da taxa de avarias, como é representada pelo quociente entre  $f(t)$  e  $R(t)$  e tendo em conta as expressões (15) e (16), pode ser definida pela seguinte expressão matemática:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \Leftrightarrow \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (18)$$

### 3.5.1.2 - Distribuição biparamétrica

A forma biparamétrica da distribuição de Weibull aplica-se a ativos sem vida inicial onde não há um período inicial bem definido onde a probabilidade de falha acumulada seja nula, considerando-se que a partir do início do funcionamento do bem essa probabilidade está presente. Neste caso o parâmetro de posição,  $\gamma$ , é nulo e a expressão matemática que representa a função densidade de probabilidade de falha é a seguinte:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (19)$$

Analogamente, a expressão matemática que representa a fiabilidade, na forma biparamétrica da distribuição de Weibull, é dada por:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (20)$$

### 3.5.1.3 - Distribuição monoparamétrica

A distribuição de Weibull torna-se monoparamétrica se, para além do parâmetro de posição nulo, também o valor do parâmetro de forma assumir o valor 1, que representa uma taxa de avarias constante ( $\lambda_0 = \lambda$ ) e pode ainda afirmar-se que se trata de uma distribuição semelhante à distribuição exponencial negativa. Na forma monoparamétrica, a função densidade de probabilidade de falha é dada por:

$$f(t) = \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)} \Leftrightarrow f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (21)$$

Assim sendo, a função de fiabilidade, na forma monoparamétrica da distribuição de Weibull, é representada pela seguinte expressão matemática:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)} \Leftrightarrow R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (22)$$

### 3.5.1.4 - Parâmetro de Forma ( $\beta$ )

É possível modelar uma grande variedade de comportamentos fiabilísticos através dos parâmetros da distribuição de Weibull. No caso do parâmetro de forma, diferentes valores geram alterações ao nível do comportamento da distribuição, ou seja, determinados valores deste parâmetro aplicados na equação de distribuição, são casos especiais de outras distribuições. Por exemplo, a distribuição exponencial negativa, como referido anteriormente, trata-se de um caso especial da distribuição de Weibull para  $\beta=1$ , cujo valor aplicado na expressão (15) resulta na seguinte expressão matemática:

$$f(t) = \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)} \quad (23)$$

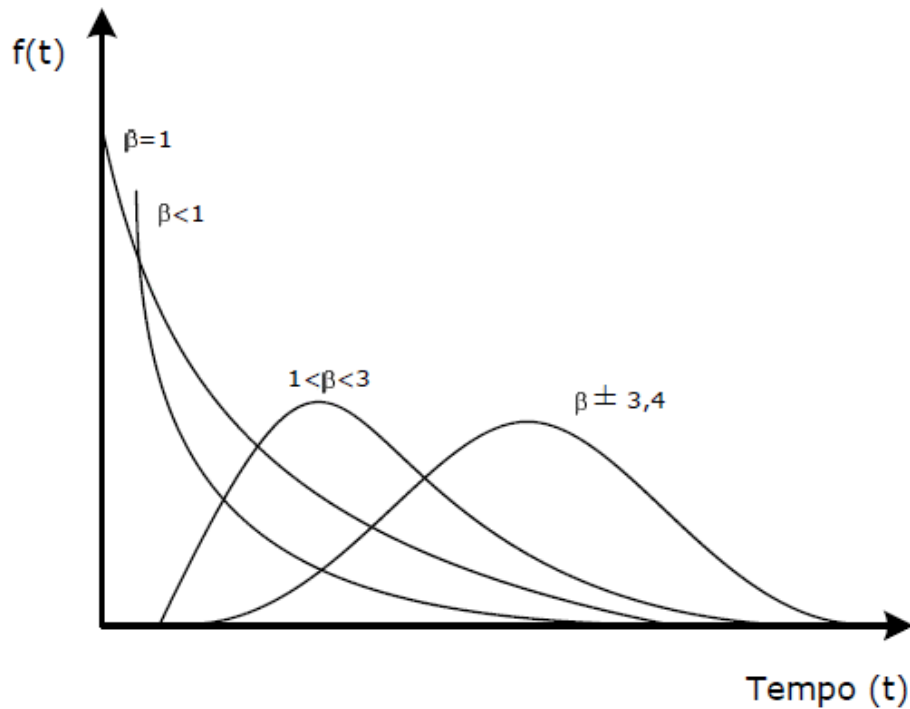


Figura 14 - Função densidade de probabilidade de falha para diferentes valores de  $\beta$  [22]

Na Figura 14 demonstra-se o seguinte:

- $\beta = 1$  – a função densidade de probabilidade de falha descreve a distribuição exponencial negativa;
- $\beta < 1$  – a função densidade de probabilidade de falha aproxima-se de uma distribuição Gamma;
- $\beta > 1$  – a função densidade de probabilidade de falha aproxima-se de uma distribuição normal para  $\beta = 3,4$  e de uma distribuição de Rayleigh para  $\beta = 2$ .

A Figura 14 representa o efeito de diferentes valores do parâmetro de forma na função densidade de probabilidade. O valor de  $\beta$ , possui, deste modo, um efeito marcante na taxa de avarias dos ativos, podendo este valor definir as características de avaria das populações, conforme se pode verificar na Figura 15.



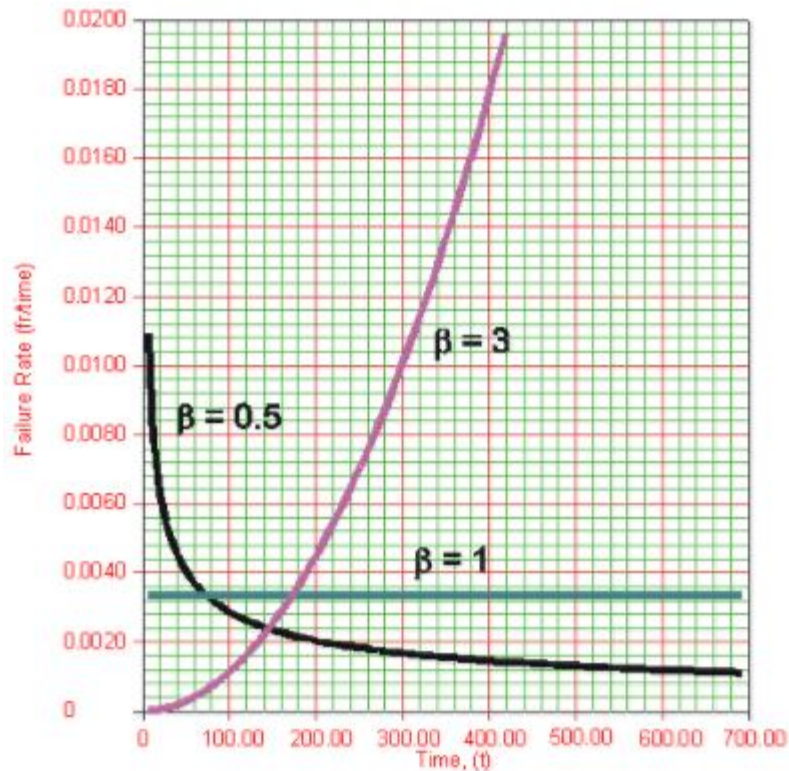


Figura 15 - Efeito do parâmetro de forma na função da taxa de avarias [23]

No caso da Figura 15, demonstra-se o seguinte:

- $\beta = 1$  – a taxa de avarias é constante e trata-se de um comportamento apropriado para representar a taxa de avarias no período de vida útil;
- $\beta < 1$  – a taxa de avarias é decrescente e trata-se de um comportamento apropriado para representar a taxa de avarias no período de mortalidade infantil;
- $\beta > 1$  – a taxa de avarias é crescente e trata-se de um comportamento apropriado para representar a taxa de avarias no período de desgaste.

A distribuição de Weibull pode ser aplicada em qualquer um dos três períodos de um ativo, pois retrata o comportamento da curva da banheira variando o parâmetro de forma,  $\beta$ .

### 3.5.1.5 - Parâmetro de Escala ( $\eta$ )

No caso do parâmetro de escala ou vida característica, diferentes valores geram alterações ao nível do comportamento da distribuição, provocando alterações mais significativas na escala das

abscissas. Um aumento do valor deste parâmetro, mantendo o parâmetro de forma constante, resulta na extensão da curva da função densidade de probabilidade de falha para a direita, decrescendo a sua altura. Na Figura 16, observa-se que o valor máximo de  $f(t)$  será menor com o aumento do valor de  $\eta$ .

Este parâmetro possui as mesmas unidades que a variável  $t$ , ou seja, tempo, distância percorrida, número de ciclos ou operações, entre outros.

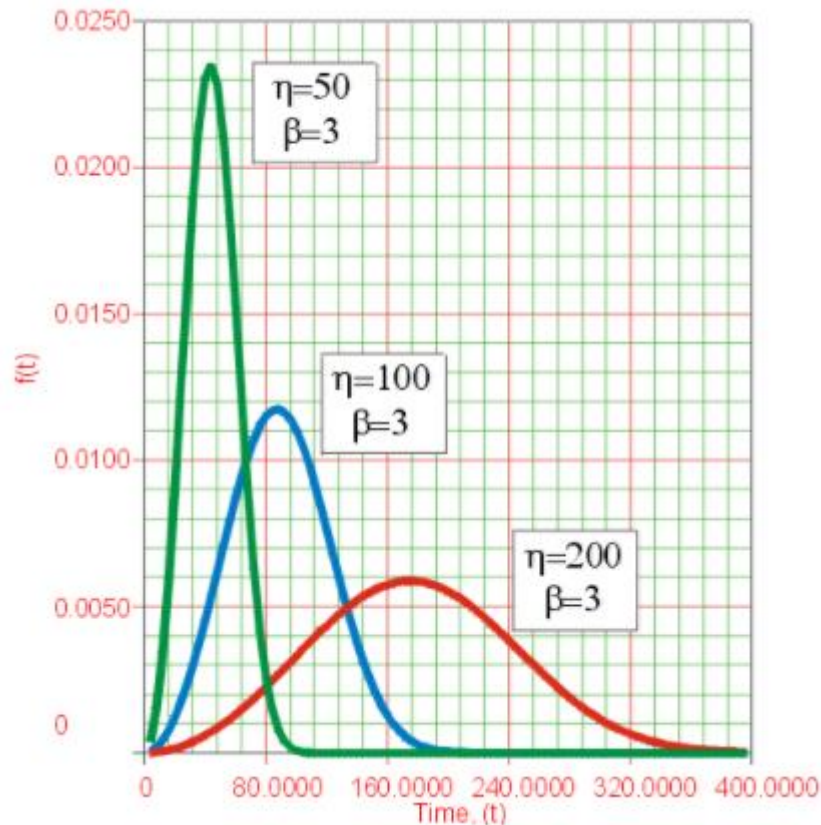


Figura 16 - Efeito do parâmetro de escala na função densidade de probabilidade de falha para valores de  $\beta=cte$  [23]

### 3.5.1.6 - Parâmetro de Posição ( $\gamma$ )

O parâmetro de posição ou vida inicial situa a distribuição ao longo do eixo das abscissas. Alterando este valor, a distribuição desloca-se ao longo do eixo das abscissas, ou seja, se o valor de  $\gamma$  for superior a zero esta desloca-se para a direita e se for inferior a zero desloca-se para a esquerda. No caso de o valor deste parâmetro ser igual a zero, significa que a distribuição tem início na origem ( $t=0$ ).

Um valor negativo neste parâmetro, indica que poderão ocorrer avarias mesmo antes da sua entrada em funcionamento efetivo, ou seja, durante a sua produção, no armazenamento, no transporte, na instalação ou na inspeção. Este parâmetro possui as mesmas unidades que a variável  $t$ , ou seja, tempo, distância percorrida, número de ciclos ou operações, entre outros. A Figura 17 representa o efeito do aumento do parâmetro de posição, onde se observa o deslocamento positivo na função densidade de probabilidade de falha.

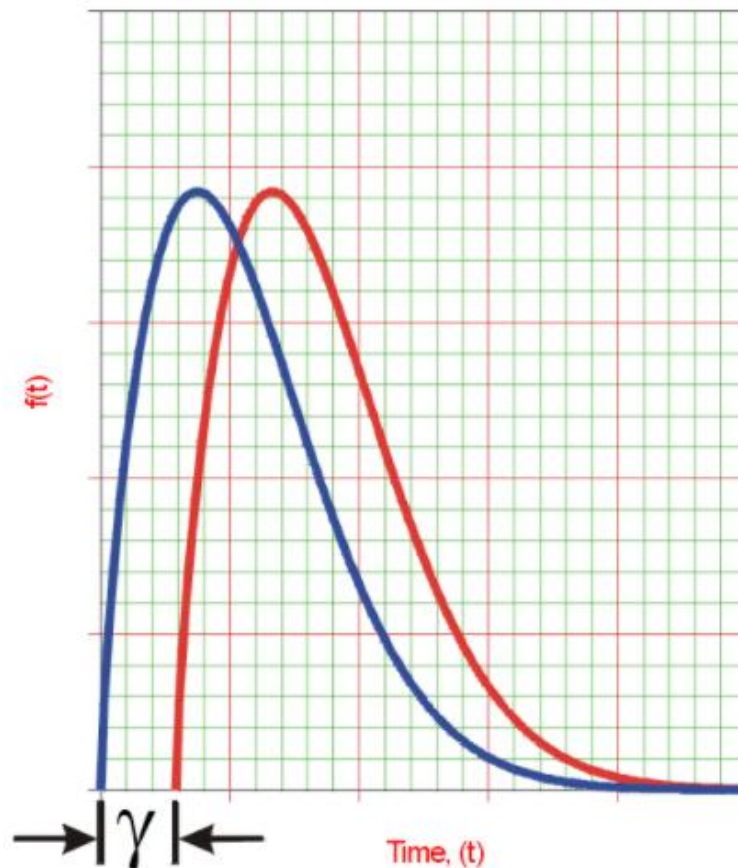


Figura 17 - Efeito do deslocamento positivo do parâmetro de posição na função densidade de probabilidade de falha [24]

### 3.5.2 - Distribuição Normal

A distribuição Normal é utilizada quando os dados referentes aos tempos de ocorrência de avaria se ajustam a um valor médio, para o tempo de avaria, em relação ao qual a distribuição é simétrica. Significa ainda que existem poucas falhas no ativo, no início e no fim do tempo de vida.

Assim sendo, existem dois parâmetros importantes nesta distribuição, o valor médio ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ). No caso do desvio padrão, quanto menor for, maiores serão os períodos de vida inicial e

final do ativo com poucas avarias. Nesta distribuição, o valor médio (média) coincide com a mediana e com a moda.

A distribuição Normal aplica-se a componentes cujo modo de falha principal está relacionado com a degradação característica de alguns componentes com a idade.

A função densidade de probabilidade de falha, na distribuição Normal, é determinada pela seguinte expressão matemática:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2} \quad (24)$$

Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$t$  - Variável que mede a extensão de utilização do componente/ativo (tempo, distância percorrida, número de ciclos, operações, entre outros);

$\mu$  - Valor médio dos tempos até à falha;

$\sigma$  - Desvio padrão dos tempos até à falha;

O efeito da variação do desvio-padrão, mantendo o valor médio constante, na função densidade de probabilidade de falha, pode ser observado na Figura 18. Por outro lado, o efeito de diferentes valores médios ( $\mu$ ), mantendo o desvio padrão constante, na função densidade probabilidade de falha, pode ser observado na Figura 19.

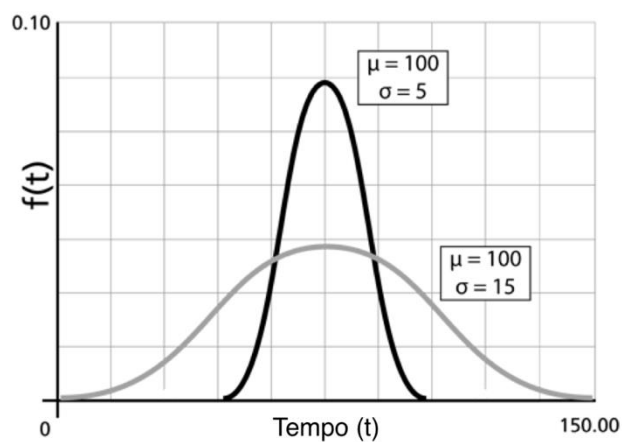


Figura 18 - Efeito do desvio padrão na função densidade de probabilidade de falha, da distribuição normal, para o mesmo valor médio [25]

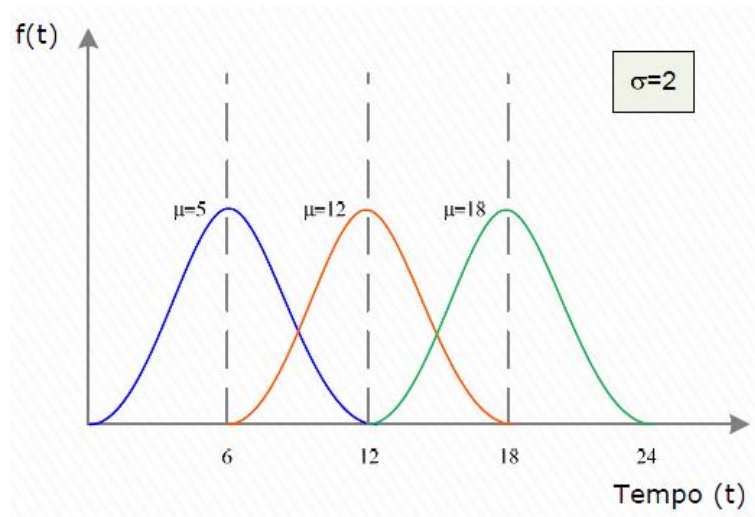


Figura 19 - Efeito da média na função densidade de probabilidade de falha, da distribuição normal, para o mesmo valor de desvio padrão [1]

A fiabilidade, na distribuição Normal, é definida pela seguinte expressão matemática:

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right)^2} \cdot dt \quad (25)$$

No caso da expressão (25) não existe uma solução direta, podendo ser determinada através de tabelas obtidas por cálculo numérico ou com o recurso a programas informáticos específicos.

### 3.5.3 - Distribuição Exponencial Negativa

Como referido anteriormente, a distribuição Exponencial negativa é caracterizada por uma taxa de avarias constante, uma característica associada ao período de vida útil, tratando-se de um método bastante indicado para situações onde as falhas ocorrem de forma aleatória.

A função densidade de probabilidade de falha, da distribuição Exponencial negativa, pode ser constituída por um ou dois parâmetros: o parâmetro de posição ou vida inicial ( $\gamma$ ) e a taxa média de avarias ( $\lambda$ ) ou o seu inverso (tempo médio entre falhas, MTBF). A expressão (26) corresponde à FDP, constituída pelos dois parâmetros e a expressão (27) corresponde à FDP, constituída apenas pela taxa média de avarias.

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot (t-\gamma)} \quad (26)$$

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (27)$$

Na Figura 20, observa-se o efeito da variação da taxa média de avarias na função densidade de probabilidade de falha, da distribuição Exponencial negativa, obtida através da expressão (26).

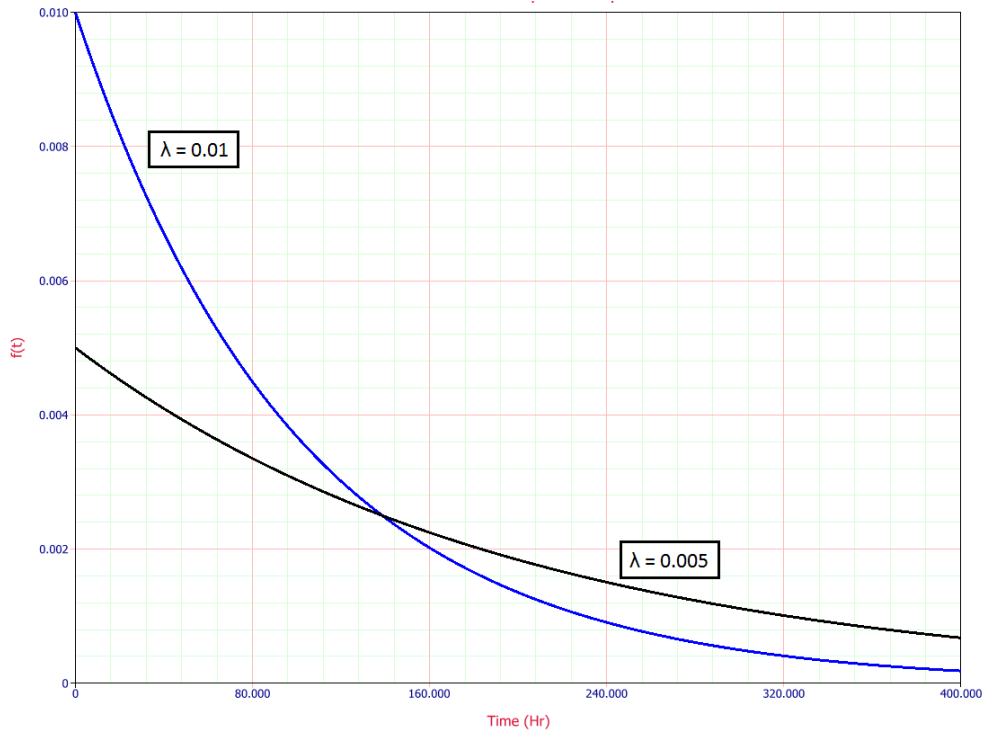


Figura 20 - Efeito da taxa média de avarias na função densidade de probabilidade de falha da distribuição Exponencial negativa [25]

A função de fiabilidade, com a distribuição Exponencial negativa, pode ser representada, dependendo do uso de um ou dos dois parâmetros, pelas seguintes expressões matemáticas:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot (t-\gamma)} \quad (28)$$

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (29)$$

Na Figura 21, tendo em conta a expressão (28), observa-se o efeito da variação do parâmetro de posição ( $\gamma$ ) na função de fiabilidade, da distribuição Exponencial negativa.

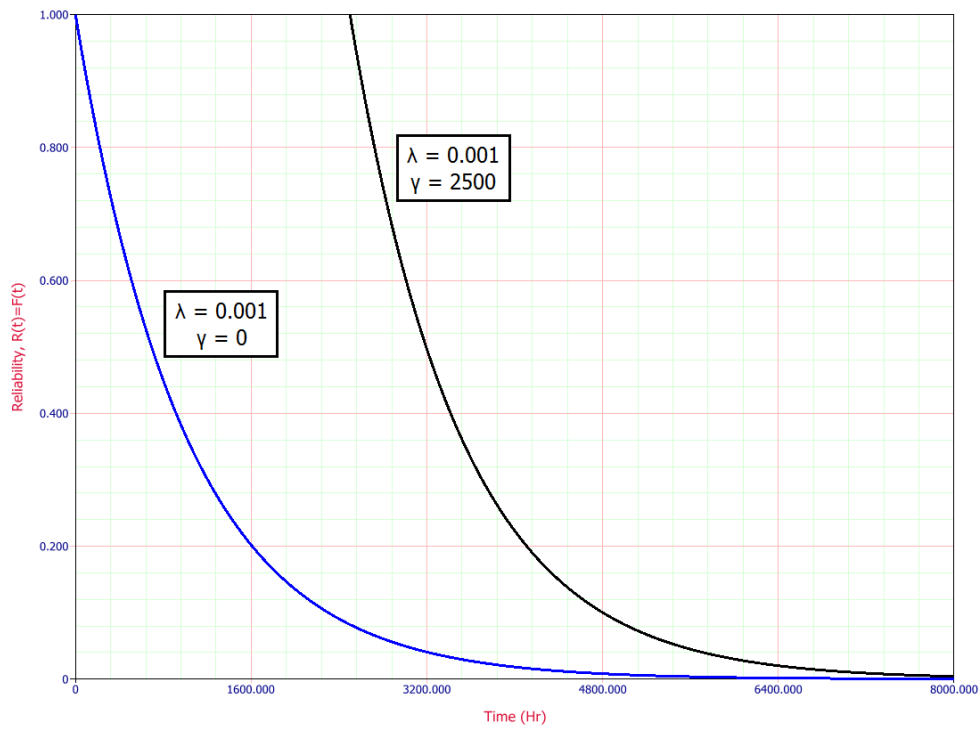


Figura 21 - Efeito do parâmetro de posição na função de fiabilidade da distribuição Exponencial negativa [25]

Por fim, na Figura 22, é possível observar o efeito da variação do parâmetro de posição na taxa média de avarias, da distribuição Exponencial negativa.

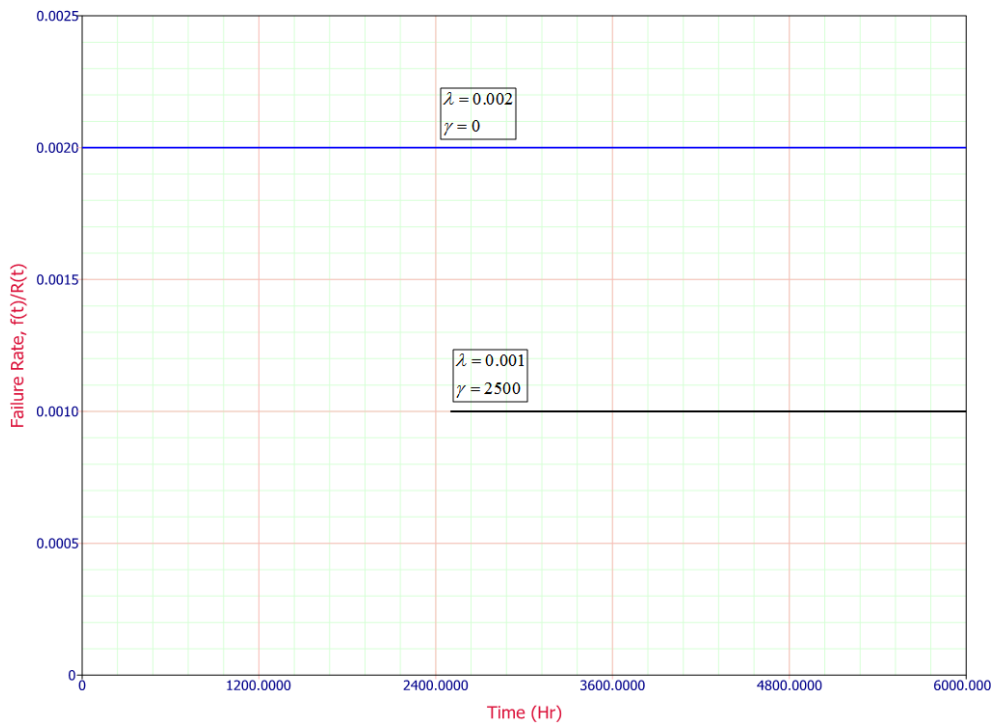


Figura 22 - Efeito do parâmetro de posição na taxa média de avarias da distribuição Exponencial negativa [25]

# Capítulo 4 – Proposta de Metodologia

Os dados de degradação de alguns componentes ao longo do tempo contêm informação importante relativamente à fiabilidade dos mesmos. Caso a falha possa ser definida em relação ao nível de degradação, é possível construir um modelo de degradação e estimar a distribuição do tempo até à falha. Assim sendo, é possível prever o tempo de vida, mesmo que os componentes não falhem, seguindo a curva de tendência de parâmetros mensuráveis no componente, até um limite crítico.

O tratamento de dados relacionados com a degradação pode, onde pouca ou nenhuma falha é esperada, proporcionar a obtenção de mais informações, que os dados de tempo até à falha disponibilizados. A observação direta do processo de degradação, em vez dos ensaios acelerados usados para obter informações mais rápidas em testes de fiabilidade, permite modelar diretamente o mecanismo da causa da falha, sendo mais credível [26].

## 4.1 - Degradação

Segundo a Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 [3], a degradação diz respeito à “*evolução irreversível de uma ou mais características de um bem relacionado com a passagem do tempo, a duração de utilização ou a uma causa externa*”. É ainda importante reter que a avaria, na maioria dos casos, é tida como o resultado do efeito da degradação dos seus componentes.

A avaria, pode ser definida pela “*cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida*”. Após a avaria, o ativo poderá estar em falha, total ou parcial [3]. Assim sendo, é possível e relevante considerar dois tipos de modos de avaria [27]:

- **Avaria Severa ou Catastrófica** (“*hard failure*”) – este tipo de avaria implica a cessação das funções de um ativo e pode não corresponder a um nível de degradação em particular;
- **Avaria Suave** (“*soft failure*”) – retrata a avaria por degradação, pois representa um desgaste ao longo do tempo, dos ciclos ou da distância percorrida. Tem como base a degradação gradual do desempenho do componente ou do sistema, até um limite crítico definido.



As avarias podem ainda ser definidas quanto à sua rapidez de propagação [27]:

- **Avaria Súbita** (“*sudden failure*”) – trata-se de uma avaria que não pode ser prevista por uma inspeção ou pela monitorização dos parâmetros funcionais do ativo;
- **Avaria Gradual** (“*gradual failure*”) – este tipo de avaria pode ser antecipada por uma inspeção ou pela monitorização dos parâmetros de funcionamento do ativo. Ou seja, é possível identificar o processo desenvolvido por uma avaria causada pela degradação.

Num processo de degradação, os componentes estão sujeitos a outro modo de avaria independente, a avaria súbita. Deste modo, um componente sujeito a ambos os efeitos (avariação por degradação e avariação súbita), encontra-se submetido a riscos que competem (“*competing risks*”) [28].

As causas de degradação, de um sistema ou de um componente, podem ter origem em diversos fenómenos como: a fadiga, o desgaste ou a falha de componentes não essenciais, entre outros.

## 4.2 - Metodologia

A metodologia proposta segue os seguintes passos descritos abaixo:

- Seleção do ativo: a seleção do ativo a monitorizar deve ter em consideração a sua criticidade (importância no processo e/ou na segurança) e a qualidade dos dados monitorizados.
- Divisão do ativo por sistemas: o ativo deve ser separado em sistemas, que tenham modos de falha distintos e necessitem de modelos de degradação individuais, de maneira a obter curvas de tendência mais adequadas a cada sistema.
- Seleção do modo de falha: diz respeito a uma das fases mais importantes desta metodologia. Em situações onde o modo de falha seja imprevisível no início da análise, a Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) é um método bastante utilizado e eficaz na identificação dos modos de falha e os seus efeitos, permitindo identificar as falhas que podem levar a avaria e definindo a criticidade de cada falha para o processo.
- Seleção do parâmetro crítico de degradação: após a definição do modo de falha, deve ser definido o parâmetro associado ao modo de falha.
- Seleção da técnica de monitorização: as técnicas mais comuns na manutenção condicionada são: a análise de vibrações, a análise de óleos, a termografia, a inspeção por líquidos penetrantes, a partículas magnéticas ou ultrassons ou a análise de partículas, entre

outras. A seleção da técnica mais apropriada a utilizar deve ter em conta a qualidade dos dados face ao parâmetro crítico em estudo.

- Definição dos valores de alerta/limite: neste passo é definido um valor limite ou valor de alarme, onde o componente ou sistema potencialmente atingirá o estado de avaria.
- Recolha dos dados de campo: a recolha de dados é a base para a extrapolação que gera os tempos até à falha, ou seja, esta recolha deve ser realizada o mais detalhadamente possível e deve ser garantido o bom funcionamento e/ou calibração dos equipamentos de monitorização, de maneira a recolher dados fidedignos. Pode ser realizada de uma forma periódica ou contínua e de forma manual ou com recurso a sensores associados a um sistema de gestão centralizado.
- Seleção do modelo de degradação que melhor se ajusta a cada sistema: após a análise dos dados recolhidos, sucede-se a fase de tratamento dos mesmos. Neste ponto é analisado qual o modelo mais adequado para cada ponto de leitura dentro de cada sistema e não se utiliza um modelo único para todos os pontos, uma vez que isso poderia incutir erro na análise a realizar. Os modelos são os seguintes:
  - Linear
  - Exponencial
  - Potência
  - Logarítmico
  - Gompertz
  - Lloyd-Lipow
- Extrapolação do tempo até à falha (TTF): após a seleção do modelo de degradação, é possível estimar os tempos até à falha.
- Definição da distribuição estatística que melhor se ajusta aos TTFs anteriormente estimados: para realizar uma análise de dados de vida, através dos TTFs, é necessário determinar a distribuição estatística que melhor se ajusta a estes dados (estas distribuições podem ser analisadas no ponto 3.5. do presente trabalho). Para determinar qual a distribuição estatística que melhor se ajusta aos tempos até à falha, é necessário realizar testes de ajuste. No presente trabalho são utilizados os seguintes testes de ajuste:

- Kolmogorov-Smirnov (K-S)
- Qui-Quadrado
- Razão de Verossimilhança (LKV)
  
- Caracterização da fiabilidade do ativo por sistema: nesta fase, e após a análise dos dados de vida através dos vários TTFs, é possível obter dados como: a fiabilidade, a probabilidade de falha, a função densidade de probabilidade, a taxa de avarias, a vida BX ou a vida média, entre outras.
  
- Planeamento das ações de manutenção: por fim, o último passo desta metodologia será estabelecer as ações de manutenção apropriadas a cada sistema. A Manutenção necessita de ajustar com a área da Produção a periodicidade das intervenções e os recursos necessários para a sua realização. Todos os recursos humanos, os materiais, as ferramentas e a logística associados às intervenções devem ser planeados antecipadamente e de maneira eficiente.

Na Figura 23, é possível observar o exemplo de um fluxograma que representa a metodologia proposta.

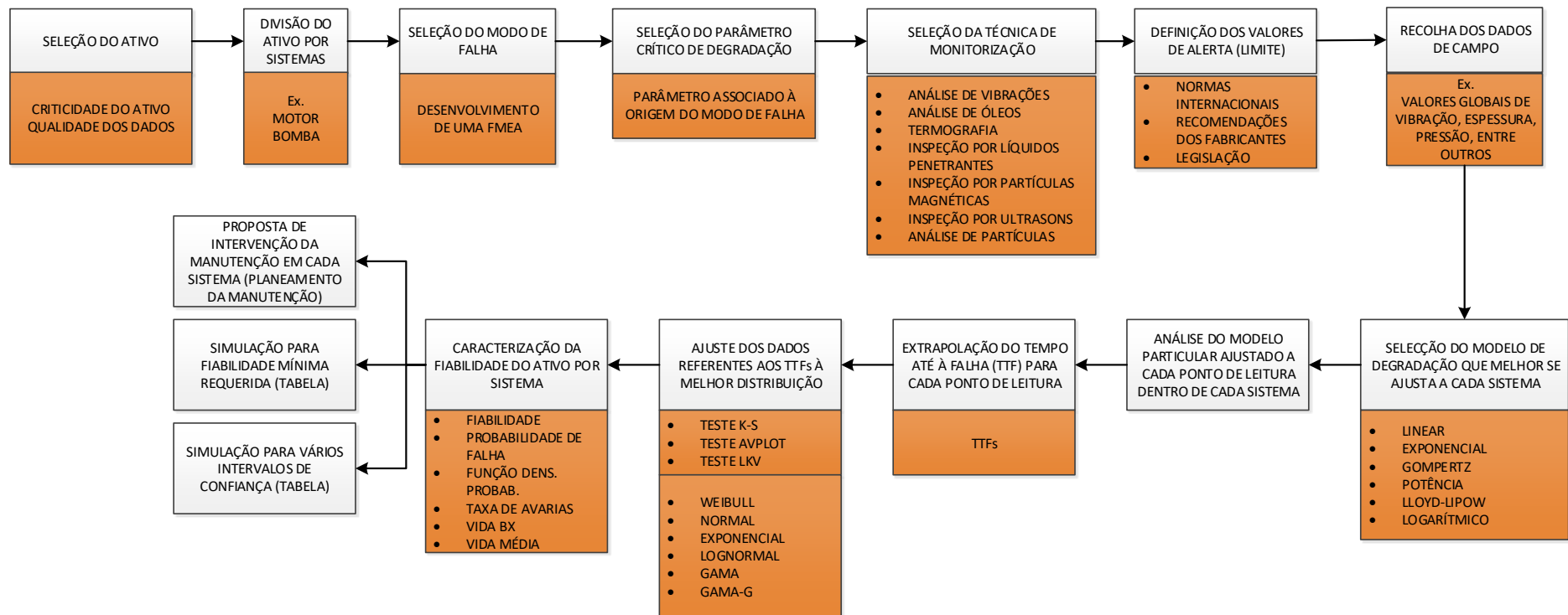


Figura 23 - Fluxograma da metodologia proposta

## 4.2.1 - Modelos de Degradação

A análise de dados de degradação é aplicada em diversas áreas, como por exemplo na eletrônica, na mecânica, na meteorologia e na medicina, entre outras. Um modelo de degradação é constituído por uma curva, ou uma família de curvas, que revela a evolução da degradação ou a queda de desempenho de um componente submetido a uma carga ao longo do tempo, da distância percorrida ou do número de ciclos. Certas propriedades degradam-se com a idade do componente e esta degradação pode, ou não, ser acelerada através da aplicação de cargas superiores às máximas estabelecidas pelos fabricantes dos componentes ou ativos. Os modelos utilizados para estimar a fiabilidade de um ativo (componente), com base nos dados de degradação, podem ser classificados segundo dois grupos:

- Modelos baseados na física, ou seja, quando a lei de degradação é conhecida e é possível aplicar a física da falha para determinar a vida útil restante.
- Modelos baseados na estatística, ou seja, quando a lei de degradação não é conhecida, no entanto, é possível monitorizar ao longo do tempo um parâmetro de degradação (desgaste de um pneu, perda de eficiência, perda de espessura da pastilha de travão, nível de vibração, entre outros) de maneira a obter, através de modelos estatísticos, a informação necessária.

Os dados de degradação, registados ao longo do tempo, possuem a informação necessária para estimar a fiabilidade dos componentes. Se a falha for definida de acordo com um nível específico de degradação, é possível construir um modelo de degradação e estimar a distribuição temporal até à falha. Assim sendo, de acordo com a distribuição, pode ser determinado o tempo de vida restante e a falha pode ser prevista mesmo que não ocorra nenhuma falha nos seus componentes.

Através de modelos de degradação é possível extrapolar as medidas de degradação no tempo e prever a falha associada ao parâmetro em estudo. Ou seja, a análise de degradação compreende a medição e a extrapolação da degradação de um ou mais parâmetros ou dos dados de desempenho e/ou qualidade que estão relacionados com uma possível falha do componente ou ativo em estudo.

No caso das pastilhas de travão, dos pneus ou da propagação do tamanho de uma fenda é possível medir diretamente a degradação associada, neste caso a espessura, a profundidade e o tamanho, respetivamente. No entanto, existem componentes e/ou ativos onde não é possível realizar a medição direta da degradação sem o recurso a técnicas invasivas ou destrutivas. Para estes casos, a degradação pode ser estimada através da medição de parâmetros de desempenho.

Segundo Assis [29], existem duas formas de monitorização da degradação:

- **Degradação monitorizada *online*** – o parâmetro monitorizado é acompanhado por um sensor ao longo do tempo, do número de ciclos ou da distância percorrida. Desta monitorização resulta uma manutenção condicionada eficaz, tendo em conta que o sensor deteta a ocorrência da falha. Contudo, existem casos em que não é possível, por restrições técnicas ou económicas, realizar uma monitorização *online*.
- **Degradação monitorizada *offline*** – os parâmetros monitorizados são acompanhados por inspeções periódicas. Os períodos de inspeção devem ser selecionados com base na progressão da degradação ao longo do tempo, do número de ciclos ou da distância percorrida.

Num modelo de degradação, um dos pontos mais importantes, diz respeito à definição dos limites críticos e/ou de alarme dos parâmetros que se encontram em monitorização. Estes limites definem um valor indicativo de potencial de avaria ou de alarme e podem ser estabelecidos pelos seguintes fatores:

- Normas internacionais ou nacionais;
- Recomendações do fabricante;
- Experiência operacional com ativos semelhantes;
- Razões de segurança;
- Histórico de dados de avarias.

A monitorização dos componentes ou ativos deve ser realizada durante um período pré-estabelecido, de forma contínua ou em intervalos. De seguida, é possível extrapolar, dos valores obtidos, o tempo até à falha (TTF). Na Engenharia da Fiabilidade, obter o TTF é fundamental, visto que este parâmetro permite obter outros valores estatísticos tais como: a função densidade de probabilidade, a função de probabilidade de falha acumulada, a taxa de avarias ou a função de fiabilidade, entre outras.

De maneira a estimar a evolução da degradação, dos componentes ou ativos, é necessário recorrer a modelos matemáticos, onde através da análise dos dados recolhidos em campo, é possível gerar um modelo fundamentado em funções matemáticas. A modelação da degradação é realizada através da utilização de um modelo matemático que “espelhe”, o mais aproximado possível, o comportamento de um componente ou sistema em condições normais de funcionamento.

O modelo deve apresentar uma aderência satisfatória aos dados recolhidos em campo e, por fim, gerar uma estimativa de vida para determinado componente ou ativo. A escolha do modelo reflete o fenómeno físico que ocorre na avaria, ou seja, como é que a evolução da degradação ou a queda de desempenho progredem ao longo do tempo, da distância percorrida ou do número de ciclos.

De seguida, serão apresentados os modelos matemáticos mais comuns em análise de degradação. Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$y$  – valor da degradação;

$t$  – tempo;

$a, b, c$  – parâmetros dos modelos (determinados caso a caso).

#### 4.2.1.1 - Modelo Linear

O modelo linear é utilizado para estimar a tendência, recorrendo à técnica de regressão linear para estimar os parâmetros  $a$  e  $b$ . O modelo linear pode ser definido pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = a \cdot t + b \tag{30}$$

$$t = \frac{y-b}{a} \tag{31}$$

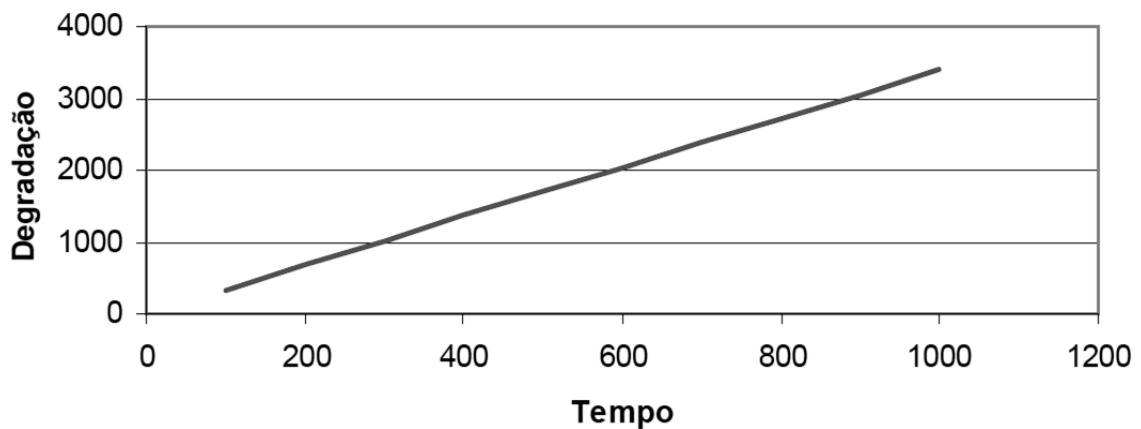


Figura 24 - Representação do Modelo Linear [30]

#### 4.2.1.2 - Modelo Exponencial

O modelo exponencial é utilizado com sucesso no ajuste de dados censurados, que são bastante comuns em análise de fiabilidade. Este modelo pode também ser usado, para modelação de dados de análise de fiabilidade, com dados de funções de risco constante. O modelo exponencial pode ser representado pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = b \cdot e^{a \cdot t} \quad (32)$$

$$t = \frac{\ln y - \ln b}{a} \quad (33)$$

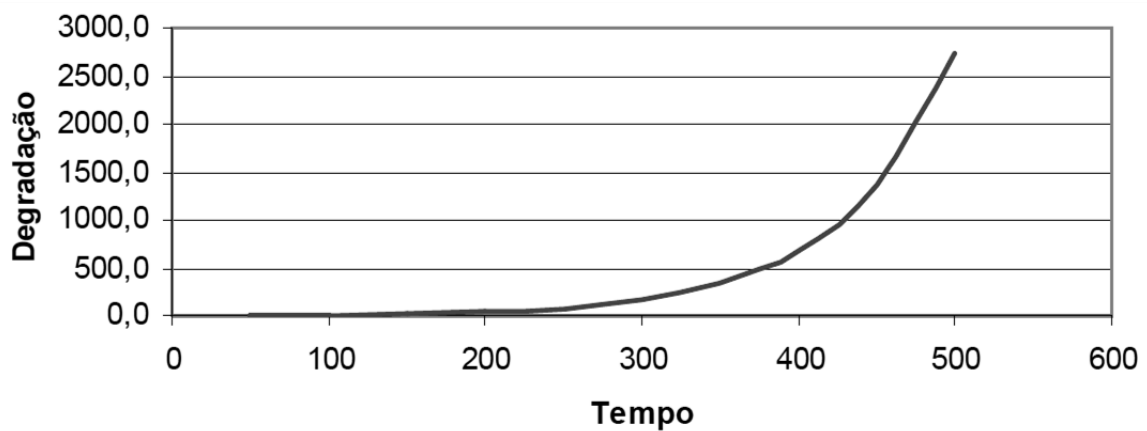


Figura 25 - Representação do Modelo Exponencial [30]

#### 4.2.1.3 - Modelo Potência

O modelo de potência, também designado por lei da potência, caracteriza-se por um modelo que representa, com grande exatidão os mecanismos de degradação associados a fenómenos naturais. O modelo de potência pode ser definido pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = b \cdot t^a \quad (34)$$

$$t = \left(\frac{y}{b}\right)^{\frac{1}{a}} \quad (35)$$



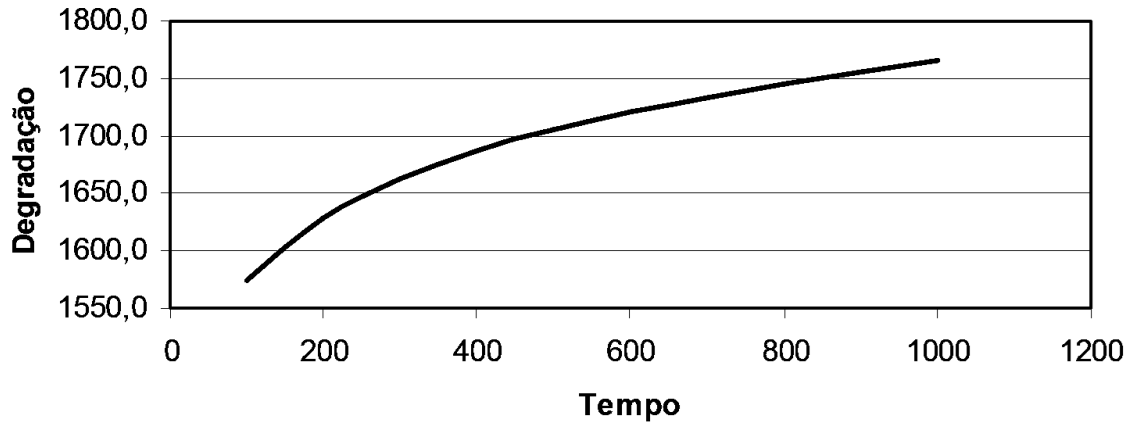


Figura 26 - Representação do Modelo de Potência [30]

#### 4.2.1.4 - Modelo Logarítmico

O modelo logarítmico pode ser representado pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = a \cdot \ln(t) + b \quad (36)$$

$$t = e^{\frac{y-b}{a}} \quad (37)$$

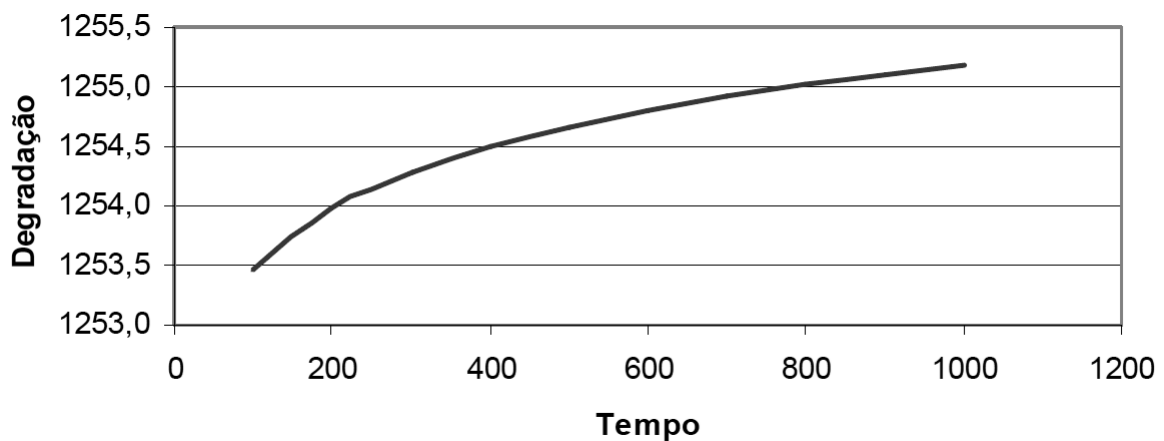


Figura 27 - Representação do Modelo Logarítmico [30]

#### 4.2.1.5 - Modelo Gompertz

O modelo de Gompertz é aplicado na análise de dados de fiabilidade quando os dados recolhidos se encontram, distribuídos graficamente sob a forma de uma curva suave, sem grandes variações. O modelo de Gompertz pode ser definido pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = a \cdot b^{(c^t)} \quad (38)$$

$$t = e^{\frac{\ln y}{\ln(a \cdot b^c)}} \quad (39)$$

Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$a$  – Limite superior para a fiabilidade, quando tende assintoticamente para o valor  $t \rightarrow \infty$ ;

$b$  – Parâmetro de referência;

$c$  – Índice padrão de crescimento:

- $0 < c < 0,50$  – indica um rápido crescimento;
- $0,50 > c > 1$  – indica um lento crescimento.

$a \cdot b$  – Fiabilidade inicial ( $t = 0$ )

#### 4.2.1.6 - Modelo Lloyd-Lipow

O modelo de Lloyd-Lipow tem como base um programa de testes composto por “ $N$ ” etapas, cada uma delas formada por um dado número de ensaios, com o objetivo de melhorar a etapa anterior e onde as mesmas são registadas como sucesso (S) ou falha (F). O modelo de Lloyd-Lipow pode ser representado pelas seguintes expressões matemáticas:

$$y = a - \frac{b}{t} \quad (40)$$

$$t = \frac{b}{a-y} \quad (41)$$

## 4.2.2 - Testes de Ajuste

Depois de obter uma amostra de tempos até à falha, é necessário determinar a distribuição estatística que melhor se ajusta a estes dados, sendo necessário recorrer à inferência estatística. Define-se inferência estatística como uma vertente da estatística cujo objetivo passa por generalizar, para uma população, os resultados de uma determinada amostra, sendo necessário quantificar a incerteza associada. Tanto a determinação de parâmetros como os testes de hipóteses fazem parte da inferência estatística [31]. Os testes de hipótese podem ser paramétricos ou não paramétricos, consoante a amostra em estudo. No caso dos testes paramétricos são utilizados para

testar parâmetros populacionais, por exemplo, se quisermos comprovar a hipótese de um fabricante que afirma que o seu produto tem a duração média de 3500 horas. Por outro lado, os testes não paramétricos permitem testar outro tipo de hipóteses que não apenas sobre parâmetros populacionais, ou seja, considerações que se pretendem realizar sobre o comportamento de um determinado bem.

Dentro dos testes não paramétricos podem ser mencionados vários testes, tais como: testes de aleatoriedade, testes de independência, testes de homogeneidade ou testes de ajustamento, entre outros. Tendo em conta que o objetivo do presente trabalho é determinar a fiabilidade de ativos, a partir de um conjunto de dados, serão utilizados os testes de ajuste para determinar a distribuição que melhor se ajusta aos dados recolhidos.

No *software* utilizado [32], para determinar a fiabilidade dos ativos, são utilizados os seguintes testes: teste de ajuste Qui-Quadrado, teste de ajuste Kolmogorov-Smirnov e a razão de Verosimilhança. Estes testes serão apresentados de seguida.

#### 4.2.2.1 - Teste de Ajuste Qui-Quadrado

O teste de ajuste Qui-Quadrado serve para testar a hipótese que as observações seguem numa determinada distribuição, discreta ou contínua, com ou sem parâmetros conhecidos. Este teste de ajuste consiste na comparação da densidade com a função distribuição de probabilidades.

Inicialmente é necessário calcular um valor observado de  $\chi_0^2$  (Qui-Quadrado) para, posteriormente, ser comparado com um valor crítico,  $\chi_{Cr}^2$  (Qui-Quadrado crítico). Após esta comparação, é possível afirmar se a distribuição em estudo se ajusta, ou não, aos dados da amostra, com um determinado nível de confiança [20].

Para aplicar o teste Qui-Quadrado é necessário obter a estatística de teste, da amostra em estudo, através da seguinte expressão:

$$\chi_0^2 = \sum_{i=0}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (42)$$

Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$O_i$  – Frequência observada;

$E_i$  – Frequência esperada.

O valor da estatística de teste apresenta sempre um valor positivo ou nulo. Caso seja nulo, significa que existe um ajuste perfeito. Por outro lado, quanto maior o valor de  $\chi_0^2$ , menos a distribuição

escolhida se ajusta à amostra. Assim sendo, deve ser definido um limite,  $\chi_{Cr}^2$ , para que seja possível garantir que a distribuição escolhida se ajusta à amostra. Este valor limite é obtido através da tabela de valores críticos de Qui-Quadrado, cujas entradas são o nível de risco ( $\alpha$ ) e o grau de liberdade ( $n$ ). Neste caso, o grau de liberdade pode ser definido pela seguinte expressão:

$$n = k - 1 - m \quad (43)$$

Onde os parâmetros possuem os seguintes significados:

$m$  – Número de parâmetros estimados da amostra;

$k$  – Número de classes.

Se o valor Qui-Quadrado ( $\chi_0^2$ ), calculado através da expressão (42), for menor que o valor Qui-Quadrado crítico ( $\chi_{Cr}^2$ ), considera-se que a distribuição escolhida se ajusta à amostra, com um nível de confiança de  $1-\alpha$ . Caso se verifique o oposto ( $\chi_0^2 \geq \chi_{Cr}^2$ ) a distribuição escolhida não se ajusta à amostra e é rejeitada [20].

O teste Qui-Quadrado trata-se de um teste simples de utilizar, pelo que é comum ver a sua aplicação.

#### 4.2.2.2 - Teste de Ajuste Kolmogorov-Smirnov

O teste de ajuste Kolmogorov-Smirnov consiste em definir a distância máxima entre a função distribuição acumulada esperada e a observada, determinando a distância máxima entre as duas ( $D_{Max}$ ). De seguida, o valor  $D_{Max}$  será comparado com um valor teórico ( $D_{Cr}$ ). Através deste teste, é possível determinar se a distribuição que está a ser testada se ajusta à amostra com o nível de confiança requerido. É necessário ter em atenção que os *outliers* podem originar conclusões erradas, pois está a ser utilizada uma estatística de teste que utiliza um máximo [20].

Para aplicar o teste Kolmogorov-Smirnov, é necessário seguir os seguintes passos [20]:

- 1) Testar toda a amostra ( $N$ ) até à falha e organizar ou classificar todos os TTF's;
- 2) Determinar o número total de falhas, que corresponde a  $N$ ;
- 3) Após cada falha, deve ser determinado o número total de falhas já observadas ( $f_i$ ). De seguida, dividir  $f_i$  pelo número total de falhas ( $N$ ). Cada valor, proveniente deste cálculo, indica a probabilidade de falha observada:

$$Q_O(t_i) = \frac{f_i}{N}, i = 1, 2, \dots, n \quad (44)$$

- 4) Calcular para cada falha, utilizando a equação da distribuição selecionada, a probabilidade de falha esperada,  $Q_E(t_i)$ ;
- 5) Determinar a diferença absoluta,  $D_i$ , entre  $Q_E(t_i)$  e  $Q_O(t_i)$ , para cada falha:

$$D_i = |Q_E(t_i) - Q_O(t_i)| \quad (45)$$

- 6) Determinar a diferença máxima absoluta ( $D_{Max}$ ), desprezando os sinais de mais ou menos;
- 7) Determinar através da tabela de valores críticos (ver anexo I), para o teste K-S, qual o valor crítico,  $D_{Cr}$ , que não deve ser ultrapassado por  $D_{Max}$ , entrando com o valor da dimensão da amostra ( $n$ ) e o nível de confiança ( $\alpha$ ) desejado;
- 8) Caso o valor  $D_{max}$  seja inferior ao valor  $D_{Cr}$ , a distribuição selecionada é aceitável para o nível de confiança selecionado;

#### 4.2.2.3 - Teste da Razão de Verossimilhança (LKV)

No caso do teste da razão de verossimilhança, para um determinado conjunto de dados, a função densidade de probabilidade é dada por:  $f(x, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k)$  onde  $x$  representa os dados (tempos até à falha) e  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$  são  $k$  parâmetros que necessitam de ser estimados. Por exemplo, para uma distribuição biparamétrica de Weibull os parâmetros serão o parâmetro de forma ( $\beta$ ) e o parâmetro de escala ( $\eta$ ) [33].

A função de verossimilhança é dada por:

$$L = \prod_{i=1}^n f(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \quad (46)$$

Onde o parâmetro  $n$  representa o número de dados de falhas no conjunto de dados.

De maneira a simplificar a manipulação da expressão (46), procedesse ao logaritmo da mesma que é dado por:

$$\Lambda = \ln L = \sum_{i=1}^n \ln f(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k) \quad (47)$$

De seguida, basta encontrar os valores dos parâmetros que resultam no maior valor para esta função. Este passo é normalmente realizado através da derivada da expressão (47) para cada parâmetro e igualar a zero como se pode ver na seguinte expressão:

$$\frac{\partial \Lambda}{\partial \theta_j} = 0, j = 1, 2, \dots, k \quad (48)$$

#### 4.2.2.4 - Considerações Gerais

Enquanto o teste Qui-Quadrado mede a soma total do quadrado da distância entre as duas curvas ponderando a frequência esperada, o teste K-S avalia a distância máxima entre as distribuições observadas e teóricas. Kumphon [34] refere que apesar de o teste da razão de verosimilhança se revelar na maior parte das vezes ser consistente e preciso este pode apresentar alguns problemas para distribuições tripamétricas. Este último teste não é adequado quando as variáveis representativas do fator de forma assumem o valor exato onde a forma se altera, por exemplo, quando  $\beta = 1$  para a distribuição de Weibull.

O teste de Kolmogorov-Smirnov é mais eficaz que o teste Qui-Quadrado, pois pode ser utilizado para qualquer número de amostras e as suas tabelas conseguem apresentar uma maior precisão para determinar a validade de uma distribuição [20].

# Capítulo 5 – Caso de Estudo

## 5.1 - Introdução

O presente caso de estudo foi realizado com a colaboração da empresa ADP-Fertilizantes. Esta empresa, integrada no Grupo Fertiberia, tem como principal atividade a produção e comercialização de fertilizantes para a agricultura. Os mercados alvo são, maioritariamente, Portugal e Espanha, no entanto, a exportação dos seus produtos chega a diversos países da Europa, África, Médio e Extremo Oriente e Austrália. Os seus produtos mais comercializados são os seguintes: adubos sólidos, adubos líquidos, bioestimulantes e corretivos agrícolas. As unidades fabris da ADP-Fertilizantes situam-se em Alverca, no Lavradio e em Setúbal (SOPAC).

Após o contacto inicial e consequente explicação dos objetivos pretendidos com o trabalho académico proposto, procurou-se em conjunto com a área de manutenção da ADP-Fertilizantes encontrar um conjunto de ativos, sujeitos a degradação mecânica, que permitisse aplicar a teoria da fiabilidade através do acompanhamento e análise da degradação desses ativos e que fosse também ao encontro do interesse da empresa.

Assim sendo, o estudo incidiu sobre a análise dos níveis globais de vibração, recolhidos nos ativos dos processos de produção da ADP-Fertilizantes, em Alverca. Os ativos, na sua maioria bombas e ventiladores, estão sujeitos a um controlo de condição, onde se inclui a inspeção e respetiva recolha mensal dos valores dos níveis globais de vibração. Esta inspeção tem como objetivo a avaliação da condição dinâmica de funcionamento dos ativos, na condição normal de produção, sem que haja perturbações no processo.

As técnicas de inspeção e monitorização utilizadas são suportadas por um sistema informático de análise de condição, que tem como base os dados de vibração recolhidos com o equipamento coletor/analizador. Para o desenvolvimento das ações de monitorização são utilizados os seguintes equipamentos de medida e análise:

- Analisador FFT/Coletor de dados;
- Acelerómetros;
- Estetoscópios;

- Lâmpada Estroboscópica;
- Termómetro de infravermelhos;
- *Software* de arquivo, tratamento e análise: Emerson RBMview MHM (*Machinery Health Manager*).

O objetivo do estudo passa pela aplicação da proposta de metodologia, apresentada no Capítulo 4 do presente trabalho, aos dados de vibrações recolhidos mensalmente (ver anexo VII). Serão selecionados dois ativos para realizar o estudo, tendo em consideração a sua criticidade no processo e a qualidade dos dados recolhidos. De seguida será estudada a evolução destes parâmetros, e definidos os valores limite/alerta estabelecidos pela norma ISO 10816-1:1995 [35], permitindo determinar a vida útil restante do sistema por meio de inferência estatística e com o recurso ao *software* Weibull++ (versão 11) [32]. Um dos dados que é possível extrair do *software* são as curvas de tendência, como representado na Figura 28.

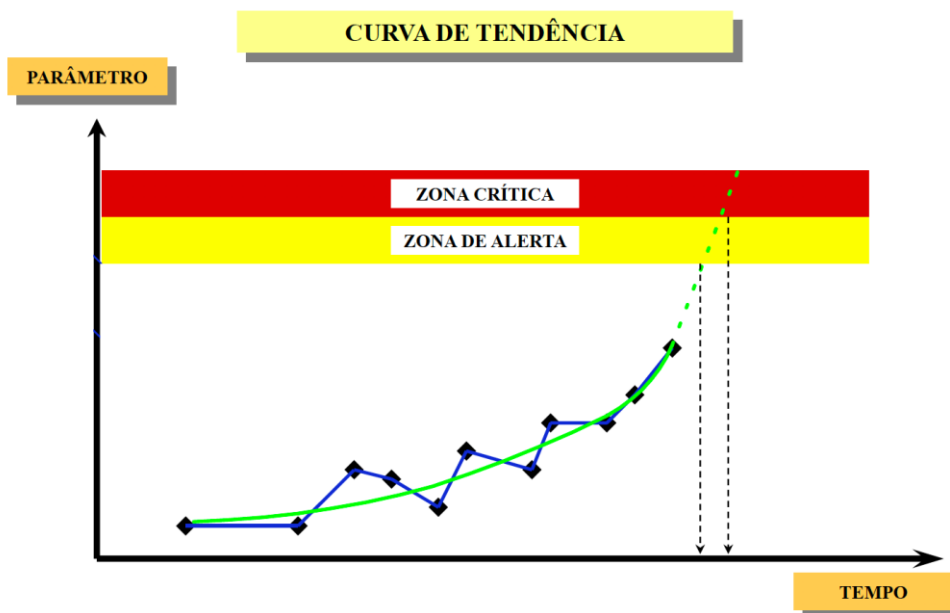


Figura 28 - Representação da curva de tendência de degradação [36]

Esta informação torna-se bastante útil para as equipas de manutenção, uma vez que permite atempadamente planear a intervenção nos ativos, evitando intervenções realizadas antes do tempo correto ou após a falha, permitindo assim conjugar as intervenções de manutenção com a área de produção.



## 5.2 - Bombas Centrífugas

As bombas são classificadas em dois tipos principais: dinâmicas e de deslocamento positivo (ou volumétricas). Esta diferença é caracterizada pela geometria do elemento que adiciona potência ao sistema. Apesar de serem rotativas, as bombas dinâmicas diferem por serem constituídas por um ou mais impulsores com pás, semelhantes às turbinas.

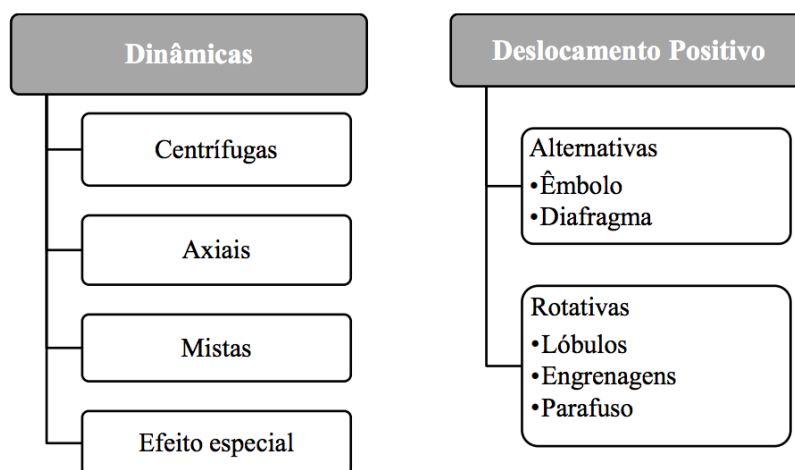


Figura 29 - Classificação dos tipos de bombas [37]

No presente trabalho serão abordadas apenas as bombas centrífugas, pois são as utilizadas no estudo apresentado.

Em 1689, o Físico Denis Papin desenvolveu a bomba centrífuga sendo atualmente o tipo de bomba mais utilizado a nível mundial. Este tipo de bomba é normalmente utilizado no bombeamento de água limpa, água do mar, condensados, óleos e lixívias para pressões até 16 bar e temperaturas até 140 °C. Existem ainda bombas centrífugas para a indústria química e petroquímica e refinarias para pressões até 25 bar e temperaturas até 300 °C [38]. Este tipo de bomba é construída a partir de um princípio simples: o líquido é encaminhado para o cubo do rotor e, por meio da força centrífuga, é enviado para a periferia do impulsor. A sua construção é simples, robusta e barata e a sua alta velocidade faz com que seja possível associar a bomba diretamente a um motor assíncrono. A bomba centrífuga fornece um escoamento constante de líquido e pode ser facilmente estrangulada, sem causar qualquer tipo de dano. Trata-se de uma construção que proporciona uma eficiência elevada sendo adequada para o bombeamento de líquidos.

Caso exista uma diferença de pressão no sistema, enquanto a bomba não se encontra em funcionamento, o líquido pode, devido à configuração aberta da bomba, atravessar a mesma sem colocar o sistema em causa. Na Figura 30 observa-se a configuração de uma bomba centrífuga.

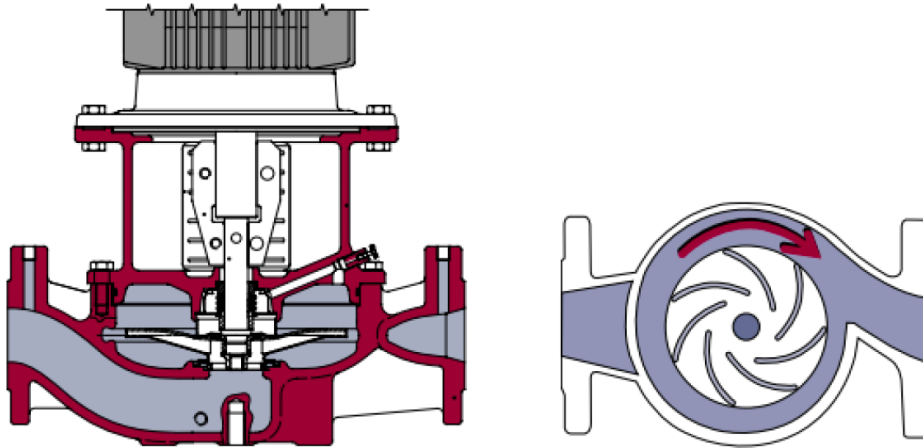
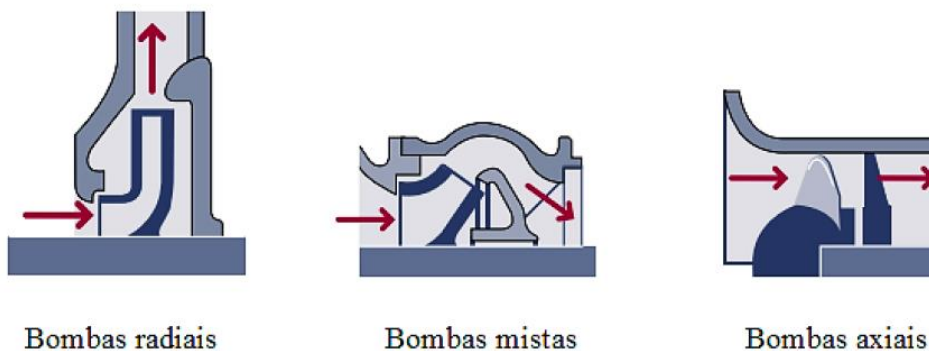


Figura 30 - Representação da configuração de uma bomba centrífuga [39]

Uma bomba centrífuga pode ainda ser classificada em diferentes grupos: bombas radiais, bombas axiais e bombas mistas (ver Figura 31). As mais comuns são as bombas radiais e mistas.



Bombas radiais

Bombas mistas

Bombas axiais

Figura 31 - Representação dos tipos de bombas centrífugas [39]

Os diferentes desempenhos, especialmente em relação à altura manométrica, ao caudal e ao tipo de instalação, bem como as exigências ao nível económico, são algumas das razões para que existam tantos tipos de bombas centrífugas. O desempenho de uma bomba centrífuga é representado por um conjunto de curvas características que relacionam a altura manométrica, a potência consumida e o rendimento em função do caudal debitado.

### 5.3 - Ativos em Estudo

Os ativos alvo de estudo são duas bombas centrífugas, nomeadamente, a Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B) e a Bomba para Tratamento de Água (B 501 B). Estas bombas encontram-se sujeitas a fenómenos de degradação, ao longo do seu ciclo de vida. Com o acumular de ciclos o equipamento constituído por dois sistemas principais, motor e bomba, começa a degradar o seu funcionamento podendo, se nada for feito, levar à falha. Através da análise aos níveis globais de vibração é possível detetar a presença de várias falhas potenciais no ativo, tais como [38]:

- Início de cavitação;
- Início de corrosão e erosão;
- Desgaste por recirculação;
- Fratura ou desgaste do rolamento;
- Desgaste das chumaceiras;
- Presença de ar na bomba;
- Desalinhamento ou empeno do veio;
- Falta de lubrificação;
- Parafusos com folga.

O equipamento de monitorização, que analisa e recolhe os níveis globais de vibração, é da marca Emerson, modelo CSI 2130 (ver anexo II) e os pontos de medição, nos ativos em estudo, são apresentados de seguida nas Figuras 33 e 34.

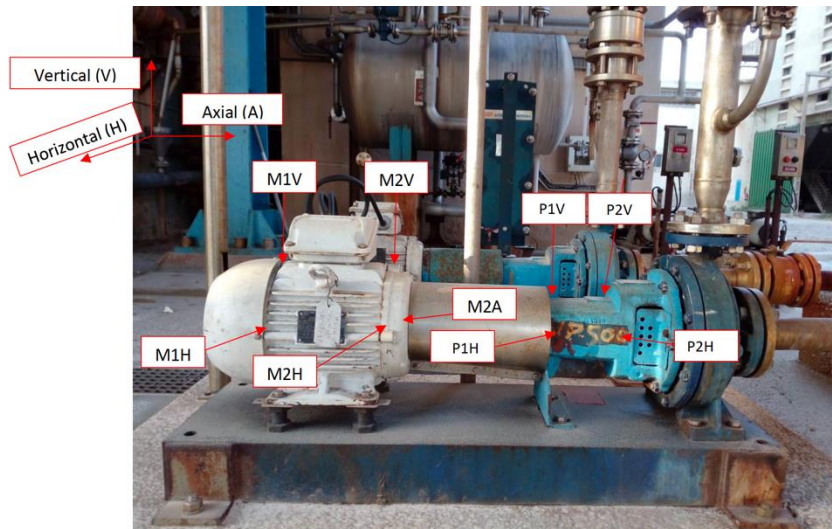


Figura 32 - Identificação dos pontos de medição no ativo B 275 B

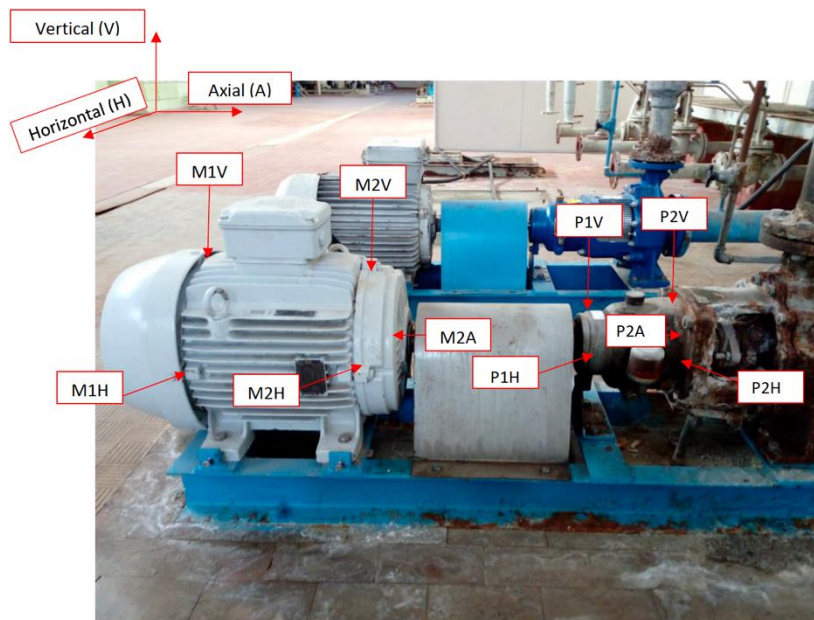


Figura 33 - Identificação dos pontos de medição no ativo B 501 B

### 5.3.1 - Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B)

Este equipamento está presente no processo de fabricação de Nitrato de Amónio, que é produzido através de Ácido Nítrico e Amoníaco. O Ácido Nítrico é produzido por outro processo existente nas instalações da ADP, enquanto que o Amoníaco é uma das matérias primas adquiridas ao exterior. Este processo foi criado em 2006.

Os condensados gerados no processo, no estado gasoso (vapores), são reaproveitados para aquecer outros equipamentos. Ao perder temperatura estes passam ao estado líquido e são encaminhados, pela bomba B 275 B, para reutilização noutras unidades de produção.

Tabela 1 - Características técnicas do ativo B 275 B

Descrição	Bomba de Condensados de Concentração
Fabricante	KSB
Modelo	ETA.C032-200.1 C11
Nº de Fabrico	9971027606100.001/02
Potência	4 kW
Velocidade	2905 RPM
Caudal	6 m <sup>3</sup> /h
Altura Máxima	40 m
Pressão de Projeto	6 bar
Pressão de Serviço	5 bar
Temperatura de Projeto	100 °C
Temperatura de Serviço	60 °C
DN	40

No anexo III é possível observar a vista explodida e respetiva lista de componentes do equipamento em análise. No anexo IV é possível consultar o P&ID do processo de fabricação de Nitrato de Amónio e respetiva localização da bomba B 275 B.

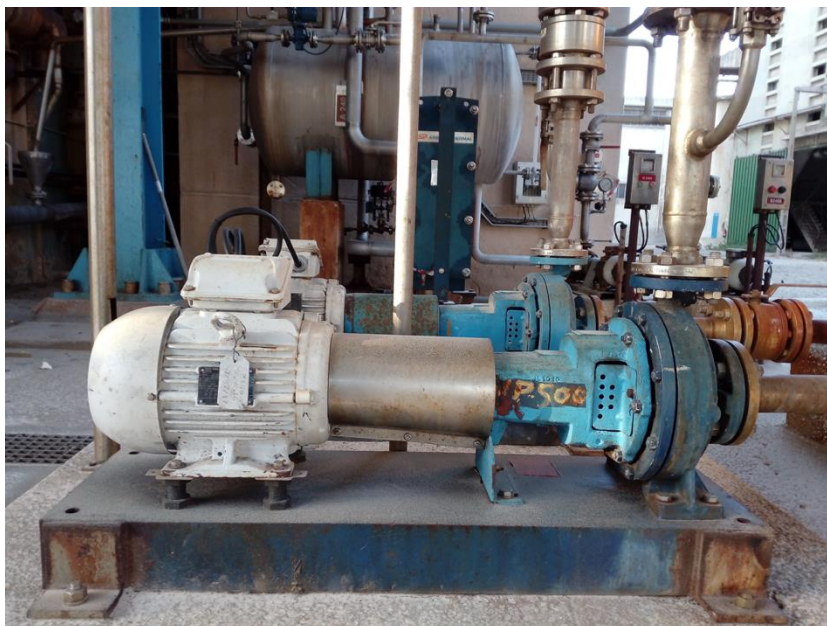


Figura 34 - Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B)

### 5.3.2 - Bomba para Tratamento de Água (B 501 B)

Este equipamento tem como objetivo o bombeamento de água da captação para a fabricação de Água Desmineralizada. A água recolhida nos furos e armazenada em reservatórios próprios é bombeada para a unidade de produção de Água Desmineralizada através deste equipamento. Este processo existe desde 1980 e é importante para o fornecimento desta matéria prima para processos como o de produção de Ácido Nítrico.

Tabela 2 - Características técnicas do ativo B 501 B

Descrição	Bomba para Tratamento de Água
Fabricante	EFACEC / JORRO
Modelo	CJG G65200
Nº de Fabrico	24676 e 24677
Ano de Fabrico	1981
Potência	22 kW
Velocidade	2895 RPM
Caudal	72 m <sup>3</sup> /h
Altura Máxima	55 m
Diâmetro do Rotor	202 mm
Fluido / Temperatura	Água / 25 °C

No anexo V é possível consultar o P&ID da unidade de produção de Água Desmineralizada com respetiva localização da Bomba para Tratamento de Água (B 501 B). No anexo VI é possível observar o desenho de corte e respetiva lista de componentes da bomba.



Figura 35 - Bomba para Tratamento de Água (B 501 B)

## 5.4 - Simulações

Antes de apresentar os resultados do caso de estudo, é necessário realizar uma breve introdução ao termo simulação. Assim sendo, um dos possíveis significados de simulação é [40]:

*“Ferramenta estatística para analisar sistemas reais, que imita o funcionamento lógico do sistema ao longo do tempo num modelo de computador.”*

A utilização de simulações tem inúmeras aplicações práticas, tanto a nível estratégico como a nível operacional. Esta técnica consiste em recolher parâmetros, de um modelo do sistema real, e analisar o seu impacto nos desempenhos. As técnicas de simulação são utilizadas em vários campos da Engenharia. Por exemplo, Sobral e Ferreira [41] apresentam um estudo, através de um caso real, onde avaliam a fiabilidade através da análise e tratamento de parâmetros de degradação, de filtros de ar instalados nos sistemas de AVAC de edifícios.

As simulações do presente caso de estudo, têm como objetivo seguir a evolução dos níveis globais de vibração, até aos valores limite/alerta estabelecidos pela norma ISO 10816-1:1995 [35], permitindo determinar a vida útil restante das duas bombas centrífugas em estudo (B275B e B501B).

Começou-se por analisar todos os relatórios realizados mensalmente, entre 2015 e 2016. Estes relatórios, realizados por uma empresa externa à ADP-Fertilizantes, são o resultado final da inspeção mensal a equipamentos dinâmicos. Após extrair e tratar os valores de níveis globais de vibração, presentes nos relatórios, relativamente a todos os equipamentos com características dinâmicas, procedeu-se à seleção de dois ativos de acordo com a sua criticidade no processo e tendo em conta a qualidade dos dados a analisar.

## 5.4.1 - B 275 B

Tabela 3 - Níveis Globais de Vibração da Bomba de Condensados de Concentração

			2015												2016					
			Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho
<b>B 275 B - Bomba de Condensados de Concentração</b>																				
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,863	0,876	0,856	1,201	0,824	0,786	0,869	0,996	0,996	0,998	1,170	0,894	0,769	0,923	0,921	1,014	1,145	1,264
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,595	0,509	0,508	0,490	0,517	0,537	0,519	0,518	0,518	0,640	0,628	0,614	0,506	0,580	0,540	0,682	0,678	1,785
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,865	0,858	0,883	0,962	0,947	0,961	0,874	0,902	0,902	1,156	1,065	0,947	0,852	0,961	0,951	1,007	1,071	1,570
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,833	0,84	0,823	0,921	0,927	0,939	0,833	0,862	0,862	1,035	0,997	0,887	0,818	0,933	0,858	0,946	1,035	1,380
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,858	0,739	0,792	0,828	0,726	0,818	0,711	0,669	0,669	0,898	0,840	0,732	0,753	0,881	0,782	0,883	0,906	1,366
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,858	0,726	0,850	0,544	0,734	0,686	0,516	0,676	0,676	0,695	1,033	0,656	0,509	0,914	1,092	0,672	1,129	1,226
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,336	0,402	0,380	0,407	0,380	0,399	0,380	0,334	0,334	0,488	0,386	0,317	0,372	0,355	0,391	0,371	0,387	1,408
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,426	0,471	0,438	0,433	0,433	0,437	0,396	0,398	0,398	0,403	0,416	0,420	0,425	0,353	0,359	0,426	0,359	0,703
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,298	0,246	0,290	0,289	0,279	0,306	0,285	0,254	0,254	0,462	0,339	0,285	0,300	0,320	0,418	0,284	0,302	1,080
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,369	0,384	0,421	0,372	0,369	0,396	0,367	0,350	0,350	0,336	0,387	0,411	0,349	0,365	0,335	0,404	0,305	0,649



Com base nos valores globais de vibração em velocidade [mm/seg] da Tabela 3 e considerando um valor limite, estabelecido pela norma ISO 10816-1:1995 [35], de 1,8 mm/seg (RMS), estão assegurados os *inputs* necessários para a simulação no *software* Weibull++ [32]. O valor limite foi determinado tendo em conta as características do ativo quanto à potência, às rotações e ao tipo de estrutura (rígida ou flexível). Recorrendo às Tabelas 2 e 5 e ao anexo VIII, é possível determinar o valor limite indicado acima para o ativo B 275 B.

Tabela 4 - Zonas Limite de Níveis Globais de Vibração em ativos classificados como Classe I [35]

R.m.s. vibration velocity mm/s	Class I
0,28	A
0,45	
0,71	
1,12	B
1,8	
2,8	C
4,5	
7,1	D
11,2	
18	
28	
45	

Introduzindo os valores da Tabela 3 no *software* e através da seleção do modelo de degradação, é possível definir os seguintes modelos que melhor se ajustam a cada ponto de leitura:



Figura 36 - Modelo de degradação que melhor se ajusta a cada ponto de leitura (B 275 B)

Apesar do *software* recomendar o uso do modelo linear para todos os pontos, optou-se por realizar a determinação dos tempos até à falha através do modelo que melhor se ajusta a cada ponto de leitura. Assim sendo, os modelos recomendados pelo *software*, para cada ponto de leitura, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Modelo de degradação que melhor se ajusta aos pontos de leitura dos sistemas constituintes do ativo B 275 B

Sistema	Ponto de Leitura	Modelo Recomendado
<b>Motor</b>	M1H	Modelo Exponencial
	M1V	Modelo Gompertz
	M2A	Modelo Gompertz
	M2E	Modelo Exponencial
	M2H	Modelo Exponencial
	M2V	Modelo Exponencial
<b>Bomba</b>	P1H	Modelo Linear
	P1V	Modelo Gompertz
	P2H	Modelo Linear
	P2V	Modelo Linear

No caso do ponto de leitura P1V, o modelo recomendado é o Gompertz, no entanto, como os tempos até à falha serão estimados individualmente por sistema e tendo em conta que não é possível realizar a análise apenas com os dados de um ponto de leitura, utilizou-se a segunda recomendação neste ponto (ver Figura 36), logo, assume-se o modelo linear para este ponto de leitura e os tempos até à falha dos pontos de leitura do componente bomba serão determinados pelo modelo linear. No caso do componente motor, os pontos de leitura M1H, M2E, M2H e M2V serão simulados através do modelo exponencial e os pontos de leitura M1V e M2A serão simulados através do modelo Gompertz.

Tabela 6 – Estimação dos tempos até à falha do ativo B 275 B

Sistema	Pontos de leitura	Modelo Simulado	Parâmetro a	Parâmetro b	Parâmetro c	TTF (dias)
<b>Motor</b>	M1H	Exponencial	0,000388	0,854786	---	1919
	M1V	Gompertz	3,993396	0,086352	0,999164	1343
	M2A	Gompertz	0,620295	1,007741	1,008002	618
	M2E	Exponencial	0,000439	0,813421	---	1808
	M2H	Exponencial	0,000532	0,837216	---	1438
	M2V	Exponencial	0,000483	0,70935	---	1929
<b>Bomba</b>	P1H	Linear	0,000595	0,265353	---	2581
	P1V	Linear	0,000049	0,413386	---	28109
	P2H	Linear	0,00056	0,190039	---	2877
	P2V	Linear	0,0001	0,355967	---	14480

Os valores globais de vibração em velocidade [mm/seg] recolhidos apenas controlam degradações que ocorrem a baixas frequências (por exemplo, desapertos, desequilíbrios, desalinhamentos e folgas) sendo expectável que os tempos até à falha apresentem os tempos determinados na Tabela 6. Por exemplo, no ponto de leitura M2A é realizada uma leitura axial no equipamento, de maneira a detetar preferencialmente desalinhamentos no veio e esta falha em específico possui um tempo até à falha de 618 dias.

No entanto, antes destes tempos até à falha normalmente ocorrem problemas em alguns órgãos mais sensíveis, como é o caso dos rolamentos. Desta forma será também necessário analisar as curvas de tendência relativas a mais altas frequências (G-s) no sentido de determinar os tempos correspondentes à necessidade de intervenção nos rolamentos. Como se trata de tempos até à falha, com menor valor, normalmente os valores apresentados na Tabela 6 nunca chegam a ser alcançados.

De seguida realiza-se uma análise fiabilística, baseada nos tempos até à falha apresentados anteriormente.

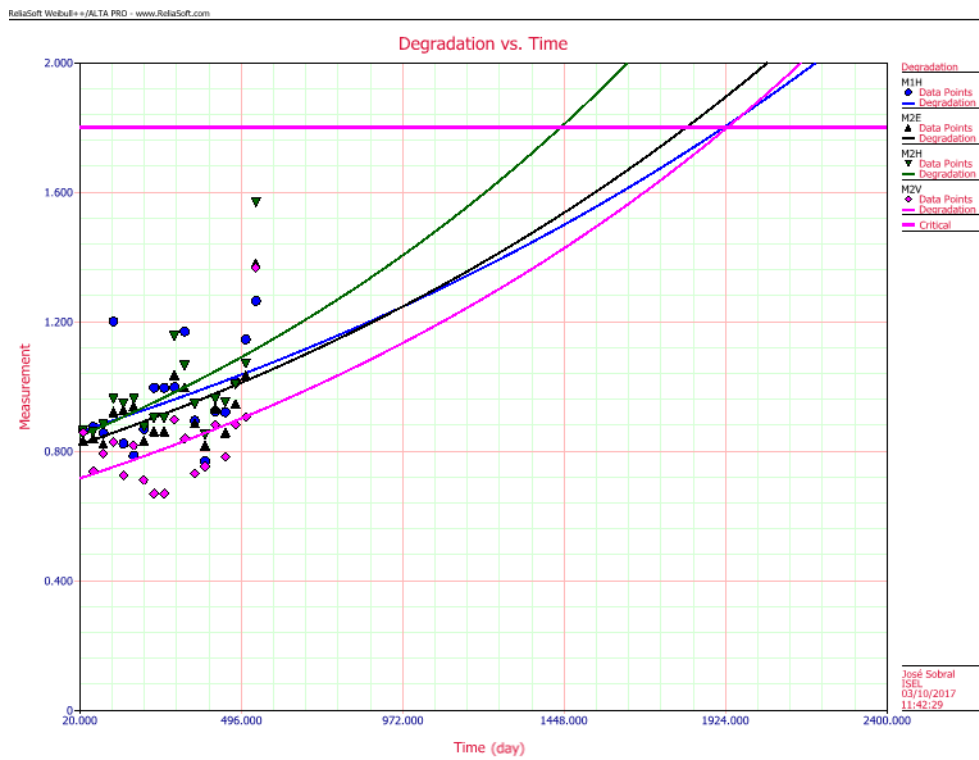


Figura 37 - Curvas de tendência de degradação dos pontos M1H, M2E, M2H e M2V do componente motor (B 275 B)

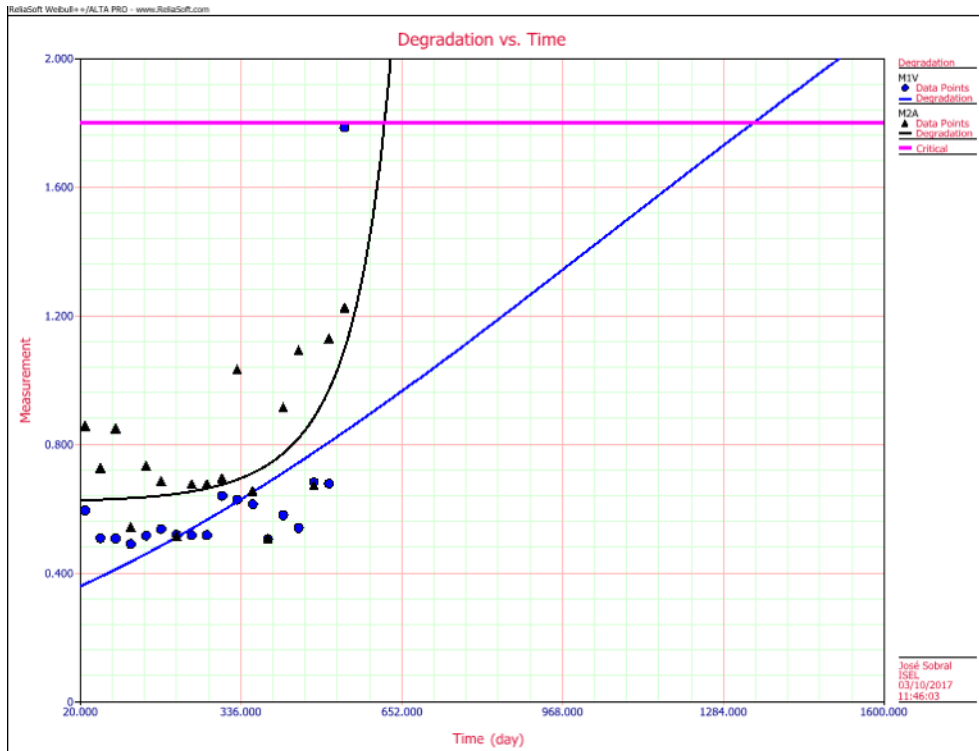


Figura 38 - Curvas de tendência de degradação dos pontos M1V e M2A do componente motor (B 275 B)



Figura 39 - Curvas de tendência de degradação dos pontos P1H, P1V, P2H e P2V do componente bomba (B 275 B)

Os pontos de leitura P1V e P2V, apresentam valores de tempos até à falha bastante elevados. Este fenómeno ocorre devido à rigidez da estrutura da bomba, ou seja, na direção vertical a rigidez da estrutura é maior nesta direção, logo, o sistema em análise vibra menos nesta direção e os pontos de leitura evidenciam este facto apresentando menores amplitudes, enquanto que nos pontos horizontais a rigidez da estrutura é menor e assim, na direção horizontal, os pontos de leitura evidenciam maiores amplitudes. Com isto conclui-se que a degradação vai-se fazer sentir com mais intensidade nos pontos horizontais, sendo expectável valores mais elevados de tempos até à falha para os pontos verticais. Assim sendo, os pontos P1V e P2V não serão justificadamente considerados para os passos seguintes da metodologia.

Com os tempos até à falha já determinados, é agora possível determinar a distribuição que melhor se ajusta. De acordo com esses tempos e realizando os testes de ajuste, a distribuição sugerida é a distribuição Normal.

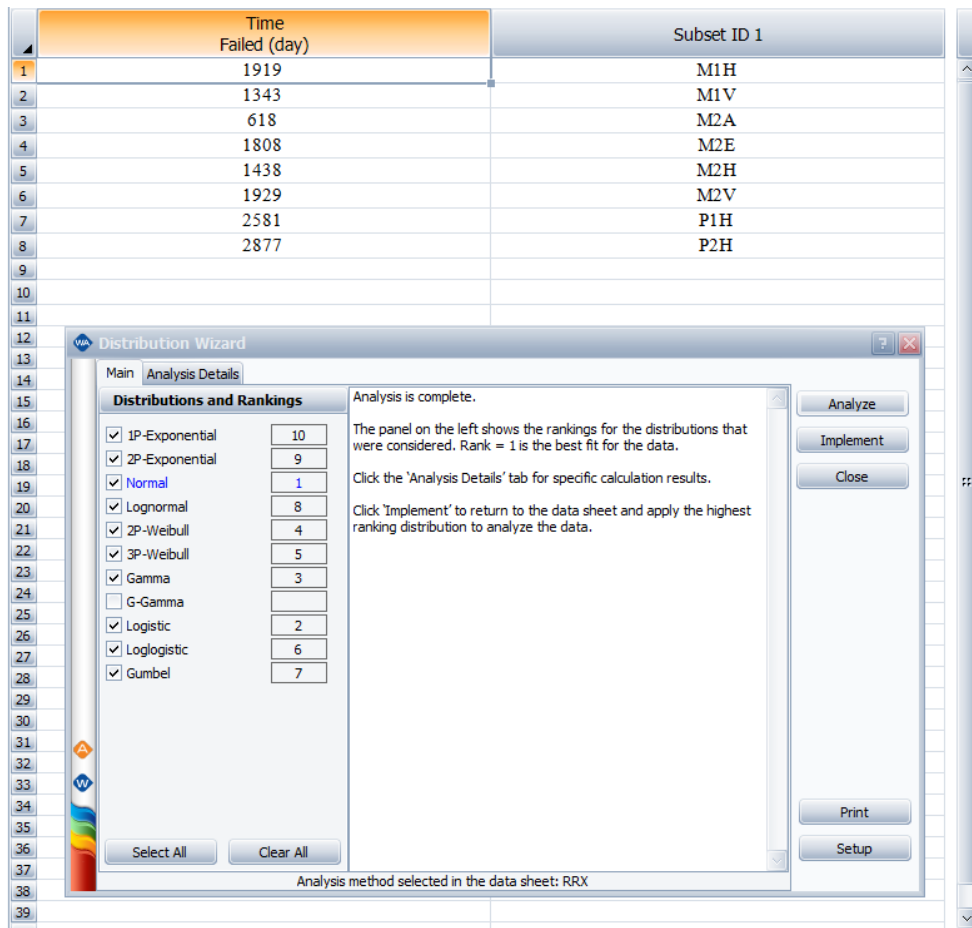


Figura 40 - Teste de ajuste com a distribuição ajustada aos tempos até à falha

O teste de ajuste apresenta um coeficiente de correlação bastante elevado ( $\rho = 0,9809$ ), indicando assim um alinhamento bastante aceitável dos pontos para a distribuição assumida, apresentando-se os seguintes parâmetros da distribuição:

$$\mu = 1814 \text{ dias}$$

$$\sigma = 771 \text{ dias}$$

Para os valores em causa considera-se que a distribuição apresenta um desvio-padrão demasiado elevado, pelo que haveria a necessidade de investigar se os dados de partida se encontram corretamente registados. No entanto, o estudo segue com os valores determinados.

Através do *software* é ainda possível obter gráficos que representam a função densidade de probabilidade de falha, a função de fiabilidade, a taxa de avarias e a função cumulativa de probabilidade de falha, tal como apresentado nas Figuras 42 a 45.

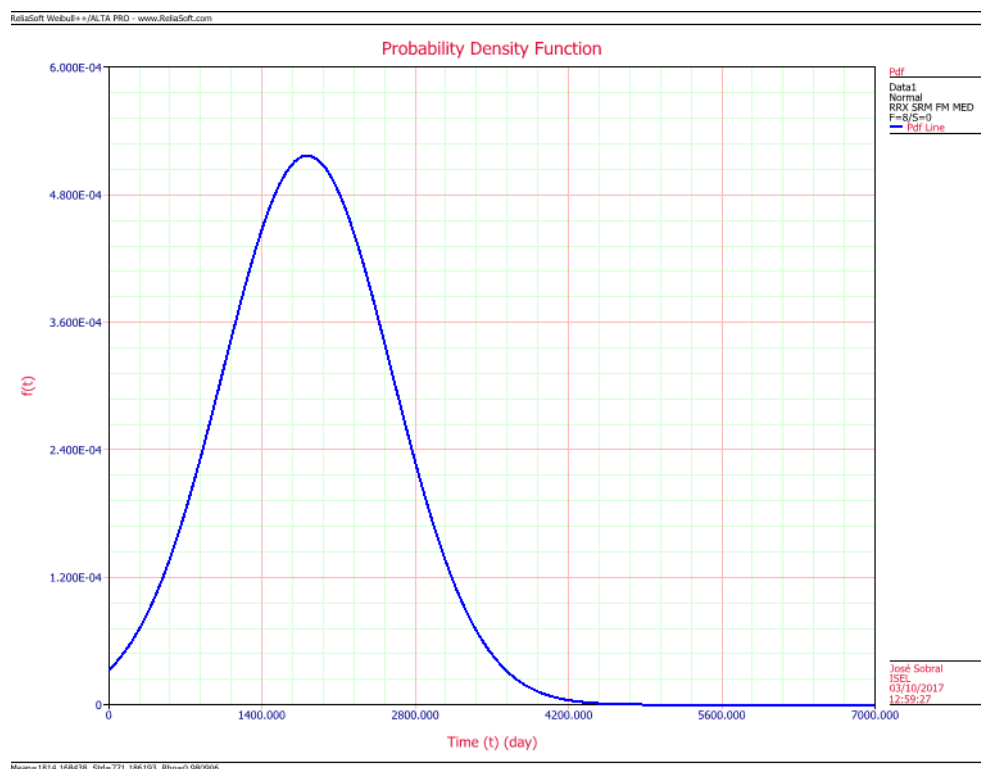


Figura 41 - Gráfico da Função Densidade de Probabilidade de Falha

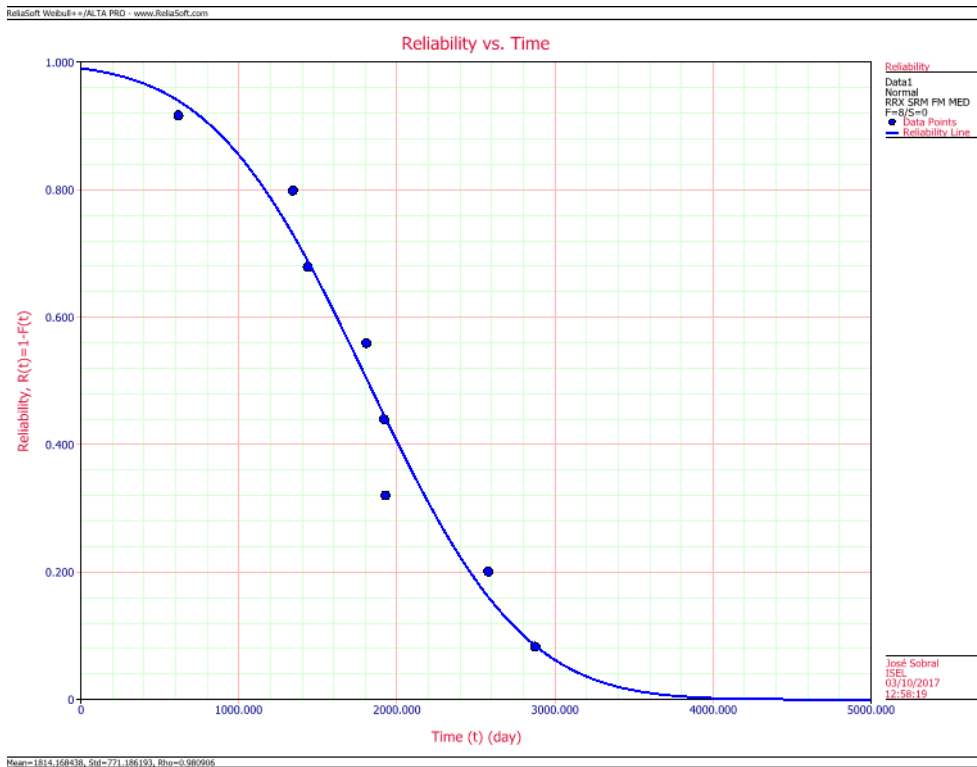


Figura 42 - Gráfico da Função de Fiabilidade

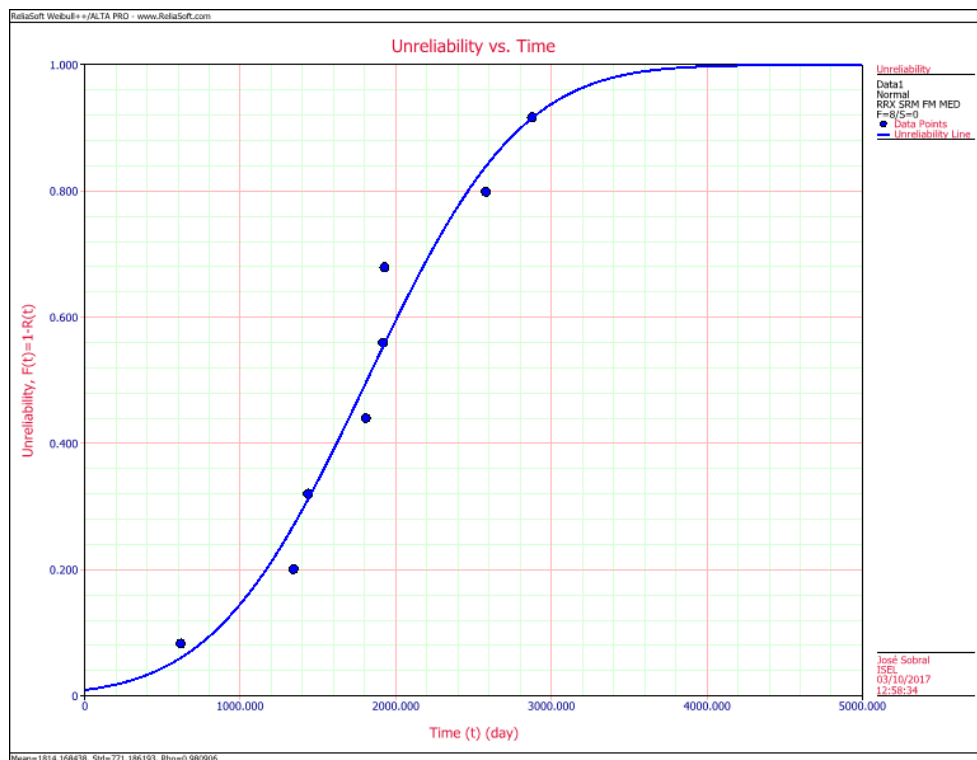


Figura 43 - Gráfico da Função Cumulativa da Probabilidade de Falha

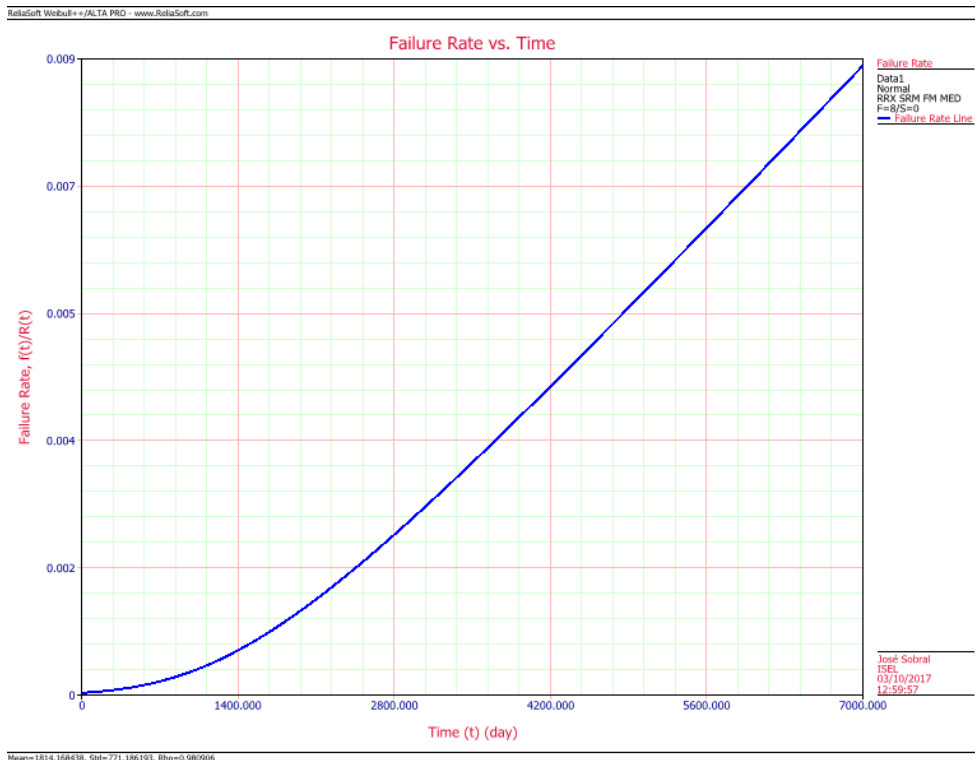


Figura 44 - Gráfico da Taxa de Avarias

Tendo em conta a subida da taxa de avarias ao longo do tempo (Figura 44), é possível determinar que o ativo se encontra no período de desgaste. Por fim, é possível determinar a fiabilidade para um determinado número de dias em que o ativo esteve em serviço ou saber o número de dias expectáveis em serviço, com o objetivo de não ultrapassar uma determinada probabilidade de falha.

Abaixo serão apresentadas figuras com resultados, com a respetiva análise e interpretação:

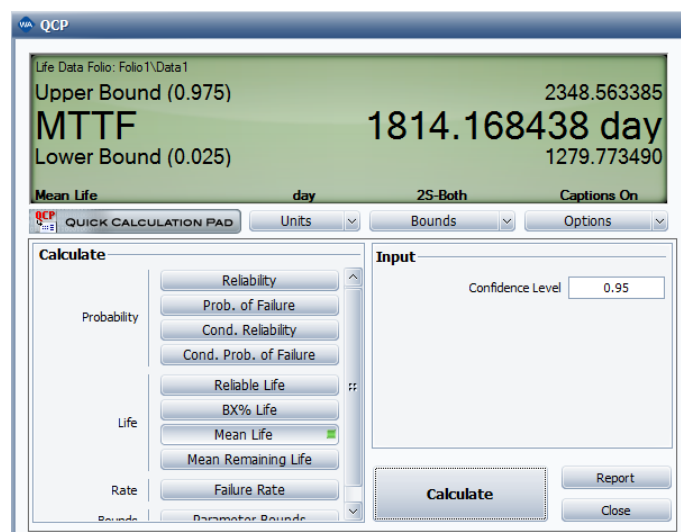


Figura 45 - Vida média do ativo



A Figura 45 apresenta uma vida média igual a 1814 dias podendo ser referido que para um nível de confiança de 95% o tempo médio até à falha se encontra compreendido entre 1280 e 2349 dias.



Figura 46 - Tempo (dias) para garantia de uma Fiabilidade de 0,90

A Figura 46 apresenta a garantia de uma fiabilidade de 0,90 (90%), ou probabilidade de falha de 0,10 (10%) aos 825 dias, sendo expectável que para esse nível de fiabilidade (ou probabilidade de falha), com 90% de certeza, corresponda um tempo entre 140 e 1511 dias.

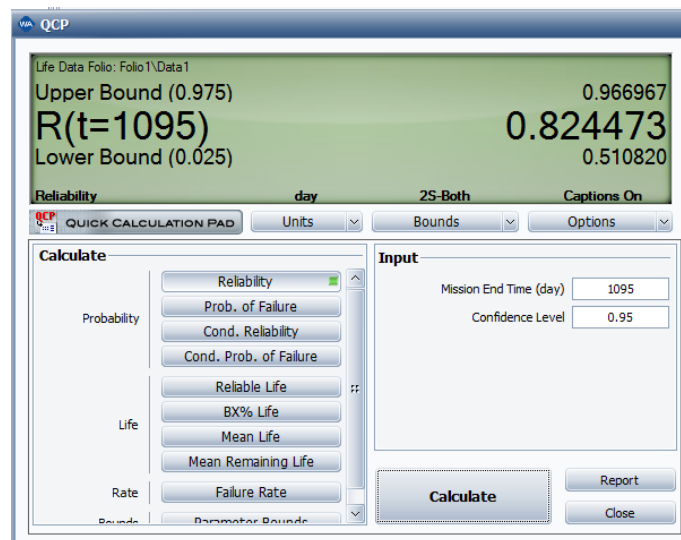


Figura 47 - Fiabilidade para uma missão de 1095 dias

A Figura 47 apresenta a fiabilidade estimada para um tempo de serviço de 1095 dias de 0,8245 (82,45%). No entanto, se assumirmos um nível de confiança de 95%, os valores de fiabilidade para 1095 dias de operação oscilarão entre os 0,5108 (51,08%) e os 0,9670 (96,70%).



Figura 48 - Probabilidade de Falha para uma missão de 600 dias

A Figura 48 revela a probabilidade de falha acumulada aos 600 dias de 0,0577 (5,77%), variando esta entre os 0,0049 (0,49%) e os 0,2862 (28,62%), quando se assume um intervalo de confiança de 90%.

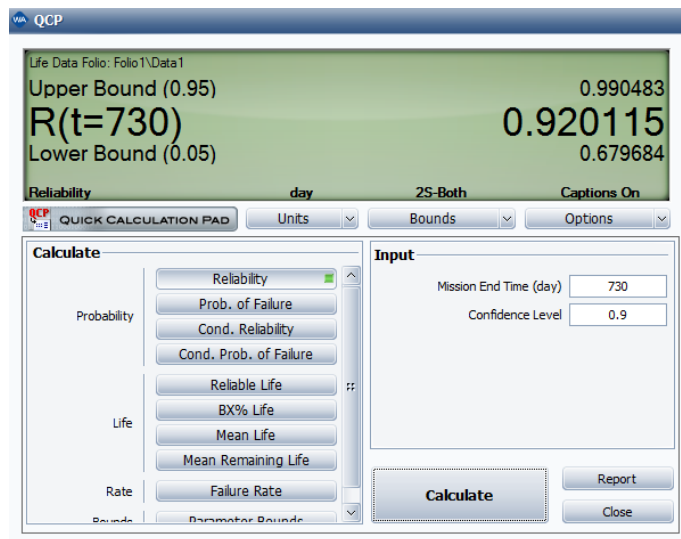


Figura 49 - Fiabilidade para uma missão de 730 dias

A Figura 49 revela que a probabilidade de chegar aos 730 dias é de 0,9201 (92,01%), ou essa probabilidade variará entre 0,6797 (67,97%) e 0,9905 (99,05%), quando se estipula um intervalo de confiança de 90%.

## 5.4.2 - B 501 B

Tabela 7 - Níveis Globais de Vibração da Bomba para Tratamento de Água

			2015						2016					
			Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Julho	Agosto
<b>B 501 B - Bomba Para Tratam. de Água (CLASSE II - ISO10816-1:1995)</b>														
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,354	1,974	1,907	1,907	2,434	2,845	2,681	2,565	3,12	2,75	2,894	2,749
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,974	1,632	1,331	1,331	1,564	2,656	1,951	1,831	1,642	1,639	2,298	1,918
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,451	1,25	1,134	1,134	1,494	1,714	1,816	1,74	1,983	1,805	1,927	1,758
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,456	1,041	0,801	0,801	1,094	1,533	1,319	1,428	0,943	1,16	1,3	1,111
P2A	Bomba Axial	mm/Sec	1,254	1,052	0,933	0,933	1,145	1,627	1,043	1,19	0,794	1,158	1,292	1,105

Os dados de campo relativos à recolha de vibrações no motor apresentam valores acima dos valores limite preconizados na norma ISO 10816-1:1995 [35]. Assim sendo, não foi possível aplicar ao motor a metodologia proposta no presente trabalho.

Assume-se, no entanto, que o acoplamento motor-bomba é flexível o suficiente para que os efeitos de possíveis defeitos no motor não se propaguem ou influenciem o comportamento da bomba a nível dos valores registados neste órgão. Desta forma, foram desprezadas todas as leituras referentes ao motor, tendo o estudo incidido apenas no componente bomba.

Com base nos valores globais de vibração em velocidade [mm/seg] da Tabela 7 e considerando um valor limite, estabelecido pela norma ISO 10816-1:1995 [35], de 2,8 mm/seg (RMS), estão assegurados os *inputs* necessários para a simulação no *software* Weibull++ [32]. O valor limite foi determinado tendo em conta as características do ativo quanto à potência, às rotações e ao tipo de estrutura (rígida ou flexível). Recorrendo às Tabelas 3 e 9 e ao anexo VIII, é possível determinar o valor limite indicado acima para o ativo B 501 B.

Tabela 8 - Zonas Limite de Níveis Globais de Vibração em ativos classificados como Classe II [35]

R.m.s. vibration velocity mm/s	Class II
0,28	A
0,45	
0,71	
1,12	
1,8	B
2,8	
4,5	C
7,1	
11,2	D
18	
28	
45	

Introduzindo os valores da Tabela 7 no *software* e através da seleção do modelo de degradação, é possível definir os seguintes modelos que melhor se ajustam a cada ponto de leitura:



Figura 50 - Modelo de degradação que melhor se ajusta a cada ponto de leitura (B 501 B)

Tabela 9 - Modelo de degradação que melhor se ajusta aos pontos de leitura dos sistemas constituintes do ativo B501B

Sistema	Ponto de Leitura	Modelo Recomendado
<b>Bomba</b>	P1H	Modelo Linear
	P1V	Modelo Linear
	P2H	Modelo Linear
	P2V	Modelo Linear
	P2A	Modelo Lloyd-Lipow

No caso do ponto de leitura P2A, o modelo recomendado é o Lloyd-Lipow, no entanto, nos outros pontos os testes de ajuste recomendam o uso do modelo linear. Como não é possível realizar a análise de tempos até à falha, apenas com os dados de um ponto de leitura, recomenda-se o uso do modelo linear para todos os pontos (ver figura 50), tendo em conta que a segunda sugestão para o ponto P2A é o modelo linear.

Tabela 10 - Estimação dos tempos até à falha do ativo B 501 B

Sistema	Pontos de leitura	Modelo Simulado	Parâmetro a	Parâmetro b	TTF (dias)
<b>Bomba</b>	P1H	Linear	0,002158	2,018558	362
	P1V	Linear	0,000788	1,632718	1482
	P2H	Linear	0,00171	1,207194	932
	P2V	Linear	0,000249	1,108286	6791
	P2A	Linear	0,000034	1,119379	49633

Mais uma vez, os valores globais de vibração em velocidade [mm/seg] recolhidos, apenas controlam degradações que ocorrem a baixas frequências (por exemplo, desapertos, desequilíbrios, desalinhamentos e folgas) sendo expectável que os tempos até à falha apresentem os tempos determinados na Tabela 10. No entanto, antes destes tempos até à falha normalmente ocorrem problemas em alguns órgãos mais sensíveis, como é o caso dos rolamentos. Desta forma será também necessário analisar as curvas de tendência relativas a mais altas frequências (G-s) no sentido de determinar os tempos correspondentes à necessidade de intervenção nos rolamentos. Como se trata de tempos até à falha, com menor valor, normalmente os valores apresentados na Tabela 10 nunca chegam a ser alcançados.

De seguida realiza-se uma análise fiabilística, baseada nos tempos até à falha apresentados anteriormente.

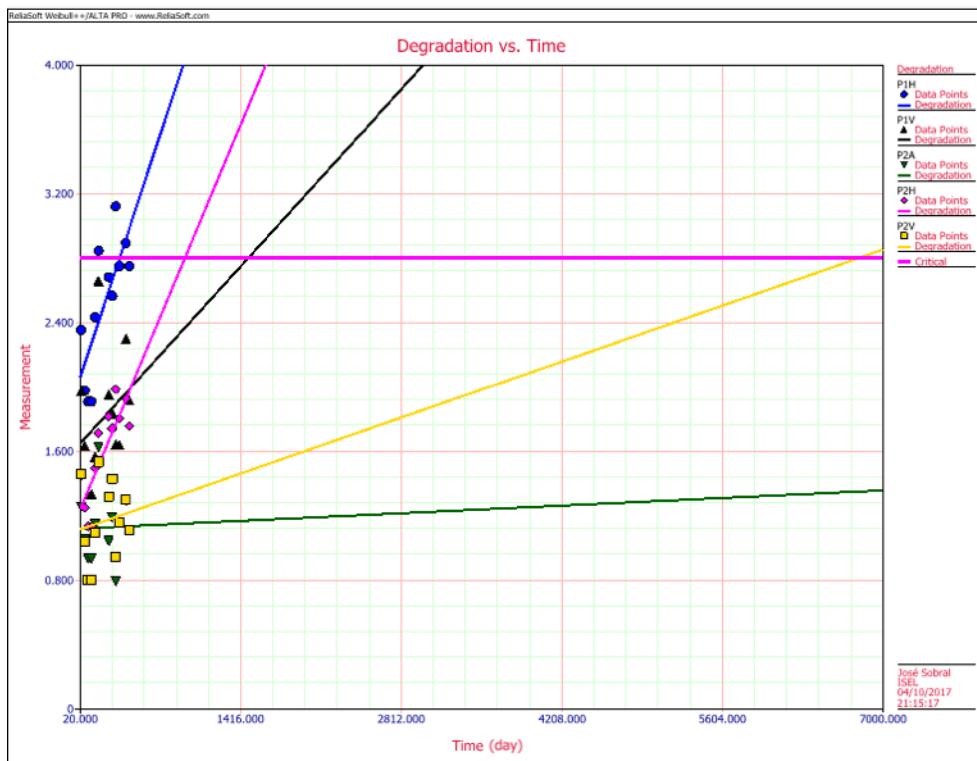


Figura 51 - Curvas de tendência de degradação dos pontos de leitura do componente bomba (B 501 B)

O ponto de leitura P2A apresenta um valor de tempo até à falha bastante elevado. Este ponto de leitura é importante para detetar desalinhamentos no veio, logo, este valor terá maior incidência nos valores axiais recolhido no sistema motor. Assim sendo, não será justificadamente considerado o valor de tempo até à falha do ponto de leitura P2A para os passos seguintes da metodologia.

Com os tempos até à falha já determinados, é agora possível determinar a distribuição que melhor se ajusta. De acordo com os testes de ajuste realizados, a distribuição recomendada é a Weibull triparamétrica.

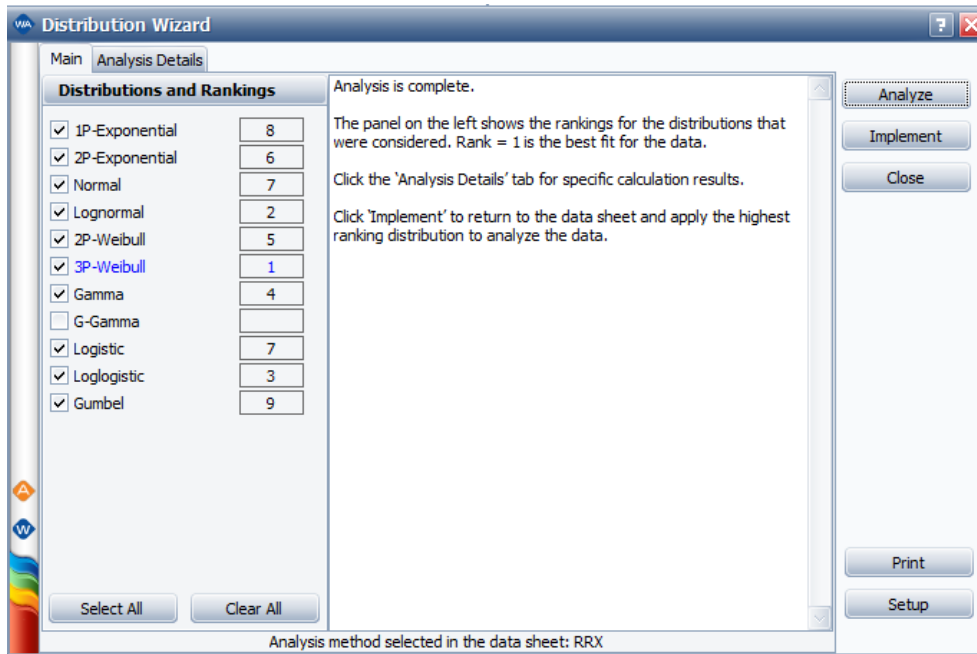


Figura 52 - Teste de ajuste com a distribuição ajustada aos tempos até à falha

O teste de ajuste apresenta também um coeficiente de correlação bastante elevado ( $\rho = 0,9898$ ), sendo determinados os seguintes parâmetros para a distribuição:

$$\beta = 0,5336$$

$$\eta = 1883 \text{ dias}$$

$$\gamma = 292 \text{ dias}$$

Através do *software* é ainda possível obter gráficos que representam a função densidade de probabilidade de falha, a função de fiabilidade, a taxa de avarias e a função cumulativa de probabilidade de falha, tal como apresentado nas Figuras 54 a 57.

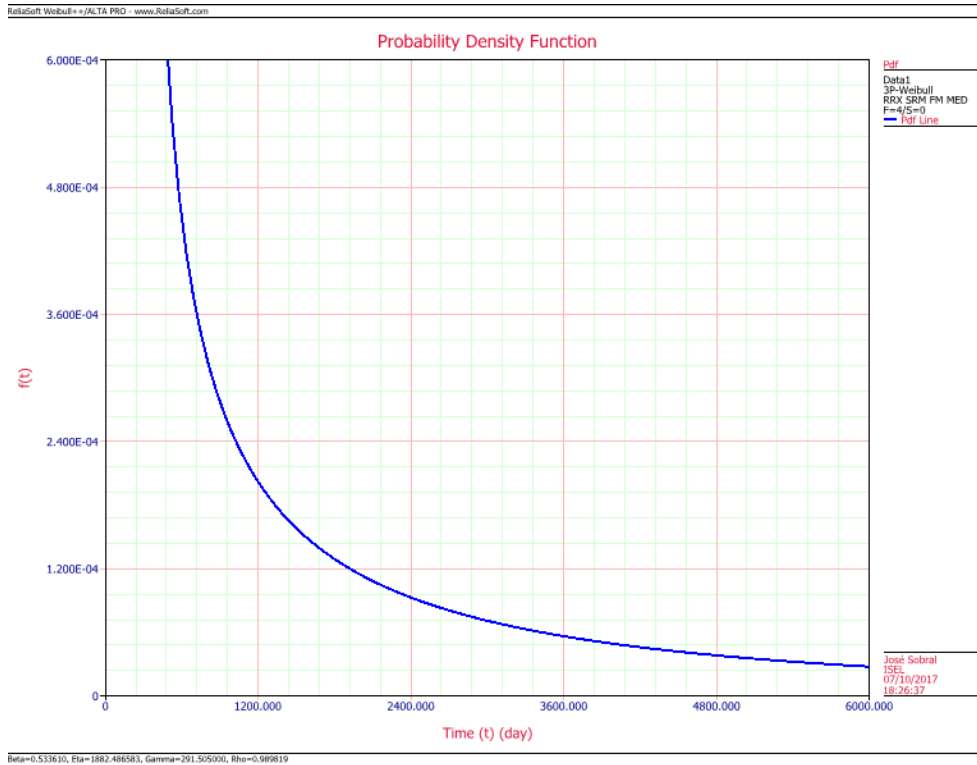


Figura 53 - Gráfico da Função Densidade de Probabilidade de Falha

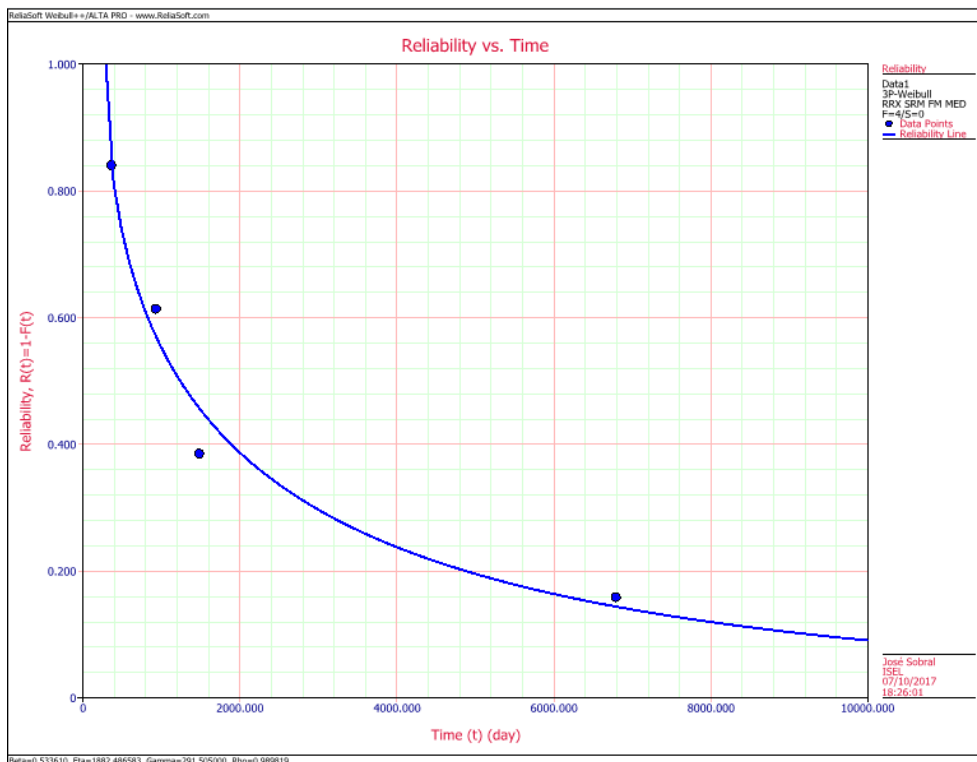


Figura 54 - Gráfico da Função de Fiabilidade



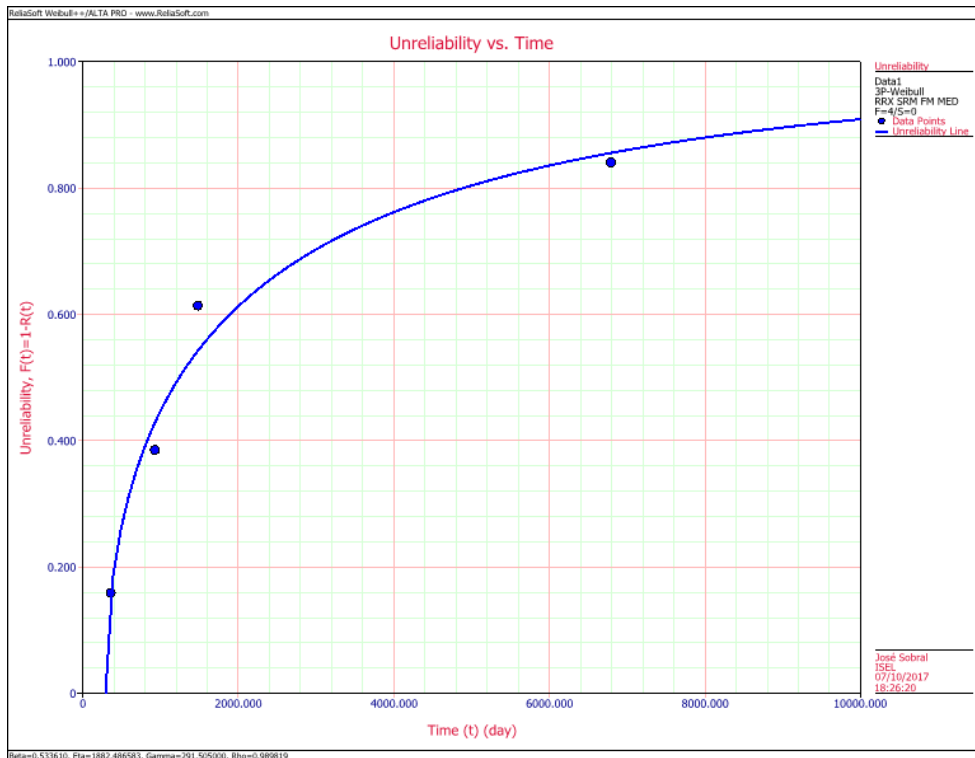


Figura 55 - Gráfico da Função Cumulativa da Probabilidade de Falha

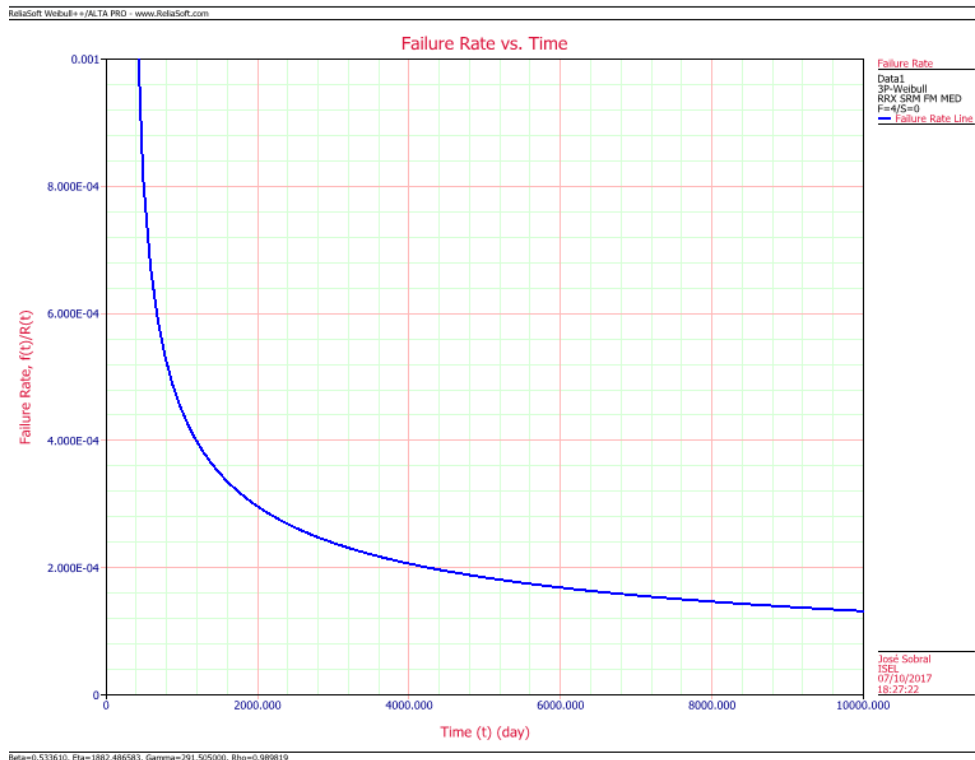


Figura 56 - Gráfico da Taxa de Avarias

Tendo em conta o valor de 0,5336 para o parâmetro de forma ( $\beta$ ) e a consequente curva da taxa de avarias ao longo do tempo (Figura 56), é possível determinar que o ativo se encontra no período de mortalidade infantil. Por fim, é possível determinar a fiabilidade para um determinado número de dias em que o ativo esteve em serviço ou saber o número de dias expectáveis em serviço, com o objetivo de não ultrapassar uma determinada probabilidade de falha.

Abaixo serão apresentadas figuras com resultados, com a respetiva análise e interpretação:

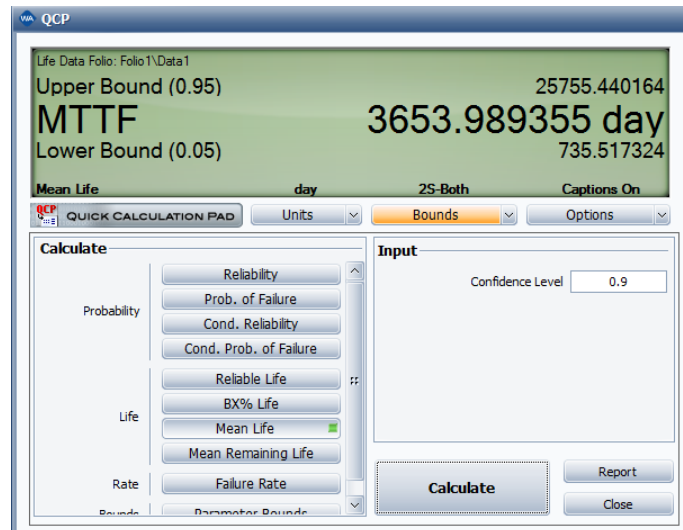


Figura 57 - Vida média do ativo

A Figura 57 apresenta uma vida média igual a 3654 dias podendo ser referido que para um nível de confiança de 90% o tempo médio até à falha se encontra compreendido entre 736 e 25755 dias.



Figura 58 - Probabilidade de Falha para uma missão de 600 dias

A Figura 58 revela a probabilidade de falha aos 600 dias de 0,3168 (31,68%) variando esta entre os 0,1047 (10,47%) e os 0,7307 (73,07%), quando se assume um intervalo de confiança de 90%.

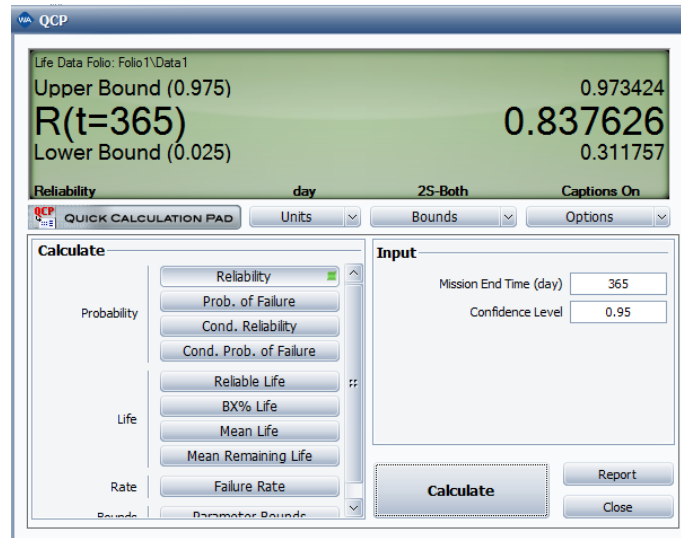


Figura 59 - Fiabilidade para uma missão de 365 dias

A Figura 59 revela que a probabilidade de chegar aos 365 dias é de 0,8376 (83,76%), ou essa probabilidade variará entre 0,3118 (31,18%) e 0,9734 (97,34%), quando se estipula um intervalo de confiança de 95%.

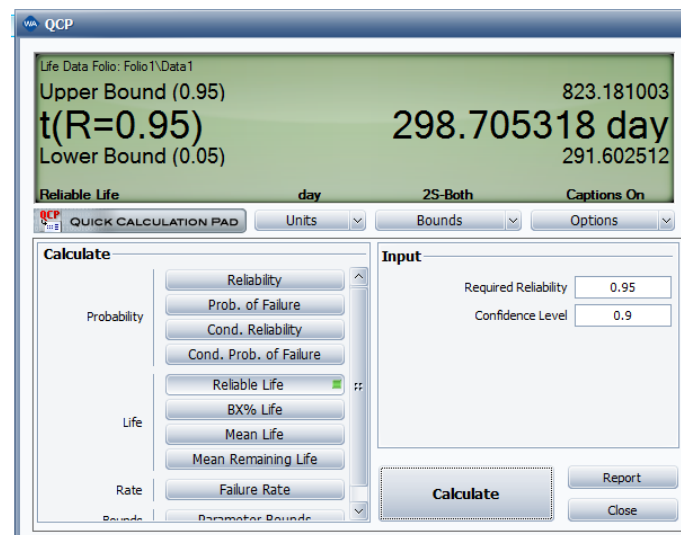


Figura 60 - Tempo (dias) para garantia de uma Fiabilidade de 0,95

A Figura 60 apresenta a garantia de uma fiabilidade de 0,95 (95%), ou probabilidade de falha de 0,05 (5%) aos 299 dias, sendo expectável que para esse nível de fiabilidade (ou probabilidade de falha), com 90% de certeza, corresponda um tempo entre 292 e 823 dias.



Figura 61 - Fiabilidade para uma missão de 730 dias

A Figura 61 apresenta a fiabilidade estimada para um tempo de serviço de 730 dias de 0,6316 (63,16%). No entanto, se assumirmos um nível de confiança de 90%, os valores de fiabilidade para 730 dias de operação oscilarão entre os 0,2263 (22,63%) e os 0,8675 (86,75%).

### 5.4.3 - Considerações Gerais

O estudo realizado permitiu conhecer o processo associado aos ativos, o seu princípio de funcionamento e ainda o tipo de monitorização aplicado neste tipo de ativos. Em termos práticos, a análise e posterior simulação dos dados reais teve como resultado final a apresentação de valores que nos permitem, de uma forma clara e relativamente simples, determinar a fiabilidade deste tipo de ativos. O conhecimento da fiabilidade destes ativos (bombas centrífugas) pode levar à otimização da sua exploração, simbolizando poupanças significativas ao nível da sua gestão, nomeadamente na elaboração de estimativas de custos anuais, conhecimento quanto ao aprovisionamento de materiais necessários para as intervenções e conhecimento particular quanto ao intervalo temporal que o ativo se mantém em condições de funcionamento.

Tal como referido anteriormente será necessário realizar uma abordagem idêntica para as mais altas frequências (G-s) uma vez que normalmente os problemas associados a estas é que condicionam as intervenções de manutenção.

# Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos

## Futuros

Através do acompanhamento e análise de dados de degradação, é possível apresentar uma alternativa económica aos tradicionais testes de fiabilidade. A partir deste tipo de metodologia é possível obter estimativas de fiabilidade de um ativo sem necessidade de ocorrência de falha, o que representa um grande trunfo para as organizações pela redução nos prazos de desenvolvimento e exploração dos ativos. No entanto, esta metodologia apenas é aplicável quando as falhas têm origem num processo de degradação conhecido, que possa ser mensurável e que possa ser modelado através do modelo estatístico adequado. O uso desta técnica é genérico e pode ser aplicada em diversas áreas.

A análise de degradação trata-se de uma ferramenta de alto potencial permitindo às equipas de manutenção realizar detalhadamente estimativas de custos anuais, determinar o aprovisionamento necessário de materiais para as intervenções e determinar o intervalo certo para intervir, permitindo também uma melhor coordenação com a área da produção relativamente à melhor altura para intervir, tendo em conta o seu planeamento produtivo. A coordenação entre as áreas da manutenção e da produção tem um impacto importantíssimo no sucesso das organizações. Face ao mercado atual, a procura de produto encontra-se cada vez mais oscilante, algo que dificulta as áreas da produção a definir o stock necessário face à procura atual e futura. Para fazer face a estas oscilações do mercado e conseqüente dificuldade das áreas de produção em definir um stock mínimo, é necessário a área da manutenção ter do seu lado o máximo detalhe e informação acerca das características e dos momentos mais propícios para atuar nos ativos.

Os modelos matemáticos apresentados no presente trabalho são aplicáveis a diversos tipos de bens, com a devida adaptação, e a escolha do modelo que mais se ajusta depende dos parâmetros que se encontram em análise e das suas características no que se refere à queda de desempenho ou degradação ao longo do tempo. Através da extrapolação dos valores reais de degradação é possível estimar os tempos até à falha e a partir do tratamento dessa informação obtém-se dados acerca da fiabilidade, dos tempos médios de vida, da taxa de avarias ou da probabilidade de falha, entre outros.

A metodologia proposta assenta em duas vertentes fundamentais: a primeira no controlo de condição dos ativos, com base na monitorização da evolução dos parâmetros de desempenho e a segunda na recolha destes dados para posterior tratamento estatístico, que permite estimar o tempo até à falha.

No presente caso de estudo pretende-se demonstrar a metodologia proposta e as vantagens na sua aplicação. Através do tratamento dos valores globais de vibração, recolhidos mensalmente, é possível especificar tempos até à falha para os dois sistemas presentes nas bombas centrífugas (motor e bomba). De seguida, após o tratamento estatístico desses tempos é possível especificar valores de fiabilidade relacionados diretamente com os tempos de vida. No entanto, na área das vibrações nem sempre se consegue uma abordagem linear através dos valores obtidos. Este tipo de controlo de condição pode ser influenciado por diversos fatores como variações de velocidades, de cargas, entre outros. Estas variações influenciam o comportamento dos ativos e o estabelecimento dos valores em que se pode considerar ocorrer uma avaria.

Como trabalho futuro, em vez de se aplicar um controlo de condição mensal, seria aplicado um estudo da viabilidade de colocar sensores em todos os equipamentos dinâmicos, existentes nas unidades de produção que sejam considerados críticos de maneira a obter uma monitorização contínua e online com geração de alertas, refletindo uma automatização da metodologia proposta no presente trabalho. Desta forma a organização caminharia para os desenvolvimentos recentes e novos desafios que fazem parte da designada 4<sup>a</sup> revolução industrial mais conhecida pelo conceito “Indústria 4.0”.

# Referências

- [1] J. Sobral, “Slides da Unidade Curricular de Fiabilidade.” ISEL/ADEM, 2016.
- [2] M. Brito, *Manutenção - Manual Pedagógico PRONACI*. 2003.
- [3] IPQ, “NP EN 13306:2007 - Terminologia da Manutenção.” 2007.
- [4] M. François, *La fonction maintenance*. Masson, 1996.
- [5] V. Pinto, *Gestão da Manutenção*, IAPMEI. Lisboa, 1994.
- [6] J.-P. Souris, *Manutenção Industrial – Custo ou Benefício?* Lidel, 1992.
- [7] J. M. R. Dias, “A Gestão da Manutenção em Portugal,” Universidade Técnica de Lisboa, 2003.
- [8] J. S. Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção*. Lidel, 1998.
- [9] J. M. T. Farinha, *Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares*. Coimbra, 1997.
- [10] P. G. D. Ramos, “Organização e Gestão da Manutenção Aplicação Teórico-prática às Fabricas Lusitana - Produtos Alimentares, S.A.,” Universidade da Beira Interior, 2012.
- [11] S. Ferreira, E. Konde, S. Fernández, and A. Prado, “Industry 4.0: Predictive Intelligent Maintenance for Production Equipment,” *Eur. Conf. Progn. Heal. Manag. Soc.*, no. June 2016, pp. 1–8, 2016.
- [12] L. A. Ferreira, *Uma introdução à Manutenção*. Publindústria, 1998.
- [13] MOBIUS INSTITUTE, *Manual do Curso Técnico “Analista de Vibrações - Categoria II.”* .
- [14] W. Denson, “The history of reliability prediction,” *IEEE Trans. Reliab.*, vol. 47, pp. 321–328, 1998.
- [15] W. M. K. Trochim, “Reliability,” 2006. [Online]. Available: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/reliable.php>. [Accessed: 10-Jul-2017].

- [16] D. J. Smith, *Reliability, Maintainability and Risk. Practical Methods for Engineers*, vol. 72, no. 6. Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2011.
- [17] H. P. Carinhas, *Manual de Fiabilidade*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2009.
- [18] L. Li, L. Jia, and Y. Wang, “System reliability evaluation based on convex combination considering operation and maintenance strategy,” *Adv. Math. Phys.*, vol. 2015, no. February, 2015.
- [19] É. P. Felix, “Análise de Confiabilidade de Sistemas Eletrônicos Complexos Baseada em Ensaio Acelerados de Vida,” Universidade de São Paulo, 2006.
- [20] D. Kececioglu, *Reliability & life testing handbook*, vol. 1. DEStech Publications, Inc, 1993.
- [21] T. R. Moss, *The Reliability Data Handbook*. Professional Engineering, 2004.
- [22] J. Sobral, “Utilização da metodologia ‘RAMS’ na análise de Barreiras de Segurança de Instalações Industriais de Risco Elevado,” FEUP, 2010.
- [23] Reliasoft Corporation, “Characteristics of the Weibull Distribution,” *Issue 14*, Apr-2002.
- [24] Reliasoft Corporation, “Location parameter of the Weibull distribution,” *Issue 15*, May-2002.
- [25] Reliasoft Corporation, *Life Data Analysis Reference*. ReliaSoft, 2015.
- [26] W. Q. Meeker and M. Hamada, “Statistical Tools for the Rapid Development & Evaluation of High-Reliability Products,” *IEEE Trans. Reliab.*, vol. 44, no. 2, pp. 187–198, 1995.
- [27] K. M. Blache and A. B. Shrivastava, “Defining failure of manufacturing machinery and equipment,” *Proc. Annu. Reliab. Maintainab. Symp.*, pp. 69–75, 1994.
- [28] Y. Zhu, E. A. Elsayed, H. Liao, and L. Y. Chan, “Availability optimization of systems subject to competing risk,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 202, no. 3, pp. 781–788, 2010.
- [29] R. Assis, “*Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos* .” Lidel - Edições Técnicas, Lda, 2010.
- [30] A. M. S. Duarte, “Acompanhamento e Análise da Degradação em Componentes Mecânicos,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.
- [31] D. C. Montgomery and G. C. Runger, *Applied Statistics and Probability for Engineers*,



Sixth Edit. John Wiley & Sons, 1998.

- [32] ReliaSoft Corporation, “Weibull++ (version 11).” 2017.
- [33] Reliasoft Corporation, “Maximum Likelihood Function,” *Issue 33*, 2003.
- [34] B. Kumphon, “Maximum Entropy and Maximum Likelihood Estimation for the Three-Parameter Kappa Distribution,” *Open J. Stat.*, vol. 2, no. 4, pp. 415–419, 2012.
- [35] International Organization for Standardization, “ISO 10816-1:1995 - Mechanical vibration - Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 1: General guidelines.” 1995.
- [36] A. A. Roque, “Slides da Unidade Curricular de Manutenção por Controlo de Condição.” ISEL/ADEM, 2014.
- [37] J. M. e Costa, “Slides da Unidade Curricular Máquinas Hidráulicas.” ISEL/ADEM, 2012.
- [38] D. B. Riffel and A. Costa, “Análise de Falhas de uma Bomba Centrífuga,” 2016.
- [39] Grundfos, *Pump Handbook*. 2004.
- [40] “Slides da Unidade Curricular Computação Científica.” Universidade da Beira Interior (UBI).
- [41] J. Sobral and L. A. Ferreira, “An Approach to Dynamic Maintenance Based on Actual Data,” *ESReDA*, 2008.

# Anexos

# Anexo I

Tabela dos valores críticos do teste de ajuste Kolmogorov-Smirnov [20]

n	$\alpha$				
	20,00%	15,00%	10,00%	5,00%	1,00%
1	0,9	0,925	0,95	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,828
4	0,194	0,575	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,424	0,51	0,454	0,669
6	0,41	0,436	0,47	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,36	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,41	0,49
11	0,307	0,326	0,452	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,405
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,293	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,25	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
21	0,2268	0,2408	0,2592	0,2892	0,3488
22	0,2226	0,2356	0,2544	0,2844	0,3416
23	0,2184	0,2304	0,2496	0,2796	0,3344
24	0,2142	0,2252	0,2448	0,2748	0,3272
25	0,21	0,22	0,24	0,27	0,32
26	0,206	0,216	0,236	0,264	0,314
27	0,202	0,212	0,232	0,258	0,308
28	0,198	0,208	0,228	0,252	0,302
29	0,194	0,204	0,224	0,246	0,296
30	0,19	0,2	0,22	0,24	0,29
31	0,188	0,198	0,218	0,238	0,286
32	0,186	0,196	0,216	0,236	0,282
33	0,184	0,194	0,214	0,234	0,278
34	0,182	0,192	0,212	0,232	0,274
35	0,21841	0,2327	0,24903	0,27761	0,33272
36	0,21841	0,2327	0,24903	0,27761	0,33272

# Anexo II

Imagem do equipamento de monitorização e análise dos dados globais de vibração (EMERSON – CSI 2130 *Machinery Health Analyser*)



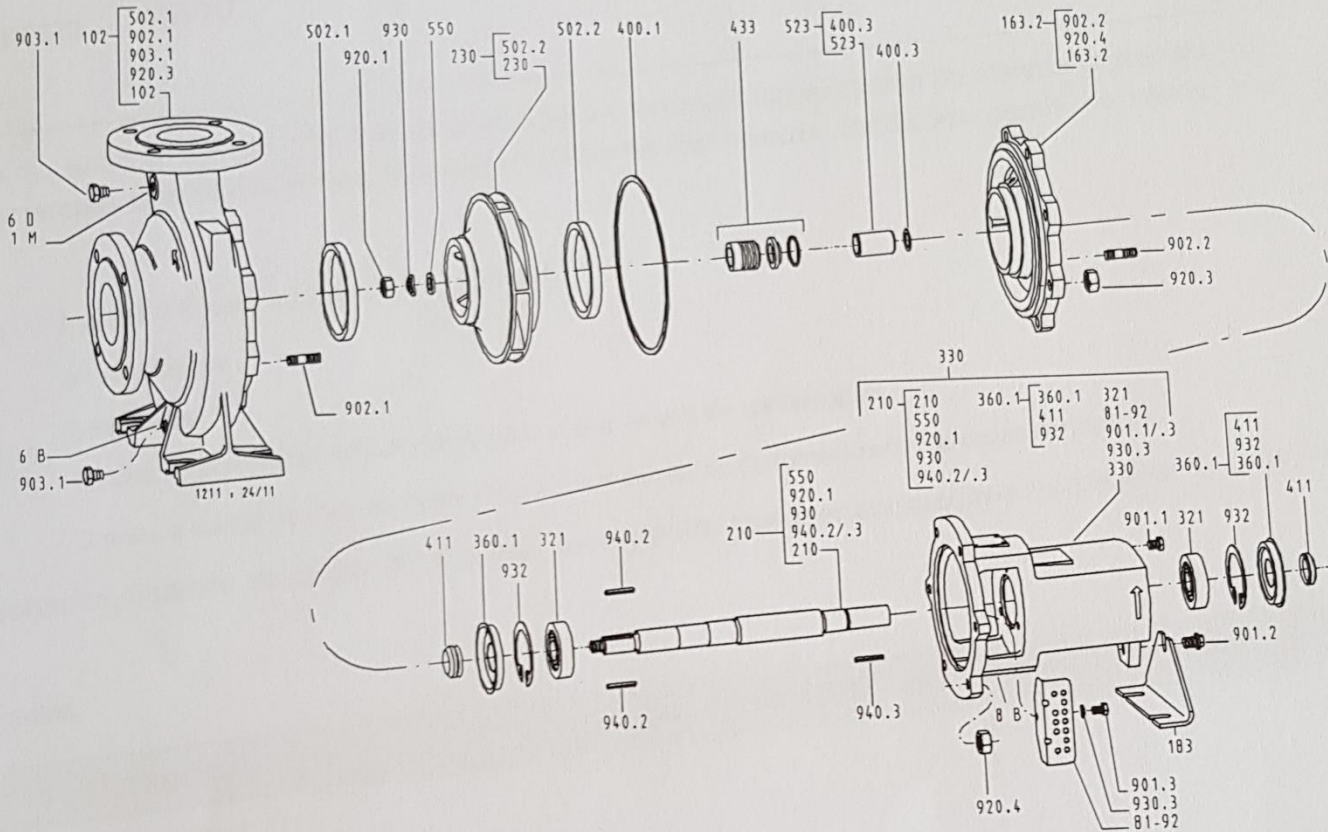
# **Anexo III**

Vista explodida e lista de componentes da Bomba de Condensados de  
Concentração (B 275 B)

## 9 Documentação Relevante

### 9.1 Vista Explodida / Lista de Componentes, Etanorm com Empanque Mecânico Normalizado e Tampa de Descarga Aparafusada

Etanorm	32-200.1	50-200	80-250	125-250
	32-250.1	50-250	80-315	125-400
	32-200	50-315	80-400	150-250
	32-250	65-200	100-250	150-400
	40-200	65-250	100-315	
	40-250	65-315	100-400	
	40-315			



fornecido apenas em conjuntos

Nº Peça	Descrição	Nº Peça	Descrição	Nº Peça	Descrição
102	Corpo de Voluta	433	Empanque mecânico	932	Freio
163.2	Tampa de descarga	502.1/2	Anel de desgaste do corpo	940.2	Chaveta <sup>2)</sup>
183	Pé de apoio	523	Camisa do veio	940.3	Chaveta
210	Veio	550	Disco <sup>1)</sup>	1M	Ligação para manómetro de pressão
230	Impulsor	81-92	Tampa	6B	Dreno do fluido
321	Rolamento de esferas monopista	901.1-3	Perno de cabeça hex.	6D	Ferragem do fluido
330	Caixa dos rolamentos	902.1/2	Perno	8B	Dreno de fugas
360.1	Tampa dos rolamentos	903.1	Bujão roscado <sup>3)</sup>		
400.1/3	Junta	920.1/.3/4	Porca hex.		
411	Anel <sup>3)</sup>	930.3	Anilha de mola		

- 1) Apenas na Etanorm com código de veio 25 <sup>5)</sup>
- 2) Na Etanorm com código de veio 55 <sup>5)</sup> = 2 chavetas
- 3) Na Etanorm C: anel 411 adicional (não apresentado no desenho)
- 5) Para obter as combinações códigos de veio / tamanhos de bomba consulte a secção 7.6.3.



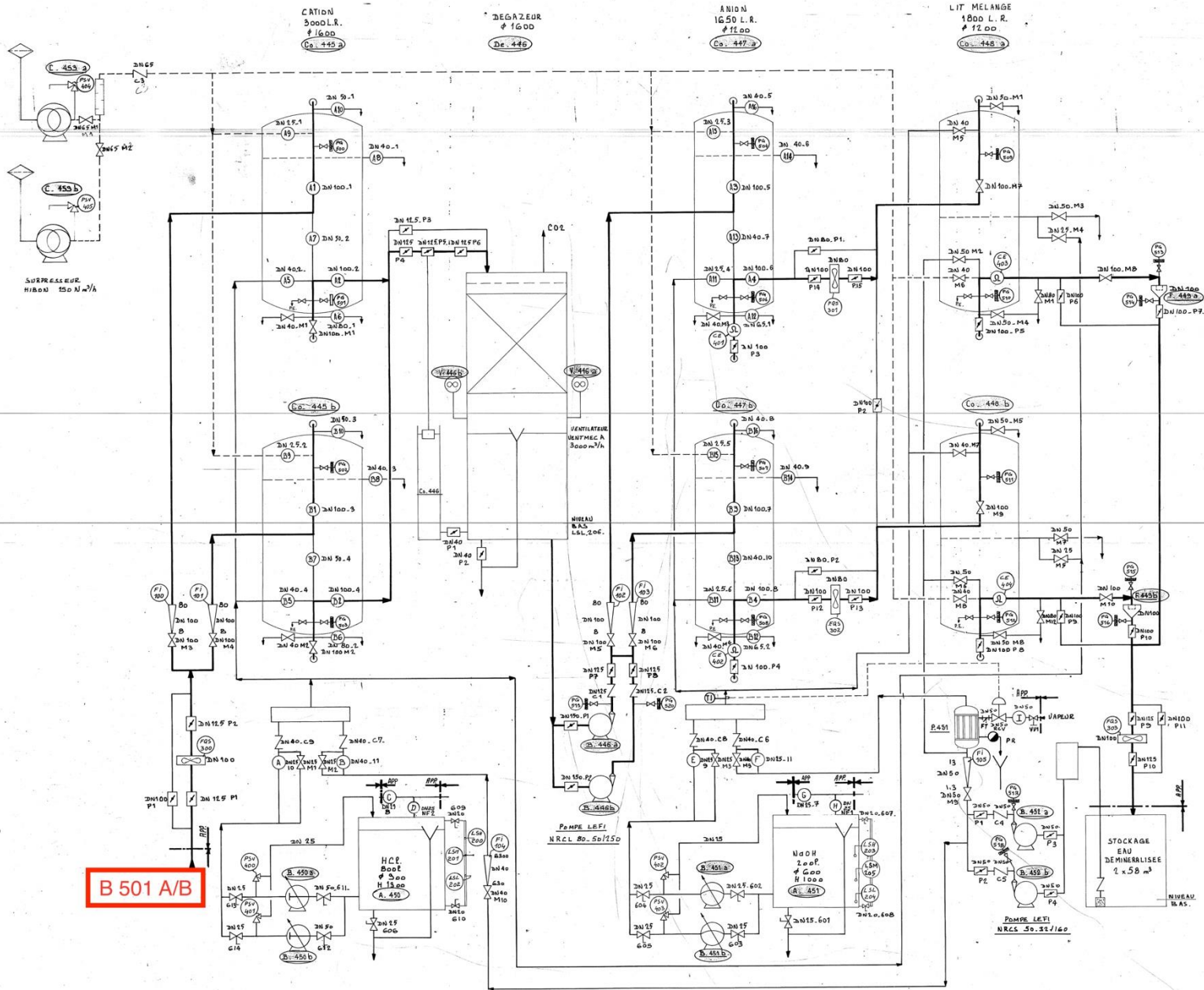
# Anexo IV

P&ID do processo de Nitrato de Amónio com respetiva localização da Bomba de Condensados de Concentração (B 275 B)



# Anexo V

P&ID da unidade de produção de Água Desmineralizada com respectiva localização da Bomba para Tratamento de Água (B 501 B)



- LEGENDE:
- VANNE AUTOMATIQUE LEFFEBRE
  - VANNE A MEMBRANE LEFFEBRE
  - VANNE A BOISSEAU
  - VANNE PAPILLON AMEL
  - CLAPET
  - COMPTEUR
  - FILTRE
  - CONDUCTIVIMETRE POLYMETRON
  - VANNE DE REGULATION SART

**B 501 A/B**

QUIMIGAL

DEMINERALISATION D'EAU

1440 m<sup>3</sup>/jour

POMPES DOSSEUSES  
DOSAPRO TYPE MILROYAL

POMPES DOSSEUSES  
DOSAPRO TYPE EURO

QUIMIGAL - D. N. L. -	PROJETO G. A. ALVAREZ	SER. N° 465.990 A. 16101
ESQUEMA PROCESSIONAL		REVISAO 1. 16.7.80 2. 16.7.80 3. 16.7.80

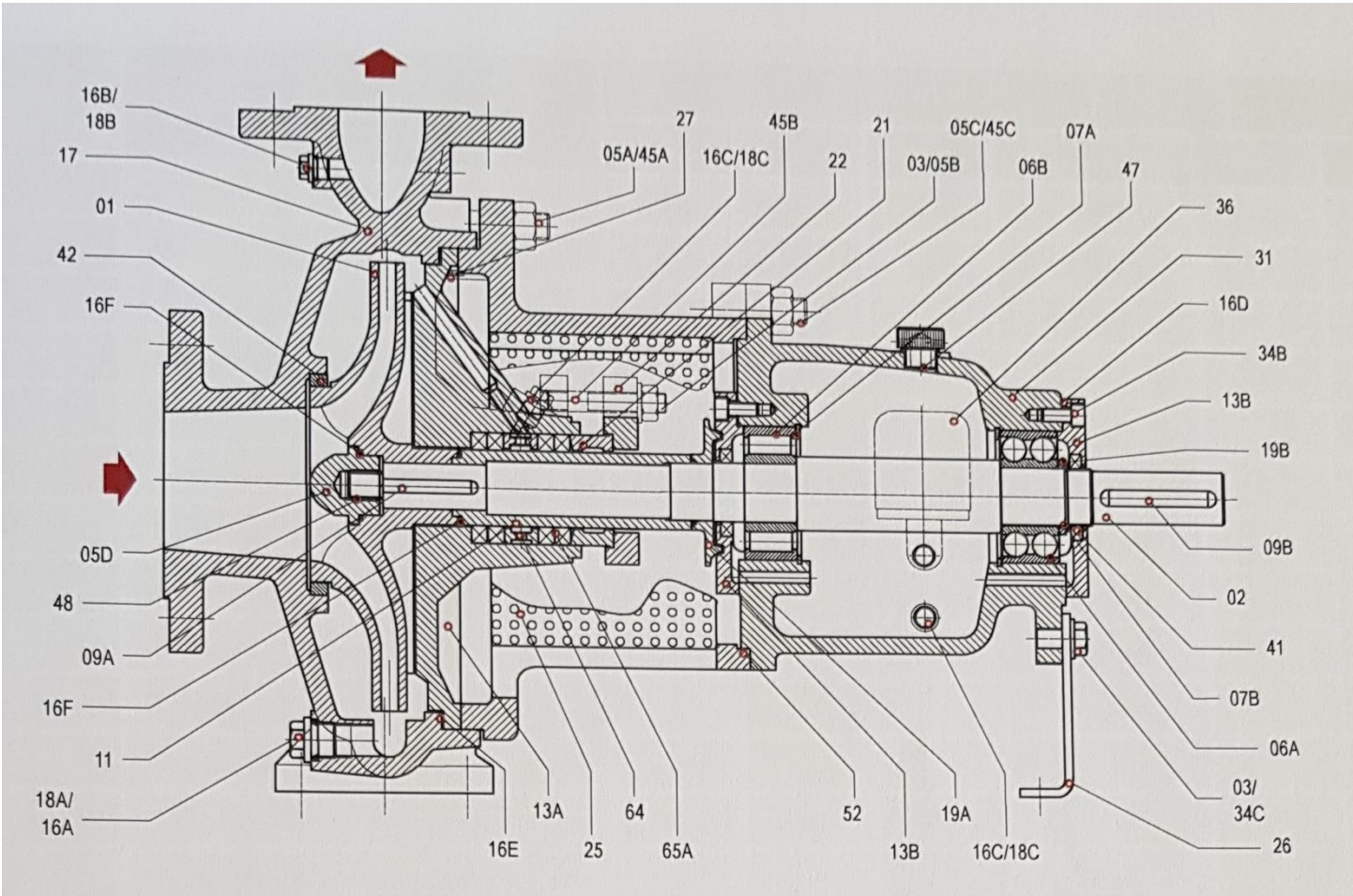
3 10.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80	16.7.80
MODIFICACOES									
SCHEMA									
PLAN N° 1064.01									



# Anexo VI

Desenho de corte e lista de componentes da Bomba para Tratamento de Água

(B 501 B)



Item	Quant.	DESIGNAÇÃO   DESIGNATION	MATERIAIS   MATERIALS					
			G	E	S	C	M	Q
01	1	Impulsor   Impeller	GG-25	GS-C25	GGG40	1.4408	1.4308	G-CuSn10
02	1	Veio   Shaft				CK-45		
03	3	Anilha   Washer				Aço/Steel		
05A	8-12-16-20	Porca H   Nut H	5	5	5	A2-70	A2-70	5
05B/C	2/4	Porca H   Nut H				A2-70/5		
05D	1	Porca do Impulsor   Impeller nut	X20 Cr13	X20 Cr13	X20 Cr13	1.4401	1.4401	1.4401
06A	1	Rolamento de Esf.   Ball bearing				Aço/Steel		
06B	1	Rol. de Rolos   Roller bearing				Aço/Steel		
07A/B	2/1	Circlip				Aço/Steel		
09A/B	1/1	Chaveta   Key				Aço/Steel		
11	1	Camisa de veio   Shaft sleeve				AISI 431 <sup>1)</sup>		
13A	1	Tampa de corpo   Casing cover	GG-25	GS-C25	GGG40	1.4408	1.4308	G-CuSn10
13B/C	1/1	Tampa da chumaceira   Bearing cover				GG-20		
16A/B/C/F	1/1/1/3	Junta tórica   O'ring				Nitrile (NBR) <sup>1)</sup>		
16D/E/G	2/1/1	Junta plana   Gasket				DIN 3754 -IT 400 <sup>1)</sup>		
17	1	Corpo   Casing	GG-25	GS-C25	GGG40	1.4408	1.4308	G-CuSn10
18A/B/C	1/1/1	Bujão   Plug	5.6	5.6	5.6	1.4401	1.4401	5.6
19A	1	Anel de respingo   Splash ring				X20 Cr13		
19B	1	Anel de ajuste   Suport disc				Ck 45		
21	1	Bucim   Follower	X20 Cr13	X20 Cr13	X20 Cr13	1.4401	1.4401	X20 Cr13
22	1	Prensa do bucim   Stuffing box gland	GG-25	GG-25	GG-25	1.4408	1.4408	G-CuSn10
25	1	Blindagem   Stuffing box gland	GG-25	GG-25	GG-25	1.4408	1.4408	G-CuSn10
26	1	Pé do suporte   Supporting foot				St 37.2		
27	1	Cavilha   Cylindrical Pin				Aço/Steel		
31	1	Chumaceira   Bearing Bracket				GG-25		
34A	4	Parafuso   Screw				8.8		
34B/C	8/1	Parafuso   Screw				8.8/5.6		
36	1	Lubrificador   Oil-level control				Nitrile (NBR)		
41	2	Retendor   Shaft sealing ring				1.4408	1.4308	G-CuSn10
42	1	Anel de desgaste   Case wear ring	GG-25	GS-C25	GGG40	1.4408	1.4308	G-CuSn10
45A	8-12-16-20	Perno   Stud	5.6	5.6	5.6	A2-70	A2-70	5.6
45B/C	2/4	Perno   Stud				A2-70/5.6		
47	1	Purgador   Vent plug				CuZn 39 Pb2		
48	1	Rosca postiça   Locking insert				1.4300		
52	1	Adaptador   Adapter				GG-25		
64	1	Lanterna   Lantern ring	X20 Cr13	X20 Cr13	X20 Cr13	1.4401	1.4401	X20 Cr13
65A	4	Empanque   Packing				<sup>1)</sup>		

(1) pode variar em função do meio → It can vary due to media

# Anexo VII

Lista de equipamentos dinâmicos analisados



		2015												2016														
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro			
<b>B 060 A - Bomba de Condensado</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,577	0,563	0,494	0,547		0,519	0,531	0,523	0,601	0,616	0,527	0,678	0,578	0,497									0,648	0,540	0,565	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,13	0,085	0,081	0,074		0,078	0,053	0,062	0,095	0,074	0,068	0,094	0,069	0,061										0,095	0,096	0,060
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,378	0,515	0,322	0,398		0,380	0,436	0,838	0,568	0,378	0,526	0,422	0,453	0,498									0,508	0,469	0,660	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,471	0,578	0,471	0,528		0,523	0,544	0,468	0,607	0,612	0,480	0,629	0,567	0,474									0,546	0,526	0,502	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,447	0,530	0,453	0,505		0,504	0,492	0,435	0,563	0,588	0,420	0,609	0,561	0,450									0,492	0,480	0,431	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,072	0,063	0,047	0,072		0,088	0,045	0,073	0,074	0,049	0,085	0,075	0,065	0,055									0,087	0,103	0,057	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,397	0,459	0,478	0,445		0,381	0,425	0,388	0,451	0,564	0,408	0,381	0,545	0,596									0,480	0,546	0,754	
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,429	0,627	0,727																							
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,369	0,465	0,391	0,362		0,308	0,422	0,312	0,530	0,463	0,317	0,462	0,502	0,477									0,517	0,375	0,445	
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,113	0,099	0,056	0,071		0,064	0,087	0,138	0,049	0,084	0,091	0,084	0,075	0,122									0,135	0,054	0,061	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,409	0,674	0,513	0,516		0,455	0,499	0,528	0,373	0,456	0,379	0,501	0,414	0,556									0,503	0,458	0,536	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,365	0,370	0,461	0,490		0,472	0,530	0,417	0,492	0,529	0,349	0,491	0,464	0,434									0,544	0,311	0,535	
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,385	0,285	0,304	0,317		0,392	0,335	0,372	0,438	0,288	0,561	0,410	0,378	0,443									0,452	0,320	0,326	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,381	0,571	0,453	0,441		0,520	0,445	0,476	0,430	0,395	0,335	0,409	0,370	0,379									0,542	0,365	0,517	
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	0,299	0,388	0,326	0,330		0,329	0,377		0,336	0,308	0,267	0,323	0,349	0,271									0,359	0,251	0,339	
<b>B 060 B - Bomba de Condensado</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec					0,789																					
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s					0,172																					
M1V	Motor Vertical	mm/Sec					0,626																					
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec					0,838																					
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec					0,558																					
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s					0,694																					
M2V	Motor Vertical	mm/Sec					1,089																					
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec					2,822																					
B3P	Bomba Horz Peakwue	G-s					0,167																					
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec					1,895																					
B4H	Bomba Horizontal	mm/Sec					1,491																					
B4P	Bomba Horz Peakwue	G-s					0,103																					
B4V	Bomba Vertical	mm/Sec					1,488																					
B4A	Bomba Axial	mm/Sec					0,577																					
<b>B 060 C - Bomba de Condensado</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,83	2,204	2,593									2,918	2,541	2,257												
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,079	0,109	0,116									0,292	0,366	0,856	0,741											
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,274	1,083	0,885									1,096	1,161	0,991												
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,229	2,442	2,411									2,712	2,566	2,434												
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	2,242	2,464	2,433									2,577	2,408	2,365												
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,064	0,089	0,104									1,454	0,882	0,868												
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,58	2,350	2,579									2,677	2,373	2,685												
M2A	Motor Axial	mm/Sec	1,244	2,724	2,400																							
B1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,903	1,840	1,893									2,718	2,149	1,941												
B1P	Bomba Horz Peakwue	G-s	1,369	2,069	1,566									1,840	1,989	1,914												
B1V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,101	2,068	1,977									2,522	1,863	1,776												
B2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,314	1,374	1,085									1,658	1,447	1,197												
B2P	Bomba Horz Peakwue	G-s	1,466	1,436	1,650									1,394	1,600	2,242												
B2A	Bomba Axial	mm/Sec	2,071	1,427	1,418									1,783	1,720	1,368												
<b>B 060 D - Bomba de Condensado</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec				1,158	1,002	1,910	1,125	1,049	1,012	1,417	1,743				1,119									1,094	0,992	1,529
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s				0,042	0,039	0,027	0,054	0,045	0,043	0,057	0,025				0,056									0,074	0,029	0,059
M1V	Motor Vertical	mm/Sec				1,019	1,367	2,431	1,424	1,581	1,447	1,231	1,682				0,642									0,780	0,723	0,963
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec				1,905	1,840	1,413	1,640	1,654	1,803	1,610	1,712				1,159									1,335	1,050	1,363
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec				0,882	0,962	1,501	0,990	0,951	1,027	0,964	0,992				0,980									0,904	0,814	1,222
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s				0,096	0,161	0,161	0,092	0,130	0,121	0,139	0,140				0,130									0,121	0,165	0,108
M2V	Motor Vertical	mm/Sec				1,858	2,158	1,590	2,276	2,742	2,790	2,296	3,092				1,895									1,843	1,898	1,964
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec				2,423	1,793	2,705	1,808		2,048	2,045	2,456				1,440									1,490	1,371	1,448
B3P	Bomba Horz Peakwue	G-s				0,270	0,241	0,245	0,280	1,587	0,248	0,215	0,202				0,316									0,241	0,348	0,241
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec				1,971	2,116	2,825	2,282	0,321	2,388	1,636	1,843				1,461									1,450	1,223	1,331
B4H	Bomba Horizontal	mm/Sec				1,642	1,426	2,003	1,257	2,155	1,554	1,604	1,935				1,082									1,059	0,989	0,967
B4P	Bomba Horz Peakwue	G-s				0,195	0,193	0,167	0,204	0,29	0,247	0,160	0,167				0,222									0,201	0,305	0,192
B4A	Bomba Axial	mm/Sec				2,053	1,818	2,086	1,966	1,866	1,935	1,456	0,733				1,245									1,378	1,155	0,897

		2015												2016													
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
<b>V 062 - Vent Tanque de Oleo TurboSet</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,565	1,581	1,655	2,007	1,766		2,291	1,777	2,490	1,195	1,569	1,442	1,184	1,643	1,634	2,272		1,162	1,518	1,293	1,348	1,153	1,503	1,831	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,139	0,099	0,150	0,075	0,057		0,041	0,091	0,065	0,058	0,065	0,062	0,060	0,080	0,112	0,039		0,089	0,022	0,029	0,011	0,055	0,023	0,034	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	3,366	2,688	2,827	2,581	2,409		1,777	2,807	2,596	2,540	1,502	2,685	2,775	3,244	2,328	2,634		2,164	2,325	2,638	1,247	2,340	3,422	3,167	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,607	1,197	1,400	1,465	1,430		1,443	1,193	1,737	1,124	1,119	1,526	1,177	1,145	0,976	1,444		1,144	1,035	0,987	0,982	1,177	1,213	1,292	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,439	1,462	1,307	1,706	1,468		1,424	1,322	1,890	1,039	0,983	1,431	1,115	1,168	0,839	1,410		1,096	1,057	0,953	1,037	1,058	1,100	1,283	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,091	0,11	0,089	0,075	0,082		0,116	0,0086	0,041	0,244	0,067	0,063	0,058	0,187	0,057	0,0086		0,131	0,062	0,083	0,102	0,012	0,0098	0,129	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	2,009	1,809	1,327	1,562	1,498		1,216	1,883	1,507	1,154	1,083	1,282	1,176	1,380	0,930	1,394		1,135	1,175	1,197	1,201	1,085	1,955	1,327	
M2A	Motor Axial	mm/Sec	2,583	2,57	2,268																						
<b>B 064 A - Bomba do Condensado Ar</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,905	0,8		0,804	0,808	0,864	0,810	0,992	0,801	0,848	0,790	0,782	0,743	0,729	0,758										
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,021	0,064		0,057	0,065	0,068	0,035	0,049	0,062	0,072	0,052	0,067	0,083	0,093	0,092										
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,715	0,897		0,580	0,755	0,874	0,576	0,793	0,982	0,808	0,743	0,801	0,857	0,562	1,320										
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,003	0,820		0,772	0,796	0,879	0,777	0,834	0,797	0,819	0,852	0,743	0,742	0,759	0,811										
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,854	0,800		0,742	0,778	0,850	0,757	0,841	0,799	0,791	0,787	0,727	0,734	0,750	0,814										
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,035	0,098		0,085	0,070	0,052	0,030	0,063	0,062	0,059	0,080	0,104	0,098	0,091	0,044										
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,548	0,583		0,809	0,818	1,143	0,790	0,555	0,551	0,576	0,541	0,554	0,502	0,477	0,614										
M2A	Motor Axial	mm/Sec	1,027	1,124		1,053	1,395	1,408	1,740	1,353	1,866	1,295	0,637	1,135	0,984	0,963	2,059										
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,59	0,887		0,569	0,825	0,817	0,681	0,671	0,737	0,672	0,683	0,675	0,593	0,660	1,041										
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,255	0,235		0,190	0,222	0,203	0,191	0,212	0,304	0,215	0,291	0,267	0,207	0,216	0,276										
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,392	0,345		0,410	0,401	0,462	0,467	0,672	0,492	0,467	0,409	0,497	0,413	0,438	0,679										
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,935	1,061		0,933	0,954	1,231	1,079	1,129	1,149	1,004	0,692	1,010	0,889	0,977	1,841										
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,283	0,154		0,215	0,240	0,178	0,132	0,166	0,201	0,180	0,285	0,192	0,198	0,188	0,213										
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,659	0,825		0,649	0,849	0,736	0,651	0,684	0,880	0,681	0,679	0,745	0,647	0,678	1,214										
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	1,029	1,903		0,508	0,919	0,761	3,406		3,322	0,851	1,298	3,634	0,840	0,782	1,523										
<b>B 064 B - Bomba do Condensado Ar</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		3,999														3,884	4,256	3,569	3,615	3,807	4,378	2,720	2,658	3,282	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,130														0,018	0,083	0,073	0,112	0,071	0,055	0,032	0,010	0,119	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		0,859														1,629	1,444	1,817	1,771	1,442	3,433	0,729	0,766	1,039	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		3,821														3,942	3,714	3,804	3,231	3,376	5,581	2,938	3,005	3,042	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		3,853														3,904	3,871	3,811	3,204	3,322	5,425	2,967	3,031	3,124	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,313														0,022	0,151	0,107	0,251	0,375	0,125	0,164	0,089	0,165	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		0,852														1,068	3,908	1,439	1,430	1,121	5,666	0,746	0,734	0,695	
M2A	Motor Axial	mm/Sec		1,428														2,468	3,131	2,841	1,704	1,634	4,035	1,073	0,826	1,293	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,027														1,027	0,581	1,078	1,251	1,312	1,162	1,213	0,942	0,969	
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,439														0,203	0,165	0,372	0,271	0,480	0,121	0,185	0,313	0,501	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,430														0,407	0,657	0,498	0,517	0,558	1,195	0,486	0,478	0,591	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,037														0,976	1,105	1,045	1,487	1,359	1,173	1,147	0,984	0,910	
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,368														0,235	0,494	0,558	0,463	0,538	0,267	0,474	0,292	0,460	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,521														0,459	1,047	0,868	0,597	0,577	0,811	0,815	0,603	0,613	
P4A	Bomba Axial	mm/Sec		0,736														1,035	0,745	0,934	0,816	0,616	1,121	0,620	0,582	0,652	
<b>B 071 A - Bomba Circula. Agua Caldeira</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		0,854			0,976	0,850	0,998				1,102													1,567	1,094
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,071			0,093	0,076	0,071				0,148													0,013	0,031
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		0,250			0,309	0,305	0,323				0,891													0,855	0,348
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		0,700			0,983	0,931	0,987				1,281													1,142	0,975
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		0,669			0,903	0,926	0,969				1,050													1,118	0,949
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,136			0,343	0,088	0,055				2,063													0,015	0,042
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		0,278			0,678	0,342	0,409				0,657													0,743	0,430
M2A	Motor Axial	mm/Sec		0,288			0,370	0,361	0,387				0,477													0,702	0,370
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,676			1,673	1,606	1,608				2,080													1,751	1,994
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,327			0,397	0,236	0,414				1,215													1,000	0,726
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,809			0,932	0,897	0,798				1,294													1,625	1,054
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec		0,769			0,747	0,744	0,763				0,900													0,792	0,988
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,275			0,208	0,209	0,299				1,068													0,558	0,530
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,728			0,637	0,671	0,560				0,726													1,042	0,807
P2A	Bomba Axial	mm/Sec		0,345			0,316	0,299	0,312				0,878													0,453	0,693

		2015												2016												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>B 071 B - Bomba Circula. Agua Caldeira</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,651	1,614		1,150	1,451			1,492	1,419		1,016	0,982	1,407		1,152	1,130	1,234			1,091	1,192			
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,084	0,258		0,420	0,138			0,056	0,052		0,223	0,253	0,213		0,177	0,252	0,085			0,063	0,207			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,403	0,967		0,807	0,927			0,923	0,935		0,848	0,952	0,847		0,970	0,956	0,850			0,302	0,539			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,358	1,207		1,114	1,298			1,274	1,326		1,259	1,234	1,131		1,304	1,287	1,257			1,028	1,101			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,27	1,224		1,088	1,140			1,171	1,211		1,042	1,183	1,012		1,198	1,162	1,192			1,018	1,048			
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,781	0,490		0,409	0,709			0,263	0,234		0,213	0,116	0,253		0,213	0,297	0,160			0,120	0,158			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,916	0,781		0,590	0,763			0,738	0,636		0,581	0,504	0,488		0,601	0,652	0,504			0,387	0,881			
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,915	0,734		0,631	0,699			1,001	0,543		0,734	0,569	0,836		0,810	0,534	0,483			0,765	0,850			
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,695	2,022		2,014	1,821			2,339	2,019		1,877	1,905	1,941		2,330	2,274	2,079			1,771	1,588			
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,377	0,738		0,669	0,355			0,808	1,968		0,505	0,527	0,358		0,335	0,423	0,350			0,681	0,824			
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,891	1,998		1,687	1,844			2,749	1,322		1,269	1,183	1,202		1,765	1,505	1,557			1,717	1,487			
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,864	0,950		0,999	0,897			1,245	0,878		0,888	0,854	0,888		1,075	0,946	0,881			0,869	0,740			
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,422	0,960		1,004	0,744			1,133	0,927		0,244	0,365	0,330		0,767	0,348	0,262			0,468	0,709			
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,91	1,247		1,075	1,107			1,814	0,851		0,681	0,719	0,703		0,932	0,930	0,930			0,783	0,943			
P2A	Bomba Axial	mm/Sec	0,82	0,950		0,837	0,859			0,788			0,472	0,732	0,790		0,490	0,856	0,885			0,784	0,358			
<b>B 072 A - Bomba de Aliment. das Caldeiras</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		5,268	2,031	3,210	5,483	4,090	3,739	4,026	4,878										6,243	2,867	3,702	4,318	4,067	4,367
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,094	0,527	0,603	0,701	0,871	0,788	1,003	0,276										0,256	0,172	0,897	1,374	0,867	0,813
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		3,710	1,378	1,384	1,530	2,090	1,892	1,523	1,172										1,969	2,086	1,869	1,371	1,556	3,052
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		7,087	2,745	3,471	5,193	5,208	4,643	4,321	5,155										6,092	2,942	5,150	4,947	5,021	3,949
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		6,192	2,802	3,213	4,974	4,624	4,366	4,428	5,145										5,989	2,746	4,672	4,867	4,939	3,935
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,490	0,578	0,981	0,701	0,421	0,887	0,914	0,383										0,375	0,879	0,628	0,646	0,808	0,661
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		5,118	2,486	2,692	2,955	4,787	3,155	2,861	2,823										3,167	2,772	1,729	2,508	2,757	6,363
M2A	Motor Axial	mm/Sec		3,962	1,960	2,355	2,649	2,838	2,232	2,300	2,102										2,356	2,033	2,542	1,942	1,826	6,159
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec		3,827	0,502	0,541	0,820	0,510	0,531	0,497	0,585										0,682	0,780	0,533	0,766	0,608	0,621
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,572	0,180	0,853	0,178	0,679	0,162	0,588	0,219										0,550	0,532	0,422	0,652	0,190	0,719
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec		3,240	0,525	0,498	0,705	0,517	0,542	0,486	0,546										0,592	0,551	0,562	0,506	0,549	0,512
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,293	0,724	0,821	0,915	0,827	0,722	0,674	0,928										0,983	0,899	0,695	0,711	0,749	0,761
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,501	0,211	0,394	0,184	0,377	0,276	0,153	0,241										0,297	0,208	0,327	0,127	0,162	0,210
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,878	1,063	0,587	1,041	1,231	0,864	0,882	0,788										1,158	1,008	0,898	0,563	0,607	0,528
P4A	Bomba Axial	mm/Sec		0,901	0,901	0,418	1,239	0,466	0,370	0,370	0,356										0,281	0,379	0,376	0,190	0,237	0,272
<b>B 072 B - Bomba de Aliment. das Caldeiras</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,936	2,391						2,334	1,232	2,446	2,450	2,640	1,727	2,649	1,697	2,581								
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,49	0,071						0,059	1,070	0,125	0,143	0,670	0,508	0,097	0,536	0,143								
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,037	0,658						0,736	1,304	0,761	0,885	1,014	1,019	1,046	1,123	1,042								
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,43	2,125						2,191	2,073	2,380	2,267	2,404	2,965	2,445	2,325	2,704								
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	3,367	2,062						2,202	2,084	2,329	2,327	2,368	2,612	2,456	2,450	2,562								
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	1,161	0,705						0,574	0,574	0,714	1,311	0,447	0,801	0,337	1,236	1,125								
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,183	2,235						1,330	1,463	0,832	1,744	1,915	3,036	1,401	2,212	2,374								
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,638	0,903						1,107	0,820	0,817	1,163	1,185	2,601	1,767	1,697	1,875								
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,044	0,872						1,110	0,999	1,171	1,194	1,392	1,502	1,519	1,398	1,134								
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,945	0,665						0,827	0,520	0,319	0,706	0,290	0,268	0,247	0,303	0,285								
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,94	0,974						0,951	1,006	0,815	1,286	0,703	1,615	0,882	1,449	0,846								
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	3,033	0,694						0,959	0,804	0,586	0,652	0,738	0,689	0,724	0,725	0,736								
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	2,519	0,254						0,667	0,450	0,500	0,583	0,658	0,517	0,507	0,255	0,310								
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,183	0,533						0,492	0,749	0,478	0,524	0,543	0,475	0,438	0,577	0,515								
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	1,191	0,268						0,259	0,317	0,210	0,256	0,244	0,235	0,274	0,242	0,225								
<b>B 073 A - Bomba de Recupe. Agua de Ref</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec				0,687	0,796	0,648	0,482	0,725	0,724	0,983	0,498	0,889	0,543	0,677	0,872	0,981				0,979	3,559		1,249	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s				0,033	0,028	0,020	0,020	0,030	0,112	0,034	0,047	0,034	0,034	0,033	0,093	0,052				0,028	0,034		0,066	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec				0,411	0,427	0,399	0,411	0,480	0,447	0,670	0,544	0,466	0,560	0,587	0,714	0,577				0,747	1,514		1,735	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec				0,621	0,533	0,553	0,488	0,562	0,611	0,812	0,571	0,590	0,609	0,678	0,540	0,533				1,192	3,472		1,428	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec				0,529	0,527	0,513	0,485	0,536	0,475	0,523	0,497	0,498	0,530	0,484	0,447	0,421				1,268	3,893		1,360	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s				0,020	0,099	0,022	0,022	0,018	0,025	0,028	0,019	0,059	0,030	0,026	0,067	0,077				0,040	0,059		0,052	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec				0,394	0,424	0,454	0,425	0,522	0,608	0,642	0,555	0,627	0,642	0,534	0,679	0,590				1,586	2,893		2,845	
M2A	Motor Axial	mm/Sec				0,401	0,636	0,513	0,590	0,695	0,638	0,668	0,666	0,642	0,622	0,657	0,791	0,666				1,988	3,324		2,212	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec				0,768	0,544	0,735	0,723	1,109	0,745	1,032	0,701	0,748	0,934	0,915	0,852	0,927				1,322	1,685		1,636	
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s				0,096	0,079	0,076	0,143	0,364	0,257	0,404	0,083	0,164	0,114	0,179	0,080	0,151				0,114	0,094		0,143	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec				0,931	0,727	0,818	0,687	0,707	0,810	1,088	0,798	0,885	0,801	1,124	0,916	0,882				1,194	1,360		1,179	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec				0,823	0,585	0,691	0,623	0,680	0,664	1,042	0,571	0,656	0,776	0,790	0,780	0,738				1,428	1,202		1,393	
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s				0,282	0,301	0,199	0,284	0,282	0,172	0,298	0,204	0,321	0,194	0,272	0,106	0,396				0,244	0,277		0,289	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec				0,670	0,586	0,599	0,512	0,582	0,561	0,966														

		2015												2016											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>B 073 B - Bomba de Recupe. Água de Ref</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,379	0,367	0,255	0,337													0,439	0,274			0,252	0,288	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,03	0,044	0,040	0,03													0,043	0,031			0,037	0,044	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,321	0,331	0,278	0,305													0,282	0,315			0,400	0,377	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,342	0,347	0,409	0,408													0,336	0,378			0,359	0,376	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,281	0,328	0,319	0,332													0,325	0,337			0,323	0,326	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,035	0,066	0,050	0,043													0,033	0,038			0,023	0,018	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,416	0,343	0,373	0,335													0,339	0,379			0,306	0,298	
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,492	0,528	0,584	0,596													0,562	0,452			0,516	0,500	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,728	0,874	0,813	0,885													0,751	0,887			0,835	0,708	
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,102	0,073	0,090	0,085													0,059	0,066			0,075	0,068	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,834	0,599	0,681	0,704													0,705	0,643			0,708	0,753	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,578	0,521	0,475	0,468													0,475	0,423			0,460	0,577	
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,435	0,340	0,356	0,382													0,362	0,342			0,332	0,313	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,649	0,531	0,510	0,651													0,802	0,445			0,460	0,463	
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	0,356	0,334	0,245	0,356													0,286	0,179			0,268	0,303	
<b>B 077 A - Bomba de Ácido Diluído</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec			1,435				1,095	1,377	1,306	1,431	1,281										1,121	1,386	1,332
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s			0,078				0,091	0,087	0,086	0,089	0,072										0,057	0,075	0,064
M1V	Motor Vertical	mm/Sec			0,800				0,878	0,884	0,760	0,857	0,874										1,096	0,951	0,830
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec			1,501				1,443	1,460	1,494	1,562	1,543										1,237	1,516	1,463
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec			1,426				1,344	1,442	1,430	1,484	1,482										1,184	1,487	1,425
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s			0,088				0,109	0,092	0,097	0,092	0,104										0,077	0,086	0,081
M2V	Motor Vertical	mm/Sec			1,430				1,478	1,457	1,482	1,524	1,566										1,450	1,560	1,744
M2A	Motor Axial	mm/Sec			1,512				1,607	1,539	1,510	1,738	1,674										1,435	1,870	1,593
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec			3,268				2,253	2,944	2,432	3,863	3,091										4,297	2,804	3,119
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s			0,063				0,108	0,112	0,091	0,095	0,026										0,111	0,103	0,079
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec			2,150				1,913	2,566	1,597	3,282	2,261										3,962	2,340	1,806
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec			3,049				2,272	2,485	2,183	2,654	2,743										4,234	2,604	2,562
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s			0,097				0,148	0,077	0,090	0,151	0,063										0,077	0,132	0,096
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec			2,223				1,778	2,114	1,790	3,116	2,294										4,298	1,954	1,988
P4A	Bomba Axial	mm/Sec			2,055				2,136	1,938	1,717	2,39	2,134										3,036	2,073	1,802
<b>B 077 B - Bomba de Ácido Diluído</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,698	1,738	1,069		0,973	1,165	1,016	0,980	1,083	1,287	1,713						1,466	1,222	1,156	1,130	1,793		
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,034	0,189	0,119		0,194	0,064	0,176	0,085	0,077	0,311	0,202						0,015	0,027	0,032	0,028	0,010		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,437	1,730	1,057		1,334	1,351	1,221	1,002	1,164	2,132	2,003						1,439	1,457	1,045	1,071	1,090		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,683	1,696	1,221		1,046	1,317	1,161	1,060	1,217	1,366	2,440						1,369	1,290	1,239	1,183	1,136		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,33	1,389	1,201		0,976	1,292	1,066	1,075	1,111	1,145	1,438						1,213	1,256	1,107	1,121	1,232		
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,206	0,207	0,198		0,258	0,221	0,246	0,209	0,154	0,879	2,769						0,121	0,088	0,077	0,082	0,123		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,718	1,699	1,123		1,257	1,447	1,311	1,218	1,283	2,291	5,781						1,328	1,496	1,477	1,292	1,390		
M2A	Motor Axial	mm/Sec	1,631	1,643	1,165		1,306	1,454	1,274	1,151	1,426	4,590	4,596						1,488	1,471	1,302	1,215	1,329		
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,591	3,001	1,965		2,108	2,084	2,049	2,057	2,018	2,295	2,091						2,108	2,256	2,324	2,301	2,290		
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,053	0,076	0,130		0,103	0,057	0,056	0,015	0,082	0,042	0,104						0,107	0,068	0,064	0,069	0,058		
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,371	3,052	1,718		1,778	1,645	1,593	1,544	1,852	1,614	1,920						1,575	1,643	1,989	1,875	1,726		
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,186	2,677	1,704		1,927	1,811	1,885	1,834	1,767	1,986	1,587						2,096	2,072	2,141	1,969	2,299		
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,065	0,081	0,136		0,065	0,061	0,047	0,090	0,061	0,090	0,078						0,084	0,061	0,051	0,049	0,076		
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,281	2,684	1,585		1,525	1,439	1,450	1,575	1,660	1,305	1,618						1,433	1,485	1,562	1,581	1,780		
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	1,864	2,289	1,434		1,688	1,404	1,451	1,588	1,617	1,487	1,547						1,312	1,621	1,571	1,763	1,313		
<b>B 078 A - Bomba Circulação de Ácido</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,938	1,158					1,352	2,046	0,982	1,160	0,923	1,621	1,387	1,897	1,301	1,121	0,915	1,145				0,985	
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,023	0,027					0,089	0,0052	0,0073	0,0093	0,015	0,015	0,016	0,018	0,022	0,090	0,012	0,013				0,013	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,849	0,712					0,827	0,723	0,690	0,585	0,477	0,646	0,704	0,654	0,411	0,427	0,511	0,450				0,772	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,887	1,013					1,252	1,232	0,964	1,061	0,832	0,954	1,361	1,391	1,089	1,010	0,944	0,968				0,888	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,797	0,931					1,192	1,193	0,947	1,021	0,802	0,946	1,316	1,411	1,052	0,946	0,921	0,950				0,852	
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,035	0,150					0,052	0,057	0,122	0,113	0,181	0,047	0,120	0,086	0,133	0,134	0,121	0,089				0,138	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,204	0,852					0,523	0,587	0,883	0,673	0,727	0,719	0,602	1,431	0,521	0,482	0,546	0,917				0,605	
M2A	Motor Axial	mm/Sec	1,298	1,233					1,043	1,208	1,286	1,220	0,683	1,424	1,050	1,017	0,682	0,765	0,760	1,080				1,288	
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,476	1,464					1,177	1,575	1,301	1,363	1,269	1,273	1,563	1,579	1,500	1,328	1,284	1,390				1,380	
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,164	0,186					0,120	0,139	0,105	0,091	0,123	0,141	0,104	0,140	0,116	0,095	0,093	0,042				0,097	
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,535	2,706					1,665	1,791	1,962	1,832	1,610	1,265	2,285	2,195	2,225	2,190	1,834	1,903				1,940	
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,237	1,303					0,874	0,967	0,979	0,938	0,924	1,074	1,082	1,055	1,110	1,008	0,950	1,046				1,020	
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,218	0,215					0,196	0,082	0,166	0,253	0,236	0,173	0,168	0,170	0,166	0,109	0,175	0,085				0,115	
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,104	2,156					1,102	1,415	1,289	1,340	1,037	1,101	1,528	1,254	1,503	1,416	1,258	1,338				1,379	
P2A	Bomba Axial	mm/Sec	0,766	0,903					0,872	0,970	0,882	0,900	0,786	0,870	1,106	1,208	1,011	0,990	0,828	1,001				0,914	

		2015												2016															
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro				
<b>B 078 B - Bomba Circulação de Ácido</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		2,103	2,341	1,359	2,135	2,044	2,329	1,960													0,989	1,154					
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,039	0,047	0,049	0,027	0,046	0,034	0,021															0,120	0,277			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		1,049	0,898	0,940	0,880	0,780	1,043	0,855														0,841	1,042				
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		2,134	2,206	1,303	1,834	1,842	2,090	1,795														2,190	1,619				
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		2,074	2,111	1,372	1,852	1,817	2,044	1,718														0,834	1,158				
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s		0,109	0,037	0,128	0,069	0,052	0,040	0,078														0,388	0,457				
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		1,116	1,143	1,122	1,575	1,313	1,404	1,281														2,071	1,392				
M2A	Motor Axial	mm/Sec		0,954	0,801	0,942	1,046	0,943	0,947	0,844														1,337	1,188				
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,626	1,606	1,681	1,968	1,727	1,609	1,928														1,128	1,348				
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,312	0,322	0,181	0,280	0,183	0,269	0,266														0,239	0,291				
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec		1,223	1,205	1,482	1,433	1,257	1,331	1,380														1,077	1,254				
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,191	1,246	1,365	1,730	1,549	1,249	1,528														0,790	0,951				
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s		0,280	0,240	0,201	0,197	0,170	0,270	0,172														0,216	0,278				
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,899	0,833	1,195	1,117	0,732	0,945	0,946														0,765	0,943				
P2A	Bomba Axial	mm/Sec		0,910	0,723	0,767	1,066	0,955	0,765	1,123														0,849	0,850				
<b>B 079 A - Bomba Circulação de Ácido</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec									1,701	1,469	1,706	1,647	1,451								2,080		1,851				
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s									0,068	0,010	0,022	0,034	0,012										0,021	0,030			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec									0,757	0,502	0,870	0,942	0,893									0,968	1,035				
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec									1,394	1,549	1,199	1,264	1,161									1,457	1,733				
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec									1,318	1,394	1,388	1,373	1,398									1,539	1,560				
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s									0,164	0,173	0,061	0,223	0,222									0,146	0,205				
M2V	Motor Vertical	mm/Sec									0,761	1,560	0,796	1,190	0,706									0,955	0,761				
M2A	Motor Axial	mm/Sec									1,404	1,579	1,250	1,246	1,016									1,489	1,768				
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec									1,127	1,044	0,864	0,894	0,786									0,908	2,166				
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s									0,123	0,064	0,122	0,062	0,047									0,069	0,068				
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec									1,425	1,493	1,430	1,457	1,325									1,758	1,879				
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec									1,244	1,235	0,748	0,712	1,132									1,520	1,986				
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s									0,028	0,098	0,105	0,141	0,110									0,052	0,074				
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec									1,114	1,129	1,242	1,355	1,194									1,151	1,686				
P2A	Bomba Axial	mm/Sec									0,847	0,736	0,647	0,630	0,607									1,223	0,928				
<b>B 079 B - Bomba Circulação de Ácido</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,18	1,041	1,030	1,031	1,024	1,115	1,077	0,978	1,141					1,908							1,206	1,123	1,143	1,103	1,172	1,044	1,153
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,019	0,079	0,073	0,066	0,08	0,067	0,018	0,063	0,071					0,053							0,060	0,072	0,055	0,070	0,062	0,060	0,045
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,445	0,428	0,475	0,377	0,397	0,496	0,505	0,551	0,566					0,742							1,219	0,411	0,429	0,457	0,510	0,383	0,463
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,943	0,951	0,935	0,908	0,949	1,035	0,889	0,907	0,969					0,987							1,232	0,869	0,968	1,034	1,067	1,069	1,166
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,927	0,920	0,911	0,903	0,942	1,025	0,888	0,891	0,933					0,959							1,203	0,975	0,970	1,027	1,074	1,072	1,164
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,042	0,094	0,106	0,079	0,072	0,099	0,036	0,102	0,094					0,140							0,119	0,078	0,052	0,108	0,107	0,104	0,060
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,834	0,765	0,811	0,812	0,873	0,783	0,634	0,734	0,809					0,876							1,205	0,881	0,950	0,743	0,938	1,024	0,965
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,964	0,835	0,762	0,817	0,865	1,062	0,923	0,884	0,927					1,566								0,938	0,863	0,804	0,961	1,015	1,063
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,917	0,811	0,826	0,791	0,794	1,027	0,627	0,735	0,880					1,315							0,612	0,934	0,751	0,728	1,145	0,758	0,811
P1P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,08	0,279	0,087	0,25	0,219	0,286	0,126	0,231	0,171					0,058							0,277	0,202	0,240	0,288	0,246	0,196	0,204
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,137	1,040	1,019	1,009	0,949	1,078	0,978	0,907	1,092					1,763							0,873	0,992	0,897	0,967	1,113	0,919	1,147
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,573	0,498	0,500	0,58	0,545	0,552	0,533	0,503	0,696					1,126							0,563	0,696	0,570	0,605	0,722	0,589	1,114
P2P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,138	0,143	0,183	0,132	0,155	0,146	0,081	0,147	0,195					1,030							0,124	0,112	0,097	0,177	0,208	0,103	0,035
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,791	0,767	0,728	0,757	0,754	0,713	0,713	0,597	0,890					1,288							0,721	0,703	0,647	0,723	0,758	0,676	0,818
P2A	Bomba Axial	mm/Sec	0,926	0,575	0,514	0,521	0,511	0,733	0,653	0,700	0,784					1,224							0,812	0,510	0,512	0,507	1,064	0,630	0,558
<b>B 081 A - Bomba de Água de Processo</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,532	1,570		1,324		1,401	1,466	2,709	2,146	2,894	2,535	3,128	2,413														0,896
M1P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,17	0,164		0,048		0,195	0,084	0,096	0,096	0,131	0,049	0,134	0,167														0,015
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	2,513	2,333		0,749		3,398	2,944	4,221	4,673	5,690	2,933	4,851	8,766														1,163
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,084	1,162		1,270		1,26	1,204	1,656	1,554	2,311	2,256	2,368	2,103														0,476
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,674	0,669		0,087		0,615	0,589	1,009	0,725	1,327	1,339	1,283	1,303														0,313
M2P	Motor Horz Peakwue	G-s	0,293	0,246		0,070		0,121	0,283	0,201	0,260	0,314	0,225	0,298	0,294														0,050
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,255	1,243		0,968		1,367	1,297	1,703	2,282	2,576	1,666	2,301	4,032														0,516
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,94	1,072		0,743		0,84	0,903	0,665	2,258	2,267	1,260	2,072	3,866														0,414
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,85	0,827		1,667		0,805	0,838	1,315	1,437	2,022	1,832	1,704	1,357														0,507
P3P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,122	0,156		0,402		0,123	0,171	0,524	0,228	0,265	0,344	0,248	0,252														0,058
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,943	1,885		2,875		2,122	2,223	2,543	4,292	5,055	2,827	4,117	7,949														0,866
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,624	0,409		1,189		0,525	0,424	0,516	0,475	0,796	0,466	0,465	0,462														0,201
P4P	Bomba Horz Peakwue	G-s	0,109	0,073		0,334		0,099	0,078	0,074	0,084	0,134	0,180	0,129	0,085														0,038
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	0,306	0,294		1,297		0,354	0,37	0,364	0,326	0,586	0,375	0,339	0,491														0,300

		2015												2016											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>B 081 B - Bomba de Água de Processo</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		0,830	0,925	0,817	1,464									1,260	1,279	1,155	1,269	1,258	1,249	1,221	1,256	1,363	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,038	0,039	0,061	0,063																		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		0,713	0,839	0,830	1,074																		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		0,496	0,656	0,413	0,703																		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		0,497	0,506	0,383	0,778																		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,066	0,090	0,109	0,169																		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		0,563	0,406	0,454	0,886																		
M2A	Motor Axial	mm/Sec		0,180	0,276	0,345	0,830																		
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec		0,829	0,430	0,347	0,896																		
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,086	0,122	0,164	0,183																		
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,402	0,448	0,500	0,530																		
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec		0,098	0,123	0,140	0,488																		
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,089	0,083	0,076	0,182																		
P4A	Bomba Axial	mm/Sec		0,132	0,168	0,209	0,18																		
<b>B 082 A - Bomba de Água Desmineraliza</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,121	1,199																					
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,03	0,040																					
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,673	0,815																					
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,274	1,223																					
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,068	1,025																					
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,098	0,120																					
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,824	0,878																					
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,579	0,664																					
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,536	1,321																					
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,691	2,779																					
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	5,319	4,450																					
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,538	1,129																					
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	1,077	1,624																					
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	3,708	2,884																					
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	2,447	1,507																					
<b>B 082 B - Bomba de Água Desmineraliza</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,191	1,423	1,251	1,084	1,053	1,256	1,597	1,508	1,657	1,368	1,347	1,193	1,251										
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,032	0,031	0,017	0,038	0,035	0,073	0,027	0,059	0,050	0,033	0,058	0,054	0,039										
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,383	0,851	1,183		0,779	0,885	0,882	0,718	0,741	0,964	1,079	0,917	0,744										
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,137	1,303	1,185	1,111	1,177	1,16	1,617	1,123	1,214	1,191	1,108	1,211	1,203										
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,951	0,960	1,009	0,934	1,022	0,988	1,052	0,968	0,997	0,958	0,949	1,014	1,062										
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,192	0,177	0,109	0,139	0,064	0,244	0,092	0,062	0,172	0,091	0,083	0,132	0,108										
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,902	0,883	0,896	0,983	0,755	0,885	1,054	0,767	0,885	0,742	0,730	0,814	0,818										
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,780	1,414	0,976	1,224	0,657	1,41	1,353	1,026	1,255	1,267	1,059	0,895	1,097										
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,620	1,627	1,597	1,744	1,457	1,314	1,648	2,078	1,327	1,145	1,269	1,072	1,120										
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,371	0,255	0,291	0,340	0,226	0,331	0,246	0,230	0,440	0,265	0,314	0,317	0,334										
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	3,084	4,402	5,657	4,905	5,145	4,825	4,877	4,738	3,392	2,914	3,390	3,110	2,793										
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,228	1,204	1,428	1,271	1,342	1,123	1,297	1,421	1,067	1,139	0,941	1,028	1,936										
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,364	0,399	0,243	0,584	0,239	0,319	0,337	0,267	0,305	0,297	0,272	0,311	0,304										
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,384	3,174	3,583	3,893	3,552	3,28	3,591	3,440	3,108	2,505	2,440	2,690	2,675										
P4A	Bomba Axial	mm/Sec	1,507	1,214	1,392	0,979	1,08	1,76	2,178	1,456	2,985	1,739	1,350	1,455	0,862										
<b>V 064 A - Ventilador Condensado de Ar</b>																									
A1	Veio entrada no redutor	mm/Sec	14,95	10,98	19,3	2,709	15,11	13,11	9,05	8,288	5,437	0,190	0,509	0,247	0,225	0,300	0,510	0,616	0,504	0,385	0,466	0,304			
A1P	Veio de entrada redut Peak	G-s	0,152	0,155	0,151	0,042	0,173	0,173	0,175	0,168	0,161	0,052	0,06	0,061	0,049	0,051	0,051	0,051	0,052	0,051	0,051	0,051			
A4	Veio saída do redutor	mm/Sec	2,019	1,975	1,258	2,815	1,423	1,066	1,529	0,877	1,192	1,654	1,582	1,627	1,423	1,571	1,551	1,363	1,568	1,281	1,369	1,214			
A 4	Veio saída do redutor	mm/Sec	1,502	1,391	2,481	3,418	1,159	1,143	1,4	1,074	1,057	1,755	1,554	1,629	1,420	1,591	1,538	1,325	1,527	1,375	1,268	1,236			
A4P	Veio de saída redut Peak	G-s	0,365	0,352	0,345	0,132	0,326	0,326	0,31	0,333	0,316	0,054	0,054	0,057	0,067	0,065	0,065	0,054	0,068	0,069	0,069	0,070			
<b>V 064 B - Ventilador Condensado de Ar</b>																									
B2	Veio entrada do redutor	mm/Sec	1,659	1,808	1,503	1,352	1,534	1,492	1,447	1,331	1,184	0,25	0,352	0,248	0,303	0,394	0,647	0,453	0,503	0,217	0,357	0,806			
B2P	Veio entrada do redutor Peakvue	G-s	0,409	0,54	0,088	0,095	0,1	0,100	0,102	0,105	0,108	0,067	0,054	0,047	0,053	0,049	0,058	0,050	0,051	0,052	0,052	0,056			
B5	Veio saída do redutor	mm/Sec	8,667	6,07	5,890	4,373	6,026	7,844	6,446	3,859	2,517	2,691	3,189	1,977	1,078	1,285	1,157	1,231	1,228	0,770	0,869	1,097			
B 5	Veio saída do redutor	mm/Sec	8,903	5,052	5,174	4,918	5,012	8,198	8,835	2,774	2,349	2,568	2,682	1,964	1,113	1,223	1,178	1,004	1,120	0,777	0,821	0,703			
B5P	Veio saída do redutor Peakvue	G-s	0,119	0,139	0,102	0,095	0,102	0,101	0,102	0,100	0,105	0,065	0,063	0,064	0,058	0,055	0,058	0,052	0,064	0,065	0,066	0,063			

		2015												2016												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>V 064 C - Ventilador Condensado de Ar</b>																										
C3	Veio entrada no redutor	mm/Sec	1,353	1,37	1,647	1,416	1,832	2,103	1,896	1,693	1,396	0,263	0,329	0,453	0,219	0,454	0,46	0,254	0,360	0,226	0,290	0,562		0,373	0,263	0,194
C3P	Veio entrada no redutor Peakvue	G-s	0,023	0,087	0,077	0,019	0,093	0,086	0,091	0,091	0,087	0,060	0,044	0,042	0,051	0,050	0,045	0,050	0,048	0,045	0,044	0,050		0,063	0,044	0,033
C6	Veio saída do redutor	mm/Sec	3,218	4,021	3,819	3,773	8,167	7,368	4,425	3,707	3,054	2,130	2,428	2,214	1,096	1,734	1,58	1,317	1,320	1,256	1,204	1,440		1,891	0,550	0,400
C6	Veio saída do redutor	mm/Sec	2,196	4,182	4,465	3,111	5,784	3,578	4,827	3,807	2,485	1,864	2,098	2,369	1,085	1,544	1,66	1,345	1,367	1,229	1,199	1,546		1,971	0,526	0,413
C6P	Veio saída do redutor Peakvue	G-s	0,033	0,088	0,09	0,037	0,091	0,093	0,096	0,098	0,083	0,072	0,054	0,081	0,068	0,072	0,069	0,072	0,075	0,082	0,086	0,085		0,078	0,072	0,082
<b>TurboSet</b>																										
G1	Caixa redutora 1 Horizontal 10Kz	G-s	1,672	1,081	1,137	0,903	1,109	1,352	0,91	1,105	1,218	1,188	1,260	1,772	1,030	1,11	0,959	1,009	0,941	1,058	0,998	1,114	1,197	0,856	1,063	1,073
G1H	Caixa redutora 1 Horizontal 5KHz	mm/Sec	2,083	1,958	1,551	2,900	2,899	2,248	2,947	1,926	2,81	3,703	3,555	1,675	1,518	1,416	1,555	1,819	2,965	3,773	4,541	4,154	2,522	1,615	1,339	1,124
1H	Caixa redutora 1 Horizontal 2KHz	mm/Sec	2,063	1,960	1,581	2,844	2,827	2,284	2,756	1,945	2,87	3,743	3,593	1,679	1,524	1,423	1,549	1,817	2,934	3,804	4,456	4,197	2,484	1,603	1,246	1,152
1PK	Caixa redutora 1 Horizontal 2KHz	G-s	0,946	0,824	0,862	0,483	0,824	0,778	0,704	0,808	0,704	0,894	0,728	1,083	0,570	0,831	0,524	0,539	0,508	0,596	0,514	0,598	0,893	0,448	0,562	0,572
1P	Caixa redutora 1 Horizontal 1KHz	G-s	0,864	0,806	0,642	0,448	0,583	0,803	0,718	0,594	0,684	0,831	0,661	1,005	0,519	0,583	0,496	0,506	0,476	0,604	0,515	0,584	0,836	0,437	0,531	0,537
G2	Caixa redutora 2 Horizontal 10Kz	G-s	3,231	2,485	2,581	2,523	2,449	2,827	2,609	2,443	2,928	2,477	2,609	3,419	2,067	2,793	2,448	2,772	2,283	2,410	2,207	2,843	2,733	1,687	1,842	2,082
G2H	Caixa redutora 2 Horizontal 5KHz	mm/Sec	3,264	2,935	3,391	3,766	3,542	3,241	3,046	2,944	2,965	1,914	1,834	2,289	1,772	2,057	1,938	2,403	1,847	1,962	1,952	2,137	2,781	1,835	1,962	2,059
2H	Caixa redutora 2 Horizontal 2KHz	mm/Sec	3,121	2,909	3,250	3,587	3,554	3,109	3,068	2,910	2,818	1,640	1,606	1,940	1,661	1,796	1,756	2,484	1,701	1,871	1,812	1,841	2,619	1,792	1,948	1,992
2PK	Caixa redutora 2 Horizontal 2KHz	G-s	1,96	1,323	1,389	1,197	1,122	1,587	1,162	1,345	1,674	1,312	1,386	2,019	1,042	1,449	1,383	1,364	1,183	1,278	1,187	1,556	1,556	0,837	0,848	0,948
2P	Caixa redutora 2 Horizontal 1KHz	G-s	1,935	1,407	1,477	1,285	1,192	1,756	1,381	1,401	1,795	1,155	1,287	1,762	0,978	1,311	1,281	1,350	1,102	1,237	1,105	1,345	1,436	1,016	0,838	0,948
TV1	Turbina Vapor 1 Horizontal 5KHz	mm/Sec	0,977	1,045	0,833	1,068	0,982	1,078	1,009	1,230	1,294	1,280	1,370	1,783	0,558	0,766	1,585	1,085	2,192	1,320	3,907	1,465	1,451	0,395	0,316	1,397
TV2	Turbina Vapor 2 Horizontal 5KHz	mm/Sec	1,992	2,079	1,460	2,110	2,418	2,396	2,199	2,560	2,039	2,903	2,628	1,266	1,392	1,528	1,584	1,083	0,903	2,994	3,677	3,382	2,963	0,402	0,325	1,459
CP3	Compressor 3 Horizontal 5KHz	mm/Sec	1,536	1,434	1,620	1,175	1,214	1,306	1,258	1,499	1,526	0,839	1,472	1,813	1,287	2,066	0,805	2,019	1,560	1,054	1,001	1,098	1,803	1,330	1,045	1,495
CP4	Compressor 4 Horizontal 5KHz	mm/Sec	1,817	1,805	1,918	1,199	1,172	1,552	1,21	1,888	1,873	1,285	1,430	2,124	1,473	1,883	1,462	2,109	1,529	1,346	1,376	1,415	1,988	1,708	1,848	2,043
TG5	Turbina Gás 5 Horizontal 5KHz	mm/Sec	1,793	1,829	1,589	0,753	0,964	1,584	1,199	1,888	1,813	0,859	1,052	2,195	1,015	1,754	0,826	2,158	1,211	0,948	0,927	1,008	1,729	1,617	1,249	1,868
TG6	Turbina Gás 6 Horizontal 5KHz	mm/Sec	0,918	1,081	0,518	0,716	0,820	0,883	1,465	0,392	0,543	0,564	0,341	0,623	0,234	1,259	0,733	0,610	0,547	0,840	1,020	1,152	0,652	1,247	0,569	1,049
<b>TurboSet Painel</b>																										
T1V	Turbina Vapor, Chuma.1 Vertical	Microns	7,382	7,879	8,656	9,437	12,28	6,020		6,442	6,815	9,344	9,405	6,102	13,17	12,27	12,99		10,69	9,110	8,101	8,144		15,57	17,57	14,34
T1H	Turbina Vapor, Chuma.1 Horizontal	Microns	10,29	11,21	15,74	16,53	17,78	8,130		7,500	8,713	10,19	10,5	9,088	21,84	21,07	21,84		14,91	10,80	7,806	7,078		27,82	30,27	30,27
1YV	Turbina Vapor, DC saída X CH1	VOLT	-8,231	-8,232	-8,283	-8,284	-8,242	-8,251		-8,188	-8,188	-8,178	-8,22	-8,315	-8,308	-8,350	-8,331		-8,235	-8,229	-8,193	-8,144		-8,319	-8,359	-8,372
1XH	Turbina Vapor, DC saída X CH1	VOLT	-8,071	-8,094	-8,034	-8,002	-7,948	-7,950		-8,038	-8,051	-8,019	-7,971	-7,977	-7,976	-7,938	-7,997		-7,999	-8,029	-8,044	-8,037		-7,980	-7,873	-7,885
T2V	Turbina Vapor, Chuma.2 Vertical	Microns	19,13	19,79	19,58	20,06	18,84	20,11		19,500	19,27	17,91	18,01	18,34	17,43	18,62	18,32		17,70	19,48	21,02	21,03		16,83	16,78	16,70
T2H	Turbina Vapor, Chuma.2 Horizontal	Microns	20,88	19,94	21,13	21,59	20,26	17,96		18,250	18,80	22,29	22,04	20,42	22,69	23,04	23,09		23,62	23,30	22,62	22,19		25,30	25,39	25,19
2Y	Turbina Vapor, DC saída X CH2	VOLT	-8,303	-7,792	-8,252	-8,291	-8,233	-8,224		-8,197	-8,213	-8,131	-8,128	-8,179	-8,156	-8,162	-8,157		-8,130	-8,106	-8,098	-8,093		-8,101	-8,152	-8,187
2X	Turbina Vapor, DC saída X CH2	VOLT	-7,93	-7,792	-7,768	-7,848	-7,772	-7,773		-7,765	-7,793	-7,868	-7,858	-7,972	-7,858	-7,823	-7,791		-7,881	-7,853	-7,851	-7,848		-7,810	-7,835	-7,858
C3V	Compressor, Chuma.3 Vertical	Microns	6,057	6,021	6,131	6,121	5,514	6,156		6,039	5,979	6,072	6,098	5,652	5,510	5,260	5,572		6,444	6,154	6,375	6,369		5,985	5,991	6,269
C3H	Compressor, Chuma.3 Horizontal	Microns	5,538	5,377	5,743	5,079	5,195	5,680		5,618	5,341	5,099	5,18	5,381	4,801	4,623	4,719		5,175	5,265	5,273	5,292		5,248	4,987	5,080
3Y	Compressor, DC saída X CH3	VOLT	-7,762	-7,750	-7,730	-7,769	-7,744	-7,692		-7,696	-7,723	-7,612	-7,618	-7,625	-7,644	-7,677	-7,668		-7,612	-7,593	-7,592	-7,592		-7,606	-7,625	-7,643
3X	Compressor, DC saída X CH3	VOLT	-7,729	-7,719	-7,705	-7,759	-7,697	-7,659		-7,646	-7,661	-7,662	-7,675	-7,701	-7,702	-7,681	-7,678		-7,703	-7,667	-7,665	-7,663		-7,708	-7,734	-7,754
C4V	Compressor, Chuma.4 Vertical	Microns	27,53	26,81	27,59	23,40	22,00	25,89		28,500	24,58	23,62	23,30	29,75	23,07	22,28	23,13		22,27	22,80	22,40	21,70		22,36	22,89	24,34
C4H	Compressor, Chuma.4 Horizontal	Microns	20,7	20,37	20,58	19,09	19,22	19,32		19,710	18,48	18,78	19,82	22,29	19,24	19,28	17,96		19,18	18,32	18,03	17,75		18,38	18,51	19,30
4Y	Compressor, DC saída X CH4	VOLT	-7,331	-7,296	-7,280	-7,384	-7,291	-7,204		-7,196	-7,224	-7,362	-7,349	-7,367	-7,392	-7,440	-7,381		-7,356	-7,333	-7,330	-7,322		-7,341	-7,397	-7,468
4X	Compressor, DC saída X CH4	VOLT	-7,847	-7,837	-7,824	-7,880	-7,812	-7,762		-7,780	-7,721	-7,719	-7,715	-7,731	-7,740	-7,719	-7,756		-7,888	-7,874	-7,882	-7,886		-7,885	-7,898	-7,742
T5V	Turbina Gás, Chuma.5 Vertical	Microns	35,11	35,87	36,51	32,85	30,76	35,14		35,130	35,21	29,94	30,84	35,32	29,61	30,30	30,39		30,91	31,67	31,88	32,74		30,91	31,63	32,03
T5H	Turbina Gás, Chuma.5 Horizontal	Microns	36,99	35,54	36,95	36,06	34,63	37,66		36,030	34,36	33,98	33,78	39,19	34,34	34,87	34,64		35,42	35,83	36,03	35,01		35,48	35,15	36,11
5Y	Turbina Gás, DC saída X CH5	VOLT	-7,727	-7,688	-7,675	-7,693	-7,628	-7,682		-7,593	-7,577	-7,520	-7,472	-7,561	-7,516	-7,523	-7,474		-7,519	-7,509	-7,493	-7,484		-7,501	-7,487	-7,610
5X	Turbina Gás, DC saída X CH5	VOLT	-8,027	-8,007	-7,985	-7,998	-7,948	-7,888		-7,900	-7,901	-7,762	-7,762	-7,819	-7,801	-7,755	-7,809		-7,780	-7,744	-7,756	-7,754		-7,753	-7,744	-7,847
T6V	Turbina Gás, Chuma.6 Vertical	Microns	15,68	16,53	16,41	14,99	12,84	15,95		15,960	16,33	12,78	13,25	15,90	12,53	12,67	13,14		13,07	13,60	14,03	14,53		13,41	13,73	13,94
T6H	Turbina Gás, Chuma.6 Horizontal	Microns	19,94	19,12	20,88	17,82	16,83	19,69		18,940	18,07	16,38	16,04	20,94	16,29	16,21	17,00		16,67	16,94	17,29	16,81		16,47	16,96	17,25
B6Y	Turbina Vapor, DC saída X CH6	VOLT	-7,614	-7,623	-7,620	-7,664	-7,596	-7,598		-7,623	-7,620	-7,730	-7,743	-7,786	-7,719	-7,767	-7,681		-7,815	-7,804	-7,819	-7,813		-7,687	-7,713	-7,709
B6X	Turbina Vapor, DC saída X CH6	VOLT	-7,864	-7,865	-7,847	-7,912	-7,828	-7,831		-7,858	-7,853	-7,847	-7,873	-7,936	-7,878	-7,880	-7,825		-7,827	-7,818	-7,833	-7,830		-7,849	-7,879	-7,892
<b>B064 - Bomba de Oleo do TurboSet</b>																										
B1V	Bomba de óleo 1 Vertical 5KHz	G-s	2,635																							

		2015												2016													
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
<b>Tu/Ge-1208 Turbina a Vapor e Gerador</b>																											
G1H	Gerador Horizontal	mm/Sec	1,968	1,979	1,402	0,880	0,919	1,901	1,889	1,731	1,731			3,796	3,495	3,339	2,261	2,453	3,616	3,616			3,587		3,268	2,978	
G1P	Gerador Horz Peakvue	G-s	0,028	0,059	0,033	0,287	0,054	0,026	0,0053	0,037	0,037			0,022	0,017	0,014	0,029	0,051	0,046	0,046			0,022		0,111	0,040	
G1V	Gerador Vertical	mm/Sec	0,832	0,858	1,113	0,873	0,906	1,381	1,018	0,813	0,813			0,538	0,597	0,930	0,958	0,987	1,209	1,209			0,500		0,699	0,789	
G2H	Gerador Horizontal	mm/Sec	2,106	2,271	2,017	1,742	1,901	1,875	1,981	2,093	2,093			3,310	3,129	2,935	1,904	2,468	3,153	3,153			3,131		2,963	2,867	
G2E	Gerador Horizontal	mm/Sec	1,928	2,260	2,121	1,649	1,919	1,946	2,079	1,992	1,992			3,321	3,119	2,901	1,832	2,507	3,198	3,198			3,062		3,044	2,950	
G2P	Gerador Horz Peakvue	G-s	0,071	0,104	0,050	0,079	0,047	0,064	0,076	0,047	0,047			0,023	0,019	0,051	0,025	0,048	0,034	0,034			0,188		0,173	0,166	
G2V	Gerador Vertical	mm/Sec	0,94	0,660	0,596	1,097	0,834	0,703	0,920	0,762	0,762			1,438	1,181	1,391	1,487	0,901	1,527	1,527			1,487		0,700	0,884	
G2A	Gerador Axial	mm/Sec	0,983	0,805	0,870	0,874	0,920	0,886	0,911	1,208	1,208			0,889	0,798	1,201	1,589	0,530	1,022	1,022			0,708		0,837	0,763	
T1H	Turbina Horizontal	mm/Sec	2,193	1,266	1,091	2,865	1,697	1,488	2,306	1,909	1,909			3,103	2,576	2,488	1,936	1,190	2,156	2,156			2,422		1,607	1,400	
T1P	Turbina Horz Peakvue	G-s	0,454	0,843	0,981	0,606	1,757	0,787	0,988	0,465	0,465			0,425	0,622	0,546	0,443	0,482	0,607	0,607			0,838		1,076	0,930	
T1V	Turbina Vertical	mm/Sec	1,096	0,804	0,833	1,071	1,269	0,982	0,764	0,884	0,884			1,122	0,960	0,979	0,991	1,023	1,214	1,214			0,591		0,809	1,109	
T2H	Turbina Horizontal	mm/Sec	1,276	1,093	1,007	1,779	1,444	0,886	1,364	1,089	1,089			3,149	2,724	3,074	1,960	1,880	2,160	2,160			2,664		2,158	1,650	
T2P	Turbina Horz Peakvue	G-s	0,662	0,636	0,951	0,432	0,231	0,220	0,296	0,560	0,560			0,381	0,226	0,375	0,457	0,430	0,432	0,432			0,794		0,836	0,656	
T2V	Turbina Vertical	mm/Sec	0,831	0,798	0,768	0,859	0,792	1,117	0,875	0,921	0,921			1,130	1,777	1,506	1,380	0,739	1,594	1,594			0,694		1,180	1,097	
T2A	Turbina Axial	mm/Sec	0,628	0,821	0,844	0,677	0,665	1,105	1,139	0,997	0,997			1,374	0,681	0,676	0,630	1,237	0,609	0,609			0,804		0,805	0,915	
<b>B 628 A - Bomba de Amoniac</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec							0,943	0,791	0,791	0,839													1,144	1,338	0,895
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s							0,026	0,035	0,035	0,093													0,024	0,031	0,021
M1V	Motor Vertical	mm/Sec							0,592	0,543	0,543	0,437													0,516	0,574	0,561
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec							1,124	1,236	1,236	1,132													0,898	1,157	1,183
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec							1,143	1,177	1,177	1,110													0,889	1,174	1,188
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s							0,021	0,061	0,061	0,084													0,021	0,022	0,066
M2V	Motor Vertical	mm/Sec							0,417	0,595	0,595	0,653													0,691	0,767	0,659
M2A	Motor Axial	mm/Sec							0,616	0,563	0,563	0,581													0,587	0,440	0,626
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec							0,672	0,691	0,691	0,719													0,789	0,811	0,905
B3P	Bomba Horz Peakvue	G-s							0,196	0,265	0,265	0,311													0,208	0,223	0,343
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec							0,475	0,505	0,505	0,496													0,502	0,497	0,563
4BH	Bomba Horizontal	mm/Sec							0,494	0,442	0,442	0,458													0,490	0,513	0,526
B4P	Bomba Horz Peakvue	G-s							0,109	0,170	0,170	0,341													0,248	0,210	0,155
B4V	Bomba Vertical	mm/Sec							0,343	0,374	0,374	0,376													0,369	0,386	0,380
B4A	Bomba Axial	mm/Sec							0,490	0,537	0,537	0,542													0,569	0,546	0,568
<b>B 628 B - Bomba de Amoniac</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,959	0,973	0,938	0,790	0,777	1,001						0,947	1,548	1,073	1,014	0,904	0,679	1,106	0,886	0,921	0,909	0,791			
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,026	0,026	0,081	0,068	0,070	0,075						0,153	0,108	0,111	0,097	0,137	0,119	0,111	0,046	0,051	0,026	0,096			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,366	0,343	0,416	0,466	0,445	0,497						0,444	0,421	0,466	0,493	0,559	0,461	0,462	0,546	0,522	0,571	0,627			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,906	1,022	1,036	0,906	0,916	0,948						0,896	1,227	1,039	0,904	0,933	1,156	1,010	0,973	1,029	1,020	1,018			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,667	0,973	0,963	0,974	0,866	1,023						0,818	1,159	0,959	1,013	0,929	1,087	1,000	0,992	1,021	1,009	1,022			
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,025	0,026	0,069	0,051	0,053	0,073						0,101	0,077	0,113	0,073	0,115	0,097	0,097	0,029	0,053	0,070	0,052			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,947	0,796	0,731	0,860	0,637	0,627						0,442	0,673	0,687	0,688	0,453	0,670	0,656	0,949	1,143	0,952	0,859			
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,517	0,707	0,589	0,516	0,418	0,536						0,777	0,435	0,475	0,540	0,480	0,473	0,966	0,672	0,883	0,727	0,997			
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,966	1,080	1,087	0,965	1,098	0,900						1,443	1,768	1,717	1,714	1,656	1,864	1,868	1,982	2,110	2,081	2,318			
B3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,279	0,248	0,246	0,254	0,257	0,269						0,408	0,605	0,440	0,471	0,507	0,399	0,602	0,393	0,447	0,353	0,296			
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,802	0,745	0,658	0,668	0,841	0,751						1,144	1,235	1,328	1,330	1,261	1,366	1,513	1,675	1,697	1,732	2,046			
4BH	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,817	0,812	0,879	0,758	0,905	0,813						0,711	0,823	0,820	0,790	0,795	0,945	0,817	0,858	0,837	0,818	0,945			
B4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,196	0,191	0,167	0,151	0,158	0,178						0,267	0,451	0,445	0,430	0,570	0,347	0,400	0,380	0,425	0,306	0,293			
B4V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,488	0,488	0,473	0,470	0,582	0,582						0,464	0,482	0,494	0,488	0,474	0,521	0,585	0,519	0,560	0,499	0,763			
B4A	Bomba Axial	mm/Sec	0,858	0,830	0,965	0,794	0,872	0,966						0,438	1,436	1,158	1,147	1,410	1,277	1,677	1,386	1,519	1,408	0,743			
<b>B 641 B - Bomba Trasfega de Amoniac</b>																											
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,813	3,197	3,451	5,013	3,581	3,866	3,67	3,845	3,845	2,071	3,237	3,639	2,151	4,293	3,169	4,001	3,693	3,721	3,329	3,715	3,500			1,524	1,789
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,241	0,69	0,867	0,589	0,937	0,784	0,184	0,201	0,201	0,108	0,031	0,227	0,461	0,221	0,128	0,380	0,072	0,299	0,343	0,442	0,085			0,026	0,025
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	4,324	3,499	3,631	5,932	3,252	6,514	5,266	5,115	5,115	1,818	2,053	2,894	1,809	2,911	2,341	3,220	2,258	2,192	2,048	2,317	1,799			1,399	1,638
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,7	2,173	2,250	3,666	2,252	2,991	1,879	1,694	1,694	1,777	1,905	2,566	1,253	2,730	2,108	2,625	2,666	2,703	2,434	3,025	2,104			1,496	1,962
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	2,503	2,162	2,287	3,684	2,100	2,840	1,637	1,481	1,481	1,899	1,740	2,396	1,307	2,651	2,015	2,606	2,506	2,703	2,336	2,859	1,892			1,382	1,626
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	1,626	0,884	1,064	1,418	0,970	2,129	0,941	0,138	0,138	0,138	0,142	0,801	0,904	0,838	1,502	0,596	1,172	0,894	1,089	0,727	0,893			0,354	0,139
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,967	1,647	1,739	3,703	1,165	2,873	3,414	3,415	3,415	1,108	1,149	1,271	0,896	1,166	1,509	1,267	1,275	1,579	1,402	1,487	1,056			1,178	1,306
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,879	0,81	0,845	1,001	0,771	1,179	1,153	1,097	1,097	0,704	1,249	1,029	0,636	1,105	1,568	1,424	1,190	1,203	1,059	1,279	1,044			0,732	0,781



		2015												2016											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>B 641 C - Bomba Trafega de Amoniaco</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																						45,88	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																						0,094	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																						5,278	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																						40,17	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																						39,93	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																						0,363	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																						7,89	
M2A	Motor A xial	mm/Sec																						3,152	
<b>C 620 A - Compressor de Amoniaco</b>																									
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec	1,186	0,638	0,656	0,837	0,901	1,182	1,115	1,253	1,253	0,885	0,879	0,934	0,834	0,749	1,312	0,945	1,018	1,229	0,983	1,238	1,169	0,981	0,851
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,044	0,045	0,035	0,044	0,046	0,054	0,039	0,040	0,040	0,044	0,120	0,051	0,046	0,046	0,052	0,035	0,012	0,033	0,051	0,087	0,155	0,062	0,031
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec	1,493	0,522	0,624	0,732	0,812	0,886	0,861	1,130	1,130	0,776	0,709	0,941	0,836	0,582	1,556	0,835	0,880	1,179	0,924	0,827	0,667	0,897	0,873
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,828	0,695	0,844	1,212	1,284	0,981	0,916	1,807	1,607	0,967	0,957	1,015	0,874	0,849	1,108	1,017	0,921	1,527	1,316	1,173	1,269	0,979	0,874
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	3,635	0,878	0,701	1,007	1,089	0,857	1,206	1,338	1,338	0,875	0,906	0,936	0,721	0,833	1,039	0,907	0,830	1,247	1,185	1,114	1,005	1,107	0,805
M2P	Motor ponto 2 Horz Peakvue	G-s	0,071	0,052	0,049	0,071	0,051	0,061	0,052	0,048	0,048	0,046	0,069	0,040	0,051	0,056	0,059	0,051	0,042	0,044	0,111	0,105	0,102	0,068	0,045
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec	1,645	0,847	0,915	1,079	0,941	1,108	1,042	1,224	1,224	0,883	0,963	0,657	0,912	0,805	1,403	1,205	0,944	1,444	1,370	1,269	0,942	1,244	0,985
M2A	Motor Ponto 2 A xial	mm/Sec	1,259	0,681	0,810																				
C3H	Compressor Ponto 3 Horizontal	mm/Sec	1,321	0,619	0,819	0,976	0,940	0,814	1,056	1,720	1,720	1,163	0,897	0,611	0,888	0,869	1,066	1,167	0,907	1,294	2,045	2,180	1,614	1,692	1,388
C3P	Compressor ponto 3 Horz Peakvue	G-s	0,814	0,682	0,722	0,774	0,608	0,729	0,373	0,372	0,372	0,836	0,441	0,733	0,570	0,757	0,473	0,587	0,232	0,278	0,997	1,422	0,908	0,676	0,415
C4H	Compressor Ponto 4 Horizontal	mm/Sec	1,272	0,818	0,838	0,873	0,868	1,131	1,092	2,051	2,051	1,108	0,931	0,743	0,838	0,882	1,206	1,426	0,916	1,498	2,101	2,227	1,459	1,821	1,758
C4P	Compressor Ponto 4 Horz Peakvue	G-s	0,154	0,263	0,302	0,269	0,261	0,419	0,199	0,280	0,280	0,303	0,459	0,408	0,267	0,329	0,199	0,247	0,274	0,123	0,473	0,720	0,575	0,390	0,187
C4V	Compressor Ponto 4 Vertical	mm/Sec	1,501	1,099	1,086	1,345	1,642	1,235	1,473	1,395	1,395	1,169	1,094	0,984	0,925	1,039	1,031	1,044	1,280	1,725	1,707	1,305	2,013	1,397	1,421
C4A	Compressor Ponto 4 A xial	mm/Sec	1,279	1,027	1,080	1,305	1,533	1,195	1,524	1,532	1,532	1,036	1,089	0,858	1,077	1,054	1,468	1,441	1,300	1,496	1,691	1,461	0,843	1,280	1,217
<b>C 620 B - Compressor de Amoniaco</b>																									
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec	1,415	0,836	0,676	0,872	0,983	0,874	0,803	0,897	0,897	0,805			0,755	0,933	1,202	1,023	1,192	1,029	0,958	0,914	0,906	0,796	0,760
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,031	0,037	0,038	0,039	0,034	0,041	0,037	0,076	0,076	0,043			0,047	0,056	0,032	0,030	0,018	0,052	0,050	0,070	0,049	0,051	0,071
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec	0,874	0,440	0,357	0,464	0,526	0,511	0,571	0,498	0,498	0,341			0,351	0,480	0,479	0,491	0,799	0,545	0,586	0,488	0,538	0,781	0,537
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,636	0,899	0,841	1,027	1,297	0,919	0,945	0,975	0,975	0,770			0,867	0,950	1,238	1,141	1,200	1,204	1,087	1,068	0,924	0,884	1,084
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,703	0,889	0,763	1,022	1,241	0,976	0,862	0,968	0,968	0,753			0,817	0,965	1,156	1,120	1,036	1,174	1,073	1,030	0,873	0,813	0,973
M2P	Motor Ponto 2 Horz Peakvue	G-s	0,044	0,046	0,038	0,042	0,055	0,046	0,055	0,069	0,069	0,047			0,051	0,052	0,069	0,034	0,049	0,050	0,055	0,064	0,077	0,042	0,067
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec	0,474	0,531	0,436	0,662	0,770	0,510	0,651	0,703	0,703	0,350			0,464	0,488	0,825	0,661	1,169	1,030	0,739	0,773	0,567	0,614	0,921
M2A	Motor Ponto 2 A xial	mm/Sec	0,487	0,376	0,274																				
C3H	Compressor Ponto 3 Horizontal	mm/Sec	1,203	1,260	1,603	1,575	1,732	0,861	0,973	1,179	1,179	0,462			1,310	1,155	1,919	2,484	1,197	1,119	1,173	0,810	0,627	0,871	0,599
C3P	Compressor Ponto 3 Horz Peakvue	G-s	0,437	0,366	0,169	0,234	0,359	0,357	0,173	0,257	0,257	0,169			0,313	0,352	0,324	0,193	0,198	0,269	0,317	0,270	0,224	0,071	0,784
C4H	Compressor Ponto 4 Horizontal	mm/Sec	1,546	1,688	2,036	1,743	1,822	0,991	1,133	1,229	1,229	0,350			1,184	1,621	1,949	2,533	1,525	1,221	1,066	1,044	0,519	0,496	0,771
C4P	Compressor Ponto 4 Horz Peakvue	G-s	0,109	0,107	0,161	0,060	0,095	0,092	0,119	0,278	0,278	0,072			0,098	0,130	0,114	0,131	0,041	0,114	0,087	0,080	0,091	0,098	0,116
C4V	Compressor Ponto 4 Vertical	mm/Sec	1,742	1,284	1,366	1,186	1,298	1,502	1,785	1,381	1,381	1,431			1,175	1,157	2,574	1,468	1,480	1,651	1,836	1,377	0,628	1,739	1,641
C4A	Compressor Ponto 4 A xial	mm/Sec	1,496	1,438	1,486	1,470	1,707	1,566	1,026	1,187	1,187	1,603			1,363	1,496	1,315	2,187	1,561	1,722	1,454	1,653	1,802	1,690	1,325
<b>C 620 C - Compressor de Amoniaco</b>																									
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec	1,215	0,905	0,93	0,933	0,896	1,110	1,087	1,049	1,049	1,072	0,962	0,882	0,924	0,961	1,544	1,094	1,089	1,030	1,068	0,955		1,051	1,291
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,052	0,049	0,051	0,046	0,045	0,042	0,032	0,041	0,041	0,036	0,024	0,068	0,050	0,053	0,055	0,44	0,012	0,049	0,040	0,038		0,036	0,037
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec	1,3	0,720	0,719	0,892	0,922	1,085	0,908	0,882	0,882	0,594	0,911	0,679	0,594	0,668	1,107	1,028	0,832	0,979	0,928	0,731		0,515	0,600
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,401	0,874	0,868	0,940	1,183	1,168	1,218	1,094	1,094	1,016	1,067	0,937	0,870	0,950	1,174	1,216	0,918	1,227	1,230	0,985		1,260	1,825
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,025	0,888	0,842	0,986	1,106	1,101	1,087	1,131	1,131	0,897	0,995	0,891	0,819	0,869	1,153	1,149	0,883	1,143	1,163	0,973		1,138	1,320
M2P	Motor Ponto 2 Horz Peakvue	G-s	0,073	0,083	0,066	0,066	0,054	0,048	0,058			0,050	0,115	0,076	0,058	0,083	0,111	0,055	0,040	0,081	0,057	0,055		0,076	0,060
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec	1,158	0,770	0,736	0,886	1,008	1,211	1,205	1,149	1,149	0,866	0,645	0,656	0,722	0,717	1,155	0,712	0,900	1,233	0,714	0,761		0,771	0,809
M2A	Motor Ponto 2 A xial	mm/Sec	0,944	0,577	0,524																				
C3H	Compressor Ponto 3 Horizontal	mm/Sec	1,918	2,047	2,007	1,260	2,225	1,525	1,416	2,293	2,293	1,082	1,918	1,738	1,400	1,558	1,393	1,238	1,076	1,340	1,027	1,576		1,549	1,558
C3P	Compressor ponto 3 Horz Peakvue	G-s	0,521	0,551	0,477	0,203	0,262	0,197	0,186	0,246	0,246	0,192	0,182	0,684	0,339	0,604	0,240	0,291	0,087	0,312	0,252	0,261		0,126	0,278
C4H	Compressor Ponto 4 Horizontal	mm/Sec	1,865	2,290	2,315	2,051	2,240	1,748	1,451	1,812	1,812	0,791	1,724	1,683	1,842	1,524	2,192	1,669	0,839	2,161	1,331	1,708		1,624	1,803
C4P	Compressor Ponto 4 Horz Peakvue	G-s	0,147	0,218	0,194	0,099	0,128	0,087	0,093	0,271	0,271	0,098	0,144	0,300	0,132	0,254	0,101	0,139	0,114	0,131	0,083	0,088		0,072	0,094
C4V	Compressor Ponto 4 Vertical	mm/Sec	1,375	1,099	0,794	1,042	1,417	1,336	1,18	1,241	1,241	0,858	1,531	0,835	0,829	0,898	2,151	1,012	1,167	1,273	1,437	1,170		0,954	0,740
C4A	Compressor Ponto 4 A xial	mm/Sec	1,378	1,386	0,960	1,869	2,030	1,217	1,287	1,352	1,352	1,194	1,004	0,750	0,931	0,996	1,319	1,443	1,300	2,192	2,869	2,068		1,740	1,704



		2015												2016																						
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro											
<b>B-095 B - Bomba de Ácido</b>																																				
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																						1,557												
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																						0,648												
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																						2,302												
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																						1,595												
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																						1,587												
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																						0,540												
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																						1,535												
M2A	Motor A xial	mm/Sec																						1,776												
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec																						6,547												
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s																						4,253												
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec																						5,022												
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec																						4,816												
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s																						4,140												
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec																						3,924												
P4A	Bomba A xial	mm/Sec																						4,035												
<b>B-095 C - Bomba de Ácido</b>																																				
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec			1,392	1,493	1,514	1,438	1,438					1,901			1,926		1,798	1,779	1,664															
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s			0,249	0,303	0,239	0,293	0,293					0,358			0,443		0,618	0,620	0,569															
M1V	Motor Vertical	mm/Sec			1,698	2,889	2,893	2,341	2,341					4,259			1,912		2,072	1,810	1,714															
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec			1,920	2,295	2,031	1,965	1,965					2,391			2,283		1,853	2,102	1,905															
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec			1,851	2,098	1,884	1,857	1,857					2,319			2,102		1,805	1,884	1,818															
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s			0,399	0,319	0,322	0,277	0,277					0,690			0,543		1,140	0,721	0,708															
M2V	Motor Vertical	mm/Sec			2,831	4,573	4,401	3,704	3,704					6,628			2,910		2,460	3,370	2,936															
M2A	Motor A xial	mm/Sec			3,911	5,805	6,091	1,553	1,553					8,960			3,449		3,729	3,282	2,687															
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec			1,901	2,557	2,305	2,462	2,462					0,821			0,886		0,897	0,869	0,787															
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s			2,851	3,694	4,001	3,644	3,644					0,276			0,195		0,184	0,148	0,192															
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec			2,516	3,628	3,054	3,039	3,039					2,400			1,523		1,891	2,328	1,778															
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec			1,225	2,480	1,662	1,450	1,450					0,766			1,166		0,903	1,058	0,759															
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s			0,874	1,571	0,747	0,917	0,917					0,211			0,120		0,152	0,234	0,245															
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec			2,524	4,027	2,329	2,245	2,245					1,848			1,662		1,936	2,811	1,500															
P4A	Bomba A xial	mm/Sec			1,379	2,069	1,665	1,849	1,849					0,895			0,952		1,092	0,924																
<b>B-096 A - Bomba Nitrato Amônio Transfeg</b>																																				
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,589	0,969	1,867	0,877					1,653	0,748	0,756	0,778	1,014	0,812	1,282																			
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,042	0,068	0,078	0,1					0,065	0,130	0,023	0,132	0,104	0,232	0,199																			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,378	0,508	0,809	0,624					0,645	1,124	0,657	0,538	0,470	0,509	0,390																			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,549	0,821	1,493	0,52					1,600	0,882	0,728	0,820	0,859	0,979	1,019																			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,484	0,845	1,519	0,512					1,807	0,801	0,688	0,629	0,725	0,969	0,956																			
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,143	0,161	0,121	0,171					0,063	0,168	0,094	0,190	0,361	0,255	0,168																			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,626	0,811	0,846	0,95					0,878	0,846	0,786	0,711	0,817	1,035	0,768																			
M2A	Motor A xial	mm/Sec	0,522	0,810	0,836	0,888					0,677	1,155	0,780	0,673	1,013	0,886	0,587																			
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,443	0,875	1,045	0,783					0,926	1,044	0,819	1,583	0,997	0,286	0,897																			
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,451	0,060	0,068	0,08					0,061	0,138	0,065	0,185	0,157	0,127	0,062																			
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,854	1,115	1,280	0,917					0,837	1,280	1,145	1,381	1,013	0,506	1,057																			
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,382	0,711	0,792	0,563					1,873	0,996	0,701	1,196	0,766	0,506	1,002																			
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,271	0,043	0,039	0,04					0,045	0,251	0,138	0,302	0,212	0,134	0,081																			
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,137	1,071	1,240	0,857					4,017	1,122	1,239	1,209	0,896	1,415	1,039																			
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	1,201	0,719	0,793	0,798					0,781	0,492	0,741	0,461	0,649	0,649	0,534																			
<b>B-096 B - Bomba Nitrato Amônio Transfeg</b>																																				
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,885																																	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,012																																	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,986																																	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,082																																	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,676																																	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,029																																	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	2,157																																	
M2A	Motor A xial	mm/Sec	1,353																																	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,638																																	
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,037																																	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,965																																	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,498																																	
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,019																																	
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	0,688																																	

		2015												2016														
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro			
<b>B-097 A - Bomba Nitra. Amó.A liment.Ins</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,949	0,960	1,157		1,120	1,083	0,731	0,937	0,937													1,029	1,369			
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,082	0,137	0,134		0,040	0,167	0,041	0,029	0,029													0,145	0,037	0,043		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,973	0,816	0,730		0,835	0,821	0,827	1,135	1,135													0,734	1,035	0,854		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,3	1,169	1,170		0,860	1,016	0,831	0,881	0,881													1,057	0,811	0,780		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,282	1,208	1,165		0,805	0,795	0,783	0,815	0,815													1,003	0,723	0,874		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,189	0,219	0,213		0,091	0,154	0,105	0,189	0,189													0,155	0,269	0,540		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	2,018	3,210	2,909		2,590	1,407	1,408	1,208	1,208													1,915	1,135	1,084		
M2A	Motor A xial	mm/Sec	2,463	4,305	4,070		3,390	2,019	2,279	1,766	1,766													2,290	1,534	1,664		
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,063	2,669	2,759		1,160	0,886	0,932	1,015	1,015													1,591	1,323	0,928		
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,457	0,701	0,668		0,673	0,934	0,655	0,889	0,889														0,891	0,817	1,105	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,254	3,613	3,429		2,832	1,445	1,154	0,519	0,519													1,137	0,764	0,862		
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,603	3,180	3,229		1,692	0,547	1,155	1,374	1,374													1,958	1,503	1,172		
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,264	0,379	0,376		0,354	0,373	0,377	0,389	0,389														0,517	0,362	0,385	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	3,405	3,002	3,240		2,932	2,410	2,960	1,186	1,186														1,657	1,136	1,220	
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	1,873	0,508	0,803		0,769	1,693	1,624	0,961	0,961														0,605	0,750	0,869	
<b>B-097 B - Bomba Nitra. Amó.A liment.Ins</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,114			1,059																			1,025		1,330	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,048			0,110																			0,068		0,095	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,942			0,620																			1,193		1,201	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,935			1,039																			1,010		1,268	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,839			0,977																			0,928		1,216	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,03			0,136																			0,122		0,092	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,855			0,815																			1,146		1,634	
M2A	Motor A xial	mm/Sec	0,826			1,025																			1,239		1,640	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,578			0,731																			0,997		1,070	
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,411			0,279																			0,349		0,301	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,673			0,533																			0,666		1,054	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,54			0,633																			0,851		1,002	
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,353			0,134																			0,221		0,343	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,125			0,350																			0,729		0,991	
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	0,789			0,661																			0,617		0,841	
<b>B-1427 A - Bomba de Água Residuais</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		1,802		2,254	2,073			1,198	1,198	1,270	1,494	1,778	1,441	1,515									2,063	2,069	1,785	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,290		0,214	0,233			0,066	0,066	0,231	0,276	0,271	0,237	0,203										0,284	0,255	0,223
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		0,472		0,580	0,507			0,915	0,915	0,520	0,901	1,283	0,515	0,567										0,987	1,227	0,626
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		1,590		2,108	1,875			1,106	1,106	1,066	1,286	1,300	1,297	1,305										1,262	1,205	1,343
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		1,684		2,233	1,767			1,026	1,026	0,985	1,040	1,371	1,323	1,278										1,162	1,202	1,188
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,274		0,285	0,278			0,064	0,064	0,244	0,247	0,252	0,263	0,241										0,248	0,252	0,268
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		0,849		1,034	0,971			1,448	1,448	1,160	0,980	0,785	0,697	0,906										0,917	0,712	0,811
M2A	Motor A xial	mm/Sec		1,214																								
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,006		1,199	0,913			0,918	0,918	1,291	1,108	1,133	0,873	0,936										0,915	0,837	0,947
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,385		0,444	0,310			0,246	0,246	0,512	0,476	0,503	0,595	0,410										0,463	0,710	0,799
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,621		0,674	0,676			0,843	0,843	1,418	1,047	0,830	0,767	0,789										0,963	0,875	0,872
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec		0,984		1,130	1,181			0,895	0,895	1,405	1,088	1,008	0,866	0,830										0,832	0,923	0,893
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,445		0,463	0,442			0,283	0,283	0,567	0,512	0,585	0,681	0,504										0,61	0,915	0,529
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,465		0,461	0,520			0,474	0,474	1,126	0,900	0,705	0,581	0,639										0,603	0,686	0,655
P4A	Bomba A xial	mm/Sec		0,628		0,852	0,684			0,793	0,793	1,270	1,061	0,993	0,974	0,721										0,948	0,947	0,736
<b>B-1427 B - Bomba de Água Residuais</b>																												
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		1,687		1,419				1,736	1,399																	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,805		0,782				0,040	0,039																	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		1,519		1,536				0,837	1,325																	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		1,838		1,708				1,828	1,548																	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		1,694		1,502				1,775	1,374																	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,597		0,837				0,042	0,027																	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		1,926		1,951				1,831	1,564																	
M2A	Motor A xial	mm/Sec		1,908		1,867				1,539	1,124																	
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,53		1,797				1,293	0,826																	
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,171		0,205				0,172	0,120																	
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec		1,373		1,457				0,977	0,732																	
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec		1,529		1,386				1,206	0,887																	
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s		0,071		0,203				0,184	0,205																	
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec		0,952		1,225				0,851	0,541																	
P4A	Bomba A xial	mm/Sec		1,066		1,201				0,961	0,706																	

		2015												2016												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>Ag 1422 A - Agitador n°1</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,426	6,227	1,641	1,572		1,459	2,078	1,579	1,579	1,261		1,052	3,765	2,271		1,567	1,458	1,702	1,888	2,425	1,826	2,184	2,490	3,787
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,155	0,174	0,226	0,167		0,235	0,116	0,093	0,093	0,235		0,223	0,223	0,170		0,149	0,218	0,185	0,157	0,344	0,194	0,248	0,231	0,272
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,088	2,362	1,358	1,416		1,532	4,127	2,384	2,384	1,217		0,896	1,875	1,459		1,693	1,174	1,315	2,064	1,477	1,234	1,428	1,969	1,953
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,2	4,642	1,471	1,287		1,438	2,025	1,114	1,114	1,116		0,932	3,084	1,475		1,744	1,268	1,796	1,698	1,433	1,838	1,919	2,348	3,732
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,153	6,632	1,040	1,293		1,141	1,910	1,147	1,147	1,133		0,727	2,908	1,545		1,560	0,881	1,605	1,373	1,666	1,731	1,033	1,657	4,360
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,122	0,212	0,323	0,361		0,303	0,150	0,419	0,419	0,435		0,690	0,565	0,325		0,248	0,206	0,202	0,254	0,307	0,414	0,230	0,290	0,376
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,995	2,74	1,378	1,328		1,286	2,336	1,898	1,898	1,019		0,838	1,667	1,464		1,165	1,070	1,471	1,577	1,363	1,914	1,161	1,175	2,118
M2A	Motor Axial	mm/Sec	0,732	0,835	0,586	0,659		0,782	0,617	0,510	0,510	0,591		0,539	0,566	0,663		0,651	0,577	0,585	0,635	0,572	0,702	0,701	0,736	0,855
P3H	Redutor Horizontal	mm/Sec	1,462	6,676	1,228	1,346		1,057	2,512	0,997	0,997	1,044		0,928	2,334	1,354		1,380	1,145	1,210	1,406	1,185	0,905	1,238	1,587	2,594
P3P	Redutor Horz Peakvue	G-s	0,441	0,418	0,308	0,530		0,411	0,371	0,771	0,771	0,613		0,551	0,609	0,492		0,429	0,655	0,474	0,375	0,581	0,458	0,335	0,508	0,496
P3V	Redutor Vertical	mm/Sec	0,871	2,513	1,159	1,066		1,008	1,580	1,573	1,573	1,030		0,791	1,662	1,189		0,728	1,142	1,322	1,366	1,282	0,809	1,544	1,270	1,686
P4H	Redutor Horizontal	mm/Sec	1,557	4,269	0,773	1,063		0,713	1,545	1,232	1,232	0,759		0,668	1,947	1,035		1,163	1,223	0,934	1,167	1,310	1,066	1,029	1,106	2,585
P4P	Redutor Horz Peakvue	G-s	0,368	0,323	0,318	0,244		0,194	0,124	0,237	0,237	0,519		0,160	0,444	0,284		0,117	0,159	0,243	0,254	0,307	0,456	0,169	0,182	0,204
P5H	Agitador Horizontal	mm/Sec	0,826	2,306	0,415	0,713		0,557	1,777	1,027	1,027	0,430		0,324	1,427	0,859		0,695	0,710	0,803	0,823	0,612	0,506	0,561	0,668	1,614
P5P	Agitador Horz Peakvue	G-s	0,157	0,125	0,131	0,126		0,069	0,085	0,149	0,149	0,120		0,228	0,202	0,139		0,174	0,155	0,122	0,110	0,098	0,082	0,044	0,096	0,058
P6H	Agitador Horizontal	mm/Sec	0,433	1,298	0,365	0,431		0,334	0,563	0,385	0,385	0,342		0,266	0,806	0,743		0,691	0,492	0,598	0,802	0,745	0,263	0,340	0,698	0,957
P6P	Agitador Horz Peakvue	G-s	0,071	0,062	0,049	0,054		0,06	0,074	0,162	0,162	0,106		0,109	0,093	0,054		0,063	0,085	0,050	0,045	0,019	0,114	0,051	0,060	0,040
<b>Ag-1422 C - Agitador n°2</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,834	3,228	3,732		5,113	5,071	5,047	5,047	5,127		5,257	5,728	5,958		4,034	2,914	2,992	3,036	2,891	3,975	1,884	2,015	3,065	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,483	0,435	0,421		0,259	0,201	0,274	0,274	0,509		0,289	0,583	0,394		0,308	0,382	0,306	0,405	0,439	0,307	0,380	0,453	0,499	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	2,395	2,183	2,494		3,250	3,622	3,437	3,437	3,325		3,167	3,647	3,724		2,603	1,810	2,058	2,107	1,862	2,508	2,719	3,066	2,008	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,117	3,168	3,462		3,894	4,673	4,769	4,769	4,671		4,561	4,390	5,397		3,480	2,597	2,951	2,928	2,741	3,084	1,670	1,757	2,879	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	2,517	2,322	2,955		3,487	4,182	4,402	4,402	4,369		4,384	4,090	4,974		3,182	2,086	2,135	2,121	2,071	2,687	1,326	1,418	2,382	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,336	0,400	0,402		0,737	0,626	0,647	0,647	0,641		0,411	0,378	0,547		0,712	0,604	0,499	0,572	0,606	1,253	0,453	0,647	0,624	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,664	1,667	1,901		3,809	2,511	2,853	2,853	2,549		2,710	4,136	2,928		2,254	1,429	1,912	1,974	1,369	2,109	2,583	2,673	1,547	
M2A	Motor Axial	mm/Sec	1,143	1,249	1,289		1,768	1,239	1,286	1,286	1,073		1,214	1,276	1,528		1,462	1,584	1,479	1,304	1,393	1,394	1,416	1,297	1,360	
P3H	Redutor Horizontal	mm/Sec	2,666	2,343	2,845		3,411	3,539	4,214	4,214	4,034		4,304	4,556	4,702		2,734	1,184	2,008	2,270	2,060	2,669	1,424	1,534	2,384	
P3P	Redutor Horz Peakvue	G-s	1,286	0,895	0,896		0,443	0,421	0,388	0,388	1,010		0,616	0,561	0,797		0,373	0,447	0,569	0,574	1,286	0,383	0,628	0,921	0,972	
P3V	Redutor Vertical	mm/Sec	1,526	1,394	1,677		2,879	2,277	2,522	2,522	2,362		2,491	2,634	2,652		1,940	1,655	1,291	1,446	1,313	3,177	2,167	2,305	1,437	
P4H	Redutor Horizontal	mm/Sec	2,397	2,206	2,650		2,777	3,156	3,551	3,551	3,948		4,032	4,235	4,434		2,694	1,373	1,840	2,027	1,843	1,885	1,213	1,236	2,001	
P4P	Redutor Horz Peakvue	G-s	0,135	0,139	0,155		0,623	0,265	0,188	0,188	0,166		0,311	0,337	0,386		0,208	0,459	0,204	0,168	0,280	0,421	0,514	0,536	0,246	
P5H	Agitador Horizontal	mm/Sec	1,461	1,284	1,647		1,297	2,224	2,216	2,216	1,217		1,316	2,677	2,540		1,479	0,689	1,256	1,256	1,121	0,931	0,615	1,303	1,236	
P5P	Agitador Horz Peakvue	G-s	0,310	0,319	0,312		0,117	0,166	0,342	0,342	0,142		0,139	0,144	0,288		0,278	0,099	0,279	0,481	0,216	0,131	0,066	0,244	0,146	
P6H	Agitador Horizontal	mm/Sec	0,867	0,801	0,950		0,833	1,061	1,358	1,358	1,067		1,370	1,541	1,431		0,934	0,312	0,815	0,896	0,785	0,561	0,430	0,470	0,767	
P6P	Agitador Horz Peakvue	G-s	0,160	0,193	0,154		0,119	0,224	0,316	0,316	0,090		0,133	0,184	0,158		0,096	0,064	0,208	0,148	0,194	0,139	0,146	0,137	0,085	
<b>V 407 - Ventilador Ar de Combustão</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec		4,576		5,755							5,222	5,602	6,342									6,030	6,878	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,043		0,047							0,050	0,041	0,038		0,038							0,0072	0,075	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec		4,035		4,519							3,888	3,509	2,794									1,887	3,646	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec		1,273		1,979							2,074	2,141	3,142									3,180	3,339	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec		1,195		1,542							2,055	1,781	3,509									3,399	3,550	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s		0,078		0,044							0,044	0,042	0,032									0,058	0,054	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec		2,882		2,740							3,230	2,199	2,857									3,605	3,334	
M2A	Motor Axial	mm/Sec		8,092																						
<b>V 408 - Ventilador Ar de Combustão</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	6,563		5,519	4,831	4,326	4,738	4,849	4,147	4,147	4,585	4,388		4,865		3,471		4,266				5,385		5,466	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,121		0,343	0,397	0,401	0,350	0,346	0,048	0,048	0,274	0,235		0,395		0,214		0,480				0,327		0,416	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	6,353		6,084	6,003	5,843	4,989	5,033	4,408	4,408	5,232	6,711		5,499		5,880		5,253				6,712		6,437	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,887		3,760	3,394	3,956	4,016	3,41	4,571	4,571	2,655	3,488		3,729		3,603		3,519				3,690		3,060	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	2,709		3,824	2,585	3,980	3,919	3,209	4,390	4,390	2,840	3,486		2,764		3,344		3,347				3,395		3,064	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,088		0,172	0,197	0,111	0,175	0,115	0,128	0,128	0,262	0,471		0,231		0,482		0,298				0,252		0,238	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	5,006		4,929	4,59	4,866	4,889	4,467	5,366	5,366	4,732	3,899		4,346		3,559		3,736				4,254		4,666	

		2015												2016												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>V 409 - Ventilador Ar de Combustão</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec							7,789	7,789				6,315	6,075		5,508							6,201		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s							0,080	0,080				0,228	0,182		0,058								0,243	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec							6,359	6,359				1,373	1,072		1,147								1,571	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec							3,381	3,381				1,924	2,050		1,935								1,603	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec							3,334	3,334				1,883	2,021		1,981								1,614	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s							0,525	0,525				0,415	0,374		0,359								0,361	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec							0,968	0,968				1,568	1,515		0,838								1,926	
M2A	Motor A xial	mm/Sec							1,861	1,861				1,812	3,898		1,652								2,009	
<b>B 439 A - Bomba de Aliment.das Caldeir</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,809	3,388	3,044	2,983	3,223	3,859	2,738	3,064	3,064	3,540	2,846	3,418	2,982	3,447		4,543	4,939	4,164				4,804	1,123	1,529
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,065	0,058	0,049	0,076	0,068	0,046	0,379	0,733	0,733	0,112	0,057	0,133	0,121	0,035		0,061	0,053	0,058				0,043	0,616	0,298
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,983	0,475	0,557	0,765	0,648	1,035	0,53	0,866	0,866	0,839	1,007	0,790	0,586	0,719		1,237	1,075	1,044				1,781	1,341	0,908
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,779	3,061	3,030	3,332	2,457	3,216	2,851	2,988	2,988	3,061	2,564	3,597	2,977	3,518		4,654	4,783	4,464				4,177	1,394	1,537
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	3,564	3,243	2,965	3,200	2,664	3,357	2,871	3,039	3,039	3,259	2,756	3,607	2,980	3,378		4,456	4,793	4,455				4,491	1,388	1,430
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,306	0,435	0,367	0,386	0,404	0,421	0,168	0,326	0,326	0,296	0,440	0,311	0,250	0,164		0,301	0,340	0,356				0,328	0,515	0,592
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,83	1,127	1,131	0,980	1,157	1,114	1,271	1,320	1,320	0,989	0,793	0,956	0,524	0,710		1,297	1,194	1,261				2,023	1,404	1,164
M2A	Motor A xial	mm/Sec	1,597	1,523	1,336	1,484	1,280	1,433	1,338	0,937	0,937	1,429	1,267	0,959	0,970	1,312		1,978	1,691	1,687				3,090	1,747	0,992
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,777	2,827	3,123	2,646	3,014	3,459	2,84	3,121	3,121	2,612	2,728	3,669	2,751	3,943		3,191	2,624	3,381				3,466	2,399	2,751
B3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,325	0,452	0,202	0,170	0,488	0,236	0,485	0,141	0,141	0,298	0,625	0,884	0,367	0,245		0,177	0,304	0,247				0,228	0,452	0,400
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,543	1,346	1,323	1,390	1,275	1,291	1,522	1,730	1,730	1,431	1,833	1,673	1,243	1,448		2,857	1,505	1,624				1,795	1,495	1,421
B4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,32	2,718	3,168	3,119	2,662	3,364	2,758	2,980	2,980	2,770	2,594	3,455	3,563	3,670		3,748	2,571	3,262				3,306	2,293	2,349
B4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,114	0,136	0,084	0,072	0,130	0,126	0,119	0,203	0,203	0,473	0,190	0,193	0,159	0,085		0,324	0,428	0,475				0,471	0,388	0,247
B4V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,091	1,004	0,997	1,051	0,951	0,953	1,029	1,090	1,090	1,086	1,086	1,926	1,082	1,219		3,168	1,434	1,504				3,010	1,004	1,105
B4A	Bomba A xial	mm/Sec	1,105	1,091	1,169	1,060	1,215	1,463	0,936	1,376	1,376	1,095	1,236	1,575	1,393	1,563		1,364	1,583	1,450				2,107	0,830	0,996
<b>B 439 B - Bomba de Aliment.das Caldeir</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																3,976	3,581					1,398		1,327
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																1,078	1,433					0,163		0,133
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																2,336	3,743					1,024		1,202
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																2,778	5,259					1,480		1,435
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																1,409	1,236					1,479		1,426
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																4,217	3,562					0,349		0,142
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																5,756	5,182					1,191		1,232
M2A	Motor A xial	mm/Sec																1,880	2,271					0,967		0,987
B3H	Bomba Horizontal	mm/Sec																3,238	1,247					1,729		1,904
B3P	Bomba Horz Peakvue	G-s																0,375	0,377					0,177		0,140
B3V	Bomba Vertical	mm/Sec																3,129	2,354					1,345		1,165
B4H	Bomba Horizontal	mm/Sec																4,256	3,180					3,284		3,484
B4P	Bomba Horz Peakvue	G-s																2,042	2,133					0,244		0,190
B4V	Bomba Vertical	mm/Sec																2,393	3,596					2,326		2,207
B4A	Bomba A xial	mm/Sec																1,546	1,859					1,235		1,496
<b>C 495 A - Compressor Atlas Copco</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,5	1,482	1,077	1,588			1,307	1,421	1,421															
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,414	0,243	0,273	0,302			0,312	0,423	0,423															
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,568	1,273	0,943	1,307			1,172	1,288	1,288															
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,483	1,981	1,471	1,765			1,899	1,91	1,910															
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,74	1,665	0,798	0,938			1,05	1,488	1,488															
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,349	0,299	0,296	0,344			0,369	1,269	1,269															
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,621	3,369	1,650	1,276			3,239	1,778	1,778															
M2A	Motor A xial	mm/Sec	2,631	2,57	2,007	2,071			2,817	2,33	2,33															

		2015												2016																		
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro							
<b>C 495 B - Compressor Atlas Copco</b>																																
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,048	1,283	1,245	1,331	1,212	1,387	1,309	1,243	1,243											1,335	1,335									
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,511	0,171	0,231	0,22	0,244	0,240	0,176	0,248	0,248											0,276	0,276									
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,789	1,177	1,274	1,249	1,117	1,249	1,273	1,106	1,106											1,182	1,182									
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,228	2,142	1,938	1,876	2,049	2,493	1,737	1,973	1,973											1,752	1,752									
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,237	0,664	0,972	0,667	0,670	0,745	0,739	1,12	1,120											1,169	1,169									
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,36	0,287	0,539	0,247	0,245	0,324	0,32	0,417	0,417											0,265	0,265									
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,164	1,308	1,485	1,194	2,539	1,480	1,55	1,506	1,506											1,681	1,681									
M2A	Motor A xial	mm/Sec	4,817	4,838	4,976	4,321	5,179	4,974	4,533	4,76	4,760											4,047	4,047									
<b>B 446 A - Bomba de Água desgaseificada</b>																																
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,884	1,104	1,168																		10,89									
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,047	0,144	0,102																		0,131									
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,659	0,667	0,688																		8,688									
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,821	0,977	1,003																		11,33									
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,689	0,749	0,960																		11,33									
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,178	0,162	0,143																		0,273									
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,07	1,645	0,801																		8,831									
M2A	Motor A xial	mm/Sec	0,884	1,704	0,743																		8,871									
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,218	1,355	1,414																		18,54									
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,109	0,180	0,174																		0,570									
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,353	1,618	1,520																		6,095									
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	0,756	1,249	1,013																		16,05									
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,128	0,136	0,164																		0,495									
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,42	1,389	1,279																		5,937									
P2A	Bomba A xial	mm/Sec	0,789	0,876	0,805																		5,892									
<b>B 446 B - Bomba de Água desgaseificada</b>																																
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec				4,384	4,369	3,931	3,755	3,188	3,188	1,180	1,210	0,772	0,809	1,002	1,195	1,396						1,255	1,661	5,342	4,571	3,162	2,529	2,503		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s				0,065	0,054	0,116	0,101	0,064	0,064	0,278	0,032	0,278	0,378	0,218	0,356	0,178							0,278	0,258	0,284	0,297	0,206	0,142	0,254	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec				1,592	1,748	1,437	0,788	1,032	1,032	1,041	0,911	0,598	0,936	1,028	0,918	0,957							1,018	0,994	1,581	1,659	1,156	1,072	1,131	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec				3,118	4,154	3,384	2,617	2,645	2,645	0,953	0,870	0,762	0,842	0,995	0,970	1,151							1,368	1,669	5,198	4,809	3,138	2,806	2,572	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec				3,37	4,322	3,475	2,662	2,420	2,420	1,110	0,780	0,748	0,839	0,809	0,928	1,195							1,352	1,626	5,330	4,843	3,287	2,655	2,523	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s				0,133	0,103	0,534	0,399	0,296	0,296	0,285	0,235	0,501	0,378	0,402	0,382	0,282							0,338	0,353	0,324	0,302	0,421	0,319	0,539	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec				1,717	1,920	1,254	1,322	1,067	1,067	1,006	1,106	0,837	0,816	1,095	0,996	0,846							0,979	0,871	1,142	1,419	0,932	1,065	1,120	
M2A	Motor A xial	mm/Sec				1,408	1,258	1,231	1,367	1,841	1,841	0,676	0,729	0,697	0,619	0,666	0,986	0,846							0,713	0,689	0,888	1,500	0,953	1,012	1,979	
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec				2,473	2,625	2,722	2,591	2,879	2,879	3,628	2,068	3,504	2,356	2,474	1,639	1,661							1,271	1,210	2,439	1,829	1,179	1,297	1,559	
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s				0,176	0,075	0,119	0,048	0,202	0,202	0,412	0,224	0,564	0,627	0,500	0,567	0,618							0,697	0,656	0,640	0,656	0,589	0,518	0,565	
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec				2,735	3,475	2,865	2,779	2,599	2,599	1,974	1,466	1,672	1,664	1,528	1,605	1,598							1,224	1,378	1,411	1,937	1,409	1,453	1,622	
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec				2,096	1,942	2,147	2,052	2,053	2,053	2,434	0,705	2,782	1,800	2,016	1,700	1,681							1,217	1,140	2,294	1,914	1,377	1,138	1,326	
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s				0,142	0,163	0,247	0,134	0,229	0,229	0,402	0,084	0,487	0,489	0,482	0,603	0,520							0,549	0,576	0,596	0,542	0,497	0,484	0,528	
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec				2,427	3,269	2,874	2,734	2,428	2,428	1,715	0,808	1,448	1,429	1,458	1,720	1,507							1,076	1,252	1,302	1,976	1,240	1,455	1,427	
P2A	Bomba A xial	mm/Sec				1,126	0,886	0,905	0,971	1,296	1,296	2,006	0,739	1,806	1,418																	
<b>V 446 A - Ventilador</b>																																
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	8,27	9,711																					4,315	3,990	4,738	4,128	2,982	3,004	3,589	1,530
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,079	0,127																					0,084	0,083	0,273	0,092	0,221	0,086	0,148	0,170
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,748	1,387																					3,490	1,392	0,724	1,457	1,348	1,062	1,552	1,070
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	5,731	6,356																					4,578	3,561	4,001	3,589	3,942	2,975	3,416	1,494
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	5,689	6,397																					4,367	3,352	3,847	3,176	3,015	2,927	3,580	1,461
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,103	0,115																					0,220	0,076	0,087	0,043	0,282	0,072	0,190	0,266
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	3,444	6,365																					4,343	2,698	3,279	3,300	2,611		3,542	2,349

		2015												2016											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Margo	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>V 446 B - Ventilador</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,709		1,757	1,888	1,884	1,771	3,406	3,559	3,559	3,798	5,787	6,871	6,441	7,398	3,756	2,978							
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,033		0,110	0,106	0,128	0,225	0,157	0,323	0,323	0,119	0,083	0,098	0,109	0,125	0,146	0,162							
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,582		0,661	0,56	0,573	0,840	1,888	2,117	2,117	0,649	2,187	2,752	0,47	1,806	3,791	2,129							
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	2,391		1,120	0,928	0,832	1,122	3,413	3,809	3,809	3,113	5,198	6,379	4,678	5,104	2,488	2,209							
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	2,426		1,051	0,879	0,782	1,113	3,569	3,558	3,558	3,151	5,076	6,254	4,743	5,086	2,449	2,225							
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,013		0,069	0,078	0,059	0,136	0,073	0,118	0,118	0,087	0,070	0,029	0,087	0,071	0,037	0,052							
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,886		1,801	1,588	1,546	1,519	2,918	3,554	3,554	0,751	3,705	5,991	2,414	2,977	1,770	2,973							
<b>B 452 A - Bomba de Água desm. Para Reg</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec			0,981	0,779											0,798			0,930	0,747	0,802			
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s			0,136	0,170											0,039			0,017	0,090	0,075			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec			0,623	0,601											0,344			0,589	0,597	0,479			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec			0,854	1,182											0,688			0,734	0,539	0,686			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec			0,854	0,697											0,615			0,667	0,448	0,609			
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s			0,278	0,257											0,048			0,048	0,129	0,097			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec			0,834	0,879											0,465			0,426	0,462	0,501			
M2A	Motor A xial	mm/Sec			1,153	0,925											0,334			0,326	0,447	0,421			
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec			0,592	0,680											1,782			1,810	1,546	1,645			
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s			0,062	0,076											0,222			0,203	0,115	0,070			
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec			0,439	0,531											1,918			1,705	1,833	1,942			
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec			0,236	0,256											0,668			0,571	0,616	0,717			
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s			0,098	0,112											0,091			0,329	0,116	0,082			
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec			0,247	0,309											0,962			0,547	1,006	1,007			
P4A	Bomba A xial	mm/Sec			0,213	0,213											0,690			0,616		0,684			
<b>B 452 B - Bomba de Água desm. Para Reg</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec								0,438				0,405	0,436	0,425			0,404						
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s								0,031				0,095	0,080	0,019			0,084						
M1V	Motor Vertical	mm/Sec												0,448					0,462						
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec									0,441			0,459	0,427	0,473			0,468						
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec									0,369			0,384	0,384	0,390			0,378						
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s									0,114			0,173	0,119	0,071			0,122						
M2V	Motor Vertical	mm/Sec									0,353			0,337	0,353	0,361			0,369						
M2A	Motor A xial	mm/Sec									0,356			0,446	0,367	0,366			0,577						
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec									0,669			0,775	0,666	0,531			0,707						
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s									0,476			0,463	0,660	0,138			0,245						
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec									0,640			0,680	0,549	0,445			0,501						
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec									0,745			0,752	0,747	0,399			0,507						
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s									1,332			0,976	0,972	0,289			0,442						
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec									0,939			0,560	0,954	0,392			0,604						
P4A	Bomba A xial	mm/Sec									0,385			0,795					0,392						
<b>B 452 C - Bomba de Água desm. Para Reg</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,727																3,262						
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,03																0,328						
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	2,782																3,051						
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	5,652																4,710						
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	5,151																4,750						
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,289																0,346						
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	2,453																1,625						
M2A	Motor A xial	mm/Sec	3,737																2,931						
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,92																2,666						
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,301																0,421						
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	3,486																3,856						
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,088																1,688						
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,476																0,480						
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	2,255																2,550						
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	1,567																1,428						





		2015												2016											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>B 521 D - Bomba de Água Quente</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec												0,837	0,612	0,509	1,146	0,801	0,780	1,110	0,698				
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s												0,295	0,502	0,355	0,414	0,536	0,607	1,032	0,794				
M1V	Motor Vertical	mm/Sec												0,640	0,449	0,510	0,868	0,891	0,668	0,585	0,374				
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec												0,803	0,575	0,600	0,918	0,910	0,802	0,887	0,715				
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec												0,704	0,526	0,540	0,830	0,809	0,738	0,788	0,744				
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s												0,482	0,513	0,695	0,615	1,730	1,150	1,931	1,781				
M2V	Motor Vertical	mm/Sec												0,771	0,502	0,548	0,803	0,725	0,681	0,611	0,467				
M2A	Motor A xial	mm/Sec												0,930	0,411	0,454	0,666	0,945	1,105	0,946	0,837				
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec												1,741	1,503	1,531	1,933	1,941	1,513	1,370	1,672				
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s												0,315	0,242	0,387	0,311	0,319	0,249	0,231	0,271				
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec												2,387	1,970	2,045	2,351	2,285	1,814	1,825	1,983				
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec												1,796	1,227	1,471	1,999	1,948	1,361	1,364	1,670				
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s												0,415	0,309	0,259	0,298	0,239	0,271	0,237	0,315				
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec												2,709	1,785	1,476	2,382	1,966	1,743	1,719	2,180				
<b>B 523 A - Bomba de água resfrescada</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,433	1,378	1,532	1,471	1,37	2,310	1,584	1,409	1,409						1,420	1,906	1,924	1,880	1,813	1,870	1,930		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,278	0,148	0,145	0,360	0,105	0,174	0,110	0,278	0,278						0,174	0,198	0,178	0,154	0,152	0,114	0,123		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,98	0,866	0,770	0,872	1,158	1,618	1,179	1,188	1,188						1,516	1,186	1,361	0,831	0,733	0,776	1,377		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,345	1,408	1,628	1,422	1,490	1,780	1,820	1,497	1,497						1,414	1,782	2,070	1,784	1,933	1,798	1,855		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	1,251	1,362	1,462	1,248	1,341	1,706	1,748	1,375	1,375						1,227	1,647	1,989	1,722	1,822	1,676	1,741		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,347	0,183	0,091	0,263	0,300	0,213	0,161	0,186	0,186						0,242	0,234	0,228	0,233	0,226	0,213	0,192		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,38	1,191	0,823	0,952	1,029	1,332	1,253	1,153	1,153						1,023	1,331	1,665	1,285	1,567	1,462	1,413		
M2A	Motor A xial	mm/Sec	1,591	1,840	1,337	1,814	1,264	1,507	1,244	1,218	1,218						0,991	1,713	1,438	1,234	1,387	1,366	1,072		
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,847	2,181	1,870	1,258	1,410	2,254	1,406	1,503	1,503						1,989	2,348	3,043	2,435	2,373	2,414	2,570		
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,559	0,507	0,418	0,242	0,132	0,851	0,273	0,488	0,488						0,144	0,116	0,112	0,103	0,064	0,073	0,082		
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,585	1,716	1,436	1,300	1,424	1,452	1,483	1,337	1,337						2,056	2,684	2,617	2,388	2,240	2,299	2,861		
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,022	1,759	1,854	1,886	1,806	2,117	1,815	1,607	1,607						1,925	2,974	2,466	2,472	2,744	2,953	2,895		
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,302	0,355	0,401	0,235	0,187	0,406	0,217	0,604	0,604						0,253	0,172	0,164	0,202	0,168	0,173	0,142		
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,505	1,295	1,246	1,371	1,391	1,420	1,202	1,262	1,262						1,971	2,299	2,403	2,220	2,310	2,357	2,395		
<b>B 523 B - Bomba de água resfrescada</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec												0,986	0,844	1,078	1,258	1,020	1,175			0,786	0,556	0,837	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s												1,180	1,980	0,782	0,8	1,157	0,176			0,485	0,344	0,325	
M1V	Motor Vertical	mm/Sec												1,129	0,829	0,853	0,887	1,230	1,225			0,719	0,742	0,622	
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec												1,325	1,271	1,279	1,368	1,251	1,181			0,789	0,817	0,939	
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec												1,025	1,026	1,021	1,077	1,001	0,851			0,782	0,751	0,930	
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s												2,887	3,024	2,019	2,203	2,309	0,300			0,504	0,540	0,644	
M2V	Motor Vertical	mm/Sec												1,262	1,253	1,233	1,061	1,488	1,255			1,022	0,869	1,018	
M2A	Motor A xial	mm/Sec												1,072	0,853	1,466	1,091	0,989	1,200			1,066	0,710	0,938	
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec												3,791	3,745	4,378	4,033	3,458	1,014			2,959	3,282	3,199	
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s												0,237	0,353	0,436	0,35	0,527	0,223			0,264	0,262	0,341	
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec												2,528	2,629	2,888	2,589	2,480	1,006			2,182	2,217	2,254	
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec												1,712	2,015	2,156	2,362	1,793	0,765			1,659	1,499	1,722	
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s												0,251	0,320	0,302	0,279	0,473	0,138			0,357	0,376	0,273	
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec												1,677	1,916	1,675	1,758	1,743	0,567			1,513	1,631	1,618	
<b>B 532 A - Bomba de Água de Circulação</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,385	1,206	1,286	1,220	1,256	1,299	1,040	0,985	0,985														
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,12	0,126	0,102	0,143	0,122	0,113	0,079	0,110	0,110														
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,097	1,008	1,094	0,858	0,724	1,310	1,064	1,350	1,350														
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,521	1,640	1,480	1,449	1,476	1,617	1,319	1,246	1,246														
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,956	0,963	0,874	0,838	0,908	1,204	0,839	1,009	1,009														
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,185	0,241	0,202	0,242	0,176	0,149	0,131	0,281	0,281														
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	1,198	1,232	1,415	1,284	1,169	1,342	1,348	1,567	1,567														
M2A	Motor A xial	mm/Sec	1,711	1,675	1,386	1,542	1,616	2,012	1,783	1,685	1,685														
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,411	2,571	2,553	1,993	1,880	2,784	2,155	2,305	2,305														
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,186	0,147	0,133	0,128	0,144	0,135	0,114	0,167	0,167														
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,556	0,686	0,596	0,654	0,722	0,739	0,567	0,620	0,620														
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,836	1,993	2,024	1,549	1,322	1,837	1,405	1,492	1,492														
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,4	0,179	0,172	0,337	0,339	0,228	0,155	0,133	0,133														
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec	0,509	0,494	0,449	0,506	0,584		0,464	0,526	0,526														
P4A	Bomba A xial	mm/Sec	0,577	0,664	0,557	0,723	0,653		0,466	0,741	0,741														

		2015												2016															
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro				
<b>B 532 B - Bomba de Água de Circulação</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec											0,938	1,361	1,074	1,081	1,030			1,359	1,468	1,100	0,909	0,801	1,395	1,286	1,122		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s											0,135	0,020	0,048	0,153	0,193			0,124	0,108	0,187	0,173	0,170	0,032	0,091	0,054		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec											0,822	1,424	1,588	0,888	0,762			1,387	1,361	0,703	0,574	0,524	1,438	1,297	1,589		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec											1,125	1,638	1,189	1,144	1,071			1,101	1,289	1,150	1,038	0,927	1,290	1,084	0,825		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec											0,854	1,387	0,888	1,005	0,885			0,989	0,995	1,202	0,887	0,758	1,053	0,847	0,888		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s											0,180	0,188	0,094	0,187	0,204			0,170	0,254	0,297	0,268	0,268	0,315	0,394	0,198		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec											0,988	1,170	1,026	0,759	0,950			1,104	1,316	0,815	0,892	0,795	0,910	0,924	0,958		
M2A	Motor A xial	mm/Sec											1,447	1,905	1,167	1,387	1,214			1,248	1,282	0,829	0,964	0,768	1,693	0,942	1,142		
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec											1,038	0,998	0,755	0,851	0,851			0,834	0,883	1,010	1,488	1,688	1,177	0,989	1,069		
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s											0,710	0,378	0,225	0,229	0,203			0,160	0,259	0,921	0,185	0,232	0,298	0,254	0,477		
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec											0,941	0,852	0,867	0,909	0,779			0,809	0,961	0,930	1,201	0,964	0,910	0,759	1,081		
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec											0,984	0,782	0,673	0,678	0,656			0,829	0,888	0,836	1,151	1,210	0,880	0,790	1,043		
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s											0,453	0,159	0,201	0,158	0,136			0,142	0,139	0,387	0,107	0,156	0,099	0,125	0,401		
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec											0,572	0,725	0,605	0,580	0,437			0,827	0,896	0,344	0,440	0,623	0,808	0,552	0,716		
P4A	Bomba A xial	mm/Sec											0,530	0,890	0,793	0,406	0,378			0,847	0,833	0,351	0,480	0,527	0,621	0,672	0,769		
<b>B 532 C - Bomba de Água de Circulação</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																									0,926		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																									0,089		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																									0,713		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																									1,171		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																									1,089		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																									0,310		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																									1,686		
M2A	Motor A xial	mm/Sec																									1,853		
P3H	Bomba Horizontal	mm/Sec																									1,118		
P3P	Bomba Horz Peakvue	G-s																									2,236		
P3V	Bomba Vertical	mm/Sec																									1,024		
P4H	Bomba Horizontal	mm/Sec																									1,129		
P4P	Bomba Horz Peakvue	G-s																									0,571		
P4V	Bomba Vertical	mm/Sec																									1,288		
P4A	Bomba A xial	mm/Sec																									0,774		
<b>B 504 A - Bomba de Água Contra Incendi</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,165	3,010	2,829	2,804		3,587	3,774	3,329	3,329	3,375	3,185	2,895	2,735	2,917	3,006	3,377	3,418	1,885	1,939	1,925	2,368			2,156			
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,227	0,252	0,254	0,257		0,446	0,407	0,401	0,401	0,270	0,481	0,163	0,384	0,272	0,561	0,388	0,472	0,109	0,162	0,232	0,705			0,128			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	1,272	1,608	1,655	1,246		2,142	2,041	1,744	1,744	1,128	1,558	1,606	1,452	1,334	2,068	2,369	2,305	0,650	0,570	0,533	2,422			0,827			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	3,141	2,940	3,326	3,100		3,977	3,693	3,806	3,806	3,710	3,917	3,394	2,989	3,448	3,889	3,962	4,223	1,969	1,911	1,990	4,214			2,388			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	3,256	3,009	3,044	2,980		3,837	3,736	3,654	3,654	3,595	3,830	3,230	2,888	3,377	3,796	3,742	4,080	1,976	1,902	1,972	3,956			2,374			
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,242	0,351	0,505	0,365		0,320	0,312	0,462	0,462	0,459	0,361	0,204	0,210	0,245	0,495	0,311	0,329	0,073	0,118	0,131	0,292			0,053			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	2,383	1,855	1,896	1,694		3,448	1,887	3,257	3,257	2,672	4,021	2,345	3,284	2,220	3,667	2,537	4,022	1,674	1,572	1,217	4,223			1,737			
M2A	Motor A xial	mm/Sec	1,388	1,608	1,660	1,639		1,831	1,76	2,494	2,494	2,430	1,863	1,588	1,493	1,799	3,163	2,393	3,482	1,548	1,588	1,658	2,816			1,444			
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec	2,029	1,850	1,859	1,637		1,808	1,326	1,863	1,863	1,538	2,109	1,515	1,572	1,796	1,810	2,060	1,988	1,122	1,468	1,403	1,968			1,061			
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,917	0,979	0,760	0,828		0,857	0,496	0,695	0,695	0,620	0,838	0,955	0,882	0,835	1,050	0,926	1,116	0,377	0,465	0,402	0,332			0,507			
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,517	1,785	1,380	1,592		1,876	1,926	1,787	1,787	1,702	1,383	1,542	1,359	1,696	1,533	1,971	1,496	1,446	1,501	1,261	1,314			1,269			
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec	1,332	1,229	1,480	1,431		1,493	1,163	1,150	1,150	1,038	1,442	1,128	1,174	1,191	1,836	1,321	1,385	0,974	1,209	1,081	1,225			1,008			
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s	0,732	0,624	0,519	0,433		0,422	0,162	0,480	0,480	0,395	0,686	0,463	0,396	0,472	0,560	0,590	0,742	0,256	0,421	0,401	0,323			0,436			
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec	1,214	1,240	1,355	0,712		1,021	0,972	0,899	0,899	0,881	0,522	0,883	0,816	0,892	0,776	1,290	1,173	1,065	1,147	0,681	0,887			0,741			
P2A	Bomba A xial	mm/Sec	1,89	1,105	2,049	1,846		2,059	1,509	1,509	0,735	0,914	1,482	0,902	1,040	0,944	1,921	1,014	0,667	0,720	0,750	1,308				0,774			
<b>B 504 B - Bomba de Água Contra Incendi</b>																													
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec					1,167																				1,997	1,833	
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s					0,082																					0,480	0,430
M1V	Motor Vertical	mm/Sec					0,351																					1,106	0,995
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec					1,893																					2,301	3,008
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec					1,333																					2,279	2,047
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s					0,200																					0,081	0,167
M2V	Motor Vertical	mm/Sec					0,990																					1,549	1,813
M2A	Motor A xial	mm/Sec					0,818																					1,452	0,886
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec					1,894																					1,038	1,967
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s					0,953																					0,446	0,222
P1V	Bomba Vertical	mm/Sec					1,741																					1,124	2,118
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec					1,829																					1,036	2,008
P2P	Bomba Horz Peakvue	G-s					0,758																					0,406	0,218
P2V	Bomba Vertical	mm/Sec					1,403																					0,825	2,052
P2A	Bomba A xial	mm/Sec					1,732																					1,320	1,822

		2015												2016											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>B 506 A - Bomba Água Compen. (8°circui</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																							
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																							
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																							
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																							
M2A	Motor A xial	mm/Sec																							
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec																							
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s																							
P1V	Bomba Vertical	G-s																							
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec																							
P2P	Bomba Horz Peakvue	mm/Sec																							
P2V	Bomba Vertical	G-s																							
P2A	Bomba A xial	mm/Sec																							
<b>B 506 B - Bomba Água Compen. (8°circui</b>																									
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s																							
M1V	Motor Vertical	mm/Sec																							
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec																							
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s																							
M2V	Motor Vertical	mm/Sec																							
M2A	Motor A xial	mm/Sec																							
P1H	Bomba Horizontal	mm/Sec																							
P1P	Bomba Horz Peakvue	G-s																							
P1V	Bomba Vertical	G-s																							
P2H	Bomba Horizontal	mm/Sec																							
P2P	Bomba Horz Peakvue	mm/Sec																							
P2V	Bomba Vertical	G-s																							
P2A	Bomba A xial	mm/Sec																							
<b>B 536 A - Bomba de Água de Circulação</b>																									
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec																							
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s																							
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec																							
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec																							
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec																							
M2P	Motor Ponto 2 Horz Peakvue	G-s																							
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec																							
M2A	Motor Ponto 2 A xial	mm/Sec																							
B3H	Bomba Ponto 3 Horizontal	mm/Sec																							
B3P	Bomba Ponto 3 Horz Peakvue	G-s																							
B3V	Bomba Ponto 3 Vertical	mm/Sec																							
B4H	Bomba Ponto 4 Horizontal	mm/Sec																							
B4P	Bomba Ponto 4 Horz Peakvue	G-s																							
B4V	Bomba Ponto 4 Vertical	mm/Sec																							
B4X	Bomba Ponto 4 A xial	mm/Sec																							
<b>B 536 B - Bomba de Água de Circulação</b>																									
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec																							
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s																							
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec																							
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec																							
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec																							
M2P	Motor Ponto 2 Horz Peakvue	G-s																							
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec																							
M2A	Motor Ponto 2 A xial	mm/Sec																							
B3H	Bomba Ponto 3 Horizontal	mm/Sec																							
B3P	Bomba Ponto 3 Horz Peakvue	G-s																							
B3V	Bomba Ponto 3 Vertical	mm/Sec																							
B4H	Bomba Ponto 4 Horizontal	mm/Sec																							
B4P	Bomba Ponto 4 Horz Peakvue	G-s																							
B4V	Bomba Ponto 4 Vertical	mm/Sec																							
B4X	Bomba Ponto 4 A xial	mm/Sec																							

		2015												2016												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
<b>V 522 B - Ventilador do 2º Circuito</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,659	0,414	0,528	0,784	0,602	0,747	1,015	0,937	0,937	0,578	0,588		0,492	0,759	1,042	0,537	0,918	0,820	0,491	2,165	0,499	0,532		
M1P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,119	0,073	0,175	0,215	0,161	0,195	0,15	0,278	0,278	0,148	0,126		0,240	0,073	0,269	0,039	0,292	0,193	0,204	0,595	0,109	0,353		
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,225	0,429	0,326	0,630	0,204	0,598	0,895	0,523	0,523	0,387	0,534		0,229	0,538	0,942	0,479	0,845	0,584	0,274	1,780	0,518	0,211		
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	1,246	0,388	1,238	0,959	0,603	0,861	0,929	0,765	0,765	0,578	0,326		0,523	0,497	0,979	0,386	0,900	0,970	0,538	0,659	0,482	0,605		
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,81	0,310	0,499	0,734	0,625	0,534	0,799	0,838	0,838	0,381	0,302		0,478	0,443	0,768	0,367	0,702	0,663	0,541	0,577	0,345	0,488		
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,121	0,062	0,237	0,348	0,129	0,360	0,135	0,250	0,250	0,130	0,203		0,219	0,144	0,373	0,134	0,303	0,250	0,183	0,253	0,068	0,236		
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,499	0,458	0,494	0,624	0,367	0,494	0,518	0,779	0,779	0,386	0,417		0,336	0,597	1,587	0,369	0,669	0,937	0,415	0,703	0,323	0,397		
M2A	Motor A xial	mm/Sec	0,432	0,308	0,318	0,594	0,334	0,389	0,411	0,465	0,465	0,227	0,267		0,275	0,332	0,616	0,312	0,674	0,518	0,329	0,539	0,167	0,344		
C3H	Chumaceira Ponto 3 Horizontal	mm/Sec	0,483	0,307	0,397	0,659	0,520	0,536	0,673	0,821	0,821	0,369	0,388		0,374	0,625	0,928	1,097	1,026	0,954	0,643	0,534	0,339	0,486		
C3P	Chumaceira Ponto 3 Peakvue	G-s	1,473	0,069	0,923	1,819	0,166	0,823	0,553	0,850	0,850	0,493	0,491		0,651	0,339	0,447	0,031	0,577	0,332	0,198	1,632	0,428	0,736		
C4H	BNC Chumaceira int.veio	mm/Sec	0,771	0,360	0,781	1,039	0,648	1,054	1,162	1,065	1,065	0,456	0,461		0,650	1,012	1,594	1,515	1,981	1,908	1,357	1,709	0,418	0,827		
C4P	BNC Chumaceira int.veio Peakvue	G-s	0,486	0,092	0,563	1,007	0,089	0,562	0,811	0,881	0,881	0,198	0,080		0,565	0,134	0,696	0,566	0,943	0,767	0,416	1,346	0,512	0,023		
R5H	BNC Redutor do ventíl.	mm/Sec	1,038	0,521	1,103	1,588	0,927	1,125	1,493	1,404	1,404	0,492	0,558		0,738	1,038	1,605	0,578	1,606	1,428	0,825	1,584	0,549	0,879		
R5P	BNC Redutor do ventíl. Peakvue	G-s	0,045	0,021	0,049	0,103	0,040	0,069	0,078	0,079	0,079	0,014	0,014		0,036	0,044	0,106	0,016	0,105	0,077	0,032	0,168	0,021	0,041		
5HI	BNC Redutor veio intermédio	mm/Sec	1,016	0,531	1,068	1,551	0,826	1,085	1,494	1,379	1,379	0,511	0,511		0,682	1,004	1,565	0,596	1,558	1,389	0,822	1,516	0,520	0,868		
5PK	BNC Red.Veio Intermédio Peakvue	G-s	0,056	0,028	0,057	0,129	0,053	0,087	0,086	0,084	0,084	0,018	0,017		0,047	0,062	0,135	0,021	0,136	0,084	0,052	0,185	0,030	0,056		
<b>V 522 A - Ventilador do 2º Circuito</b>																										
M1H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,466	0,332		0,463	0,469	0,820	0,840	0,695	0,695		0,391	0,796		0,445			0,837	0,999	0,470	1,026	0,386			
M1P	Motor ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,149	0,106		0,251	0,172	0,440	0,267	0,425	0,425		0,132	0,594		0,162			0,435	0,350	0,210	0,379	0,098			
M1V	Motor Vertical	mm/Sec	0,219	0,230		0,222	0,205	0,409	0,391	0,389	0,389		0,253	0,629		0,220			0,593	0,473	0,194	0,600	0,356			
M2H	Motor Horizontal	mm/Sec	0,492	0,306		0,520	0,417	0,645	0,769	0,554	0,554		0,365	0,676		0,405			0,903	0,889	0,470	1,332	0,244			
M2E	Motor Horizontal	mm/Sec	0,383	0,331		0,454	0,390	0,570	0,681	0,481	0,481		0,295	0,529		0,377			0,618	0,859	0,402	0,654	0,224			
M2P	Motor Horz Peakvue	G-s	0,203	0,174		0,205	0,170	0,288	0,137	0,356	0,356		0,163	0,311		0,148			0,291	0,302	0,155	0,379	0,109			
M2V	Motor Vertical	mm/Sec	0,233	0,231		0,220	0,219	0,480	0,415	0,381	0,381		0,309	0,577		0,352			0,657	0,524	0,203	1,306	0,257			
M2A	Motor A xial	mm/Sec	0,289	0,206		0,290	0,240	0,397	0,392	0,383	0,383		0,214	0,481		0,267			0,472	0,449	0,207	0,609	0,192			
C3H	Chumaceira Ponto 3 Horizontal	mm/Sec	0,237	0,155		0,251	0,245	0,356	0,416	0,315	0,315		0,172	0,349		0,234			0,388	0,325	0,190	0,620	0,228			
C3P	Chumaceira Ponto 3 Peakvue	G-s	0,97	0,262		0,813	0,663	0,891	0,686	0,231	0,231		0,084	0,274		0,099			0,187	0,100	0,080	0,825	0,313			
C4H	BNC Chumaceira int.veio	mm/Sec	0,707	0,397		0,889	0,684	0,969	0,970	0,946	0,946		1,039	1,530		0,918			1,514	1,044	0,959	1,672	1,196			
C4P	BNC Chumaceira int.veio Peakvue	G-s	1,039	0,437		0,824	0,236	0,800	0,638	0,674	0,674		0,305	0,227		0,123			0,224	0,168	0,067	0,184	0,313			
R5H	BNC Redutor do ventíl.	mm/Sec	1,208	1,005		1,269	0,834	2,831	2,721	2,666	2,666		0,826	1,767		0,992			1,894	2,411	0,781	1,970	1,025			
R5P	BNC Redutor do ventíl. Peakvue	G-s	0,081	0,029		0,080	0,060	0,120	0,112	0,109	0,109		0,030	0,137		0,073			0,132	0,106	0,054	0,138	0,035			
5HI	BNC Redutor veio intermédio	mm/Sec	1,162	0,694		1,201	0,830	2,654	2,710	2,640	2,640		0,819	1,768		0,960			1,908	2,380	0,763	1,950	0,831			
5PK	BNC Red.veio inte m Peakvue	G-s	0,236	0,123		0,230	0,166	0,635	0,605	0,594	0,594		0,135	0,436		0,166			0,482	0,551	0,117	0,479	0,102			
<b>V 525 - Ventilador do 3º Circuito</b>																										
M1H	Motor ponto 1 Horizontal	mm/Sec	1,046	1,154	0,968		1,215	1,612	1,304	1,939	1,939	1,517	1,385	0,810	0,675			0,938	1,003	1,191	1,062	0,968	1,304	0,196		
M1P	Motor ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,216	0,167	0,267		0,328	0,467	0,325	0,504	0,504	0,595	0,832	0,279	0,485			0,261	0,715	0,538	0,515	0,622	0,299	0,646		
M1V	Motor ponto 1 Vertical	mm/Sec	1,214	1,543	0,941		0,874	0,953	1,203	0,948	0,948	1,468	1,846	0,756	0,519			1,433	0,939	1,284	1,288	0,967	1,14	0,174		
M2H	Motor ponto 2 Horizontal	mm/Sec	1,431	1,247	1,997		2,677	2,702	2,536	2,294	2,294	2,231	1,9	1,580	1,117			1,417	1,407	1,551	1,382	1,483	1,471	0,152		
M2E	Motor ponto 2 Horiz Electrico	mm/Sec	0,599	0,567	0,565		0,594	0,603	0,640	0,648	0,648	0,604	0,568	0,364	0,476			0,424	0,523	0,574	0,553	0,541	0,592	0,096		
M2P	Motor ponto 2 Horz Peakvue	G-s	0,302	0,405	0,338		0,371	0,441	0,459	0,538	0,538	0,546	0,792	0,495	0,432			0,475	0,494	0,391	0,405	0,422	0,417	0,844		
M2V	Motor ponto 2 Vertical	mm/Sec	1,296	1,694	1,178		1,807	2,269	2,189	1,756	1,756	1,710	1,205	0,963	0,831			1,466	1,496	1,346	1,368	1,532	1,203	0,125		
M2A	Motor ponto 2 A xial	mm/Sec	2,583	1,856	3,549		4,066	4,302	4,010	2,047	2,047	1,475	1,148	1,045	0,898			0,998	1,441	1,803	1,921	2,195	2,625	0,130		
R3H	BNC Redutor do ventíl.	mm/Sec	2,968	3,078	3,558		3,624	3,979	4,654	4,306	4,306	4,379	4,169	4,944	4,581			4,928	4,444	4,991	5,042	6,112	5,221	0,400		
R3P	BNC Redutor do ventíl. Peakvue	G-s	1,391	1,457	2,096		3,455	4,034	4,392	4,664	4,664	0,150	0,191	0,178	0,274			0,408	0,445	0,525	0,578	0,668	0,733	0,091		
3HI	BNC Redutor veio intermédio	mm/Sec	3,175	3,251	3,232		3,358	3,839	4,279	4,100	4,100	4,586	4,428	4,718	4,173			7,434	5,473	6,122	7,750	6,419	4,652	0,378		
3PK	BNC Red.Veio Intermédio Peakvue	G-s	1,268	1,355	2,079		3,527	3,802	4,3311	4,289	4,289	0,218	0,226	0,286	0,345			0,577	0,647	0,845	0,979	1,111	1,125	0,103		
<b>V 536 - Ventilador do 8º Circuito</b>																										
M1H	Motor Ponto 1 Horizontal	mm/Sec	0,564	0,428	1,213	1,262	0,504	0,679	0,821	0,875	0,875	0,991	0,481	0,408	0,572	0,528	1,628	1,022	0,850	0,867	0,806	0,996	0,964	0,514	0,404	0,257
M1P	Motor Ponto 1 Horz Peakvue	G-s	0,01	0,099	0,280	0,080	0,060	0,164	0,263	0,228	0,228	0,108	0,019	0,099	0,192	0,208	0,453	0,189	0,052	0,0079	0,267	0,190	0,104	0,151	0,020	0,050
M1V	Motor Ponto 1 Vertical	mm/Sec	0,449	0,440	1,353	1,933	0,403	0,499	1,262	1,451	1,451	1,571	0,317	0,250	0,922	0,847	1,271	1,752	1,219	1,336	1,436	1,426	1,106	1,019	0,506	0,360
M2H	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	0,361	0,393	0,765	0,805	0,295	0,815	0,936	0,898	0,898	0,805	0,403	0,389	0,818	0,815	0,850	1,064	1,239	0,745	0,833	0,834	1,000	0,783	0,324	0,329
M2E	Motor Ponto 2 Horizontal	mm/Sec	0,176	0,175	0,590	0,566	0,177	0,677	0,466	0,651	0,651	0,612	0,407	0,334	0,579	0,558	0,667	0,793	0,973	0,568	0,644	0,704	0,781	0,689	0,168	0,193
M2P	Motor Ponto 2 Horz Peakvue	G-s	0,054	0,037	0,129	0,130	0,041	0,174	0,151	0,160	0,160	0,136	0,050	0,088	0,135	0,125	0,147	0,127	0,148	0,106	0,140	0,109	0,143	0,112	0,042	0,074
M2V	Motor Ponto 2 Vertical	mm/Sec	0,392	0,359	1,493	1,395																				

# **Anexo VIII**

Zonas de Avaliação (ISO 10816-:1995)

### 5.3.1 Evaluation zones

The following typical evaluation zones are defined to permit a qualitative assessment of the vibration on a given machine and to provide guidelines on possible actions. Different categorization and number of zones may apply for specific machine types, which are covered by the additional parts of ISO 10816. Interim values for the zone boundaries are presented in annex B.

**Zone A:** The vibration of newly commissioned machines would normally fall within this zone.

**Zone B:** Machines with vibration within this zone are normally considered acceptable for unrestricted long-term operation.

**Zone C:** Machines with vibration within this zone are normally considered unsatisfactory for long-term continuous operation. Generally, the machine may be operated for a limited period in this condition until a suitable opportunity arises for remedial action.

**Zone D:** Vibration values within this zone are normally considered to be of sufficient severity to cause damage to the machine.