

**IPS** Instituto  
Politécnico de Setúbal  
Escola Superior de  
Tecnologia de Setúbal

Rui Pedro Cardoso  
Batista Ferreira

**Eficiência energética  
numa indústria transformadora:  
Um Caso de Estudo**

Dissertação de Mestrado em  
Engenharia Eletrotécnica e de  
Computadores

**ORIENTADOR**

Professor Doutor, Paulo Jorge da Costa Santos

**CO - ORIENTADOR**

Professor Doutor, Armando José Pinheiro Marques Pires

Setembro, 2021

*A sabedoria dos homens é proporcional  
não à sua experiência, mas à sua capacidade  
de adquirir experiência.*

(George Bernard Shaw)

Dedico este trabalho acadêmico  
à minha esposa Carla e à minha filha Beatriz, pelo apoio incondicional.

# AGRADECIMENTOS

Tendo muita vontade de enriquecer conhecimentos e desejo de diversificar o meu percurso acadêmico, resolvi inscrever-me no Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e Computadores (perfil energias renováveis e sistemas de potência). A dissertação final de Mestrado é um trabalho individual, que leva à conclusão de mais uma etapa académica.

Agradeço a todos os que contribuíram para o meu sucesso académico, pelo seu apoio, disponibilidade e ensinamentos. Agradeço aos Orientadores, Professor Paulo Santos e Professor Armando Pires, pela disponibilidade, pelo interesse e pelo apoio.

O meu agradecimento a todos os colegas e amigos com quem aprendi, partilhei experiências e cresci enquanto profissional, que confiaram nas minhas capacidades e me propuseram desafios em diferentes áreas da engenharia.

Quero agradecer à minha família pelo incentivo que me deu em voltar aos estudos, passados 20 anos. Especialmente à minha esposa e filha, que durante este período se esforçaram por me dar as condições necessárias para voltar a estudar nesta instituição.

Aos colegas de turma, pelo espírito de entreaajuda que mantiveram durante estes dois anos.

# RESUMO

A transformação de vidro caracteriza-se por ser uma indústria de consumo intensivo de energia, sendo que, nos últimos anos, a preocupação com os consumos e os custos energéticos tornou-se crescente por duas razões.

Por um lado, as políticas da União Europeia, no sentido de inverterem o aquecimento global, penalizam de forma abrupta, tanto o consumo intensivo de energias, como as emissões de CO<sub>2</sub>. Este facto levou a que as multinacionais fossem obrigadas a reduzir as suas emissões em relação aos valores previamente declarados e comprometidos por cada país, no acordo de Paris.

Por outro lado, os gastos acrescidos com este recurso conferem às empresas um elevado potencial para aumentar a sua competitividade, através da otimização e redução dos custos energéticos.

Também a água, na transformação do vidro, é um recurso de consumo intensivo. Na empresa que serve de base ao presente caso de estudo, testemunharam-se, inicialmente, entre 2013 e 2015, consumos de 4500-5000 m<sup>3</sup>/mês. A este recurso essencial e escasso do nosso planeta, nunca foi dada a sua devida importância, pois os custos não eram percebidos com expressão na conta de resultados da empresa, quando comparados com os custos de energia.

Estas foram as duas grandes razões que levaram a efetuar-se um projeto, de cerca de 4 anos, na eficiência energética de uma instalação de transformação de vidro, destinado à produção de para-brisas e tetos para o mercado automóvel.

Durante esta experiência, procurou-se entender a rede de consumidores internos, identificar perdas e oportunidades de melhoria da eficiência dos equipamentos e melhorar o sistema de gestão da energia, com a implementação de um sistema de monitorização de consumos em tempo real. Muitas vezes, as ações revelaram um duplo impacto, como por exemplo na melhoria da segurança, da fiabilidade e dos consumos de água, com a evidência do Nexus energia-água.

**Palavras-chave:** Racionalização, monitorização, consumos, água, energia, Nexus.

# ABSTRACT

Glass processing is characterized by being an energy-intensive industry, and in recent years, the concern with consumption and energy costs has grown for two reasons.

On the one hand, the European Union's policies, in the sense of reversing global warming, abruptly penalize both energy intensive consumption and CO<sub>2</sub> emissions. This led to the multinationals being forced to reduce their emissions in relation to the values previously declared and committed by each country, in the Paris agreement.

On the other hand, the increased costs of this resource deliver a high potential to increase the company's competitiveness, with the optimization and reduction of energy costs.

Water, in the transformation of glass, is also a resource of intensive consumption. In the company in which this case study is based, a consumption of 4500-5000 m<sup>3</sup> / month was initially witnessed, between 2013 and 2015. This essential and scarce resource on our planet has never been given its due importance, as costs were not perceived with any expression in the company's results account, when compared to energy costs.

These were the two main reasons that led the author to carry out a project of about 4 years in the energy efficiency of a glass transformation installation for the production of windshields and roofs for the automotive market.

During this experience, the author sought to understand the network of internal consumers, identify losses and opportunities to improve equipment efficiency and improve the energy management system, with the implementation of a consumption monitoring system in real time. Often, the actions revealed a double impact, such as improving safety, reliability and water consumption, with the evidence of the energy-water Nexus.

**Key-Words:** Rationalization, monitoring, consumption, water, energy, Nexus.

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS.....	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e objetivos.....	1
1.2. Estrutura do documento .....	2
2. Revisão da Literatura.....	3
2.1. Situação energética Mundial .....	3
2.2. Eficiência e produtividade na indústria .....	8
2.3. Definições de eficiência energética .....	10
2.4. Eficiência energética na indústria.....	12
2.5. Abordagem da ISO 50001.....	17
2.6. Fornecimento de energia em Espanha .....	23
2.6.1. Preço Fixo. ....	23
2.6.2. Preço Indexado Tipo Pass Pool.....	23
2.6.3. Preço Indexado Tipo Pass Through.....	25
3. Descrição da empresa .....	27
3.1. Enquadramento geral .....	27
3.2. Processos de produção .....	29
3.3. Processos de serviço geral .....	41
3.4. Iluminação.....	42
3.5. Estações de tratamento de água.....	44
3.6. Redes de Ar Comprimido.....	47
3.7. Sistema de climatização industrial.....	51
4. Sistema de monitorização de energia .....	53
4.1. Seleção de analisadores .....	53

4.2.	Arquitetura da rede de comunicações.....	55
4.3.	Seleção de software de gestão de energia;.....	58
4.4.	Definição das hierarquias e famílias de contagens e programação; ...	59
5.	Metodologia de racionalização de energia na indústria .....	64
5.1.	Tarifas e gestão.....	66
5.2.	Produtividade.....	66
5.3.	Speedup (To/Tc).....	67
5.4.	1ª Lei da eficiência.....	68
5.5.	2ª Lei da eficiência.....	70
5.6.	Plano de Produção .....	72
6.	Algumas medidas implementadas.....	74
6.1.	Redução de potência contratada.....	74
6.2.	Correção do Cos $\varphi$ .....	76
6.3.	Planeamento da compra de energia.....	78
6.3.1.	Previsão aplicando redes neuronais.....	81
6.4.	Renovação da rede de ar comprimido .....	90
6.5.	Recuperação de calor dos compressores.....	97
6.6.	Exemplos de aplicações em parâmetros do processo.....	103
6.6.1.	Regulação de pressão dos autoclaves .....	103
6.6.2.	Standby mode .....	104
7.	Resultados Obtidos .....	107
8.	Conclusões.....	110
	Bibliografia.....	111
	Anexos.....	1
	Anexo I - Certificado Green Energy .....	1
	Anexo II - Fatura de energia.....	2
	Anexo III - Esquema de princípio da rede do controlo final.....	4
	Anexo IV - Esquema de princípio da rede Sulzer .....	5
	Anexo V - Esquema de princípio depuradora de manufatura.....	6
	Anexo VI – Layout sala de compressores rede 7 bar .....	7
	Anexo VII – Layout sala de compressores rede 15 bar .....	8
	Anexo VIII - Ficha técnica Circutor C10.....	9
	Anexo IX - Ficha técnica Datalogger SenNet DL170.....	11
	Anexo X - Ficha técnica compressor autoclaves DSD238.....	12

<b>Anexo XI - Ficha técnica Secador frigorifico TF340 .....</b>	<b>13</b>
<b>Anexo XII - Ficha técnica Deposito 5000Lt.....</b>	<b>14</b>
<b>Anexo XIII - Ficha técnica Tubagem PPR .....</b>	<b>15</b>
<b>Anexo XIV - Ficha técnica Isolamento Tubos .....</b>	<b>16</b>
<b>Anexo XV - Ficha técnica Bateria de condensadores .....</b>	<b>17</b>

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – <i>Road Map</i> de conferências das partes sobre o clima;.....	3
Figura 2.2 – Eficácia operacional do equipamento (OEE);.....	10
Figura 2.3 – Exemplos de CEB, SEB e ELB, numa troca de produção;.....	15
Figura 2.4 – Requisitos da ISO 50001;.....	18
Figura 2.5 – Abordagem PDCA da ISO 50001;.....	19
Figura 2.6 – Normas da Família 50000;.....	21
Figura 3.1 - Vista aérea do complexo da fábrica;.....	27
Figura 3.2 – Detalhe da área da fábrica de para-brisas;.....	29
Figura 3.3 – Tecnologia PVB com <i>Head-up-dispaly</i> (HUD);.....	30
Figura 3.4 – Rolos de PVB na entrada da linha de estirado;.....	30
Figura 3.5 – Lâminas de PVB cortado e estirado. ....	30
Figura 3.6 – <i>Croqui</i> das linhas de produção WS+CN. ....	31
Figura 3.7 – Máquina <i>CNC Bando KIKO</i> (corte, abertura e arestas);.....	32
Figura 3.8 – Máquina de lavar vidro plano da linha 4;.....	33
Figura 3.9 – Cabine de serigrafia da linha 5;.....	33
Figura 3.10 - Nomenclatura das diferentes faces do vidro laminado. ....	34
Figura 3.11 – Carro e esqueleto para colocação do par de vidros;.....	35
Figura 3.12 – Máquina de lavar <i>Buxtrup</i> do <i>Ensamblado</i> linha 5;.....	35
Figura 3.13 – Exemplo da sala de preparação de lâminas térmicas;.....	36
Figura 3.14 – Forno de sacos ( <i>vacum bags</i> );.....	37
Figura 3.15 – Processo desareado por <i>green snake</i> ;.....	37
Figura 3.16 – Autoclave nº2;.....	38
Figura 3.17 – <i>Rack</i> interno;.....	38
Figura 3.18 – Equipamento de controlo ótico <i>Aura-Synergix</i> da linha 2;.....	39
Figura 3.19 – Análise ótica no eixo x do equipamento ISRA da linha 1;.....	39
Figura 3.20 – Tipos de pré-montagem do para-brisas da Mercedes Vito;.....	40
Figura 3.21 – Campânula industrial e iodetos metálicos;.....	42
Figura 3.22 – <i>Renderig</i> do estudo <i>Dialux</i> de 2 zonas;.....	43
Figura 3.23 – Instalação de osmose do controlo final;.....	45
Figura 3.24 – Instalação de desmineralização da <i>rede Nalco</i> ;.....	46
Figura 3.25 - Fotos dos equipamentos da instalação;.....	47
Figura 3.26 - Um dos compressores <i>Ingersoll</i> 170 kW;.....	50

Figura 3.27 – <i>Chiller Trane 1 e 2</i> ; .....	52
Figura 4.1- Comunicação de dados da rede de contadores de energia; .....	55
Figura 4.2 – <i>Hardware</i> utilizado na comunicação da rede de contadores. ....	56
Figura 4.3 –Parâmetros do <i>Circutor CVM-C10</i> monitorizados pelo SCOPE .57	
Figura 4.4 - <i>Dashboard</i> principal do SCOPE; .....	60
Figura 4.5 - <i>Dashboard</i> dos contadores de entrada do SCOPE.....	61
Figura 4.6 – Campo do SCOPE para seleccionar contadores virtuais; .....	62
Figura 5.1 – Diagrama causa-efeito para a eficiência energética;.....	65
Figura 5.2 – Condensadores 100 kVAr num transformador; .....	68
Figura 5.3 – <i>Led</i> implementado com tecnologia de eficiência superior; .....	70
Figura 5.4 – Túnel de lavagem <i>Buxtrup</i> ;.....	71
Figura 5.5 – <i>Standard</i> dos parâmetros em paragem manutenção; .....	71
Figura 6.1 – Características dos transformadores de 2000 kVA; .....	77
Figura 6.2 - Menu de chamada da <i>fitting app</i> ; .....	86
Figura 6.3 - Foto do inoperacional secador da instalação; .....	90
Figura 6.4 – Aspetto da entrada de ar do autoclave;.....	91
Figura 6.5 – Um dos compressores <i>Ingersoll 170 kW</i> ; .....	91
Figura 6.7 – <i>Layout</i> da nova instalação de ar de 15 bar;.....	93
Figura 6.8 - Fotos da sala de compressores da rede de ar de 15 bar; .....	94
Figura 6.9 – Fotos da sala de compressores da rede de ar de 15 bar; .....	95
Figura 6.10 – Esquema de comunicação do sistema de gestão SAM;.....	95
Figura 6.11 – Caldeira <i>ROCA 930 kW</i> ;.....	97
Figura 6.13 – Recuperadores de calor na nova sala de compressores;.....	99
Figura 6.14 – Evidência do salto térmico no <i>GA110 PACK</i> ;.....	100
Figura 6.15 – Novo <i>Layout</i> e troço de ligação ao recuperador;.....	101
Figura 6.16 – Painel de interface homem/máquina da rede <i>Nalco</i> ; .....	101
Figura 6.17 – Novo Tramo de tubagem PPR para a rede <i>Sulzer</i> ; .....	102
Figura 6.18 – Painel de interface homem/máquina da rede <i>Sulzer</i> ;.....	102
Figura 6.19 – Túnel de lavagem <i>Klopper</i> ;.....	105
Figura 6.20 – Painel de comando do túnel <i>Klopper</i> ;.....	105

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Aumento de temperatura de uma emissão individual de CO <sub>2</sub> ; ...	4
Gráfico 2.2 - Emissões globais de gases com efeito de estufa; .....	5
Gráfico 2.3 - Emissões de CO <sub>2</sub> da geração de eletricidade 1990-2018;.....	6
Gráfico 2.4 - Fornecimento total de energia por fonte 1990-2018; .....	7
Gráfico 2.5 – Estimativas de crescimento globais; .....	7
Gráfico 3.1 - Exemplo de ciclo de autoclave;.....	38
Gráfico 3.2 - Peso dos serviços gerais no consumo global; .....	41
Gráfico 3.3 - Medições de caudal e pressão na rede de ar de 7 bar; .....	48
Gráfico 3.4 - Medições de caudal e pressão na rede de ar de 15 bar; .....	49
Gráfico 4.1 - Efeito da temperatura nos consumos da climatização; .....	59
Gráfico 4.2 - Potência e energia do circuito da pré-montagem;.....	62
Gráfico 5.1 - Consumos variáveis e consumos fixos; .....	73
Gráfico 6.1 - Gráfico da previsão e consumo real de dezembro de 2018;.....	80
Gráfico 6.2 - Histórico dos 15 meses de potência ativa;.....	82
Gráfico 6.3 - Histórico de potência ativa do <i>cluster</i> com produção;.....	83
Gráfico 6.4 - Diferentes cálculos de coeficiente de autocorrelação; .....	83
Gráfico 6.5 - Análise de 3 semanas consecutivas; .....	84
Gráfico 6.6 - Médias de consumo horário;.....	84
Gráfico 6.7 - Análise de 4 dias consecutivos; .....	85
Gráfico 6.8 - Médias de consumo horário durante os dias da semana.....	85
Gráfico 6.9 - Custos de manutenção da rede de ar de 15 bar;.....	92
Gráfico 6.10 - Medições de caudal e pressão na rede ar de 15 bar; .....	92
Gráfico 6.11 - Sazonalidade do consumo de gasóleo; .....	98
Gráfico 6.12 - Ciclos e autoclave sem regulação de pressão;.....	103
Gráfico 6.13 - Ciclos e autoclave com regulação de pressão;.....	103
Gráfico 7.1 - Evolução do consumo geral de água;.....	107
Gráfico 7.2 - Evolução dos custos da energia elétrica;.....	108
Gráfico 7.3 - Evolução do consumo geral de energia elétrica; .....	108
Gráfico 7.4 - Consumo de gasóleo de aquecimento.....	109
Gráfico 7.5 - Evolução das Emissões de CO <sub>2</sub> ; .....	109

# LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Fontes de emissões de CO2 e pesos globais em 2019; .....	6
Tabela 2.2 – Definições de eficiência energética na indústria; .....	11
Tabela 3.1-Potências contratadas nos diferentes períodos P1-P6.....	28
Tabela 3.2- Consumo elétrico anual em 2018.....	28
Tabela 3.3 –Tipologias de iluminação .....	42
Tabela 3.4 – Lista de equipamentos rede de ar 7 Bar; .....	47
Tabela 3.5 – Lista de equipamentos rede ar 15 bar. ....	49
Tabela 3.6 – Parâmetros de temperatura e humidade do processo; .....	51
Tabela 3.7 - Lista de <i>Chillers</i> da rede de climatização industrial. ....	51
Tabela 4.1 - Estudo sobre erros de medição dos contadores <i>Wi LEM</i> .....	54
Tabela 4.2 - Centros de custo ( <i>work centers</i> ) da fábrica. ....	60
Tabela 5.1 – Causas de não produção vs técnicas e metodologias; .....	67
Tabela 6.1 - Evolução dos consumos de energia em 2014;.....	74
Tabela 6.2 - Evolução dos consumos de energia em 2015;.....	74
Tabela 6.3 – Diferentes opções de potência estudadas; .....	75
Tabela 6.4 – Tarifas de energia reativa em 2015; .....	76
Tabela 6.5 – Nível de Erro e efeito na carteira de compra; .....	79
Tabela 6.6 - Previsão e consumo real de dezembro de 2018; .....	79
Tabela 6.7 – Poupanças geradas em 2019; .....	80
Tabela 6.8 – Erros de previsão 2018;.....	81
Tabela 6.9 - Excerto do histórico de dados de consumo;.....	82
Tabela 6.10 – Resumo de resultados da autocorrelação; .....	83
Tabela 6.11 - Excerto dos dados das 5 entradas; .....	87
Tabela 6.12 - Excerto das entradas para o mês de maio. ....	87
Tabela 6.13 - Excerto de resultados obtidos. ....	89
Tabela 6.14 - Excerto de resultados e erro obtido.....	89
Tabela 6.15 - Verificação dos tempos de enchimento.....	94
Tabela 6.16 - Desdobramento das medidas de eficiência energética. ....	96
Tabela 6.17 - Poupança geral da nova instalação.....	96
Tabela 6.18 - Cálculo da capacidade de aquecimento.....	99
Tabela 6.19 – Consumos elétricos antes de regulação de pressão; .....	104
Tabela 6.20 – Consumos elétricos depois da regulação de pressão; .....	104

Tabela 6.21 – Lista de cargas do túnel de lavagem *Klopper*..... 106

# LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ACEE	Advisory Committee on Energy Efficiency	Comitê Consultivo de Eficiência Energética
ANN	Artificial neural network	Redes neuronais
CEB	Component EnergyBlocks	Componente EnergyBlocks
CN	Canopies	Tetos
CNC	Computer Numeric Control	Controle Numérico Computadorizado
COP	Conferences of the Parties	Conferências das Partes
EEAs	Energy Efficiency Aspects	Aspetos de Eficiência Energética
ELB	Energy Loss Block	Bloco de perda de energia
EPC	Energy performance contracts	Contratos de Performance Energética
FTP	Total productivity factor	Fator total de produtividade
GEE	Greenhouse gases	Gases de efeito de estufa
GDP	Gross domestic product	Produto interno bruto
GtCO <sub>2</sub> eq	Gigatonnes of CO <sub>2</sub> equivalent	Gigatoneladas de CO <sub>2</sub> Equivalente
HUD	Head-Up Displays	Head-Up Displays
IEC	International electrotechnical commission	Comissão eletrotécnica internacional
KPI's	Key Performance Indicators	Indicadores-chave de performance
MAD	Median absolute deviation	Desvio médio absoluto
MAPE	Mean absolute percentage error	Erro médio absoluto
MO		Mão de Obra

OEE	Overall Equipment Effectiveness	Eficácia Geral do equipamento
OMIE		Operador do Mercado Ibérico de Energia - Pólo Espanhol
OMIP		Operador do Mercado Ibérico de Energia - Pólo Português
PDCA	Ciclo Plan-Do-Check-Act	Ciclo Planifica-Executa-Verifica-Atua
PVB	Polivinil Butiral	Polivinil Butiral
RCM	Reliability-centered maintenance	
REE	Red Electrica de España	Rede eléctrica de Espanha
SEB	State Energy Blocks	Estado EnergyBlocks
SGE		Sistemas de Gestão de Energia
SMED	Single minute Exchange of die	
TPM	Total productive maintenance	Manutenção produtiva total
TQM	Total quality management	Gestão de qualidade total
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
WS	Windshield	Para-brisas

# LISTA DE SÍMBOLOS

$J$	Joule Unidade SI de energia
$P$	Potência
$W$	Energia
$t$	Tempo
$T_c$	Tempo ciclo
$T_o$	Tempo de operação
$T_w$	Tarifa unitário da energia
$E^i$	Matriz perda de Energia
$P^i$	Matriz componentes de Potência
$S^i$	Matriz ativação do componente de estado
$P_o$	Potência da máquina ociosa;
$P_s$	Potência máquina stand by;
$P_p$	Potência da máquina em processamento;
$Preço h_i$	Preço total do termo energia da hora “h”;
$A_i$	Serviços de ajuste, pagamentos de capacidade, margem, perdas correspondentes e taxa;
$B_i$	Perdas com transporte e distribuição, bem como a parte do imposto municipal correspondente;
$OMIE_i$	Preço horário do mercado diário elétrico OMIE;
$OMIP_i$	Preço horário do mercado Intra diário elétrico OMIP;

$Preço_h$	Preço total do termo energia da hora “h”;
$OMIE_h$	Preço horário do mercado diário elétrico OMIE;
$OMIP$	Preço de compra a prazo OMIP;
$CA_p$	Coeficiente de multiplicação por período de taxa aplicável ao coeficiente de energia;
$POS_h$	Sobrecusto horário da hora “h” dos serviços de regularização publicados mensalmente pelo operador do sistema (Red Eléctrica de España), na sua liquidação mensal C2;
$PC_{ht}$	Preço horário da hora "h" de pagamentos de capacidade publicado anualmente pela CNMC, para cada período de tarifa;
$INT_h$	Custo horário da hora "h" do serviço de ininterruptibilidade publicado mensalmente pelo operador do sistema;
$ROM_h$	Remuneração ao Operador de Mercado (OMIE), conforme legislação;
$ROS_h$	Remuneração do operador do sistema (Red Eléctrica de España), de acordo com a legislação em vigor;
$DSV_h$	Custo horário dos desvios da hora “h” publicado mensalmente pelo operador do sistema;
$CG_h$	Custo horário da comissão de gestão da comercializadora;
$P_h$	Índice de perdas por hora publicado mensalmente, pelo operador do sistema;
$Y$	Constante adimensional cujo valor atual é 0,015;
$CONS_h$	Consumo em MWh da hora "h".
$E_n$	Consumo de Energia de circuitos parciais;
$E_e$	Consumo de Energia da entrada.

# 1. Introdução

## 1.1. *Enquadramento e objetivos*

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, do Instituto Politécnico de Setúbal e utiliza experiências e lições aprendidas de algumas medidas implementadas numa empresa transformadora, para dar suporte e fundamentar a metodologia que será desenvolvida.

O autor iniciou um projeto internacional de 5 anos, dentro de um grupo multinacional. Desempenhou funções numa fábrica de produção de para-brisas em Espanha. Neste projeto, dentro do ramo automóvel, desenvolveu experiências na área de operações, nomeadamente em produção, engenharia, manutenção e eficiência energética.

As experiências na área da eficiência energética revelaram-se de extrema importância para a organização que representava, pois resultaram numa importante redução de custos operacionais, bem como no cumprimento de metas legais estratégicas.

O objetivo deste trabalho é descrever uma metodologia que seja representativa de todas as famílias de ações e das ferramentas, ou gestões que se podem efetuar numa indústria transformadora, com o objetivo de melhorar a eficiência energética. Com este *Road Map*, bem como com os exemplos das principais medidas levadas a cabo, será intuitiva e prática a replicação da metodologia e das medidas noutras organizações.

## **1.2. Estrutura do documento**

O presente documento encontra-se organizado em 8 capítulos.

No capítulo 1 são apresentados o enquadramento e os objetivos desta dissertação, a sua motivação, bem como a sua estrutura, através de um resumo breve acerca do conteúdo de cada capítulo.

No capítulo 2, efetua-se uma revisão à literatura sobre as políticas de racionalização do consumo de energia na indústria, incluindo o referencial normativo ISO50001.

No capítulo 3, faz-se uma descrição detalhada da organização onde se realizou o projeto de implantação do *Energy Management*, bem como dos seus principais processos produtivos e de serviço geral.

O Capítulo 4, dedica-se à descrição de metodologia para implementação do sistema de monitorização. Por ser de extrema importância para a sustentabilidade da melhoria da eficiência energética, é necessário dedicar-lhe atenção e recursos.

No Capítulo 5, apresenta-se uma metodologia de implementação de ações de melhoria de eficiência energética, resultado da experiência vivida na indústria e também de algumas definições e artigos técnicos.

No capítulo 6, apresentam-se também algumas das principais ações de melhoria de eficiência energética implementadas e que fundamentam os eixos de atuação da metodologia apresentada.

Finalmente, no capítulo 7 apresentam-se os resultados globais conseguidos e no capítulo 8 conclui-se com alguns comentários sobre os pontos fortes da metodologia desenvolvida, aproveitando para efetuar algumas reflexões pessoais sobre o que se poderia melhorar em algumas medidas implementadas.

## 2. Revisão da Literatura

### 2.1. Situação energética Mundial

Contam-se vinte e cinco encontros em busca de consensos no combate às alterações climáticas. Ao longo das sucessivas Conferências das Partes - conhecidas como COP - novos elementos foram sendo introduzidos na estrutura internacional das negociações sobre mudanças climáticas, conforme se ilustra na Figura 2.1. Esses elementos permitem enfrentar desafios específicos, como o financiamento da mitigação, a adaptação às mudanças climáticas e a transferência de tecnologia.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, foi um reflexo do consenso internacional na abordagem do problema das mudanças climáticas. Foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), com entrada em vigor a 21 de março de 1994. Inicialmente foi assinada por 166 países e até hoje foi ratificada por 197 [1].

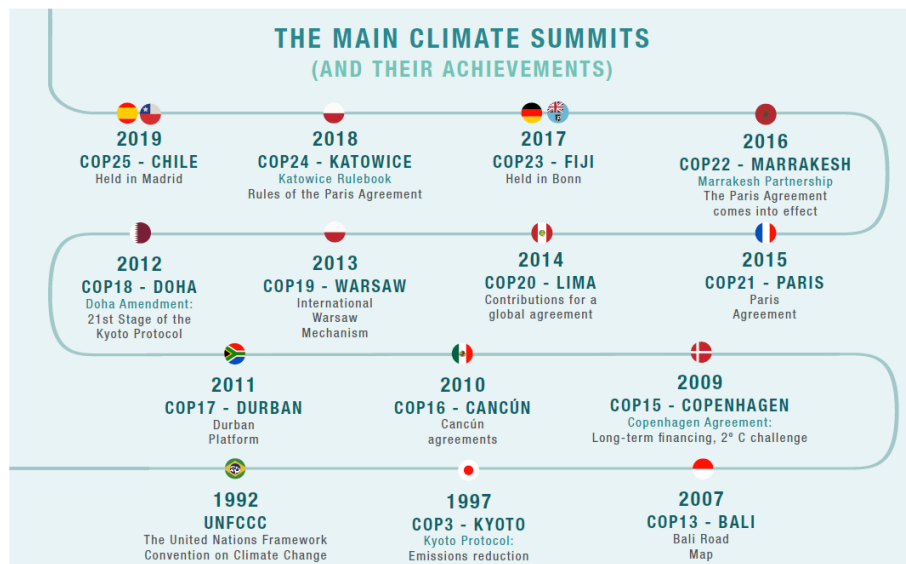


Figura 2.1 – Road Map de conferências das partes sobre o clima;

Fonte: Retirado de [1].

A pressão sobre os países e os governos tem vindo a aumentar, muito pelo resultado insuficiente das ações e políticas que se vem enunciando. Até à data, ainda não se conseguiu verificar uma inversão da tendência de aumento da emissão de gases com efeito de estufa

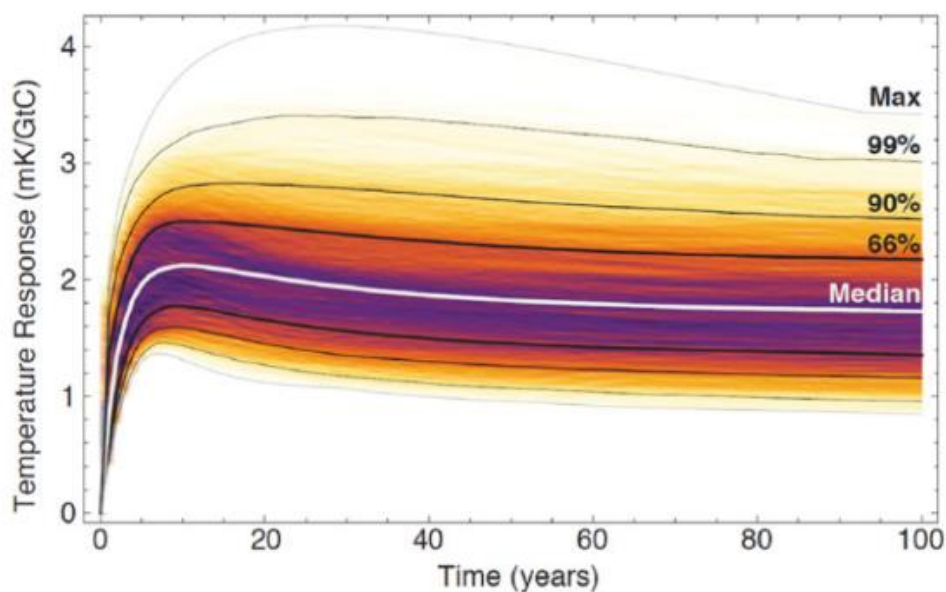
(GEE) e conseqüentemente o impacto no aquecimento global, na extinção de espécies e no esgotamento dos recursos do planeta.

Esta incapacidade muito se deve à falta de mobilização global, à falta de implicação de alguns países, às dificuldades em mudar os hábitos de consumo do ser humano e ao desfasamento natural entre os respetivos atos e o seu reflexo e conseqüências no planeta.

O ano de 2019 foi o segundo ano mais quente nos últimos 140 anos; recorde com temperaturas globais da superfície terrestre e oceânica de +0,95 °C acima da média. Este valor está apenas 0,04 °C abaixo do recorde de +0,99 °C, alcançado em 2016. Os 5 anos mais quentes, desde 1880, ocorreram a partir de 2015 e 9 dos 10 anos mais quentes ocorreram desde 2005 [2].

Gráfico 2.1 - Aumento de temperatura de uma emissão individual de CO<sub>2</sub>;

Fonte: Retirado de [3].



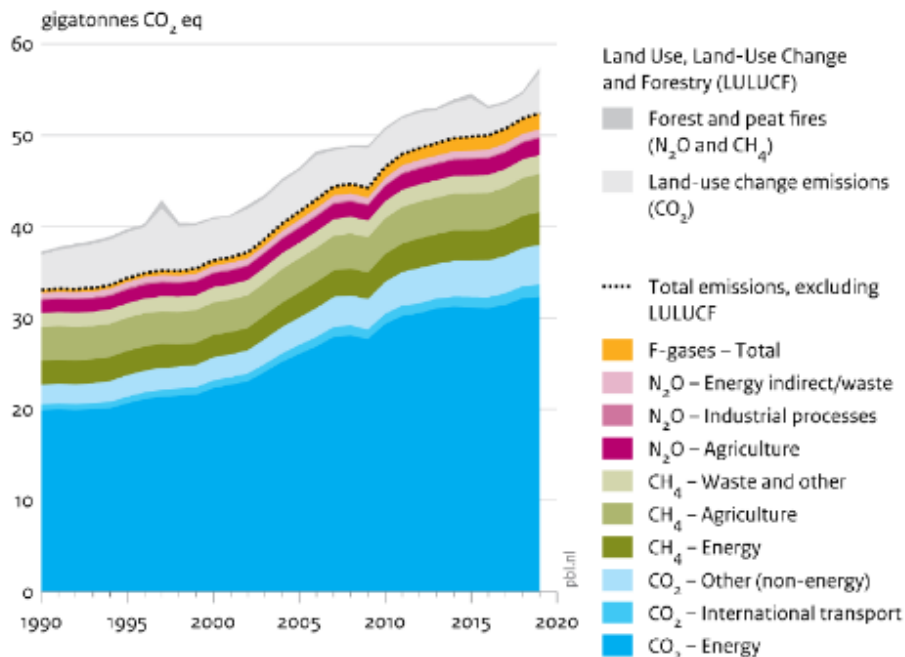
Um estudo realizado em 2014 estima que o tempo médio entre uma emissão e o aquecimento máximo é de 10,1 anos, com uma faixa de probabilidade de 90% de 6,6 - 30,7 anos, conforme se demonstra na Gráfico 2.1. Foram avaliadas as incertezas no tempo e na quantidade de aquecimento, dividindo-as em três fatores contribuintes: ciclo do carbono, sensibilidade climática e inércia térmica do oceano [3].

No Gráfico 2.2, observa-se que, em 2019, o crescimento nas emissões globais totais de gases de efeito estufa (GEE), continuou a uma taxa de 1,1% ( $\pm 1\%$ ), atingindo 52,4 Giga toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (GtCO<sub>2</sub> eq). Embora o crescimento de 1,1% represente metade

relativamente a 2018, é uma continuação da taxa média de crescimento anual de 1,1% desde 2012. Todavia, é marcadamente inferior às taxas de crescimento observadas na primeira década deste século (2,6% em média) [2].

Gráfico 2.2 - Emissões globais de gases com efeito de estufa;

Fonte: Retirado de [2] .



Source: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O excl. land-use change: EDGAR v5.0 FT2019; incl. savannah fires FAO; F-gas: EDGAR v4.2 FT2019  
GHG from land-use change: CO<sub>2</sub> from Houghton & Nassikas 2017, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from GFED4.15 2020  
Note: CO<sub>2</sub> eq with GWPs from IPCC AR4

A Tabela 2.1 fornece uma visão geral das emissões de fontes de CO<sub>2</sub> e o seu peso nas emissões globais. Pode verificar-se que os combustíveis fósseis contribuem com a maior parte, pois são quase 89%, dos quais a geração de eletricidade é o maior setor, com quase 36%, seguida pelas indústrias, com cerca de 16%.

Analisando os pesos globais por fontes de energia (carvão, petróleo e gás natural), nas emissões totais de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis, em 2019, o carvão tinha uma participação de 44%, o petróleo de 35% e o gás natural de 22%. Por outro lado, o peso em termos de consumo destas fontes de energia fóssil foi de 32% para o carvão, 39% para o petróleo e 29% para o gás natural. As diferenças entre os pesos no uso da energia e nas emissões de CO<sub>2</sub> da queima de combustíveis fósseis devem-se ao facto de que o carvão emite cerca de duas vezes mais CO<sub>2</sub> por Joule, do que o gás natural e o petróleo está entre os dois [2].

Tabela 2.1 - Fontes de emissões de CO2 e pesos globais em 2019;

Fonte: Retirado de [2] .

Source of CO <sub>2</sub>	Share
Electricity and heat generation	35.8%
Manufacturing industries	16.7%
Road transport	15.9%
Buildings (houses, offices, etc.)	8.7%
Other national fuel combustion	7.9%
International transport (by air & water)	3.6%
<b>Total fossil-fuel combustion</b>	<b>88.6%</b>
of which:	
- coal combustion	43.8%
- oil combustion	34.6%
- natural gas combustion	21.6%
Non-energy use of fuels	4.4%
Cement clinker production	4.0%
Other carbonate use	1.2%
Carbon losses in coke ovens etc.	1.1%
Associated gas flaring	0.8%
<b>Total other CO<sub>2</sub> sources</b>	<b>11.4%</b>

Source: EDGAR 5.0 FT2019

Sabe-se que, na luta contra o aquecimento global, importa trabalhar na redução das emissões de gases classificados como gases de efeito de estufa (GEE). Contudo, de acordo com os dados é necessário focar nas emissões de CO<sub>2</sub>, mais precisamente nas causadas pela produção de eletricidade, pela indústria de produção e pelos transportes terrestres.

Gráfico 2.3 - Emissões de CO2 da geração de eletricidade 1990-2018;

Fonte: Retirado de [4].

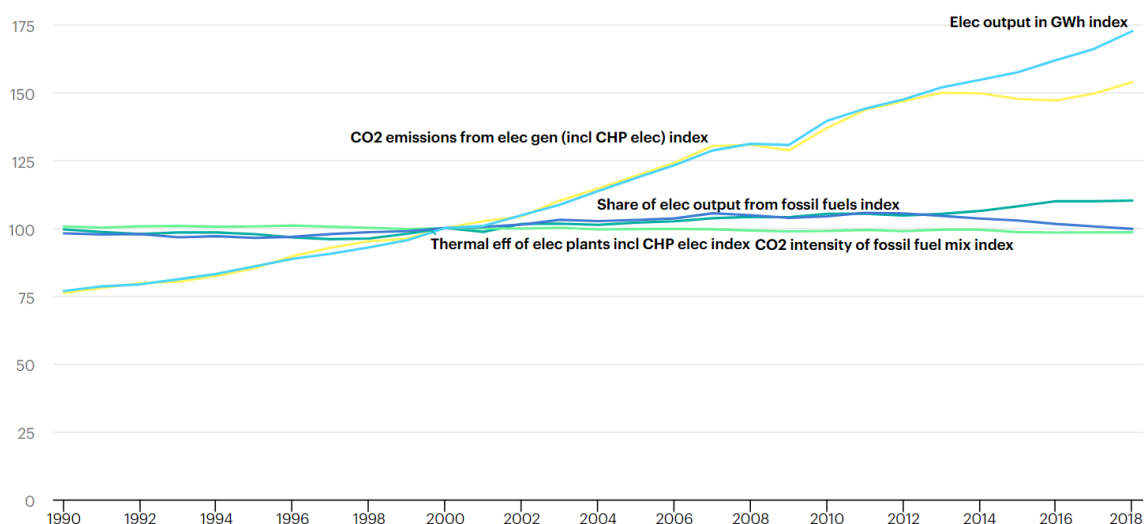
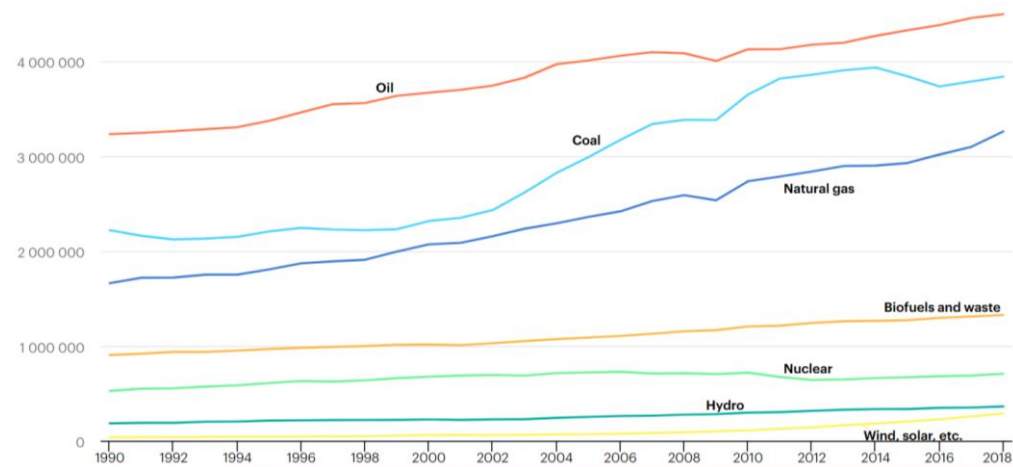


Gráfico 2.4 - Fornecimento total de energia por fonte 1990-2018;

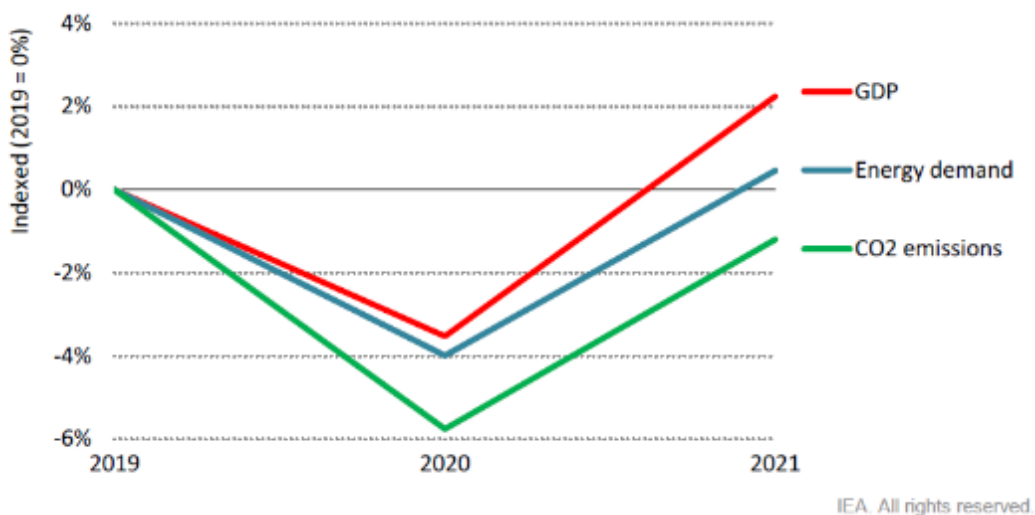
Fonte: Retirado de [4].



Do Gráfico 2.3 e Gráfico 2.4, observa-se que a produção de energia mundial continua a aumentar e, para atingir o pico e reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, não é suficiente ter taxas de crescimento mais altas de energia renovável e nuclear. Enquanto o peso destas energias (em percentagem), no fornecimento total de energia for muito pequeno, qualquer crescimento na procura total de energia também implicará no crescimento contínuo do uso de combustíveis fósseis, aumentando assim as emissões totais de CO<sub>2</sub>.

Gráfico 2.5 – Estimativas de crescimento globais;

Fonte: Retirado de [5].



Prevê-se, para o período pós-Covid, um crescimento do produto interno bruto global para níveis superiores ao período pré-Covid de 2019. Atrás desta situação, também se prevê um

crescimento de 4,6% na procura pela energia elétrica, ficando acima dos valores obtidos em 2019. Em relação às emissões de CO2 relacionadas com a produção de energia, prevê-se uma redução das emissões de mais de 1% em relação ao ano homólogo de 2019 (Pré Covid) [5]. É fundamental uma aposta mais forte nas energias renováveis, na tentativa de inverter as participações no *mix* global de produção de energia; mas também uma aposta importante na otimização dos consumos das instalações elétricas, na tentativa de que uma subida no produto interno bruto (GDP- *Gross domestic product*), não signifique subida do consumo de energia elétrica e conseqüentemente das emissões de CO2.

## **2.2. Eficiência e produtividade na indústria**

O termo produtividade é um conceito muito amplo na indústria e na economia, descrito como a “Relação entre o que é produzido e os meios aplicados na produção”. É um dos conceitos mais desejados por qualquer país, qualquer organização e qualquer gestor, pois significa maximizar a criação de valor e a redução dos desperdícios, ou seja, a procura em maximizar o lucro.

Simplificando, produtividade é eficiência em produção: qual a produção obtida de um determinado conjunto de entradas. Como tal, é normalmente expressa como uma razão entre as saídas e as entradas. Medidas de produtividade de fator único refletem as unidades produzidas por unidade de uma entrada em particular. A produtividade do trabalho é a medida mais comum deste tipo, normalmente em número de unidades produzidas por unidade de tempo de trabalho (hora de trabalho ou hora homem de trabalho). Ocasionalmente podem também ser utilizadas medidas de produtividade de capital, ou mesmo de materiais.

Obviamente, os níveis de produtividade de fator único são afetados pela intensidade de uso dos insumos que utiliza. Dois produtores podem ter níveis de produtividade de trabalho bastante diferentes, embora tenham a mesma tecnologia de produção, se acontecer de usarem o capital muito mais intensamente. [6].

Devido a isto, nasce um conceito de produtividade que é invariante para a intensidade de uso de entradas de fatores observáveis. Essa medida é chamada de fator total de produtividade (FTP), também conhecida de produtividade multifator [6].

$$Y_t = A_t \cdot F(K_t, L_t, M_t) \quad 2.1$$

Em que:

$Y_t$  = Saída de produção;

F = A função observável das variáveis:

$K_t$  = Entradas de capital;

$L_t$  = Entradas de mão de obra;

$M_t$  = Entradas de materiais;

$FTP = A_t$  = Fator deslocador neutro.

Assim, pode ter-se o FTP, que basicamente representa um rendimento de todo o sistema produtivo, conforme se pode observar pela seguinte fórmula.

$$FTP = A_t = \frac{Y_t}{F(K_t, L_t, M_t)} \quad 2.2$$

Conforme se pode verificar pela equação 2.2., a produtividade do nosso sistema aumenta quando se verifica uma de duas situações: ou se aumentam as saídas de produção, mantendo as entradas; ou se mantém o mesmo número de saídas de produção, com menos entradas.

Qualquer processo, ou sistema produtivo não é perfeito e o seu *output* de produção está associado a um rendimento global do processo, que se relaciona com muitos fatores, tais como a qualidade, a disponibilidade e a velocidade do processo. A medida de eficácia geral do equipamento (OEE) é um método cada vez mais popular para caracterizar a eficácia dos equipamentos de produção e é baseado em três aspetos de desempenho [7]:

- O tempo que o equipamento está disponível para operar;
- A qualidade do produto, ou serviço que produz;
- A velocidade, ou taxa de transferência do equipamento.

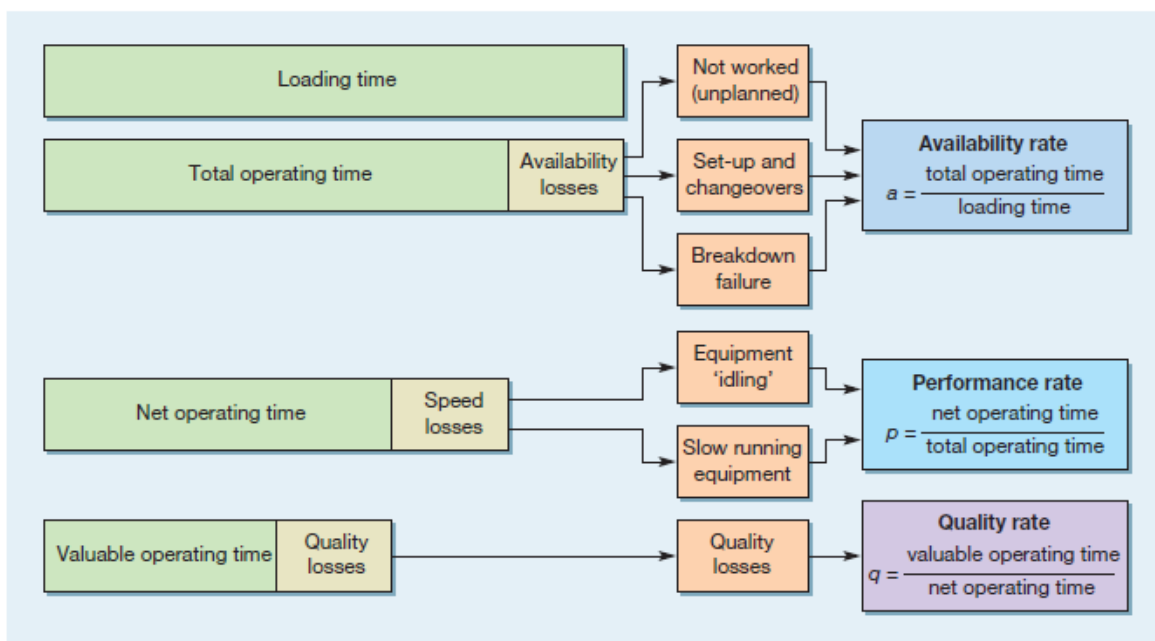


Figura 2.2 – Eficácia operacional do equipamento (OEE);

Fonte: Retirado de [7].

A eficácia geral do equipamento (OEE) é calculada multiplicando-se uma taxa de disponibilidade, por uma taxa de desempenho (ou velocidade), multiplicada por uma taxa de qualidade. Algumas das reduções na disponibilidade dos equipamentos (ou qualquer processo) são causadas por perdas de tempo, tais como avarias e trocas de fabrico. Alguma capacidade é também perdida devido a perdas de velocidade, como quando o equipamento está a ser operado abaixo da sua taxa de trabalho ideal. Por fim, nem tudo que é processado por um equipamento estará isento de erros. Portanto, alguma capacidade é desperdiçada por meio de perdas de qualidade [7].

### 2.3. Definições de eficiência energética

Uma análise detalhada da indústria do ferro/aço europeu entre 2005 e 2015 demonstra que a produção de aço bruto permaneceu bastante estável, bem como a energia consumida para produzir 1 tonelada de aço bruto. Posteriormente, o que veio a acontecer, foi que a indústria de ferro/aço, para garantir o seu futuro, descobriu um novo nicho de produtos (por exemplo, a produção de telefones móveis), da qual a sua produção acrescentou cerca de 10% à energia consumida para a produção do aço bruto [8].

Calculando a relação entre o consumo de energia e a produção de aço bruto, verifica-se um aumento de 10% do consumo específico de energia. Ao mesmo tempo, o valor acrescentado

criado na indústria no ferro/aço cresceu 20% devido à nova atividade. A intensidade de energia, que liga os 10% de aumento do consumo de energia para o aumento de 20% do valor acrescentado, mostra uma redução de cerca de 10% em valores monetários [8].

Quando o termo “eficiência energética” é usado em conjunto com valor acrescentado, inclui todos os tipos de mudanças estruturais dentro de um ramo considerado; isto é, a eficiência energética é interpretada num sentido mais económico: a estrutura está a tornar-se mais eficiente, sendo que é necessária menos energia para produzir uma unidade de valor monetário.

Por outro lado, ao ser verificada a eficiência energética, de uma ótica das unidades de produção, a intensidade de energia revela um aumento de cerca de 10% em unidades de produção [8].

Este exemplo demonstra a multiplicidade de interpretações que se pode ter do conceito de eficiência energética. Ao falar sobre melhorias em eficiência energética industrial, é importante mencionar que tipo de definição de eficiência energética é usado e como é operacionalizado sob a forma de indicadores de eficiência energética.

Tabela 2.2 – Definições de eficiência energética na indústria;

Fonte: Adaptado de [8].

<b>Tipo de eficiência</b>	<b>Conceitos básicos</b>
<i>Primeira lei da Eficiência</i>	A energia transferida (de um determinado tipo) por um dispositivo ou sistema, dividida pela energia fornecida ao dispositivo/sistema para operá-lo.
<i>Segunda lei da Eficiência</i>	O mínimo trabalho teórico necessário para uma determinada tarefa, dividido pelo trabalho real disponível usado para executar a tarefa.
<i>Microeconómico I: Eficiência de Pareto</i>	Não há distribuições de utilidade executáveis em que a situação de um seja melhorada e os restantes fiquem, pelo menos, em situação idêntica à da atual distribuição.
<i>Microeconómico II: Custo-benefício</i>	A taxa de retorno do investimento iguala, ou excede a taxa mínima do investidor.
<i>Macroeconómico Eficiência energética I</i>	O consumo total de energia numa unidade económica relevante, dividido pela produção económica nessa unidade.
<i>Macroeconómico Eficiência energética II</i>	O consumo total de energia numa unidade social relevante, dividido pelo nível atual de bem-estar social,

	ou nível de rendimento sustentável.
<i>Eficiência institucional</i>	As instituições são estruturadas para minimizar custos de transação.
<i>Eficiência de Pareto com externalidades de preço</i>	Eficiência microeconômica padrão, com a adição de valores monetários atribuído a externalidades.
<i>Eficiência Distributiva</i>	Objetivos distributivos definidos em fundamentos morais e sociais; preços definidos para atingir os objetivos com boa relação custo-benefício.

## **2.4. Eficiência energética na indústria**

Na indústria é muito difícil dissociar conceitos tais como: Eficiência Global do Equipamento (OEE), produtividade e valor acrescentado, do conceito de eficiência energética, pois estão relacionados proporcional e diretamente. Medir o desempenho da eficiência energética de equipamentos, processos e fábricas é o primeiro passo para a eficácia na gestão de energia na produção.

Os indicadores atuais de eficiência, ou eficácia de mão de obra e equipamentos estão normalmente relacionados com o tempo de ocupação dos recursos; por exemplo, no caso da produtividade de mão de obra em unidades de *Output* produção/Horas homem, ou no caso de equipamentos, o bem conhecido OEE.

No entanto, para avaliar completamente a eficiência, ou eficácia relacionada à energia de um equipamento, a visão baseada no tempo por si só não é suficiente. Além disso, os indicadores de desempenho de energia atuais são calculados por meio de medidas agregadas de consumo de energia (por exemplo, kWh/mês ou kWh/peça). Esta abordagem carece de uma consideração completa das relações de causa e efeito entre os estados de fabricação (ou seja, as causas das ineficiências de energia do recurso produtivo), as configurações da máquina e o consumo de energia.

A relação básica entre energia e potência exprime-se por:

$$P = \frac{dW}{dt} \quad 2.3$$

Onde W é a energia, P a potência e t o tempo.

Sendo a potência a derivada da energia em ordem ao tempo, tem-se a inversa:

$$W = \int P. dt \quad 2.4$$

Em unidades do sistema internacional, a energia exprime-se em Joule (J) e a potência em Watt (W) [9].

A eficiência energética é uma atividade que procura melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia, por vezes apelidada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a intensidade energética consiste na relação entre a quantidade de energia consumida numa atividade e o resultado da sua utilização traduzido em bens ou serviços [8].

$$\text{Intensidade energética} = \frac{\text{Energia consumida (W)}}{\text{Output prod.}} \quad 2.5$$

Considerando-se o processo produtivo, define-se como tempo ciclo ( $T_c$ ), o tempo máximo em cada estação de trabalho para concluir o seu conjunto de tarefas numa unidade de produção. É, portanto, o tempo com que se consegue a taxa de *Output* máxima (unidades produção), que é igual ao tempo de operação ( $T_o$ ) a dividir pelo tempo ciclo ( $T_c$ ) [7].

$$\text{Output prod. máximo} = \frac{T_o}{T_c} \quad 2.6$$

Em que:

$T_o$  – *Tempo operação*;

$T_c$  – *Tempo ciclo*;

Assim, o *Output* real de qualquer processo produtivo estará sempre afetado por um rendimento global (OEE), conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Output Real} = \frac{T_o}{T_c} * \text{OEE} \quad 2.7$$

Em que:

*OEE* – *Overall equipment effectiveness*;

$T_o$  – *Tempo operação*;

$T_c$  – *Tempo ciclo*.

A intensidade energética é consequentemente afetada pelo rendimento global da instalação (OEE), sendo que através da equação 2.5 se obtém a seguinte expressão:

$$\text{Intensidade energética} = \frac{W}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{\text{OEE}} \quad 2.8$$

Em que:

W – Consumo de Energia;

OEE – *Overall equipment effectiveness*;

$T_o$  – *Tempo operação*;

$T_c$  – *Tempo ciclo*.

Traduzindo a energia na expressão da equação 2.8 em potência, em ordem ao tempo, obtém-se a seguinte expressão:

$$\text{Intensidade energética} = \frac{\int P.dt}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{\text{OEE}} \quad 2.9$$

Em que:

P – Potência média;

OEE – *Overall equipment effectiveness*;

$T_o$  – *Tempo operação*;

$T_c$  – *Tempo ciclo*.

Porém, o OEE não influencia apenas a quantidade de *output* produzido, como afeta ainda a quantidade de energia consumida. Note-se que em condições semelhantes, mantendo a mesma relação  $\frac{T_o}{T_c}$ , uma instalação com maior OEE terá maior consumo de energia que uma instalação com menor OEE, pois a instalação de maior OEE esteve mais tempo em plena operação.

O impacto do OEE no consumo de energia depende muito do tipo de perdas que caracterizam o OEE, que por sua vez depende do estado em que a instalação se encontra em cada uma das perdas. Isto é, o estado energético de uma máquina depende muito dos seus estados de operação (*standby*, ocioso, processamento, etc.), caracterizada como distribuição discreta, enquanto a transição de estados essencialmente atribui à ativação e inativação de seus componentes funcionais. O nível de potência dos componentes pertencentes ao modelo de distribuição discreta também se mantém constante durante o intervalo de tempo de um estado, mas pode mudar para outra constante se o estado mudar [10].

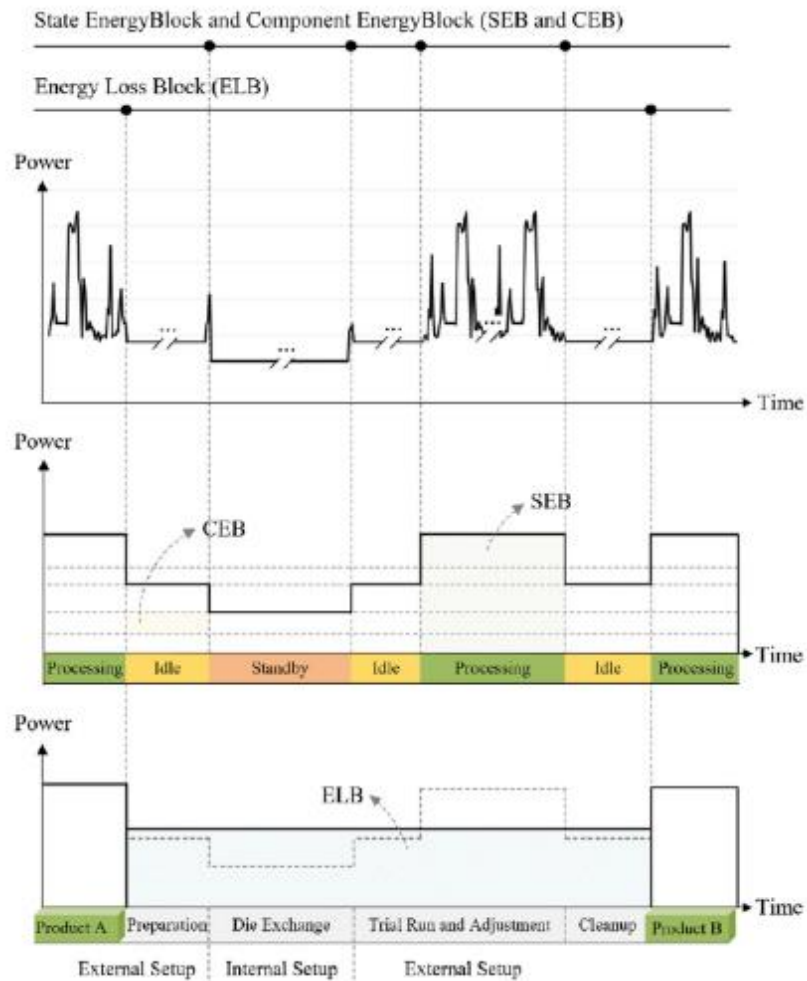


Figura 2.3 – Exemplos de CEB, SEB e ELB, numa troca de produção;  
 Fonte: Retirado de [10].

Para analisar a potência absorvida de um equipamento é mais fácil se linearizarmos e segmentarmos os dados em função dos estados do equipamento. Surge assim o conceito de estado de energia do bloco (SEB) e componente de energia do bloco (CEBs), em que SEB representa a energia (linearizada) de um dado estado, que poder ser composto por diferente componente de energia (CEBs), dependendo do número de componentes de consumo do equipamento nesse instante.

Os conceitos de SEB e CEB têm amplas aplicações, especialmente na análise da proporção de energia não processada em relação à energia prevista consumir. No entanto, é a variável de produtividade (exemplo o OEE) que mede as mudanças no estado de operação da máquina. Sem caracterizar as perdas de energia, seria impossível identificar completamente as razões para a proporção de energia não processada [10].

$$E^i = P^i X S^i X t^i \quad 2.10$$

Em que:

$E^i$  = Matriz perda de Energia;

$P^i$  = Matriz componentes de Potência;

$S^i$  = Matriz ativação do componente de estado;

$t^i$  = Matriz duração do estado.

Considerando-se apenas 3 estados na instalação: ocioso, em espera e em processamento, pensar-se-ia em apenas 3 níveis de potência, surgindo a seguinte expressão:

$$\text{Intensidade energética} = \frac{\sum_{i=1}^u \int P_o \cdot dt + \sum_{j=1}^v \int P_s \cdot dt + \sum_{l=1}^w \int P_p \cdot dt}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{\text{OEE}} \quad 2.11$$

Em que:

$P_o$  – Potência da máquina ociosa;

Nº de estados ociosa:  $i, u \in \mathbb{N}$

$P_s$  – Potência máquina stand by;

Nº de estados em stand-by:  $j, v \in \mathbb{N}$

$P_p$  – Potência da máquina em processamento;

Nº de estados em processamento:  $l, w \in \mathbb{N}$

Entende-se que estado de máquina em processamento é todo o estado em que a máquina se encontra num estado produção no ritmo normal de trabalho para a qual foi desenhada. É normalmente o estado de energia máximo.

O estado de máquina ociosa é todo e qualquer estado em que o equipamento se encontra em processo de paragem ou arranque, derivado de uma situação planeada (exemplo uma troca de produção) ou não planeada (exemplo uma avaria).

O estado de máquina em standby, é todo e qualquer estado em que a máquina se encontra a aguardar a operação, num estado de energia mínimo.

De acordo com a equação 2.11, os estados de uma instalação originam um consumo de energia que é função do estado, da potência e da duração do mesmo e que podem corresponder em muitos casos a perdas de energia. Do ponto de vista da eficiência de um equipamento, o ideal seria que num estado de perda, o consumo de energia do equipamento fosse “0”, contudo isso não se verifica. Identifica-se neste ponto uma potencial medida de eficiência energética em equipamentos industriais, que consiste em colocar os equipamentos

num estado de consumo tão mínimo quanto possível (*standby mode*), sempre e quando o mesmo entra em estado de perda de produtividade.

Considerando-se a intensidade energética de um ponto de vista económico de custo, pode-se também traduzir a intensidade energética em unidades monetárias, multiplicando pela tarifa unitária da energia ( $T_W$ ), conforme a equação 2.12.

$$\text{Intensidade energética} = \frac{\int P_o dt}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{\text{OEE}} * T_W = \quad 2.12$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^u \int P_o dt + \sum_{j=1}^v \int P_s dt + \sum_{l=1}^w \int P_p dt}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{\text{OEE}} * T_W$$

Em que:

$P_o$  – Potência máquina ociosa;

Nº de estados ociosa:  $i, u \in \mathbb{N}$

$P_s$  – Potência da máquina em *standby*;

Nº de estados em *standby*:  $j, v \in \mathbb{N}$

$P_p$  – Potência máquina em processamento;

Nº de estados em processamento:  $l, w \in \mathbb{N}$

$T_w$  – Tarifa unitária de energia de um periodo .

## 2.5. Abordagem da ISO 50001

A referência normativa mais conhecida no campo da eficiência energética é a ISO 50001, que define como estruturar um sistema de gestão de energia que possa ter sustentabilidade no tempo. No que diz respeito a sistemas de gestão, a ISO insiste que todas as normas tenham um índice de 10 capítulos, com uma arquitetura homóloga [11].

Assim, a ISO 50001 tem 3 secções iniciais de objetivo e campo de aplicação, referências normativas e termos e definições. Posteriormente, secções de aspetos da organização, sistema de gestão, requisitos, desempenho e energia.

Os termos relacionados a “Revisão Energética”, “Desempenho Energético”, “Indicadores de Desempenho”, “Linha de Base Energética”, “Monitorização, Medição, Análise e Avaliação” são esclarecidos e especificados [12].

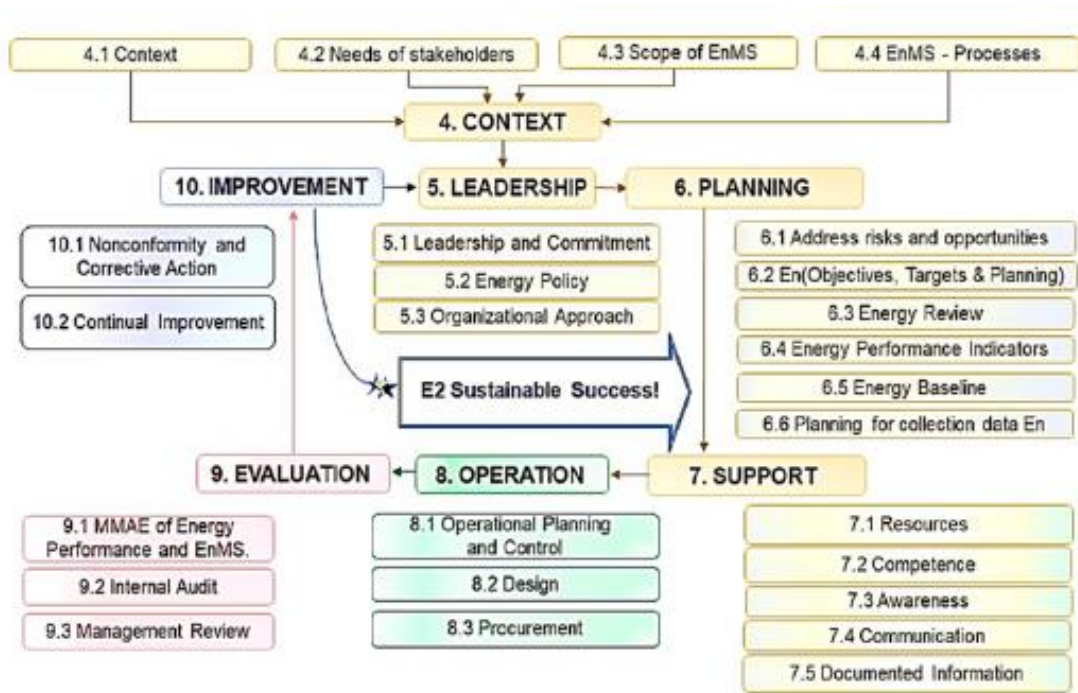


Figura 2.4 – Requisitos da ISO 50001;

Fonte: Retirado de [11].

Na estrutura da norma, encontram-se as ligações com os *genes* da sua metodologia, de acordo com o PDCA de *Deming*<sup>1</sup>, em que a amarelo se representam as secções da norma referentes ao “Plan”, a verde as secções referentes ao “Do”, a vermelho as secções referentes ao “Check” e finalmente a azul as secções referentes ao “Act” [11].

Encontram-se pequenas diferenças na abordagem de alguns investigadores, contudo mantendo o gene na metodologia. Por exemplo, encontram-se diferentes interpretações sobre em que passo do ciclo de *Deming* se coloca toda a parte de suporte, comunicação e envolvimento das pessoas. Alguns investigadores colocam-na no primeiro passo de “Plan”,

<sup>1</sup> PDCA - Do inglês: PLAN - DO - CHECK - ACT ou Adjust é um método iterativo de gestão de quatro passos, utilizado para o controlo e melhoria contínua de processos e produtos. É também conhecido como o círculo/ciclo/roda de Deming, pois foi William Edwards Deming o seu inventor.

enquanto outros inserem-na no segundo passo do “Do” [13].

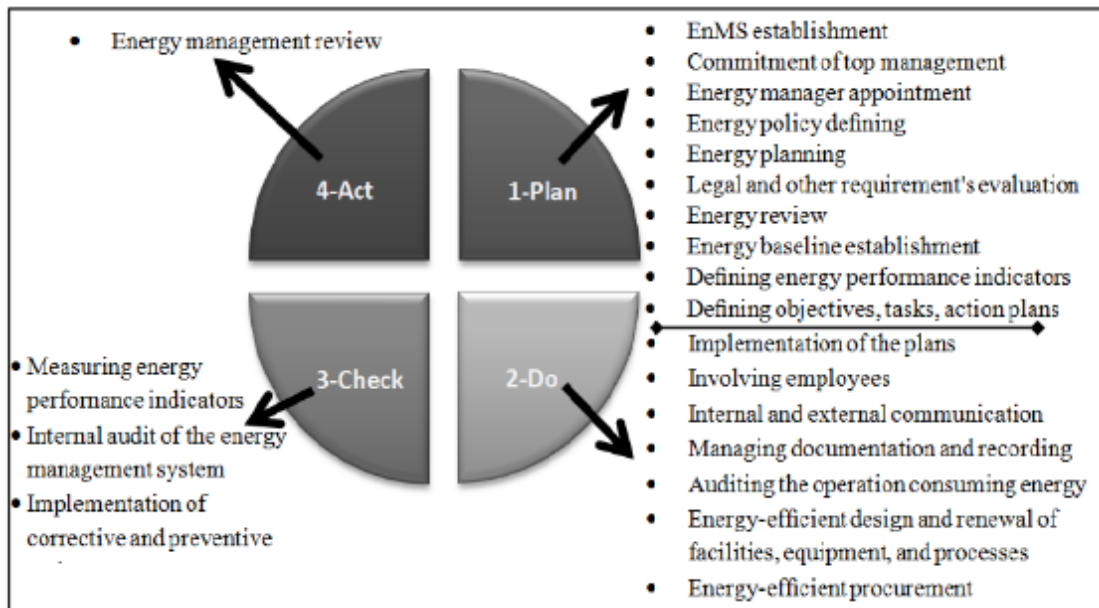


Figura 2.5 – Abordagem PDCA da ISO 50001;

Fonte: Retirado de [13].

A abordagem da ISO 50001 é uma abordagem importante de criação de um sistema de gestão de energia, que pretende a sustentabilidade da gestão. Todavia, é claramente insuficiente para dar respostas estruturadas a todas as questões simples que se colocam na prática, sobre como chegar de forma ágil e eficaz à eficiência energética.

Os sistemas de medição e monitorização são ativos essenciais no contexto da gestão de energia. Com referência específica aos Sistemas de Gestão de Energia (SGE), de acordo com a ISO EN 50001, a medição e a monitorização servem na [14]:

- Fase de planeamento energético, para analisar o uso e consumo de energia da organização;
- Fase de verificação, para avaliar os impactos da política energética da organização.

Os sistemas de medição e monitorização também podem servir no contexto da gestão de energia, pois:

- Apoiam auditorias de energia;
- Fornecem informação para alocação de custos de energia;
- Apoiam *benchmarking* para avaliar e classificar desempenho em relação a processos similares ou valores de referência;
- Contribuem para diminuir riscos das ações de melhoria do desempenho energético,

fornecendo dados para planeamento e verificação;

- Aumentam a confiança no desempenho com base em contratos (contratos de Performance Energética - EPC).

Finalmente, os sistemas de medição e monitoramento da eficiência energética também podem contribuir efetivamente para outros aspetos da organização, principalmente no domínio da fiabilidade, pois fornecem dados úteis para:

- Avaliação do desempenho da disponibilidade e fiabilidade;
- Suporte da manutenção e da sua manutenibilidade.

Neste sentido, estas primeiras abordagens normativas apresentavam alguma generalidade e falta de foco nas medidas de eficiência a implementar. Contudo, vieram a complementar-se tempos mais tarde, com o surgimento e ligação de outras referências.

A IEC (*International electrotechnical commission*) estabeleceu um Comité consultivo sobre Eficiência Energética (ACEE), para coordenar as suas atividades neste domínio. O ACEE propôs uma abordagem geral para a standardização da eficiência energética, definindo o conceito de Aspetos de Eficiência Energética (EEAs) - EEAs são todos os elementos, ou serviços que uma norma pode fornecer para apoiar um processo genérico de “melhoria da eficiência energética”. A ACEE propôs cinco categorias de EEAs que devem ser consideradas no desenvolvimento de um *standard*:

1. Definição de eficiência energética;
2. Medição de eficiência energética;
3. Avaliação de eficiência energética;
4. Melhoria da eficiência energética;
5. Habilitação da eficiência energética.

Posteriormente a esta primeira classificação, a ACEE lista exemplos de aspetos de eficiência energética dentro de cada uma das cinco categorias principais e efetua um trabalho de inventário de normas técnicas existentes, que possam ajudar a responder aos mesmos. A ACEE começou pelas duas primeiras categorias de definição de eficiência energética e medição da eficiência energética, para identificar referências úteis de apoio ao processo de conceção, implementação, operação e manutenção de um sistema de medição e monitorização da eficiência energética

O objetivo global deste mapeamento foi, para além de identificar as normas existentes, identificar as lacunas para desenvolvimento de futuras normas, sendo que se destacou pela prioridade do momento em desenvolver a norma ISO 50015 (sistema de gestão de energia) [14].

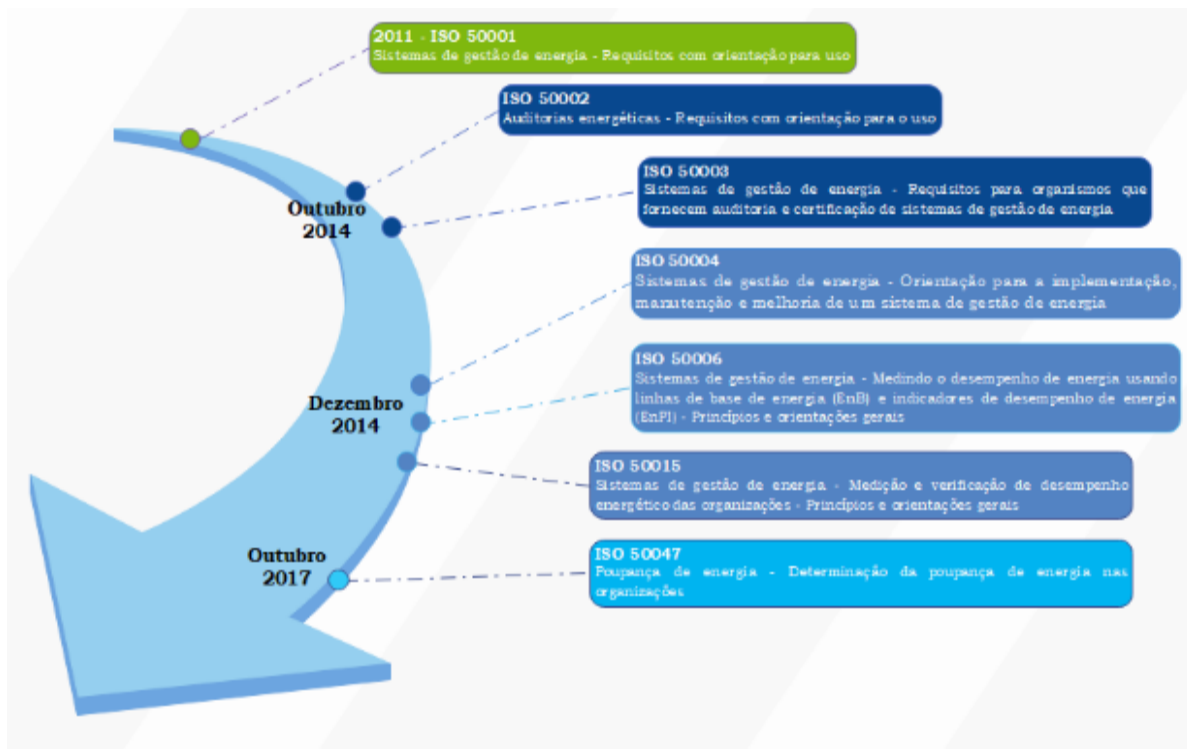


Figura 2.6 – Normas da Família 50000;

Fonte: Elaboração própria.

Em cima, pode verificar-se o roteiro cronológico apenas no que diz respeito a normas da família 50000, sendo que existem muitas mais normas técnicas. No entanto, foram alavancados os seus desenvolvimentos para melhorar o apoio e suporte ao sistema de gestão de energia (ISO 50001), tais como:

- ISO 50002: Auditorias energéticas - Requisitos e orientações para uso;
- ISO 50003: Sistema de gestão de energia - Requisitos e orientações para organismos que fornecem auditorias energéticas;
- ISO 50004: Sistema de gestão de energia - Orientação para a implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de energia;
- ISO 50006: Sistema de gestão de energia - Medir o desempenho energético, usando linhas de base de energia (EnB) e indicadores de desempenho energético (EnPI) - Princípios gerais e orientação;
- ISO 50015: Sistema de gestão de energia - Medição e verificação de desempenho energético das organizações - Princípios gerais e orientação;
- ISO 50047: Poupança de energia - Determinação da poupança de energia nas organizações.

Estas referências normativas constituem de facto um importante suporte para a estruturação

dos procedimentos nas organizações, em cada um dos campos de aplicação. No entanto, são insuficientes para as especificidades de cada organização, no que diz respeito à eficiência energética. São orientações muito generalistas, que muitas vezes não dão resposta ao que realmente a organização necessita: Como poupar energia? Por onde começar? O que fazer nos processos?

Falta por isso uma metodologia clara para colocar em páticas medidas de eficiência nas organizações, que atue como complemento a todas estas referências normativas e que direcione as organizações de forma ágil aos resultados.

## **2.6. Fornecimento de energia em Espanha**

Das modalidades disponíveis no mercado para a compra de energia, é possível diferenciar duas grandes famílias de preços para a energia: Preço fixo, ou Preço indexado.

Seguidamente, apresentam-se as diferenças entre os dois produtos mais comuns das ofertas indexadas, ou com o preço referenciado ao mercado diário, ou *Pool*. As duas modalidades mais comuns nesse tipo de preço são o produto “*Pass Through*” e o produto “*Pass Pool*”.

Em ambas as modalidades, o preço da energia é referenciado ao preço diário de mercado, ou seja, ambas são ofertas indexadas e, portanto, a energia consumida será paga ao preço horário real. Muito embora, por vezes, se considere que são modalidades de preços semelhantes, na realidade não o são; sendo que a única semelhança entre elas é que ambas se baseiam no mercado diário e/ou Intra diário [15].

### **2.6.1. Preço Fixo**

O preço fixo é apresentado como um preço estabelecido ao longo de toda a vigência do contrato, exceto por mudanças nos conceitos regulamentados. Com efeito, o preço fixo é o resultado de vários custos que se podem diferenciar em custos de mercado, custos regulados e outros custos.

### **2.6.2. Preço Indexado Tipo Pass Pool**

Este produto destina-se a clientes que pretendam estar indexados ao *Pool*, mas não queiram assumir o risco de variação de preços em todos os componentes. Por esta razão, existem alguns que são fixos e permanecem inalterados durante todo o período do contrato (todos exceto os custos de aquisição de energia). Portanto, existe uma fórmula em que alguns coeficientes se somam e outros multiplicam o preço de mercado diário, conforme a seguinte Equação 2.13 :

$$\text{Preço } h_i = A_i + B_i * OMIE_i \quad 2.13$$

Em que os elementos da fórmula correspondem aos seguintes componentes do custo da energia:

$i$  = Período tarifário segundo legislação em vigor;

**Preço  $h_i$**  = Preço total do termo energia da hora “ $h$ ” do período tarifário “ $i$ ”;

$A_i$  = Serviços de ajuste, pagamentos de capacidade, margem, perdas correspondentes e taxa;

$B_i$  = É multiplicado por OMIE e inclui as perdas com transporte e distribuição, bem como a parte do imposto municipal correspondente;

$OMIE_i$  = Preço horário do mercado diário elétrico OMIE.

A estes preços devem ser acrescentados com o custo de uso das redes, tarifas reguladas e impostos conforme *Ley 24/2013*, de 26 de dezembro, do Setor Elétrico.

Na contratação de um fornecimento do tipo Indexado, é possível fixar posições nos mercados de futuros do OMIP (Operador do Mercado Ibérico de Energia - Pólo Português) através do sistema *click*, que permite garantir um preço de compra futuro para uma percentagem de energia, num determinado período do contrato, num mês específico ou num trimestre. Não são possíveis a 1 ano, pois a periodicidade máxima deste contrato é de 1 ano.

$$\text{Preço } h_i = A_i + B_i * OMIP_i \quad 2.14$$

Em que os elementos da fórmula correspondem aos seguintes componentes do custo da energia:

**Preço  $h_i$**  = Preço total do termo energia da hora “h”;

$A_i$  = Serviços de ajuste, pagamentos de capacidade, margem, perdas correspondentes e taxa;

$B_i$  = É multiplicado por OMIP e inclui as perdas com transporte e distribuição, bem como a parte do imposto municipal correspondente;

$OMIP_i$  = Preço horário do mercado Intra diário elétrico OMIP.

Esta fórmula é transparente, mas ao definir custos fixos no futuro, esses coeficientes têm algum risco, pois a poupança pode ser menor do que no produto *Pass Through*.

Existe também o sistema *Multiclick*, que oferece a possibilidade de diversificar o preço de compra e construir o preço de fatura, através de percentagens parciais de compras indexadas ao mercado futuro OMIP.

A sua periodicidade anual, as suas limitações dos serviços de cobertura e a indisponibilidade para emissão de ordens obrigatórias fazem com que, na prática, não seja possível aproveitar as muitas oportunidades de compra que surgem nos mercados de futuros a curto, médio e longo prazo. Por outro lado, a componente do preço da energia, referente aos custos fixos estruturais do sistema não se pode otimizar.

### 2.6.3. Preço Indexado Tipo Pass Through

A principal característica de um contrato de fornecimento do tipo “Passagem” é que todos os componentes do custo de energia são livres para o mercado e que o comercializador os transfere (passagem) diretamente para o cliente final.

Neste tipo de contrato, a gestão contínua dos custos por parte do cliente é imprescindível, uma vez que este está diretamente exposto aos altos e baixos do mercado.

O preço do termo de energia é definido hora a hora, com a seguinte fórmula:

$$\text{Preço}_h = (\text{OMIE}_h + \text{POS}_h + \text{PC}_{ht} + \text{INT}_h + \text{ROM}_h + \text{ROS}_h + \text{DSV}_h + \text{CG}_h) * (1 + Ph) * (1 + Y) * \text{CONS}_h \quad 2.15$$

$$\text{Preço}_h = (\text{OMIP} * \text{CA}_p + \text{POS}_h + \text{PC}_{ht} + \text{INT}_h + \text{ROM}_h + \text{ROS}_h + \text{DSV}_h + \text{CG}_h) * (1 + Ph) * (1 + Y) * \text{CONS}_h \quad 2.16$$

Em que os elementos da fórmula correspondem aos seguintes componentes do custo da energia:

**Preço<sub>h</sub>** = Preço total do termo energia da hora “h”;

**OMIE<sub>h</sub>** = Preço horário do mercado diário elétrico OMIE;

**OMIP** = Preço de compra a prazo OMIP;

**CA<sub>p</sub>** = Coeficiente de multiplicação por período de taxa aplicável ao coeficiente de energia;

**POS<sub>h</sub>** = Sobrecusto horário da hora “h” dos serviços de regularização publicados mensalmente pelo operador do sistema (*Red Eléctrica de España*), na sua liquidação mensal C2<sup>2</sup>;

**PC<sub>ht</sub>** = Preço horário da hora “h” de pagamentos de capacidade publicado anualmente pela CNMC, para cada período de tarifa;

**INT<sub>h</sub>** = Custo horário da hora “h” do serviço de ininterruptibilidade publicado mensalmente pelo operador do sistema;

**ROM<sub>h</sub>** = Remuneração ao Operador de Mercado (OMIE), conforme legislação;

**ROS<sub>h</sub>** = Remuneração do operador do sistema (*Red Eléctrica de España*), de acordo com a legislação em vigor;

**DSV<sub>h</sub>** = Custo horário dos desvios da hora “h” publicado mensalmente pelo operador do sistema;

**CG<sub>h</sub>** = Custo horário da comissão de gestão da comercializadora;

---

<sup>2</sup> Segunda Liquidação Inicial Provisória (C2): emitida no 8º dia útil do mês M + 1 e referente a um mês civil M. O dia de cobranças e pagamentos é o 11º dia útil do mês M + 1.

$P_h$  = Índice de perdas por hora publicado mensalmente, pelo operador do sistema;

$Y$  = Constante adimensional cujo valor atual é 0,015;

$CONS_h$  = Consumo em Mwh da hora "h".

A estes preços devem ser acrescentados o custo de utilização das redes, as tarifas reguladas e os impostos, conforme *Ley 24/2013* de 26 de dezembro, do Setor Elétrico.

Neste tipo de contratos, o cliente tem a possibilidade de fixar preços no mercado futuro por meio de procedimento “*Multiclick*”, seja para um todo, ou para frações de consumo.

No caso desta utilização, o termo de preço indicado na fórmula sob a denominação de  $OMIE_h$  e OMIP será estabelecido para cada período de tarifa, da seguinte forma:

$$\text{Preço } h_i = (\%Ene_{assegurada} * OMIP * CA_p) + (\%Ene_{aberta} * OMIE_h) \quad 2.17$$

Em que os elementos da fórmula correspondem aos seguintes componentes do custo da energia:

**Preço  $h_i$**  = Preço total do termo energia da hora “h” em € / MWh;

**$i$**  = Período tarifário segundo a legislação em vigor;

**OMIP** = Preço assegurado no mercado futuro em € / MWh;

**$CA_p$**  = Coeficiente de multiplicação por período de taxa aplicável ao coeficiente de energia;

**$OMIE_h$**  = Preço horário do mercado diário elétrico OMIE.

Este tipo de preços *Multiclick* pode ser formado para meses, trimestres, ou anos.

Portanto, uma das características do *Pass Through* é de poder fazer coberturas avançadas para grandes períodos de tempo (de dias a anos) e ordens prioritárias. Tem periodicidade plurianual, sem penalidades para o consumo.

As grandes vantagens do *Pass Through* é de poder fazer estas coberturas avançadas físicas e financeiras nos diferentes períodos (em Espanha denominado por teto, túnel ou vale) e assim aproveitar as oportunidades do mercado futuro a médio e longo prazo.

Outra grande vantagem é a de que os sobrecustos estão discriminados e possibilita a sua gestão e otimização. Este modelo permite otimizar os componentes de custo:  $ROS_h$ ,  $DSV_h$ ,  $CG_h$  e  $CA_p$ .

## 3. Descrição da empresa

A produção e transformação de vidro caracterizam-se por serem indústrias de consumo intensivo de energia, sendo que, nos últimos anos, a preocupação com os consumos e os custos energéticos tornou-se crescente. As políticas da União Europeia, no sentido de inverterem o aquecimento global, penalizam de forma abrupta, tanto o consumo intensivo de energias, como as emissões de  $CO_2$ . [16]

Uma das primeiras prioridades foi garantir a compra de energia elétrica, com certificado de *Green Energy*, por forma a evitar emissões  $CO_2$  de consumo primário, como se pode comprovar com o certificado no anexo I.

### 3.1. Enquadramento geral

Na Figura 3.1, o complexo industrial da Fábrica, que é composto pelas seguintes unidades industriais:

- Fábrica de vidro (*Float glass, laminated glass e coated glass*);
- Fábrica de para-brisas;
- Centro de desenvolvimento.



Figura 3.1 - Vista aérea do complexo da fábrica;

Fonte: Retirado de earth.google.com.

Todo o complexo é também caracterizado por ser um consumidor intensivo de energia, sendo

que grosso modo, 50% do consumo é feito pela fábrica de vidro e os restantes 50% pela fábrica de para-brisas.

Possui uma potência instalada de 40 MVA e uma potência contratada de 16,5 MW, conforme Tabela 3.1. A rede é composta por uma linha de alimentação em 136 kV e 3 transformadores de 136/20 kV. Posteriormente, a rede de 20 kV é distribuída internamente por um elevado número de transformadores de 20/0,4 kV, sendo a sua maioria de 2000 kVA.

Tabela 3.1-Potências contratadas nos diferentes períodos P1-P6<sup>3</sup>.

Período	Potencia Contratada (kW)	Potencia Máxima (kW)	Potencia A Facturar (kW)
P1	16500	16276	16500
P2	16500	16488	16500
P3	16500	0	16500
P4	16500	0	16500
P5	16500	0	16500
P6	19500	16132	19500

O consumo elétrico anual ronda os 110MWh e os 8,5M€, conforme Tabela 3.2 com os dados de 2018.

Tabela 3.2- Consumo elétrico anual em 2018.

Energy type	Work center	Jan-18	Feb-18	Mar-18	Apr-18	May-18	Jun-18	Jul-18	Aug-18	Sep-18	Oct-18	Nov-18	Dec-18	Average 18	Total 2018
Total consumption(kwh)	Global	9.777.672	8.997.102	9.811.608	9.558.792	9.504.432	8.926.926	9.533.340	6.018.456	9.631.416	9.607.446	9.613.350	7.514.406	9.041.246	108.494.946
Total invoice without taxes (Euros)	Global	742.148,4	719.303	613.090	577.392	592.595	716.514	822.673	520.204	862.136	820.790	790.339	685.144	705.194	8.462.329

Para análises mais detalhadas sobre consumos por cada período, consultar fatura no anexo II.

<sup>3</sup> P1 a P6: Períodos tarifários para tensão de alimentação 6.3 (130 kV);

### 3.2. Processos de produção

O processo produtivo da fábrica de para-brisas representa, dentro do complexo industrial, uma área coberta total de 55000m<sup>2</sup>, conforme demarcação na Figura 3.2. Com capacidade de produção de 1,5M Unidades/ano, dedica-se à produção de Para-brisas (WS-*Windshields*) e Tetos (CN-*Canopies*), em diferentes espessuras e tipos de vidro, laminado com *Polivinil butiral*<sup>4</sup>, de diversos tipos e espessuras (PVB).



Figura 3.2 – Detalhe da área da fábrica de para-brisas;

Fonte: Retirado de earth.google.com.

As lâminas de PVB são produzidas através de um processo de estiramento e corte, com as medidas aproximadas da peça a fabricar e derivam de rolos/bobines de PVB, conforme se pode verificar na Figura 3.4 e Figura 3.5.

O PVB pode apresentar várias características (*standard*, acústico<sup>5</sup>, *heated*<sup>6</sup>, antena<sup>7</sup>, banda<sup>8</sup>, Proteção UV, HUD<sup>9</sup>, etc.) e diferentes tonalidades e cores. Na Figura 3.3 exemplo de HUD no para-brisas de um automóvel.

---

<sup>4</sup> Polivinil butiral ou PVB é uma resina usada geralmente para as aplicações que requerem uma adesão forte, claridade óptica e flexibilidade.

<sup>5</sup> PVB Acústico tem propriedades acústicas superiores à versão Standard.

<sup>6</sup> PVB Heated contém filamentos de tungsténio no interior da lâmina, para ter propriedades de desembaciamento.

<sup>7</sup> PVB Antena contém circuito de antena AM/FM na lâmina de PVB.

<sup>8</sup> PVB de Banda contém banda protetora do sol.

<sup>9</sup> Head up display (HUD) é o monitor de alertas projetado no vidro do pára-brisas.



Figura 3.3 – Tecnologia PVB com *Head-up-display* (HUD);

Fonte: Retirado de [www.trosifol.com](http://www.trosifol.com).

Todo este processo de fabrico e armazenagem necessita de condições especiais de temperatura, humidade e pressão positiva, para que se mantenham estáveis as propriedades das matérias-primas e das peças cortadas-estiradas de PVB. A pressão positiva é condição para que se previna a contaminação do interior da sala com sujidades.



Figura 3.4 – Rolos de PVB na entrada da linha de estirado;

Fonte: Retirado de [www.trosifol.com](http://www.trosifol.com).



Figura 3.5 – Lâminas de PVB cortado e estirado.

Fonte: Retirado de [www.trosifol.com](http://www.trosifol.com).

Possui duas linhas de produção, dedicadas por famílias de produtos e com capacidades de produção distintas, conforme croqui da Figura 3.6 e Tabela 3.4. Em ambas as linhas, salvo particularidades em alguns equipamentos, os processos são semelhantes.

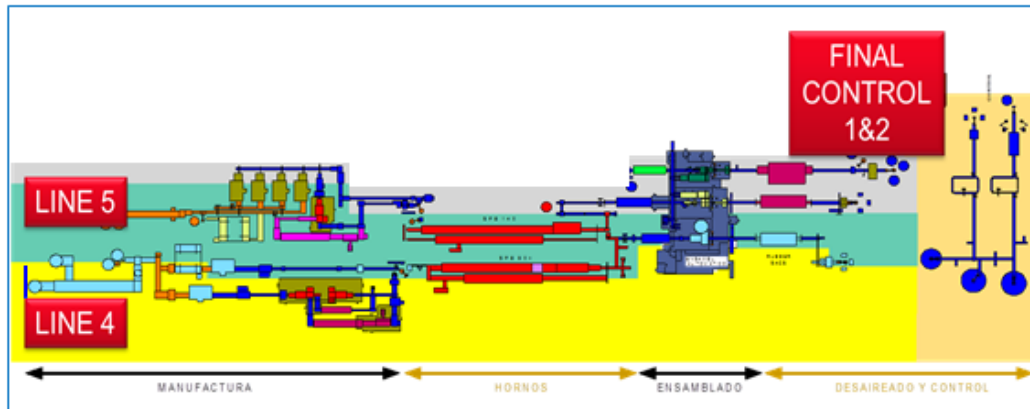


Figura 3.6 – Croqui das linhas de produção WS+CN.

Fonte: Retirado de [17] .

Tabela 3.3 - Capacidades e famílias de produto por linha.

Linha	Modelo de Forno	Capacidade (K unid./ano)	Famílias de produto
Linha 4	SPB120	550	Small Series Complex products Kappa Kappa + Heated Antenna Vabene Heated WS Acusticos Head-Up Displays (HUD)
Linha 5	SPB180	950	Large series Standard products Heated WS Canopies (CN) Acusticos

A zona de manufatura caracteriza-se por ser o início de todo o processo, onde através de manipuladores ou braços *robot* se carregam as matérias-primas (diferentes medidas de chapas de vidro), nos transportadores da linha. Nesta fase, existem dois canais de fluxo de material, sendo um dedicado ao processo do vidro exterior e outro dedicado ao vidro interior. Numa primeira fase, a chapa de M.P de vidro é cortada em múltiplas unidades retangulares mais pequenas, designadas por primitivos. Esta situação sucede em cada canal de fluxo de vidros (interior e exterior) e estes têm uma dimensão maior e aproximada ao produto final.

Posteriormente, os primitivos entram numa máquina *CNC Bando Kiko*, que executa o corte da forma, a desbandagem do excesso de vidro (*trim*)<sup>10</sup> e executa a aresta. Na Figura 3.7, apresenta-se um modelo da máquina *CNC Bando Kiko*<sup>11</sup>.

O processo de corte é efetuado com rodízios de diamante e lubrificado com óleo especial volátil. O processo de tratamento mecânico às arestas é executado com recurso a mós diamantadas, com arrefecimento através da pressão de água. Esta água é fornecida e tratada por um processo em circuito fechado, denominado por “*depuradora de canteo*”.

Ainda na zona de manufatura e posteriormente ao tratamento mecânico das arestas, é necessário proceder à lavagem dos vidros, já com a forma geométrica final, contudo ainda em vidro plano.

Na Figura 3.8 apresenta-se a máquina de lavar vidro plano, da linha 4. Este processo de lavagem revela-se de extrema importância, pois antecede o processo de serigrafia<sup>12</sup> da banda negra e curvatura dos para-brisas. Neste processo de lavagem e secagem devem ser respeitados os parâmetros de qualidade de água (<10µS), temperatura (35-39°C) e pressão (>3bar).

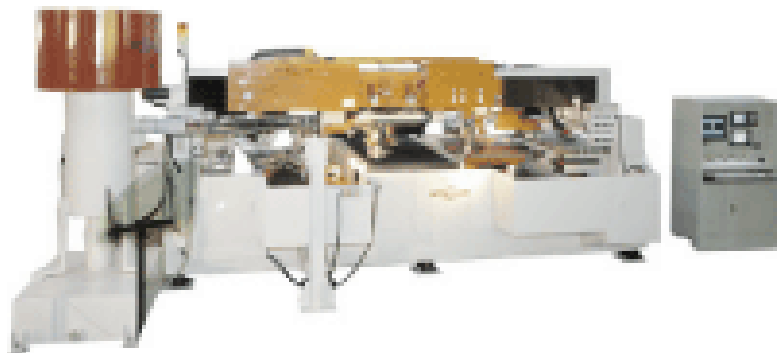


Figura 3.7 – Máquina *CNC Bando KIKO* (corte, abertura e arestas);

Fonte: Retirado de bandoj.com.

Depois de lavados e secos, os vidros (interior e exterior) seguem pelos dois canais de transportes, passando um deles pela fase de serigrafia e o outro (o par), seguindo diretamente até à entrada do forno de curvar.

---

<sup>10</sup> Desbandagem é a operação de remoção do excesso de vidro (*trim*), depois do corte da peça a produzir.

<sup>11</sup> CNC Bando Kiko é um centro de maquinagem CNC de um fabricante japonês.

<sup>12</sup> Serigrafia, silk-screen ou impressão com tela é um processo de impressão permeográfica de texto ou figuras (gravura planográfica) em uma superfície, na qual a tinta é vazada e, pela pressão de um rodo ou espátula, passa através de uma tela.



Figura 3.8 – Máquina de lavar vidro plano da linha 4;

Fonte: Elaboração própria.

A serigrafia é um processo efetuado com tela serigráfica e através da pressão de uma *raclete*<sup>13</sup>, a tinta passa pelos poros de uma tela, fixando-se no vidro. A tela serigráfica é exatamente o negativo da figura que queremos serigrafar; isto é, a tela encontra-se tapada onde não queremos imprimir e aberta onde queremos imprimir.

Para que haja estabilidade no processo de pintura, é fundamental manter a estabilidade da viscosidade da tinta. Assim, toda a zona de serigrafia deve ter cabine e ambiente controlado em termos de temperatura, humidade e ligeira pressão positiva, conforme se pode verificar na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Cabine de serigrafia da linha 5;

Fonte: Elaboração própria.

---

<sup>13</sup> Raclete é um utensílio utilizado em serigrafia constituída por um suporte de alumínio que fixa uma borracha especial, com a função de espátula e de pressionar a tela serigráfica com tinta.

Terminada a serigrafia da banda negra num dos vidros do para-brisas, este passa por um processo de cura da pintura num forno.

Posteriormente, ambos os vidros (serigrafado e não serigrafado) seguem por canais de transporte distintos e vão passar por uma fase importante, onde se coloca pó intercalário<sup>14</sup> na face 2 e face 3, em cada um dos vidros.

A função do pó intercalário é fazer com que a superfície de um vidro não se pegue com a do outro, quando sujeitas a elevadas temperaturas. Desta forma, o pó intercalário permite que os dois vidros passem de canais distintos a um canal comum, sendo colocados um sobre o outro (face 2 sobre a face 3), para que entrem no forno e sejam curvados um sobre o outro, ao mesmo tempo. Na Figura 3.10, esquematiza-se a nomenclatura da identificação das faces de um vidro laminado.

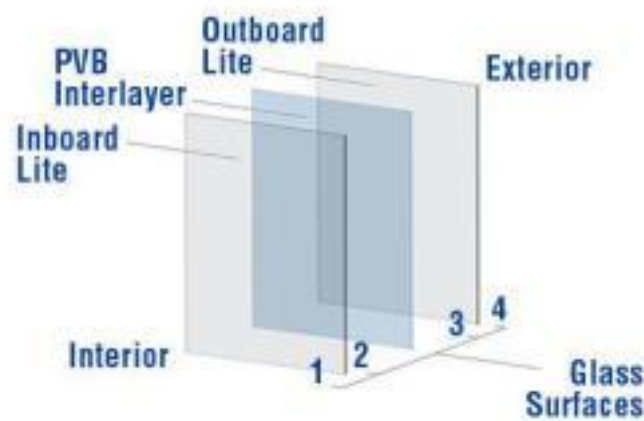


Figura 3.10 - Nomenclatura das diferentes faces do vidro laminado.

Fonte: Retirado de [www.trosifol.com](http://www.trosifol.com).

Este procedimento é efetuado com recurso a *robots* (*robot* de emparelhamento) e garante a compatibilidade de curvaturas entre os dois vidros, evitando problemas de espaços vazios que podem originar bolhas, quando se lamina com o PVB.

O processo de curvatura é um processo efetuado por gravidade, em que os vidros se adaptam contra um esqueleto metálico, revestido com telas especiais. Este esqueleto tem a configuração periférica da peça final a obter. Na Figura 3.11 apresenta-se um carro e esqueleto da linha 5.

---

<sup>14</sup> Pó intercalário é um pó cerâmico especial, utilizado entre os dois vidros durante o processo de curvatura.



Figura 3.11 – Carro e esqueleto para colocação do par de vidros;

Fonte: Elaboração própria.

Depois de depositado o par de vidros no carro com o esqueleto, este entra na secção de aquecimento do forno a velocidade constante e no final da zona de aquecimento (secção 29), os vidros estão a cerca de 700°C e perfeitamente adaptados ao esqueleto. Nos fornos contínuos de curvar, o comprimento da secção de aquecimento e arrefecimento podem variar em função da capacidade do forno.

Na saída da zona de arrefecimento (secção 35), os dois vidros encontram-se a cerca de 60°C, perfeitamente curvados e adaptados um ao outro.

Neste momento, procede-se à separação dos vidros, mas mantendo-os no mesmo transportador (um atrás do outro), para efetuar uma perfeita lavagem e secagem. Estas permitem remover todo o pó intercalário e outras sujidades que possam existir nas peças.

Na Figura 3.12 apresenta-se a máquina de lavar *Buxtrup* do *Ensamblado* linha 5.



Figura 3.12 – Máquina de lavar *Buxtrup* do *Ensamblado* linha 5;

Fonte: Elaboração própria.

Esta fase é de soberba importância, pois antecede a colocação da lâmina de PVB e nela se efetua a *sandwich* com os dois vidros. Neste processo de lavagem e secagem, ganham particular importância os parâmetros de qualidade de água ( $<5\mu\text{S}$ ), temperatura ( $35\text{-}39^\circ\text{C}$ ) e pressão ( $>3\text{bar}$ ).

No processo de laminagem, para além de um elevado grau de limpeza das peças (vidros e lâminas de PVB), é conveniente efetuar-se toda a operação em ambiente controlado. Com efeito, este processo realiza-se em salas limpas de classe M5.5<sup>15</sup>, com parâmetros específicos de temperatura ambiente ( $14\pm 0.3^\circ\text{C}$ ), humidade ( $27\pm 0.9\%$ ) e pressurizadas positivamente.



Figura 3.13 – Exemplo da sala de preparação de lâminas térmicas;  
Fonte: Retirado de [www.trosifol.com](http://www.trosifol.com).

O processo de *ensablado*<sup>16</sup> termina com a operação de “*desareado*”<sup>17</sup>, em que a peça se encontra dentro de um saco (*vacuum bag*). Pelo efeito de temperatura, vácuo e tempo é efetuada a remoção de grande parte do ar existente entre os dois vidros e o PVB, que constituem o laminado.

---

<sup>15</sup> Classe de salas limpas segundo a *International System Standard*. Outro sistema normativo aplicável é o *American Standard FS209D*.

<sup>16</sup> *Ensablado* é a designação ao processo de laminagem dos vidros.

<sup>17</sup> *Desareado* é a designação dada ao primeiro processo de remoção do ar do interior da *sandwich*, também conhecido por pré-vácuo.



Figura 3.14 – Forno de sacos (*vacum bags*);

Fonte: Elaboração própria.

Em alternativa ao processo “*desareado*” por *vacum bags*, pode-se também encontrar em algumas fábricas equipamentos segundo o processo designado de *green snake*. Este caracteriza-se por utilizar uma borracha periférica adaptada ao para-brisas, por onde se executa o vazio e se remove o ar do seu interior, conforme se pode verificar na Figura 3.15.



Figura 3.15 – Processo desareado por *green snake*;

Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, as peças são paletizadas em “*racks* internos” e enviadas a um ciclo de autoclave (temperatura-pressão-tempo), conforme Gráfico 3.1, o que finaliza o processo de laminagem. Na Figura 3.16 a vista frontal da autoclave 2.

Gráfico 3.1 - Exemplo de ciclo de autoclave;

Fonte: Retirado de [17].

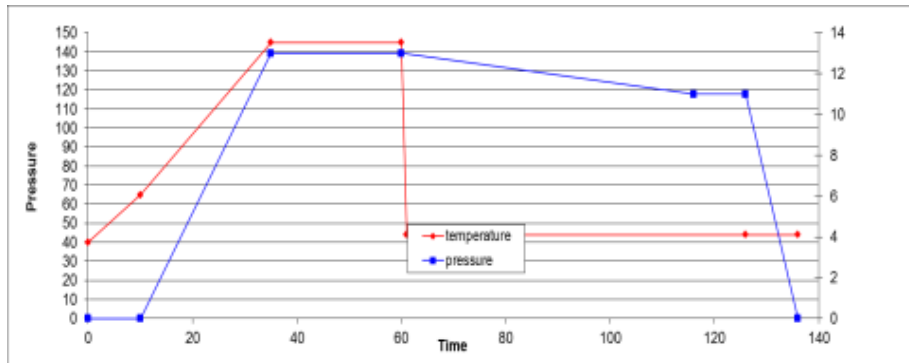


Figura 3.16 – Autoclave n°2;

Fonte: Elaboração própria.



Figura 3.17 – Rack interno;

Fonte: Elaboração própria.

Depois de laminados os dois vidros com o PVB, os para-brisas apresentam um aspeto totalmente transparente, conforme Figura 3.17. Nesta fase já podem passar pelas linhas de controlo final, onde vão ser efetuadas algumas operações de acabamentos e inspeção.

As grandes operações efetuadas nas linhas de controlo final são:

- Acabamento das arestas com a remoção dos excessos de PVB;
- Inspeção visual de defeitos em face 4 (exterior);
- Inspeção de defeitos em face 1 (interior);
- Inspeção automática de defeitos óticos a 100%, realizada em equipamentos conforme Figura 3.18.



Figura 3.18 – Equipamento de controlo ótico *Aura-Synergix* da linha 2;

Fonte: Elaboração própria.

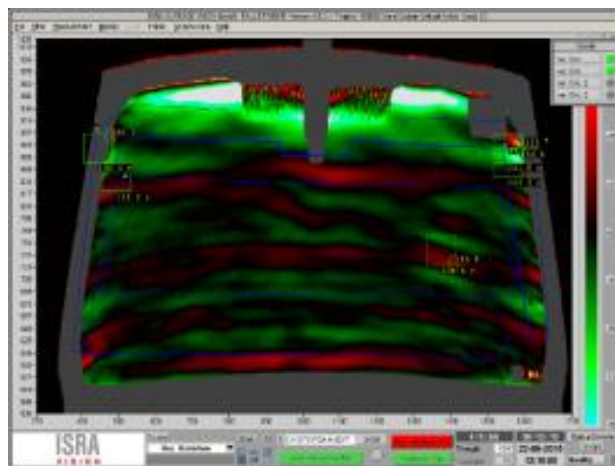


Figura 3.19 – Análise ótica no eixo x do equipamento ISRA da linha 1;

Fonte: Retirado de [17].

Na Figura 3.19 apresenta-se o relatório de uma análise de ótica de um para-brisas. Depois deste controlo de qualidade a 100% da produção, muitos dos modelos são enviados para os centros de distribuição, geralmente posicionados perto das fábricas montadoras de automóveis. Porém, outros passam por mais um processo de transformação, denominado Pré-Montagem, onde se efetua a montagem de alguns elementos acessórios aos para-brisas (juntas, suporte retrovisor, suporte da câmara, entre outros). Apresentam-se alguns modelos de pré-montagem do modelo Mercedes Vito, na Figura 3.20.

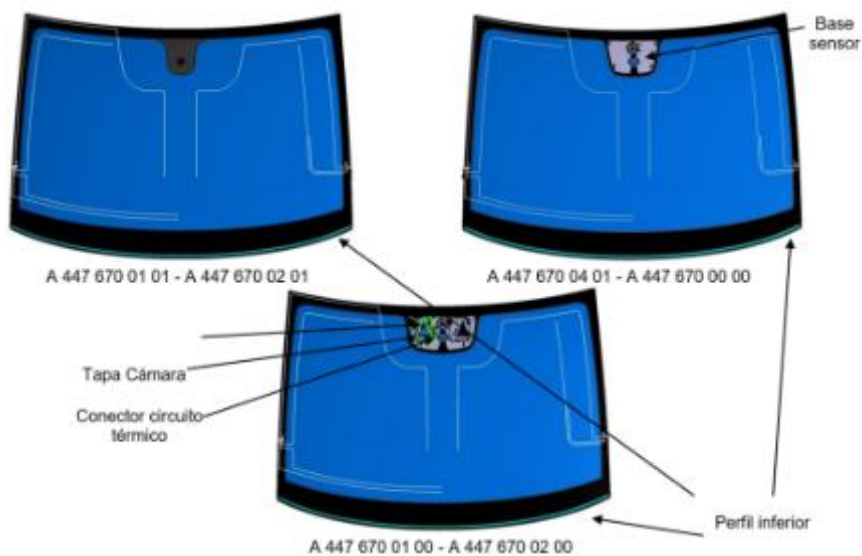


Figura 3.20 – Tipos de pré-montagem do para-brisas da Mercedes Vito;

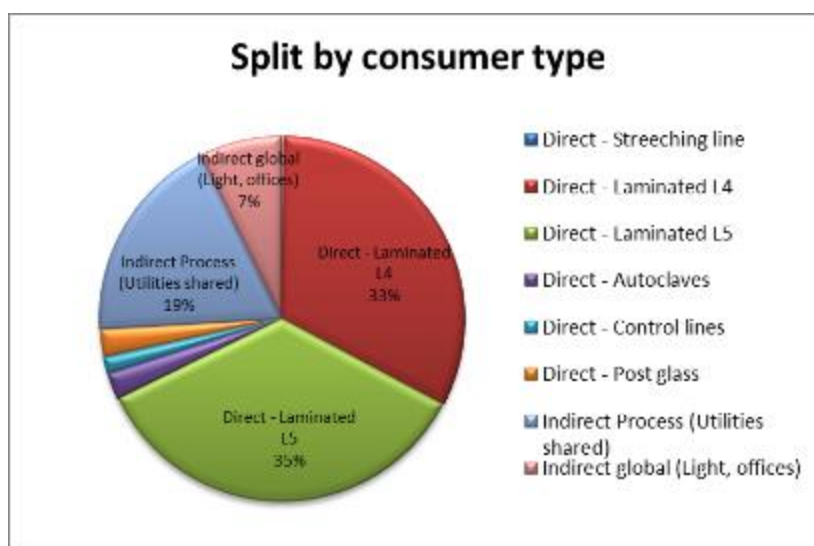
Fonte: Retirado de [17].

### 3.3. Processos de serviço geral

Os processos de serviços gerais, muitas vezes designados como “utilities” ou “utilidades” são, como o próprio nome indica, serviços de apoio à produção em geral. Normalmente associado a mais que um processo de produção ou departamento, alguns destes serviços chegam a estar associados a quase todos os processos de fabrico, como é o caso do ar comprimido, da iluminação e de algumas redes de climatização. Esta família de consumidores representa cerca de 26% do consumo global, conforme se pode verificar no Gráfico 3.2 (*indirect global e indirect shared*).

Gráfico 3.2 - Peso dos serviços gerais no consumo global;

Fonte: Retirado de [17].



São equipamentos e instalações que, por não estarem dedicados a apenas um processo produtivo, têm maiores problemas de seguimento e de implicação dos responsáveis, tanto em questões de consumos, como de operacionalidade, manutenção e melhoria continua. São em muitas organizações o elo mais fraco, por onde primeiro se corta nos recursos.

São equipamentos habitualmente de elevado potencial para melhorar a eficiência energética, pois os equipamentos gerais têm um número de utilizadores elevado. Também são muitas vezes equipamentos que se encontram com menos acompanhamento e com elevado consumo intensivo, o que lhes confere elevado potencial, tanto pelos níveis de eficiência, como pela facilidade de implementação.

Por tudo isto, é importante uma descrição mesmo que breve e sumária, sobre os mais importantes processos de serviço geral.

### 3.4. Iluminação

Numa organização com cerca de 50000m<sup>2</sup> de naves cobertas, é clara a importância da iluminação artificial, não só pela quantidade envolvida, como pelo estado de obsolescência da instalação e pelo seu estado de conservação. No Gráfico 3.2, pode comprovar-se que a iluminação representa 7% do consumo global.

Na instalação existem mais de 2200 pontos de iluminação, numa grande diversidade de tecnologias, sendo que as mais predominantes são de iodetos metálicos, vapor de sódio e tubos fluorescentes. Exemplo de uma das campânulas na Figura 3.21.

Tabela 3.3 –Tipologias de iluminação

Tipos	Potência (W)	Tecnologia	Quantidade
Campanas	250	Iodetos metálicos	324
Campanas	150	Iodetos metálicos	510
Luminária 2x 150cm	140	Tubos fluorescentes	190
Luminária 2x 120cm	90	Tubos fluorescentes	750
Luminária 2x 120cm	52	Tubos fluorescentes	150



Figura 3.21 – Campânula industrial e iodetos metálicos;

Fonte: Retirado de [17].

O sistema de iluminação caracteriza-se pelos seguintes pontos:

- Iluminação obsoleta e de elevada potência (250 e 400W por ponto);
- Baixa possibilidade de controlo da iluminação, devido às limitações das tecnologias de vapor de sódio e dos iodetos metálicos, na utilização de sensores de gestão;
- Níveis de iluminação insuficientes (ex. em ambiente industrial 20-50 Lux, em vez de 100-150 Lux, conforme a norma EN 12464-1);
- Diversos pontos em avaria, devido à baixa vida útil e custos de manutenção elevados;

Em baixo na Figura 3.22, um excerto do estudo Dialux elaborado segundo os critérios da norma EN 12464-1.

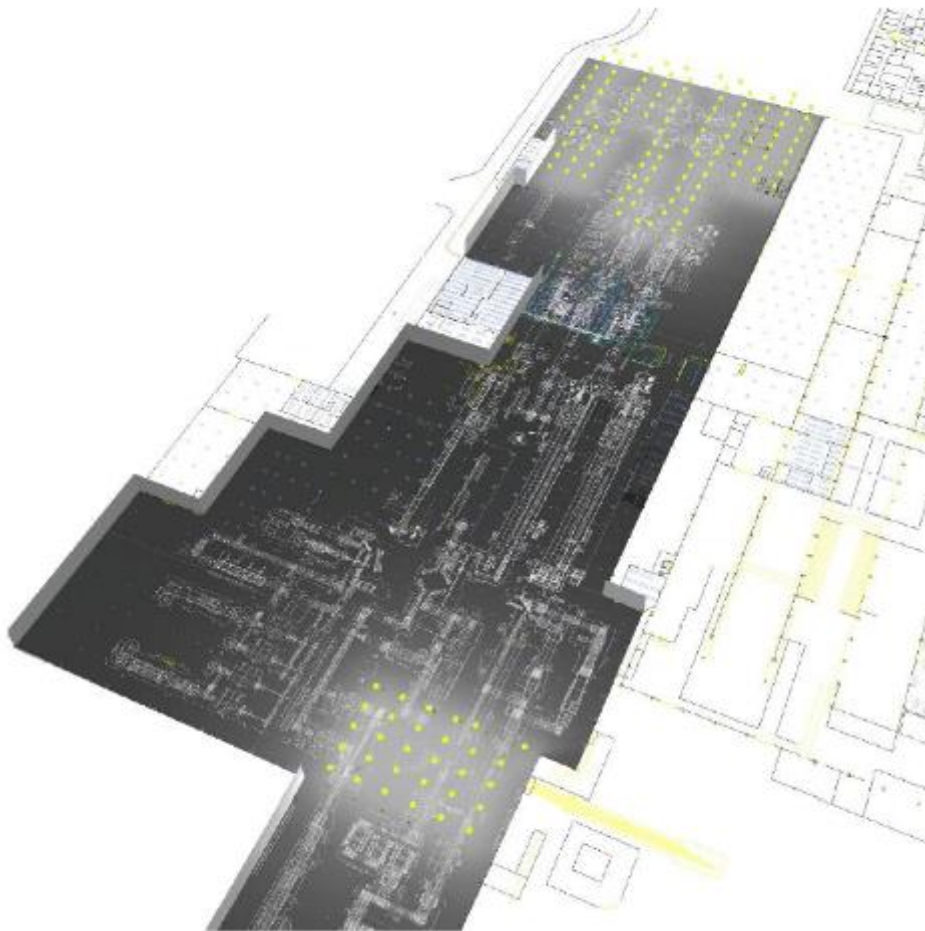


Figura 3.22 – *Renderig* do estudo *Dialux* de 2 zonas;

Fonte: Retirado de [17].

### **3.5. Estações de tratamento de água**

O processo de transformação do vidro é, para além de consumidor intensivo de energia, um consumidor intensivo de água. Esta é necessária, tanto para os processos de corte e desbaste de arestas, como também para as lavagens que antecedem outros processos, ou a entrega ao cliente final. Inicialmente, a água chegou a representar um consumo médio de 4000 m<sup>3</sup>/mês, em sistemas que trabalham em circuito praticamente fechado e em que não fazia sentido tais níveis de consumos de água nova.

Ao nível das estações de tratamento de água, a fábrica conta com as seguintes instalações:

- Rede de osmose<sup>18</sup> do controlo final;
- Redes de desmineralização: Rede *Nalco* (*cadena Nalco*) e Rede *Sulzer* (*cadena Sulzer*);
- Depuradora de manufactura.

#### Rede de osmose do controlo final

O processo de osmose inversa é um processo físico de tratamento da água, que retira os sais minerais, aumentando a sua pureza. Este nível de pureza da água é necessário em muitos processos de lavagem industrial, nomeadamente nas lavagens da transformação de vidro, para evitar manchas na superfície e obter uma lavagem de qualidade.

Esta instalação trabalha em circuito quase fechado, ou seja, a água depois de lavar, volta ao tratamento para reutilização posterior.

Existe uma primeira etapa de osmose, que alimentada pela rede de água potável, armazena água num depósito. Esta água é utilizada para o abastecimento das máquinas de lavar, quando se substitui na íntegra a água dos seus tanques. É também utilizada para repor o nível, compensando perdas, no circuito da segunda etapa de osmose e está caracterizada por uma condutividade de 20 µS. No anexo III apresenta-se um esquema de princípio.

Desde o tanque de retorno, a água é bombeada por um grupo de bombas, controlado pelo nível do tanque de retorno e passando por diferentes etapas de filtração (filtro de vidro e 3 níveis de filtros de cartuchos), antes de passar pela segunda etapa de osmose. Depois da segunda etapa de osmose, a água é armazenada no tanque de água tratada, encontrando-se pronta a ser enviada para as máquinas de lavar, com condutividade de cerca de 2-2,5µS e

---

<sup>18</sup> Osmose inversa é um processo de separação, em que um solvente é separado de um soluto de baixa massa molecular por uma membrana permeável ao solvente e impermeável ao soluto.

temperatura a 20-25°C. Na Figura 3.23 pode-se observar a instalação.



Figura 3.23 – Instalação de osmose do controlo final;  
Fonte: Elaboração própria.

### Redes de Desmineralização

O processo de desmineralização tem como objetivo retirar os sais minerais da água, para aumentar a sua pureza, mas utilizando um processo de tratamento físico-químico. É amplamente utilizado para preparar a água de processos industriais, nomeadamente nas lavagens da transformação de vidro, para evitar manchas na superfície e obter uma lavagem de qualidade.

Neste caso, as instalações tinham duas estações de tratamento de água que utilizam este princípio de desmineralização. A *rede Nalco* dedica-se a alimentar as lavagens do processo de manufatura e a *rede Sulzer* dedica-se a alimentar as lavagens da laminagem. Ambas trabalhavam em circuito quase fechado, ou seja, a água depois de lavar voltava ao tratamento, para reutilização posterior.

O princípio de funcionamento parte do depósito de retorno, que recolhe a água utilizada nas lavagens e de onde a água é bombeada por um grupo de bombas, para o filtro de areia. Posteriormente, passa pelo depósito de resinas catiónicas e em seguida pelo depósito das resinas aniónicas. No anexo IV, um esquema de princípio.

Depois de passar pelos depósitos de resina catiónicas e aniónicas, a água já se encontra tratada e com a condutividade dentro da especificação para esta fase do processo (entre 1-5  $\mu\text{S}$ ), seguindo para o tanque de armazenamento de água tratada.

No depósito de água tratada existe um grupo de duas bombas, que efetua o envio aos consumidores. Na Figura 3.24 pode observar-se uma das instalações.



Figura 3.24 – Instalação de desmineralização da *rede Nalco*;

Fonte: Elaboração própria.

### Depuradora de manufatura

A água que refrigera o processo de execução das arestas ao vidro (tratamento mecânico) obedece a alguns requisitos importantes, tais como: caudal, pressão, temperatura, PH, condutividade e sólidos suspensos totais (SST)<sup>19</sup>. Estes parâmetros zelam pela qualidade de produto, pelo rendimento do processo e também pela durabilidade dos equipamentos.

Esta instalação trabalha aproveitando o princípio da gravidade, pois localiza-se na cave, aproveitando assim a gravidade para receber toda a água do processo de maquinação.

O princípio de funcionamento da instalação também se baseia na gravidade, ao utilizar uns silos de receção de água com capacidade de retenção. Os silos são os decantadores por gravidade, que se caracterizam por baixar a velocidade de escoamento do afluente, daí o seu grande volume de armazenamento. Esta redução de velocidade faz com que seja possível decantar os sólidos em suspensão na água (pó de vidro). Para o seu favorecimento, são utilizados alguns produtos químicos adicionados na água, tal como floculantes e coagulantes.

Princípio de funcionamento no anexo V.

---

<sup>19</sup> Sólidos suspensos totais (SST) referem-se a pequenas partículas sólidas que se mantêm em suspensão em água, como um coloide, ou devido ao movimento da água. É utilizado como um indicador da qualidade da água.

### 3.6. **Redes de Ar Comprimido**

Existem na organização duas redes de ar comprimido: uma rede geral de ar comprimido com pressão máxima de 7 bar (6 bar em serviço), dedicada ao fornecimento de ar aos acionamentos pneumáticos em geral; e uma outra rede de ar comprimido, com pressão máxima de 15 bar (13 bar em serviço), dedicada ao fornecimento de ar comprimido ao processo de autoclaves.

#### Rede de ar comprimido de 7 bar

A rede de ar comprimido de 7 bar caracteriza-se por fornecer praticamente todos os processos, pois a sua energia alimenta todo o tipo de acionamentos pneumáticos dos equipamentos. Caracteriza-se ainda pela pressão de serviço ser em torno a 6 bar. Esta rede era inicialmente composta pelos seguintes equipamentos:

Tabela 3.4 – Lista de equipamentos rede de ar 7 Bar;

<b>Quant.</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Observações</b>
2	Compressor ML132-Fixo	132	Muito mau estado
1	Compressor ML160-2S - Fixo	160	Muito mau estado
1	Nirvana N132 - Variável	132	Razoável
1	Compressor R90i-Variável	90	Bom estado
2	Secador TMS430	-	Muito mau
1	Secador TMS780	-	Muito mau
1	Filtro de absorção NTS510	-	Bom estado



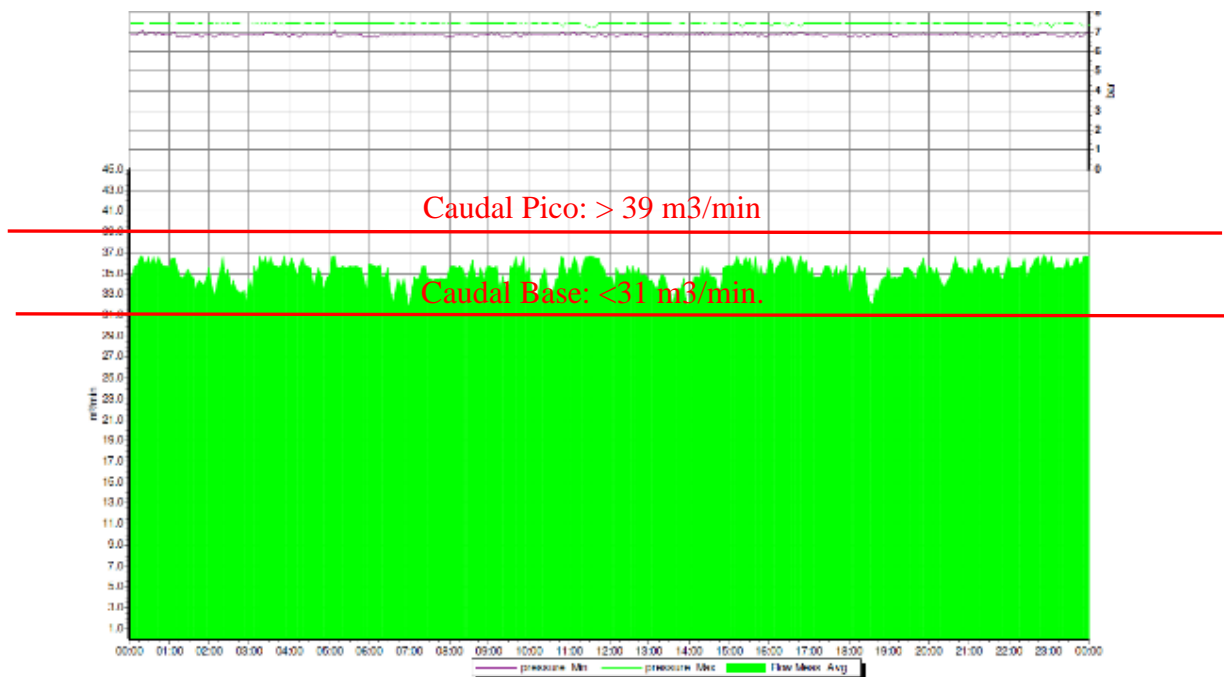
Figura 3.25 - Fotos dos equipamentos da instalação;

Fonte: Elaboração própria.

Encontrava-se num estado de degradação muito elevado, o que causava problemas de qualidade do ar produzido, sendo que os principais problemas eram a interrupção de fornecimento, elevada humidade no ar e elevada contaminação de óleo no ar. Estes problemas de qualidade do ar causavam graves constrangimentos no processo produtivo, devido às inúmeras falhas e avarias dos equipamentos. Na Figura 3.25 evidencia-se o mau estado da instalação.

Gráfico 3.3 - Medições de caudal e pressão na rede de ar de 7 bar;

Fonte: Retirado de [17].



Esta rede tem um perfil de consumo com uma base fixa e uma ponta variável, mas estes perfis mantêm-se constantes ao longo do tempo, conforme se pode verificar no excerto de Gráfico 3.3. De medições efetuadas retira-se que o caudal fixo base poderia ser de 31 m³/min. e o caudal máximo de pico de 39 m³/min, incluindo alguma margem de segurança.

A instalação, para além de obsoleta, estava sobredimensionada com 514 kW de potência no total dos equipamentos, para produzir apenas 39 m³/min. tal originava custos de exploração elevados (energia e manutenção).

O desenho da rede de ar era em linha, contrariamente a todas as boas práticas em instalações deste tipo, que sugerem uma rede tipicamente em anel. Também era notável a quebra de pressão na extremidade oposta à produção do ar comprimido, em cerca de 1,5 bar.

### Rede de ar comprimido de 15 bar

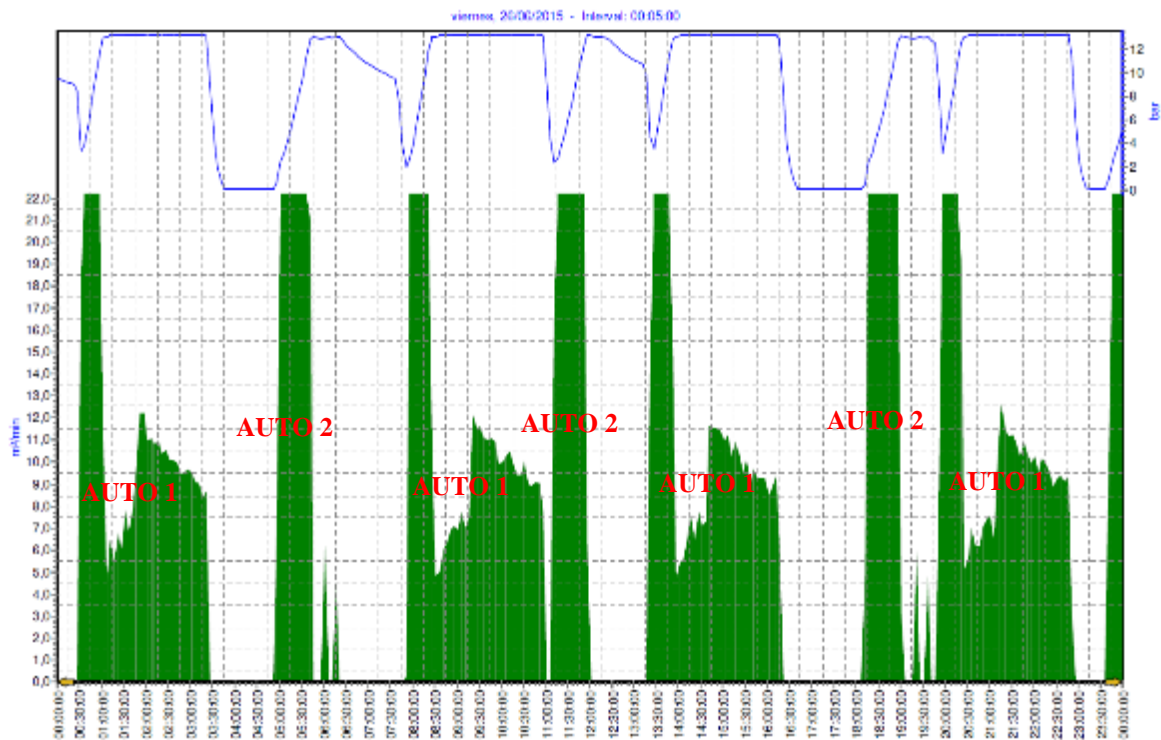
A rede de ar comprimido de 15 bar caracteriza-se por fornecer ar comprimido para o processo final de laminagem, realizado nos autoclaves. A pressão de serviço é de 13 bar. Esta rede era inicialmente composta pelos equipamentos listados na tabela:

Tabela 3.5 – Lista de equipamentos rede ar 15 bar.

Quant.	Equipamento	Potência (kW)	Observações
1	Ingersoll 1– SSR MXU170AC	170	Ano:1997; 48000 horas; Mau estado
1	Ingersoll 2– SSR MXU170AC	170	Ano:2000; 48000 horas; Mau estado
1	Dryer Chumeca 1600	--	Ano:1997; Fora de serviço
2	Pre-Oil filters Chumeca	--	Ano:1997; Fora de serviço
1	Oil/water separators Bekosplit13	--	Fora de serviço

Gráfico 3.4 - Medições de caudal e pressão na rede de ar de 15 bar;

Fonte: Retirado de [17].



Esta rede tem um perfil de consumo cíclico, em função dos ciclos dos diferentes autoclaves, conforme se pode verificar no excerto do

Gráfico 3.4. Um dos principais problemas desta instalação era a falta de capacidade para

abastecer os 2 autoclaves com ciclos em simultâneo e por isso trabalhava-se de forma alternada, conforme se pode verificar no gráfico.

De medições efetuadas retira-se que o caudal máximo é de 22 m<sup>3</sup>/min., sendo necessários aproximadamente 30 minutos para encher o autoclave 1 (71m<sup>3</sup>) e 45 minutos para encher o autoclave 2 (115m<sup>3</sup>). Era necessária uma instalação modular que arrancasse os compressores, em função do número de autoclave em funcionamento.

Outro importante problema da instalação prendia-se com o facto de ter consumos de energia também em vazio, sendo que não existia um controlo na instalação, para poder entrar em hibernação (*standby mode*); fator de grande importância nos tempos ocioso entre cada ciclo de autoclave.

Resumidamente, a instalação, para além de obsoleta, estava subdimensionada e era pouco eficiente energeticamente, originando custos de exploração elevados (energia, manutenção e produção).



Figura 3.26 - Um dos compressores *Ingersoll* 170 kW;

Fonte: Elaboração própria.

### 3.7. Sistema de climatização industrial

O processo de laminagem de vidro é um processo pouco eficiente do ponto de vista energético, pois existem diversos ciclos de aquecimento e arrefecimento durante diferentes fases do processo. Por outro lado, exige um conjunto de especificidades nos parâmetros de processo, que obriga à utilização de sistemas de refrigeração em função de cada zona, conforme se pode observar na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Parâmetros de temperatura e humidade do processo;

Área do processo	Temperatura (°C)	Humidade (%)
Armazéns de <i>stock</i> MP	7 ± 3	--
Salas de laminagem	13 ± 2	27 ± 3
Sala de serigrafia	13 ± 2	27 ± 3
Forno de sacos	7 ± 3	--

A instalação encontrava-se num estado de conservação muito deficiente, com equipamentos fora de serviço, ausência e degradação do isolamento das tubagens e condutas em falta, ou deterioradas.

Esta rede era inicialmente composta pelos seguintes equipamentos:

Tabela 3.7 - Lista de *Chillers* da rede de climatização industrial.

Quant.	Equipamentos Chiller	Potência (kW)	Área	Observações
1	Trane 0 ERTAA217		Sala de <i>stock</i>	2 compressores
1	Trane 1 ERTA216	487	Sala de laminagem	2 compressores
1	Trane 2 RTAD180	644	Sala de laminagem	2 compressores
2	Climaveneta FOCS-0651	147	Sala de laminagem	
2	Climaveneta HRH0402	113,3	Forno de Sacos L4 Forno de Sacos L5	
1	Clivet WRH-22100	234,9	Sala de laminagem	
1	Climaveneta WRH-1202	328	Sala de laminagem	
1	Trane ECGH255	94,3	Serigrafia 4	
1	Clivet modelo CAVN182	51	Forno 5	



Figura 3.27 – *Chiller Trane 1 e 2;*

Fonte: Elaboração própria.

# 4. Sistema de monitorização de energia

O sistema de monitorização de energia é sem dúvida a principal de todas ações, sendo que para poder trabalhar em melhoria contínua da eficiência energética, de uma forma séria e assertiva é fundamental ter um meio ágil e fiável de medição de todos os consumos.

A metodologia seguida neste projeto não é um exemplo, pois durante o percurso foi necessário decidir pela alteração dos analisadores preconizados. Contudo, todos os projetos trazem ensinamentos, tanto positivos, como menos positivos.

Para a implementação de um sistema de monitorização de consumos, existem 4 grandes e importantes passos:

1. Seleção de analisadores;
2. Arquitetura da rede de comunicações;
3. Seleção de *software* de gestão;
4. Definição de hierarquias e famílias de contagens e programação.

## 4.1. Seleção de analisadores

Quando se abraçou este tema, em 2015, o primeiro grande obstáculo foi herança do passado, em que os equipamentos que se tinham vindo a instalar, nomeadamente o *Wi LEM S3/SP2* eram muito pouco fiáveis (classe 3 e de 2 toroidais) e algo limitados em termos de parâmetros de informação (leituras horárias, harmónicos, etc.).

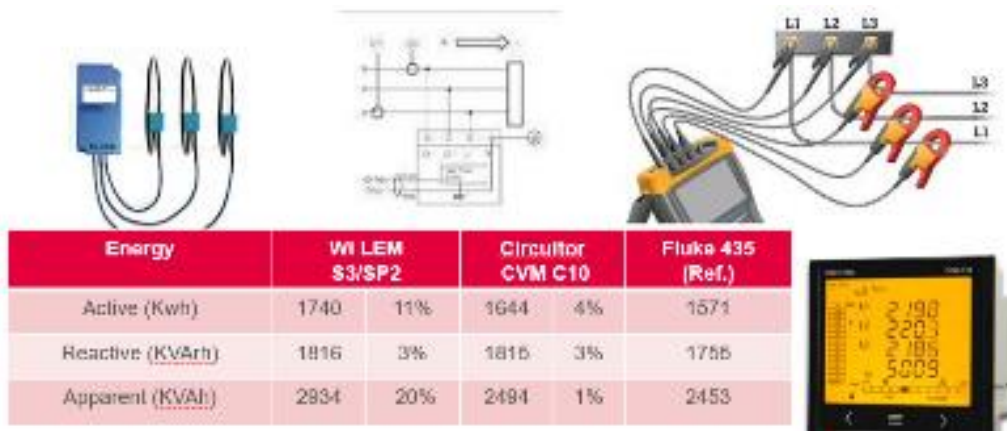
Com os resultados obtidos no estudo, recuou-se na instalação de mais contadores *Wi LEM*, mesmo sabendo que já se encontravam instalados cerca de 50 contadores. Os erros relativos à referência *Fluke 435* estão apresentados na Tabela 4.1.

Neste caso, a rede é trifásica (regime IT) e o contador de apenas 2 toroidais efetua um cálculo da fase 3, que pode fazer sentido teoricamente e numa instalação perfeita; contudo, numa instalação real não funciona.

Através de *Benchmarking* externo, obtiveram-se boas indicações de qualidade/preço sobre o analisador *Circutor CVM-C10* (classe 1 medição E.Ativa), motivo pelo qual este foi colocado também no plano de testes e ensaios de comparação com o analisador *Fluke 435*

(classe A). Para mais informações consultar a ficha técnica do equipamento no anexo VIII.

Tabela 4.1 - Estudo sobre erros de medição dos contadores *Wi LEM*.



Das lições aprendidas desta experiência, retira-se a seguinte informação, importante para partilha:

- Adquirir um analisador *Fluke 435*, ou equivalente, pois ao ser um equipamento de classe máxima de segurança, resolução e exatidão e sendo portátil pode trazer benefícios. Por exemplo serviu de referência na definição da melhor solução de analisador; também se revelou importante para dar início à análise de equipamentos ou circuitos, antes de estes terem analisador;
- Ter em atenção o regime de neutro da instalação, para a escolha dos analisadores de rede; evitar soluções de analisadores que não tenham toroidais em todos os circuitos da instalação;
- Ter em atenção a quantidade e tipo de parâmetros disponíveis nos analisadores;
- Ter em atenção as possibilidades de comunicação dos analisadores, pela capacidade de condicionar o passo da arquitetura da rede de comunicação.

## 4.2. Arquitetura da rede de comunicações

A definição do sistema de comunicação, numa fase inicial deveria ser compatível, tanto com a solução de contadores *Wi LEM*, como com a solução dos novos contadores *Circuitor CVM-C10*, tendo uma arquitetura com diferentes tipos de rede, conforme Figura 4.1.

Com este contador *Circuitor CVM-C10* foi possível monitorizar 40 parâmetros elétricos, conforme se mostra na Figura 4.3.

Tendo em consideração a proximidade das saídas para cada circuito nos postos de transformação, optou-se pela colocação dos contadores e dos respetivos toroidais nos disjuntores existentes no posto de transformação (a montante do equipamento respetivo). Neste caso, e tratando-se de distâncias curtas, optou-se por executar uma rede física RS485 e entrelaçar um máximo de 25 contadores de energia a um *Gateway Radio SenNet RF*.

Posicionou-se numa sala técnica um *Datalogger SenNet DL170*, que pode receber dados até um máximo de 170 dispositivos, iniciando-se a instalação de contadores *Circuitor CVM-C10* e paralelamente um plano de substituição dos já instalados *Wi LEM*. Esquema de princípio da rede de contadores de energia apresentado na Figura 4.1 e a ficha técnica do *Datalogger SenNet DL170* no anexo IX.

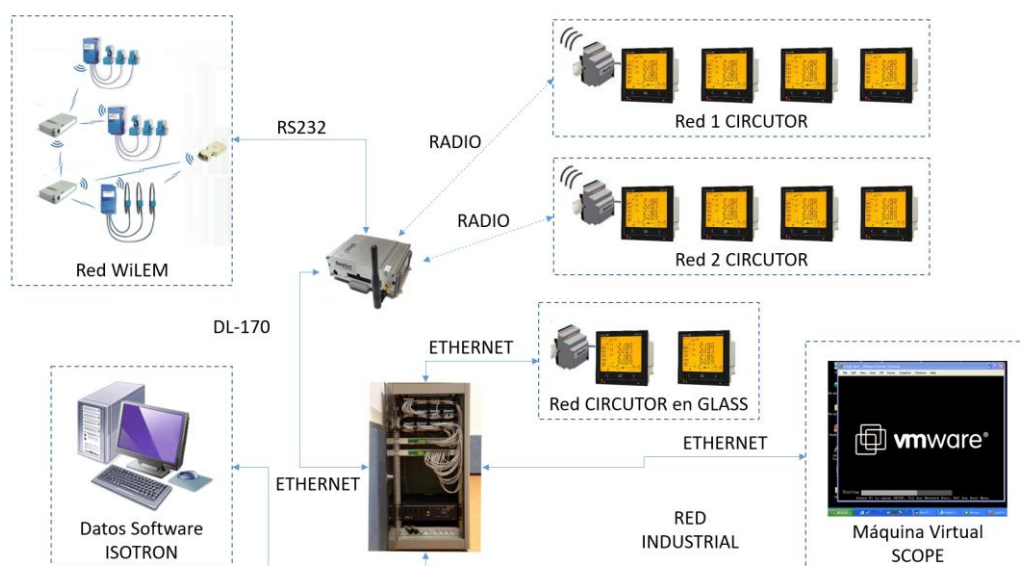


Figura 4.1- Comunicação de dados da rede de contadores de energia;

Fonte: Retirado de [17].

Este projeto foi efetuado com recurso a um plano de Investimentos de 50k€ e em cerca de 2,5 anos havia praticamente 100 contadores instalados, dando cobertura aos consumos

parciais, que representavam mais de 96% do consumo do contador de entrada. Toda a gama de *hardware* disponível está apresentada na Figura 4.2.



Figura 4.2 – *Hardware* utilizado na comunicação da rede de contadores.

Fonte: Retirado de [18].

Das lições aprendidas nesta experiência retira-se a seguinte informação, importante para partilha:

- Sempre que possível optar por infraestrutura em cabo, seja em rede industrial dedicada tipo RS485, ou caso esteja disponível a infraestrutura Ethernet;
- Equacionar a instalação de pequenas UPS na cabeceira de cada rede de contadores a alimentar a correspondente fonte de alimentação da rede;
- A infraestrutura de rede industrial dedicada justifica-se em instalações com pequenas distâncias, ou que tenham os caminhos de cabos disponíveis e acessíveis. Por exemplo, uma pequena rede de contadores dentro de um posto de transformação de baixa tensão;
- Em instalações de grandes distâncias entre contadores, deverá ser sempre equacionada a utilização de infraestrutura existente Ethernet, ou caso não esteja disponível, optar por solução de radiofrequência;
- Centralizar dados em *datalogger* e *backup* dos dados em servidor. Equacionar também uma UPS na alimentação do *datalogger*;
- Em instalações de média e grande dimensão, pode-se justificar a colocação do *software* em máquina virtual, para flexibilizar a consulta com diferentes utilizadores.

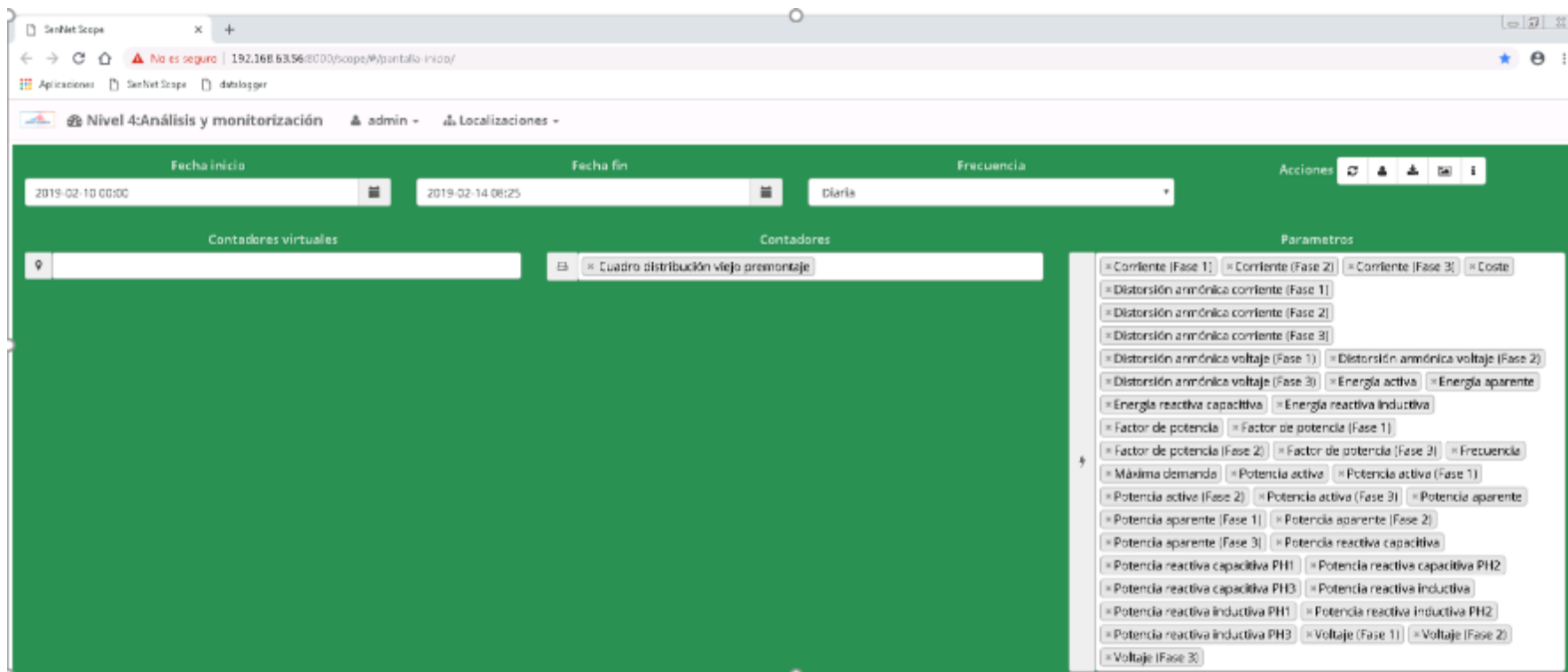


Figura 4.3 –Parâmetros do *Circutor CVM-C10* monitorizados pelo SCOPE

Fonte: Retirado de [17].

### **4.3. Seleção de software de gestão de energia;**

Numa fase inicial, optou-se apenas por extração de dados através de ficheiros de extensão .CSV, pois não estava claro as potencialidades que se pretendia para o software. Esta opção demonstrou-se de facto muito limitativa, pois não permitia analisar dados de forma ágil.

Existem inúmeras ofertas no mercado de *software* para gestão de energia, quer seja em regime de aquisição, quer seja por aluguer tipo “*renting chave na mão*”. Esta última opção parece ter grande aceitação, pois as empresas de *software* garantem a utilização do *software*, o seu desenvolvimento e o armazenamento dos dados.

Optou-se pelo Scope da Satel, em regime de aquisição de *software*, em que foi garantido o desenvolvimento à medida das necessidades. Por outro lado, o valor de 6k€ também pesava positivamente na decisão, quando comparado com outras propostas superiores.

Das lições aprendidas nesta experiência, retira-se a seguinte informação importante para partilha:

- Sempre que possível, o *software* deve ser adquirido e colocado em máquina virtual para utilização generalizada;
- Estudar também a opção de “*renting chave na mão*”. Contudo, nesta pesa o número de licenças, normalmente associado ao número de contadores, ou parâmetros monitorizados;
- Os dados devem ser recolhidos com a maior frequência possível, pois melhora o seguimento. Contudo, a recolha de muitos dados tem impacto no espaço necessário. Deve ser estudado um compromisso, mas no mínimo que permita análises de 15 em 15 minutos, por ser uma das referências no setor elétrico;
- Permitir a criação de contadores virtuais, através de operações entre dados de contadores reais. Esta possibilidade é muito importante para poder criar uma estrutura de controlo da energia, de acordo com os centros de trabalho da organização;
- Que seja ágil na procura e tratamento dos dados, no sentido de facilitar a utilização.

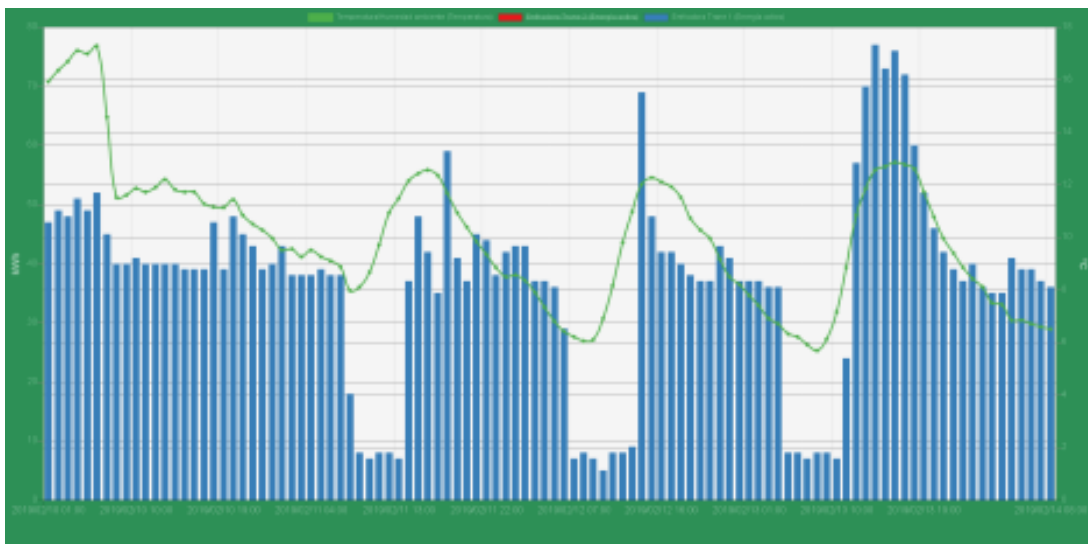
#### 4.4. Definição das hierarquias e famílias de contagens e programação;

Aproveitou-se a disponibilidade de soluções (contador de pulsos e sensor THL), para efetuar também a monitorização de consumo de água (apenas o ponto geral) e a monitorização auxiliar de temperatura ambiente, humidade relativa e luminosidade.

Estes dados seriam mais tarde importantes para efetuar cruzamento de informação com os consumos energéticos dos equipamentos e ainda para efetuar controlo automático de algumas instalações. No Gráfico 4.1 pode verificar-se a influência da temperatura ambiente nos consumos de uma unidade de climatização, onde as colunas azuis representam o consumo de energia e a linha verde representa as medições de temperatura ambiente.

Gráfico 4.1 - Efeito da temperatura nos consumos da climatização;

Fonte: Retirado de [17].



Posteriormente, foi adquirido o *software* de monitorização “SCOPE”, que mesmo tendo por base uma versão *standard* do fornecedor, obrigou a definir a sua estrutura à medida da fábrica. Exemplo dos *Dashboard principal* do SCOPE na Figura 4.4, com os dados de consumo das 2 entradas de energia em utilização e um contador virtual com a soma das duas (*general total*).

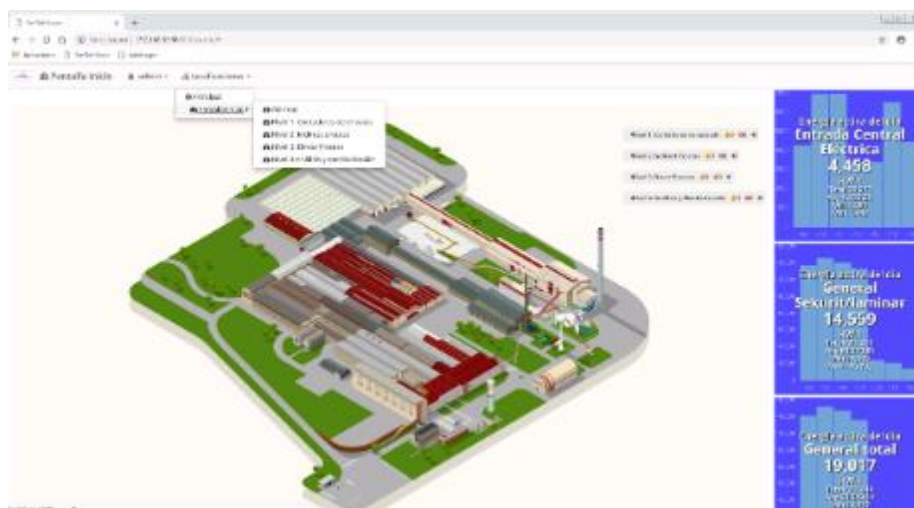


Figura 4.4 - *Dashboard* principal do SCOPE;

Fonte: Retirado de [17].

A primeira grande tarefa prendia-se com a necessidade de dividir os consumos em consumos diretos de produção e consumos indiretos de produção. Com esta divisão pretendia-se isolar os verdadeiros custos variáveis de produção.

Em seguida, começou-se por definir um critério importante de associação de contadores, segundo os centros de custo (*work centers*), agregando os contadores reais e criando contadores virtuais. Os centros de trabalho foram definidos segundo as definições na empresa, conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Centros de custo (*work centers*) da fábrica.

Linha	Nome	WorkCenter
Estirado		ESTN
Linha 4	Manufactura 4	Man4
	Forno 4	Hor4
	Ensamblado 4	Ens4
Linha 5	Manufactura 5	Man5
	Forno 5	Hor5
	Ensamblado 5	Ens5
Autoclave		AUTO
Controlo Final		EMPA
Pre-Montagem		AVP1

Introduziu-se ainda um critério de associação de contadores, por família de consumo, criando os seguintes contadores virtuais:

- Contadores de entrada: Entrada *Sekurit*, Entrada Laminar e Entrada Central Elétrica;

- Rede de ar comprimido, Rede de climatização, Rede informática, Rede de águas, Administrativos e Iluminação da fábrica;
- *Direct Process*: Somatório de todos os consumos de máquinas de produção;
- *Indirect process*: Somatório de todos os consumos indiretos.

Na Figura 4.5 apresentam-se os *Dashboard* de dois contadores de entrada, o contador virtual “*General total*” e o contador de entrada “*Sekurit/laminar*”, sendo que ambos monitorizam a potência (da hora e do dia), o fator de potência e a energia (do dia e do mês).

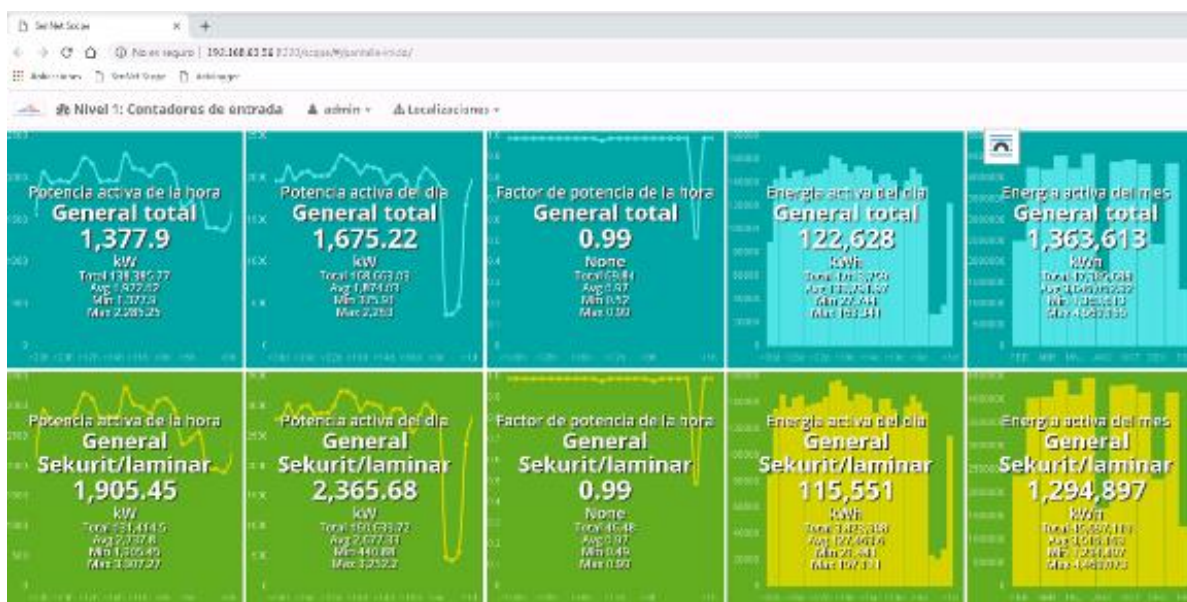


Figura 4.5 - *Dashboard* dos contadores de entrada do SCOPE.

Fonte: Retirado de [17].

Existem *Dashboards* semelhantes aos da Figura 4.5 para todas as famílias criadas de contadores virtuais.

Na Figura 4.6 apresenta-se o menu de seleção da monitorização dos contadores virtuais criados no SCOPE e no Gráfico 4.2 a monitorização da energia ativa (em coluna) e potência ativa (em linha) do circuito de pré-montagem.

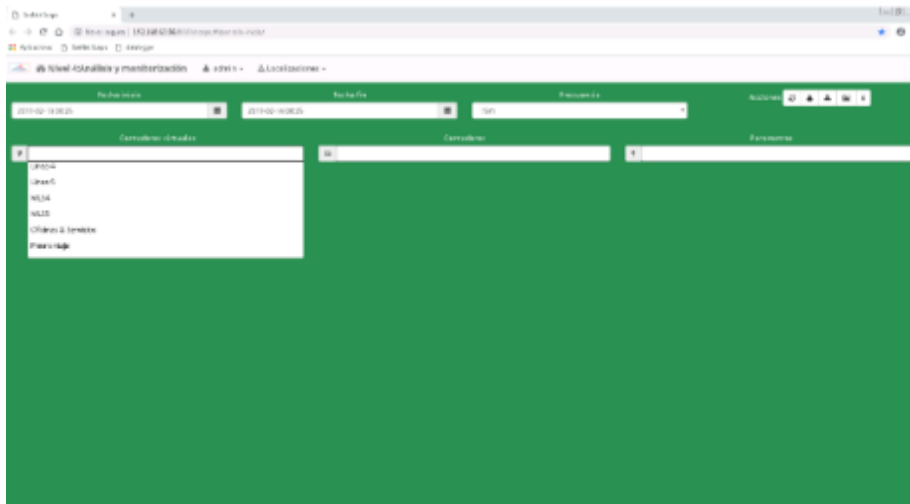


Figura 4.6 – Campo do SCOPE para selecionar contadores virtuais;

Fonte: Retirado de [17].

Gráfico 4.2 - Potência e energia do circuito da pré-montagem;

Fonte: Retirado de [17].



Desta experiência retira-se a seguinte informação importante para partilha:

- Desenho de uma solução de acordo com o controlo da energia que se efetuava na empresa, embora com dados estimados. Isto é, poder criar toda uma estrutura hierárquica, com todos os *Work Centers*, desde a contagem da alimentação geral (no topo da hierarquia) e descendo até ao nível da máquina;
- É importante a medição de outros parâmetros que se possam relacionar com o consumo de energia, como por exemplo: temperatura ambiente interior, temperatura ambiente exterior, temperatura de água, luminosidade natural, humidade relativa, etc;
- Os analisadores gerais do topo na hierarquia devem ser os primeiros a ser instalados e devem servir para confrontar com as contagens da empresa fornecedora de energia;

- Os contadores gerais dos transformadores devem ser a segunda prioridade em conjunto com os circuitos de maior relevância desse mesmo transformador. Poderão não ser instalados contadores em todos os circuitos, visto ser possível calcular através de contagem virtual;
- A priorização da instalação deverá ser dos maiores consumidores, para os menores;
- Ter em atenção se os consumos reais de cada circuito estão de acordo com a secção de cabos e o calibre do disjuntor, pois tal poderá influenciar a seleção dos toroidais e sensores e assim evitam-se erros de leitura. Aconselha-se a efetuar 2 a 3 medidas representativas com pinça amperimétrica e a registar os dados de cada circuito;
- Durante o projeto de implementação deve utilizar-se um indicador de seguimento da % de cobertura das medidas parciais.

$$\% \text{ Cobertura consumos parciais} = \frac{\sum_{n=1}^n E_n}{E_e} \quad 4.1$$

Em que para um mesmo instante de tempo:

$E_n$  – Consumo de Energia de circuitos parciais;

Nº de circuitos parciais:  $n \in \mathbb{N}$

$E_e$  – Consumo de Energia da entrada.

# 5. Metodologia de racionalização de energia na indústria

A espinha dorsal da metodologia de melhoria da eficiência energética é o sistema de monitorização, por isso é a figura central desta metodologia.

Ao integrar na equação da intensidade energética os fatores de output de produção, OEE e o tarifário de energia, obtém-se a equação 5.1. Esta equação representa o custo real da intensidade energética de um determinado período de tempo.

$$IE = \frac{\sum_{i=1}^u \int P_o \cdot dt + \sum_{j=1}^v \int P_s \cdot dt + \sum_{l=1}^w \int P_p \cdot dt}{\frac{T_o}{T_c}} * \frac{1}{OEE} * T_w \quad 5.1$$

Em que:

*IE* – Intensidade Energética;

*P<sub>o</sub>* – Potência máquina ociosa;

Nº de estados ociosa: *i, u* ∈ ℕ

*P<sub>s</sub>* – Potência máquina stand by;

Nº de estados em stand-by: *j, v* ∈ ℕ

*P<sub>p</sub>* – Potência máquina em processamento;

Nº de estados em processamento: *l, w* ∈ ℕ

*OEE* – Overall equipment effectiveness;

*T<sub>o</sub>* – Tempo operação;

*T<sub>c</sub>* – Tempo ciclo;

*T<sub>w</sub>* – Tarifa unitária de energia de um periodo .

Analisando as mais importantes interpretações e expressões de eficiência energética e produtividade na indústria, podem identificar-se os seguintes 6 grandes grupos potenciais de melhoria:

- Tarifas e gestão;
- Produtividade de MO e OEE;
- *Speedup* (*T<sub>o</sub>*/*T<sub>c</sub>*);

- 1ª Lei da eficiência;
- 2ª Lei da eficiência;
- Plano de produção.

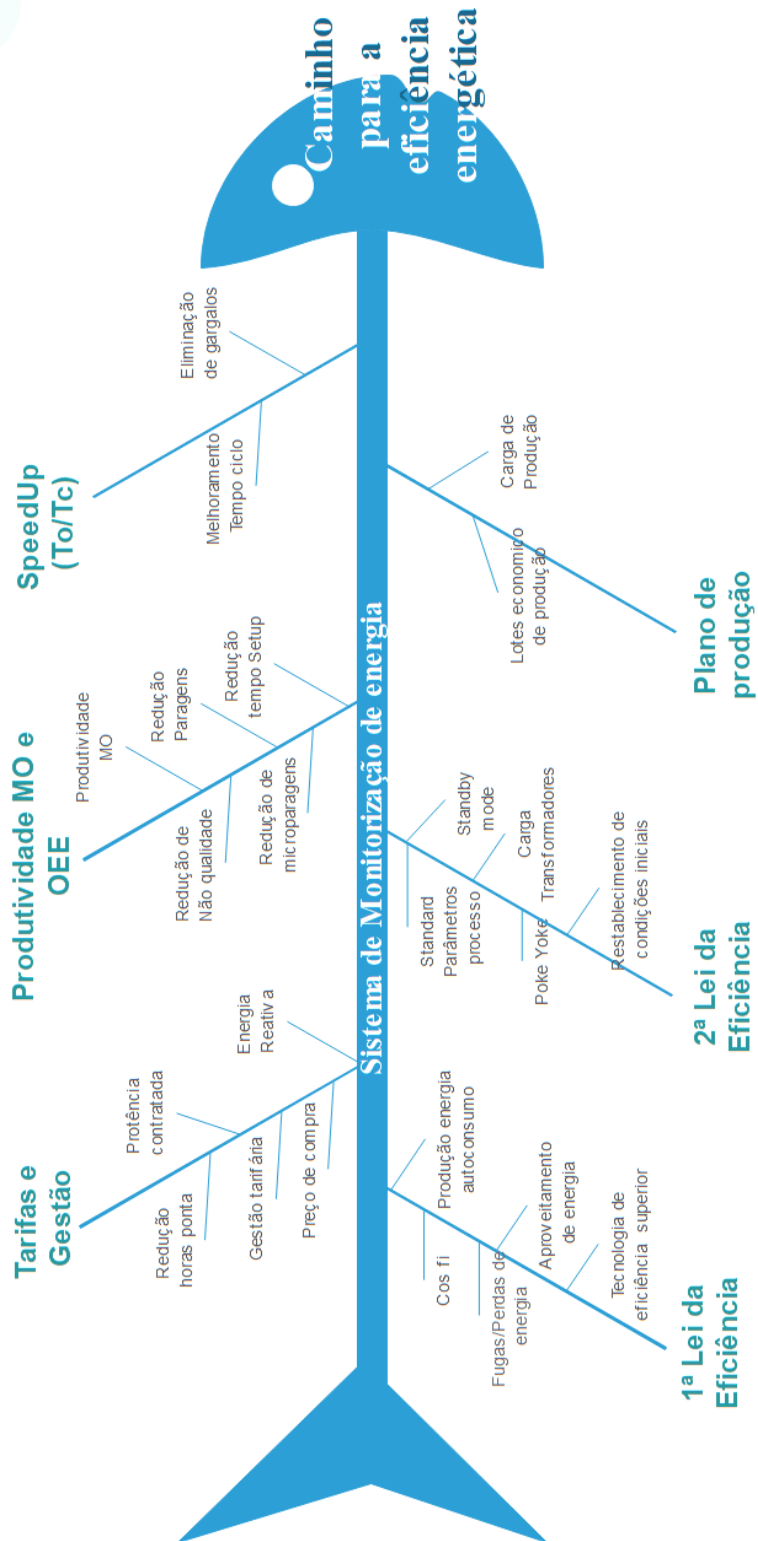


Figura 5.1 – Diagrama causa-efeito para a eficiência energética;

Fonte: Elaboração própria.

## **5.1. Tarifas e gestão**

Este foi um dos primeiros campos de atuação, pois é, nas empresas, um assunto pouco ou nada analisado. Normalmente, as faturas de qualquer fornecimento de energia passam pelos departamentos financeiros, onde grande parte das vezes não existe capacidade técnica para uma análise crítica da informação. É, por isso, um ponto de grande potencial, podendo obter-se logo aí as primeiras otimizações.

Especialmente no caso da energia elétrica, a análise é demasiado técnica e deve por isso passar pelo departamento técnico (operações ou manutenção). Para além de comparadas as contagens do fornecedor com as do sistema de gestão de energia, devem ser verificados outros detalhes, tais como comparar a potência contratada com os valores dos Maxímetros e a energia reativa das faturas.

Algumas ações a implementar neste campo poderão passar por uma melhor gestão do atual contrato, com incidência na revisão de preços, potência contratada, revisão e melhoria da gestão dos consumos nos diferentes períodos horários. Poderá passar ainda pela renegociação de um novo contrato, onde se poderão conseguir melhorias na tarifa, quer seja por negociação de preço, contrato com regime de interruptibilidade<sup>20</sup>, ou contrato do tipo “Pass Through”. Este último, para além de permitir compras em mercado grossista de longo prazo, permitiu também despenalizações nas compras no mercado diário-intradiário.

## **5.2. Produtividade**

Outro importante campo que afeta todos os custos é o da produtividade, quer seja de mão de obra, quando se trata de linhas manuais, quer seja o *OEE*, quando se trata de equipamentos. Para melhorar a eficiência energética, interessa que se minimizem as paragens em geral, que podem ser por disfunções organizativas, por avarias, por não qualidade e por trocas de referência (*setups*). Ao existirem menos paragens, conseguem-se maiores saídas de produto acabado e menos perdas de energia por não produção.

Existem diversas ferramentas que se podem aplicar em função do tipo de problema, sendo que as mais conhecidas se encontram relacionadas na Tabela 5.1 [10].

---

<sup>20</sup> Entende-se por serviço de interruptibilidade, o serviço de sistema que consiste na redução voluntária, pelo consumidor, do seu consumo de eletricidade para um valor inferior, ou igual ao valor da potência residual, em resposta a uma ordem de redução de potência dada pelo Operador da Rede de Transporte.

Tabela 5.1 – Causas de não produção vs técnicas e metodologias;

Tipo de paragem	Problema	Técnica/Metodologia
Planeada	Testes, ensaios e amostragem	Total quality management (TQM) Lean 6 Sigma
	Manutenção preventiva	Total productive maintenance (TPM) Reliability-centered maintenance (RCM)
	Paragens organizativas	Gestão do tempo
	Mudança de modelo	SMED
	Mudança de turno/Arranque férias	Heijuka
Não Planeada	Perdas de mão de obra	Standards e Formação dos operadores
	Manutenção corretiva	Total productive maintenance (TPM) Reliability-centered maintenance (RCM)
	Não qualidade	Total quality management (TQM) Lean 6 Sigma
	Micro paragens	Poka-yoke/5 S
	Falta de materiais	Kanban/ Pull/Takt/buffer allocation
	Falta de Planeamento	Heijuka

### 5.3. Speedup ( $T_o/T_c$ )

O Tempo ciclo ( $T_c$ ) é uma referência ou tempo *standard* de qualquer atividade, seja ela de mão de obra intensiva, ou de capital intensivo (máquina). Esta referência define normalmente a melhor *performance* produtiva para o processo, porém tem um carácter temporal, até que sejam encontradas ou melhoradas estas *performances*.

É, portanto, o tempo a partir do qual se define a capacidade produtiva da instalação, através da divisão do tempo de operação ( $T_o$ ) pelo tempo ciclo ( $T_c$ ) e que corresponde à produção com um rendimento (OEE) de 100%.

$$\text{Capacidade} = \frac{T_o}{T_c} \quad 5.2$$

Em que:

$T_o$  – *Tempo operação*;

$T_c$  – *Tempo ciclo*.

Um projeto de *Speedup* é por isso um projeto de melhoria que se pode efetuar a qualquer processo produtivo, tendo como resultado uma redução do tempo ciclo e conseqüentemente um aumento da sua capacidade produtiva. São projetos que normalmente se caracterizam por otimizações dos movimentos e tarefas das pessoas e máquinas.

#### **5.4. 1ª Lei da eficiência**

Segundo a definição, a 1ª Lei da eficiência: “A energia transferida (de um determinado tipo) por um dispositivo ou sistema, dividida pela energia fornecida ao dispositivo/sistema para operá-lo “.

É nesta lei que estão implícitas todas as perdas de um sistema ou dispositivo, pois traduz-se como sendo o rendimento do sistema, ou dispositivo. Assim, tem um papel muito importante na eficiência da indústria, onde é necessário destacar as famílias de ações trabalhadas durante a implementação da gestão da energia.



Figura 5.2 – Condensadores 100 kVAr num transformador;

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se começar pela qualidade de energia da instalação ( $\text{Cos } \varphi$ ), pois na atualidade e com a utilização crescente da eletrônica de potência é frequentemente um campo com potencial

de melhoria. O problema da qualidade de energia da instalação não se restringe ao sobre custo que o fornecedor de energia passa. O principal problema pode existir dentro da instalação, ao traduzir-se em maiores perdas, maiores consumos, aquecimentos e por vezes podendo causar graves problemas na mesma (paragens intempestivas, micro paragens, falhas nos PLC, etc.). Exemplo correção do  $\text{Cos } \varphi$  com bateria de condensadores na Figura 5.2.

Existem também ações, dentro de uma família de ações, que visam eliminar ou reduzir perdas e fugas de energia. É necessário de facto identificar perdas e fugas de energia na instalação, com especial atenção a equipamentos de maior consumo. É fundamental, para isso, ter a segmentação de todos os consumos, de forma a poder efetuar uma priorização.

Da experiência vivida, normalmente os grandes indícios veem-se, por exemplo, quando é detetada a subida da temperatura ambiente, causada pelas temperaturas do processo; ou quando as temperaturas de processo se ressentem devido às temperaturas ambientes (mau isolamento).

Outra situação vivenciada relacionava-se com as perdas de água dos sistemas, com a agravante de ser água quente, refletindo-se também nos consumos energéticos de forma expressiva (*nexus* água e energia).

Outra possibilidade consiste no reaproveitamento de energia perdida de sistemas menos eficientes, para substituir outras fontes de energia em outros processos. Este tipo de aplicações foi utilizado com a obtenção de grandes resultados através do aproveitamento do calor do óleo dos compressores da rede de ar comprimido, para gerar o aquecimento de água para o processo.

A utilização de tecnologia e equipamentos de eficiência superior é um tipo de ação a que se deve recorrer na fase de projeto de uma instalação. Embora, em instalações já com alguns anos de operação, também se deva ter em consideração, à medida que os equipamentos originais começam a chegar ao fim da sua vida e a tornarem-se obsoletos. Esta foi igualmente uma família de ações utilizada durante a implementação do sistema de gestão da energia, pois algumas das instalações de serviços gerais já se encontravam em elevado estado de obsolescência, justificando a sua troca. Exemplo disso foi a substituição de toda a iluminação artificial por led com tecnologia de máxima eficiência e com as características definidas na Figura 5.3.

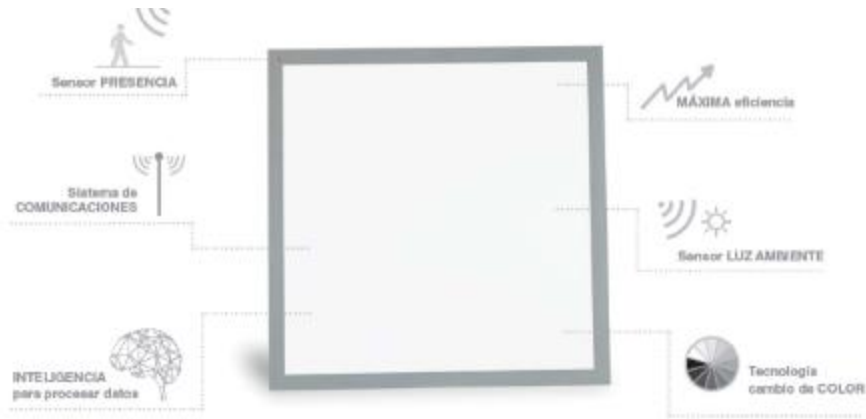


Figura 5.3 – Led implementado com tecnologia de eficiência superior;

Fonte: Retirado de [17].

Por último, é de referir a instalação de unidades de produção para autoconsumo. Muito embora sejam frequentemente necessários investimentos mais avultados, não deixa de ser uma operação interessante do ponto de vista financeiro, com *payback* a rondar os 4-5 anos. Este tipo de ações permite não apenas reduzir a quantidade de compra à rede, como também reduzir potência contratada e potência em horas de ponta, traduzindo-se numa grande poupança para a indústria.

## 5.5. 2ª Lei da eficiência

Segundo a definição, a 2ª Lei da eficiência traduz-se por: “O mínimo trabalho teórico necessário para uma determinada tarefa, dividido pelo trabalho real disponível usado para executar a tarefa”.

É nesta lei que estão implícitas todas as perdas relacionadas com a falta de otimização dos processos, que muitas vezes operam acima do seu valor mínimo de referência.

Assim, pode começar-se pelo que se designa como “*Standby mode*”, que realmente revelou ser uma ação de grande potencial em qualquer indústria.

O princípio do “*Standby mode*” é em tudo semelhante ao “*Start/stop*” dos automóveis. Grande parte dos equipamentos industriais foram projetados e construídos sem esta funcionalidade, tendo apenas no seu *gene*, o básico para produzir e de forma continuada. Contudo, a realidade de um equipamento industrial é outra, pois frequentemente surgem situações de paragens, em que grande parte das vezes a potência absorvida é muito próxima da utilizada em produção contínua.

Efetuar-se várias aplicações desta família de ações em múltiplos equipamentos, tais como

fornos de curvar e tempera, máquinas de lavagem, autoclaves, transportadores e centros de maquinagem. Na Figura 5.4, mostra-se o túnel de lavagem onde se aplicou o *Standby mode*.



Figura 5.4 – Túnel de lavagem Buxtrup;

Fonte: Elaboração própria.

Outro ponto de grande potencial está relacionado com a gestão do processo e dos seus parâmetros (pressão, humidade, temperaturas, tempos, caudais, etc.). Normalmente, estes parâmetros encontram-se com deficiências de implementação e gestão dentro das organizações. Ou nunca foram estudados e aplicam-se de forma empírica, ficando ao critério dos ajustes de cada operador; ou, como muitas vezes acontece, são colocados no máximo, que caracteriza a opção de quem não sabe como ajustar.

**Parada compresores Sótano - Grupo Atlas Copco**

**Nota:** Antes de modificar y parar cualquiera compresor Atlas copco, garantizar que los 2 compresores Ingersoll Rand ya están parados.

1. Parar el compresor Atlas fijo en el botón "0" de parada de equipo. Para volver arrancar cargar en botón "1" de arranque.
2. Poner el compresor variable en la presión mínima de 5,2 bar. Para eso entrar en menú → Regulación → Punto de ajuste 1. En la arrancar volver a entrar y poner la presión de 6,7 bar.

Figura 5.5 – *Standard* dos parâmetros em paragem manutenção;

Fonte: Retirado de [17].

Foi também de relevância estudar e pesquisar sobre as parametrizações do processo, para posteriormente as aplicar sob a forma de documentação (*standards*) e igualmente formação das pessoas. Na Figura 5.5 um exemplo de standard aplicado em períodos de paragem de produção, onde se explicam todas as alterações de parametrização de alguns equipamentos. Também se mostrou útil, neste sentido, utilizar sistemas anti erro (*Poke Yoke*) e ajudas visuais para controlo e standardização dos processos. Considera-se que são soluções extremamente úteis para processos onde interferem muitas pessoas e que por isso podem estar sujeitas a alterações constantes.

Por fim, sugere-se verificar a carga dos transformadores e, caso seja relevante, efetuar as gestões necessárias para que os transformadores trabalhem no intervalo indicado pelos fabricantes, que normalmente se situa acima dos 75% da sua capacidade. Durante o projeto de implementação da gestão de energia lançou-se um programa de melhoramento da carga dos transformadores, onde se chegaram a eliminar transformadores que praticamente trabalhavam em vazio, desviando as cargas para outros transformadores.

Os resultados obtidos foram muito positivos, tanto ao nível do consumo de energia, como também ao nível de melhoria do  $\text{Cos } \varphi$  da instalação.

## **5.6. Plano de Produção**

O objetivo do Plano de Produção é o planeamento das quantidades a produzir, num dado período temporal, por referência de produto acabado e dos recursos a utilizar para o efeito (mão de obra, máquinas, materiais, etc.), tendo em conta as condições e restrições da fábrica (OEE, Produtividade, turnos, etc.).

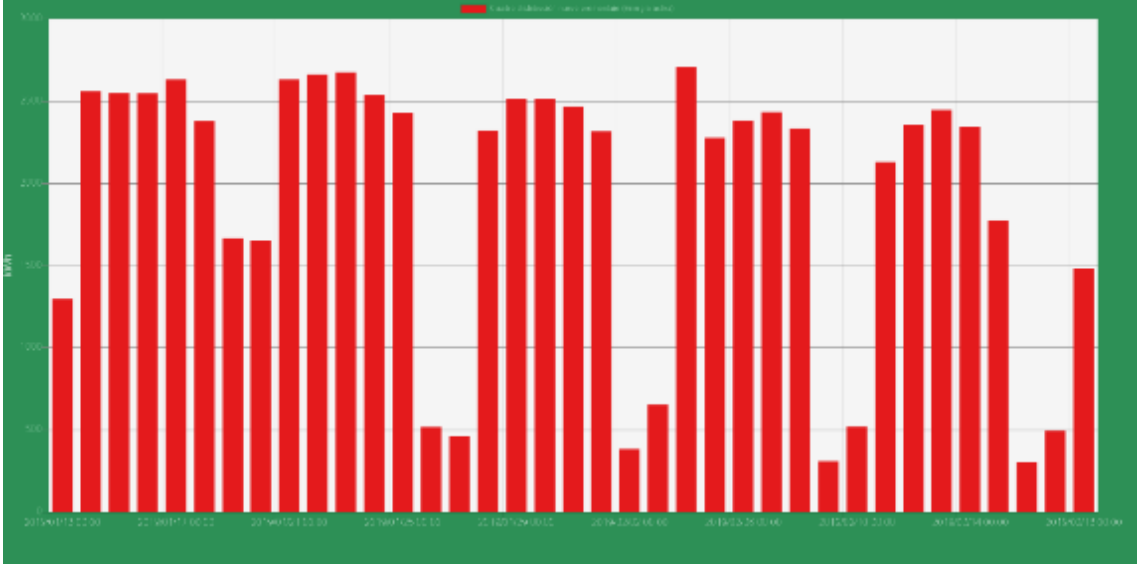
Do ponto de vista da eficiência energética, o plano de produção impacta muito, pois é ele que define as quantidades a produzir e se estas vão, ou não, ser as quantidades ótimas.

Interessa à eficiência energética que o plano de produção minimize as paragens em geral, que podem ser por disfunções organizativas, ou por trocas de referência (*Setups*). Ao existirem menos paragens, haverá menos perdas de energia por não produção.

Por outro lado, interessa à eficiência energética uma carga no plano de produção para 100% do tempo de calendário; isto é, 7 dias por semana, 24 horas por dia e 365 dias por ano. Assim, todo o calendário estaria coberto com produção, não havendo paragens, nem reduções de turnos; sabendo que nessas condições existem sempre uns consumos de fundo de energia, muitas vezes conhecidos por consumos fixos. No Gráfico 5.1, pode verificar-se os consumos fixos de uma instalação aos fins de semana, quando não existe produção, mas também os

consumos variáveis durante os dias de semana em produção.

Gráfico 5.1 - Consumos variáveis e consumos fixos;  
Fonte: Retirado de [17].



## 6. Algumas medidas implementadas

Neste capítulo, partilham-se algumas das ações mais relevantes em termos de impacto financeiro e de acordo com os 6 eixos principais da metodologia proposta. O capítulo será dedicado apenas às ações com carácter técnico, sob alçada do departamento de manutenção e de eficiência energética, muito embora se tenham trabalhado em paralelo os eixos de planeamento da produção e de produtividade de MO/OEE.

### 6.1. Redução de potência contratada

A tomada de conhecimento sobre as faturasções dos diferentes tipos de energia e o circuito de controlo das referidas faturas foram das primeiras ações a ser realizadas, onde se introduziu o departamento técnico no circuito de controlo.

Das primeiras análises efetuadas ao ano anterior, de 2014 e o ano em curso, de 2015, verificou-se uma baixa significativa do maxímetro de 2014 para 2015, que fazia bastante sentido, tendo em consideração as alterações realizadas, de encerramento da linha 3, a mais antiga da instalação.

Tabela 6.1 - Evolução dos consumos de energia em 2014;

	ENE 2014	FEB 2014	MAR 2014	ABR 2014	MAY 2014	JUN 2014	JUL 2014	AGO 2014	SEP 2014	OCT 2014	NOV 2014	DEC 2014	TOTAL	%
<b>PERIODO 1</b>	1.953.883	1.852.325	0	0	0	1.195.307	2.698.206	0	0	0	0	1.499.204	<b>9.198.925</b>	<b>8%</b>
<b>PERIODO 2</b>	3.269.062	3.091.337	0	0	0	1.184.229	2.676.188	0	0	0	0	2.496.074	<b>12.716.890</b>	<b>11%</b>
<b>PERIODO 3</b>	0	0	1.918.262	0	0	807.360	0	0	1.937.572	0	1.899.021	0	<b>6.562.215</b>	<b>6%</b>
<b>PERIODO 4</b>	0	0	3.137.319	0	0	1.346.123	0	0	3.277.915	0	3.111.222	0	<b>10.872.579</b>	<b>9%</b>
<b>PERIODO 5</b>	0	0	0	4.708.211	4.873.978	0	0	0	0	5.727.072	0	0	<b>15.309.261</b>	<b>13%</b>
<b>PERIODO 6</b>	5.585.670	5.224.270	5.803.255	4.663.097	5.363.153	5.116.762	5.366.205	5.830.780	5.200.485	5.519.073	5.749.944	4.485.929	<b>63.908.603</b>	<b>54%</b>
<b>TOTAL ACTIVA</b>	10.808.615	10.167.932	10.858.836	9.371.308	10.237.131	9.649.781	10.740.599	5.830.780	10.415.972	11.246.145	10.760.187	8.481.207	<b>118.568.473</b>	<b>100%</b>
<b>REACTIVA</b>	3.314.579	3.180.089	3.336.045	3.018.158	3.209.814	3.256.538	3.631.201	1.950.540	3.393.989	3.750.709	3.463.675	2.691.219	<b>38.086.456</b>	<b>32%</b>
<b>cos φ</b>	0,96	0,95	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	<b>0,95</b>	
<b>POT. MAXIMA</b>	17.820	18.656	18.004	17.140	16.900	17.176	17.468	14.700	18.488	18.284	19.224	17.912	<b>19.224</b>	

Tabela 6.2 - Evolução dos consumos de energia em 2015;

	ENE 2015	FEB 2015	MAR 2015	ABR 2015	MAY 2015	JUN 2015	JUL 2015	AGO 2015	SEP 2015	OCT 2015	NOV 2015	DEC 2015	TOTAL	%
<b>PERIODO 1</b>	1.729.446	1.671.072	0	0	0	1.174.083	2.398.100	0	0	0	0	1.425.673	<b>8.398.374</b>	<b>8%</b>
<b>PERIODO 2</b>	2.878.366	2.809.455	0	0	0	1.144.702	2.402.767	0	0	0	0	2.390.242	<b>11.625.532</b>	<b>10%</b>
<b>PERIODO 3</b>	0	0	1.852.448	0	0	852.477	0	0	1.718.844	0	1.712.390	0	<b>6.136.157</b>	<b>6%</b>
<b>PERIODO 4</b>	0	0	3.033.219	0	0	1.452.783	0	0	2.933.932	0	2.805.674	0	<b>10.225.608</b>	<b>9%</b>
<b>PERIODO 5</b>	0	0	0	4.723.418	4.228.915	0	0	0	0	4.338.875	0	0	<b>13.289.008</b>	<b>12%</b>
<b>PERIODO 6</b>	5.341.891	4.703.608	5.381.114	4.909.821	5.484.481	4.738.420	4.868.261	6.031.924	4.816.767	5.391.905	5.009.267	4.436.380	<b>61.113.839</b>	<b>55%</b>
<b>TOTAL ACTIVA</b>	9.949.703	9.184.135	10.286.779	9.633.239	9.711.386	9.362.485	9.869.128	6.031.924	9.469.543	9.730.580	9.527.331	8.252.295	<b>110.788.518</b>	<b>100%</b>
<b>REACTIVA</b>	3.057.568	2.744.412	3.196.311	3.091.748	3.088.104	2.965.140	3.014.052	1.919.802	2.891.780	3.018.541	2.872.335	2.487.304	<b>34.345.097</b>	<b>31%</b>
<b>cos φ</b>	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	<b>0,96</b>	
<b>POT. MAXIMA</b>	16.520	16.872	16.484	16.100	15.576	15.960	15.516	14.276	15.848	17.772	15.896	16.852	<b>17.772</b>	

Solicitaram-se ao comercializador as curvas de carga quarto horárias de 2015 e reuniu ainda a atual legislação em vigor sobre excessos de potência e reativa (BOE-A-2009-10670 *Energía Reactiva facturación*).

No tarifário 6.3 (130 kV), regra geral, a potência contratada não se altera e os consumidores estão sujeitos a faturas pelos excessos de potência. Difere muito com a situação em Portugal, em que, caso os analisadores encontrem uma potência acima da contratada, essa passará a ser a nova potência contratada pelo menos por mais 12 meses e até que se possa evidenciar e solicitar uma baixa de potência contratada.

Foram então efetuadas, através do histórico representativo de 2015, as respetivas simulações sobre a poupança gerada pela baixa de potência e os momentos em que a empresa seria penalizada por excessos de potência.

Desta forma, foi possível otimizar a potência contratada, tendo em consideração a legislação aplicável, optando-se pela potência contratada em P1=P2=P3=P4=P5=16500 kW e P6=19500 kW, conforme se pode verificar na Tabela 6.3. Foi decidido internamente manter os 19500 kW no mais económico (Período 6), como salvaguarda e para que o processo de subida de potência fosse mais ágil.

A solução selecionada tinha uma previsão de poupança de cerca de 170 k€/ano e o pagamento de excessos a rondar os 4,5 k€/ano. Foi claramente uma ação com benefício expressivo ao nível financeiro e que encorajou a equipa a analisar e estudar as faturas recebidas todos os meses. Foi uma ação da família de ações das tarifas e gestão.

Tabela 6.3 – Diferentes opções de potência estudadas;

POTENCIA CONTRATADA ACTUAL (KW)						COSTE ATR'S (€)	COSTE EXCESOS (€)	COSTE TOTAL (€)
P1	P2	P3	P4	P5	P6			
19.500	19.500	19.500	19.500	19.500	19.500	1.028.194,37	0,00	1.028.194,37

POTENCIAS DE ESTUDIO (KW)						COSTE ATR'S DE POTENCIA			AHORRO ANUAL		
P1	P2	P3	P4	P5	P6	CONTRATAD A	EXCESOS POTENCIA	POTENCIA TOTAL	PARCIAL	TOTAL	%
17.000	17.000	17.000	17.000	17.000	19.500	904.337,40	0,00	904.337,40	123.856,97	123.856,97	12,05
16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	19.500	879.566,00	745,42	880.311,42	11.811,75	147.682,94	16,80
16.250	16.250	16.250	16.250	16.250	19.500	867.180,30	2.246,14	869.426,44	10.882,96	156.765,92	16,26
16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	19.500	854.794,61	4.611,64	859.406,25	10.022,19	168.788,12	19,64
15.750	15.750	15.750	15.750	15.750	19.500	842.408,91	8.443,50	850.852,41	8.553,84	177.341,96	20,84
15.500	15.500	15.500	15.500	15.500	19.500	830.023,21	14.737,26	844.760,47	6.091,94	183.433,89	21,71
15.250	15.250	15.250	15.250	15.250	19.500	817.637,52	24.526,59	842.164,11	2.596,36	186.030,26	22,09
15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	19.500	805.251,82	38.437,41	843.689,23	-1.525,12	184.505,13	21,87

Opción más económica

Opción recomendada

## 6.2. Correção do Cos $\varphi$

Conforme se pode verificar também na Tabela 6.1 e Tabela 6.2, os valores de Cos  $\varphi$  estavam próximos dos limites para a sua inclusão na faturação. A aplicar-se, e de acordo com as tarifas da Tabela 6.4, tal poderia significar um impacto económico negativo.

Tabela 6.4 – Tarifas de energia reativa em 2015;

	Colectivo de aplicación	Tr [€/kVAh]	
		BT	AT
Todas las tarifas (*)	$0,90 \leq \cos\varphi < 0,95$	0,041554	0,041554
	$0,85 \leq \cos\varphi < 0,90$	0,041554	0,041554
	$0,80 \leq \cos\varphi < 0,85$	0,041554	0,041554
	$\cos\varphi < 0,80$	0,062332	0,062332

Na paragem de fábrica de agosto de 2015, programou-se uma pequena intervenção no sentido de melhorar este fator, que se baseou em otimizar a carga de um dos transformadores. Este transformador no passado alimentava uma linha que à data tinha sido desmantelada e encontrava-se a alimentar apenas pequenas cargas (circuito de iluminação e tomadas e um ventilador de circulação de ar).

Efetuada o desvio das cargas para outro transformador, observou-se uma melhoria muito pequena do Cos  $\varphi$ , que não retirou o foco em continuar com o objetivo de melhorar este parâmetro.

A situação conduziu ao arranque de um projeto de compensação de energia reativa, através da aplicação de baterias de condensadores fixas (100 kVA), nos 12 transformadores dos centros de transformação (2000 kVA), no sentido de garantir uma melhor qualidade de energia.

Optou-se por corrigir o fator de potência nos transformadores individualmente, pelas seguintes razões:

- Os transformadores são máquinas fundamentais e que se encontram em permanente serviço;
- A elevada potência (2000 kVA) e quantidade (12) de transformadores nos postos de transformação;
- O facto de a compensação com bateria fixa de condensadores ser a melhor opção para corrigir as energias indutivas e ser relativamente económica.

Geralmente, a potência de correção  $Q_c$  num transformador de potência atribuída  $S$ , [kVA]

não deverá ser superior à potência reativa requerida nas condições de carga mínimas. Conforme caderno técnico do fabricante *ABB*, num transformador, a potência de correção requerida é aproximadamente [19]:

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_r\right)^2 - P_{fe}^2} + K_L^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_r\right)^2 - P_{cu}^2} \quad 6.1$$

- $Q_c$  – Potência de correção (kVAr);
- $i_0\%$  – Corrente em vazio (%);
- $S_r$  – Potência do transformador (kVA);
- $u_k\%$  – Tensão curto circuito (%);
- $P_{fe}$  – Perdas no Ferro (kW);
- $K_L$  – Fator de carga da máquina (De 0 a 1);
- $P_{cu}$  – Perdas no cobre (kW).

Simplificando, desprezando as perdas no ferro e as perdas no cobre, obter-se-ia a seguinte expressão equivalente:

$$Q_c = \left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_r\right) + K_L^2 \cdot \left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_r\right) \quad 6.2$$

- $Q_c$  – Potência de correção (kVAr);
- $i_0\%$  – Corrente em vazio (%);
- $S_r$  – Potência do transformador (kVA);
- $K_L$  – Fator de carga da máquina (0 a 1);
- $u_k\%$  – Tensão curto circuito (%).

Através da chapa de características da máquina da Figura 6.1, podem retirar-se todas as variáveis.

ABB  
TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO DTE 20001 - FRECUENCIA 50Hz - NORMA CE 72892

POTENCIA (kVA)	2000	ARROLAMIENTO A T	
Nº FABRICACION	73913	BORNES EN: 1U - 1V - 1W	
AÑO FABRICACION	2001	1-2	21000 54.99
Nº FASES	3	4-5	20500 56.33
SIMBOLO ACOPLAMIENTO	Dyn11	5-6	20000 57.74
Vcc A 120°C (%)	6.08	6-7	19500 56.22
CLASE AISLAMIENTO	F	7-8	19000 53.77
REFRIGERACION	AN	ARROLAMIENTO B	
CALENTAMIENTO AT/DT (K)	100 / 100	BORNE EN: 2U - 2V - 2W - 2N	
PESO (kg)	4950	TENSION (V) INTENSIDAD (A)	
NIVEL AISLAMIENTO AT/DT (kV)	IR 25.0 / IR F13	400 / 231	2886.75

Figura 6.1 – Características dos transformadores de 2000 kVA;

Fonte: Elaboração própria.

O Dimensionamento foi efetuado considerando o fator de carga máximo da máquina (KL=1), pois a tendência seria de otimizar ao máximo os transformadores. Assim, com todos os dados do transformador, obteve-se o seguinte valor:

$$Q_c = \left( \frac{2,02}{100} \cdot 2000 \right) + 1^2 \cdot \left( \frac{1,55}{100} \cdot 2000 \right) = 71,5 \text{ kVAr} \quad 6.3$$

$Q_c$  – Potência de correção (kVAr);

$i_0\%$  – 2,02 %;

$S_r$  – 2000 kVA;

$K_L$  – 1 ;

$u_k\%$  – 1,55 %.

Teoricamente, e com fator de carga máximo, o condensador deveria ter capacidade para compensar uma potência de 71,5 kVAr, sendo que no projeto optou-se por dimensionar, com condensadores Legrand ALPIVAR<sup>2</sup> de 100 kVAr (Anexo XV). Este sobredimensionamento não trazia qualquer risco de gerar energia reativa capacitiva, pois a potência de compensação necessária em toda a instalação era muito superior, conforme se pode verificar pela energia reativa total fornecida à rede das Tabela 6.1 e Tabela 6.2.

### **6.3. Planeamento da compra de energia**

A rede elétrica incorre em custos para equilibrar a oferta e a procura de energia em tempo real. Esses custos são passados às comercializadoras, que por sua vez os passam ao consumidor final.

Para reduzir esses custos, as comercializadoras passam a programação da sua procura ao OMIE e REE (*Red Electrica de España*). As comercializadoras bonificam os consumidores que efetuam as suas previsões de consumo por hora, para que a comercializadora possa reduzir seus custos com desvios e algumas comissões. A bonificação é tanto maior, quanto melhor for a previsão.

Define-se o desvio na previsão de energia a cada hora, como a diferença entre o consumo real medido no contador e as previsões de consumo definitivas, comunicadas ao comercializador. O desvio de energia a cada hora, positiva ou negativa, é faturada aos preços horários de desvios divulgados pela REE (*Red Electrica de España*).

Existe também um efeito na carteira de compra de energia muito interessante, que se traduz

nos níveis apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Nível de Erro e efeito na carteira de compra;

% Desvio mensal	Efeito na carteira de compras
< 5,00 %	100%
< 10,00 %	75%
≥ 10,00 %	50%

Este foi um projeto piloto e arrancou na organização sob coordenação do autor.

Estas previsões foram sempre realizadas manualmente, recorrendo apenas a algumas ferramentas de apoio, tais como:

- Sistema de monitorização para retirar perfis de consumo (semana, fim de semana, dia, noite, etc.);
- Plano de férias e regime de trabalho;
- Plano de produção.

Posteriormente, registavam-se os valores hora a hora num plano que acabaria por ser enviado ao comercializador, com pelo menos 1 mês de antecedência. Um exemplo deste plano encontra-se sob a forma da Tabela 6.6 e no Gráfico 6.1.

Tabela 6.6 - Previsão e consumo real de dezembro de 2018;

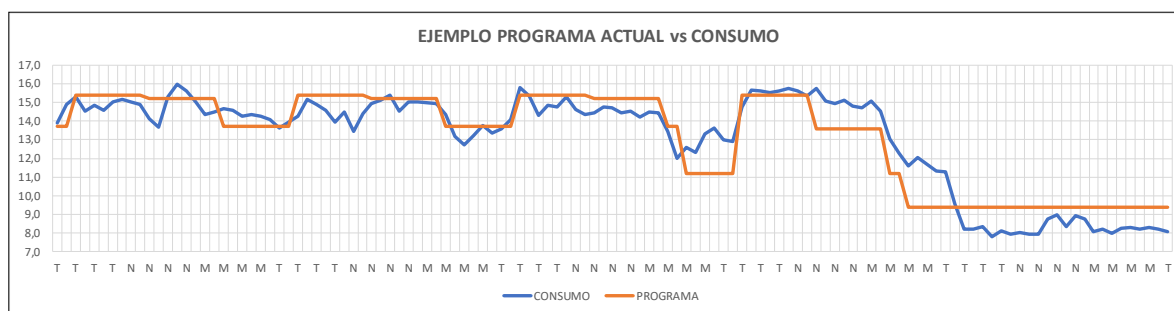
PROGRAMA DE SG-AVILÉS DEL MES DE DICIEMBRE DE 2018 (Mwh)																								
Fecha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
01-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
02-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
03-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
04-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
05-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
06-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
07-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
08-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
09-12-18	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8
10-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	13,4	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
11-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
12-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
13-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
14-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
15-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
16-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
17-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
18-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
19-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
20-12-18	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	12,5
21-12-18	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	11,1
22-12-18	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
23-12-18	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,3	10,3
24-12-18	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
25-12-18	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
26-12-18	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
27-12-18	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
28-12-18	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
29-12-18	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,0	5,0
30-12-18	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
31-12-18	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

A Tabela 6.6 representa a previsão de um mês com os dados diário e hora a hora.

No Gráfico 6.1 no eixo das ordenadas está representado o consumo de energia em MWh e no eixo das abcissas a representação faz-se por hora, classificando como 8 horas de Manhã (M), 8 horas de tarde (T) e 8 horas de noite (N).

Gráfico 6.1 - Gráfico da previsão e consumo real de dezembro de 2018;

Fonte: Retirado de [17].



Em 2018, conseguiu-se uma poupança de 160k€, aproximadamente 1,45 €/MWh de redução no preço de comercialização, devido ao planeamento e compra em *Pass Through*, comparando com a anterior situação em *Pass Pool*.

Tabela 6.7 – Poupanças geradas em 2019;

LIQUIDACIÓN DE AHORROS SOBRE EL IMPORTE DE LAS FACTURAS DE CEPSA SIN EL IVA (1)												
2019	CONSUMOS Mwh	FACTURAS CEPSA		REFERENCIA (2)		MEJORA vs REFERENCIA		LIQUIDACIÓN EMPRESA GESTION (10%)	AHORRO			
		IMPORTE	€/Mwh	IMPORTE	€/Mwh	IMPORTE	€/Mwh		MENSUAL	€/Mwh	ACUMULADO	€/Mwh
ENERO	9.777,672	742.148,42 €	75,90 €	756.235,57 €	77,34 €	14.087,15 €	1,44 €	1.408,71 €	12.678,43 €	1,30 €	12.678,43 €	1,30 €
FEBRERO	8.997,102	719.302,57 €	79,95 €	736.533,43 €	81,86 €	17.230,86 €	1,92 €	1.723,09 €	15.507,78 €	1,72 €	28.186,21 €	1,50 €
MARZO	9.811,608	596.181,99 €	60,76 €	603.261,62 €	61,48 €	7.079,63 €	0,72 €	707,96 €	6.371,67 €	0,65 €	34.557,88 €	1,21 €
ABRIL	9.558,792	601.634,95 €	62,94 €	599.121,39 €	62,68 €	-2.513,56 €	-0,26 €	-251,36 €	-2.262,20 €	-0,24 €	32.295,68 €	0,85 €
MAYO	9.504,432	698.981,06 €	73,54 €	707.441,79 €	74,43 €	8.460,72 €	0,89 €	846,07 €	7.614,65 €	0,80 €	39.910,33 €	0,84 €
JUNIO	8.926,926	721.703,49 €	80,85 €	740.074,74 €	82,90 €	18.371,25 €	2,06 €	1.837,13 €	16.534,13 €	1,85 €	56.444,45 €	1,00 €
JULIO												
AGOSTO												
SEPTIEMBRE												
OCTUBRE												
NOVIEMBRE												
DICIEMBRE												

Em 2019, o projeto continuava a gerar poupanças e o grupo decidiu arrancar com o mesmo em outras 2 instalações do grupo. Estimava-se que a gestão de desvios em todo o grupo iria reduzir os custos de estrutura dos atuais contratos indexados, entre 1,4 €/MWh e 1,8 €/MWh, o que se traduziria em economias anuais contínuas entre 600k€ e 900k€.

Muito embora os resultados económicos da eficiência fossem muito animadores, ainda havia muito a melhorar, pois com os 8,7% de erro em 2018 existia apenas uma despenalização de custos a afetar 75% da carteira de compra de energia.

Por outro lado, o processo manual de previsão revelava-se muito moroso e com necessidades de conhecimento de elevado *know-how* sobre o processo (plano de produção, planificações de paragens, potências da instalação, etc.).

Tabela 6.8 – Erros de previsão 2018;

Ano	Meses de programação	Erro relativo  %
2018	janeiro	9,2
2018	fevereiro	7,1
2018	março	6,0
2018	abril	6,6
2018	maio	5,0
2018	junho	10,7
2018	julho	5,9
2018	agosto	20,9
2018	setembro	2,8
2018	outubro	5,7
2018	novembro	9,6
2018	dezembro	15,3
<b>Média  Erro </b>		<b>8,7</b>

De facto, o que interessa á REE e aos organismos que o compõe, é saber em tempo útil, qual vai ser a necessidade de produção/consumo e quanto mais antecipadamente obtiverem estas informações, maior a disponibilidade para se poderem otimizar os custos de produção. Com efeito, o mercado, de uma forma natural incentiva a que assim seja, promovendo preços muito mais competitivos a prazo, quando comparados com os preços no imediato (dia ou hora seguinte) [20].

### **6.3.1. Previsão aplicando redes neuronais**

Com o objetivo de diversificar as metodologias de previsão foram introduzidas redes neuronais. Esta metodologia é muito utilizada neste tipo de abordagens [20], [21], [22] e [23]. Optou-se assim em 2019 pela metodologia de redes neuronais na previsão de ponta dos consumos de energia, com o objetivo de retirar partido na agilidade da tarefa de planeamento e na qualidade dos dados previstos.

O conjunto de dados a utilizar para este tipo de metodologia é muito importante uma vez que o desempenho da rede assenta nas escolhas das variáveis [24].

Elaborou-se um estudo preliminar aos dados de consumo dos últimos 16 meses, com início em janeiro de 2018 e até abril de 2019. O mês de maio foi reservado para efetuar a simulação, não tendo sido utilizado para treino [25].

Este tipo de algoritmo de previsão com recurso a ANN foi comparado com o método tradicional de previsão desenvolvido pelo autor e referido no capítulo 6.3, retirando então algumas conclusões [26] [27].

Os dados utilizados são dados fornecidos pelo comercializador de energia, que se caracterizam em curvas de potência com registos a cada 1 hora, conforme se pode ver pelo excerto de exemplo na Tabela 6.9.

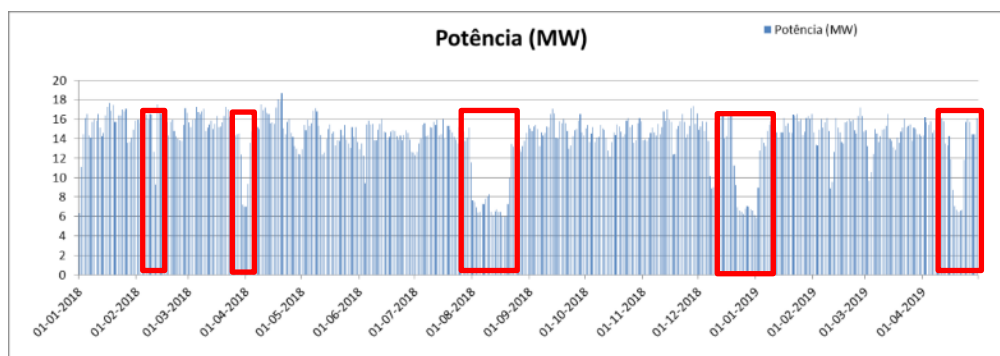
Tabela 6.9 - Excerto do histórico de dados de consumo;

Fonte: Retirado de [17].

GRUPO	SAINT_C					
FECHA	01-01-2018 - 31-12-2018					
INFORME	[C] Desvios Horarios Pto consumo con programa					
CUPS	FECHA	HORA	PROGRAMA (MWh)	MEDIDA_BC (MWh)	DESVIO (MWh)	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	1	7,1	6,1	1	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	2	7,1	6,15	0,95	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	3	7,1	6,13	0,97	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	4	7,1	6,17	0,93	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	5	7,1	6,18	0,92	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	6	7,1	6,14	0,96	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	7	7,1	6,22	0,88	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	8	7,1	6,1	1	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	9	7,1	6,07	1,03	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	10	7,1	5,94	1,16	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	11	7,1	5,8	1,3	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	12	5,8	5,89	0,09	
ES002600000599738TYOF	01-01-2018	13	5,8	5,96	0,16	

A primeira análise realizada permitiu constatar a variação da potência ativa com o tempo.

Gráfico 6.2 - Histórico dos 15 meses de potência ativa;

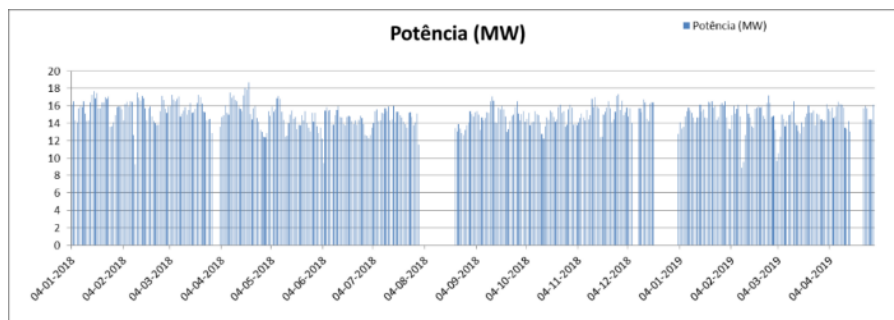


Verifica-se de forma notória a sazonalidade das paragens preventivas de manutenção, que

impactam diretamente nos consumos elétricos, conforme se pode comprovar no Gráfico 6.2. Verifica-se que é necessário dividir a rede em dois *clusters*, sendo um relativo aos períodos de paragem para manutenção preventiva (denominado *cluster* sem produção) e outro relativo aos períodos normais de produção (denominado *cluster* com produção).

Assim, com dados insuficientes para o estudo do *cluster* sem produção, apenas se dedica este trabalho ao estudo do *cluster* com produção.

Gráfico 6.3 - Histórico de potência ativa do *cluster* com produção;

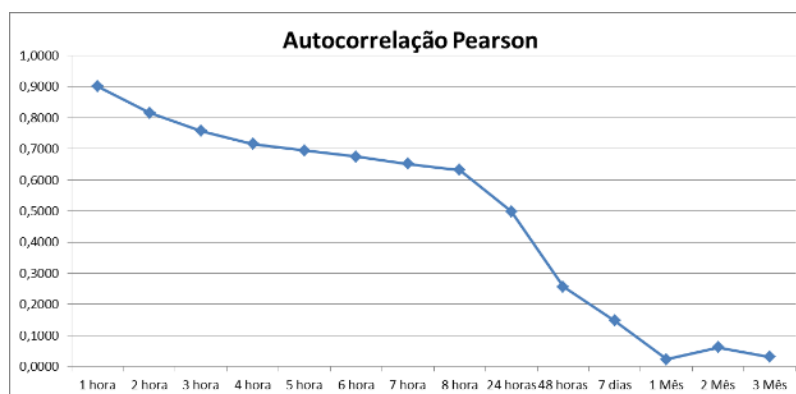


Analisando os dados do *cluster* com produção, efetuaram-se estudos de auto-correlação [22] para diversas situações, tais como as indicadas na tabela seguinte:

Tabela 6.10 – Resumo de resultados da autocorrelação;

Autocorrelação Pearson													
1 hora	2 hora	3 hora	4 hora	5 hora	6 hora	7 hora	8 hora	24 horas	48 horas	7 dias	1 Mês	2 Mês	3 Mês
0,9002	0,8164	0,7580	0,7155	0,6951	0,6745	0,6516	0,6320	0,4987	0,2562	0,1474	0,0231	0,0611	0,0300

Gráfico 6.4 - Diferentes cálculos de coeficiente de autocorrelação;



É evidente que, quanto maior o afastamento dos dados iniciais, mais difícil é obter a correlação entre os dados e consequentemente o coeficiente de autocorrelação de *Pearson*.

Contudo, importa salientar de novo a importância de ser uma previsão a longo prazo (meses ou anos) e não uma previsão de curto prazo. Todavia, este facto foi obviado dado que a série de consumos representa uma série contínua, onde é aplicado o conceito de calcular o valor seguinte com base na informação contígua do “passado” [28] .

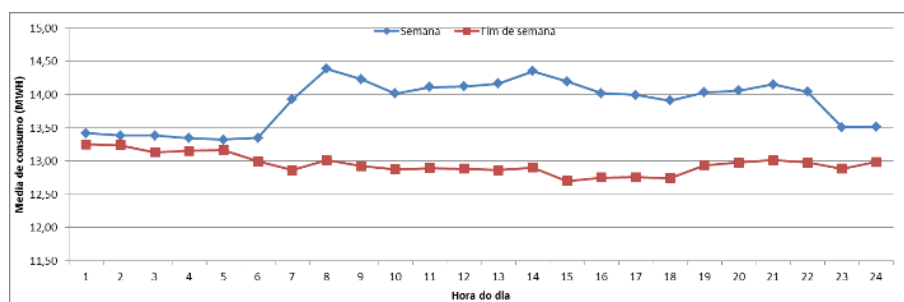
Analisaram-se ainda os dados de 3 semanas consecutivas e de 4 dias consecutivos, sempre com o objetivo de recolher mais informações e identificar possíveis fontes de correlação.

No caso dos dados das 3 semanas consecutivas, apresentados no Gráfico 6.5 e Gráfico 6.6, é notória também a correlação que existe entre o facto de ser ou não fim de semana. Efetivamente, era expectável que assim fosse, pois, a realidade da empresa é que durante a semana se encontram em funcionamento um maior número de atividades (de produção, administrativas, etc.), em comparação com os finais de semana, onde apenas existem algumas atividades de produção.

Gráfico 6.5 - Análise de 3 semanas consecutivas;



Gráfico 6.6 - Médias de consumo horário;



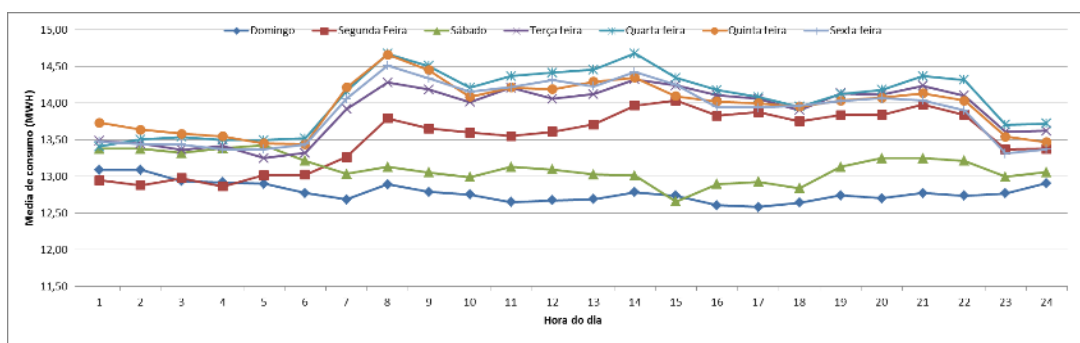
No caso da análise dos consumos em 4 dias consecutivos, apresentados no Gráfico 6.7, pode identificar-se a correlação dos picos de potências que existem todas as manhãs, bem como a baixa de potência existente pela tarde e noite, também com uma correlação bastante evidente [23].

Gráfico 6.7 - Análise de 4 dias consecutivos;



Elaborou-se também o estudo das médias dos consumos horários nos diferentes dias da semana, para verificar da possível relação entre eles. Como se pode constatar no Gráfico 6.8, também se verifica alguma correlação entre os dias de semana, sendo que os dias de menor consumo são referentes aos fins de semana (sábado e domingo) e depois, durante a semana. Verifique-se que o dia de maior consumo diz respeito a sexta-feira e o de menor consumo a segunda-feira.

Gráfico 6.8 - Médias de consumo horário durante os dias da semana



Para efetuar as previsões utilizando redes neuronais, recorreu-se ao software *Matlab* que possui um módulo específico para este tipo de estudos (*Matlab ntstool*) e que se pode chamar desde a janela de *comand window*.

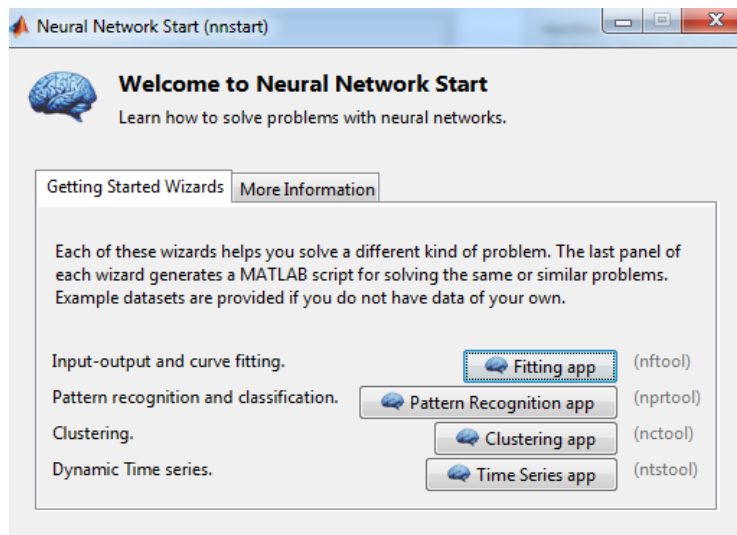


Figura 6.2 - Menu de chamada da *fitting app*;

Fonte: Matlab.

Em função dos estudos e análises realizadas e dentro da informação possível e fácil de recolher a qualquer planificador, optou-se pelos seguintes dados de entrada [24] [25]:

- *Flag* paragem planeada (0-1);
  - 0 - Em Produção
  - 1 - Em Paragem Planeada;
- Estações do ano (1-4);
  - 1 - Primavera;
  - 2 - Verão;
  - 3 - Outono;
  - 4 - Inverno.
- *Flag* fim de semana (0-1);
  - 0- Dia útil;
  - 1- Fim de semana
- Dias de semana (1-7);
  - 1 - Domingo;
  - 2 - 2ª Feira;
  - 3 - 3ª Feira;
  - 4 - 4ª Feira;
  - 5 - 5ª Feira;
  - 6 - 6ª Feira;

- 7 - Sábado.
- Horas do dia (1-24).

Tabela 6.11 - Excerto dos dados das 5 entradas;

flag_Paragem planeada (1)	Estações do ano (1-4)	flag_fds (1)	Dia da semana (1-7)	Hora
0	4	0	5	1
0	4	0	5	2
0	4	0	5	3
0	4	0	5	4
0	4	0	5	5
0	4	0	5	6
0	4	0	5	7
0	4	0	5	8
0	4	0	5	9
0	4	0	5	10
0	4	0	5	11
0	4	0	5	12
0	4	0	5	13
0	4	0	5	14

O dado de saída ou *Target* será a potência elétrica em kW ou consumo elétrico em kWh.

Neste estudo, utilizaram-se 16 meses de dados para treinar os neurónios, utilizando os dados com início em janeiro de 2018, até abril de 2019. O mês de maio foi reservado para efetuar a previsão, utilizando a rede neuronal.

Posteriormente, foi possível efetuar a previsão para os consumos do mês de maio de 2019, que conforme já referido no início do trabalho não entraram nos dados do treino. Assim, efetuou-se a classificação dos dados de maio de modo a ter as mesmas 5 entradas e obteve-se uma variável com a dimensão 5x 744, correspondente aos 31 dias do mês e a 24 horas por cada dia, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 6.12 - Excerto das entradas para o mês de maio.

flag_Paragem planeada (1)	Estações do ano (1-4)	flag_fds (1)	Dia da semana (1-7)	HORA
0	1	0	4	1
0	1	0	4	2
0	1	0	4	3
0	1	0	4	4
0	1	0	4	5
0	1	0	4	6
0	1	0	4	7
0	1	0	4	8
0	1	0	4	9
0	1	0	4	10
0	1	0	4	11
0	1	0	4	12
0	1	0	4	13

A análise dos dados foi efetuada através da comparação do desvio médio absoluto, também conhecido por MAD (*Median absolute deviation*) e do erro médio absoluto, conhecido por MAPE (*Mean absolute percentage error*).

O erro obtido para o mês de maio (6,8%), utilizando a análise com rede neuronal, foi consideravelmente melhor que o erro médio anual (8,7%), obtido pelo método tradicional, conforme Tabela 6.8.

Por outro lado, numa análise mensal, pode verificar-se o erro da previsão para o mês de maio de 6,8%, quando pelo método tradicional é de 5,6%. Existe um aumento do erro de 1,2%, conforme Tabela 6.13 e Tabela 6.14, que ao nível do efeito de carteira de compra, não teria qualquer impacto na faturação pois mantinha o mesmo nível, conforme tabela Tabela 6.5 da página 79.

Convém igualmente realçar, que o método tradicional com que se realiza as previsões, também tem por base a análise do histórico dos dados, dando especial atenção às situações de fins de semana, mês em causa, produção ou paragem, estações do ano, etc. Todavia, é um método que se caracteriza por ser manual, realizado com base no conhecimento e consequentemente difícil de estimar a previsão do erro, sendo que quem o realiza se torna mais uma variável do sistema.

O método neuronal demonstra aqui a sua validade para este tipo de previsão a prazo, tornando-se também um método muito mais rápido de executar e que tem por base um modelo computacional de simples utilização.

Tabela 6.13 - Excerto de resultados obtidos.

Data	HORA	Real	Previsão com Redes neurais			Previsão metodo convencional		
		MEDIDA_BC (MWh)	PROGRAMA (MWh)	DESVIO (MWh)	Erro (%)	PROGRAMA (MWh)	DESVIO (MWh)	Erro (%)
01/05/2019	1	12,9	13,9	1,00	7,70%	13,3	0,37	2,86%
01/05/2019	2	13,5	13,7	0,25	1,83%	13,3	0,19	1,41%
01/05/2019	3	14,4	13,6	0,77	5,39%	13,3	1,08	7,51%
01/05/2019	4	13,8	13,6	0,20	1,43%	13,3	0,46	3,34%
01/05/2019	5	13,5	13,6	0,09	0,66%	13,3	0,24	1,77%
01/05/2019	6	14,0	13,8	0,25	1,75%	13,3	0,74	5,27%
01/05/2019	7	14,3	14,0	0,24	1,68%	13,3	0,96	6,73%
01/05/2019	8	13,4	14,2	0,85	6,31%	13,3	0,10	0,75%
01/05/2019	9	13,7	14,4	0,70	5,12%	13,3	0,41	2,99%
01/05/2019	10	13,2	14,5	1,32	10,06%	13,3	0,14	1,06%
01/05/2019	11	12,9	14,5	1,60	12,42%	13,3	0,44	3,42%
01/05/2019	12	13,5	14,4	0,81	5,99%	13,3	0,24	1,77%
01/05/2019	13	13,2	14,2	1,02	7,76%	13,3	0,12	0,91%
01/05/2019	14	12,6	14,0	1,44	11,41%	13,3	0,69	5,47%
01/05/2019	15	13,0	13,9	0,91	7,02%	13,3	0,29	2,23%
01/05/2019	16	13,4	13,9	0,47	3,52%	13,3	0,08	0,60%
01/05/2019	17	13,4	13,8	0,48	3,57%	13,3	0,06	0,45%
01/05/2019	18	13,2	13,9	0,70	5,29%	13,3	0,12	0,91%

Tabela 6.14 - Excerto de resultados e erro obtido

Data	HORA	Real	Previsão com Redes neurais			Previsão metodo convencional		
		MEDIDA_BC (MWh)	PROGRAMA (MWh)	DESVIO (MWh)	Erro (%)	PROGRAMA (MWh)	DESVIO (MWh)	Erro (%)
29/05/2019	19	13,4	13,9	0,58	4,31%	14,8	1,43	10,70%
29/05/2019	20	13,6	14,0	0,38	2,81%	14,8	1,17	8,58%
29/05/2019	21	12,9	14,0	1,16	8,97%	14,8	1,92	14,91%
29/05/2019	22	13,0	14,0	0,93	7,14%	14,8	1,76	13,50%
29/05/2019	23	13,0	13,8	0,78	6,02%	13,3	0,29	2,23%
29/05/2019	24	13,2	13,5	0,32	2,47%	13,3	0,13	0,99%
		<b>9751,0</b>	<b>9462,5</b>	<b>665,96</b>	<b>6,8%</b>	<b>9744,0</b>	<b>542,16</b>	<b>39,40</b>
				<b>6,8%</b>			<b>5,6%</b>	

## **6.4. Renovação da rede de ar comprimido**

Em 2015, a situação da rede de ar comprimido que abastecia as autoclaves era dramática em termos de segurança, qualidade e produtividade. Por outro lado, representava um elevado consumo de energia e apresentava grandes perdas, pois não era efetuado nenhum tipo de controlo quando em carga, permanecendo em vazio, sem que parassem de funcionar.

Esta ação é claramente a aplicação de uma ação da família da 1ª lei da eficiência, com a alteração para uma tecnologia de eficiência superior. Aproveitou-se também o facto de a instalação estar crítica noutras áreas prioritárias, para melhor justificar o investimento. Na Figura 6.3 uma foto do inoperacional secador da instalação.



Figura 6.3 - Foto do inoperacional secador da instalação;

Fonte: Elaboração própria.

Para facilitar a caracterização do estado da instalação, importa salientar que o ar introduzido no interior das autoclaves era um ar carregado de água misturada com óleo. Esta situação originava riscos elevados de incêndio no interior do autoclave, facto que mais tarde se veio a comprovar. Com efeito, durante uma inspeção ao interior da autoclave, detetou-se que a saída do ar se encontrava completamente queimada, como se demonstra na Figura 6.4.



Figura 6.4 – Aspeto da entrada de ar do autoclave;

Fonte: Elaboração própria.

Por outro lado, com o investimento num novo autoclave, a unidade de ar comprimido deixaria de ter capacidade de abastecer três autoclaves.

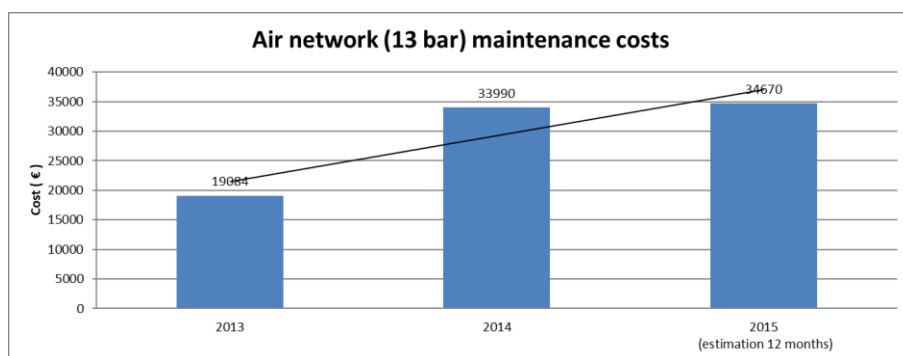


Figura 6.5 – Um dos compressores *Ingersoll* 170 kW;

Fonte: Elaboração própria.

A somar a tudo o que já foi referido, existia ainda uma situação de elevados custos de manutenção, a crescer ano após ano, a par com as avarias e interrupções da produção. O Gráfico 6.9 evidencia o crescimento e nível de custos de manutenção com a instalação. Ainda em termos de manutenção, as 2 máquinas aproximavam-se das 50000 horas, o que significaria uma reparação com elevados custos e de prazo alargado.

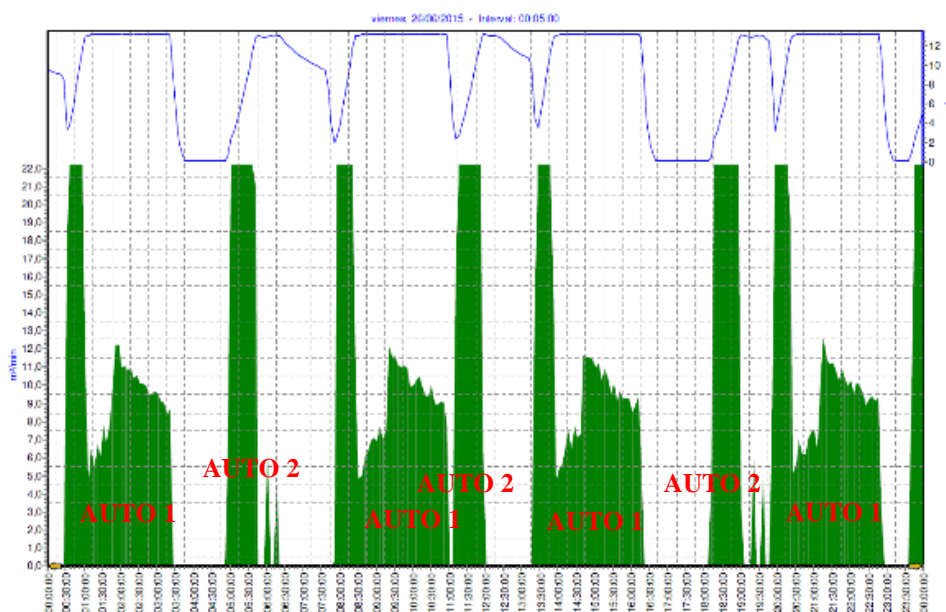
Gráfico 6.9 - Custos de manutenção da rede de ar de 15 bar;



Para o dimensionamento, durante aproximadamente 1 semana, efetuou-se uma monitorização dos consumos de ar e pressão da instalação, onde foi possível verificar comportamentos distintos no funcionamento para o autoclave 1 (71m<sup>3</sup>) e para o autoclave 2 (115m<sup>3</sup>), conforme se pode ver no Gráfico 6.10.

Gráfico 6.10 - Medições de caudal e pressão na rede ar de 15 bar;

Fonte: Retirado de [17].



Nas colunas a verde podem verificar-se os caudais de ar produzidos pelos compressores e, na linha a azul, na zona superior do gráfico, a pressão da rede. Pode constatar-se pelo gráfico dois comportamentos distintos e que se repetem no tempo, pois os ciclos de produção entre o autoclave 1 e o autoclave 2 são normalmente alternados. Esta diferença relacionava-se com o grande número de fugas existente no autoclave 1, em comparação com o autoclave 2. Surgiu então a oportunidade de optar por uma instalação muito mais eficiente, tanto do ponto

de vista energético, como operativo.

Optou-se por 6 grandes requisitos para este projeto:

1. Não utilizar variação de velocidade, pois os autoclaves deverão ser hermeticamente fechados e, desta maneira, não seria necessário modular perdas;
2. Utilizar depósitos pulmão de 10m<sup>3</sup>;
3. Segmentar o dimensionamento (caudal necessário) em mais do que 2 máquinas;
4. Optar por máquinas de pressão acima da pressão de trabalho (13bar);
5. Utilizar/implementar máquinas com motores de alta eficiência, elemento de parafuso e com acoplamento direto;
6. Utilizar um sistema de gestão do funcionamento das máquinas.

Nesta instalação, também se equacionou a colocação de recuperadores de calor (do óleo do parafuso de cada compressor). Todavia, devido ao seu funcionamento intermitente (condicionado pelos ciclos do processo de autoclave) e também pelo funcionamento alternado dos equipamentos (rotação de horas de carga e vazio), o investimento tinha uma rentabilidade muito baixa. Esta situação levou ao abandono da ideia.

Na Figura 6.6 apresenta-se o *layout* da nova instalação.

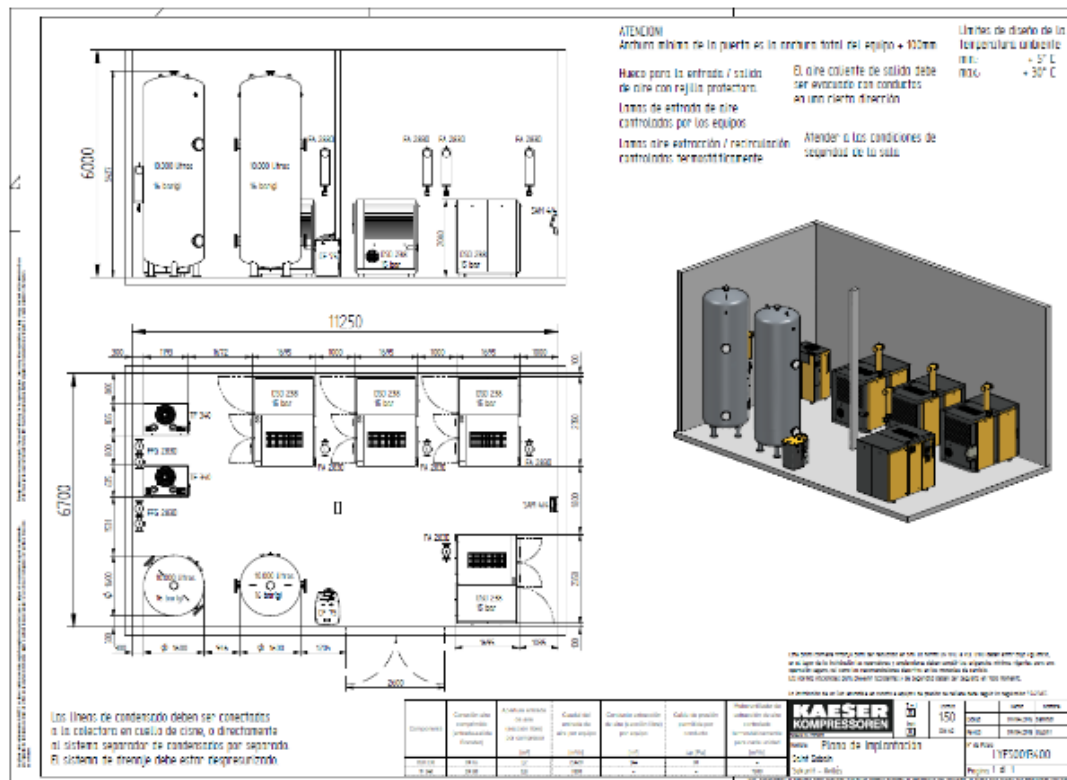


Figura 6.6 – *Layout* da nova instalação de ar de 15 bar;

Fonte: Retirado de [17].

No sentido de conformar o dimensionamento da nova instalação de ar comprimido para os 3 autoclaves, utilizaram-se os dados de volume dos 3 equipamentos, as pressões de ciclo e os caudais dos novos compressores, para verificar que o tempo de enchimento até aos 13 bar era inferior a 30 minutos.

Tabela 6.15 - Verificação dos tempos de enchimento.

ACV	Opcion	Kaeser	Obs.	Volumen (m3)	Volumen carga (%)	Volumen corr. (m3)	Caudal compr. (m3/min)	Caudal compr (Nm3/min)	Presion de trabajo (bar)	Volumen a llenar (m3)	Tiempo de llenar (min)
ACV1		2*DSD238 15 bar	pequeño	71	20%	56,8	30	27	13	738,4	24,6
ACV2		3*DSD238 15 bar	grande	115	20%	92	45	40,5	13	1196,0	26,6
ACV3		2*DSD238 15 bar	2*132 Kw	45	20%	36	30,0	27,0	13	468,0	15,6

As máquinas preconizadas foram do fabricante *Kaeser* e podem-se encontrar as especificações nos anexos X, XI e XII.

Na Figura 6.7 e Figura 6.8 é possível verificar o estado final da instalação, depois de terminada a obra na sala de compressores da rede de ar de 15 bar.



Figura 6.7 - Fotos da sala de compressores da rede de ar de 15 bar;

Fonte: Elaboração própria.



Figura 6.8 – Fotos da sala de compressores da rede de ar de 15 bar;

Fonte: Elaboração própria.

Nestes equipamentos, implementou-se também um sistema de gestão, conforme Figura 6.9, que efetua a gestão dos arranques e paragens dos equipamentos (função da pressão nos depósitos), a gestão da rotação das máquinas (horas de carga e hora vazio) e o seguimento da instalação.



Figura 6.9 – Esquema de comunicação do sistema de gestão SAM;

Fonte: Retirado de [17].

Na Tabela 6.16 e Tabela 6.17 apresentam-se as poupanças originadas pelo projeto da sala de compressores da rede de 15 bar (autoclaves), tanto ao nível da eficiência energética, como também a nível de gastos gerais (incluindo a manutenção dos equipamentos).

Tabela 6.16 - Desdobramento das medidas de eficiência energética.

Saving description		(Kwh/year)	(Euros/year)
1	Cycle regulation AC1	265756	20729
2	Small compressors instead of big ones	51918	4050
3	Empty hours reduction due the controler and the storage tanks	356998	27846
4	3D control of pression	20716	1616
5	Reduction to 12 bar (6% of energy saving)	26406	2060
<b>Total Saving</b>		<b>721794</b>	<b>56300</b>

Tabela 6.17 - Poupança geral da nova instalação.

Yearly savings and costs	Old compressors	New compressors	(-) Savings (+) Costs
Maintenance costs	34670	12408	-22262
Energy saving	0	-56300	-56300
Renting cost	0	59520	59520
<b>Total</b>	<b>34670</b>	<b>15628</b>	<b>-19042</b>

## 6.5. Recuperação de calor dos compressores

Esta ação está enquadrada dentro das ações da 1ª lei da eficiência, com reaproveitamento de energia de processos existentes, nomeadamente dos compressores de ar comprimido.

A obra revelou-se estratégica para abdicar totalmente da caldeira de gasóleo, utilizada para aquecimento da água da estação de tratamento de água “*rede Nalco*”, responsável pela produção e tratamento da água para a zona de manufatura das 2 linhas de produção. No total, a caldeira abastecia 4 máquinas de lavar (2 na manufatura 4 e 2 na manufatura 5) e tinha uma potência nominal de 930 kW, uma temperatura máxima de 100°C e uma pressão máxima de 6 bar. Na Figura 6.10 pode-se verificar o estado de conservação da caldeira *Roca*.



Figura 6.10 – Caldeira *ROCA* 930 kW;

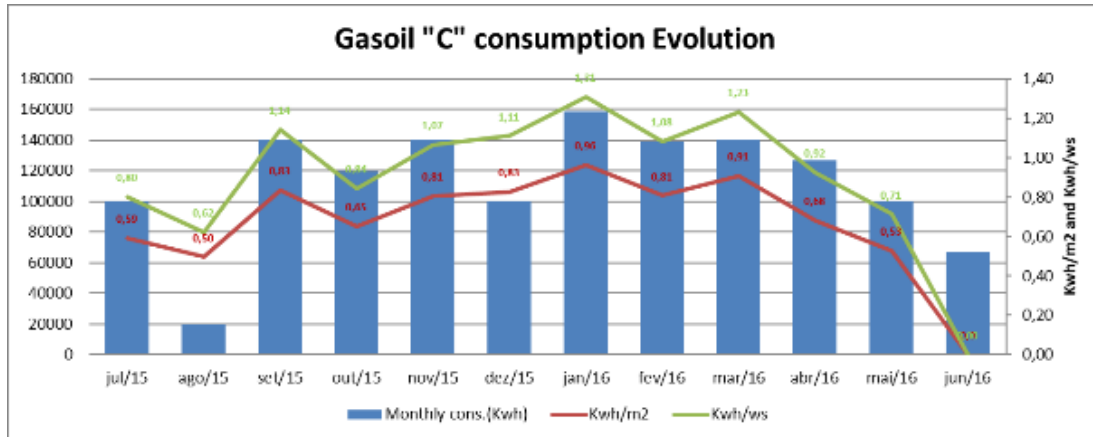
Fonte: Elaboração própria.

Esta potência elevada para aquecimento de água, justificava-se, pois, analisando a instalação, apresentava as seguintes condicionantes:

- O caudal instantâneo recirculante de água na *rede Nalco* era de 20m<sup>3</sup>/h: Originalmente, uma máquina de lavar deveria consumir um caudal de 1m<sup>3</sup>/h. Assim, no total seriam necessários 4m<sup>3</sup>/h e não os 20m<sup>3</sup>/h. Esta situação é justificada por inúmeras modificações ao seu desenho, que fizeram com que na altura fossem consumidos 5m<sup>3</sup>/h cada uma;
- Toda a instalação se encontrava no exterior, à intempérie, sendo que na região das Astúrias o verão é ameno e o inverno é bastante frio. No Gráfico 6.11 encontra-se o gráfico do consumo mensal de gasóleo, onde é possível verificar a sazonalidade;

- Os materiais construtivos dos depósitos e tubagens eram de elevada condutividade térmica.

Gráfico 6.11 - Sazonalidade do consumo de gasóleo;



Este projeto de recuperação de calor também teria impacto positivo nos consumos elétricos, pois este sistema iria abastecer a rede *Sulzer*, que abastece igualmente as 2 linhas, nos túneis de lavagem antes da sala de laminagem. Estes túneis de lavagem aquecem a água do processo com grupos de resistências de 150 kW/túnel. Teria igualmente impacto positivo nos consumos elétricos, pois o sistema de arrefecimento dos compressores faz-se originalmente por intermédio de acionamento de motor elétrico (2,2 kW) e ventilador de arrefecimento a ar. Com a recuperação de calor deixaram de ser necessários estes ventiladores.

Foram instalados 2 recuperadores de calor nos 2 compressores *Atlas Copco, GA110 PACK e GA110VSD* respetivamente.

O recuperador de calor instalado no compressor *GA110 PACK*, pelo seu funcionamento em pleno, foi mais indicado para aquecimento da água da rede *Nalco* e assim garantir capacidade calorífica para substituir a caldeira.

O recuperador de calor instalado no compressor *GA110VSD*, pelo seu funcionamento intermitente, foi mais indicado para aquecimento da água da rede *Sulzer*.

Na Figura 6.11 pode verificar-se a localização dos dois recuperadores, frente a cada um dos compressores.



Figura 6.11 – Recuperadores de calor na nova sala de compressores;  
 Fonte: Elaboração própria.

Efetuu-se uma simulação da capacidade de aquecimento, em caudal de água quente, para um salto térmico dos 32°C para 37°C, com o *GA110 PACK* a trabalhar a 100% e estimando o *GA110 VSD* a trabalhar a 50%. Na Tabela 6.18 encontram-se as capacidades previstas de aquecimento, segundo a folha de calculo do fabricante.

- Rede *Nalco*: 104Lt/min → 6 m<sup>3</sup>/h. A necessidade em condições normais será de 4m<sup>3</sup>/h;
- Rede *Sulzer*: 52 Lt/min → 3 m<sup>3</sup>/h. A necessidade em condições normais será de 2m<sup>3</sup>/h.

Tabela 6.18 - Cálculo da capacidade de aquecimento.

Calculador Teorico de recuperación de energía para compresores de tornillo lubricado de Atlas Copco

Cliente	Saint Gobain Sekurit		
Dirección	Fact. Aviles (Asturias)		
Persona de contacto	7500		
Datos de la caldera			
Combustible	Eficiencia de la caldera	Valor calorífico	Unidades
Electricidad	90%	860	Kw-h
			Coste Combustible
			0,0744
			Unidades
			€/ Kwh
Temperaturas			
	T entrada (°C)	T salida (°C)	Δt (°C)
Agua	30 °C	42 °C	12 °C



Nº de serie	Modelo	Controlador	Régimen de trabajo en carga	Horas Anuales		Potencia				Kj/año estimados	Caudal de agua calentada en carga (l/min)		
				Marcha	Carga	Nominal	media consumida estimada en carga	Recuperable en carga			Máximo	medio estimado	
								Máximo	Media estimada				
	GA 110	MKV	100%	7000	7000	110 Kw	110 Kw	88 Kw	80,00%	88 Kw	2217600000	104,76	104,76
	GA 110	MKV	50%	7000	7000	110 Kw	52 Kw	88 Kw	80,00%	44 Kw	1108800000	104,76	52,38
<b>Total</b>										<b>132 Kw</b>	<b>3326400000</b>	<b>209,52</b>	<b>157,14</b>

**AHORRO POTENCIAL DE COMBUSTIBLE ANUAL 319.747 €**

Muito embora os resultados obtidos indicassem que havia capacidade de aquecimento de água, tanto na rede *Nalco*, como na rede *Sulzer*, decidiu-se elaborar estes projetos com

materiais de excelência ao nível do isolamento térmico, tendo em consideração o inverno rigoroso nas Astúrias e o impacto nos consumos de energia. Na Figura 6.12 verifica-se o salto térmico de um dos equipamentos.

Basicamente, os 2 projetos de remodelação das redes *Nalco* e *Sulzer* incidiram nos seguintes requisitos:

- Isolamento com *Armaflex* das tubagens existentes aproveitáveis;
- Todas as novas tubagens executadas em PPR de 3 capas e isoladas com *Armaflex*;
- Substituição de todos os depósitos de armazenamento de água, por depósitos com novos volumes de retenção e isolamento de 80mm nas paredes;
- Controlo dos grupos de pressão, por pressão com variação de velocidade.

As fichas técnicas do isolamento *Armaflex* e das tubagens de PPR estão disponíveis para consulta nos anexos XIII e XIV.

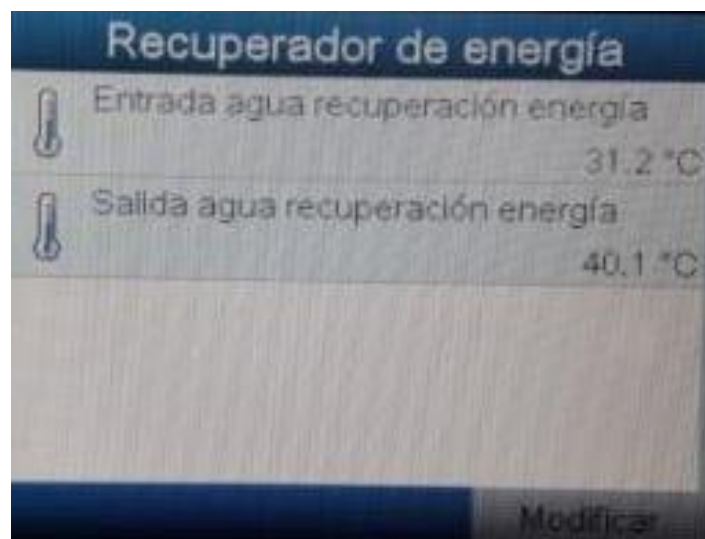


Figura 6.12 – Evidência do salto térmico no *GA110 PACK*;

Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 6.13 e Figura 6.14 encontram-se alguns detalhes da instalação da *rede Nalco*, depois de modificada.

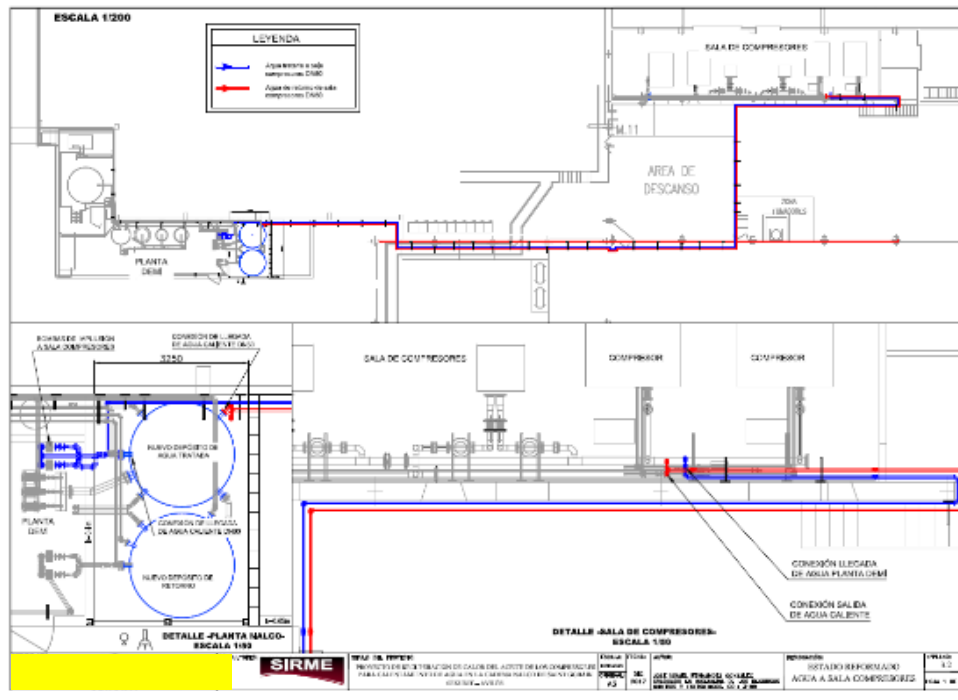


Figura 6.13 – Novo *Layout* e troço de ligação ao recuperador;  
 Fonte: Retirado de [17].

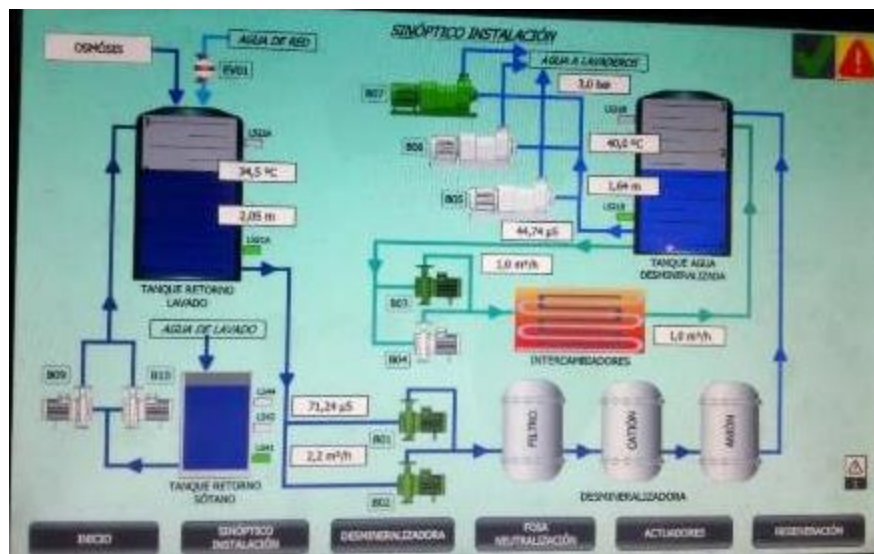


Figura 6.14 – Painel de interface homem/máquina da rede *Nalco*;  
 Fonte: Elaboração própria.

Nas Figura 6.15 e Figura 6.16 estão alguns detalhes da instalação da rede *Sulzer*, depois de modificada.

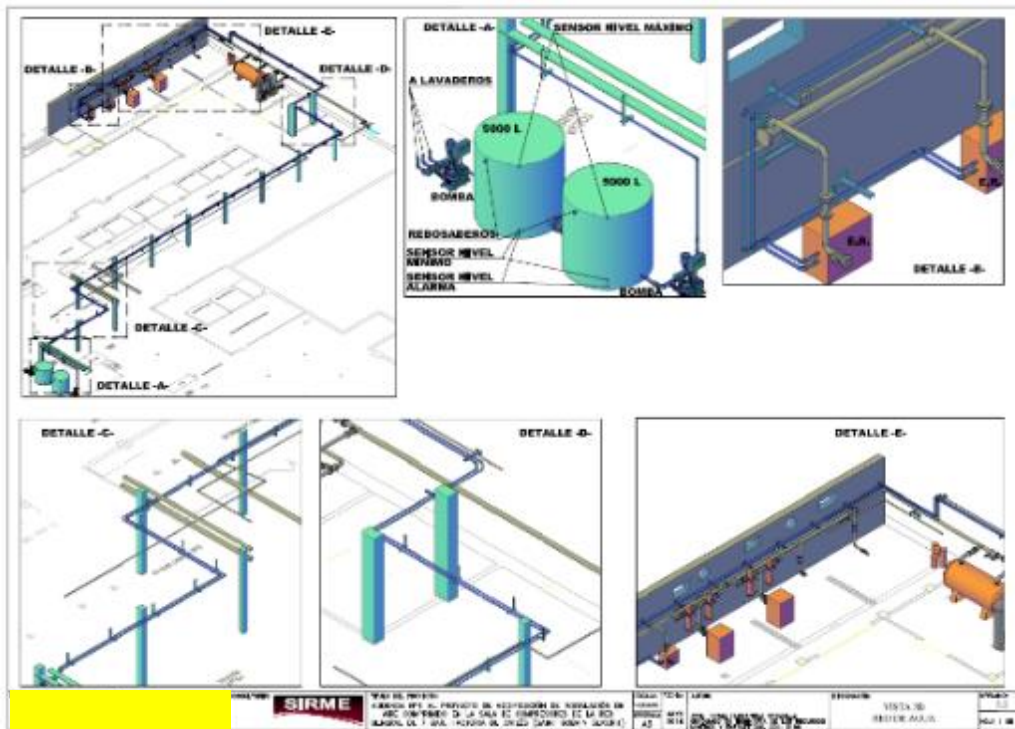


Figura 6.15 – Novo Tramo de tubagem PPR para a rede *Sulzer*;

Fonte: Retirado de [17].

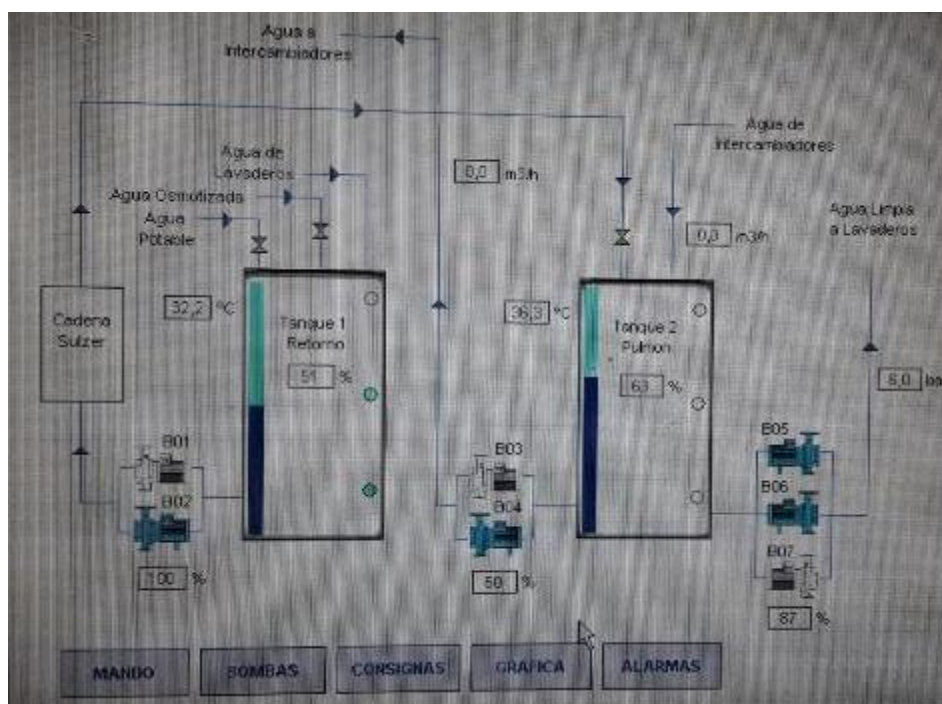


Figura 6.16 – Painel de interface homem/máquina da rede *Sulzer*;

Fonte: Elaboração própria.

## 6.6. Exemplos de aplicações em parâmetros do processo

Estas ações enquadram-se em ações da família da 2ª lei da eficiência com standardização de parâmetros de processo e sistema anti erro e de ajuda visual. Caracterizam-se muitas vezes por serem ações de baixo custo e elevado resultado, o que é ótimo para quem se preocupa com eficiência energética.

### 6.6.1. Regulação de pressão dos autoclaves

Uma das ações implementada denominou-se de “Regulação de pressão” dos diferentes ciclos de autoclave. Parte de um princípio básico de que a pressão de processo apenas é necessária durante a fase de aquecimento e manutenção, sendo que no final da fase de manutenção deve-se parar a injeção de ar comprimido, até que termine o ciclo final de arrefecimento. Podem-se verificar as diferenças em relação à pressão do processo (em azul) no Gráfico 6.12 e Gráfico 6.13.

Gráfico 6.12 - Ciclos e autoclave sem regulação de pressão;

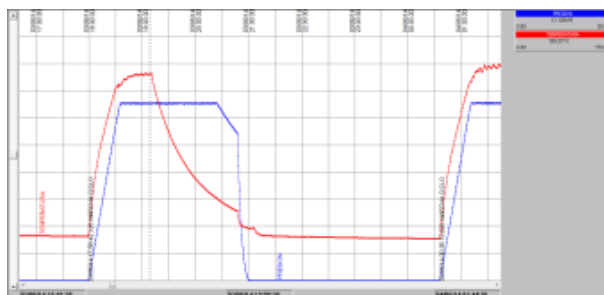
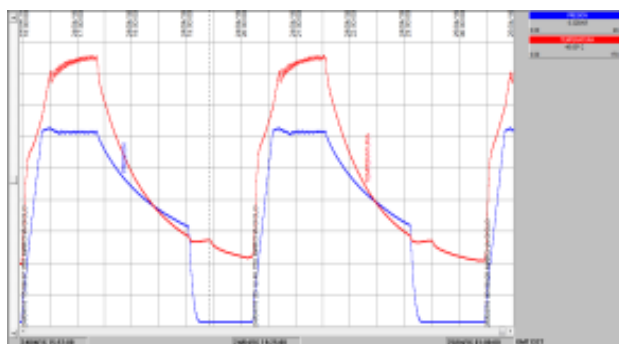


Gráfico 6.13 - Ciclos e autoclave com regulação de pressão;



Com esta ação que teve um custo muito próximo de “0”, conseguiu-se uma redução de 150 kWh por cada ciclo realizado.

Sabendo que, em média, se realizam 10 ciclos por dia e se trabalham 300 dias por ano, considera-se uma redução anual de 450000 kWh/ano, equivalente a uma redução de 33750 €/ano, considerando um custo médio de 0,075 €/kWh.

Tabela 6.19 – Consumos elétricos antes de regulação de pressão;

<b>Fase do ciclo</b>	<b>Duração média (min.)</b>	<b>Potência média (kW)</b>	<b>Energia (kWh)</b>
Aquecimento	30	150	75
Manutenção (130°C e 13 bar)	30	150	75
Arrefecimento	60	150	150
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>150</b>	<b>300</b>

Tabela 6.20 – Consumos elétricos depois da regulação de pressão;

<b>Fase do ciclo</b>	<b>Duração média (min.)</b>	<b>Potência média (kW)</b>	<b>Energia (kWh)</b>
Aquecimento	30	150	75
Manutenção (130°C e 13 bar)	30	150	75
Arrefecimento	60	---	--
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>75</b>	<b>150</b>

## **6.6.2. Standby mode**

Um outro tipo de projeto interessante denomina-se de “*Standby mode*” e tem potencial de aplicação em diversos tipos de equipamentos industriais. Parte de um princípio básico e lógico de que, caso o equipamento não se encontre a produzir, deveria reduzir o consumo, ou até mesmo não deveria ter consumo de energias.

Efetuaram-se diversas aplicações deste princípio em equipamentos, tais como: túneis de lavagem, máquinas de lavar, estufas de secagem, fornos de pintura, fornos de curvar, transportadores, células robotizadas, etc.

Estes projetos tiveram particular interesse nas máquinas de lavar e túneis de lavagem, pela potência instalada em cada uma destas instalações e também pela quantidade de máquinas idênticas existentes, que permitiu replicar a solução.

Assim, um dos exemplos de aplicação foi o túnel de lavagem *Klopper*, que se pode ver na Figura 6.17 e onde previamente se instalou uma electroválvula (normalmente fechada) e um

caudalímetro na alimentação de água desmineralizada, conforme se pode verificar na Figura 6.18.

Também na alimentação de ar comprimido se instalou uma electroválvula (normalmente fechada).



Figura 6.17 – Túnel de lavagem *Klopper*;

Fonte: Elaboração própria.



Figura 6.18 – Pannel de comando do túnel *Klopper*;

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 6.21 pode verificar-se a lista de potências que se pretendem gerir durante as paragens do equipamento. Descrevem-se também quais os elementos que entram em “hibernação” e em que modo esta se efetuará.

Tabela 6.21 – Lista de cargas do túnel de lavagem *Klopper*

Nome	Quant.	Potência (kW)	A retirar com o <i>Standby mode</i>
Grupos de resistências	2	75+75	Não. Controlo por termostato
Ventilador de secagem	1	100	Sim. Em rampa suave
Motor de subida das escovas	2	6	Não.
Motor das escovas - lavagem	4	12	Sim. Imediato
Motor de transporte - lavagem	2	6	Sim. Imediato
Motor de transporte - secagem	1	3	Sim. Imediato
Bomba de pré-lavagem	1	1,5	Sim. Imediato
Bomba de lavagem	1	1,5	Sim. Imediato
Bomba de enxague	1	3	Sim. Imediato
<b>Total</b>	<b>--</b>	<b>283</b>	<b>--</b>

O controlo de estado de avaria é feito pela acumulação de peças nos transportadores, em que, ultrapassando um determinado tempo ajustado pelo programador, a linha inicia a entrada em hibernação de algumas cargas não críticas para o processo.

Assim, e no caso dos túneis de lavagem, o tempo ciclo entre peças ( $T_c$ ) é de 30 segundos e determinou-se que acumulações acima de 120 segundos seriam consideradas avaria, dando-se início à hibernação das cargas pela seguinte ordem:

1. Paragem dos motores de transporte;
2. Início da rampa de desaceleração do ventilador de secagem;
3. Fecho electroválvula de entrada de água desmineralizada;
4. Paragem dos motores das escovas;
5. Paragem das bombas de pré-lavagem, lavagem e enxague.

O resultado da estimativa das poupanças é mais difícil de garantir, pois são poupanças que têm por base as horas/taxas de paragem dos equipamentos, que nunca serão o objetivo de uma organização.

Assim, o cálculo desta ação teve por base uma taxa de paragem de 15% sobre um regime de trabalho de 24 horas/dia, 300 dias/ano, a que correspondem 7200 horas/ano de trabalho e 1080 horas/ano de paragens. Obtém-se uma redução de 127 kW com a hibernação, a que corresponde uma redução de 137160 kWh/ano de energia, ou seja, 10287 €/ano, considerando um custo médio de 0,075 €/kWh.

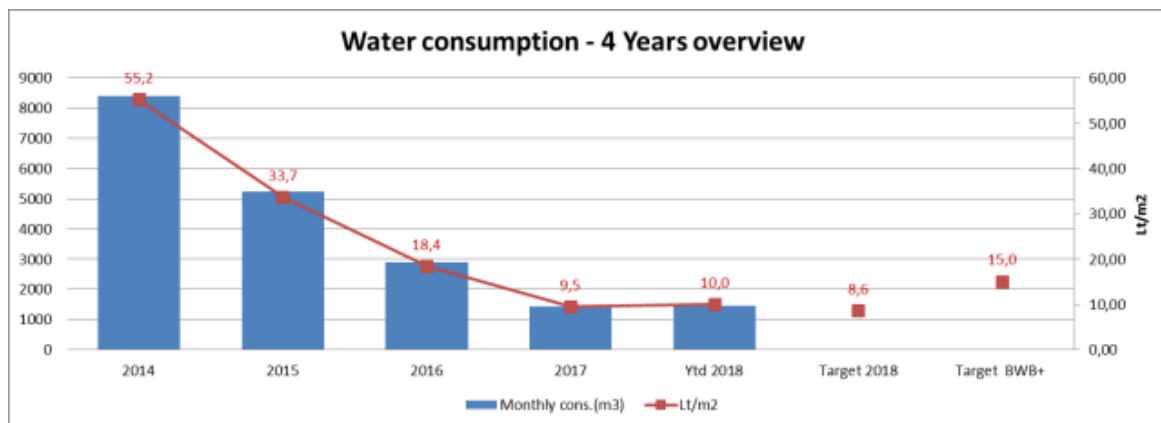
## 7. Resultados Obtidos

Com os exemplos do Capítulo 6 é fácil de perceber que os resultados de eficiência técnica e financeira são muito interessantes, mas é fundamental continuar com esta dinâmica de aplicação da metodologia de forma continuada e sustentável no tempo.

Em relação ao consumo de água, maioritariamente água quente, considerando-se os números de 2014 e até 2018, pouparam-se 271000m<sup>3</sup>, o equivalente a 270 piscinas olímpicas. Tal originou uma redução dos custos com este recurso de 541k€, sem conseguir contabilizar os impactos na melhoria da qualidade do produto. Estes resultados estão apresentados no Gráfico 7.1.

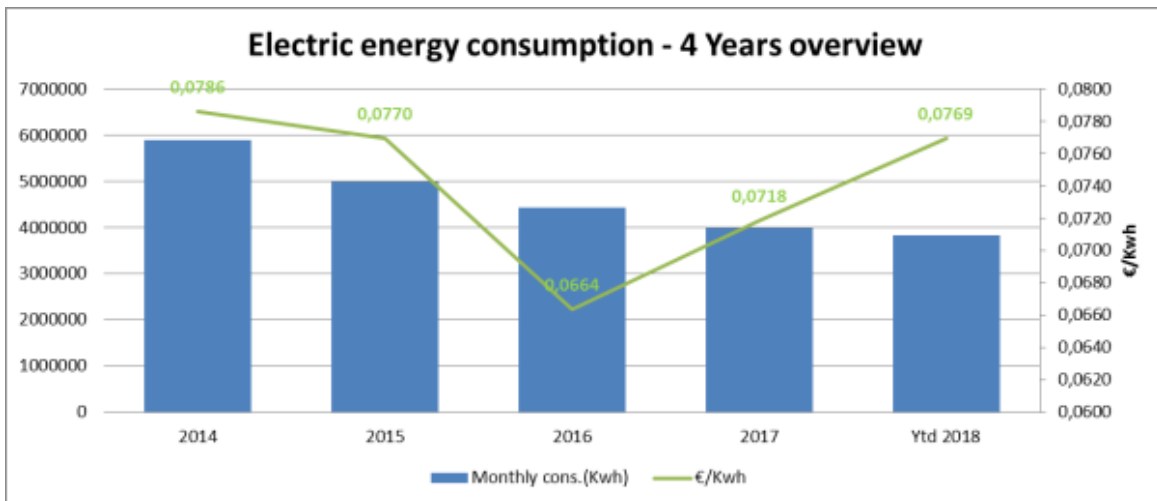
Esta redução de consumo de água originou uma redução de consumo de energias (elétrica e gasóleo), sendo que deixou de existir a necessidade de aquecer o grande volume de água dos 15 °C aos 40°C; também significou menos trabalho por parte de motores e bombas. Pode-se claramente afirmar a existência de um forte *Nexus Água-Energia*.

Gráfico 7.1 - Evolução do consumo geral de água;



Embora menos evidente, a redução no consumo de energia elétrica foi igualmente de sucesso, não só pelas ações colocadas em prática, mas também pela crescente subida de preços, conforme se pode observar no seguinte gráfico e que revelou ter sido uma aposta estratégica.

Gráfico 7.2 - Evolução dos custos da energia elétrica;



Em relação à otimização dos consumos e desde o arranque do programa de *Energy Management* de 2015 a 2018, pode-se contabilizar uma redução média de -4,5% ao ano de energia necessária para processar o produto final (kWh/m<sup>2</sup>), conforme se pode verificar no Gráfico 7.3. Acumulados nos 3 anos, obteve-se 1281k€ de redução dos custos.

Gráfico 7.3 - Evolução do consumo geral de energia elétrica;

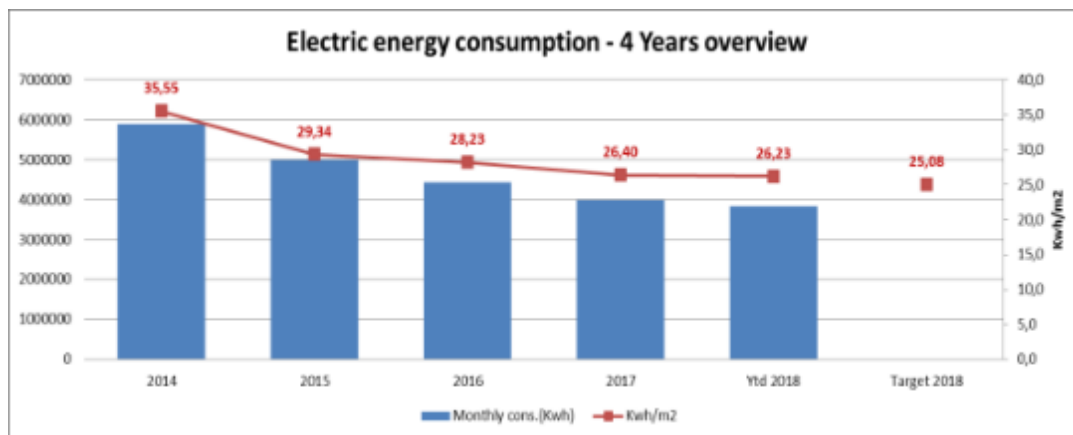
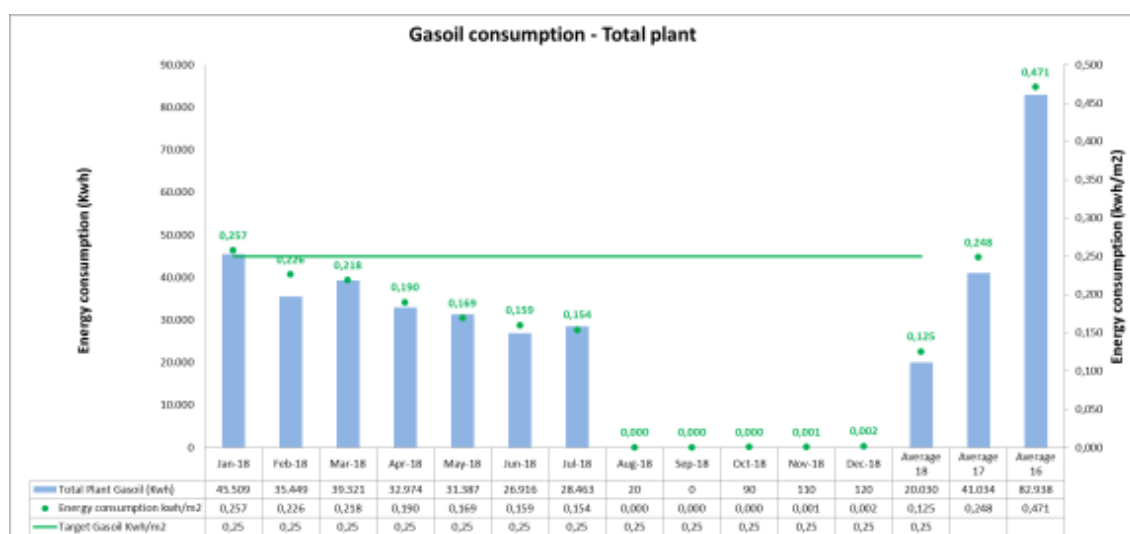


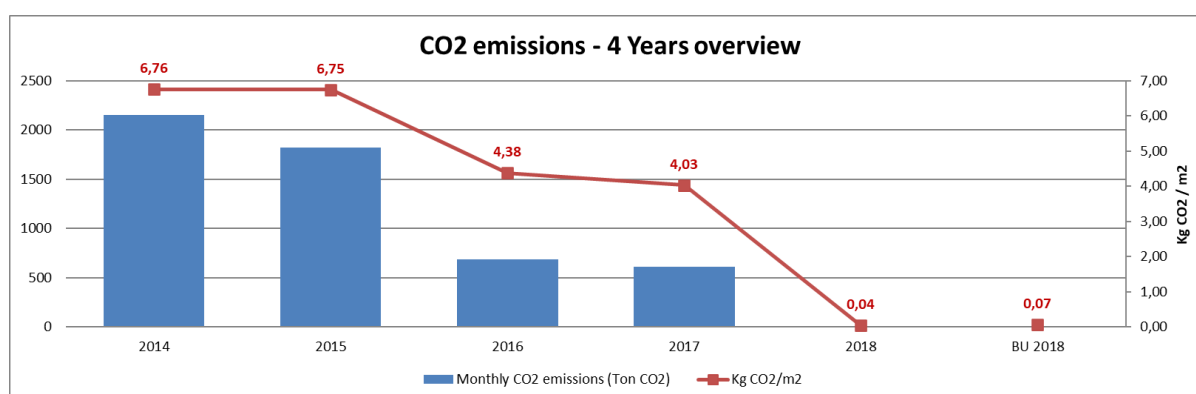
Gráfico 7.4 - Consumo de gásóleo de aquecimento.



Importa ainda comentar os resultados sobre a redução do consumo de gásóleo de aquecimento e, conseqüentemente, sobre a redução nas emissões de  $CO_2$  na atualidade e desde o mês de agosto de 2018, em que a fábrica deixou de necessitar de consumir gásóleo de aquecimento, conforme se pode verificar no Gráfico 7.4.

Desde o início do projeto, em 2015 e até 2018, que se obteve uma redução de 126000 litros de consumo de gásóleo tipo C, com um impacto nos custos de consumo deste recurso de 63 k€. Nos Gráfico 7.4 e Gráfico 7.5 encontram-se os impactos da redução do consumo de gásóleo.

Gráfico 7.5 - Evolução das Emissões de  $CO_2$ ;



## 8. Conclusões

Do ponto de vista crítico, considera-se que as metodologias existentes, quer seja através do recurso aos referenciais normativos, quer seja através de artigos técnicos mais recentes, não estabelecem uma rota de caminhos possíveis para encontrar a eficiência energética. São, ou muito generalistas, como é o caso dos referenciais normativos, ou muito específicos em determinados temas, no caso dos artigos técnicos.

A metodologia apresentada, por ser baseada em experiências de eficiência energética, muitas delas vividas no passado e descritas sob a forma de diagrama de causa-efeito, fornece uma visão global sobre as frentes que se podem abrir na indústria, no sentido de encontrar de uma forma simples os desperdícios e as oportunidades de melhoria.

Por outro lado, a metodologia dá um forte enfoque ao sistema de monitorização, do ponto de vista prático, sob a forma como se pode implementar e sobre a sua importância para se conseguir trabalhar em eficiência energética.

Entende-se que o sistema de monitorização deveria ser o primeiro passo a efetuar em qualquer implementação de *Energy Management*. Sem sistema de monitorização não é possível controlar de forma ágil e efetiva os consumos e a qualidade da energia de uma instalação. Neste sentido, seria necessário dar ênfase a este tema, orientando os utilizadores da metodologia sobre os passos a efetuar para implementar um sistema deste tipo.

Em relação às lições apreendidas, estas sustentam e fundamentam os eixos estratégicos da metodologia desenvolvida e teria sido importante experienciar a ação de instalação de uma unidade de produção de energia através de fontes endógenas, de forma a poder partilhar os resultados e as dificuldades encontradas.

Uma área de evidente melhoria é a das previsões de consumo a longo prazo, onde seria importante melhorar o modelo matemático, mais precisamente o resultado de previsão. Tal seria possível, definindo novas variáveis de entrada com os equipamentos que se utilizariam na produção, bem como os seus consumos para treinar os neurónios.

Posteriormente, desenvolver um *software* para operar o modelo e para substituir o modelo manual de previsão. O objetivo seria o de melhorar o erro de previsão e a própria tarefa em si, devido à elevada morosidade.

# Bibliografia

- [1] “Iberdrola,” [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/home>. [Acedido em 07 Junho 2021].
- [2] J. Olivier e J. Peters, “Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions: 2020 Report,” PBL publication , Hage, 2020.
- [3] K. L. Ricke and K. Caldeira, “Maximum warming occurs about one decade after a carbon dioxide emission,” *Environmental Research Letters*, 2 December 2014.
- [4] “The International Energy Agency,” The International Energy Agency, 2021. [Online]. Available: <https://www.iea.org/>. [Acedido em 06 junho 2021].
- [5] I. E. AGENCY, “Global Energy Review 2021,” IEA Publications, France, 2021.
- [6] C. Syverson, “What Determines Productivity?,” *Journal of Economic Literature*, vol. 49, n° 2, p. 326–365, 2011.
- [7] N. Slack, S. Chambers e R. Johnston, OPERATIONS MANAGEMENT - Fifth edition, England: Pearson Education Limited, 2007.
- [8] M. t. 4. a. f. 4. nations, The Encyclopedia of energy, Boston, Massachusetts, United States: Boston University, 2020.
- [9] J. P. S. Paiva, Redes de energia eléctrica - Uma análise Sistémica, Lisboa: IST Press, 2015.
- [10] X. Wen, H. Cao, B. Hon, E. Chen e H. Li, “Energy value mapping: A novel lean method to integrate energy efficiency into production management,” *Energy - ELSEVIER*, 14 11 2020.
- [11] P. P. Poveda-Orjuela, J. C. García-Díaz, A. Pulido-Rojano e G. Cañón-Zabala, “ISO 50001: 2018 and Its Application in a Comprehensive Management System with an Energy-Performance Focus,” *ISO 50001: 2018 and Its Application in a Comprehensive Management System with an Energy-*

- Performance Focus*, 10 December 2019.
- [12] ISO, Energy management systems - Requirements with guidance for use (ISO 50001:2018), London: BRITISH STANDARD, 2018.
- [13] M. Yücel e M. Halis, “ISO 50001 based integrated energy management system and organization performance,” *ISO 50001 based integrated energy management system and organization performance*, 22 February 2016.
- [14] F. Bua, L. Cristaldi, C. Lavecchia, L. Martirano, L. Mongiovì e M. Liziero, “Standardization framework on energy efficiency measuring and monitoring,” *IEEE*, pp. 978-1-5386-3917-7/17/\$31.00 ©, 2017.
- [15] “Gesternova Energia,” Diseño SdeO Comunicación, [Online]. Available: <https://gesternova.com/ahorra-en-electricidad-en-tu-empresa-con-la-modalidad-indexada-pass-through-vs-pass-pool/>. [Acedido em 14 07 2021].
- [16] J. P. Saraiva, J. L. Silva e M. T. Ponce de Leão, Mercados de Electricidade-Regulação e tarifação de uso de redes, Porto: FEUP Edições, 2002.
- [17] R. Ferreira, *Ralatórios industriais SG*, Avilés, 2017.
- [18] SATEL, Manual Datalogger SenNet DL150/DL151/DL170/DL171/DL172” Versión 1.01, Dataloggers y Red de dispositivos,, Madrid: SATEL SPAIN, Versão 1.01.
- [19] “Voltimum,” [Online]. Available: [https://www.voltimum.pt/pdflibrary?term\\_node\\_tid\\_depth=4005&field\\_brand\\_tid=1001&term\\_node\\_tid\\_depth\\_1=3095&field\\_year\\_value=](https://www.voltimum.pt/pdflibrary?term_node_tid_depth=4005&field_brand_tid=1001&term_node_tid_depth_1=3095&field_year_value=). [Acedido em 12 Agosto 2021].
- [20] P. J. Santos, S. R. Chemetova, A. J. Pires e M. V. Neves, “The importance of daily load forecasting for main electric substation in a spot market context,” *2020 IEEE 14th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG)*, pp. Setubal, Portugal, 2020, pp. 50-54, doi: 10.1109/CPE-POWERENG48600.2020.9161616.
- [21] P. J. Santos, A. G. Martins e A. Pires, “Next hour load forecast in medium voltage electricity distribution,” *19th Mini-Euro Conference Operational Research Models and Methods in Energy Sector - ORMMES 06-, 6-8 September 2006*, pp. Coimbra Portugal. ISBN 989-95055-0-1, 2006.
- [22] P. J. Santos, A. G. Martins e A. J. Pires, “Next hour load forecast in medium

- voltage electricity distribution,” *Special issue of the International Journal of Energy Sector Management devoted to “Operational Research Models and Methods in the Energy Sector”*, pp. Vol 2 N 3 2008 pp 439 -448. 3-28.
- [23] P. J. Santos, S. Rafael e A. J. Pires, “On day A-Head Electrical Load Peak Forecasting in Electrical Transmission Systems,” *ITISE 2014 International Work Conference on Time –Series*, pp. Granada Spain Vol. 1 pp 587-593 ISBN 978-84-15814-97-4, 25-27 June 2014.
- [24] P. J. Santos, S. Rafael e A. J. Pires, “Load forecasting, the importance of the probability “tails” in the definition of the input vector,” *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, POWERENG-2013*, pp. 13 – 17 May 2013, Istanbul, Turkey. ISBN 978-1-4673-6390-7, 2013.
- [25] P. J. Santos, A. G. Martins e A. J. Pires, “Short-term Load Forecasting Based on ANN applied to Electrical Distribution Substations,” *39th International Universities Power Engineering Conference UPEC 2004, 6 to 8 September, 2004*, pp. Bristol, England. (1): 427-432, ISBN 1-86043-365-0, 2004.
- [26] P. J. Santos, A. G. Martins, A. J. Pires, J. Martins e R. Mendes, “Short-term load forecast using trend information,” *IJER International Journal of energy research*, pp. Vol 30 (Issue 10): 811-822. Wiley, DOI: 10.1002/er.1187, 2006.
- [27] P. J. Santos, A. G. Martins e A. J. Pires, “On the use of reactive power as an endogenous variable in short-term load forecasting,” *IJER International Journal of energy research*, pp. Vol 27 (Issue 5): 513-529. Wiley, DOI: 10.1002/er.892, 2003.
- [28] P. J. Santos, A. G. Martins e A. J. Pires, “Designing the input vector to ANN-based models for short-term load forecast in electricity distribution systems,” *International Journal of Electrical Power & Energy System*, pp. 29: 338-347, ELSEVIER DOI: 10.1016/j.ijepes. 2006.09.002, 2007.

# Anexos

## Anexo I - Certificado Green Energy

### Compromiso de asignación de Energía Verde y libre de Emisiones de CO2

Cepsa Gas y Electricidad S.A. notifica que durante el año 2018 y 2019 remitirá a favor de:

**SANTOBOBAN CRISTALERIA, S.L.**  
**218.000.000 Garantías de Origen**

Equivalentes a 218.000.000 Kilovatios hora (kWh), que corresponden al 100% del suministro y proceden exclusivamente de fuentes de energía renovable sin emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### Datos puntos suministro:

CUPS	Emisora	Consumo kWh
ES002600000309238TY	SANTOBOBAN CRISTALERIA, S.L.	218000000

  
CEPSAGAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.  
**C.G.E.**  
A-28142552  
Pº de la Castellana, 259 A  
28046 MADRID  
D. Pablo Ronse Seseña  
Director Comercializadora Electricidad.



# Anexo II - Fatura de energia



CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.

## FACTURA DE ELECTRICIDAD

A28142552  
Paseo de la Castellana, 259 A  
28046 Madrid (Spain)

IMPORTE FACTURA : 1.005.092,47 €  
Nº Factura : 9300054606  
Referencia Interna : 201950343  
Nº Pedido Cliente : -  
Nº Contrato : 280001189  
Fecha factum : 12/02/2019  
Fecha de vencimiento : 31/03/2019  
Periodo de consumo : 01 de Enero de 2019 a 31 de Enero de 2019



### DATOS DE CONTRATACIÓN Y SUMINISTRO

Tarifa : 6.3 Fecha Fin de Contrato : 31/12/2019  
Forma de Pago : Transferencia a la cuenta  
ES71-0049-1500-07-2410054761

### FACTURACIÓN

Potencia contratada	74.134,33 €
Energía consumida	729.927,29 €
Liquidación constante adimensional Y	10.109,64 €
<b>Subtotal</b>	<b>824.171,26 €</b>
Impuesto electricidad	6.320,61 €
Alquiler contador electricidad	163,06 €
IVA 21, %	174.437,54 €
<b>TOTAL IMPORTE FACTURA</b>	<b>1.005.092,47 €</b>

### ATENCIÓN AL CLIENTE Y RECLAMACIONES

Atención al cliente 24 horas : 900.201.200 web : [www.cepisa.com](http://www.cepisa.com)  
Reclamaciones : 900.201.200 e-mail : [cge-reclamaciones@cepisa.com](mailto:cge-reclamaciones@cepisa.com)  
Averías y urgencias : 900.907.001 Gestor Comercial : MARCOS ROMERO, VANESSA

Adicionalmente, para reclamaciones sobre el contrato de suministro o facturaciones, podrá dirigirse a la Viceconsejería de Economía, Comercio y Consumo de Madrid en el teléfono 91 580 21 00 / 94 o a través de la página web <http://www.madrid.org>  
Acceso on-line a los datos de facturación, entra en el Área Reservada de [www.cepisa.com](http://www.cepisa.com)

**DESGLOSE DE LA FACTURA**

- Facturación por potencia contratada: Es el resultado de multiplicar los kW calculados a partir de las potencias contratadas por el número de días y por el precio del término de potencia:

-Potencia contratada [Tp](Precio Peajes de Acceso)+TpC(Precio Cargos Stat.)+TpO(Precio Otros Cargos)]	
Pot.fact. P1 16.500,000 kW*0,052 €/kW día * 31 días	26.506,59 €
Pot.fact. P2 16.500,000 kW*0,026 €/kW día * 31 días	13.265,77 €
Pot.fact. P3 16.500,000 kW*0,019 €/kW día * 31 días	9.708,34 €
Pot.fact. P4 16.500,000 kW*0,019 €/kW día * 31 días	9.708,34 €
Pot.fact. P5 16.500,000 kW*0,019 €/kW día * 31 días	9.708,34 €
Pot.fact. P6 16.500,000 kW*0,009 €/kW día * 31 días	5.234,95 €
<b>Subtotal de potencia a facturar</b>	<b>74.134,33 €</b>

- Facturación por energía consumida: Es el resultado de multiplicar los kWh consumidos por el precio del término de energía (Te).

**1. Término de energía de peajes de acceso y cargos [TeP](Pr.Peaje)+TeC(Pr.Cargos Stat.)+TeO(Pr.Otros)**

Consumo P1 1.790.456,000 kWh*[TeP P1]1,505 c€/kWh]]	26.942,78 €
Consumo P2 2.951.526,000 kWh*[TeP P2]1,124 c€/kWh]]	33.166,30 €
Consumo P6 4.844.332,000 kWh*[TeP P6]0,121 c€/kWh]]	5.842,26 €
<b>Subtotal término de energía de peajes de acceso</b>	<b>65.951,34 €</b>

**2. Término de energía de contrato con CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.**

- Coste Real de la energía en Mercado Libre

Consumo Mensual 7.994.090,000 kWh Precio Mercado Diario*(6,200 c€/kWh)	495.595,39 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Precio Banda Secundaria*(0,038 c€/kWh)	3.775,60 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Precio Restricciones*(0,065 c€/kWh)	6.461,21 €
Consumo Mensual 1.314.391,000 kWh Precio Emergencia*(0,024 c€/kWh)	321,23 €
Consumo Mensual 1.682.593,000 kWh Precio Reserva a Subir*(0,062 c€/kWh)	1.047,67 €
Consumo Mensual 6.773.329,000 kWh Gestión devios y terciaria*(0,004 c€/kWh)	-242,51 €
Consumo Mensual 9.375.149,000 kWh Saldo Devio*(0,002 c€/kWh)	154,56 €
Consumo Mensual 9.448.070,000 kWh Saldo entre Sistemas*(0,001 c€/kWh)	63,01 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Control de factor de potencia*(0,007 c€/kWh)	-699,48 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Término Interrumpibilidad*(0,073 c€/kWh)	7.249,64 €
Consumo Mensual 4.931.865,000 kWh Precio Pagos por Capacidad*(0,428 c€/kWh)	21.083,64 €
Consumo Mensual 573.052,000 kWh Precio Devios*(0,178 c€/kWh)	1.017,93 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Comisión OMI*(0,003 c€/kWh)	285,50 €
Consumo Mensual 9.992.612,000 kWh Comisión REE*(0,011 c€/kWh)	1.124,97 €
Liquidación constante adimensional Y	10.109,64 €
Consumo Mensual 9.586.314,000 kWh Comisión*(0,045 c€/kWh)	4.313,84 €

- Energía opción multiclck

Consumo P1 371.986,000 kWh*[Te P1 (7,595c€/kWh)]	28.252,32 €
Consumo P2 614.387,000 kWh*[Te P2 (7,626c€/kWh)]	46.853,17 €
Consumo P6 1.012.149,000 kWh*[Te P6 (5,865c€/kWh)]	57.338,26 €

**Subtotal término de energía de contrato con CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U.** 684.085,59 €

**Subtotal término de energía (1 + 2)** 750.036,93 €

**Subtotal** 824.171,26 €

- Impuesto de electricidad: Impuesto especial al tipo del 5,11269632 % sobre el producto de la facturación de la electricidad suministrada

Impuesto electricidad 5.11269632 % (Aplicado en 15% IEE Reducción ) 6.320,61 €

- Alquiler de equipo: Precio establecido por la Distribuidora de zona.

Alquiler contador electricidad ( 31,000 días \* 5,200 Euros/día ) 163,06 €

**Subtotal otros conceptos** 6.483,67 €

**IMPORTE TOTAL** 830.654,93 €

**IVA 21. %** 174.437,54 €

**TOTAL IMPORTE FACTURA** 1.005.092,47 €

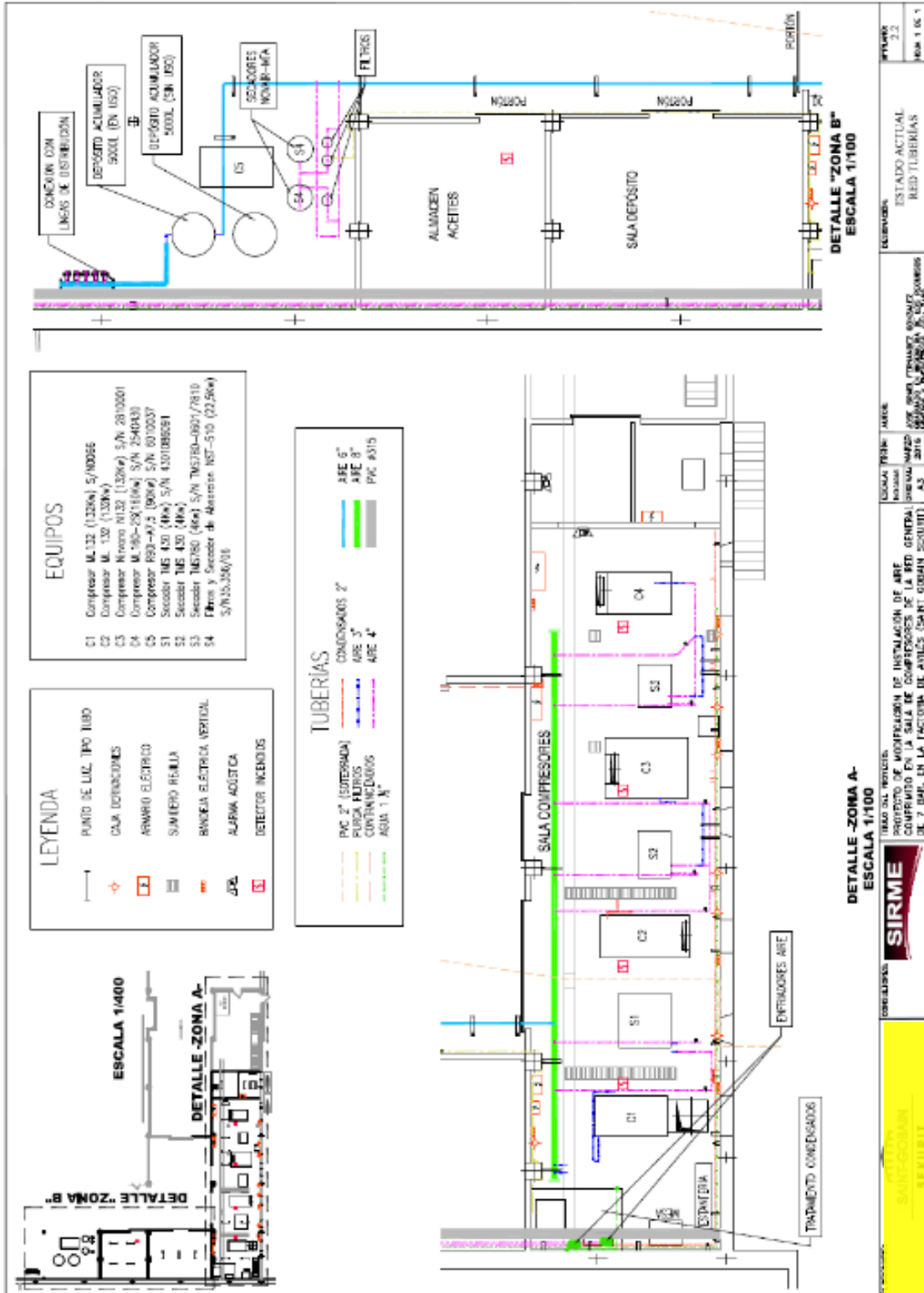
CEPSA GAS Y ELECTRICIDAD, S.A.U. elevó al distribuidor en concepto de peajes de acceso la cantidad de 140.080,47 € por aplicación de los precios de términos de potencia y energía correspondientes al peaje de acceso R.3 publicado en el Orden 19/10/2014 por lo que se realizó los peajes de acceso a partir del 1 de febrero de 2014.







# Anexo VI – Layout sala de compresores rede 7 bar



PROYECTO DE ADOPCIÓN DE INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO EN LA SALA DE COMPRESORES DE LA RED GENERAL DE 7 BAR EN LA FACTORIA DE ANILAS (CANT. ORDEN SC0010)	LOCAL: PABILLO DE ANILAS	ESTADO ACTUAL: RED TUBERIAS	FECHA: 2.2



## Anexo VIII - Ficha técnica Circutor C10



# CVM-C10

Analizadores de redes compactos y versátiles

*El CVM ahora más flexible*



Tecnología para la eficiencia energética



## Características técnicas

<b>Alimentación</b>	Tensión alimentación	85...265 V <sub>ca</sub> / 95...300 V <sub>cc</sub> / 20...120 V <sub>cc</sub> (modelo SDC)
<b>Circuito de medida</b>	Tensión	300 V <sub>ca</sub> f-n / 520 V <sub>ca</sub> f-f
	Frecuencia	50...60 Hz
	Corriente	ITF ... /5 A ó .../1 A, MC .../250 mA, .../333 mV (según tipo)
	Muestreo	64 muestras/ciclo
<b>Clase precisión</b>	V, A, Potencia	0,5 % ± 1 dígito
	Energía Activa	/ < 0,1 L (Clase 1)
	Energía Reactiva	/ > 0,1 L (Clase 0,5)
<b>Armónicos</b>	V, A	31*
<b>Comunicaciones</b>	Protocolo	Modbus/RTU / BACnet (RS-485)
	Velocidad	9600, 19200, 38400
	Bit, paridad, stop	8, n, 1
<b>Salidas</b> (sólo CVM-C10)	2 salidas digitales	Interfaz 50 Configurable hasta 1000 impulsos 2 Transistores NPN (Sólo versión 3 CT) (24 V <sub>cc</sub> max, 50 mA, 5 imp/s, Max T <sub>on</sub> /T <sub>off</sub> configurable)
	2 salidas a relé	Max / Min / No/NC / Histéresis / Encerramiento 250 V <sub>ca</sub> , 6 A
	2 entradas digitales	Selección de tarifa o alarmas externas NPN, optocopladas
<b>Entradas</b>	2 entradas digitales	
<b>Características constructivas</b>	Envolvente	Plástico VO autoextinguible
	Grado protección	Frontal: IP 51 (IP 64 con accesorio) / Trasera: IP 31
<b>Seguridad</b>	Clase III según EN 61010, Protección frente a choque eléctrico por doble aislamiento Clase II	
<b>Normas</b>	BS EN 61000-6-4, BS EN-61000-6-2, IEC 61000-6-2, IEC 61000, IEC 61000-4-3, IEC 610004-11, IEC 61000-4-4, IEC 610004-5, Medida según MID, certificación UL.	

## Referencias

Salida digital	Canales de med. de corriente	Entrada corriente	Tipo	Código
2	3	.../5 ó .../1 A	CVM-C10-ITF-485-ICT2	M56811
2	3	.../250 mA	CVM-C10-MC-485-ICT2	M56821
-	4	.../5 ó .../1 A	CVM-C10-ITF-IN-485-IC2	M56842
2	2	.../333 mV	CVM-C10-mV-485-ICT2	M568210000V
2	3	.../5 ó .../1 A	CVM-C10-SDC-ITF-485-ICT2'	M5681100F0000
Junta estanqueidad IP 64			IP64-C10-96	M5226T

\* Alimentación 20...120 V<sub>cc</sub>

Alimentación	Tipo	Código
85...265 V <sub>ca</sub> / 95...300 V <sub>cc</sub>	CVM-C10-FLEX-IN-485-I2	M56863
20...120 V <sub>cc</sub>	CVM-C10-SDC-FLEX-IN-485-I2	M5686300F0000

Escala	Longitud	Diámetro	Sensibilidad	Fondo escala	Tipo	Código
Config.	2 m	Ø 70 mm	1000 A / 100 mV	2000 A	FLEX-MAG70	M818110041500
Config.	2 m	Ø 120 mm	1000 A / 100 mV	2000 A	FLEX-MAG120	M818120041500



CIRCUTOR, SA - Vial Sant Jordi, s/n  
08232 Viladecavalls (Barcelona) España  
Tel. (+34) 93 745 29 00 - Fax: (+34) 93 745 29 14  
central@circutor.com

Código: C2M0E1-03

CIRCUTOR, SA se reserva el derecho a modificar cualquier información contenida en este catálogo.

# Anexo IX - Ficha técnica Datalogger SenNet DL170

Manual Datalogger SenNet DL150 / DL151 / DL170 / DL171 / DL172

## 3.9. DL - 170 Características técnicas

CARACTERÍSTICAS

<b>Alimentación</b>	8-30 Vdc		
<b>Conectividad</b>	Ethernet	GSM-GPRS (2G) (3G) opcional	Wi-Fi (puerto USB) HDMI opcional
<b>Interfaz</b>	RS485	RS232	RS232 (terminal)
<b>Entradas y salidas</b>	(x1) salida (5V @ 300 mA)	(x3) salida estándar (Vinput @ 100 mA)	(x4) entrada estándar
<b>Sistema operativo procesadores</b>	/ Linux 3.8.13		ARM® Cortex®-A-8- based core de 600 MHz a 1 GHz
<b>Memoria RAM</b>	512MB		
<b>eMMC interna</b>	2GB / 4GB		
<b>Ampliación de memoria (no incl)</b>	micro-SD externa	Necesaria para el uso de la plataforma embebida All-in-One	
<b>Batería</b>	Batería interna para backup -45 min (aprox.)		
<b>Reloj de tiempo real</b>	Real time clock		
<b>Radio Frecuencia</b>	SenNet RF 808MHz	Zwave (opcional)	
<b>Dimensiones</b>	115x106x63 mm (con bomeros)		
<b>Peso aprox.</b>	400 g (con bomeros)		
<b>Montaje</b>	Carril DIN		



DL 170

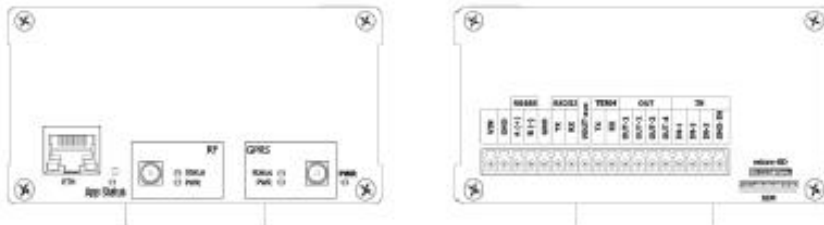



Ilustración 4. Partes frontal y trasera del datalogger SenNet DL - 170

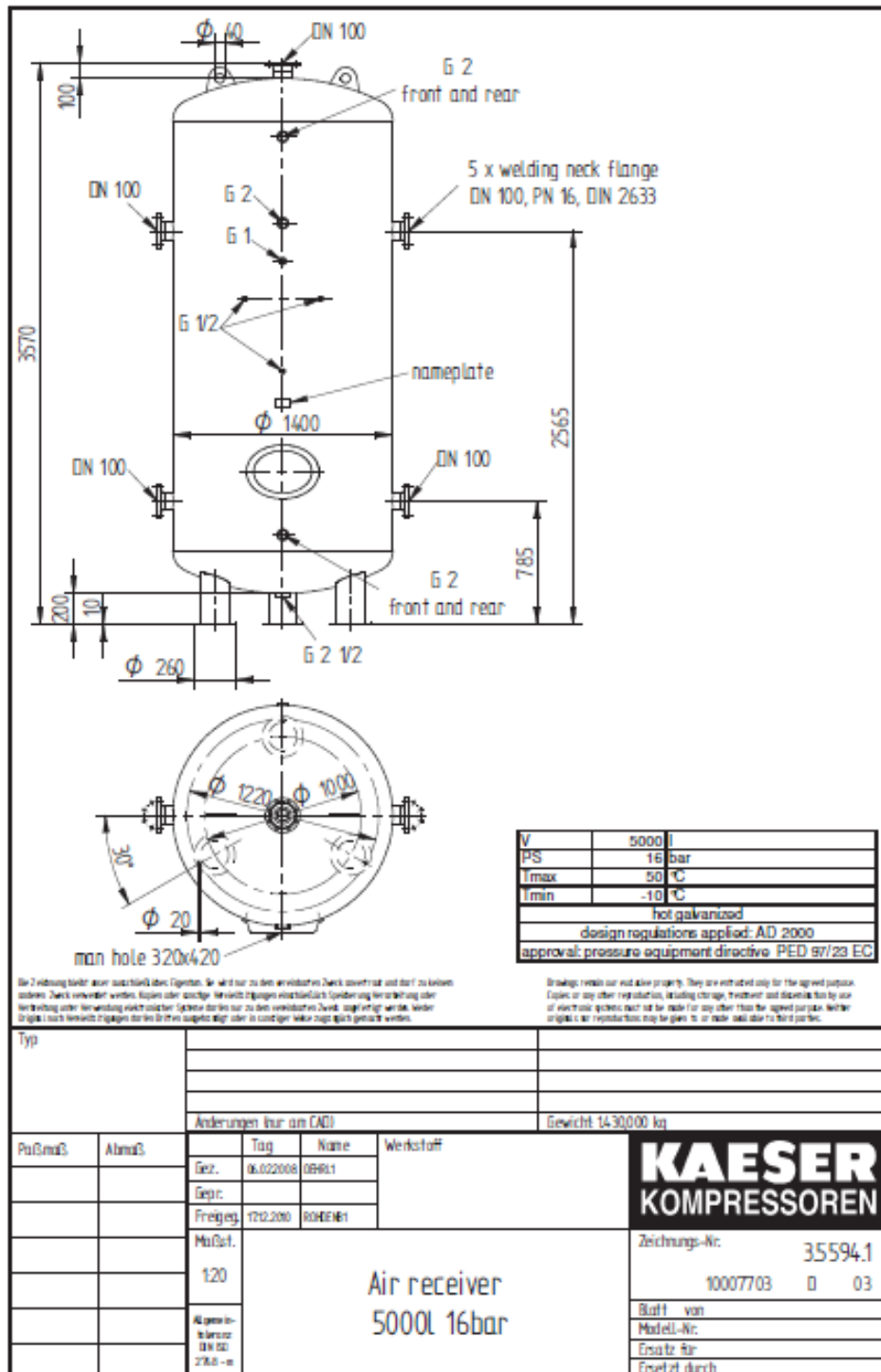
# Anexo X - Ficha técnica compresor autoclaves DSD238

<b>KAESER</b> KOMPRESSOREN		Screw compressor information						50 Hz			Datei 00001055.XLS	
Formular-Nr. M0000002.XLT		erstellt Rohitz 26.07.2011		geprüft Eiffermann 26.07.11		freigegeben Eiffermann 26.07.11			T 8032.6e		Seite	
Model	DSD 142		DSD 172		DSD 202			DSD 238				
Max. overpressure [bar]	9		8,5   12		8,5   12   15			8,5   12		15		
Nominal motor power [kW]	75		90		110			132				
Efficiency load [%] (8)	95,0%		95,2%		95,4%			95,6%				
Efficiency off-load [%]	90,0%		90,0%		91,0%			91,0%				
cos phi load/off-load	0,83 / 0,40		0,84 / 0,42		0,84 / 0,42			0,83 / 0,44				
Motor speed [rpm]	1485		1485		1485			1485				
Protecting class	IP55		IP55		IP55			IP55				
Frame construction	B35		B35		B35			B35				
Current input unit appr. (A) [A]	400V/50Hz load		400V/50Hz off-load		400V/50Hz load			400V/50Hz off-load				
Sep. vent motor aircooled:	B5		B5		B5			B5				
Shaft power [kW]; eta [%] (9)	1,1 / 84,3		1,85 / 81,8		1,85 / 81,8			1,75 / 77 (5,8 / 90)				
Speed [rpm]	960		965		965			975 (1470)				
Sep. vent motor watercooled:	B5		B5		B5			B5				
Shaft power [kW]; eta [%]	0,3 / 75		0,3 / 75		0,3 / 75			0,3 / 75				
Speed [rpm]	1400		1400		1400			1400				
Unit power input	Aircooled unit [kW] (3)		Watercooled unit [kW]		Off-load (A) [kW] (3)			Off-load watercooled unit [kW]				
	87,9		101,9   101,9		129,0   122,0   116,0			156,0   157,0   137,9				
	87,0		100,1   100,1		127,1   120,1   114,1			154,2   155,1   136,1				
	18,0		21,6   18,9		27,8   21,4   18,7			31,5   27,8   21,4				
	17,1		19,7   17,1		25,9   19,5   16,9			29,6   25,9   19,5				
Drive: direct	S 3		S 33		S 3			S 36   S 33   S 3   S 37   S 36   S 33				
Sigma air end	S 3		S 33		S 3			S 36   S 33   S 3   S 37   S 36   S 33				
Free air delivery at max. pressure [m³/min]	13,5		16,0		13,0			20,3   15,2   12,4   23,6   19,6   14,4				
Compressor shaft power (A/W) at max. pressure [kW]	82,3		94,9		94,9			120,9   114,2   108,5   147,0   147,9   129,7				
Specific power at max. pressure [kW/(m³/min)] (1) A W	6,51		6,37		7,84			6,35   8,02   9,35   6,61   8,01   9,58				
Compressor shaft power Off-load [kW]	15,0		17,4		15,0			23,2   17,4   15,0   26,6   23,2   17,4				
Total oil charge (A/W) [ltr.]	70 / 54		70 / 54		70 / 54			70 / 54				
Air line connection	DN 65 PN 16		DN 65 PN 16		DN 65 PN 16			DN 65 PN 16				
Max. mains fusing (gG/gL) [A]	200		200		250			315				
Electric supply	2 x Ø 75		2 x Ø 75		2 x Ø 75			2 x Ø 75				
No. of cables x cable cross sect. [mm²] 400V	4 x 95		4 x 95		4 x 120			4 x 185				
Cooling water connection [G]	1 1/2		1 1/2		1 1/2			1 1/2				
Cooling water flow f. heating up temp. diff. t=10K [m³/h]	7,1		8,2		8,2			10,4   9,8   9,3   12,6   12,7   11,2				
Cooling water pressure loss at temp. diff. t=10K [bar]	0,4		0,5		0,5			0,9   0,8   0,7   1,3   1,3   1,0				
Installed oil-air separator [ltr.]	135		135		135			135				
(Aircooling) temp. diff. Compressed air temp. to ambient temp. [Kelvin] (5)	5		5		4			9   8   7   7   6   6				
(Watercooling) temp. diff. Compressed air temp. to water inlet temp. [Kelvin] (5)	1		1		1			1				
Sound pressure level (A/W) 1m distance [dB(A)] (2) (4)	68   66		69		67			70   68   71 (79)   69				
Exhaust air (heating air) via ducting (A/W) [m³/h] (4)	9.000   2.000		14.000   2.000		14.000   2.000			14.000 (21.000)   2.000				
Permissible pressure loss drop for ducts (A/W) [Pa]	100   40		150   40		150   40			80   40				
Cooling air demand for (A/W) exhauster at stat. Pressure 1mbar[m³/h] (unit without ducts)	26.000   4.000		30.000   4.500		38.000   6.000			45.000   7.000				
Intake air apert. (A/W) [m²]	1,8   0,3		2,1   0,3		2,7   0,4			3,2   0,5				
Min. / max. ambient temp. [°C]	+ 3 / + 45		+ 3 / + 45		+ 3 / + 45			+ 3 / + 45				
Dimensions LxDxH [mm]	2350 x 1730 x 2040		2.350 x 1.730 x 2.040		2.350 x 1.730 x 2.040			2.350 x 1.730 x 2.040				
Weight [kg]	2.700		2.850		3.200			3.400				

# Anexo XI - Ficha técnica Secador frigorífico TF340

		Technical data for compressed air refrigeration dryer				Date: 00001074.XLS
Formula No: M000002.XLT		108.04.14 Czupia-Maurer		50 Hz	T 9547 e	
<b>Model</b>		TF 174	TF 230	TF 280	TF 340	
1. Volume flow related to ambient temp. 20°C, air pressure 1000 mbar and compressor operating pressure 7 bar(g)		17	23	28	34	
Pressure dew point at ambient temp. 25°C, compressed air inlet temp. 35°C 100% r.h. and operating pressure 7 bar(g)		3				
Pressure loss		0,12	0,15	0,15	0,15	
minimal working pressure		3				
Max. operating pressure (g)		16				
Compressed air connection		DN 65	DN 80	DN 80	DN 80	
2. Min. ambient temperature		3				
Max. ambient temperature		45 [50]				
minimal compressed air inlet temperature		3				
Max. compressed air inlet temperature		60				
Max. elevation of the site above sea level (other site elevations only after reference to the manufacturer)		1000				
3. refrigerant system		contains fluorinated greenhouse gases covered by the Kyoto Protocol				
Refrigerant / GWP		R 134 a / 1430				
Refrigerant fill volume		2,2	2,0	2,6	2,6	
CO2 equivalent		3,15	2,86	3,72	3,72	
Permissible operating pressure(g) low pressure side		20				
Permissible operating pressure(g) high pressure side		23				
Service connection (schrader valve) hermetically sealed		7/16 UNF				
4. Sound pressure level		-70				
Cooling air volume		5000 [6500]	5000 [6500]	6500	6500	
Condensate volume under nominal conditions		5000	6800	8300	10000	
Dimensions BxTxH		835 x 1230 x 2000				
Package weight		340	360	385	415	
Condensate drain		ECO DRAIN 31 Vario 24 V DC				
condensate drain user's connection		G 1/4				
5. Safety pressure switch						
Switching point OFF		23				
Refrigerant condenser pressure switch						
Switching point ON		9				
Switching point OFF		5				
Suction pressure switch						
Switching point ON		1,5				
Switching point OFF		0,4				
Regulates pressure dewpoint at		3				
6. Mains voltage		400 V ± 10% 3/PE				
Frequency		50				
Power consumption 100%		1,39 [1,58]	1,94 [2,13]	2,43	2,72	
Power consumption 75%		1,12 [1,27]	1,65 [1,81]	1,87	2,07	
Power consumption 50%		0,73 [0,83]	1,04 [1,14]	1,22	1,33	
Power consumption 25%		0,36 [0,41]	0,47 [0,52]	0,57	0,6	
Power consumption 10%		0,14 [0,16]	0,22 [0,24]	0,23	0,25	
Max. power consumption		2,52 [2,71]	3,78 [3,97]	4,35	5,08	
Full load current		5,4	7,2	9,6	9	
nominal current		3,6 [4,0]	4,6 [5,0]	6,8	6,3	
Max. mains fusing		10	10	16	16	
Supply cable cross-section (Cu, multi-strand)		4 x 1,5 mm²	4 x 1,5 mm²	4 x 2,5 mm²	4 x 2,5 mm²	
Protection class (control cabinet)		IP 54				
Special Voltage and electrical Data		[] option K15				

# Anexo XII - Ficha técnica Deposito 5000Lt



# Anexo XIII - Ficha técnica Tubagem PPR

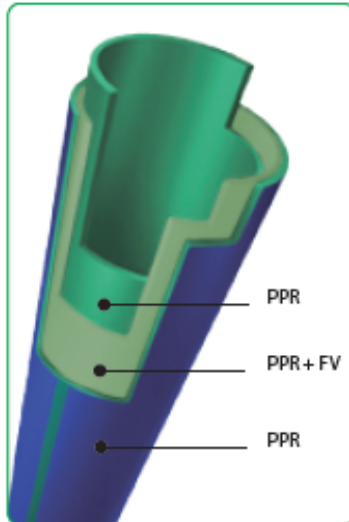
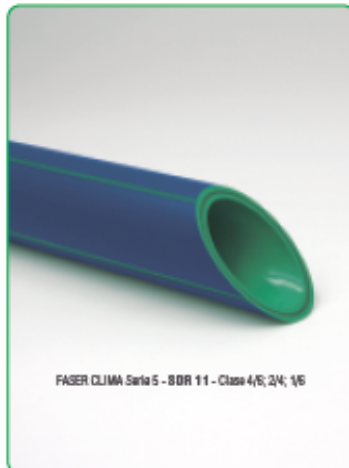
## FICHA TÉCNICA TECHNICAL SHEET



Tuberías PPR interior

TUBERÍA REPOLEN CLIMA  
CLIMA REPOLEN PIPES

Dim: 32 - 250 mm



### APLICACIONES/APPLICATIONS

Sistema socket de tubos y accesorios para la instalación de redes de agua sanitaria, calefacción, climatización, agua refrigerada, construcción naval e industria química y fluidos a presión.

PPR pipe and fitting socket system for the installation of sanitary water networks, heating, air conditioning, chilled water, shipbuilding, chemical industry and fluid pressure.



### NORMATIVA/NORMATIVE

El sistema socket de tuberías de PPR Repolen cumple las siguientes normas:

- UNE EN 12674: Sistema de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polipropileno (PP).
- DIN 8077: Tuberías de polipropileno. Dimensiones.
- DIN 8078: Tuberías de polipropileno. Requisitos generales de calidad y prueba.
- PP 01.72: Sistemas de canalización en polipropileno (PP-R) y fibra de vidrio (FV) para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios. (E.T. y R.P. rev. 0 (2011.01.24))
- UNE EN ISO 21013: Sistemas de canalización multicapa para instalaciones de agua caliente y fría en el interior de edificios.
- RD 140 / 2013: Establece criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MATERIAL

Material	PPR / PPR <sub>a</sub> /PV / PPR
Densidad	1200 kg/m <sup>3</sup> según ISO 1183
Índice de fluidez en masa	0,3 g/10 min según ISO 1133
Coefficiente de dilatación térmica lineal	0,035 mm/m %
Módulo de elasticidad	1200 MPa según ISO 527
Coefficiente de conductividad térmica	0,24 w/mK según DIN 52612

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PRODUCTO

Material	PPR
Color	Azul con 4 franjas verdes
Retracción longitudinal	≤ 1%
Resistencia al impacto método escalera	Sin rotura < 0,5 m
Contenido en fibra de vidrio	18% en la capa intermedia 6% en el total
Resistencia a la presión interna	
20°C 1h 16MPa	Sin roturas
95°C 22h 4,3MPa	Sin roturas
95°C 165h 3,8MPa	Sin roturas
95°C 1000h 3,5MPa	Sin roturas
Estabilidad térmica mediante ensayo de presión	
110°C 8780h 1,9MPa	Sin roturas

FM20 Ed.02

# Anexo XIV - Ficha técnica Isolamento Tubos

## Datos Técnicos - Armaflex XG

Breve descripción	Aislamiento térmico flexible de célula cerrada, resistente a la difusión del vapor de agua y baja conductividad térmica.
Tipo de material	Espuma elastomérica basada en caucho sintético. Fabricada conforme a la Norma EN 14304.
Color	Negro
Información específica	Material autoadhesivo: contiene una banda autoadhesiva con base acrílica sensible a la presión y tiene adicionalmente una malla tejida como soporte. Está recubierta con un film de polietileno. Se pueden encontrar trazas de silicona en el papel de protección de la tira autoadhesiva.
Aplicación	Aislamiento y protección de tuberías, conductos de aire, depósitos (incl. codos, accesorios, válvulas, etc.), para instalaciones de aire acondicionado, refrigeración y equipos, para impedir la condensación y favorecer el ahorro energético. También es utilizado en aplicaciones de calefacción y fontanería.
Observaciones	Declaración de Prestaciones disponibles según lo establecido en el Artículo 7(3) de la Regulación (EU) No 305/2011 en nuestra página web: <a href="http://www.armacell.com/DoP">www.armacell.com/DoP</a>

Propiedades	Valor/Notación	Ensayo <sup>1)</sup>	Supervisió	Comentarios			
<b>Rango de temperaturas</b>							
Rango de temperaturas	Temperatura máx. de trabajo	+110 °C (+85 °C siempre y cuando la plancha esté enrollada directamente en toda la superficie)	EU 5702	o/e Ensayo según: EN 14705, EN 14707 y EN 14304			
	Temperatura mín. de trabajo <sup>1)</sup>	-50 °C					
<b>Conductividad térmica</b>							
Conductividad térmica	$\lambda_{10}$	+10 °C	-	$\lambda_{10}$	EU 5702	o/e	Declarado según: EN ISO 13370 Ensayos según: EN 12667, EN ISO 8497
	Coquillas 6-19 mm	$\lambda \leq 0,035$	W/(m · K)	$[35 + 0,1 \cdot \lambda_{10} + 0,0008 \cdot \lambda_{10}^2]/1000$			
	Plancha 6-25 mm, cinta	$\lambda \leq 0,035$	W/(m · K)	$[35 + 0,1 \cdot \lambda_{10} + 0,0008 \cdot \lambda_{10}^2]/1000$			
	Coquillas 25-40 mm	$\lambda \leq 0,036$	W/(m · K)	$[36 + 0,1 \cdot \lambda_{10} + 0,0008 \cdot \lambda_{10}^2]/1000$			
Plancha 32-40 mm	$\lambda \leq 0,036$	W/(m · K)	$[36 + 0,1 \cdot \lambda_{10} + 0,0008 \cdot \lambda_{10}^2]/1000$				
<b>Resistencia a la difusión del vapor de agua</b>							
Resistencia a la difusión del vapor de agua	Planchas 6-25 mm; coquillas 6-19 mm	$\mu$	$\geq$	10.000	EU 5702	o/e	Ensayo según: EN 12086, EN 13469
	Planchas 32-40 mm; coquillas 25-40 mm	$\mu$	$\geq$	7.000			
<b>Comportamiento al fuego</b>							
Reacción al fuego <sup>2)</sup>	Coquillas		$B_1-s3, d0$		EU 5702	o/e	Clasificado según: EN 13501-1 Ensayos según: EN 13823, EN ISO 11925-2
	Planchas		$B-s3, d0$				
	Cinta		$B-s3, d0$				
Comportamiento en caso de incendio	Autoextinguible, no gotea, no propaga la llama.						
<b>Otras características técnicas</b>							
Dimensiones y tolerancias	Dimensiones y tolerancias conforme a la Norma UNE EN 14304, tabla 1 Tabla disponible en nuestra página web: <a href="http://www.armacell.es">www.armacell.es</a>			EU 5702	o/e	Ensayo según: EN 822, EN 823, EN 13467	
Resistencia a los rayos UV	Es necesario proteger contra la radiación UV. Ver pie de página.						
Tiempo de almacenaje	Material autoadhesivo: 1 año; Material no autoadhesivo: indefinido						Debe almacenarse en salas limpias y secas, a una humedad relativa normal (50% a 70%) y a temperatura ambiente (0 °C a 35 °C)
Protección a la intemperie	El RITE 2007 - en su apartado IT 1.2.4.2.1.1.2.- establece: " Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie". Armaflex XG, expuesto a la intemperie, se protegerá inmediatamente después de pasadas 36 horas y antes de 3 días, con un recubrimiento resistente a la radiación solar. Recomendamos la pintura ArmaFinish y los recubrimientos Arma-Chek.						

1. Para temperaturas inferiores a 30 °C, consulte nuestro Departamento Técnico.
2. La clasificación de reacción al fuego es válida en superficies verticales.
- 3) Puede aplicarse las documentaciones referencias al código de los índices.
- 4) e Supervisión oficial realizada por institutos independientes y/o organismos oficiales.
- 5) Ensayos realizados en nuestro departamento de calidad.

Todas las datos e informaciones técnicas están basadas en resultados obtenidos bajo condiciones normales de uso. La responsabilidad de los resultados de estos datos e información, por su propio interés, consulte con Armaflex a la hora de proyectar, e si de que los datos e informaciones suministradas pueden ser aplicadas en situaciones en las áreas de uso concretadas. Las indicaciones de instalación están disponibles en nuestro Manual de Instalación Armaflex. Antes de instalar tuberías de acero inoxidable, consulte nuestro Departamento Técnico. En aplicaciones al exterior, Armaflex debe protegerse con pintura ArmaFinish o recubrimientos Arma-Chek antes de 3 días de la instalación. Para algunos gases refrigerantes, la temperatura de descarga puede ser hasta +110 °C. Para más información, consulte nuestro Departamento Técnico.

# Anexo XV - Ficha técnica Bateria de condensadores



Hierro, 56 - Apto. 216 - 28850 Torrejón de Ardoz - Madrid  
Tel.: 902 100 626 - Fax: 902 100 626 - www.legrand.es

## ALPIVAR<sup>2</sup>

Referencia V10040CB



El condensador ALPIVAR<sup>2</sup> es un equipo totalmente seco que se compone de condensadores monofásicos envueltos en un mismo conjunto.

### Contenidos

1. Características
2. Especificaciones
3. Recomendaciones de instalación

### 1. Características

Modelo:	ALPIVAR <sup>2</sup> (con tapa cubrebombas)
Tipo:	Estándar
Potencia nominal:	100 kVAr
Tensión nominal:	400 V - 50 Hz - Trifásico
Tensión máxima admisible:	470 V permanente
Factor de pérdida:	0,3 W / kVAr (incluyendo las resistencias de descarga)
Clase de temperatura:	-25 / +55 °C Media sobre 24 h: 45 °C Media anual: 35 °C
Peso:	14 kg
Dimensiones (L x P x H mm):	360 x 225 x 275
Tipo:	Interior
Almacenamiento:	-30 °C / +60 °C
Entorno seco, sin polvo, no corrosivo, sin vibración	
Niveles armónicos:	THDU < 2% THDI < 5% SH/ST ≤ 15%
Según normativa:	CEI 60831-1 y 2

### 2. Especificaciones

- **Doble aislamiento o clase 2:**
  - No necesita puesta a tierra y asegura una protección total para las personas.
- **Totalmente seco (sin aceite de impregnación ni gel):**
  - Sin riesgo de fuga, funcionamiento en cualquier posición.
- **Envolvente en resina de poliuretano autoextinguible:**
  - Muy robusto, compacto y no corrosivo.
- **Conexión interna:**
  - Conexión por barras de cobre (sin corrosión, ni aflojamiento, ni calentamiento)
- **Encapsulado al vacío (características específicas ALPIVAR<sup>2</sup>, patentado por Alpes Technologies):**
  - La ausencia de aire y humedad garantiza las altas prestaciones del ALPIVAR<sup>2</sup>.

### ■ Protección eléctrica interna en cada condensador por:

- Film de poliuretano metalizado autorregenerativo que evita el desgaste prematuro del condensador debido a las descargas eléctricas internas.
- Fusibles eléctricos APR.
- Sistema de sobrepresión que desconecta el condensador defectuoso.

### ■ Resistencias de descarga:

- Integradas, permiten la descarga del equipo según normativa en vigor (tiempo de descarga 3 minutos).

### ■ Factor de pérdidas:

- Los condensadores ALPIVAR<sup>2</sup> tienen un factor de pérdidas inferior a  $0,1 \times 10^{-2}$ , lo que representa un consumo total de 0,3 W/kVAr (resistencias de descarga incluidas).

### ■ Capacidad:

- Tolerancia sobre el valor de capacidad:  $\pm 5\%$ .  
Nuestro proceso de fabricación evita cualquier tipo de filtración de aire y/o humedad en las bobinas, asegurando que la capacidad permanece estable durante la vida útil del condensador ALPIVAR<sup>2</sup>.

### 3. Recomendaciones de instalación

El condensador debe estar obligatoriamente protegido contra sobrecargas y cortocircuitos, con fusibles APR o un magnetotérmico.

Cables de conexión con sección mínima de 70 mm<sup>2</sup> Cu/fase.

Conexiones de cables de potencia con tornillos M8, con arandela de seguridad y par de apriete de 11 a 15 Nm.

Entorno externo al condensador:

- Seco y sin polvo.
- Temperatura máxima: 55 °C.
- Media sobre 24 h: 45 °C.

Para más detalles sobre la puesta en marcha y el mantenimiento, consultar la guía técnica.