



**Emanuel Cardoso  
Delgado**

**Medidas de Eficiência Energética numa Indústria  
Cerâmica - Caso de Estudo**



**Emanuel Cardoso  
Delgado**

**Medidas de Eficiência Energética numa Indústria  
Cerâmica - Caso de Estudo**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizado sob a orientação científica do Doutor Fernando José Neto da Silva, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica, e do Doutor Joaquim José Borges Gouveia, Professor Catedrático Aposentado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial, da Universidade de Aveiro

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que se conquista, mas sim pelas  
dificuldades superadas no caminho.”  
Abraham Lincoln

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos**  
professor auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

orientador

**Prof. Doutor Fernando José Neto da Silva**  
professor auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

arguente

**Prof. Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos**  
professor auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

A vida por vezes coloca obstáculos com os quais não contamos e que só podem ser superados se tivermos uma família unida que nos proteja e salvasse. Entenda-se família todos os que o sangue nos liga e todos os outros que nos unem pelas ações.

O presente relatório jamais poderia ter sido concluído sem os meus pais, Ana Delgado e Carlos Delgado que conseguiram, no meio da tempestade, criar um clima de conforto e de estabilidade para que fosse possível concluir este relatório. Gostaria de prestar um especial agradecimento à minha mãe, pela força e por ser o pilar desta família, e que ao longo de todo este tempo mais do que gerir negócios, ensinou-me a gerir pessoas e emoções.

Torna-se imperativo agradecer à minha namorada, Daniela Pereira, por toda a compreensão e pelas suas doces palavras sempre motivadoras que amenizaram esta longa caminhada.

Não existem palavras capazes de quantificar o quão grato estou aos meus dois grandes amigos Tiago Couchinho e Inês Soares, presentes em todos os momentos difíceis e que por vezes abdicaram de aprimorar os seus trabalhos para que o presente relatório fosse concluído.

Os meus professores, Fernando Neto e Joaquim Borges Gouveia foram também eles incansáveis, revelando extrema compreensão e uma enorme disponibilidade.

Agradeço também ao Sr.º Eng.º Celso Pedreiras por toda a sabedoria transmitida ao longo do estágio e por me ter acolhido na CS – Coelho da Silva, S.A. Ainda dentro desta empresa não poderei passar sem agradecer ao Eng.º António Gomes por todo o apoio técnico e pessoal.

Por fim gostaria de dedicar este trabalho às minhas avós, Luzia Matos e Maria Rosa Delgado por me ensinarem a ter força e a acreditar enquanto tentavam vencer a luta contra o cancro, ensinando-me a nunca baixar os braços. Este trabalho é também dedicado ao meu tio que luta vigorosamente para recuperar do seu AVC.

## palavras-chave

Indústria Cerâmica, Eficiência Energética, Recuperação de Calor Residual

## resumo

O presente relatório resulta de um estágio realizado no âmbito da eficiência energética assente no programa Galp 20-20-20 que tem por génese uma parceria entre a Universidade de Aveiro e a empresa de coberturas cerâmicas, CS – Coelho da Silva S.A.

A Fábrica alvo de estudo é uma consumidora intensiva de energia, despendeu no ano de 2013 cerca de 3.768 tep. Devido aos seus processos de cozedura e secagem, apresenta uma elevada dependência de Gás Natural, representando pouco mais de 78% do consumo global da fábrica. Deste consumo de energia térmica, 83% respeita ao forno e os restantes 17% encontram-se alocados ao secador, pelo que as medidas de eficiência energética presentes neste relatório centram-se na redução deste vetor energético.

São então propostas três medidas para a redução da dependência deste vetor. A primeira, incide na recuperação de calor residual presente nos gases de exaustão através da instalação de um permutador de calor. Esta medida permite uma redução do consumo na ordem dos 10% e conta com um *payback* de 2,3 anos resultante de uma economia anual de 150.000 €. Para este estudo foi desenvolvido um modelo dinâmico em *excel* que permite a simulação de diversos cenários. São também propostas mais duas intervenções que incidem na alteração do circuito térmico. Estas medidas têm um impacto mais reduzido no que respeita ao percentual de redução energético, ambas com menos de 1% de redução do consumo global da fábrica. Contudo são medidas bastante interessantes dada a sua simplicidade e contam com poupanças anuais na ordem dos 6.000 € que resultam num *payback* inferior a 2 meses.

Paralelamente executaram-se dois estudos para a iluminação, o primeiro sugere a instalação de um modelador de tensão que reduz a potência de iluminação em 36%, implicando uma redução da iluminância de cerca de 5%. A redução da potência resulta numa economia energética na ordem dos 0,4% da energia global da instalação. Este equipamento poderá ser adquirido por completo ou em *renting*. Ao optar pela compra integral, o investimento será apenas ressarcido em 2,8 anos resultante de uma poupança anual de perto de 6.500 €. Caso seja por *renting* este não tem qualquer custo adicional e as economias monetárias são partilhadas entre a empresa que fornece o equipamento e a CS-Coelho da Silva, S.A.

Por fim é sugerida a substituição de parte da iluminação atual da fábrica por tecnologia LED, com esta medida reduz-se o consumo global em 0,76%. Esta medida gera uma economia monetária na ordem dos 11.500 € sendo ressarcida em 2,1 anos.

**keywords**

Ceramic Industry, Energy Efficiency, Recovery of Waste Heat

**abstract**

This report results from an internship carried out within the energy efficiency based program from Galp 20-20-20 program which is based on a partnership between the University of Aveiro and the company of ceramic roofing , CS - Coelho da Silva SA

The company in question is a high intensity energy consumer, consuming in 2013 alone about 3,768 Toe.

Due to their baking and drying of products, they have a highly dependent on natural gas, representing slightly over 78% of the total energy consumption of the plant. Of this thermal energy, 83% is consumed in the kiln and the remaining 17% is allocated to the dryer, herein the energy efficiency measures that figure within this report focus on this energy vector.

There are proposed three measures to reduce this energy vector. The first focuses on waste heat recovery by installing a heat exchanger, this measure helps to reduce consumption by 10% and has a predicated cash return of 2,3 years resulting in annual savings of € 150.000 . For this study we developed a dynamic model in Excel that allows the simulation of various scenarios. We have also proposed two other measures that focus on changing the thermal circuit. These measures have a lower energy impact with respect to the percentage of reduction are both less than 1% reduction in the overall consumption of the plant . However, these measures are very interesting due to their simplicity and have annual savings of € 6.000, which result in less than two months cash return.

Parallel studies were made for the two illumination system installed, the first study suggests the installation of a voltage modulator that reduces the light output by 36%, resulting in a reduction of the current illumination around 5%, which still leaves the values well within health and safety regulations. The power reduction results in an energy savings of around 0,4% of global energy installation. This equipment can be purchased in whole or through renting. By opting for the full purchase, the investment will only be reimbursed in 2,8 years resulting in a savings of voids near € 6.500. If by renting this has no additional cost and monetary savings are shared between the company that provides the equipment and the CS- Coelho da Silva, SA

Finally we suggest the replacement of the current lighting factory LED technology, this measure reduces the overall consumption by 0,76%. This measure will generate a monetary economy in the order of € 11.500 being reimbursed in 2,1 years .





# Índice

Lista de Figuras .....	IV
Lista de Tabelas.....	VI
Lista de Acrónimos.....	VII
Nomenclatura.....	VIII
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura do Trabalho.....	2
2. Contextualização.....	3
2.1. Panorama Energético Nacional .....	3
2.1.1 Dependência Energética.....	3
2.1.2 Plano Nacional para a Eficiência Energética.....	4
2.2. Setor Cerâmico em Portugal .....	5
2.2.1 Caraterização.....	5
2.2.2 Setor Cerâmico e a Energia .....	6
3. CS – Coelho da Silva, S.A.....	9
3.1. Caraterização da Empresa.....	9
3.2. Caraterização do Produto .....	9
3.3. Caraterização do Processo Fabril .....	11
3.4. Caraterização Energética - Ambiental .....	17
3.4.1. Indicadores Energéticos .....	17
3.4.2. Análise Energética.....	19
3.4.3. Análise Ambiental.....	20
3.4.4. Análise Económica .....	22
4. Oportunidades de Redução do Consumo Energético: Energia Térmica .....	25
4.1. Caraterização dos Equipamentos Consumidores Intensivos de Energia Térmica.....	25
4.1.1. Forno Túnel Semi-Contínuo “CERIC” .....	25
4.1.2. Secador Semi-Contínuo.....	26
4.2. Caraterização do Circuito Térmico .....	27
4.2.1. Determinação de Caudais de Temperaturas.....	28
4.3. Dimensionamento do Permutador de Calor.....	35

4.3.1.	Monitorização e Avaliação dos Gases de Exaustão .....	35
4.3.2.	Caraterização do Permutador de Calor.....	40
4.3.3.	Integração do Permutador de Calor no Circuito.....	44
4.3.4.	Verificação do Ventilador e do Motor da Extração dos Gases de Exaustão.....	46
4.3.5.	Análise Energética-Económica.....	48
4.4.	Reaproveitamento de Energia Proveniente do Túnel de Espera para o Secador .....	52
4.4.1.	Análise do circuito.....	52
4.4.2.	Análise Energético-Económica .....	53
4.5.	Tamponamento da Conduta de Reaproveitamento para a Admissão 3 e Principal ...	55
4.5.1.	Determinação da Perda de Energia por Convecção da Parede da Conduta para o Exterior .....	56
4.5.2.	Análise Energético-Económica .....	58
5.	Oportunidades de Redução do Consumo Energético: Energia Elétrica – Iluminação.....	59
5.1.	Caraterização.....	59
5.2.	Modelação da Tensão de Alimentação às Lâmpadas [21] .....	65
5.2.1.	Dimensionamento do Dispositivo Greenbox.....	66
5.2.2.	Análise Energética-Económica.....	66
5.3.	Iluminação LED .....	69
5.3.1.	Substituição integral por tecnologia LED .....	71
5.3.2.	Substituição Parcial LED .....	73
5.4.	Comparação da Tecnologia LED com o Modelador de Tensão.....	78
6.	Conclusão.....	81
7.	Referências .....	85
8.	Anexos .....	87
Anexo A.	Recuperação de Calor Residual Presente nos Gases de Exaustão .....	89
Anexo A.1.	Modelo de Apoio ao Estudo da Viabilidade do Permutador de Calor.....	91
Anexo A.2.	Cotação da Monitorização dos Gases de Exaustão .....	97
Anexo A.3.	Caraterização e Cotação do Permutador de Calor .....	103
Anexo A.4.	Caraterização e Cotação do Ventilador .....	117
Anexo A.5.	Caraterização e Cotação do Motor e Variador para o Ventilador de Extração de Fumos.....	125
Anexo A.6.	Cotação Grua 160 e 200t .....	133
Anexo B.	Recuperação do Calor Residual do Túnel de Espera .....	137
Anexo B.1.	Desenho e Cotação do Troço para Conectar a Recuperação dos Secadores com a Extração do Túnel de Espera .....	139

Anexo B.2. Registo para Controlo da Recuperação de Calor para os Secadores.....	145
Anexo C. Tamponamento da Conduta de Recuperação para o Secador .....	149
Anexo C.1. Desenho e Cotação da Falange Cega .....	151
Anexo D. Iluminação Eficiente .....	157
Anexo D.1. Modelo Dinâmico de Apoio à Decisão para a Iluminação .....	159
Anexo D.2. Desagregação dos Níveis de Utilização pelo Ciclo Horário.....	173
Anexo D.3. Cotação do Dispositivo Greenbox.....	181
Anexo D.4. Cotação da Iluminação LED.....	193

## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Taxa de dependência energética [2].....	3
Figura 2.2 - Metas a atingir com o PNAEE até 2020 [4] .....	4
Figura 2.3 - Impacte da indústria cerâmica na economia nacional [5] .....	5
Figura 2.4 - Divisão dos subsetores da indústria cerâmica [6] .....	5
Figura 2.5 - Consumo de energia por setor em 2012 [1] .....	6
Figura 2.6 - Evolução do preço do gás natural [7] .....	7
Figura 2.7 - Desagregação do potencial de economia e de energia por tipologia de medida nos PReN aprovados [8].....	7
Figura 3.1 - Unidades da empresa Coelho da Silva, S.A [9] .....	9
Figura 3.2 - Diferentes modelos da telha Lusa .....	10
Figura 3.3 - Diferentes modelos da telha Marselha.....	10
Figura 3.4 - Aplicação da telha Plasma em fachadas .....	10
Figura 3.5 - Silo da matéria-prima .....	11
Figura 3.6 - Tela transportadora da preparação de pastas para a Fábrica IV .....	11
Figura 3.7 - Amassador.....	12
Figura 3.8 - Ralador .....	12
Figura 3.9 - Fieira .....	12
Figura 3.10 - Prensa tripla automática.....	13
Figura 3.11 - Secador semi-contínuo .....	13
Figura 3.12 - Descarga de vagonetas .....	14
Figura 3.13 - Engobagem das telhas .....	14
Figura 3.14 - Forno Ceric hydrocasing.....	15
Figura 3.15 - Pinças transportadoras .....	15
Figura 3.16 - Processo de palatização.....	16
Figura 3.17 - Empacotamento do produto cozido .....	16
Figura 3.18 – Consumos energéticos e produção mensal em 2013 .....	19
Figura 3.19 - Consumos energéticos específicos e produção mensal em 2013 .....	19
Figura 3.20 - Desagregação do consumo de energia por vetor energético (base tep ao ano) ...	20
Figura 3.21 - Desagregação do consumo de energia por equipamento (base tep ao ano) .....	20
Figura 3.22 - Emissões de CO <sub>2</sub> e mensais por vetor energético .....	20
Figura 3.23 - Emissões de CO <sub>2</sub> e mensais por tonelada de produto cozido.....	21
Figura 3.24 - Desagregação de emissões de CO <sub>2</sub> e por vetor energético .....	21
Figura 3.25 - Desagregação das emissões de CO <sub>2</sub> e por equipamento.....	21
Figura 3.26 – Custos e consumos energéticos mensais .....	22
Figura 3.27 - Custo específico de energia por tonelada de produto cozido.....	22
Figura 3.28 - Custo de energia por vetor energético .....	23
Figura 3.29 - Custo de energia por equipamento .....	23
Figura 4.1 – Caraterização do processo de secagem e cozedura das coberturas cerâmicas .....	27
Figura 4.2 - Simplificação do funcionamento do forno e do secador da Fábrica IV .....	27
Figura 4.3 - Dispositivo multifunções AMI 301 - Kimo Konstruteur [12] .....	28
Figura 4.4 – Metodologia para medição dos caudais [13] .....	28
Figura 4.5 - Caraterização dos fluxos de energia no pré-forno .....	29

Figura 4.6 - Condução desenvolvida na CS - Coelho da Silva, S.A. para determinar o caudal de ar novo no pré-forno.....	29
Figura 4.7 - Caracterização dos caudais na admissão principal e admissão 3 .....	31
Figura 4.8 - Preparação para a medição do caudal e ar novo na admissão principal.....	32
Figura 4.9 - Simplificação do circuito térmico do forno e do secador da Fábrica IV com as respetivas temperaturas e caudais.....	34
Figura 4.10 - Permutador de calor ar/ar .....	35
Figura 4.11 - Temperatura de condensação do ácido clorídrico [15] .....	36
Figura 4.12 - Temperatura de condensação do ácido nítrico [15].....	36
Figura 4.13 - Temperatura de condensação do dióxido de enxofre [15].....	36
Figura 4.14 - Temperatura de condensação do trióxido de enxofre [15] .....	36
Figura 4.15 - Desenho técnico da instalação do permutador de calor .....	40
Figura 4.16 - Esquema recirculação de ar quente do permutador de calor.....	41
Figura 4.17 - Evolução das temperaturas no Interior do permutador de calor .....	43
Figura 4.18 - Nova configuração do circuito térmico com a integração do permutador de calor .....	45
Figura 4.19 - Relação de transmissão entre o motor e o ventilador de extração do forno .....	46
Figura 4.20 - Chapa característica do motor da extração de fumos .....	46
Figura 4.21 - Variador de frequência do motor da tiragem de 37kW.....	47
Figura 4.22 - <i>Cashflow</i> do permutador de calor .....	51
Figura 4.23 - Condução de extração dos gases do túnel de espera do forno.....	52
Figura 4.24 - Condução de extração dos gases de exaustão do túnel de espera e condução da contrapressão do secador .....	52
Figura 4.25 - Alteração proposta para o reaproveitamento de energia do túnel de espera para o secador .....	52
Figura 4.26 - Integração do aproveitamento do túnel de espera para o forno.....	53
Figura 4.27 - Tamponamento da recuperação para os secadores .....	55
Figura 4.28 - Características da condução do reaproveitamento para os secadores.....	56
Figura 5.1 - Caracterização da Iluminação da Fábrica IV por potência instalada.....	59
Figura 5.2 - Caracterização da iluminação da Fábrica IV por nível de utilização.....	60
Figura 5.3 - Monitorização dos níveis de iluminância no período noturno na Fábrica IV.....	61
Figura 5.4 - Consumo de energia na iluminação .....	63
Figura 5.5 - Consumo energético por Nível de Iluminação .....	63
Figura 5.6 - Previsão de custos com a iluminação ao longo do ano de 2014.....	64
Figura 5.7 - Custo de energia por nível de utilização.....	64
Figura 5.8 - GreenBox.....	65
Figura 5.9 - Iluminação antes e depois da instalação da Greenbox.....	66
Figura 5.10 - Comparação entre a aquisição do equipamento em <i>renting</i> e a aquisição com capitais próprios para uma análise a 10 anos .....	68
Figura 5.11 - Lâmpada LED representativa de 120 ou 50 W .....	69
Figura 5.12 - Lâmpada LED Projetor 50W .....	70
Figura 5.13 - Lâmpada LED Streetlight.....	70
Figura 5.14 - Estudo comparativo entre a Iluminação atual e a Iluminação LED .....	72
Figura 5.15 - Comparação da viabilidade económica das diversas tecnologias LED .....	77
Figura 5.16 - Comparação do <i>cashflow</i> entre diversos cenários LED e o dispositivo GreenBox .....	78

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Dados da indústria de coberturas cerâmicas no ano de 2009 e 2010 [6] .....	6
Tabela 3.1 - Indicadores energéticos da Fábrica IV .....	18
Tabela 4.1 - Cadências do forno da Fábrica IV .....	25
Tabela 4.2 - Características dos gases de exaustão [14].....	35
Tabela 4.3 - Concentração de Poluentes mg.Nm <sup>-3</sup> [14].....	36
Tabela 4.4 - Resultado da monitorização dos gases de exaustão .....	39
Tabela 4.5 - Dados técnicos do permutador de calor fornecidos pela Hellmich.....	40
Tabela 4.6 - Permutador de calor – Quadro energético-ambiental .....	48
Tabela 4.7 - Investimento do permutador de calor relacionados com a empresa Hellmich .....	49
Tabela 4.8 - Investimento a cargo do cliente CS – Coelho da Silva, S.A.....	50
Tabela 4.9 - Permutador de calor – Quadro económico.....	50
Tabela 4.10 - Recuperação do túnel de espera – Quadro energético-ambiental.....	54
Tabela 4.11 - Reaproveitamento do túnel de espera – Investimento .....	54
Tabela 4.12 - Reaproveitamento do túnel de espera – Quadro económico.....	54
Tabela 4.13 - Valores típicos para o coeficiente de transferência de calor [19] .....	57
Tabela 4.14 - Tamponamento da conduta de recuperação para os secadores – Quadro energético-ambiental.....	58
Tabela 4.15 - Tamponamento da conduta de recuperação para os secadores – Quadro económico.....	58
Tabela 5.1 - Níveis de iuminância adequados para as atividades inerentes à indústria cerâmica [20].....	61
Tabela 5.2 - Caracterização da iluminação interior da Fábrica IV .....	62
Tabela 5.3 - Caracterização da iluminação exterior da Fábrica IV .....	62
Tabela 5.4 - Dimensionamento do dispositivo Greenbox .....	66
Tabela 5.5 - Dispositivo Greenbox – Quadro energético-ambiental .....	67
Tabela 5.6 - Dispositivo Greenbox – Quadro económico.....	67
Tabela 5.7 - Características de iluminação LED para o interior.....	71
Tabela 5.8 - Características de iluminação LED para o exterior .....	71
Tabela 5.9 - Iluminação LED – Quadro energético-ambiental.....	72
Tabela 5.10 - Tecnologia LED – Quadro económico .....	72
Tabela 5.11 - Nível Baixo - Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED... 73	73
Tabela 5.12 -Nível Baixo – Estudo da viabilidade económica WeLED.....	73
Tabela 5.13 - Nível Médio – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED 74	74
Tabela 5.14 - Nível Médio – Estudo da viabilidade económica WeLED .....	74
Tabela 5.15 - Nível Alto – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED .... 75	75
Tabela 5.16 - Nível Alto – Estudo de viabilidade económica WeLED.....	75
Tabela 5.17 - Iluminação Exterior – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED .....	76
Tabela 5.18 - Iluminação Exterior – Estudo da viabilidade económica WeLED.....	76
Tabela 6.1 - Tabela resumo das medidas sugeridas .....	83

## **Lista de Acrónimos**

ADENE – Agência para a Energia

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

HID - *High-Intensity Discharge*

HPS – *High Pressure Sodium*

LED – *Light Emitting Diode*

PIB – Produto Interno Bruto

PNAE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PREn – Plano de Racionalização dos Consumo de Energia

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

VAL – Valor Atual Líquido

## Nomenclatura

$A$ – Área	$[m^2]$
$C_{SO_3}$ – Concentração de $SO_3$	$[ppmv]$
CE – Consumo específico	$[kgep.t^{-1}]$
$Cm_{SO_3}$ – Concentração de $SO_3$	$[mg_{SO_3}.m^{-3}]$
$D_{ext}$ – Diâmetro externo	$[m]$
$D_m$ – Diâmetro da polia motora	$[mm]$
$D_V$ – Diâmetro do ventilador	$[mm]$
Emissões <sub>EE</sub> – Emissões resultantes da produção de energia elétrica	$[kgCO_2e]$
Emissões <sub>Gasóleo</sub> – Emissões resultantes da queima de gasóleo	$[kgCO_2e]$
Emissões <sub>GN</sub> – Emissões resultantes da queima de gás natural	$[kgCO_2e]$
Energia <sub>Elétrica</sub> – Consumo de energia elétrica	$[Tep]$
Energia <sub>Elétrica</sub> – Consumo de energia elétrica	$[kWh]$
Energia <sub>Gasóleo</sub> – Energia consumida com o gasóleo	$[tep]$
Energia <sub>GN</sub> – Energia consumida com o gás natural	$[tep]$
FE <sub>EE</sub> – Fator de emissão para a produção de energia elétrica	$[kgCO_2e.kWh^{-1}]$
FE <sub>Gasóleo</sub> – Fator de emissão para a queima de gasóleo	$[kgCO_2.t^{-1}]$
FE <sub>GN</sub> – Fator de emissão para a queima de gás natural	$[kgCO_2.t^{-1}]$
$g$ – Aceleração da gravidade	$[m.s^{-2}]$
$h_{ar}$ – Coeficiente de convecção do ar	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
I – Intensidade da corrente elétrica	$[A]$
IC – Índice carbónico	$[tCO_2e.tep^{-1}]$
$k_{ar}$ – Condutividade térmica do ar	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$
$\dot{m}$ – Caudal mássico	$[kg.s^{-1}]$



$M_{\text{molar}}$ – Massa molar do componente	[g.mol <sup>-1</sup> ]
$N_f$ – Velocidade de rotação final do motor	[rpm]
$N_i$ – Velocidade de rotação inicial do ventilador	[rpm]
$N_m$ – Velocidade de rotação do motor	[rpm]
$N_v$ – Velocidade de rotação do ventilador	[rpm]
$Nu$ – Número de Nusselt	
$P$ – Potência ativa do motor	[kW]
$p$ – Pressão dos gases	[Pa]
$Pr$ – Número de Prantld	
$Px$ – Perímetro	[m]
$p_{\text{H}_2\text{O}}$ – Pressão parcial da água	[mm <sub>Hg</sub> ]
$p_{\text{SO}_3}$ – Pressão parcial do trióxido de enxofre	[mm <sub>Hg</sub> ]
$\text{PCI}_{\text{EE}}$ – Poder calorífico inferior para a produção de energia elétrica	[Tep.kWh <sup>-1</sup> ]
$\text{PCI}_{\text{Gasóleo}}$ – Poder calorífico inferior do gasóleo	[tep.t <sup>-1</sup> ]
$\text{PCI}_{\text{GN}}$ – Poder calorífico inferior do gás natural	[tep.t <sup>-1</sup> ]
$\dot{Q}$ – Potência térmica	[kW]
$r$ – Raio	[m]
$R^*$ – Constante dos gases perfeitos (= 8314 J.kmol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	
$Re$ – Número de Reynolds	
$T_{\text{amb}}$ – Temperatura ambiente	[°C]
$T_{\text{dew}}$ – Temperatura de condensação	[K]
$T_{fe}$ – Temperatura fria à entrada do permutador de calor	[°C]
$T_{fe}$ – Temperatura fria à entrada do permutador de calor	[°C]

$T_{fs}$ – Temperatura fria à saída do permutador de calor	[°C]
$T_{m,ent}$ – Temperatura à entrada da conduta	[°C]
$T_m$ – Temperatura média	[°C]
$T_m(x)$ – Temperatura no final da conduta de comprimento $x$	[°C]
$T_{qe}$ – Temperatura quente à entrada do permutador de calor	[°C]
$T_{ref}$ – Temperatura de referência	[°C]
$T_s$ – Temperatura de parede	[°C]
$U$ – Tensão	[V]
$v$ – Velocidade	[m.s <sup>-1</sup> ]
$\dot{V}$ – Caudal Volúmico	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]
$V_{Gasóleo}$ – Quantidade volumétrica de gasóleo	[m <sup>3</sup> ]
$V_{GN}$ – Quantidade volumétrica de gás natural	[Nm <sup>3</sup> ]
$\beta$ – Coeficiente de expansão térmica	[K <sup>-1</sup> ]
$\varepsilon$ – Eficiência do permutador de calor	[%]
$\rho$ – Massa volúmica	[g.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_{Gasóleo}$ – Massa específica do gasóleo	[kg.Nm <sup>-3</sup> ]
$\rho_{GN}$ – Massa específica do gás natural	[kg.Nm <sup>-3</sup> ]
$\Delta T$ – Diferencial térmico entre temperatura média e a temperatura externa	[K]
$\vartheta$ – Viscosidade cinemática	[m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]

## **1. Introdução**

A indústria cerâmica nacional vive sérios problemas em manter a sua atividade devido à paralisação do setor da construção civil. Aliada à crise nacional surge o constante aumento do preço dos vetores energéticos acarretando uma diminuição da competitividade que ao tentar uma aproximação a novos mercados com concorrentes como a Alemanha ou a França onde os custos com a energia são menores as hipóteses de conseguir clientes ficam significativamente reduzidas.

A empresa, CS – Coelho da Silva, SA, alvo de estudo deste trabalho não é exceção. No processo produtivo das suas coberturas cerâmicas, telhas e acessórios, encontram-se grandes consumidores de energia, destacando-se o Forno Semi-Contínuo e o Secador alimentados a gás natural que representam 80% dos consumos da Fábrica IV alvo do estudo deste projeto. Posto isto, torna-se imperativo investir em medidas de eficiência energética de modo a eliminar ineficiências no processo produtivo tornando esta empresa mais competitiva.

O projeto em estudo visa avaliar os consumos energéticos da Fábrica com especial atenção para o consumo de gás natural, onde são propostas três medidas, a instalação de um permutador de calor, um reaproveitamento de um túnel de espera e por fim um tamponamento de uma conduta. Paralelamente a este estudo desenvolveu-se um estudo para aumentar a eficiência na iluminação, para tal são propostas duas medidas, uma que assenta na instalação de um otimizador de energia para a iluminação e outra que incide sobre a substituição da iluminação atual por iluminação LED.

### **1.1 Enquadramento**

O presente relatório enquadra-se no projeto Galp 20-20-20 dedicado à promoção de eficiência energética nas empresas e provém de uma parceria entre a Galp-energia, a Universidade de Aveiro e a empresa CS - Coelho da Silva, S.A. O estudo em questão teve por base um estágio de 6 meses na empresa de coberturas cerâmicas CS - Coelho da Silva S.A., culminado com a apresentação de um pacote de medidas de eficiência energética para a redução do consumo de gás natural e de energia elétrica na Fábrica IV.

### **1.2 Objetivos**

Este relatório teve como objetivos:

- ✓ Avaliar as condições de utilização das fontes energéticas por forma a maximizar a energia disponível.
- ✓ Identificar formas de conservação de energia com vista a minimizar a energia desperdiçada.
- ✓ Orientar na procura de soluções e fontes de energia alternativa, de forma a aumentar o rendimento e a economia de energia, e diminuir a dependência energética.
- ✓ Dinamizar a introdução de novas tecnologias energéticas.

### **1.3 Metodologia**

Em primeiro lugar estudou-se o processo produtivo das coberturas cerâmicas assim como os processos de transferência de energia no forno e no secador. Após compreendido todo o processo, monitorizaram-se os consumidores de energia com potencial de redução, forno, secador e iluminação. Posto isto, procuraram-se soluções, no mercado, que permitissem colmatar as ineficiências existentes, analisando a sua viabilidade técnico-económica de modo a concluir quais as melhores opções a ser tomadas.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente relatório para além de apresentar medidas de eficiência energética, pretende também dar a conhecer ao leitor o panorama energético nacional assim como o estado do setor cerâmico em Portugal, pelo que no Capítulo 2 foi elaborada uma contextualização do panorama energético nacional assim como do setor da indústria cerâmica.

No Capítulo 3 foi elaborada uma caracterização da empresa ao nível da sua estrutura e do tipo de produtos. Seguidamente foi apresentado o processo fabril e foi também elaborada uma caracterização energético-ambiental.

O Capítulo 4 e o 5 dizem respeito às oportunidades de redução de consumos de energia. No Capítulo 4 estão presentes as medidas de eficiência energética para a redução do gás natural e o Capítulo 5 é dedicado à redução do consumo elétrico mais especificamente à iluminação eficiente.

Por fim no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões geradas ao longo do estágio e da elaboração do presente relatório, são também apresentadas neste capítulo tarefas a realizar no futuro.

## 2. Contextualização

### 2.1. Panorama Energético Nacional

A necessidade de reduzir o consumo de energia à escala global, dita a necessidade de cada país desenvolver políticas energéticas capazes de cumprir metas. Tendo por base o compromisso assumido pelos países da UE no âmbito do Protocolo de Quioto, os Estados Membros mobilizaram-se no sentido de adotar modelos energéticos que permitam alcançar um melhor desempenho no setor e Portugal não é exceção. [1]

#### 2.1.1 Dependência Energética

Portugal é um país com escassos recursos energéticos endógenos, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas dos países desenvolvidos tais como o petróleo, o carvão e o gás natural. A escassez de recursos fósseis conduz a uma elevada dependência energética do exterior, 79,3% em 2011, nomeadamente das importações de fontes primárias de origem fóssil. Importa assim aumentar a contribuição das energias renováveis: hídrica, eólica, solar, geotérmica e biomassa. A taxa de dependência energética de energia primária tem vindo a decrescer desde 2005, (Figura 2.1). O valor mais elevado da década registou-se no ano de 2005 devido à baixa produtividade das centrais hídricas resultado de um ano hidrológico muito seco, e a subida registada em 2011 foi devida sobretudo ao aumento do consumo de carvão na produção de energia elétrica, para compensar a redução hídrica. [2]



**Figura 2.1 - Taxa de dependência energética [2]**

O petróleo mantém um papel essencial na estrutura de abastecimento, representando 45,9% do consumo total de energia primária em 2011, contra 48,7% em 2010. O gás natural contribuiu, no último decénio, para diversificar a estrutura da oferta de energia e reduzir a dependência exterior em relação ao petróleo. Manifestou-se uma evolução positiva no *mix* energético, representando este combustível, em 2011, 19,9% do total de energia primária contra 19,5% em 2010. O consumo de carvão, representou, em 2011, 9,9% do total do consumo de energia primária. Prevê-se uma redução progressiva do peso do carvão na produção de eletricidade, devido ao seu impacto nas emissões de CO<sub>2</sub>. [2]

O consumo de Energia Final, em 2012, atingiu o valor de 15.591 ktep, onde foi verificada uma redução de 5,6% face a 2011, Registando-se uma diminuição do consumo de petróleo (10,1%), na eletricidade (4,4%) e no gás natural (0,9%). [2]

## 2.1.2 Plano Nacional para a Eficiência Energética

O XIX Governo Constitucional tem vindo a implementar um modelo energético baseado na racionalidade económica e na sustentabilidade, através, por um lado, da conjugação entre a adoção de medidas de eficiência energética e a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e, por outro, da redução dos sobrecustos que oneram os preços da energia. [3]

No quadro das metas europeias «20–20–20», que visam alcançar, em 2020:

- (i) 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990;
- (ii) 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto;
- (iii) 20% de redução do consumo de energia primária

Mediante um aumento da eficiência energética, foram estabelecidos para Portugal, no âmbito do horizonte 2020 os seguintes objetivos:

- 25% de redução do consumo de energia primária;
  - o 30% de redução do consumo de energia primária na Administração Pública;
- 31% do consumo final bruto de energia por fontes endógenas renováveis;
- 10% da energia de fonte renovável utilizada nos transportes;

A redução do consumo de energia primária é relativa à projeção do consumo para 2020, (Figura 2.2), (efetuada a partir do *Baseline* 2007 por aplicação do modelo PRIMES da Comissão Europeia).

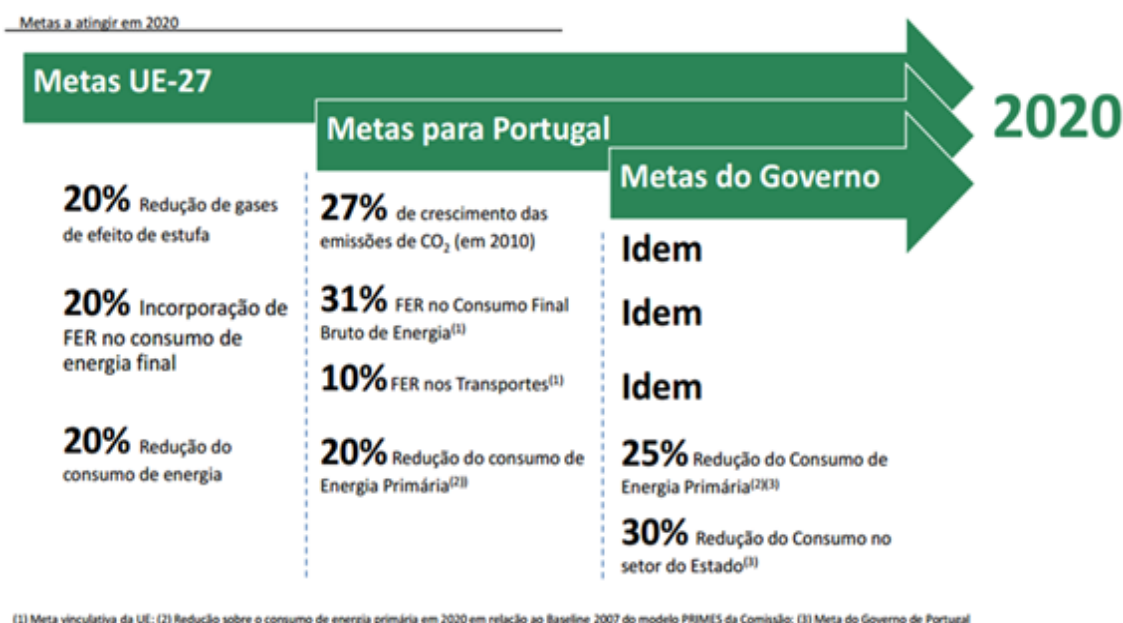


Figura 2.2 - Metas a atingir com o PNAEE até 2020 [4]

A estimativa da poupança induzida pelo Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) até 2016 é de 1.501 ktep, correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2% relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016. [4]

## 2.2. Setor Cerâmico em Portugal

### 2.2.1 Caracterização

Ao comparar a representatividade deste setor no total da indústria de construção nestes cinco países, é notória a sua forte presença na Península Ibérica, cuja produção de cerâmica representa mais de 1,2% do valor total do produto interno bruto (PIB). Tratando-se de um setor tradicional em Portugal e Espanha, o peso que representa nas respetivas economias confere-lhe uma posição de relevo quando comparado com a Alemanha ou França, capaz de proporcionar aos seus agentes maior poder de influência, (Figura 2.3).

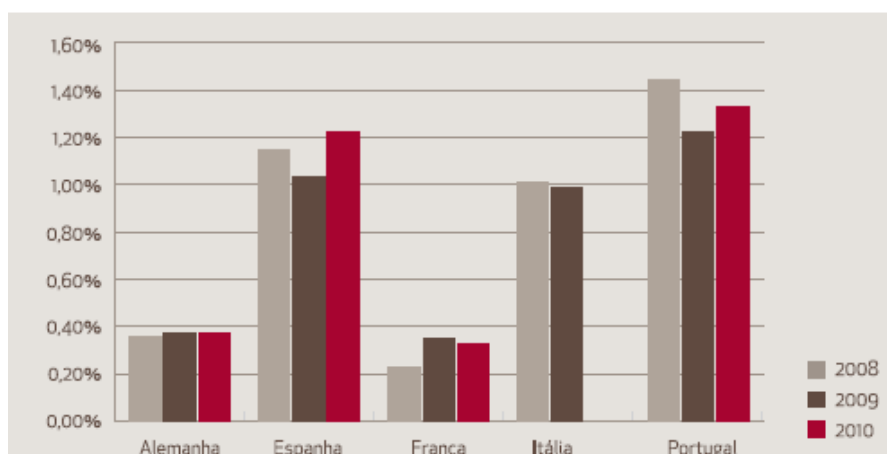


Figura 2.3 - Impacte da indústria cerâmica na economia nacional [5]

O setor Cerâmico pode ser subdividido em 3 subsectores, entre eles, a cerâmica de construção, a cerâmica utilitária e decorativa e a cerâmica técnica. A cerâmica de construção ainda poderá ser subdividida em cerâmica estrutural, também conhecida por cerâmica de barro vermelho, e cerâmica de acabamento, (Figura 2.4).

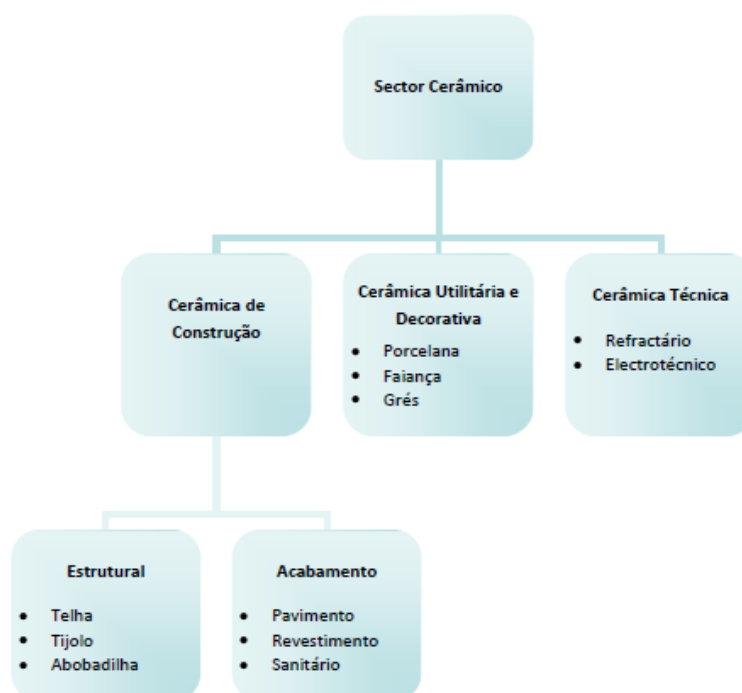


Figura 2.4 - Divisão dos subsectores da indústria cerâmica [6]

## 2.2.2 Setor Cerâmico e a Energia

Em 2012, o consumo dos principais setores de atividade económica relativamente ao consumo final de energia incidu fortemente no setor dos transportes e no setor industrial, (Figura 2.5). O setor da indústria foi responsável pelo consumo de cerca de 4.989 ktep representando um forte potencial para intervir com medidas de eficiência energética, pois os consumos encontram-se bastante concentrados.

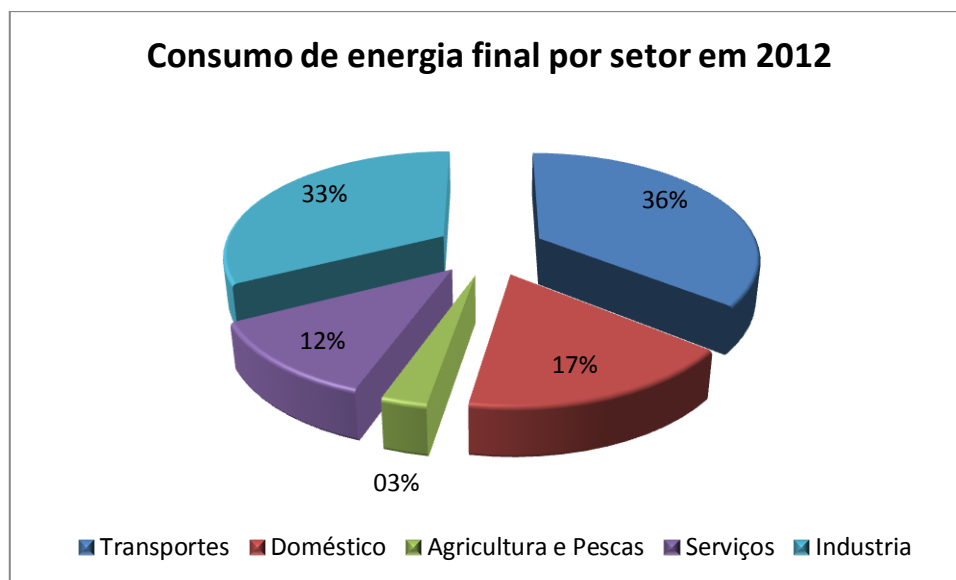


Figura 2.5 - Consumo de energia por setor em 2012 [1]

O subsetor da cerâmica estrutural, onde se encontra a empresa CS – Coelho da Silva S.A., empresa alvo de estudo, foi responsável pelo consumo de 14.404 tep em 2010 [7]. Se o valor em 2012 fosse da mesma magnitude, então este subsetor seria responsável por 0,38% do consumo total de energia em Portugal.

Ao analisar a Tabela 2.1 verificou-se que o vetor energético alvo de maior consumo no setor da cerâmica estrutural é o gás natural representando cerca de 80% do valor total da energia consumida.

Tabela 2.1 - Dados da indústria de coberturas cerâmicas no ano de 2009 e 2010 [6]

TELHAS E ACESSÓRIOS					
Ano	Produção anual	Energia eléctrica	Gás natural	Outras formas	Total
	t	tep	tep	tep	tep
2009	620 000	11 932	41 301	513	53 746
2010	670 000	14 404	43 926	807	59 138
	Variação	kgep/t	kgep/t	kgep/t	kgep/t
2009	-	19.2	66.6	0.8	86.7
2010	8.1 %	21.5	65.6	1.2	88.3



Como se pode verificar na Figura 2.6, o preço do Gás Natural subiu cerca 40% desde 2009 até então, representando um acréscimo significativo nos custos das empresas forçando-as a uma forte redução nas suas margens de lucro.

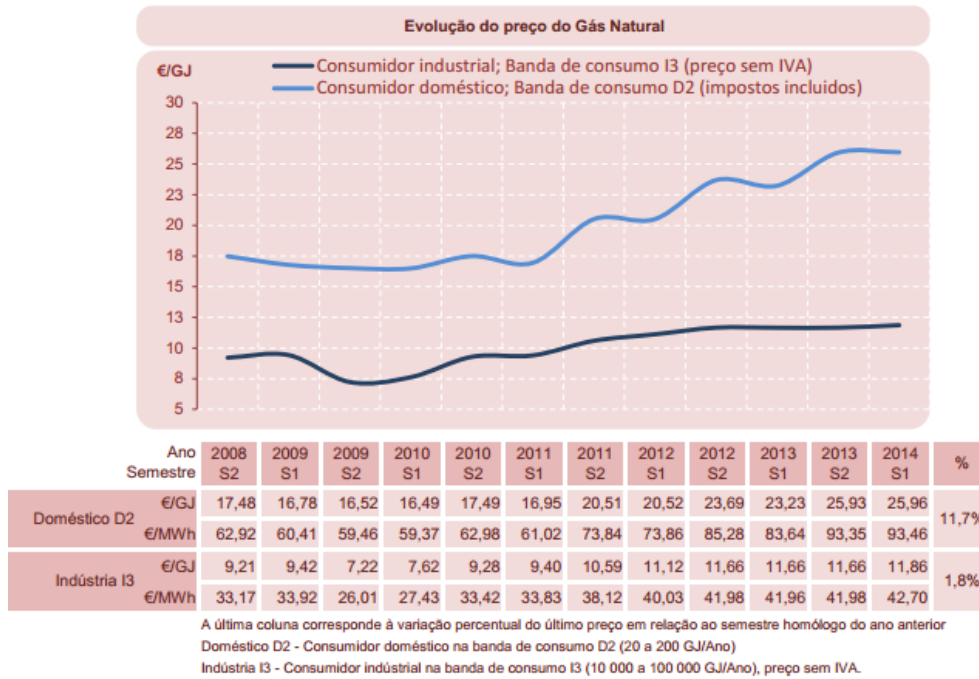


Figura 2.6 - Evolução do preço do gás natural [7]

De modo a reduzir a instabilidade derivada do preço do Gás Natural torna-se imperativo investir em medidas de eficiência energética que visem diminuir a dependência deste vetor. De acordo com a Figura 2.7, pode verificar-se que dever-se-á atuar primeiramente nos fornos visto ser onde existe uma maior oportunidade de uma poupança energética.

### Desagregação do potencial de economia de energia por tipologia de medida nos PReN aprovados (Medidas Setoriais)

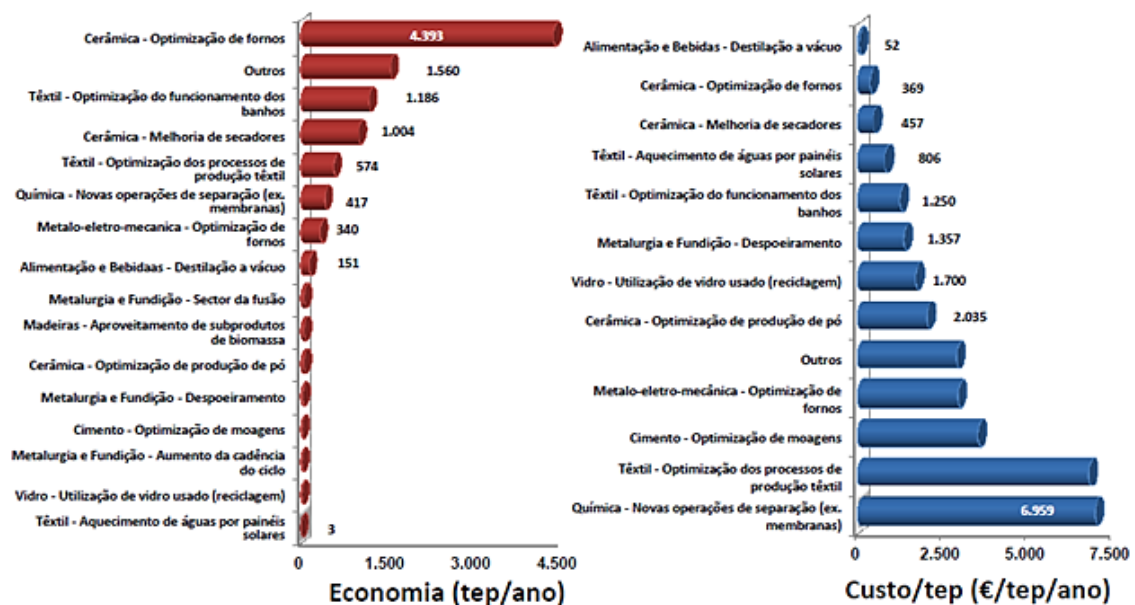


Figura 2.7 - Desagregação do potencial de economia e de energia por tipologia de medida nos PReN aprovados [8]



### 3. CS – Coelho da Silva, S.A.

#### 3.1. Caracterização da Empresa

A empresa CS – Coelho da Silva, S.A., cujo CAE é 23322, situa-se em Albergaria, distrito de Leiria. O *core business* desta empresa assenta na produção e comercialização de coberturas cerâmicas. Esta empresa conta com 87 anos de existência, tornando-se numa referência no setor da indústria de coberturas cerâmicas em Portugal, produzindo anualmente 57 milhões de peças. [9]

Esta empresa é constituída por 5 unidades fabris, (Figura 3.1). Na Fábrica I são concebidos manualmente a telha Canudo e alguns acessórios; a Fábrica II destina-se à produção exclusiva da telha F2; a Fábrica III produz as F3+, D3 e Canudo. A Fábrica IV e a V são as mais evoluídas, pois contam com os mais inovadores sistemas de prensagem e cozedura, produzindo os modelos topo de gama: Tecno, Domus e Plasma.



Figura 3.1 - Unidades da empresa Coelho da Silva, S.A [9]

#### 3.2. Caracterização do Produto

Esta organização tem como missão oferecer soluções de cobertura em telha cerâmica de elevada qualidade e perfeição estética, respondendo às mais exigentes necessidades técnicas e arquitectónicas do mercado. [9]

A CS divide os seus produtos em 5 grandes grupos [10]:

- Telha Lusa
- Telha Marselha
- Telha Plana
- Telha Canudo
- Gama Junior, uma gama de acessórios.

Estes grupos encontram-se ainda segmentados de modo a atingir determinadas tipologias de clientes. Dentro da telha Lusa existem 4 modelos: a F2, que é a mais económica; a F3 +, a que tem melhor relação preço qualidade; a F5, com dimensões e peso para exportação e a Tecno

que é a versão *premium*. A telha Tecno utiliza uma tecnologia de produção que permite um acabamento superficial mais liso e os seus frisos são mais definidos garantindo uma melhor estanquicidade que as suas semelhantes, (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Diferentes modelos da telha Lusa

Dentro da telha Marselha a fábrica produz dois tipos: a D3+, com a melhor relação preço qualidade; e a Domus, versão *premium* da telha Marselha, (Figura 3.3).



Figura 3.3 - Diferentes modelos da telha Marselha

A telha plana é apelidada de Plasma e para além de compor telhados pode também ser utilizada em fachadas, (Figura 3.4).

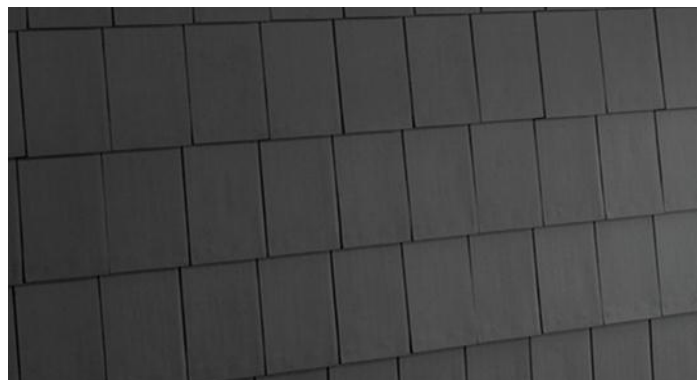


Figura 3.4 - Aplicação da telha Plasma em fachadas

### 3.3. Caracterização do Processo Fabril

A caracterização apresentada é referente ao processo fabril das telhas fabricadas na Fábrica IV, contudo o processo utilizado nas restantes unidades fabris é muito semelhante ao que será descrito:

#### 3.3.1. Matéria-prima

O processo começa com a extração das argilas de barreiros próprios ou de barreiros de alguns fornecedores. Após a extração, a matéria-prima, é alocada em pilhas nos silos, (Figura 3.5). Estas pilhas são divididas de acordo com a tipologia da argila, classificando-se como Magras Equilibras ou Plásticas, esta designação varia com a composição química das mesmas. As plásticas oferecem maior maleabilidade, permitindo uma melhor conformação, enquanto as magras dão melhor resistência mecânica.



Figura 3.5 - Silo da matéria-prima

Dos silos a argila é encaminhada através de escavadoras até à preparação de pastas onde se faz a dosagem do tipo de matéria-prima, isto é, aloca-se uma percentagem do tipo de argila, Magra, Equilibrada e Plástica, de acordo com o tipo de pasta que se pretende. Seguidamente, a pasta já pré-preparada, é enviada para as fábricas através de uma tela transportadora, (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Tela transportadora da preparação de pastas para a Fábrica IV

### 3.3.2. Conformação

Tal como o nome indica, conformação é o processo de dar forma à telha, este processo é o primeiro processo da Fábrica IV e realiza-se imediatamente antes da prensagem.

A partir do doseador, a linha de conformação é constituída por um amassador, ralador e fieira, (Figura 3.7, Figura 3.8, Figura 3.9), respetivamente. No amassador é adicionada água, de forma automática, para conferir plasticidade à matéria-prima, com o objetivo de ser melhor amassada e tornar a mistura o mais homogénea possível. Seguidamente, a matéria-prima passa para o ralador, transformando-a em pequenos cilindros de barro em forma de *pellets*.

Depois de o barro estar homogeneizado, é conduzido através de cintas transportadoras até à fieira. Esta funciona com uma bomba de vácuo e confere à pasta maior compacidade, originando um “lingote” com a pré-forma da telha. Imediatamente a seguir, existe uma máquina com uma linha e com um sensor ótico que vai cortando o lingote em lastras. Estas seguem através de rolos até à prensa automática.



Figura 3.7 - Amassador



Figura 3.8 - Ralador



Figura 3.9 - Fieira

### 3.3.3. Prensagem

A linha de prensagem é constituída por duas prensas (a linha das telhas por uma prensa tripla e a linha dos acessórios por uma prensa simples) dotada de um sistema automático de carga das lastras e descarga automática das peças prensadas, (Figura 3.10).

Para a prensagem das peças são utilizados moldes de gesso, que permite um dimensionamento dos frisos das telhas e um acabamento superficial mais perfeito, quando comparado com os processos tradicionais. Estes moldes têm a desvantagem de prensarem apenas 1.190 peças, o que resulta num tempo de vida de cerca de hora e meia, obrigando a fábrica a ter o seu próprio fabrico de moldes.

A superfície inferior do molde tem uma composição diferente da de cima de modo a que a telha fique sempre no molde de baixo. Para que a telha não fique colada é feita uma descarga eletrostática a baixa voltagem. Depois de serem prensadas as telhas são depositadas em suportes denominados por ganapos, que são carregados automaticamente através de um sistema de pinças sobre vagonetas para o processo seguinte.

Todos os desperdícios de pasta desta fase são enviados através de telas transportadoras para a fase de conformação, mais propriamente para o doseador, de modo a serem reintegradas no processo produtivo.



**Figura 3.10** - Prensa tripla automática

#### **3.3.4. Secagem**

Após os ganapos estarem todos empilhados nas vagonas, estas seguem através de um transbordador para o secador do tipo túnel semi-contínuo, (Figura 3.11), que tem como objetivo remover a água existente nas peças resultante das fases anteriores do processo, conformação e moldagem. As peças, denominadas por produto verde, reduzem o seu teor de humidade em massa de 16%, na base húmida, para valores na ordem dos 2 a 3%, passando a denominar-se por produto seco.



**Figura 3.11** - Secador semi-contínuo

### 3.3.5. Descarga de Vagonetas e Engobagem

Após a secagem, os ganapos com os produtos secos são descarregados automaticamente das vagonetas, através de um sistema de pinças, (Figura 3.12).



Figura 3.12 - Descarga de vagonetas

Um *robot* retira dos ganapos as telhas secas. Nesta fase do processo, faz-se uma triagem das peças secas, tendo em vista a deteção de qualquer defeito. Todas as peças defeituosas são removidas e enviadas para a preparação de pastas existente, onde os resíduos são reutilizados.

Seguir-se-á a fase de *engobagem*, destinada à criação de efeitos estéticos coloridos sobre as peças. Neste processo, existem duas linhas distintas, uma para as telhas que são *engobadas* e outra para as que não levam esse tratamento, (Figura 3.13).



Figura 3.13 - Engobagem das telhas

Após cada utilização, as máquinas de aplicação do engobe são sujeitas a um processo de lavagem com água. Os resíduos líquidos resultantes são encaminhados para um tanque de armazenagem, sendo posteriormente enviados para a preparação de pastas onde são adicionados às matérias-primas, tendo em vista a racionalização dos consumos de água extraídos dos furos existentes.



### 3.3.6. Cozedura

A cozedura é efetuada recorrendo a um forno túnel contínuo, (Figura 3.14). Nesta fase, as peças vão adquirindo resistência mecânica, sonoridade e impermeabilidade ao longo da curva de cozedura, sendo denominadas de produto cozido à saída do forno.



Figura 3.14 - Forno Ceric hydrocasing

Após a fase de cozedura, os vagões com os produtos cozidos são enviados para as vias de reserva ou para a zona de descarga, através do transbordador à saída do forno. Um sistema automático de pinças remove dos vagões as fiadas de H's refratários com os produtos cozidos para um tapete transportador. Um *robot* retira as peças cozidas dos suportes refratários para um tapete transportador. Segue-se a operação de triagem e escolha, (Figura 3.15).

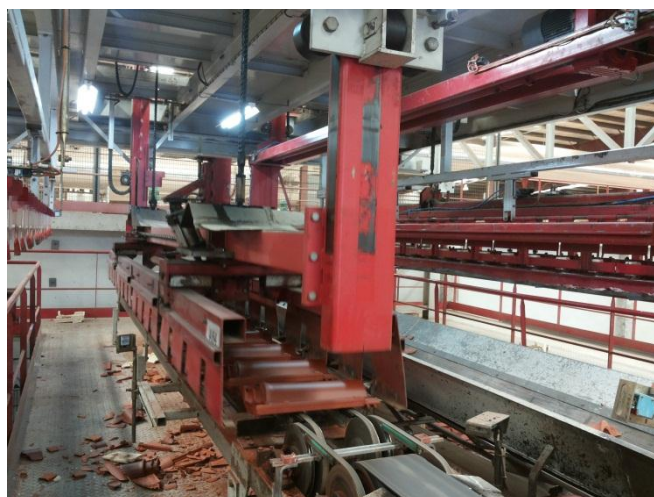


Figura 3.15 - Pinças transportadoras

### 3.3.7. Paletização e Embalagem

De seguida, os produtos são enviados para o sistema de paletização onde são agrupados em minipacotes, através de um *robot*, e posteriormente cintadas. Segue-se a operação de agrupamento dos minipacotes tendo em vista a formação de um pacote, que, após cintado, é colocado em cima de uma paleta de madeira, (Figura 2.16).A constituição das paletes é executada por um *robot*, no caso da telha. Na linha de escolha dos acessórios, dada a diversidade e especificidade das mesmas, alguns produtos são cintados manualmente.



Figura 3.16 - Processo de paletização

Alguns dos produtos cozidos poderão sofrer uma hidrofugação que consiste em mergulhar os fardos de telhas ou acessórios num banho de metilsiliconato de potássio diluído em água durante alguns minutos. Quando ocorre esta operação, estas paletes são colocadas numa zona de estágio onde são secas antes de serem enviadas, através de um tapete transportador, para uma máquina de cintagem com manga plástica termoretráctil. A retração do plástico é conseguida com queimadores a gás natural, (Figura 3.17).



Figura 3.17 - Empacotamento do produto cozido

Posto isto, as paletes são enviadas para os armazéns exteriores.

### 3.4. Caracterização Energética - Ambiental

A Fábrica IV da empresa CS – Coelho da Silva S.A., é uma consumidora intensiva de energia consumindo no ano de 2013, ano de referência para este estudo, um total de 3.768 Tep. Como esta fábrica excede os 1000 tep.ano<sup>-1</sup>, foi elaborado, pelo CTCV, um plano de racionalização de consumos energéticos em 2008 que visava a redução de 6% do consumo específico em 6 anos, 1% ao ano. Posto isto, o primeiro objetivo deste relatório foi verificar se esta redução estava a ser cumprida avaliando os indicadores energéticos.

#### 3.4.1. Indicadores Energéticos

Os indicadores energéticos são ferramentas que permitem analisar o desempenho energético de uma organização. Para este estudo foram analisados os seguintes indicadores:

- ✓ Consumo Específico (CE)
- ✓ Intensidade Carbónica (IC)

#### Metodologia e cálculo

Foi então elaborado o levantamento da produção, do consumo energético e do valor monetário despendido em 2013. Determinou-se que em 2013 foram produzidas 37.573 t de telhas e acessórios. Para alcançar esta produção, foram utilizados 3.230.374 Nm<sup>3</sup> de Gás Natural, 3.914.578 kWh de Energia Elétrica e cerca de 3.216 L de Gasóleo, que, embora não intervenham diretamente no processo têm de ser contabilizados. Estes gastos energéticos têm um custo associado de 1.357.810 €, 362.271 € e 3.381 € correspondendo respetivamente a gás natural, energia elétrica e gasóleo.

De modo a poder somar todos os vetores energéticos converteram-se os consumos energéticos para tep de acordo com o despacho 17313/2008 (26 junho 2008):

#### Gás Natural

Após determinado o volume de gás natural consumido determinou-se qual a energia associada e respetivas emissões de CO<sub>2</sub>e:

$$Energia_{GN} = \frac{V_{GN} \cdot \rho_{GN} \cdot PCI_{GN}}{1.000} = \frac{3.230.374 \times 0,8404 \times 1,077}{1.000} = 2.923,8 \text{ Tep}$$

$$Emissões_{GN} = Energia_{GN} \cdot FE_{GN} = 2.923,8 \times 2.683,7 = 7.846.602 \text{ kgCO}_2e$$

#### Gasóleo

Após determinado o volume de gasóleo consumido determinou-se qual a energia associada e respetivas emissões de CO<sub>2</sub>e:

$$Energia_{Gasóleo} = \frac{V_{Gasóleo} \cdot \rho_{Gasóleo} \cdot PCI_{Gasóleo}}{1.000} = \frac{3,216 \times 832,5 \times 1,022}{1.000} = 2,74 \text{ Tep}$$

$$Emissões_{Gasóleo} = Energia_{Gasóleo} \cdot FE_{Gasóleo} = 2,74 \times 3.098,2 = 8.489 \text{ kgCO}_2e$$

## Energia Elétrica

Após determinado a energia elétrica consumida determinou-se qual o valor correspondente em tep e respetivas emissões de CO<sub>2</sub>e:

$$Energia_{Elétrica} = PCI_{EE} = 3.914.578 \times 215 \times 10^{-6} = 841,6 Tep$$

$$Emissões_{EE} = Energia_{Elétrica} \cdot FE_{EE} = 3.914.578 \times 0,47 = 1.839.851,7 kgCO_2e$$

## Total

Convertidos todos os vetores energéticos à mesma unidade, fez-se o somatório da energia consumida e das respetivas emissões:

$$Energia_{Total} = Energia_{GN} + Energia_{Gasóleo} + Energia_{Elétrica} = 3.768 tep$$

$$Emissões_{Totais} = Emissões_{GN} + Emissões_{Gasóleo} + Emissões_{EE} = 9.694.942,7 kgCO_2e$$

Determinada a quantidade de energia procedeu-se ao cálculo do consumo específico e do índice carbónico:

$$CE = \frac{3.768}{37.573} \times 1.000 = 100,29 kgep.t^{-1}$$

$$IC = \frac{9.694,9}{3.768} = 2,57 tCO_2e.tep^{-1}$$

De modo a avaliar o desempenho da empresa, compararam-se os valores dos indicadores energéticos de 2008, ano da última auditoria com os valores do ano de 2013, (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1** - Indicadores energéticos da Fábrica IV

Ano	C.E. (Kgep/t)	I.C. (tCO <sub>2</sub> e/tep)
2008	80,56	2,57
2013	100,29	2,57

O consumo específico tem o valor de 100,3 kgep.t<sup>-1</sup>, distanciando-se 15,5% do consumo específico verificado em 2008 [11]. Esta é uma situação a que se deve ter alguma atenção, pois segundo o Plano de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), em 2013, o consumo específico deveria ser de 80,56 kgep.ton<sup>-1</sup>, deste modo a Fábrica IV encontra-se a 19,6% dos objetivos. É preciso alguma sensibilidade ao analisar esta situação, uma vez que este repentino aumento não está relacionado com um súbito consumo de energia mas sim com um decréscimo acentuado da produção. No que respeita à intensidade carbónica este valor manteve-se nos 2,57 tCO<sub>2</sub>e.tep<sup>-1</sup>.

### 3.4.2. Análise Energética

Pode verificar-se que o ano de 2013 (Figura 3.18 ), iniciou com uma quebra de produção, na ordem dos 37%. Esta redução fez-se sentir no consumo de gás natural que se reduziu em cerca de 20%. Apesar de esta diferença se repercutir na energia elétrica não foi tão evidente como no gás natural. Tal deve-se ao facto de alguns dos equipamentos não intervirem diretamente na produção das telhas, como é o caso da iluminação. Pode ainda verificar-se que nos meses de julho e agosto existe um ligeiro decréscimo no consumo de gás natural, face a março e abril, esta diferença é causada pela diferença de temperaturas entre os meses de verão e os meses primaveris. Nos meses de inverno o consumo de gás é também superior, contudo a produção também aumentou, tornando menos evidente esta analogia. O gásóleo não foi contabilizado neste gráfico pois a empresa forneceu apenas o consumo anual.

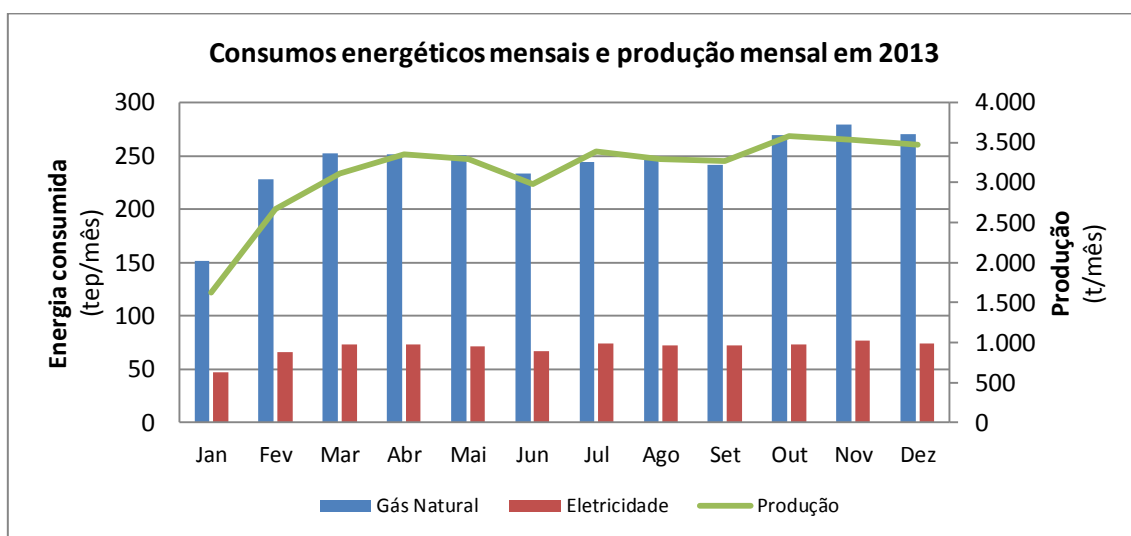


Figura 3.18 – Consumos energéticos e produção mensal em 2013

Ao analisar o consumo específico da Fábrica IV, (Figura 3.19), verificou-se que os meses de janeiro e fevereiro têm um consumo excessivo face à produção. Pode concluir-se que o consumo de gás natural não é proporcional à quantidade de produto cozido, isto porque existem determinadas condições que têm de ser criadas para poder cozer os produtos independentemente da quantidade que está presente no seu interior.

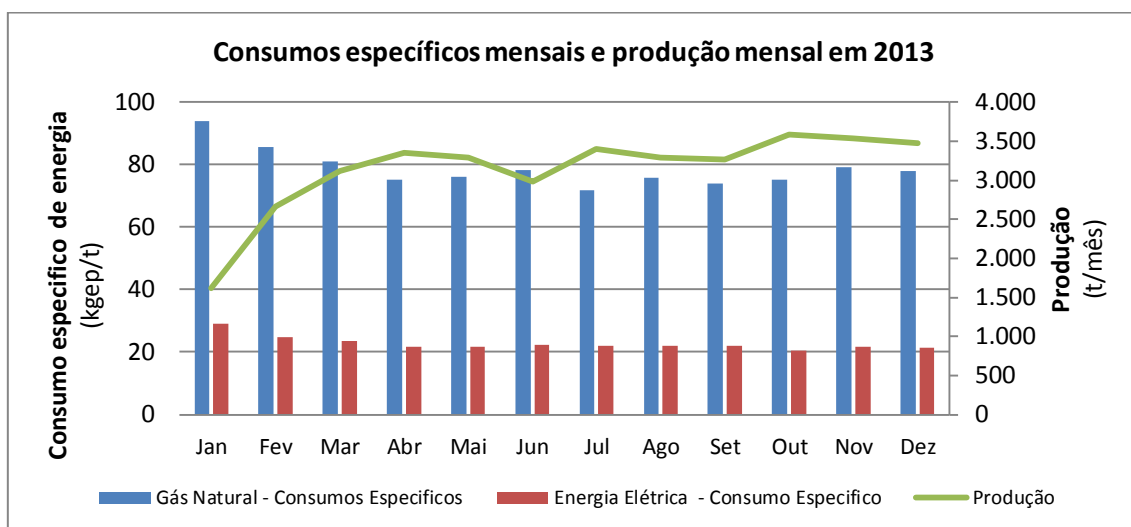


Figura 3.19 - Consumos energéticos específicos e produção mensal em 2013

Conclui-se então, (Figura 3.20), que o gás natural utilizado para produzir calor, para secar e cozer as telhas representa perto de 78% dos consumos da Fábrica IV, o equivalente a 2.939 tep, face aos cerca de 22% da eletricidade correspondente a 842 tep ao ano. Ao desagregar-se o consumo energético pelos equipamentos, constatou-se que o grande consumidor de energia é o forno com 70% do consumo global (2.638 tep ao ano) e que o forno em conjunto com o secador consomem mais de 90% da energia da Fábrica IV, (Figura 3.21).

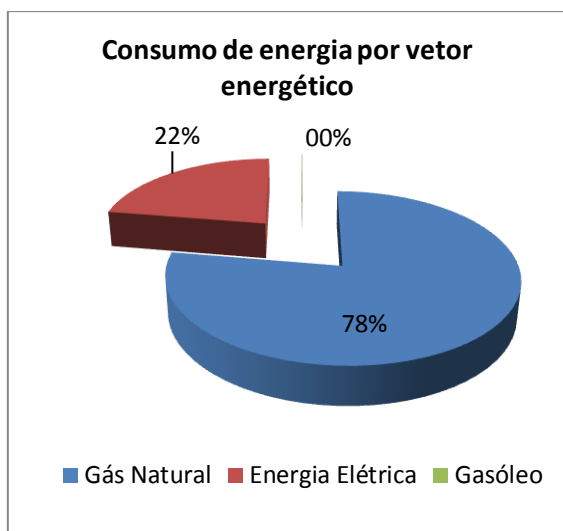


Figura 3.20 - Desagregação do consumo de energia por vetor energético (base tep ao ano)

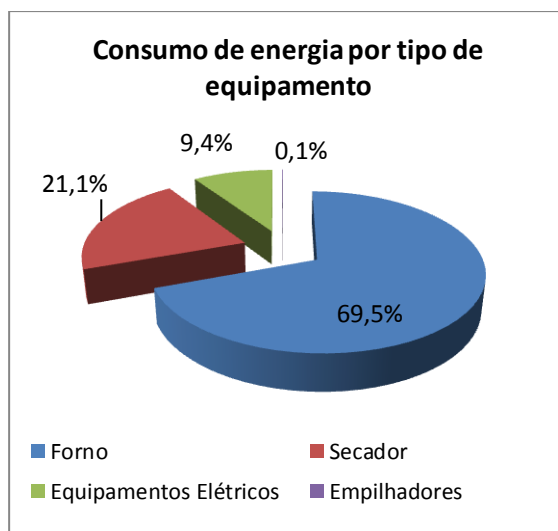


Figura 3.21 - Desagregação do consumo de energia por equipamento (base tep ao ano)

### 3.4.3. Análise Ambiental

Em 2013 foram emitidas 9.695 tCO<sub>2</sub>e resultantes dos 3 vetores energéticos, mais uma vez o gasóleo não se encontra representado no gráfico. Em média são emitidas por mês 654, 153 e 0,7 tCO<sub>2</sub>e, respetivamente, derivadas da queima de gás natural da utilização de energia elétrica e da utilização de gasóleo como pode ser averiguado na Figura 3.22.

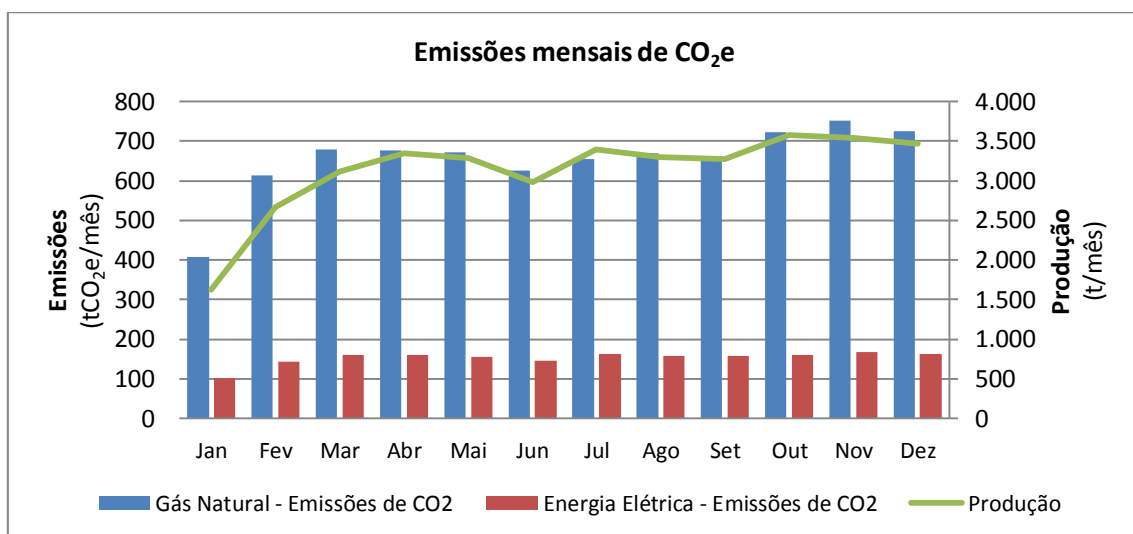


Figura 3.22 - Emissões de CO<sub>2</sub>e mensais por vetor energético

Em janeiro e fevereiro constatou-se, (Figura 3.23), que as emissões de CO<sub>2</sub>e por tonelada de produto cozido são cerca de 15% superiores aos restantes meses, à semelhança do que acontece com a energia. Nestes meses consome-se menos energia logo reduzem-se as emissões de CO<sub>2</sub>. Contudo devido à quebra na produção não se conseguem diluir as emissões pela quantidade de produto cozido. Como consequência da queima do gás natural foram enviadas para a atmosfera cerca de 7.847 tCO<sub>2</sub>, perfazendo uma média mensal de 209 kgCO<sub>2</sub>e.t<sup>-1</sup>. No que respeita às emissões de CO<sub>2</sub>e provenientes do consumo de energia elétrica os valores encontram-se em torno dos 50 kgCO<sub>2</sub>e.t<sup>-1</sup> ao mês totalizando as 1.840 tCO<sub>2</sub>e anuais.

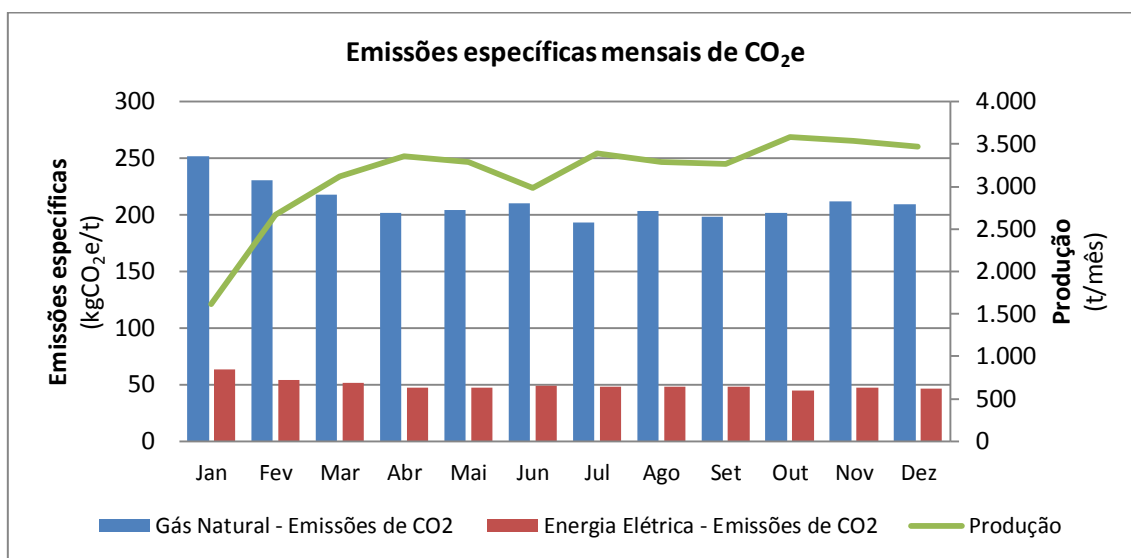


Figura 3.23 - Emissões de CO<sub>2</sub>e mensais por tonelada de produto cozido

O gás natural é o vetor energético que mais contribui com emissões de CO<sub>2</sub>e, atualmente com cerca de 81%, (Figura 3.24). Cerca de 71% destas emissões p do forno, (Figura 3.25), que ao final do ano foi responsável por emanar para a atmosfera cerca de 6.930 tCO<sub>2</sub>e. Mais uma vez ao juntar os valores do forno com o secador, ultrapassa-se os 90%. Embora os valores dos gráficos circulares das emissões de CO<sub>2</sub>e sigam a tendência dos da energia, os valores percentuais não são iguais pois os fatores de emissão dos vetores energéticos são diferentes.

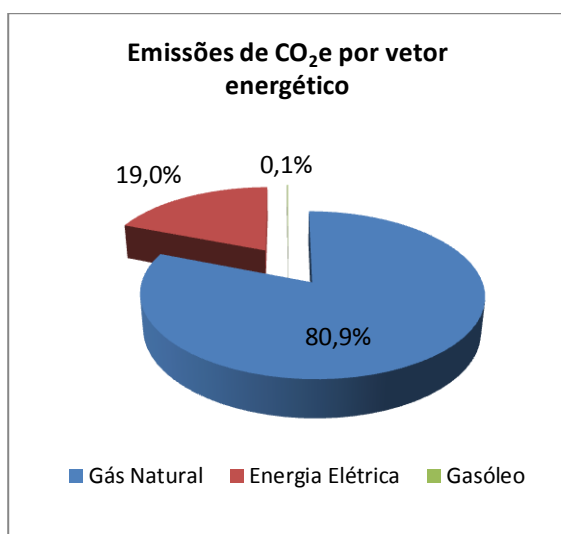


Figura 3.24 - Desagregação de emissões de CO<sub>2</sub>e por vetor energético

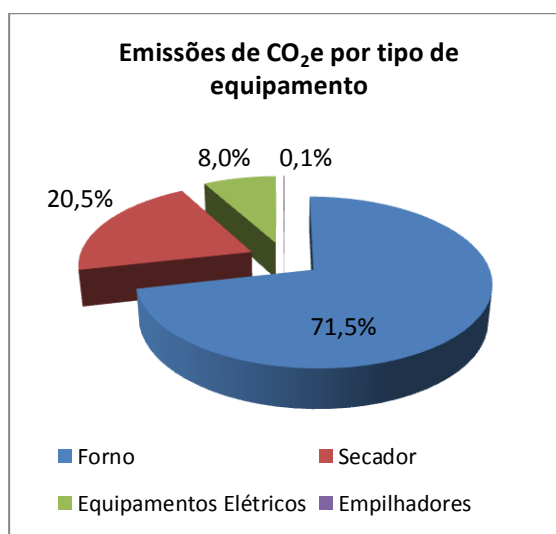


Figura 3.25 - Desagregação das emissões de CO<sub>2</sub>e por equipamento

### 3.4.4. Análise Económica

Os custos com a energia incidem maioritariamente sobre o gás natural e dependem do mercado. Contudo o preço varia ao longo dos meses, pelo que em alguns meses gastou-se a mesma quantidade de energia e os valores a pagar são distintos, (Figura 3.26). Em média pagaram-se mensalmente, 113.150 €, 30.000 € e 280 € para a fatura de gás natural, energia elétrica e gasóleo respetivamente, atingindo o valor mensal na ordem dos 143.000 € ao mês, perfazendo ao fim do ano cerca de 1.700.000 €.

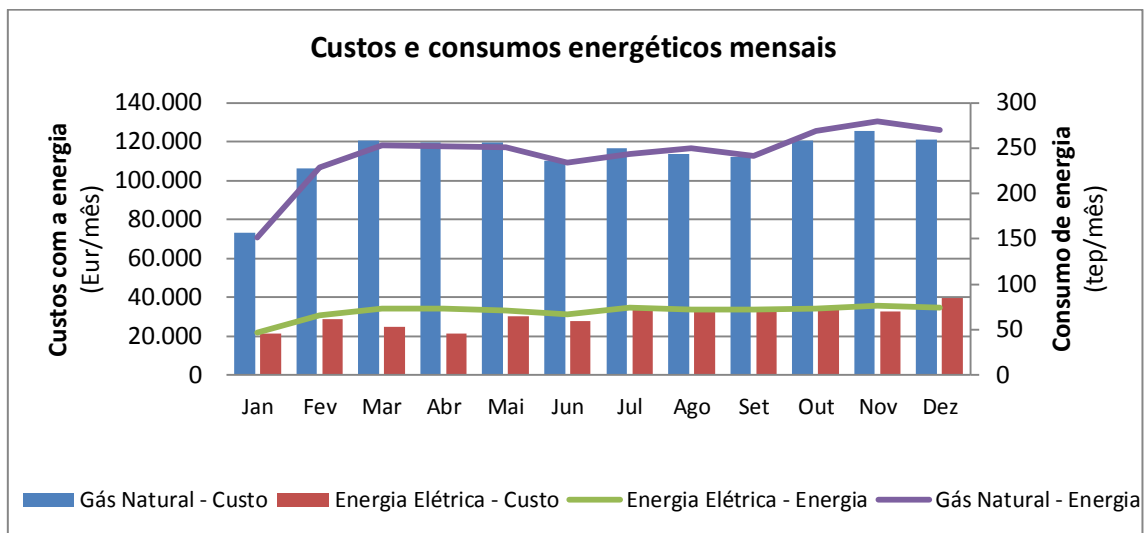


Figura 3.26 – Custos e consumos energéticos mensais

Como é expectável ao operar abaixo do regime ótimo de produção, o produto produzido será mais caro energeticamente. Como tal, o mês de janeiro foi aquele em que cada tonelada de produto cozido obteve um custo mais elevado, alcançando perto de 45 €, mais 9 € do que a média de 36 €, no que respeita ao gás natural, (Figura 3.27). O mesmo se verifica para a energia elétrica contudo existe uma maior oscilação no preço da energia elétrica face ao gás natural. O mês de abril é reflexo disso mesmo, pois em 2013, este mês foi hidrologicamente forte, o que fez com que o preço da energia descesse abaixo do habitual. Em média a energia elétrica incrementa 10 € a cada tonelada de produto cozido. Pode então afirmar-se que em média a energia é responsável por 43 a 45 € por tonelada de produto cozido.

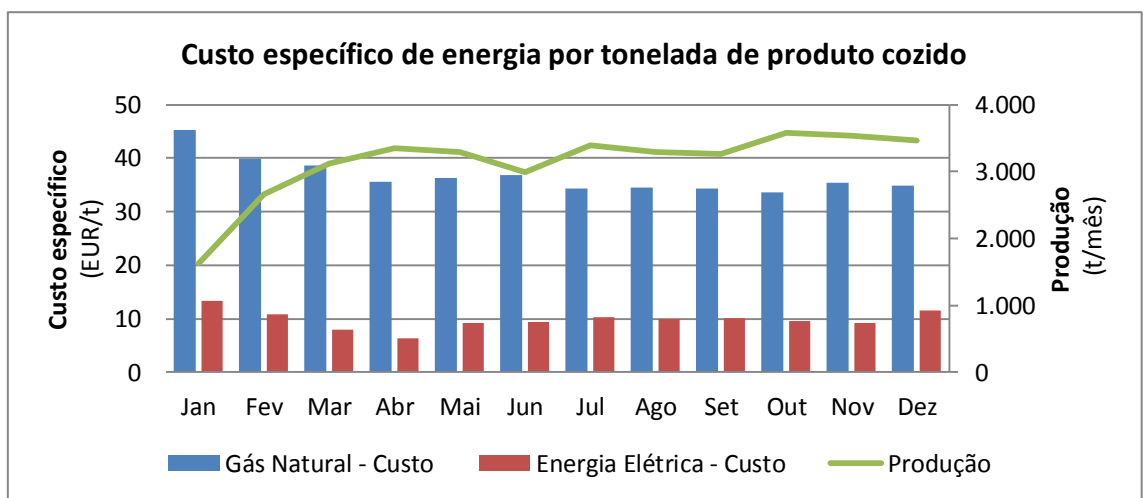


Figura 3.27 - Custo específico de energia por tonelada de produto cozido



O forno é o equipamento que mais consome, responsável por cerca 1.209.870 € ao ano, o secador consome cerca de 359.369 €, os equipamentos elétricos consomem cerca de 150.849 € e 3.381 € são gastos com o gasóleo, (Figura 3.29).

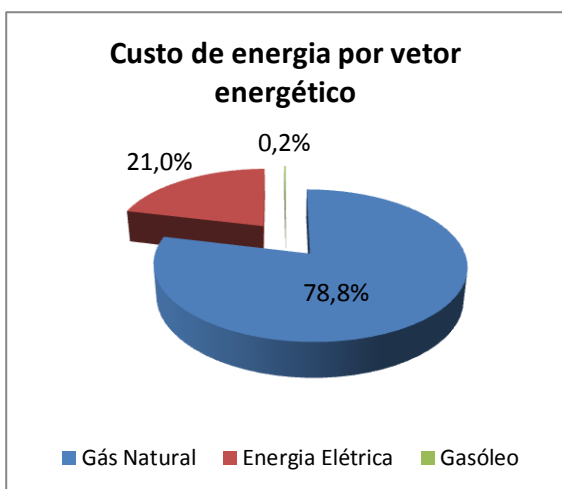


Figura 3.28 - Custo de energia por vetor energético

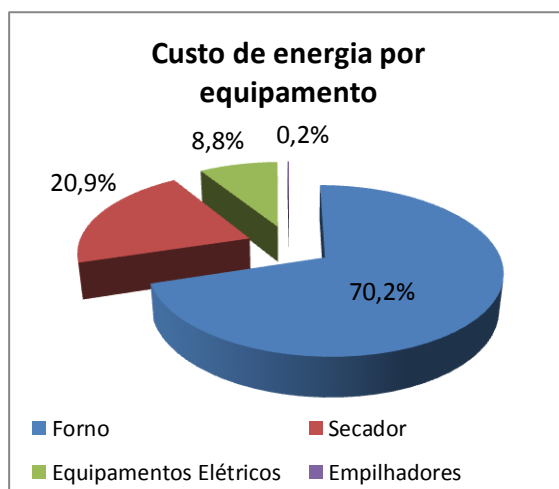


Figura 3.29 - Custo de energia por equipamento



## 4. Oportunidades de Redução do Consumo Energético: Energia Térmica

De modo a reduzir as ineficiências no processo produtivo e, conseqüentemente, o preço a pagar na fatura energética, são propostas três soluções que visam reduzir o consumo de Gás Natural, entre elas a instalação de um permutador de calor, o aproveitamento do calor residual do túnel de espera e o tamponamento da conduta de reaproveitamento para os secadores. Para determinar estas medidas em primeiro lugar monitorizaram-se os dois grandes equipamentos consumidores de energia: o forno e o secador.

### 4.1. Caracterização dos Equipamentos Consumidores Intensivos de Energia Térmica

O processo de cozedura da telha cerâmica é um processo moroso que consome recursos energéticos onde se destaca o gás natural, com especial enfoque para o forno e secador com cerca de 70 e 21% do consumo geral da Fábrica IV, respetivamente.

#### 4.1.1. Forno Túnel Semi-Contínuo “CERIC”

A Fábrica IV possui um forno de túnel semi - contínuo cujo comprimento é de 100 m e conta com uma altura de 1,65 m e com uma largura de 5,82 m. Este forno possui uma tecnologia designada por *hydrocasing*, que utiliza água para isolar a parte debaixo do forno de modo a minimizar as perdas de calor para o exterior.

O forno funciona com diferentes velocidades, designadas por cadências. Quando ocorre uma cadência, o forno gera um impulso, deslocando uma fileira de telhas para a frente. A cada cinco impulsos há um vagão que sai cozido e um que entra verde para obter o mesmo fim. A cadência mais rápida é a de 420 onde por dia são cozidos 41 vagões de telhas. Estas cadências permitem aos chefes de equipa gerir a produção, como é o caso do dia da manutenção da fábrica, e aos feriados em que o forno opera com cadências mais baixas, 540 ou 576. As últimas cadências são apenas utilizadas quando ocorre algum problema, (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Cadências do forno da Fábrica IV

Cadência (s)	Cadência (min)	Produção (Vagões/h)	Produção (Vagões/Dia)
420	35	1,7	41,1
450	37,5	1,6	38,4
480	40	1,5	36,0
508	42,3	1,4	34,0
540	45	1,3	32,0
576	48	1,25	30,0
617	51,4	1,2	28,0
720	60	1	24,0
864	72	0,8	20,0

#### **4.1.2. Secador Semi-Contínuo**

As peças cerâmicas sofrem um processo de secagem antes de serem cozidas no forno, reduzindo a sua humidade de 16,5% para cerca de 2% da sua massa. A extração do ar saturado de humidade é conseguida através de dois ventiladores axiais, situados no topo da entrada dos produtos do secador. De modo a atingir este fim, estas passam no interior de um secador semi-contínuo, com 129 m de comprimento, 8,31 m de largura e 4,35 m de altura.

O secador divide-se em 4 partes, reciclagem, admissão 1, admissão 2, admissão principal.

##### Reciclagem

A reciclagem constitui a zona inicial do secador e é caracterizada por ser uma zona bastante húmida, visto ser a primeira zona de secagem com valores de humidade relativa na ordem dos 75%. A maior parte do ar que é injetado nesta zona provém do interior da mesma. Se os níveis de humidade ultrapassarem o *setpoint*, então a sonda de humidade faz com que o servomotor do ar ambiente abra as alhetas da válvula, aspirando ar ambiente por forma a aproximar-se ao valor do *setpoint*. Nesta zona, coexistem dois ventiladores axiais situados no topo da entrada dos produtos do secador, que permitem a extração do ar o exterior.

##### Admissão 1 e 2

A admissão 1 e 2, geralmente, aspiram apenas ar da fábrica aquecendo-o nos seus queimadores, contudo, se a humidade descer abruptamente no seio do secador, são acionados os servomotores dos registos da conduta do ar de recirculação que advêm da zona da reciclagem, aumentando de imediato a humidade. Estes registos funcionam de forma independente, isto é, o da admissão 1 pode estar aberto e o da admissão 2 fechado, e vice-versa.

##### Admissão 3 e Principal

A admissão 3 e principal são zonas menos húmidas que as anteriores e as temperaturas são mais elevadas.

O ar introduzido na admissão 3 advém apenas da fábrica, sendo previamente aquecido no queimador. No entanto, existe uma conduta de aproveitamento para o secador, que se encontra ligada à recuperação do forno. Neste momento está fechada pois em cadências mais elevadas surgiam problemas no produto devido ao excesso de energia nesta zona.

A admissão principal é um pouco mais complexa, pois, para além de aspirar o ar ambiente pode misturá-lo com o ar do secador e com o ar proveniente da via de regresso. Tal como a admissão 3, existe também uma ligação para a recuperação do forno, que, neste momento está encerrada.

## 4.2. Caracterização do Circuito Térmico

O forno da Fábrica IV pode ser dividido em 7 partes, contudo de modo a simplificar o estudo este foi dividido em apenas duas partes: pré-forno e forno. As telhas entram verdes no lado do pré-forno e saem cozidas no final do forno, (Figura 4.1).

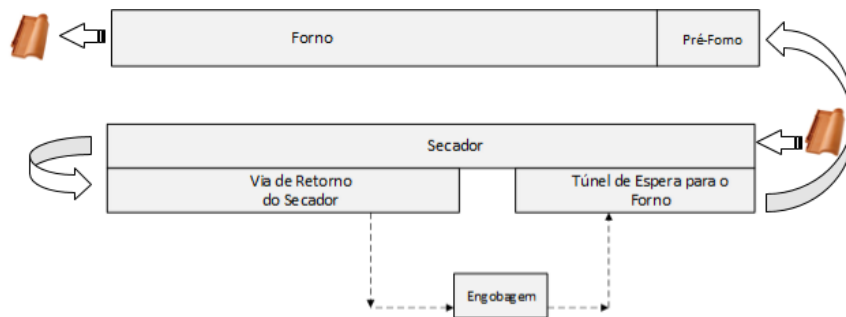


Figura 4.1 – Caracterização do processo de secagem e cozadura das coberturas cerâmicas

Antes de abandonarem o forno é injetado ar à temperatura ambiente por forma a aproveitar o calor residual presente nas telhas. Este fluxo segue pela conduta da contrapressão onde parte pode seguir para o secador e outra parte para o pré-forno. Como foi acionado o comando para as válvulas do secador estarem fechadas, então este fluxo de energia segue apenas para o pré-forno. Esta zona para além de admitir ar da contrapressão, admite também ar da recirculação do próprio pré-forno misturando-os com o ar ambiente. Esta mistura é depois aquecida pelo queimador e introduzida dentro do pré-forno. A outra parte do ar de recirculação do pré-forno é então enviada para o Túnel de Espera do forno que tem a função de garantir que as telhas não absorvam humidade presente no ar da fábrica. A zona do secador é dividida em 4 partes, contudo são propostas alterações, apenas na admissão 3 e na principal, (Figura 4.2).

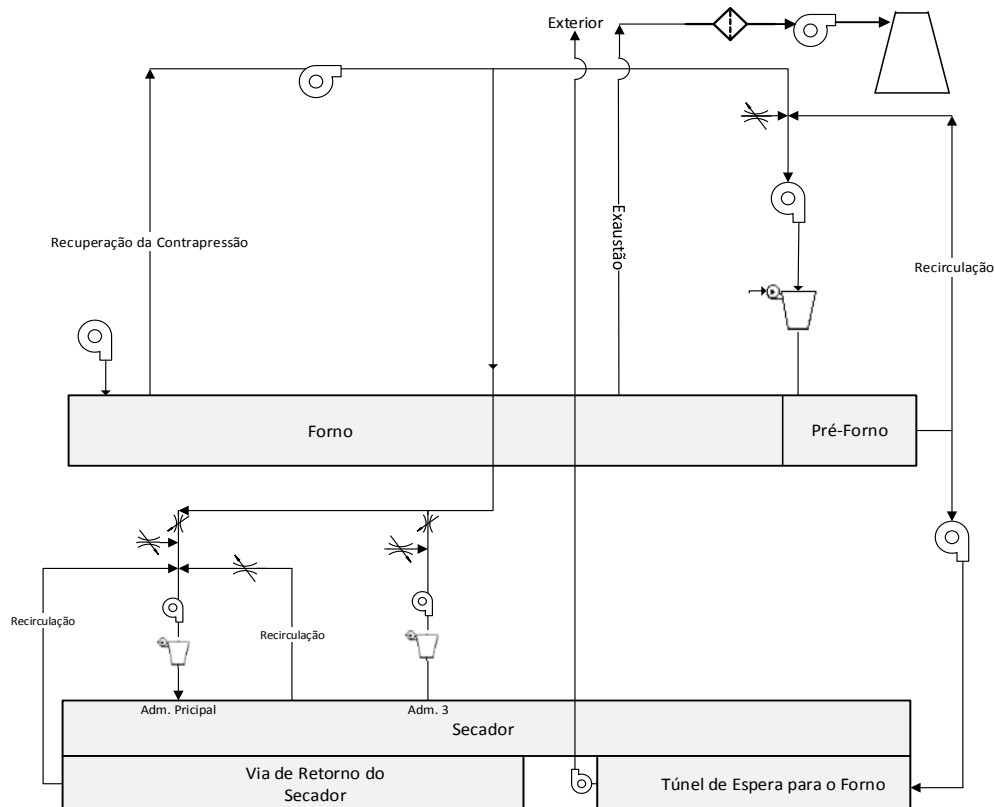


Figura 4.2 - Simplificação do funcionamento do forno e do secador da Fábrica IV

### 4.2.1. Determinação de Caudais de Temperaturas

#### Metodologia

De modo a caracterizar os fluxos energéticos do circuito, temperatura e caudal, recorreu-se a um aparelho multifunções, AMI 301 da marca Kimo Konstruteur, (Figura 4.3). Este aparelho permite acoplar diversos acessórios, tubo de pitot com um termopar, sonda termo-higrométrica, anemómetro entre outros [12]. Contudo, possui algumas limitações, pelo que se salienta o facto da sonda termo-higrométrica suportar apenas temperaturas até aos 80 °C impossibilitando a monitorização do caudal em algumas condutas implicando a inexistência de balanços de humidade ao circuito.

Por fim salienta-se que a última calibração dos instrumentos foi efetuada em 2006.



Figura 4.3 - Dispositivo multifunções AMI 301 - Kimo Konstruteur [12]

Os caudais foram, sempre que possível, monitorizados seguindo o documento ASHRAE HANDBOOK – 1993 FUNDAMENTALS [13], (Figura 4.4). Note-se este documento indica para que a monitorização seja elaborada em pelo menos em duas direções. Contudo, tal implicaria fazer dois furos nas condutas, pelo que os escoamentos foram medidos apenas numa direção.

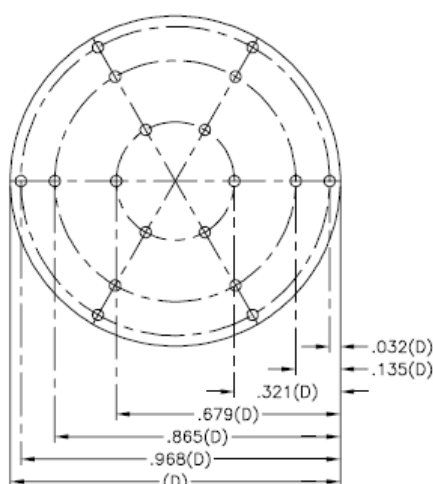


Figura 4.4 – Metodologia para medição dos caudais [13]

Os escoamentos que não poderiam ser monitorizados recorrendo ao dispositivo, foram calculados com recurso a balanços de energia e balanços mássicos. Para uma percepção detalhada da obtenção dos caudais, e por forma a dar a conhecer o funcionamento da

instalação ao interlocutor mais pormenorizada, decidiu-se dividir a instalação por áreas e caracterizá-las individualmente:

- Pré-forno
- Admissão principal e admissão 3
- Extração dos gases de exaustão e extração do túnel de espera

### Pré-forno

O pré-forno, devido ao cruzamento de fluxos energéticos é uma zona de difícil análise, (Figura 4.5), pois existe a mistura de caudais provenientes de 3 fontes diferentes, Recuperação da Contrapressão, Ar Novo aspirado da Fábrica e ar proveniente da Recirculação do pré-forno, representados, respetivamente, por  $\dot{m}_1$ ,  $\dot{m}_2$  e  $\dot{m}_3$ .

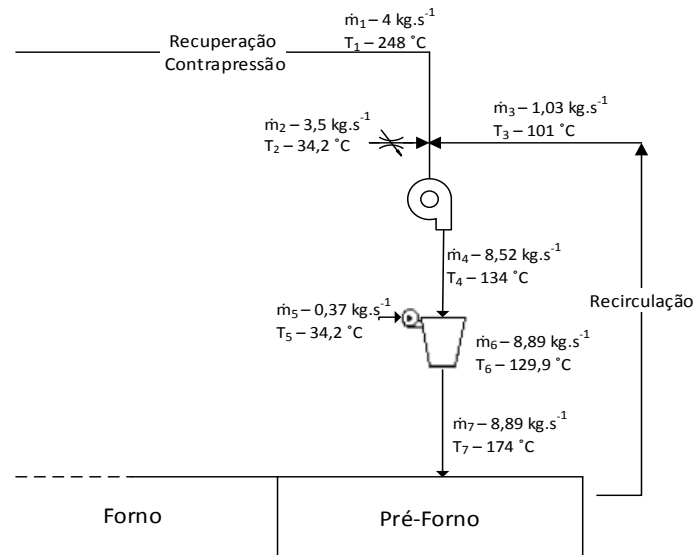


Figura 4.5 - Caracterização dos fluxos de energia no pré-forno

Os caudais e temperaturas,  $\dot{m}_1$ ,  $\dot{m}_3$ ,  $T_1$  e  $T_3$ , foram monitorizados com recurso ao tubo de pitot, com integração de um termopar. Para o efeito, foram perfuradas as condutas nas zonas de dilatação. Para a monitorização do ar ambiente,  $\dot{m}_2$  e  $T_2$ , foi necessária a construção de uma conduta, (Figura 4.6), pois a aspiração é feita diretamente por uma válvula de alhetas, o que dificulta a monitorização do caudal.



Figura 4.6 - Conduta desenvolvida na CS - Coelho da Silva, S.A. para determinar o caudal de ar novo no pré-forno

A obtenção do caudal e temperatura do ventilador do forno,  $\dot{m}_5$  e  $T_5$ , foi determinada através do anemómetro que também monitorizava a temperatura. Os caudais e temperaturas,  $\dot{m}_4$ , e  $T_4$ ,  $\dot{m}_5$ ,  $T_5$  e  $\dot{m}_6$  foram calculados através de balanços energéticos e mássicos. Por fim, a temperatura  $T_7$  foi medida com um termopar à saída do queimador. Devido à impossibilidade de monitorizar a humidade e o teor de gás, assumiu-se a inexistência dos mesmos.

### Balanço Mássico ao Pré-forno

O caudal de recirculação e o caudal à entrada do pré-forno foram determinados do seguinte modo:

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 + \dot{m}_3 - \dot{m}_4 = 0 \Leftrightarrow 4 + 3,5 + 1,03 = 8,52 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$\therefore$  Concluiu-se que a mistura toma o valor de  $8,52 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ . Contudo dentro do queimador é adicionado ar para a queima que se encontra à temperatura ambiente que terá de ser contabilizado.

De modo a contabilizar o ar adicionado para a queima, recorreu-se ao anemómetro, constatando-se que eram adicionados  $0,37 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$  a uma temperatura de  $34,2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$\dot{m}_4 + \dot{m}_5 = 8,52 + 0,37 = 8,89 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

Após determinado o caudal de ar, determinou-se a temperatura do mesmo:

$$\begin{aligned} \dot{m}_4 \times \overline{cp}(T) \times (T_4 - T_{ref}) + \dot{m}_5 \times \overline{cp}(T) \times (T_5 - T_{ref}) - \dot{m}_6 \times \overline{cp}(T) \times (T_6 - T_{ref}) &= 0 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 8,52 \times 1,005 \times (134 - 20) + 0,37 \times 1,005 \times (34,2 - 20) - 8,89 \times 1,005 \times (T_6 - 20) &= 0 \\ T_6 &= 129,9 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$\therefore$  Posto isto, os fluxos de energia do pré-forno ficaram caracterizados, mais tarde recorrer-se-á a estes valores para calcular a potência térmica utilizada pelo queimador do pré-forno. Foi desprezado a quantidade de gás natural introduzida visto não existir forma de a calcular.



### Admissão Principal e Admissão 3

O caudal de ar que é introduzido na admissão principal deriva da junção de uma recuperação da via de retorno do secador,  $\dot{m}_{15}$ , de uma recirculação do secador,  $\dot{m}_{16}$ , da adição de ar novo,  $\dot{m}_{14}$  e uma pequena parte da recuperação de contrapressão,  $\dot{m}_{13}$ , caudal que deriva do forno. Esta mistura origina o caudal  $\dot{m}_{17}$  que se assumiu ser o mesmo à saída do queimador,  $\dot{m}_{18}$ . Contudo, sabe-se que será adicionado mais algum caudal resultante do ventilador do queimador, no entanto, não se conseguiu medir esse caudal devido à posição do ventilador.

Os valores dos caudais e temperaturas,  $\dot{m}_8$  e  $T_8$ ,  $\dot{m}_{13}$  e  $T_{13}$ ,  $\dot{m}_{15}$  e  $T_{15}$ ,  $\dot{m}_{17}$  e  $T_{17}$  foram determinados recorrendo ao tubo de Pitot com um termopar, conetados ao dispositivo multifunções, (Figura 4.7). Foram elaborados furos nas condutas e as medições foram efetuadas com a norma supramencionada. É de salientar que os caudais  $\dot{m}_8$ ,  $\dot{m}_{13}$  e  $\dot{m}_9$  deveriam ser nulos, pois as válvulas estão programadas para estarem fechadas, contudo, a depressão nos ventiladores é de tal ordem que estas são forçadas a abrir. Os restantes caudais e temperaturas  $\dot{m}_{16}$  e  $T_{16}$ ,  $\dot{m}_9$  e  $T_9$ ,  $\dot{m}_{11}$  e  $T_{11}$  e  $\dot{m}_{12}$  foram calculados com recurso a balanços mássicos e energéticos. Como não se conseguiu mensurar a humidade produzida com a queima nos queimadores, não foram efetuados balanços de humidade.

A admissão 3 foi monitorizada de forma semelhante à admissão principal, contudo, o caudal a ser aquecido pelo queimador é a junção de apenas dois caudais, o caudal de ar novo  $\dot{m}_{10}$  e parte do caudal da contrapressão  $\dot{m}_9$ . Também neste caso seria espetável que o caudal de ar proveniente da contrapressão fosse nulo, contudo devido à depressão do ventilador, algum caudal da contrapressão é aspirado para a admissão 3.

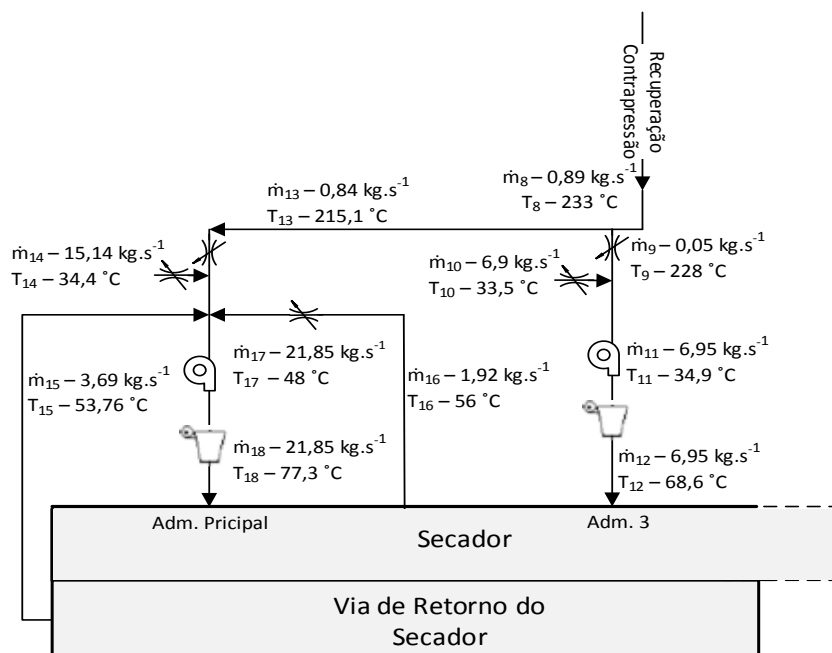


Figura 4.7 - Caracterização dos caudais na admissão principal e admissão 3

A admissão de ar novo na admissão 3 e principal são reguladas por uma válvula de alhetas, pelo que se deveria ter construído uma conduta para monitorizar o caudal. Contudo estas válvulas estão ligadas a um silenciador, que, devido à sua dimensão, impediu a sua construção, deste modo tamponou-se dois dos orifícios com geometrias irregulares e mediu-se o caudal em caudal nas secções retangulares, (Figura 4.8), recorrendo ao anemómetro e fez-se a média.



Figura 4.8 - Preparação para a medição do caudal e ar novo na admissão principal

#### Balanço Mássico à Admissão Principal

O caudal que está a ser aquecido pelo queimador da admissão principal,  $\dot{m}_{17}$ , é composto por parte do caudal da contrapressão,  $\dot{m}_{13}$ , ar novo,  $\dot{m}_{14}$ , caudal da via de retorno  $\dot{m}_{15}$ , caudal da recirculação do secador,  $\dot{m}_{16}$ . Calculou-se, então, o caudal e a temperatura antes do queimador deste modo:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{m}_{13} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{13} - T_{ref}) + \dot{m}_{14} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{14} - T_{ref}) \\ + \dot{m}_{15} \times \bar{c}_p(T) \times \bar{c}_p(T) + \dot{m}_{16} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{16} - T_{ref}) \\ - \dot{m}_{17} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{17} - T_{ref}) = 0 \\ \\ \dot{m}_{13} + \dot{m}_{14} + \dot{m}_{15} + \dot{m}_{16} - \dot{m}_{17} = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,84 \times 1,006 \times (215,1 - 20) + 15,4 \times 1,005 \times (34,4 - 20) \\ + 3,69 \times 1,005 \times (57,8 - 20) + 2,18 \times 1,005 \times (56 - 20) \\ - \dot{m}_{17} \times 1,005 \times (T_{17} - 20) = 0 \\ \\ \dot{m}_{17} = 0,84 + 15,4 + 3,69 + 2,18 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{17} = 48 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \dot{m}_{17} = 21,59 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \end{array} \right.$$

A mistura de caudais toma o valor de  $21,59 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  e tem uma temperatura de  $48 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### Balanço Mássico à Admissão 3

Após medidos os caudais, calculou-se a mistura  $\dot{m}_{11}$  assim como a temperatura adjacente, do seguinte modo:

$$\begin{cases} \dot{m}_9 \times \bar{c}_p(T) \times (T_9 - T_{ref}) + \dot{m}_{10} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{10} - T_{ref}) + \\ \quad - \dot{m}_{11} \times \bar{c}_p(T) \times (T_{11} - T_{ref}) = 0 \\ \\ \dot{m}_9 + \dot{m}_{10} - \dot{m}_{11} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0,05 \times 1,007 \times (228 - 20) + 6,9 \times 1,005 \times (33,5 - 20) + \\ \quad - \dot{m}_{11} \times 1,005 \times (T_{11} - 20) = 0 \\ \\ \dot{m}_{11} = 0,05 + 6,9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{11} = 34,9 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \dot{m}_{11} = 6,95 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases}$$

O ar a ser aquecido pelo permutador de calor tem um caudal de  $6,95 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$  e está a uma temperatura de  $34,9 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### **Gases de Exaustão e Gases da Extração do Túnel de Espera**

Para determinar as temperaturas e caudais dos gases de exaustão, fizeram-se várias monitorizações nas duas tomadas da chaminé, com o tubo de Pitot acoplado ao dispositivo. Estas medições foram efetuadas ao longo das diferentes cadências no topo da chaminé e verificou-se que os caudais variavam de acordo com as cadências. O caudal e a temperatura apresentada na Figura 4.9 resultam da média ponderada destes ao longo das diferentes cadências. A monitorização da extração do túnel de espera,  $\dot{m}_{19}$  e  $T_{19}$ , foi efetuada recorrendo a um furo na conduta e mediram-se os caudais, com o dispositivo multifunções de acordo com a norma já referenciada.

A energia disponível nos gases de exaustão varia com a cadência, pois nas cadências 420 e 450 existe um maior fluxo energético à saída da chaminé. Este acontecimento deve-se ao facto de o forno estar na sua produção nominal, como tal, coze mais produtos por hora, o que obriga a temperaturas mais elevadas no seu interior. Para além das temperaturas serem mais elevadas também existe um aumento do caudal de gases de exaustão. Devido a estas variações foi elaborado um modelo que permite determinar a energia presente nos gases de acordo com a produção, (Anexo A1).

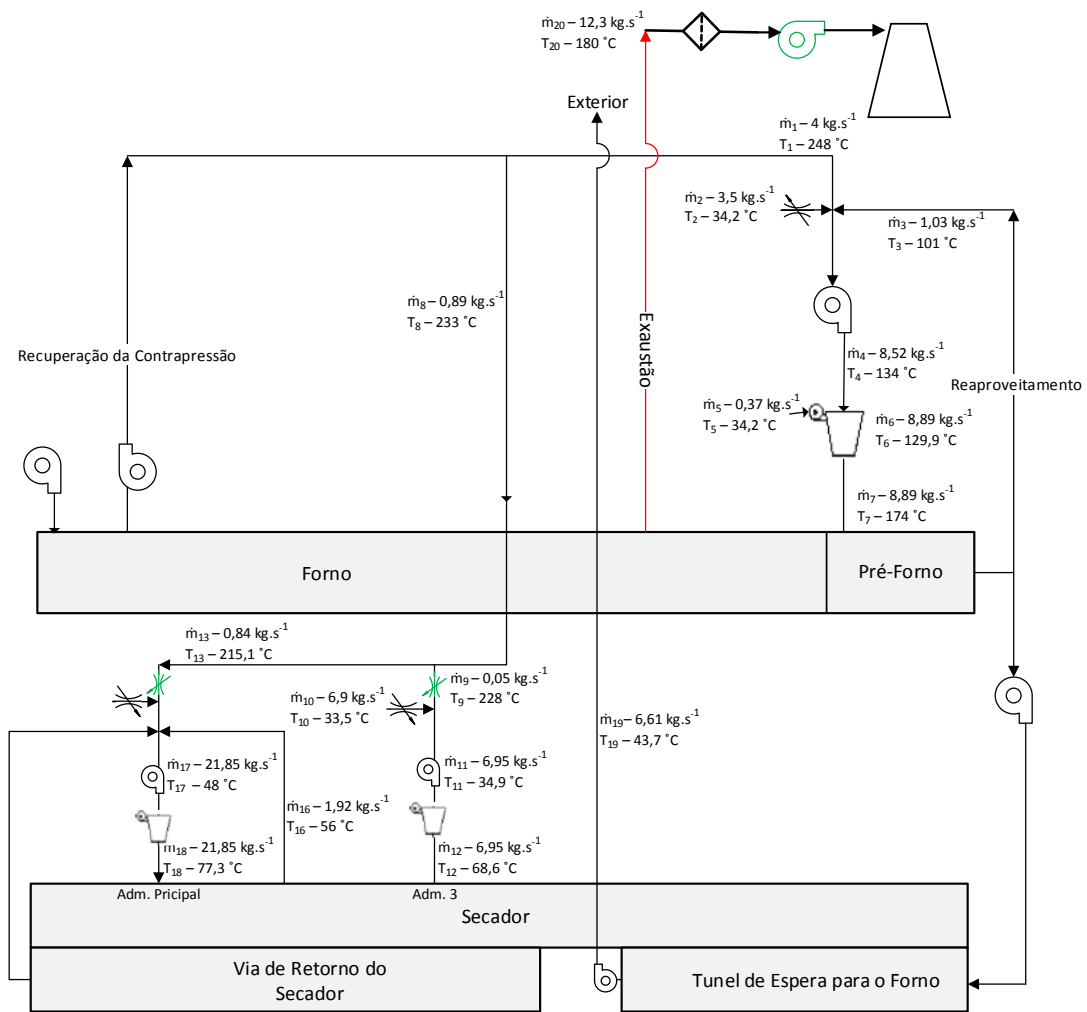


Figura 4.9 - Simplificação do circuito térmico do forno e do secador da Fábrica IV com as respetivas temperaturas e caudais

### 4.3. Dimensionamento do Permutador de Calor

Ao monitorizar os gases de exaustão do forno verificou-se a existência de potencial térmico. Contudo, devido à presença de enxofre, resultante das perlites existentes na matéria-prima, não é seguro reintroduzir os gases no forno, pelo que, será necessária a inclusão de um permutador de calor ar/ar de modo a recuperar a energia presente nos gases de exaustão sem que exista mistura dos fluidos, (Figura 4.10).

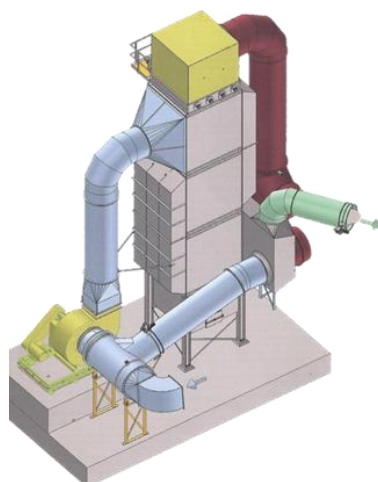


Figura 4.10 - Permutador de calor ar/ar

#### 4.3.1. Monitorização e Avaliação dos Gases de Exaustão

O primeiro estudo a ser elaborado foi verificar a possibilidade de recuperar o calor residual proveniente dos gases de exaustão, de modo a pré-aquecer o ar novo que é admitido no pré-forno. Para tal consultou-se a última auditoria elaborada aos gases de exaustão que data de 2012, onde se pode constatar na Tabela 4.2, que os gases têm uma temperatura e um caudal mássico, na ordem dos 185 °C e 45.845 kg.h<sup>-1</sup>, respetivamente.

Tabela 4.2 - Características dos gases de exaustão [14]

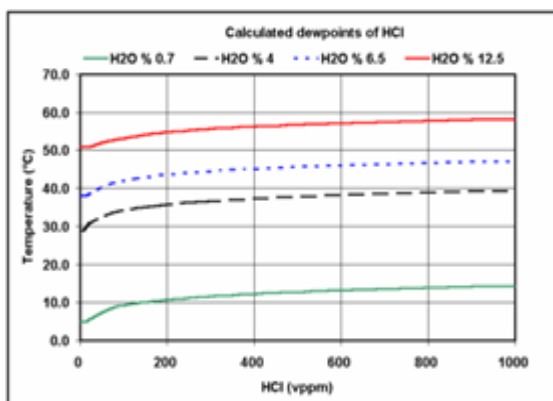
Caraterísticas dos Gases de Exaustão			
Temperatura dos Gases de Exaustão (°C)	185,2	+/-	7,7
Pressão Absoluta (kPa)	99,82	+/-	5,91
Humidade (% v/v)	4,5	+/-	0,76
Velocidade (m/s)	15,31	+/-	0,87
Caudal Efetivo (Am <sup>3</sup> /h)	62.332	+/-	3.576
Massa Específica (kg <sub>efluente</sub> /Nm <sup>3</sup> )	1,26	+/-	0,004
Caudal Mássico (kg <sub>efluente</sub> /h)	45.845	+/-	2.642

Na mesma auditoria pódese analisar a concentração de poluentes, (Tabela 4.3). De onde se destaca a concentração do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) que provém da cozedura do barro a temperaturas na ordem dos 400 a 600 °C. [15]

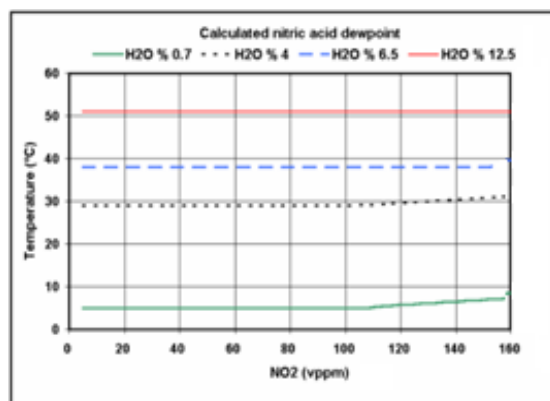
**Tabela 4.3** - Concentração de Poluentes mg.Nm<sup>-3</sup> [14]

Partículas	Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Dióxido de Azoto (NO <sub>2</sub> )	Monóxido de Carbono (CO)	Compostos Inorgânicos Fluorados (HF)	Compostos Inorgânicos Clorados (HCL)
< 4,8	18,8	16,8	10	0,7	< 1,0

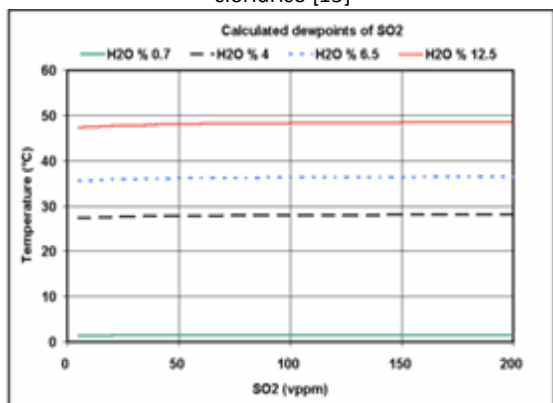
A concentração destes poluentes a determinadas temperaturas pode condensar com a água formando ácidos que podem eventualmente corroer o permutador de calor. Por isso, é necessário ter em conta a temperatura de condensação de cada componente de modo a salvaguardar o máximo de tempo de vida da instalação, como se pode constatar pelas Figura 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14. O trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) ao condensar com a água forma ácido sulfúrico. Este ácido é o que se forma mais cedo, isto é a o que tem o ponto de orvalho a uma temperatura superior [15]. Por este motivo os cálculos do ponto de condensação são tidos em conta apenas para este ácido. Foi solicitada à Galp-energia, no decorrer deste estágio, uma monitorização para determinar a concentração de SO<sub>3</sub>, (Anexo A.2). Contudo não se obteve qualquer resposta, pelo que se solicitou algum aconselhamento à empresa Hellmich, empresa que desenvolve os filtros para os gases de exaustão da CS – Coelho da Silva S.A., que aconselhou a utilização de 10% da concentração do SO<sub>2</sub> para efeitos de cálculo.



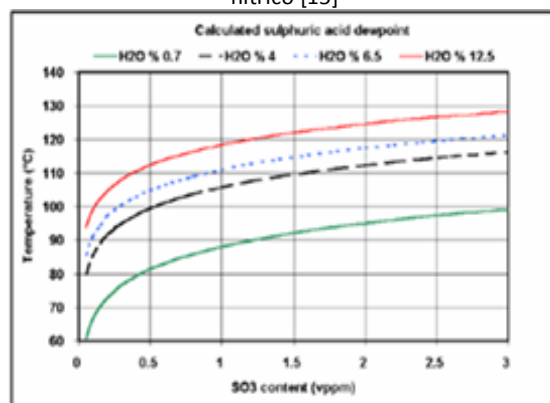
**Figura 4.11** - Temperatura de condensação do ácido clorídrico [15]



**Figura 4.12** - Temperatura de condensação do ácido nítrico [15]



**Figura 4.13** - Temperatura de condensação do dióxido de enxofre [15]



**Figura 4.14** - Temperatura de condensação do trióxido de enxofre [15]

## Cálculo da Temperatura de Orvalho

De modo a calcular a a temperatura de condensação do SO<sub>3</sub> foi utilizada uma fórmula empírica estabelecida por Verhoff & Banchero [16], que relaciona as pressões parciais da água e do SO<sub>3</sub>, do seguinte modo:

$$T_{dew} = \frac{1000}{\{2,276 - 0,0294 \ln(P_{H_2O}) - 0,0858 \ln(P_{SO_3}) + 0,0062 \ln(P_{H_2O} \cdot P_{SO_3})\}}$$

Onde,

$T_{dew}$  – Temperatura de condensação, K

$P_{H_2O}$  – Pressão parcial da água, mm<sub>Hg</sub>

$P_{SO_3}$  – Pressão parcial do trióxido de enxofre, mm<sub>Hg</sub>

Para calcular a temperatura de condensação, é necessário efetuar o cálculo das pressões parciais da água e do SO<sub>3</sub>, estas pressões têm de ser expressas em milímetros de mercúrio e foram obtidas recorrendo à equação dos gases perfeitos.

Antes de se proceder aos cálculos da temperatura de condensação, é necessário converter as unidades de metros cúbicos operacionais para metros cúbicos operacionais recorrendo à equação dos gases perfeitos:

$$PV = nR^*T$$

Como o gás a analisar é o mesmo, poderemos apresentar a equação do seguinte modo

$$\frac{P_N V_N}{T_N} = \frac{P_O V_O}{T_O}$$

Substituindo:

$$\frac{101.325 \times 1}{273,15} = \frac{99.820 V_O}{(180 + 273,15)} \leftrightarrow V_O = 1.7 m^3$$

∴ Um metro cúbico normal equivale a 1,7 m<sup>3</sup> nas condições a que estão os gases na conduta.

Então,

$$18,8 \frac{mg}{Nm^3} = \frac{18,8}{1,7} = 11,6 \frac{mg}{m^3}$$

Como referido pela Hellmich, 5 a 10% do SO<sub>2</sub> é convertido em SO<sub>3</sub>, nos cálculos seguintes assume-se os 10%, de modo a garantir alguma segurança.

Concentração de SO<sub>3</sub>,

$$SO_3 = 0,1 \times 11,6 = 1,11 \frac{mg}{m^3} = 1,6 \times 10^{-6} \frac{Kg}{m^3}$$

### Pressão Parcial do SO<sub>3</sub>

Sabendo que a concentração de SO<sub>2</sub> é de 11,6 mg.m<sup>-3</sup>, aconselhados pela Hellmich, assumiu-se que 10% da concentração mássica de SO<sub>2</sub> é convertido em SO<sub>3</sub>, então:

$$C_i[PPm] = C_{mi} \times \frac{RT}{PM_{molar}}$$

Onde,

$C_i$  – Concentração, ppmv

$C_{mi}$  – Massa volúmica, mg.m<sup>-3</sup>

$R$  – Constante dos gases perfeitos, m<sup>3</sup>.Pa.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>

$T$  – Temperatura dos gases, K

$p$  – Pressão dos gases, Pa

$M_{molar}$  – Massa molar do componente, g.mol<sup>-1</sup>

Então,

$$1,16 \times \frac{8,314 \times (273,15 + 180)}{99.820 \times 80 \times 10^{-3}} = 0,547 \text{ ppm}$$

Determinação da pressão parcial:

$$V_i/V = P_i/P = n_i/n$$

$$p_{SO_3} = 0,547 \times 10^{-6} \times 99.820 = 0,05460 \text{ Pa} = 0,00041 \text{ mmHg}$$

### Pressão Parcial da Água

Para o cálculo da pressão parcial da água utilizou-se a Lei de Dalton, visto na auditoria estar presente o teor de humidade em percentagem por volume.

$$p_{total} = p_{CO_2} + p_{H_2O} + p_{N_2} + p_{CO} + p_{SO_2} + p_{SO_3} \dots$$

$$p_{H_2O} = \%V \times p_{Total}$$

$$p_{H_2O} = 0,045 \times 99.820 = 4491,9 \text{ Pa} \leftrightarrow 33,69 \text{ mmHg}$$

Após determinadas as pressões parciais, determinou-se a temperatura de condensação:

$$T_{dew} = \frac{1000}{\{2,276 - 0,0294 \ln(33,69) - 0,0858 \ln(0,00041) + 0,0062 \ln(33,69 \times 0,00041)\}} = 355,2 \text{ K}$$

∴ A temperatura de condensação do ácido sulfúrico ronda os 355,2 K o equivalente a cerca de 82 °C, este valor está em linha com o representado no gráfico da Figura 4.14). Contudo, os gases de exaustão não devem sair do permutador a 82 °C, pois se tal acontecesse haveria condensação nas paredes dos tubos, o que os iria corroer o permutador de calor e a chaminé. Assim, mais uma vez, consultou-se a empresa Hellmich que, de acordo com os resultados das auditorias ambientais, aconselhou como temperatura de saída do permutador 135 °C.



## Avaliação do Potencial Térmico dos Gases de Exaustão

Como o forno trabalha a diversas cadências e o ventilador oscila a sua velocidade de acordo com a cadência então concluiu-se que os dados da auditoria não permitiam uma análise suficientemente fina, pelo que se decidiu monitorizar os gases de exaustão ao longo de todas as cadências. Como se verificou que os caudais eram diferentes durante o impulso, pois o ventilador decresce a sua velocidade, foram elaboradas as monitorizações à velocidade nominal do ventilador e durante o impulso, dando origem à Tabela 4.4.

Após caracterizar as cadências de acordo com a energia presente nos gases, determinou-se a percentagem de cada cadência ao longo do ano. Desenvolveu-se um modelo dinâmico em *Excel*, que admite variar a percentagem das cadências, que corresponde à produção do forno, permitindo determinar qual o potencial de energia que poderá ser aproveitado. A tabela inframencionada apresenta um dos cenários simulados para a análise de viabilidade aproveitamento térmico dos gases de exaustão. Os dados apresentados correspondem ao valor do potencial disponível para este ano, de acordo com o funcionamento da fábrica desde o início do ano até ao final do estágio. No decorrer do trabalho são apresentados mais dois cenários, resultantes da simulação das diferentes produções da fábrica.

**Tabela 4.4** - Resultado da monitorização dos gases de exaustão

Cenário 2014									
Cadência	420	450	480	508	540	576	617	720	864
<b>Funcionamento (%)</b>	29,50	1,00	42,00	3,50	1,50	14,50	1,00	7,00	0,00
<b>t<sub>imp</sub> (s)</b>	85	85	85	85	85	85	85	85	
<b>t<sub>func</sub> (s)</b>	335	365	395	423	455	491	532	635	
<b>T<sub>in</sub> (°C)</b>	199	191,5	186,7	176,8	178,3	174,3	172	171,9	
<b>*T<sub>out</sub> (°C)</b>				135					
<b>m<sub>func</sub> (kg/s)</b>	13,1	12,4	11,8	11,7	10,2	9,6	9,8	8,9	N/A
<b>m<sub>imp</sub> (kg/s)</b>	10,1	9,2	9,1	6,9	7,7	7,5	7,7	5,8	
<b>cp (kJ/(kg.K))</b>	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	
<b>P<sub>catência</sub> (kW)</b>	802,3	669,2	587,1	457,2	425,9	366,4	352,9	316,2	
<b>P<sub>total</sub> (kW)</b>					<b>591,1</b>				

\*T<sub>out</sub> – Temperatura de saída imposta pela Hellmich imposta à saída do permutador

### 4.3.2. Caracterização do Permutador de Calor

Foi dimensionado um permutador de calor ar/ar com um escoamento cruzado, em conjunto com a empresa Hellmich, (Anexo A.3). O permutador tem como função transferir alguma da energia térmica presente nos gases de exaustão para o ar novo, que será introduzido no pré-forno, sem que exista mistura entre os fluidos. O dispositivo será integrado no circuito dos gases de exaustão e ficará imediatamente antes do filtro, (Figura 4.15).

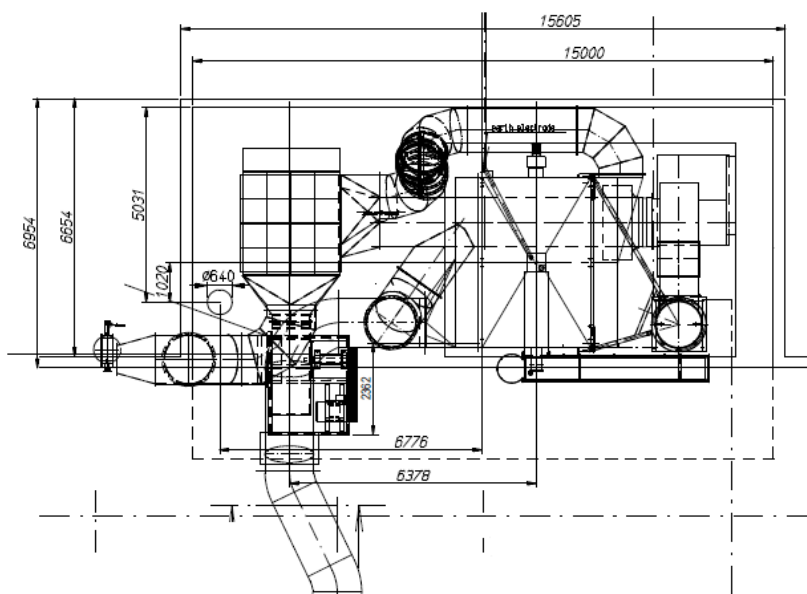


Figura 4.15 - Desenho técnico da instalação do permutador de calor

Após monitorizados os gases de exaustão, foram enviados esses dados para a Hellmich, que indicou uma determinada área para a troca térmica, perda de carga, temperatura e o caudal à saída do permutador, (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Dados técnicos do permutador de calor fornecidos pela Hellmich

Dados Técnicos do Permutador de Calor	
<b>Caudal dos gases de exaustão</b> (kg/s)	12,3
<b>Temperatura à entrada dos gases de exaustão</b> (°C)	180
<b>Temperatura à saída dos gases de exaustão</b> (°C)	135
<b>Temperatura à entrada do Permutador</b> (°C)	110
<b>Temperatura à saída do Permutador</b> (°C)	140
<b>Caudal à saída do permutador</b> (kg/s)	4,9
<b>Potência térmica do permutador</b> (kW <sub>th</sub> )	562
<b>Perda de carga circuito quente</b> (dPa)	50
<b>Perde de carga circuito frio</b> (dPa)	130
<b>Área</b> (m <sup>2</sup> )	777

Para evitar a degradação do permutador de calor, devido à formação de condensados, este permutador possuiu um sistema de recirculação de ar,  $\dot{m}_r$ , utilizando um termómetro de resistência, de modo a que a operação do permutador de calor tenha lugar acima do ponto de condensação do  $\text{SO}_3$ , (Figura 4.16). Este processo consiste em misturar parte do ar quente à saída do permutador,  $\dot{m}_r$  e adicioná-lo ao ar novo,  $\dot{m}'_2$ . Este processo possui um conjunto de termómetros que permite avaliar as condições de operação do permutador. Se a temperatura dos gases de exaustão diminuir por algum motivo, a válvula que controla a entrada no pré-forno restringe de imediato o caudal. Deste modo, o permutador encontra-se a operar sempre acima da temperatura do ponto de orvalho, contudo, tem-se um consumo acrescido de energia elétrica por parte do ventilador.

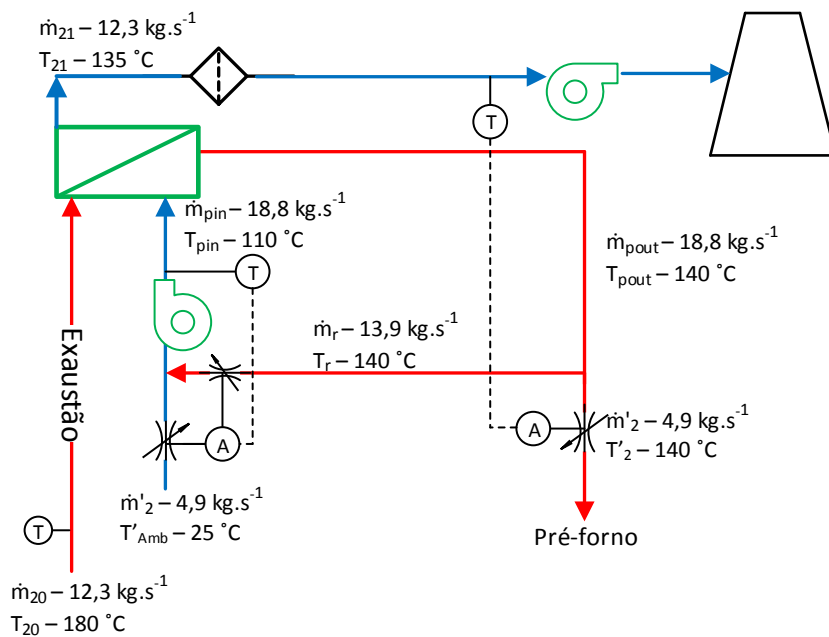


Figura 4.16 - Esquema recirculação de ar quente do permutador de calor

Como o valor da recirculação não foi apresentado pela Hellmich, procedeu-se ao seu cálculo:

$$\begin{cases} \dot{m}_p \times \overline{c_p}(T) \times (T_p - T_{ref}) = \dot{m}'_2 \times \overline{c_p}(T) \times (T_2 - T_{ref}) + \dot{m}_r \times \overline{c_p}(T) \times (T_r - T_{ref}) \\ \dot{m}_p = \dot{m}'_2 + \dot{m}_r \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dot{m}_p \times 1,005 \times (110 - 20) = 4,9 \times 1,005 \times (25 - 20) + \dot{m}_r \times 1,005 \times (140 - 20) \\ \dot{m}_p = 4,9 + \dot{m}_r \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dot{m}_r = 13,9 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \\ \dot{m}_p = 18,8 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1} \end{cases}$$

∴ Para evitar a formação de condensados, é necessário adicionar  $13,9 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  de ar a  $140 \text{ }^\circ\text{C}$  aos  $4,9 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$  aspirados no ambiente.

## Temperatura de Parede

O permutador é constituído por 4.354 tubos de 33,6 mm de diâmetro externo e com uma espessura de 2,6 mm. O seu comprimento é de 2 m, perfazendo uma área total de 777 m<sup>2</sup>. Como o caudal de recirculação de ar novo é superior, devido ao sistema de recirculação, então os gases de exaustão circulam pelo interior dos tubos.

O caudal médio é de 58.550 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> à saída da conduta, o que implica que por cada tubo passem sensivelmente:

$$\dot{V}_{Tubo} = \frac{58.550}{4.354} = 13,45 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 3,74 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Então, determinou-se a velocidade do escoamento no interior dos tubos do permutador:

$$v = \frac{\dot{V}_{Tubo}}{A_{Tubo}} = \frac{\dot{V}_{Tubo}}{\pi \times r^2} = \frac{3,74 \times 10^{-3}}{\pi \times 14,2 \times 10^{-3}^2} = 5,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Após definida a velocidade no interior dos tubos do permutador, determinou-se o número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{v d}{\vartheta} = \frac{5,9 \times 28,4 \times 10^{-3}}{26,43 \times 10^{-6}} = 6.339,7$$

Com o número de Reynolds determinou-se o número de Nusselt para determinar o coeficiente de convecção no interior dos tubos do permutador [17]:

$$Nu = 0.023 Re_D^{0,4} \times Pr^{0,3} = 0,023 \times 6.161,4^{0,4} \times 0,695^{0,3} = 22,69$$

$$h_{ar} = \frac{Nu \cdot k_{ar}}{D} = \frac{22,69 \times 0,0343}{28,4 \times 10^{-3}} = 27,41 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}$$

Por fim, determinou-se a temperatura de parede no lado dos gases de exaustão [17]:

$$\begin{aligned} \frac{T_s - T_m(x)}{T_s - T_{m,ent}} &= \exp\left(-\frac{Px}{\dot{m}c_p} h_{ar}\right) \leftrightarrow \frac{T_s - 135}{T_s - 180} = \exp\left(-\frac{\pi \times 28,4 \times 10^{-3} \times 2}{\frac{12,3}{4.354} \times 1.017} \times 27,41\right) \leftrightarrow T_s \\ &= 124,9^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Como seria expectável, (Figura 4.17), a temperatura de parede teria de ser superior a 110 °C, pois, apesar do ar ambiente estar a 20 °C, o sistema de recirculação faz com que este entre no permutador a 110 °C, minimizando a condensação e a criação de ácidos que colocariam em causa o tempo de vida do permutador de calor. Contudo, esta recirculação representa um acréscimo do consumo de energia elétrica por parte do ventilador.

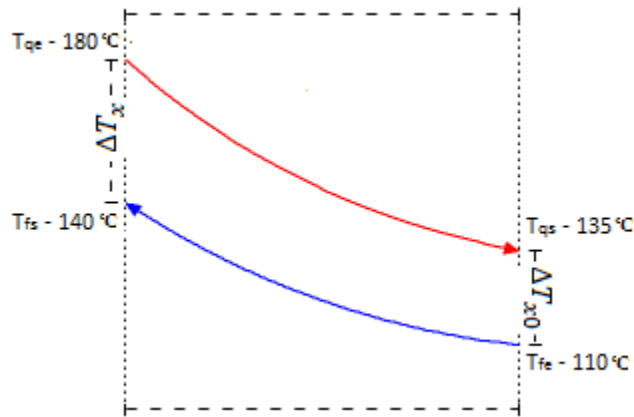


Figura 4.17 - Evolução das temperaturas no Interior do permutador de calor

A temperatura de condensação determinada no cap. 4.3.1 é de cerca de 107 °C, de acordo com os cálculos presentes no capítulo 4.3.1. Ao obter uma temperatura de parede de 110 °C garante-se alguma segurança no que respeita à formação de ácidos. Ao impor uma temperatura de saída dos gases de exaustão de 135 °C garante-se que não ocorre condensação. Porém, corre-se o risco de não aproveitar todo o potencial energético disponível nos mesmos.

#### Determinação da Eficiência [18]

Devido ao sistema de recirculação de ar deste permutador de calor, convém fazer uma ressalva no que respeita ao cálculo da eficiência, pois o ar é pré-aquecido antes de entrar no permutador de calor, pelo que deve analisar-se a eficiência do sistema como um todo (Permutador + Recirculação do Permutador) e não só da parte do permutador de calor.

Eficiência do Permutador

$$\varepsilon = \frac{T_{fs} - T_{fe}}{T_{qe} - T_{fe}} = \frac{140 - 110}{180 - 110} = 0,429 \approx 42,9\%$$

Eficiência do Sistema

$$\varepsilon = \frac{T_{fs} - T_{amb}}{T_{qe} - T_{amb}} = \frac{140 - 25}{180 - 25} = 0,742 \approx 74,2\%$$

### 4.3.3. Integração do Permutador de Calor no Circuito

Após conhecidas as características do ar à saída do permutador de calor, decidiu-se, em conjunto com o Eng. ° Celso Pedreiras, que o local mais apropriado seria colocar o ar dentro do pré-forno, visto esta zona não ser muito sensível a oscilações de temperatura e humidade, do ponto de vista do produto.

Ao instalar o permutador de calor, o ar que atualmente é aspirado da fábrica,  $m_2$ , a 34 °C, seria substituído por ar que seria pré – aquecido no permutador cujo caudal seria de 4,9 kg.s<sup>-1</sup> e cuja temperatura seria de 140 °C. De acordo com o balanço mássico, elaborado ao pré-forno, no capítulo 4.3.2., determinou-se que o queimador aquece 8,89 kg.s<sup>-1</sup> de ar dos 129,9 °C para os 174 °C. Posto isto, calculou-se a potência do queimador:

$$\dot{Q}_{\text{Queimador}} = \dot{m}c_p\Delta T = 8,89 \times \left(\frac{1,013 + 1,021}{2}\right) \times (174 - 129,9) = 398,7 \text{ kW}$$

São necessários 398,7 kW<sub>th</sub>, como se pode verificar com a permuta de energia dos gases de exaustão tem-se excesso de calor para o pré-forno, 591 kW<sub>th</sub>. Então, poder-se-á abrir as válvulas, da admissão 3 e principal, representadas a verde na Figura 4.18, aproveitando o excedente de calor.

Calculou-se então qual o caudal a enviar para os secadores:

$$\dot{m}'_1 \times \bar{c}_p(T) \times (T_1 - T_{ref}) + \dot{m}_2 \times \bar{c}_p(T) \times (T_2 - T_{ref}) + \dot{m}_3 \times \bar{c}_p(T) \times (T_3 - T_{ref}) - \dot{m}_6 \times \bar{c}_p(T) \times (T_6 - T_{ref}) = 0$$

$$\dot{m}'_1 \times 1,008 \times (248 - 20) + 4,9 \times 1,005 \times (140 - 20) + 1,03 \times 1,005 \times (101 - 20) - 8,89 \times 1,005 \times (174 - 20) = 0$$

$$\dot{m}'_1 = 3 \text{ kg.s}^{-1}$$

Com o reaproveitamento do permutador de calor, em vez dos 4 kg.s<sup>-1</sup> que eram introduzidos no pré-forno, passam a introduzir-se 3, e é direcionado 1 kg.s<sup>-1</sup> para os secadores, através de uma conduta já existente na fábrica.

Como já foi constatado, embora as válvulas estejam fechadas, circulam cerca de 0,89 kg.s<sup>-1</sup> nas condutas de aproveitamento para os secadores, pelo que, ao adicionar mais esta parcela, obter-se-ia um novo caudal. Após determinado o novo caudal, que deverá ser introduzido no pré-forno, determinou-se o que será aproveitado para os secadores.

$$\dot{m}'_8 = \dot{m}_1 - \dot{m}'_1 + \dot{m}_8 = 4 - 3 + 0,89 = 1,89 \text{ kg.s}^{-1}$$

Deste modo, o circuito térmico passaria a ter uma nova configuração como se pode constatar na Figura 4.18. Salienta-se que é necessária a substituição do ventilador da extração dos gases de exaustão pois este não consegue vencer a perde de carga. Para além disso será necessário adquirir um ventilador para a adição de ar novo na instalação. Os cálculos para a determinação do novo ventilador de extração dos gases de exaustão encontram-se no capítulo 4.3.4.

O ventilador para adição de ar novo foi dimensionado pela Hellmich.

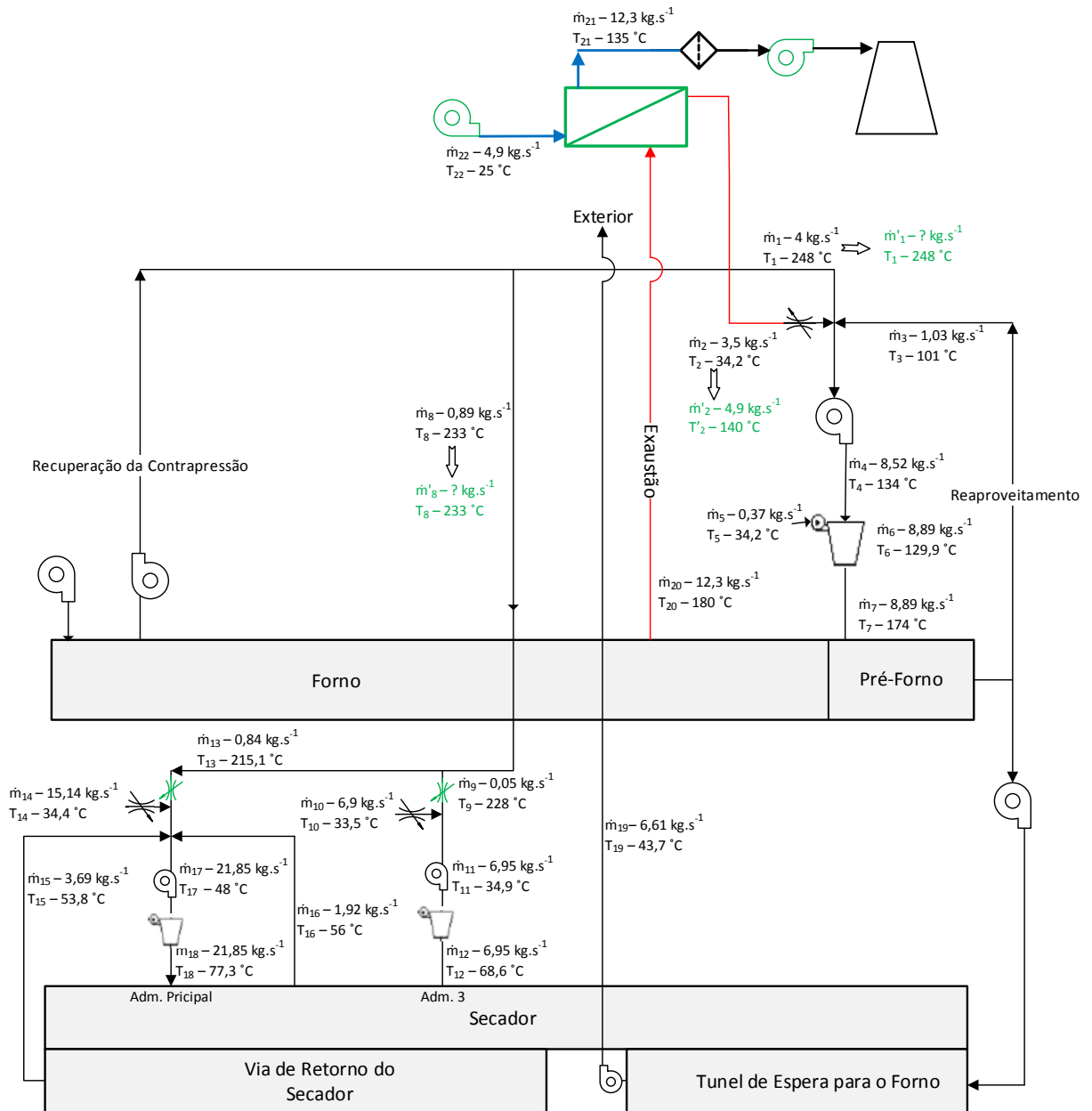


Figura 4.18 - Nova configuração do circuito térmico com a integração do permutador de calor

#### 4.3.4. Verificação do Ventilador e do Motor da Extração dos Gases de Exaustão

Devido ao acréscimo da perda de carga induzida pelo permutador de 500 Pa, valor indicado pela empresa Hellmich, verificou-se se o ventilador e o motor poderiam suportar esta perda de carga.

Mediram-se então as rotações do motor com uma sonda taquimétrica, cujo valor fora de 1.470 rpm. Para este valor, determinaram-se as rotações do ventilador, recorrendo à relação de transmissão, (Figura 4.19):

$$\frac{D_m}{D_v} = \frac{N_v}{N_m} \leftrightarrow \frac{160}{240} = \frac{N_v}{1470} \leftrightarrow N_v = 980 \text{ rpm}$$

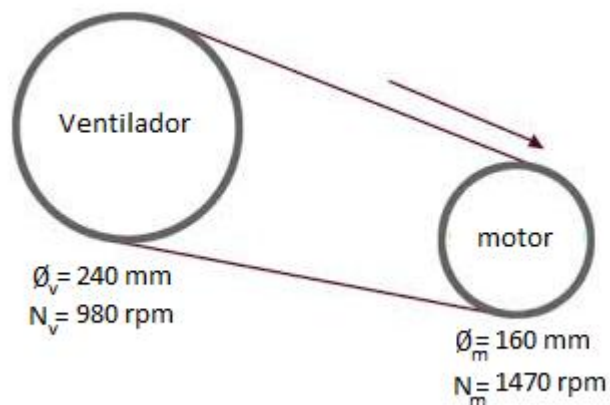


Figura 4.19 - Relação de transmissão entre o motor e o ventilador de extração do forno

Para este valor de rotação, verificou-se qual a depressão conseguida pelo ventilador que toma o valor de 1.112 Pa. Estes valores são para quando o motor está a trabalhar à carga total o que sucede durante grande parte do tempo.

Para as condições acima referidas, calculou-se a potência do motor:

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 66,1 \times 0,87 = 39,8 \text{ KW}$$

O valor da intensidade de corrente foi lido no variador de velocidade, o  $\cos\varphi$  foi lido na chapa característica do motor, (Figura 4.20).

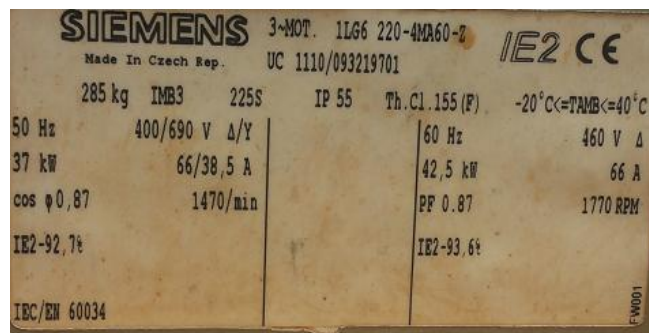


Figura 4.20 - Chapa característica do motor da extração de fumos

Depois do cálculo teórico, efetuou-se o cálculo real recorrendo ao variador de frequência, (Figura 4.21).



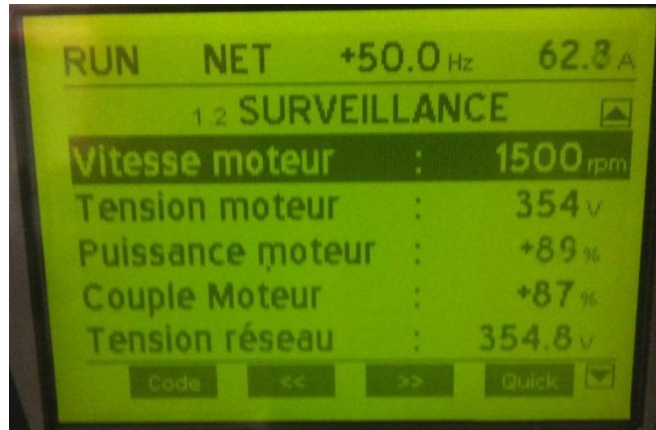


Figura 4.21 - Variador de frequência do motor da tiragem de 37kW

$$P_{Consumida} = P_{Nominal} \times \%_{Consumida} = 37.000 \times 0,89 = 32.930W$$

Como o permutador vem induzir uma perda de carga de 500 Pa, então calculou-se uma nova pressão, que será a pressão que o ventilador terá que vencer no futuro, de modo a manter o caudal de extração dos fumos.

$$p' = p_i + p_{Permutador} = 1.112 + 500 = 1.612 Pa$$

Esta pressão foi verificada para uma temperatura de 180 °C. Com a instalação do permutador de calor, a temperatura decresce para 135 °C, pelo que a pressão também se irá alterar devido à variação da massa específica do ar.

$$p = p_{@180} \frac{\rho_{@135}}{\rho_{@185}} = 1.612 \times \frac{0,865}{0,771} = 1.808,5 Pa$$

Com a pressão acima calculada, determinou-se qual a rotação que poderia satisfazer esta condição:

$$p_f = p_i \left( \frac{N_f}{N_i} \right)^2 \leftrightarrow 1.808,5 = 1.112 \left( \frac{N_f}{980} \right)^2 = 1250 rpm$$

Após o cálculo das rotações, determinou-se qual a polia a utilizar para alcançar este objetivo:

$$\frac{D_m}{D_v} = \frac{N_v}{N_m} \leftrightarrow \frac{160}{D_v} = \frac{1.250}{1.470} = 190 mm$$

De acordo com a nova velocidade, determinou-se a potência necessária. Saliente-se que a potência aumenta com o cubo da velocidade.

$$P_f = P_i \left( \frac{N_f}{N_i} \right)^3 = 32,93 \times \left( \frac{1250}{980} \right)^3 = 68,34 kW$$

Será necessário alterar o motor de 37 kW por um de 75 kW, contudo, ao aumentar as rotações do ventilador atual, este vai ficar a trabalhar ligeiramente acima das rotações máximas definidas pelo fabricante, 1.214 rpm, pelo que foi dimensionado um novo ventilador, (Anexo A.4.). Ao alterar o ventilador, ter-se-á de alterar o motor, assim como o variador de velocidade, (Anexo A.5.).

#### 4.3.5. Análise Energética-Económica

Após dimensionado o permutador de calor, foi criada uma ferramenta em *Excel* que permite a criação de vários cenários, de modo a avaliar a viabilidade económica do projeto, (Anexo A.1). Este modelo económico tem associados os valores de caudais e temperaturas respeitantes a cada cadência, dando a possibilidade ao utilizador variar a percentagem das cadências e avaliar qual o potencial térmico passível de ser aproveitado.

Para a elaboração deste relatório, criaram-se 3 Cenários: Nominal, Pessimista e Cenário 2014. O Cenário Nominal reflete o funcionamento do forno maioritariamente à potência nominal, (cadência de 420), como aconteceu em 2008. O cenário pessimista embora nunca tenha acontecido, é um cenário a ter em conta dado a crise que se avizinha e que representa funcionamento da fábrica a cerca de 80%, (funcionamento do forno maioritariamente com a cadência de 480). Por fim, criou-se o cenário de 2014 que é representativo do funcionamento da fábrica nos primeiros 8 meses do ano. O forno da Fábrica IV começou o ano a funcionar maioritariamente com cadências de 420, depois teve uma quebra, ficando 4 meses a 480, até que foi colocado de novo a 420.

Também a vertente económica foi desenvolvida neste modelo, pois ao determinar a energia que pode ser aproveitada, podem determinar-se as potenciais economias. Como este é um modelo dinâmico, existe também a possibilidade de variar o preço da energia ao longo dos anos, permitindo determinar os tempos de retorno de capital, *payback*, rentabilidades anuais e a 10 anos.

**Tabela 4.6** - Permutador de calor – Quadro energético-ambiental

	<b>Cenário Pessimista</b>	<b>Cenário Nominal</b>	<b>Cenário 2014</b>
<b>Potência Permutador</b> (kW <sub>th</sub> )	519	663	591
<b>Economia Térmica</b> (Tep/ano)	391	499	455
<b>Consumo Elétrico</b> (Tep/ano)	-83	-83	-83
<b>Economia Total</b> (Tep/ano)	308	416	362
<b>Emissões Evitadas</b> (tCO <sub>2</sub> e/ano)	867	1.159	1.014

O cenário que se procura enfatizar é o de 2014, pois é o mais próximo da realidade atual, tendo como objetivo sensibilizar a empresa CS-Coelho da Silva, S.A. para a energia que pode aproveitar. Tendo por base de comparação este ano, se o permutador já tivesse sido instalado, ter-se-ia economizado 455 Tep, perto de 12% do consumo global da fábrica. Contudo, a instalação do permutador implica a adição de um novo ventilador, introdução de ar novo, assim como a substituição do presente ventilador da extração de fumos, uma vez que este não consegue vencer as perdas de carga, por um com uma capacidade superior, pelo que têm de ser contabilizados estes acréscimos de energia elétrica, (Tabela 4.6). Ainda assim, a poupança energética é notória, rondando os 362 tep ou seja 9,6% do consumo global da fábrica. Esta redução energética de gás natural implica uma redução de CO<sub>2</sub> na ordem dos 10,5%. Este valor

não coincide exatamente com os da redução da energia, pois o gás natural e a eletricidade têm fatores de emissão diferentes.

O valor do consumo elétrico foi fornecido pela Hellmich, contudo, este é um valor aproximado e deveria variar com a variação dos caudais, pelo que o que está presente na tabela será apenas uma aproximação.

O permutador de calor tem um investimento de cerca de 127.500 €, contudo, para o seu devido funcionamento são necessários alguns acessórios e licenças que podem ser consultados na Tabela 4.7, cujo valor ronda os 120.000 €, perfazendo um total de 247.470 €. Este é o valor a ser pago à empresa Hellmich. O ponto 5 já não é contabilizado no total deste investimento, pois poder-se-á utilizar a conduta de recuperação para o secador, a fim de desviar o ar da contrapressão para os secadores, caso exista excedente de energia à saída do permutador. O preço das condutas poderá sofrer uma redução, se estas forem adquiridas em Portugal.

**Tabela 4.7** - Investimento do permutador de calor relacionados com a empresa Hellmich

<b>Investimento Inicial</b>	
1. Permutador + Ventilador +Motor	-127.500
2. Regulador de Temperatura	-13.208
3. Controlos elétricos	-7.800
4. Condutas	-17.600
4.1. Válvulas Manuais	-3.662
5. Válvula seletiva para o secador e forno	-5.366
6. Isolamento térmico	-48.900
7. Instalação e supervisão	-14.520
8. Licenciar	-5.600
9. Transporte	-8.680
<b>Total</b>	<b>-247.470 €</b>

Para além dos custos diretos de investimento (Tabela 4.7), existem outros custos que ficam a cargo do cliente, (Tabela 4.8) e que não devem ser colocados de parte.

Os custos relativamente à plataforma elevatória foram estipulados segundo orçamentos antigos presentes na empresa. O custo do aluguer da grua foi elaborado pela empresa Cariano & Irmão, (Anexo A.6). O preço do aluguer dos andaimes foi estabelecido pela empresa Equipleva, contudo, a empresa não apresentou a cotação em formato digital. Com a inclusão do permutador no circuito térmico, introduzir-se-á uma perda de carga, pelo que o ventilador atual fica no limite. Posto isto, fez-se o dimensionamento de um novo ventilador e solicitou-se uma cotação para o mesmo, (Capítulo 4.3.4.).

Como é necessária mais potência para acionar este ventilador, também o motor terá de ser substituído por um de maior potência. Ao substituir o motor, terá de ser alterado o variador de velocidade. Salienta-se que pelo facto de estes equipamentos estarem alocados a uma zona que não pode cessar funções, têm de ser adquiridos em duplicado para que, quando exista uma avaria, sejam alocados os componentes substitutos.

Os custos por parte da empresa CS – Coelho da Silva, S.A. tomam o valor de 85.970 €

**Tabela 4.8** - Investimento a cargo do cliente CS – Coelho da Silva, S.A.

<b>Descrição</b>	<b>Custo Unit. (EUR)</b>	<b>Qnt.</b>	<b>Total (EUR)</b>
1. Abrir orifício para condutas	N.D.	N.D.	
2. Plataforma Elevatória	-600	1	-600
3. Grua de 50 ton 4horas	-3.160	1	-3.160
4. Guindaste	N.D.	N.D.	
5. Andaimes	-660	1	-660
6. Ventilador Sondeca Cas-X 100	33.300	2	-66.600
7. Variador WEG	3.253,5	2	- 6.507
8. Motor WEG 75kW	4.071	2	-8.142
9. Desmantelamento das peças antigas	N.D.	N.D.	
10. Análise aos gases de exaustão	-300	1	-300
<b>Total</b>			<b>-85.970</b>

N.D - Custos não determinados no decorrer do estudo

Contabilizando os investimentos do permutador juntamente com os custos laterais, chegou-se ao valor de 335.075 €. Contudo, existem alguns custos que não foram contabilizados, pelo que se adicionou ainda 5% do valor total, para precaver estes custos, pontos 1, 4 e 5 (Tabela 4.8), assim como eventuais desvios no projeto, perfazendo um valor total de 351.828 euros.

Após determinadas os custos de aquisição e montagem do permutador fez-se um estudo sobre a viabilidade económica do mesmo. Para além da energia térmica economizada foi também contabilizada a energia elétrica adicional necessária para vencer a perda de carga induzida pelo permutador, tanto da parte dos gases de exaustão, como no caso do novo ventilador para a inclusão do ar novo.

**Tabela 4.9** - Permutador de calor – Quadro económico

	<b>Cenário Pessimista</b>	<b>Cenário Nominal</b>	<b>Cenário 2014</b>
<b>Investimento</b> (EUR)	-335.075	-335.075	-335.075
<b>Acréscimo Custos não contabilizados</b>	5%	5%	5%
<b>Investimento Total</b> (EUR)	<b>-351.828</b>	<b>-351.828</b>	<b>-351.828</b>
<b>Redução do consumo de GN</b> (EUR/ano)	163.536	209.129	186.413
<b>Consumo Elétrico adicional</b> (EUR/ano)	-35.654	-35.654	-35.654
<b>Economia Total</b> (EUR/ano)	127.882	173.475	150.759
<b>Cashflow</b> (EUR)	946.176	1.408.943	1.178.376
<b>VAL</b> (EUR)	682.914	890.115	868.019
<b>Payback</b> (Anos)	2,8	2,0	2,3

\*Cashflow e VAL calculados a 10 anos, com uma taxa de rentabilidade de 4,35% (valor referido pela CGD)

Como se pode constatar na Tabela 4.9, mesmo no cenário pessimista, cenário que apenas aconteceu em alguns meses na fábrica e nunca permaneceu o ano inteiro, o investimento é ressarcido num prazo inferior a 3 anos. Se o permutador de calor tivesse sido instalado em 2013, no final do presente ano ter-se-ia gerado uma poupança de cerca de 150.000 € e, se o funcionamento da fábrica se tivesse mantido da mesma forma, ao fim de 10 anos, a economia poderia ascender a 1 milhão de euros. Se os níveis de produção aumentarem para os valores do ano de 2008 (Cenário Nominal), então o retorno do investimento seria obtido em 2 anos e ao fim de 10 anos a CS – Coelho da Silva, S.A. teria economizado perto de 1 milhão e meio de euros.

De acordo com o fabricante, não existem investimentos sistemáticos para a manutenção do mesmo, pelo que não foram introduzidos quaisquer valores para estes, por isso as retas do gráfico são estritamente crescentes, (Figura 4.22).

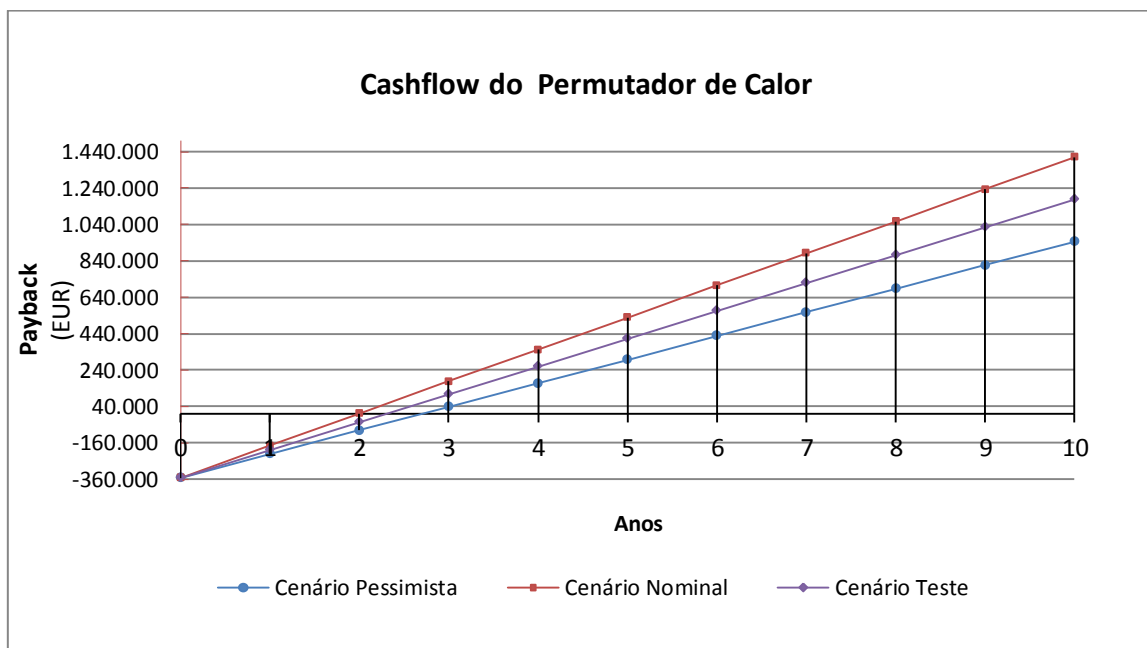


Figura 4.22 - Cashflow do permutador de calor

#### 4.4. Reaproveitamento de Energia Proveniente do Túnel de Espera para o Secador

No decorrer da análise dos fluxos de energia no forno e no secador, descobriu-se uma fonte de energia que poderia ser aproveitada. Essa energia provém da extração do túnel de espera do forno, (Figura 4.23 e Figura 4.24).



Figura 4.23 - Conduta de extração dos gases do túnel de espera do forno



Figura 4.24 - Conduta de extração dos gases de exaustão do túnel de espera e conduta da contrapressão do secador

##### 4.4.1. Análise do circuito

Detetou-se que o ar nesta conduta tinha uma temperatura superior à temperatura ambiente em cerca de 10 °C e poderá ser, totalmente ou em parte, aproveitado para o Secador nomeadamente para a admissão 3 e principal, ligando as duas condutas através de um troço e de uma válvula, como esquematizado na Figura 4.25. Este aproveitamento poderá ter uma condicionante que é a humidade presente no ar, cerca de 6 a 8% superior à ambiente, pelo que, só testando o impacto desta humidade no produto, se poderá ter a certeza da viabilidade da mesma.

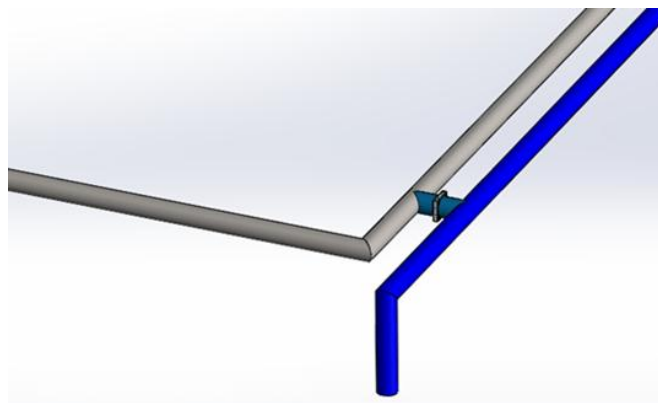


Figura 4.25 - Alteração proposta para o reaproveitamento de energia do túnel de espera para o secador

De modo a determinar qual a energia associada, determinou-se o caudal e a temperatura que lhe estava adjacente. No decorrer da monitorização, constatou-se que o caudal era constante, visto uma das paredes estar aberta para o exterior, portanto, o ar que se desloca na conduta é

uma mistura de ar aspirado do ambiente e ar quente, que advém de uma recirculação do pré-forno. No entanto, também se constatou que existia humidade superior à humidade do ar ambiente, que deriva das telhas serem engobadas depois de secas. Estudou-se a possibilidade de ligar a conduta de extração do túnel de espera à conduta de recuperação para o secador, representado a verde na Figura 4.26. De modo a ligar a conduta de extração do túnel de espera à conduta de recuperação para os secadores, será necessária a inclusão de uma conduta constituída por dois troços, acoplada a uma válvula de alhetas. Os desenhos da conduta, assim como as respetivas cotações podem ser consultados no Anexo B.1. A válvula de alhetas, (Anexo B.2.), tem como objetivo regular o caudal que se deseja aproveitar. Esta válvula vem equipada de forma a poder ser acoplado um servomotor para que seja controlada automaticamente no futuro. Caso a humidade não tenha qualquer impacto no produto, não haverá necessidade de instalar um servomotor, pelo que esta válvula ficará totalmente aberta.

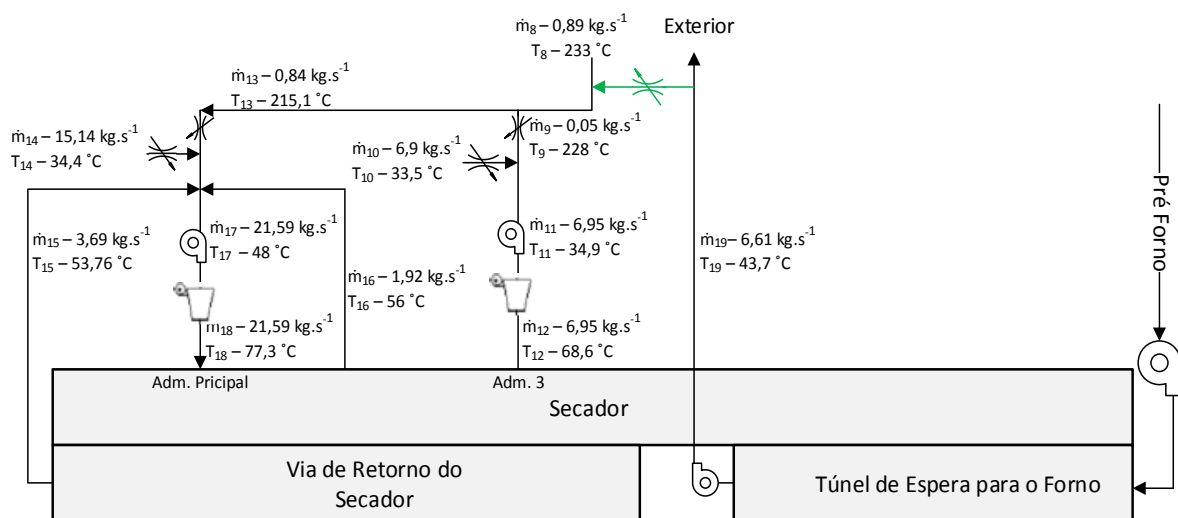


Figura 4.26 - Integração do aproveitamento do túnel de espera para o forno

#### 4.4.2. Análise Energético-Económica

A energia que pode ser aproveitada varia de acordo com o caudal que se tencione aproveitar. Como a sonda termo-higrométrica tinha algumas limitações, devido às temperaturas elevadas, não foi possível fazer um balanço de humidades. Deste modo, simularam-se 4 cenários, aproveitamento a 25, 50, 75 e 100% do caudal.

Deste modo, calculou-se a potência térmica presente no fluido:

$$\dot{Q} = \dot{m}cp\Delta T$$

$$\dot{Q} = 6,61 \times 1,005 \times (43,7 - 34,4) = 62,1 \text{ kW}$$

Apesar desta potência estar disponível, aproximadamente 8.760 h apenas poderá ser aproveitada durante 6.000 h, pois é o tempo de funcionamento do secador.

$$E = P \times t = 372.600 \text{ MWh. ano}^{-1}$$

Mesmo ao aproveitar apenas 25% do caudal do túnel de espera, que representaria 6% do caudal total injetado em ambas as admissões do secador, haveria um aproveitamento

energético notável, evitando que fossem emanadas 21,5 tCO<sub>2</sub>e para a atmosfera, (Tabela 4.10). Se a humidade não tivesse um impacto significativo no produto, e, se pudesse aproveitar todo o caudal, então a economia de energia seria de 372,6 kWh<sub>th</sub>.ano<sup>-1</sup>, evitando 85,8 tCO<sub>2</sub>e.

**Tabela 4.10** - Recuperação do túnel de espera – Quadro energético-ambiental

<b>Quadro Energético – Ambiental</b>				
	<b>Aproveitamento 25%</b>	<b>Aproveitamento 50%</b>	<b>Aproveitamento 75%</b>	<b>Aproveitamento 100%</b>
<b>Potência</b> (kW <sub>th</sub> )	15,5	31	46,6	62,1
<b>Economia Energética</b> (MWh <sub>th</sub> /ano)	93,1	186,3	279,4	372,6
<b>Economia total</b> (Tep)	8	16	24	32
<b>Emissões evitadas</b> (tCO <sub>2</sub> e/ano)	21,5	43	64,5	85,8

O investimento inicial será então o conjunto dos dois troços falangeados, juntamente com a válvula, que perfazem o valor total de 595,86€, (Tabela 4.11). A instalação ficará a cargo da equipa de manutenção da CS – Coelho da Silva, S.A.

**Tabela 4.11** - Reaproveitamento do túnel de espera – Investimento

Item	Qnt.	Investimento (EUR/unit.)	Total (EUR)
Troços de Conduta	2	229,25	458,5
Válvula de Alhetas	1	137,36	137,36
<b>Total</b>		<b>595,86€</b>	

Pode constatar-se na Tabela 4.12, que ao aproveitar apenas 25% do caudal da conduta de extração do túnel de espera, compensa o investimento, uma vez que este é recuperado em pouco mais de dois meses. Se fosse possível canalizar todo o caudal para os secadores, então poder-se-ia ter uma poupança de 113.834 €, ao final de um ano.

**Tabela 4.12** - Reaproveitamento do túnel de espera – Quadro económico

	<b>25%</b>	<b>50%</b>	<b>75%</b>	<b>100%</b>
<b>Investimento</b> (EUR)	596	596	596	596
<b>Economia</b> (EUR/ano)	3.353,0	6.706,0	10.058,9	13.411,9
<b>Cashflow</b> (EUR)	34.579	68.561	107.925	136.526
<b>VAL</b> (EUR)	22.588	44.787	70.501	89.185
<b>Payback</b> (Dias)	64,9	32,4	21,6	16,2

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35% (valor indicado pela CGD)



#### 4.5. Tamponamento da Conduto de Reaproveitamento para a Admissão 3 e Principal

O reaproveitamento da contrapressão para os secadores fazia sentido quando o queimador do pré-forno operava perto dos 100% e parte da energia proveniente da contrapressão se deslocava para os secadores minimizando, o funcionamento dos mesmos. Contudo, o facto de o queimador do pré-forno estar em pleno trazia alguns problemas para o produto, pelo que se deu ordem ao sistema para fechar as válvulas do reaproveitamento para os secadores. Desta feita, o queimador do pré-forno passou a trabalhar a 50% e os outros dois queimadores trabalham individualmente em gamas que variam entre os 10 e os 30%.

Embora a recuperação para os secadores se encontre inativa no *deshboard*, isto é, as válvulas de admissão do ar proveniente do secador se encontrem fechadas, representadas a verde na Figura 4.27. Estas válvulas não vedam totalmente a passagem do ar, pois são válvulas de alhetas e, como a depressão imposta pelos secadores é tão elevada, faz com que as alhetas abram e o ar é deslocado da contrapressão do forno para os secadores. Ao ser desviado, o ar percorre uma conduta com cerca de 80 m perdendo-se energia ao longo desta.

O tamponamento deverá ser efetuado com uma raqueta ou uma flange cega aparafusada a jusante da conduta de recuperação para os secadores, impedindo o ar de se deslocar para os secadores. Esta flange tem de ser colocada de modo a poder ser retirada aquando da instalação do permutador, pois, quando este for inserido no sistema, vai sobrar energia na zona do pré-forno e essa energia poderá ser encaminhada para os secadores. Esta solução será apenas temporária, pois o correto será rever o isolamento da tubagem.

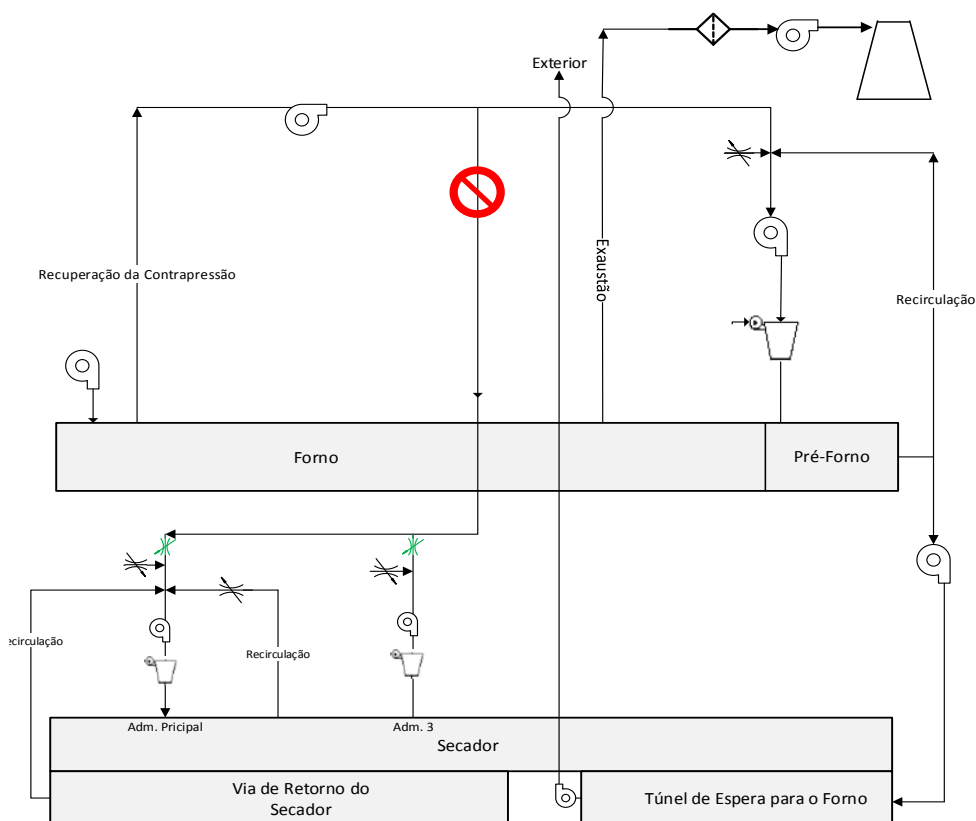


Figura 4.27 - Tamponamento da recuperação para os secadores

#### 4.5.1. Determinação da Perda de Energia por Convecção da Parede da Conduta para o Exterior

De modo a calcular a perda de calor por convecção, utilizou-se a Lei de Arrefecimento de Newton:

$$Q = h \times 2 \times \pi \times r \times L \times \Delta T$$

Esta conduta tem um diâmetro interno de 800 mm e a chapa tem uma espessura de 3mm, sendo depois isolada com lã de rocha com uma espessura de 10 cm, (Figura 4.28). Com um termómetro de contato verificou-se que a temperatura de parede era constante ao longo da conduta, 57,4 °C.

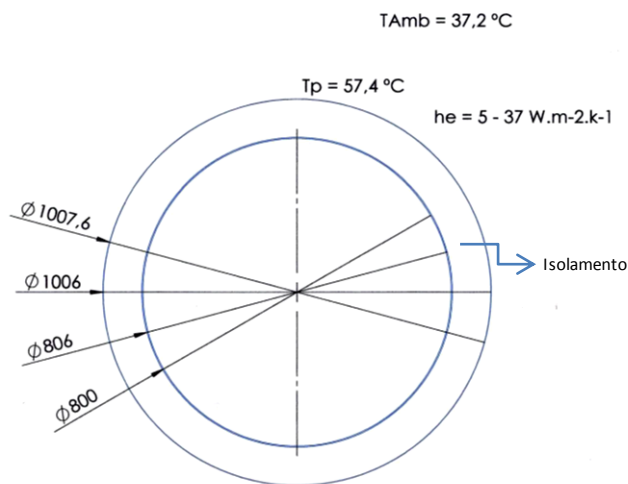


Figura 4.28 - Características da conduta do reaproveitamento para os secadores

Cálculo do Coeficiente de Convecção Natural na parede externa:

$$Gr_D = \frac{g\beta\Delta T D_{ext}^3}{\nu^2}$$

Onde,

$g$  – Aceleração da gravidade,  $m.s^{-2}$

$\beta$  – Coeficiente de expansão térmica,  $\frac{1}{T_m}$ ,  $K^{-1}$

$T_m$  – Temperatura média, °C

$\Delta T$  – Diferencial térmico entre temperatura média e a temperatura externa, K

$D_{ext}$  – Diâmetro externo, m

$\nu$  – Viscosidade cinemática,  $m^2.s^{-1}$

As propriedades do fluido são calculadas para a temperatura média de película:

$$T = \frac{1}{2}(T_w + T_\infty) \leftrightarrow T = \frac{1}{2}(57,4 + 37,2) \leftrightarrow T = 47,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Cálculo do número de Grashof:

$$T_m = \frac{(T_{int} + T_{ext})}{2} = \frac{(233,8 + 37,2)}{2} = 135,5^\circ C = 408,65 K$$

$$Gr_D = \frac{9,82 \times \frac{1}{408,65} \times (135,5 - 37,2) \times 1,0076^3}{(17,67 \times 10^{-6})^2} = 77,4 \times 10^8$$

Seguidamente, procedeu-se ao cálculo do Numero de Rayleigh:

$$Ra_D = Gr \times Pr = 77,4 \times 10^8 \times 0,711 = 55 \times 10^8$$

Procedeu-se ao cálculo do Número de Nusselt

$$Nu_m^{\frac{1}{2}} = 0.60 + \frac{0.387 \times Ra_D^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}} = \left[0.60 + \frac{0.387 \times (55 \times 10^8)^{1/6}}{\left[1 + \left(\frac{0.559}{0,711}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}\right]^2 = 205,94$$

Por fim determinou-se o coeficiente de convecção natural para a a parede exterior da conduta do reaproveitamento para o secador.

$$h_e = Nu \frac{k}{L} = 205,94 \times \frac{0.0284}{1,0076} = 5,8 W.m^{-2}.^\circ C^{-1}$$

O valor calculado encontra-se dentro da gama de valores para gases em convecção natural, (Tabela 4.13).

**Tabela 4.13** - Valores típicos para o coeficiente de transferência de calor [19]

Tipo de convecção	$h$ ( $W.m^{-2}.^\circ C^{-1}$ )
Gases em Convecção Natural	2-25
Líquidos em Convecção Natural	10-1.000
Gases em Convecção Forçada	25-20.000
Líquidos em Convecção Forçada	2.500-100.000

Determinou-se então a potência térmica dissipada ao longo da conduta.

$$P = 5,8 \times 2 \times \pi \times 0,5038 \times 86,6 \times (57,4 - 37,2) = 32.100 W$$

Os queimadores do secador apenas operam cerca de 6.000 h ao ano, pelo que quando não estavam a operar, constatou-se que a temperatura de parede da conduta de reaproveitamento para o secador se aproximava da temperatura ambiente e não existia transferência de energia. Nas restantes 6.000 h, o valor da energia desperdiçada é dada por:

$$E = 32,1 \times 6.000 = 192.604 kWh. ano^{-1}$$

#### 4.5.2. Análise Energético-Económica

O valor da temperatura de parede não oscilou durante as monitorizações, pelo que apenas se considerou um cenário. Com esta medida, pode evitar-se a emissão de 44,3 toneladas de CO<sub>2</sub>e resultante da queima de gás natural, (Tabela 4.14). Embora esta medida não chegue a 0,4% do consumo energético global da Fábrica IV, representa uma ineficiência que poderá ser facilmente colmatada.

**Tabela 4.14** - Tamponamento da conduta de recuperação para os secadores – Quadro energético-ambiental

<b>Quadro Energético - Ambiental</b>	
<b>Potência Dissipada</b> (kW <sub>th</sub> )	32,1
<b>Economia</b> (MWh <sub>th</sub> /ano)	192,7
<b>Economia</b> (Tep/ano)	16,5
<b>Emissões Evitadas</b> (tCO <sub>2</sub> e/ano)	44,3

Do ponto de vista económico, é apenas necessário uma flange cega, visto que a montagem ficará a cargo da equipa de manutenção da CS – Coelho da Silva S.A. Esta flange, assim como a respetiva orçamentação, estão presentes no Anexo C.1.

O valor desta medida é recuperado em dias e, apesar de não representar um grande volume de poupança, é uma medida de fácil implementação e de investimento reduzido, (Tabela 4.15).

**Tabela 4.15** - Tamponamento da conduta de recuperação para os secadores – Quadro económico

<b>Quadro Económico</b>	
<b>Investimento</b> (EUR)	-61,3
<b>Economia</b> (EUR/ano)	6.900
<b>Cash Flow</b> (EUR)	70.019
<b>VAL</b> (EUR)	55.802
<b>Payback</b> (dias)	4

\*\* *Cashflow* a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35%

É de salientar que esta medida é de cariz temporário e que deverá ser aplicada provisoriamente até que se faça um estudo sobre a qualidade do isolamento. Isto porque, ao instalar o permutador de calor, será necessário desviar ar para a zona da admissão 3 e principal, e, se o isolamento da conduta que as liga ao forno não for adequado, perdem-se grandes quantidades de energia. Caso não se instale o permutador, então será desnecessário fazer a revisão ao isolamento das condutas, ficando estas tamponadas com a flange.

## 5. Oportunidades de Redução do Consumo Energético: Energia Elétrica – Iluminação

Paralelamente ao estudo do aproveitamento de calor residual do forno e do secador elaboraram-se dois estudos sobre a iluminação, nomeadamente a substituição da iluminação atual por LED e a introdução de um regulador de tensão. Para ambos os casos foram elaboradas ferramentas dinâmicas em *Excel* que permitem a simulação de vários cenários, (Anexo D.1).

### 5.1. Caracterização

#### Descrição e Posicionamento das Luminárias

A iluminação da Fábrica IV atualmente representa 5% do consumo elétrico total, o que equivale a aproximadamente 193.856 kWh ao ano, representando 16.850 €. Esta divide-se em dois grupos principais, a iluminação interior e a iluminação exterior, controladas de forma independente uma da outra. A iluminação exterior é conseguida através de projetores cujas lâmpadas são de vapor de sódio de 250 W na parte frontal da fábrica e de 150 W na parte lateral e traseira. Existe ainda uma zona denominada por Pála, que por ser controlada pelo sensor automático, é também associada ao exterior, sendo esta zona composta por campânulas com lâmpadas de vapor de mercúrio com 400 W de potência. A iluminação interior é composta por lâmpadas de vapor de sódio de 250 W e por lâmpadas de vapor de mercúrio de 400 W, todas inseridas em luminárias do tipo campânula. As primeiras estão localizadas essencialmente na zona do forno, do secador e dos túneis de espera, as restantes encontram-se espalhadas por toda a fábrica, (Figura 5.1).

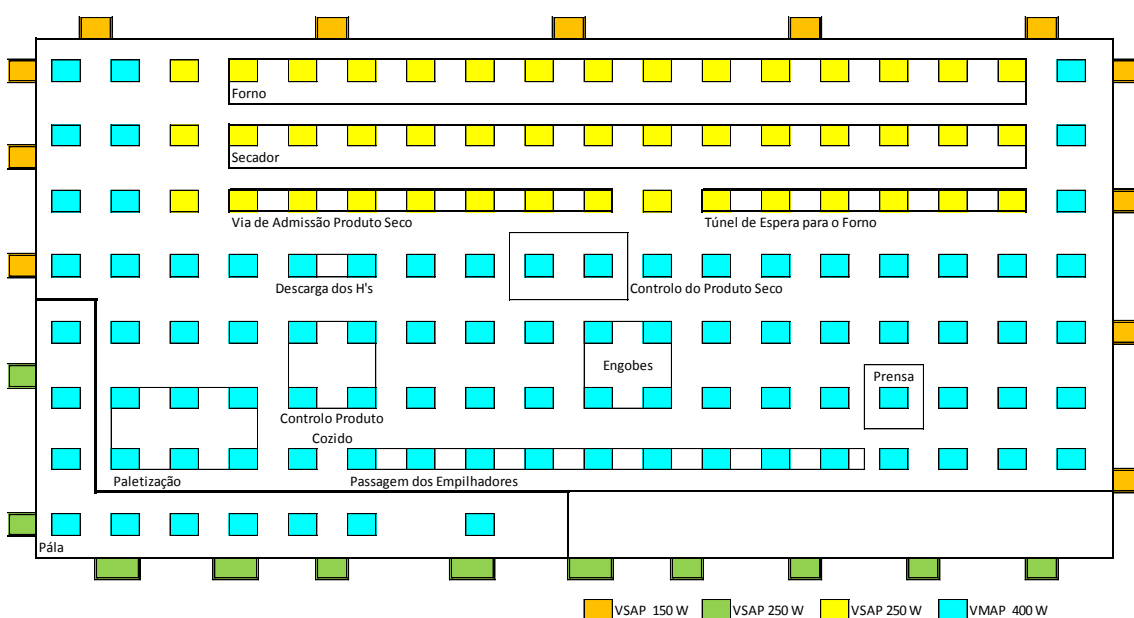


Figura 5.1 - Caracterização da Iluminação da Fábrica IV por potência instalada

as zonas do forno, do secador, da via de admissão do produto seco e do túnel de espera para o forno, são todas elas zonas com alturas elevadas em que a iluminação incide mais diretamente sobre elas, isto é, na zona da passagem dos empilhadores, as luminárias estão a 7,5 m do

plano de trabalho. Nos casos supramencionados estão a cerca de 3,5 m, o que influencia diretamente a iluminância no local.

A iluminação interior pode ser dividida em 3 níveis, o Baixo, o Médio e o Alto, que nada têm a ver com a potência de iluminação, são apenas designações utilizadas pelos elementos da fábrica que as controlam e que representam a distribuição das luminárias na Unidade Fabril, (Figura 5.2).

O Nível Baixo é constituído maioritariamente por lâmpadas de vapor de sódio e está concentrado no secador, no forno e nos túneis de espera. Como nestas zonas não se encontram pessoas a trabalhar, visto ser tudo automatizado, este perfil é ligado apenas quando ocorre uma avaria. Alguns dos vigilantes também o ligam no horário em que a fábrica não está a operar, apenas para dar alguma iluminação de presença.

Os Níveis Médio e Alto estão dispersos ao longo de toda a fábrica e são constituídos na sua grande maioria por lâmpadas de vapor de mercúrio de 400 W. Quando começa a anoitecer, são estes os selecionados para fornecer a iluminação à Fábrica IV. Preferencialmente, é acionado o Nível Alto. Quando já não existe iluminação exterior, são ligados os dois Níveis de iluminação, Alto e Médio, simultaneamente.

A iluminação exterior, como o nome indica, é toda a iluminação externa à fábrica. Para além de funcionar como luz de presença da fábrica, é essencial para o transporte de cargas que se faz na sua periferia. Para além da iluminação exterior, existem postes de iluminação nas imediações da fábrica, mas, como não são contabilizados na fatura da Fábrica IV, não foram introduzidos neste relatório.

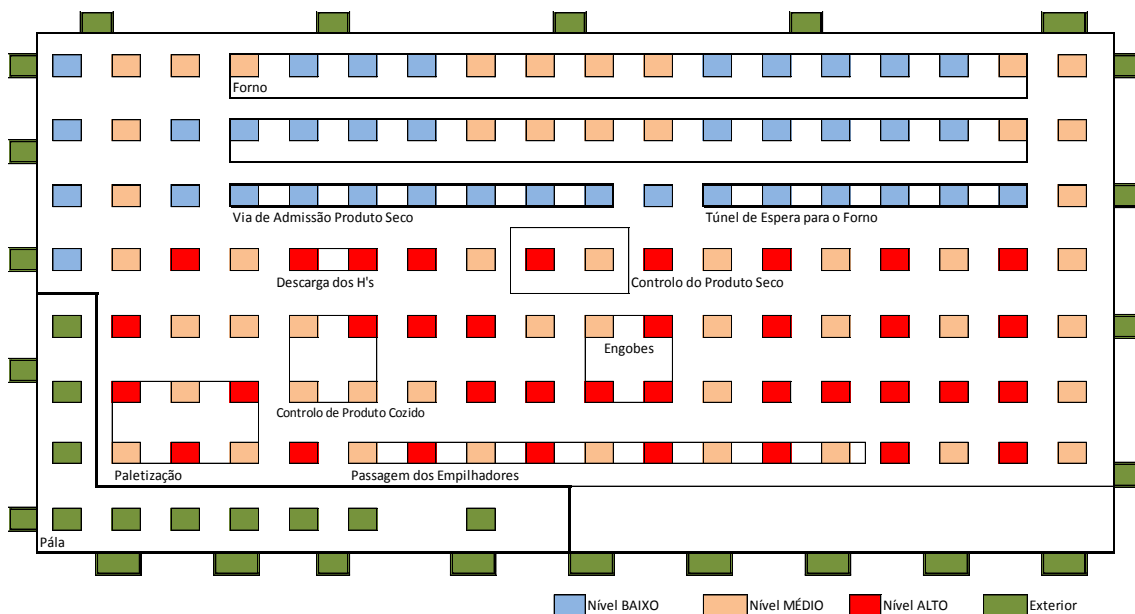


Figura 5.2 - Caracterização da iluminação da Fábrica IV por nível de utilização

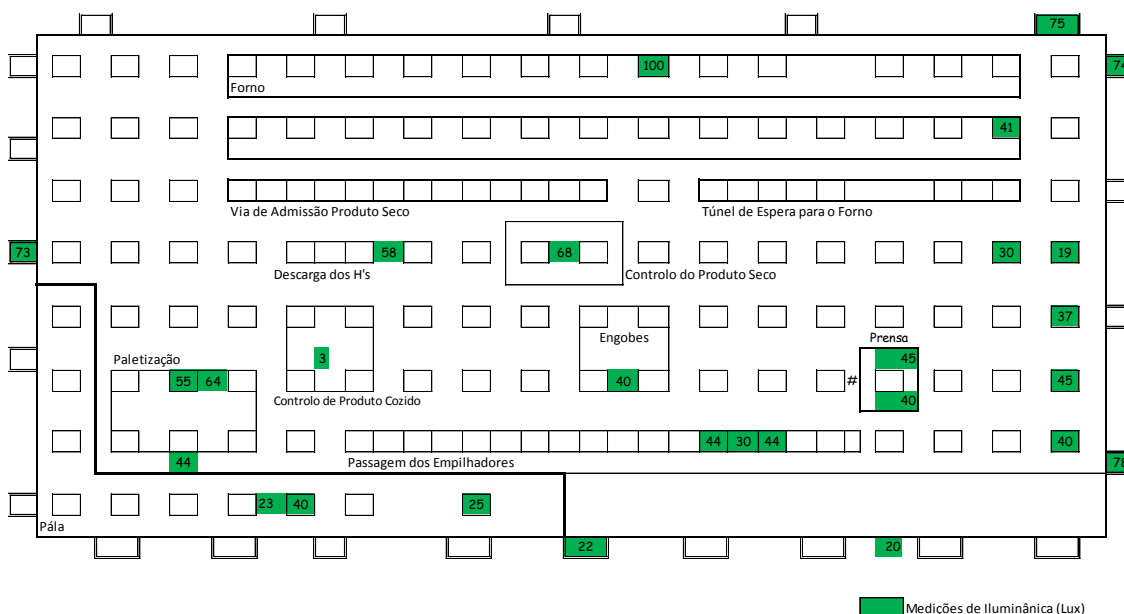
## Níveis de Iluminância

A iluminação na fábrica deve respeitar a norma ISO 8995:2002 que apresenta as gamas de níveis de iluminância, adequados em função do tipo de atividade e do local de trabalho, (Tabela 5.1)

**Tabela 5.1** - Níveis de iluminância adequados para as atividades inerentes à indústria cerâmica [20]

Tipo de atividade	Iluminância (Lux)
Secagem	50
Preparação de Materiais, Trabalhos nos Fornos e Misturadores	200
Trabalho Geral com Máquinas	300

Este relatório incide apenas sobre a iluminação geral da fábrica que é a que detém um peso superior. As iluminações pontuais são efetuadas com lâmpadas fluorescentes T8 e representam uma minoria da potência instalada. Portanto, o nível de iluminância a respeitar é o de 200 Lux, referente a trabalhos comuns e iluminação geral da fábrica. De modo a monitorizar os níveis de iluminação, escolheram-se vários pontos na fábrica, onde se verificaram os níveis de iluminância. Como em alguns casos se poderá estudar a possibilidade de recorrer ao LED, então mediu-se a iluminação imediatamente abaixo de algumas luminárias, para que se possam testar as lâmpadas LED e verificar se se consegue obter o mesmo número de LUX do que o que está instalado atualmente, (Figura 5.3). De modo a avaliar a iluminação global, recorrendo a um luxímetro, fizeram-se medidas em pontos estratégicos de acordo com o aconselhado pelo Eng.º Celso Pedereiras.



**Figura 5.3** - Monitorização dos níveis de iluminância no período noturno na Fábrica IV

A iluminação global da fábrica está muito abaixo do que indica a norma, o que poderá estar relacionado com a idade de algumas lâmpadas, muitas delas em fim de vida. Pelo que se apurou, as luminárias também não são limpas há pelo menos 2 anos, o que claramente condiciona a eficiência da iluminação.

## Análise Energético-Económica

Após definidos os perfis de utilização da iluminação, fez-se um levantamento do número de luminárias, do tipo de lâmpadas e das potências instaladas, (Tabela 5.2). A percentagem associada ao balastro ferromagnético foi medida na fábrica, efetuando a diferença entre o cálculo teórico e o valor lido no quadro elétrico da iluminação. Como foi utilizada toda a iluminação, não se pode afirmar que os 15% a mais representem individualmente um tipo de lâmpada (vapor de sódio ou vapor de mercúrio), representam, sim, o conjunto de todos os balastos. Posto isto, definiu-se com os chefes de equipa o perfil horário de cada perfil de utilização (Baixo, Médio e Alto), dividindo-o pelo ciclo horário correspondente (Cheio, Vazio, Super Vazio e Ponta) [22]. Esta informação encontra-se detalhada no Anexo D.2.

**Tabela 5.2** - Caracterização da iluminação interior da Fábrica IV

	Tipo de Luminária	Qnt.	Potência (W)	Potência (W)	Potência (W)	Utilização (horas)	Energia (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)
<b>Nível Baixo</b>	Vapor de Sódio	25	250 + 15%	7.188				
	Vapor de Mercúrio	3	400 + 15%	1.380	8.568	1.540	13.190	1.148
<b>Nível Médio</b>	Vapor de Sódio	10	250 + 15%	2.875				
	Vapor de Mercúrio	35	400 + 15%	16.100	18.975	3.843	72.911	6.343
<b>Nível Alto</b>	Vapor de Sódio	0	250 + 15%	0				
	Vapor de Mercúrio	34	400 + 15%	15.640	15.640	4.179	65.352	5.686

Fez-se também o levantamento da potência instalada para a iluminação exterior, (Tabela 5.3). A Iluminação exterior opera durante mais horas do que os níveis interiores, pois, após anoitecer, esta permanece ligada toda a noite.

**Tabela 5.3** - Caracterização da iluminação exterior da Fábrica IV

	Tipo de Luminária	Qnt.	Potência (W)	Potência (W)	Potência (W)	Utilização (horas)	Energia (kWh/ano)	Custo (EUR./ano)
<b>Pála</b>	Vapor de Mercúrio	10	400 + 15%	4.600				
<b>Geral</b>	Vapor de Sódio	11	250 + 15%	3.163	9.833	4.313	42.408	3.689
<b>Geral</b>	Vapor de Sódio	12	150 + 15%	2.070				

Com os dados recolhidos, elaborou-se um modelo em *Excel* de modo a conseguir uma aproximação ao consumo real da fábrica. Como se pode verificar pela Figura 5.4, o valor espectável pelo *Excel*, ano de 2014 (previsão), tem uma boa aproximação ao consumo dos



anos 2011 e 2012. O ano 2013 não se encontra representado, pois não há registos do mesmo, devido a problemas com o sinótico.

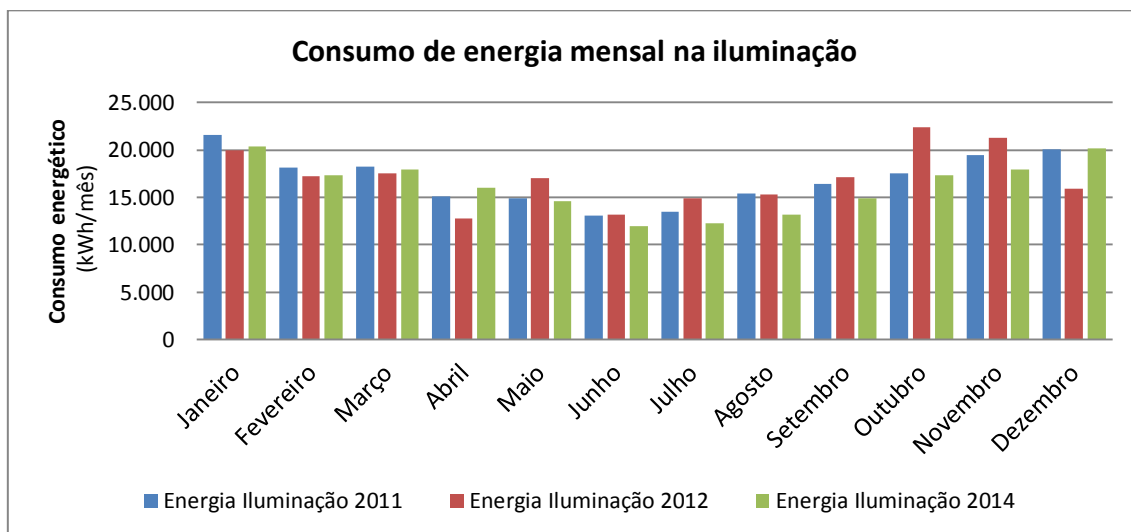


Figura 5.4 - Consumo de energia na iluminação

A Fábrica IV consome anualmente cerca de 193.856 kWh em iluminação, o que representa cerca de 5% do consumo de energia elétrica, equivalendo a 91.180 kgCO<sub>2</sub>e. De acordo com o modelo desenvolvido em *Excel*, os períodos onde mais energia elétrica se consome é no período Cheio e Vazio Normal, (Figura 5.5).

Apesar do Nível Alto ser preferencialmente utilizado, a energia despendida pelo Médio é superior devido à sua potência instalada ser mais elevada.

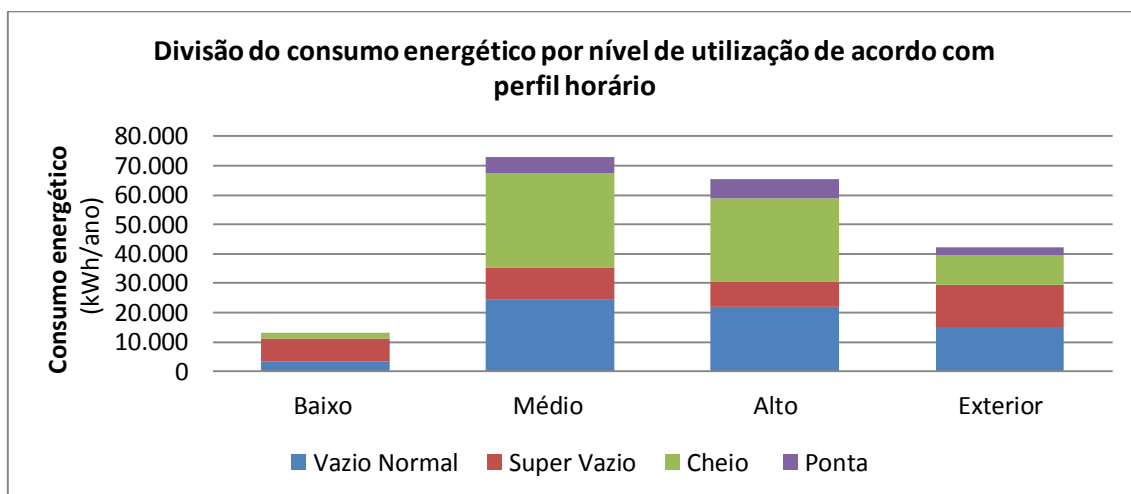


Figura 5.5 - Consumo energético por Nível de Iluminação

Prevê-se um custo de cerca de 16.885 € para o ano de 2014 em iluminação. As alterações meteorológicas ao longo do ano fazem sentir-se na iluminação, pois nos meses em que existe menor claridade, os custos com a eletricidade são mais avultados, contrastando com os meses de verão, (Figura 5.6).

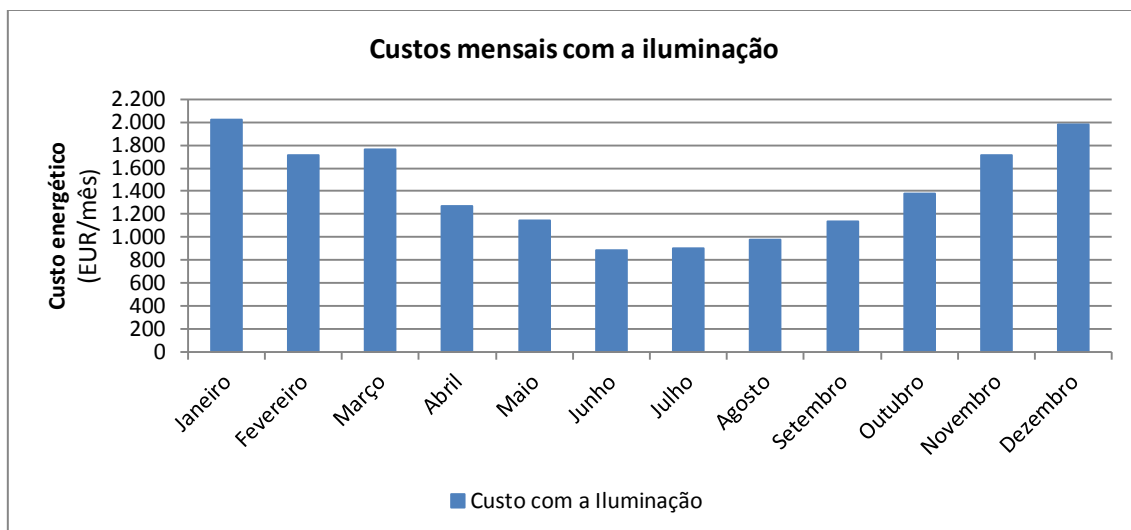


Figura 5.6 - Previsão de custos com a iluminação ao longo do ano de 2014

Quando se analisam os custos, estes não seguem exatamente a tendência do consumo, uma vez que o custo de utilização é mais elevado nas horas de ponta e cheio. O Nível Médio é o reflexo disso mesmo, o consumo de energia em Super Vazio é o dobro do consumo em horas de Ponta, contudo, o preço a pagar é cerca de duas vezes superior, (Figura 5.7).

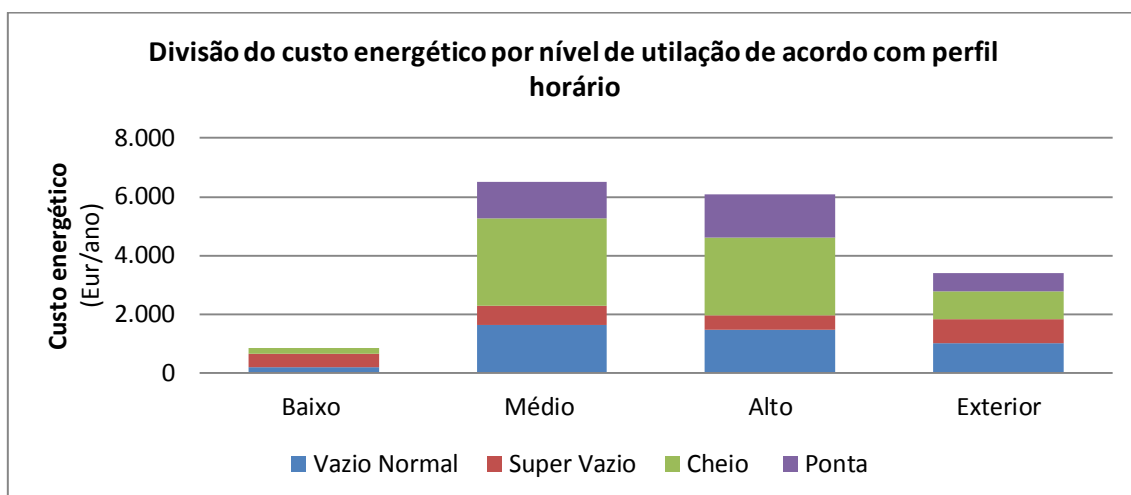


Figura 5.7 - Custo de energia por nível de utilização

Os consumos em horas de ponta podem ser associados a esquecimentos dos chefes de equipa que, por vezes, deixam a iluminação ligada para lá das 9h e 30min, quando esta já não é necessária. Estes consumos podem estar também relacionados com o facto dos painéis translúcidos estarem envelhecidos, pelo que ficam opacos e não deixam passar a luz solar.

## 5.2. Modelação da Tensão de Alimentação às Lâmpadas [21]

A Greenbox é uma tecnologia inovadora de otimizadores de energia para a iluminação, fabricada na Suécia pela Wattguard, AB., e desenvolvida no sentido de maximizar os níveis de eficiência energética na iluminação, tecnicamente mais estabilizada, (Figura 5.8). Este sistema é semelhante a um redutor de tensão, contudo, não deve ser confundido como tal, pois um redutor, como o nome indica, restringe apenas a tensão de alimentação às lâmpadas, reduzindo diretamente a qualidade de iluminação na mesma amplitude. O sistema GreenBox da Wattguard, para além de reduzir a tensão de alimentação, aumenta a produção de fotões através da sua tecnologia, pelo que, com uma redução de 5% da iluminância, conseguem-se economias de energia na ordem dos 36%.



Figura 5.8 - GreenBox

Comercialmente, esta tecnologia apresenta os seguintes benefícios:

- ✓ Melhoria de 25% a 45% na eficiência energética da iluminação;
- ✓ Instalação única sem necessidade de intervenção nas luminárias existentes;
- ✓ Aumento do tempo de vida das lâmpadas e redução de custos de manutenção;
- ✓ Melhor relação lúmen/watt
- ✓ Rápido retorno de investimento (inferior a 3 anos);
- ✓ Possibilidade de Aluguer Operacional (Wattguard Renting)

A eficiência energética obtida através desta tecnologia é resultado de um conjunto de características técnicas, que podem ser resumidas do seguinte modo:

- ✓ Redução da amplitude de variação da corrente e da tensão, sem que daí resulte qualquer alteração da frequência;
- ✓ Redução da potência consumida pelas lâmpadas, através da redução da corrente e da tensão de alimentação do circuito de iluminação.
- ✓ Incremento do fator de potência (*Power Factor*) para valores próximos ou coincidentes com a unidade;
- ✓ O aumento da intensidade luminosa resultante é originado pelo aumento da geração de fotões ultravioleta por watt, quantificado em testes entre os 40% e os 70%;
- ✓ O Wattguard permite assim obter o mesmo fluxo luminoso deste tipo de lâmpadas, mas com um menor consumo de energia, quantificado entre os 25% e os 40%. [3]

### 5.2.1. Dimensionamento do Dispositivo Greenbox

O equipamento consiste num dispositivo elétrico, instalado num armário técnico metálico (60 cm de altura por 40 cm de largura), composto por três transformadores com diversos enrolamentos, os quais disponibilizam um conjunto de tomadas, que permitem efetuar a regulação de diferentes níveis de tensão de trabalho.

O sistema é ligado em paralelo com o quadro elétrico e tem uma funcionalidade de *Bypass* para, caso exista um abaixamento súbito na rede, ele ligue automaticamente em *Bypass* para que as lâmpadas não se desliguem. Este sistema servirá também para fazer a monitorização do equipamento de modo a constatar ou não, as suas poupanças.

Tendo em conta a potência instalada na Fábrica IV, a empresa Wattguard, dimensionou o equipamento Wattguard (WG) a instalar a montante do quadro elétrico (QE), (Tabela 5.4).

Tabela 5.4 - Dimensionamento do dispositivo Greenbox

Superfície	Wattguard	Solução Técnica
Fábrica IV	2 x 45,0 kW	Instalação dos WG junto ao Q.E; WG será alimentado pelo Q.E., alimentando posteriormente os circuitos de iluminação do mesmo

### 5.2.2. Análise Energética-Económica

De acordo com a proposta técnico-comercial (Anexo D.3.), a instalação do sistema GreenBox reduz a energia utilizada na iluminação em 36%, repercutindo este valor no consumo de energia elétrica. A iluminância poderá ser reduzida entre 3 a 6%, contudo, segundo a empresa, estes valores são projeções, tendo em conta o que já fora instalado e o que testam em laboratório. Estes valores dependem de instalação para instalação, portanto, após instalação, o sistema será monitorizado e testado, de modo a averiguar o seu funcionamento, esperando-se uma redução no consumo de energia, de acordo com a Figura 5.9.

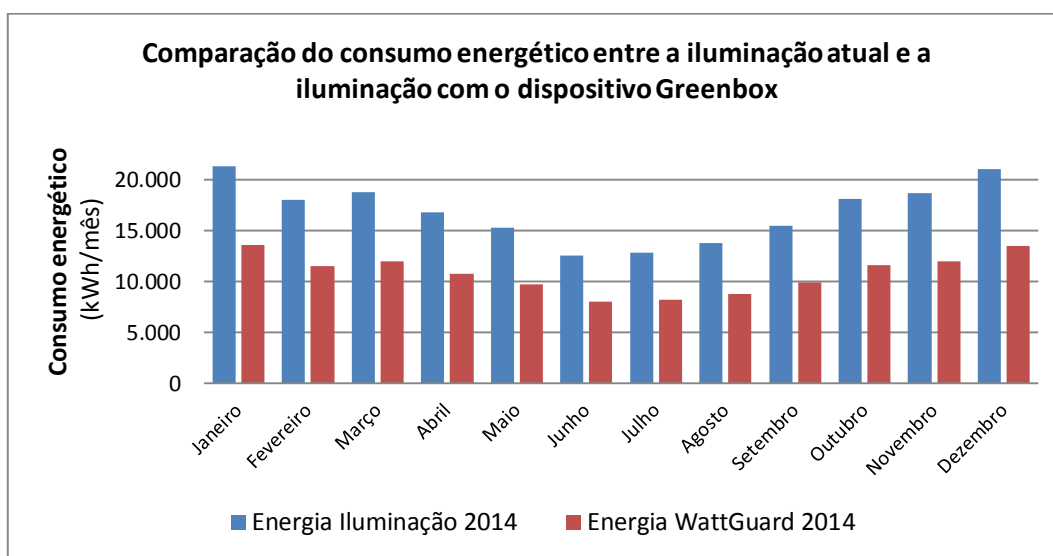


Figura 5.9 - Iluminação antes e depois da instalação da Greenbox

Tendo em conta que atualmente são consumidos ao ano cerca de 194.000 kWh então este sistema permitira uma redução imediata de 69.788 kWh, correspondente a uma redução de 15 Tep o que equivale a uma redução de perto de 33 tCO<sub>2</sub>e, (Tabela 5.5).

**Tabela 5.5** - Dispositivo Greenbox – Quadro energético-ambiental

<b>Redução Energética</b> (kWh)	<b>Redução Energética</b> (TEP)	<b>Redução das Emissões</b> (kgCO <sub>2</sub> e)
69.788,0	15,0	32.800

A Wattguard propõe duas soluções, uma de compra integral do equipamento onde a garantia é de apenas 2 anos, e uma outra de *renting*, onde é oferecida a manutenção do equipamento e onde a garantia se estende até aos 5 anos. No caso de compra integral, o investimento inicial é de 18.550 € com um payback previsto de 2,8 anos, onde se considerou um aumento de 1,5% do preço da energia ao ano, resultando numa economia de perto de 50.000 € ao fim de 10 anos, (Tabela 5.6).

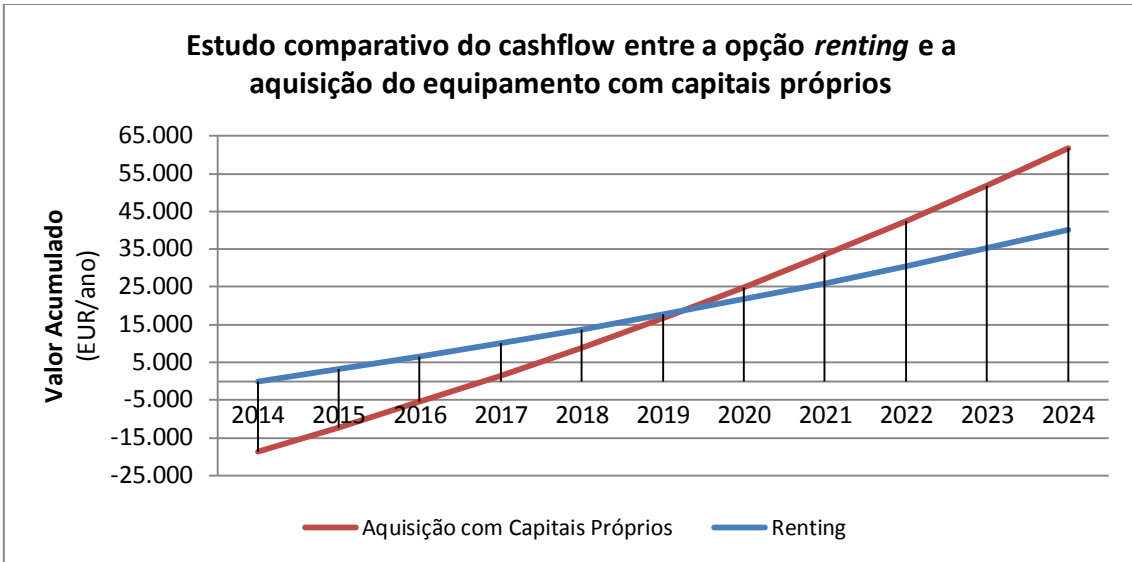
**Tabela 5.6** - Dispositivo Greenbox – Quadro económico

	<i>Aquisição</i>	<i>Renting</i>
<b>Investimento</b> (EUR)	-18.550	0
<b>Economia</b> (EUR/ano)	5.905	2.950
<b>Cashflow</b> (EUR)	47.402	32.976
<b>VAL</b> (EUR)	30.524	N/A
<b>Payback</b> (anos)	2,3	N/A

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35%

A solução *renting* é uma situação mais conservadora, mas que, atualmente, é bastante válida, não existindo neste caso investimento inicial. O aparelho é instalado e metade das economias revertem a favor empresa da Coelho da Silva, S.A., e a outra metade reverte a favor da Wattguard. Ao fim de 5 anos, poder-se-á renovar o contrato ou a Wattguard remove o equipamento, pois este é da sua posse. O *renting* tem a vantagem de qualquer problema existente no aparelho ficar a cargo da Wattguard.

Ao optar-se pela aquisição do equipamento, e extrapolando o *cashflow* para 10 anos, verifica-se que esta opção é a mais rentável, conseguindo, no final do tempo de vida do equipamento, mais 20.000 € do que na opção mais conservativa, (Figura 5.10).



**Figura 5.10** - Comparação entre a aquisição do equipamento em *renting* e a aquisição com capitais próprios para uma análise a 10 anos

### 5.3. Iluminação LED

Embora a tecnologia LED seja relativamente recente para aplicações industriais, foi também estudada a possibilidade da sua aplicação. Para o efeito, contactou-se a empresa WeLed que prestou um aconselhamento técnico-comercial, (Anexo D.4).

Este tipo de iluminação não necessita de um balastro ferromagnético como o que prevalece atualmente. Todas as lâmpadas apresentadas neste estudo podem ser substituídas diretamente sem ser necessária a remoção da luminária, pois todas possuem um casquilho E40. Quanto aos projetores LED, utilizados na iluminação exterior, caso se opte pela sua integração, ter-se-á de substituir os projetores atuais em vez de se substituir só a lâmpada.

#### Tipo de Luminárias LED

##### Iluminação Interior

Foi aconselhada a WeLED Campânula, (Figura 5.11). Estes tipos de lâmpadas LED podem ser aplicadas diretamente nas campânulas presentes na nave industrial necessitando apenas de desligar os balastros ferromagnéticos.



**Figura 5.11** - Lâmpada LED representativa de 120 ou 50 W

Este tipo de lâmpada tem três temperaturas de cor, branco quente, frio e neutro, sugerindo-se que se mantenha a mesma, o branco frio, nas lâmpadas de vapor de mercúrio, e que se altere onde estão as de vapor de sódio de cor amarelada para branco frio.

Este tipo de lâmpadas deverá ser testado antes da compra, para que se verifique se os níveis de iluminância se mantêm ou se sobem. Outro fator a ter em atenção são os limites de temperatura máxima onde esta está instalada, cerca de 45 °C, que poderão ser ultrapassados na parte superior da fábrica e que, se tal se verificar, podem reduzir o tempo médio de vida das lâmpadas. Após contactado o fornecedor, este afirmou que as lâmpadas podem estar em meios cujas temperaturas não ultrapassem os 55 °C, sem qualquer perturbação no seu funcionamento, e que se encontram abrangidas por uma garantia de 3 anos, pela qual eles se responsabilizam trocando qualquer lâmpada instalada.

Este tipo de lâmpadas tem um tempo de vida de 50.000 h, o que de acordo com o perfil de utilização da fábrica, equivale a uma duração de aproximadamente 12 anos, (Anexo D.4.).

## Iluminação Exterior

A Pála segue o exemplo da iluminação interior, visto ser composta pelo mesmo tipo de lâmpadas.

Para a iluminação na parte frontal da fábrica, foi aconselhada a instalação do WeLED Projetor, também disponível em três cores, branco frio, neutro e quente, (Figura 5.12). Neste momento, a luz que está presente é branco quente, contudo poderá ser substituída por branco claro ou frio. Este tipo de lâmpada tem um tempo de vida mais reduzido, cerca de 35.000 h, o equivalente a 9 anos.



**Figura 5.12** - Lâmpada LED Projetor 50W

A iluminação lateral e traseira seria obtida através do modelo WeLED Corn Streetlight, (Figura 5.13). Este tipo de tecnologia permite também a substituição lâmpada por lâmpada, sem ser necessário recorrer à substituição dos projetores, (Anexo D.4.).



**Figura 5.13** - Lâmpada LED Streetlight



### 5.3.1. Substituição integral por tecnologia LED

O dimensionamento foi efetuado pela empresa WeLED, de acordo com a informação sobre a iluminação atualmente presente na CS – Coelho da Silva, S.A. As substituições sugeridas não dispensam testes *in loco* do equipamento, de modo a garantir o nível de iluminação no interior da fábrica, (Anexo D.4).

#### Iluminação Interior

Para o interior da Fábrica IV, foram aconselhadas as lâmpadas LED de potência 120 e 50 W, em detrimento das lâmpadas de vapor de mercúrio de 400 W e das de vapor de sódio de 250 W, respetivamente, (Tabela 5.7).

**Tabela 5.7** - Características de iluminação LED para o interior

	<b>Potência (W)</b>	<b>Dimensão (mm)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Substitui</b>
<b>WeLED Campânula 120</b>	120	ø250 x 336	10.000	HPS 400W /HID 250-400W
<b>WeLED Campânula 50</b>	50	ø173 x 249	4.500	HPS 250W/HID 150W

#### Iluminação Exterior

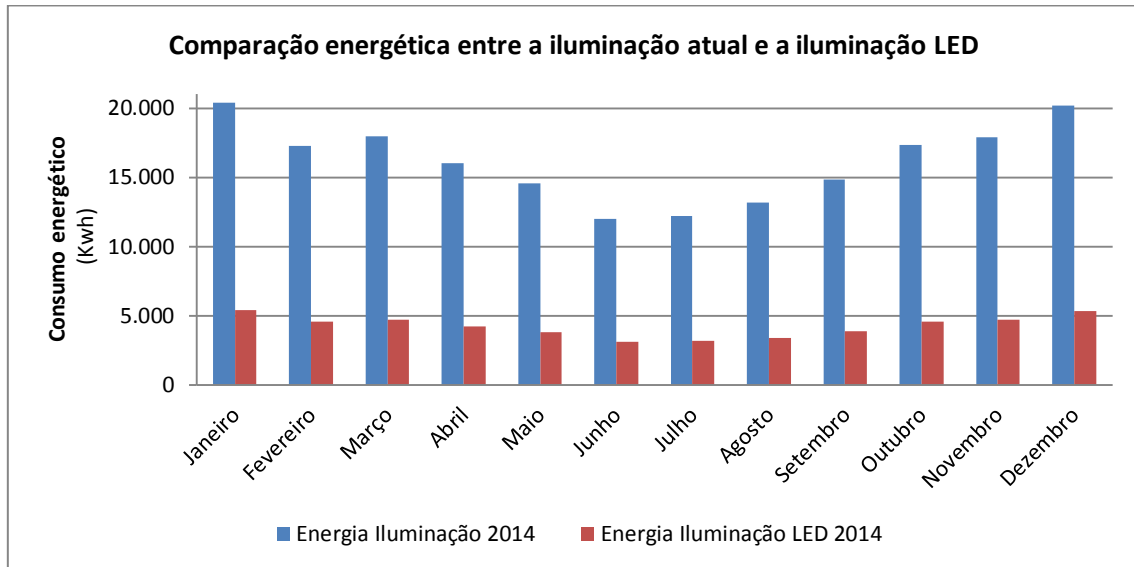
A iluminação exterior divide-se em 3 tipos, Pála, Iluminação Frontal e Iluminação Lateral. Visto as lâmpadas que compõem a Pála serem do mesmo tipo da iluminação interior, então estas serão substituídas pelas lâmpadas LED campânula de 120 W. A iluminação frontal composta atualmente por lâmpadas de vapor de sódio de 250 W será substituída por projetores de 50 W e a iluminação lateral composta até então por lâmpadas de 150 W será substituída por Lâmpadas LED Streetlight de 40 W, (Tabela 5.8).

**Tabela 5.8** - Características de iluminação LED para o exterior

	<b>Potência (W)</b>	<b>Dimensão (mm)</b>	<b>Fluxo Luminoso (lm)</b>	<b>Substitui</b>
<b>WeLED Campânula 120</b>	120	ø250 x 336	10.000	HPS 400W /HID 250-400W
<b>WeLED Projector 50</b>	50	225 x 185 x 126	2.550	HID 70 – 150W
<b>WeLED Streetlight</b>	40	ø93 x 263	4.100	HID 150W

## Análise Energética - Económica

Como primeira aproximação simulou-se a substituição de toda a iluminação da Fábrica IV por tecnologia LED. Como consequência dessa substituição, reduziu-se a potência instalada de 53.015 W para 13.000 W, perto de 75%, (Figura 5.14). Este valor é conseguido devido ao facto dos LED serem mais eficientes, maior relação lm/W e, para além disso, não necessitarem do balastro ferromagnético responsável por 15% do consumo da instalação.



**Figura 5.14** - Estudo comparativo entre a Iluminação atual e a Iluminação LED

Ao substituir-se toda a iluminação da fábrica, conseguir-se-ia uma redução energética de 143.000 kWh ao ano, o que resultaria numa redução de 67.210 kgCO<sub>2</sub>e, (Tabela 5.9).

**Tabela 5.9** - Iluminação LED – Quadro energético-ambiental

Redução Energética (kWh)	Redução Energética (TEP)	Economia (kgCO <sub>2</sub> e)
142.927,1	30,7	67.175,7

Comparando com os valores globais da Fábrica IV, a substituição da iluminação atual por LED reduziria em 4% o valor CO<sub>2</sub>e gerado pelo consumo da energia elétrica. A redução no consumo específico conseguida é pouco expressiva, quando comparada com o consumo específico da fábrica. De modo a alcançar esta economia, seria necessário um investimento de 26.628 € onde se obtém o seu retorno em aproximadamente 2 anos, resultante de uma economia média anual de 13.577 €, que ao fim de 10 anos alcaçaria perto de 139.000 €, (Tabela 5.10).

**Tabela 5.10** - Tecnologia LED – Quadro económico

Custo de Aquisição (EUR)	Economia Anual (EUR)	Cashflow (EUR)	VAL (EUR)	Payback (Anos)
26.849	13.855	111.702	72.968	1,9

### 5.3.2. Substituição Parcial LED

Devido aos diferentes níveis de utilização, Baixo, Médio e Alto, presentes na fábrica, recorreu-se a uma análise mais fina. Ou seja, dividiu-se os consumos e as lâmpadas por nível, pois nem todas as lâmpadas funcionam o mesmo número de horas e as lâmpadas LED não têm todas o mesmo preço.

#### Nível Baixo

Salienta-se que caso se substitua a iluminação atual por LED, então ter-se-á de se adquirir 39 lâmpadas LED em vez de 28, pois como se irá fazer um plano de manutenção para a substituição de toda a iluminação, então substituir-se-ão também as lâmpadas fundidas, restituindo toda a iluminação à unidade Fabril.

Ao substituir-se os dois tipos de lâmpadas, vapor de sódio e vapor de mercúrio, consegue-se uma redução de 74% dos custos, (Tabela 5.11), para este Nível.

**Tabela 5.11** - Nível Baixo - Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED

Iluminação Atual					Iluminação WeLED				
	Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)		Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)
<b>VS</b>	25	250 + 15%	11.065	963	<b>Campânula 50W</b>	35	50	2.694,1	234,4
<b>VM</b>	3	400 + 15%	2.125	185	<b>Campânula 120W</b>	4	120	739,0	64,3
<b>Total</b>	28	N/A	13.190	1.148	<b>Total</b>	39	N/A	3.433,1	298,7

\*VS – Vapor de Sódio, VM – Vapor de Mercúrio

Para a obtenção dessa economia seria necessário um investimento combinado de perto de 5.000 €, o qual só seria ressarcido ao fim de 5,7 anos, tornando esta aposta pouco atraente, (Tabela 5.12). Os motivos pelos quais não são tão notórias as economias neste nível são pelo facto de este perfil funcionar apenas 1.540 h ao ano, e por ser constituído, na sua grande maioria, por lâmpadas de vapor de sódio de 250 W.

**Tabela 5.12** -Nível Baixo – Estudo da viabilidade económica WeLED

Tipo de Lâmpada	Qnt.	Preço (EUR/unit)	Investimento (EUR)	Economia (EUR/ano)	Cashflow (EUR)	VAL (EUR)	Payback (anos)
<b>Campânula 50W</b>	33	118,57	3.912,8	741,7	3.615,2	1.339,3	5,3
<b>Campânula 120W</b>	4	240,04	960,2	120,5	263,3	-51,6	8
<b>Total</b>	39	N/A	4.873,0	862,2	3.761,5	1287,7	5,7

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35% (valor indicado pela CGD)

## Nível Médio

O Nível Médio é o nível onde mais energia é consumida devido a ter a maior potência de iluminação instalada. Anualmente, este nível consome 72.911 kWh correspondendo a 6.343 €. Ao alterar-se a tecnologia existente para LED, os custos com a iluminação decrescem para valores na ordem dos 1.725 € como se pode constatar na Tabela 5.13.

**Tabela 5.13** - Nível Médio – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED

Iluminação Atual					Iluminação WeLED				
	Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)		Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)
<b>VS</b>	10	250 + 15%	11.047	961	<b>Campânula 50W</b>	12	50	2.305,5	200,6
<b>VM</b>	35	400 + 15%	61.864	5.382	<b>Campânula 120W</b>	38	120	17.521,8	1.524,4
<b>Total</b>	45	N/A	72.911	6.343	<b>Total</b>	50	N/A	19.827,3	1.725,0

\*VS – Vapor de sódio, VM – Vapor de mercúrio

Contrariamente ao Nível Baixo, o Nível Médio tem maioritariamente lâmpadas de vapor de mercúrio, tornando notória a redução de custos ao instalar-se este tipo de tecnologia.

Devido ao investimento ser menor, no caso das lâmpadas LED campânula de 50W, o retorno do investimento ocorre mais cedo, em apenas 1,9 anos contra os 2,4 dos LED Campânula. Contudo, ao fazer-se uma análise a longo prazo, 10 anos, pode verificar-se que a economia conseguida no decorrer desse tempo é sensivelmente 5 vezes superior, atingindo cerca de 30.000 €, (Tabela 5.14).

**Tabela 5.14** - Nível Médio – Estudo da viabilidade económica WeLED

	Qnt.	Preço (EUR/unit)	Investimento (EUR)	Economia (EUR/ano)	Cashflow (EUR)	VAL (EUR)	Payback (anos)
<b>Campânula 50W</b>	12	118,57	1.422,8	760,5	6.292,5	4.128,9	1,9
<b>Campânula 120W</b>	38	240,04	9.121,5	3.857,8	30.035,1	19700,3	2,4
<b>Total</b>	50	N/A	10.544,4	4.618,3	36.331	23.829,3	2,3

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35% (valor indicado pela CGD)

## Nível Alto

Este nível contempla apenas lâmpadas de vapor de mercúrio, pelo que a redução total é de aproximadamente 75%, reduzindo os custos anuais de 5.686 € para cerca de 1.600 €, (Tabela 5.15).

**Tabela 5.15** - Nível Alto – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED

Iluminação Atual					Iluminação WeLED				
	Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)		Qnt.	Potência (W/unit.)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)
<b>VM</b>	34	400 + 15%	65.352	5.686	<b>Campânula 120W</b>	36	120	18.051	1.570
<b>Total</b>	34	400 + 15%	65.352	5.686	<b>Total</b>	36	120	18.051	1.570

\* VM – Vapor de mercúrio

Este investimento tem um tempo de retorno na ordem dos 2,1 anos e, ao fim de 10 anos, o valor acumulado resultante da economia de energia é de 33.127 € como evidencia a Tabela 5.16.

**Tabela 5.16** - Nível Alto – Estudo de viabilidade económica WeLED

	Qnt.	Preço (EUR/unit.)	Investimento (EUR)	Economia (EUR/ano)	Cashflow (EUR)	VAL (EUR)	Payback (anos)
<b>Campânula 120W</b>	36	240,04	8.641,4	4.115	33.127,4	22.800,4	2,1
<b>Total</b>	36	240,04	8.641,4	4.115	33.127,4	22.800,4	2,1

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35% (valor indicado pela CGD)

## Iluminação Exterior

A iluminação exterior é constituída por 3 tipos de lâmpadas, 10 de vapor de mercúrio, situadas na Pála, 11 de vapor de sódio, na parte frontal, instaladas em projetores, e 12 lâmpadas de vapor de sódio, ao redor e nas traseiras da fábrica. Como existem 3 tipos de lâmpadas diferentes, com diferentes potências, 400, 250 e 150 W respetivamente, os custos associados ao final do ano variam de acordo com essa potência, visto o número de horas de funcionamento ser o mesmo.

Propõe-se a substituição das lâmpadas de 400, 250 e 150 W por Led de 120, 50 e 40 W, respetivamente.

Portanto, as lâmpadas situadas na Pála têm anualmente um custo associado ao seu funcionamento de 1.726 €, as situadas na parte da frente 1.187 € e as laterais 777 €. Podem reduzir-se estes custos em 73, 82 e 77% respetivamente, (Tabela 5.17).

**Tabela 5.17** - Iluminação Exterior – Estudo comparativo entre a iluminação atual e a iluminação LED

	Iluminação Atual				Iluminação WeLED				
	Qty.	Potência (W)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)	Qty.	Potência (W)	Consumo (kWh/ano)	Custo (EUR/ano)	
<b>VM</b>	10	400 + 15%	19.838	1.726	<b>Campânula 120W</b>	10	120	5.175	450
<b>VS</b>	11	250 + 15%	13.638	1.187	<b>Projector 50W</b>	11	50	2.372	206
<b>VS</b>	12	150 + 15%	8.927	777	<b>Streetlight 40W</b>	12	40	2.070	180
<b>Total</b>	33	N/A	42.403	3.689	<b>Total</b>	33	N/A	9.617	836

\*VS – Vapor de sódio, VM – Vapor de Mercúrio

Salienta-se que no caso do *cashflow*, os anos onde se acumulam economias são diferentes pois o tempo de vida das lâmpadas não é o mesmo, 10 anos para as campânula, 9 e 10 para as lâmpadas Projector e *Streetlight*, respetivamente, (Tabela 5.18).

As lâmpadas Projector 50 W são as que obtêm o retorno do investimento mais rapidamente, pouco mais de 6 meses. Contudo onde se conseguem maiores economias monetárias a longo prazo será na substituição das lâmpadas de 400 W, situadas na Pála pelas campânulas de 120 W, onde se pode atingir o valor de cerca de 10.000 € ao fim de 10 anos.

Substituir toda a iluminação exterior tem um investimento combinado de 4.729,5, recuperável em 1,7 anos e que ao fim de 10 anos pode render perto de 25.569,9 €.

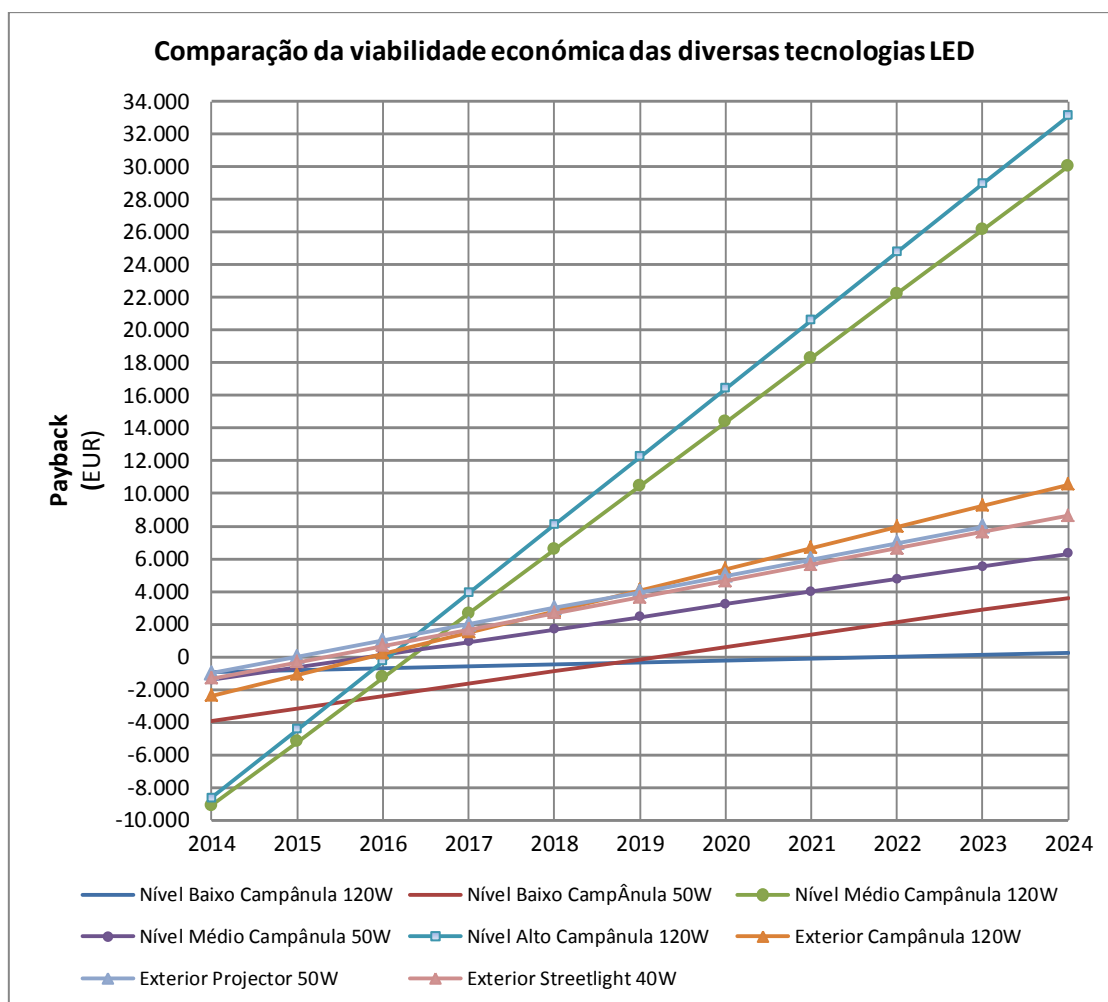
**Tabela 5.18** - Iluminação Exterior – Estudo da viabilidade económica WeLED

	Qty.	Preço (EUR/unit)	Investimento (EUR)	Economia (EUR/ano)	Cashflow (EUR/anos)	VAL (EUR)	Payback (anos)
<b>Campânula 120W</b>	10	240,04	2.440,4	1.276	10.620,3	6.092,4	1,9
<b>Projector 50W</b>	11	91,1	1.002,5	980	7.415,6	5.231,2	1
<b>Streetlight 40W</b>	12	110,6	1.326,6	597	7.627,3	2.927,5	2,2
<b>Total</b>	33	N/A	4.729,5	2.853	25.659,9	14.251,1	1,7

\*Cashflow a 10 anos com inflação do preço da energia a 1,5%, VAL a 10 anos com taxa de 4,35% (valor indicado pela CGD)

## Análise Individual às Lâmpadas LED

Após análise por nível de utilização, procedeu-se à elaboração de um gráfico (Figura 5.15), onde são comparadas as economias geradas ao longo do ciclo de vida das diferentes tecnologias LED passíveis de serem aplicadas.



**Figura 5.15** - Comparação da viabilidade económica das diversas tecnologias LED

Interpretando matematicamente o gráfico, as duas retas com maior inclinação, Nível Alto Campânula 120 W e Nível Médio Campânula 120 W, são as alterações que detêm um maior *cashflow* ao longo do seu ciclo de vida, 30.035 € e 33.127 €, respetivamente. O tempo esperado para o retorno do investimento é de cerca de 2,1 anos para o Nível Alto e 2,4 anos para o Nível Médio. Contudo o investimento também é maior do que nos restantes, rondando os 8.641 € para o primeiro, e 9.121,5 € para o segundo. A iluminação exterior com recurso a projetores é a que tem um *payback* mais reduzido, cerca de 1 ano, contudo, o seu tempo de vida é de apenas 9 anos e o valor acumulado neste período é de cerca de 7.500 €. A iluminação exterior na Pála, com recurso a LED campânula de 120 W, apresenta uma economia apreciável na ordem dos 10.000 €, e o retorno é alcançado em 2 anos. A substituição das lâmpadas de 120 W por 50 W no Nível Médio tem um *payback* de 2 anos, contudo a poupança ao longo de 10 anos é menor que as anteriores, rondando os 6.300 €. A substituição da iluminação no Nível Baixo em ambas as tecnologias, vapor de sódio e vapor de mercúrio, tem tempos de retorno do investimento bastante elevados, pelo que devem ser excluídas das hipóteses.

## 5.4. Comparação da Tecnologia LED com o Modelador de Tensão

De modo a obter um estudo comparativo com as diferentes tecnologias passíveis de serem aplicadas à iluminação, elaborou-se um novo gráfico (Figura 5.16), onde são efetuadas comparações entre o cenário com a aquisição integral do dispositivo Greenbox, a solução de *renting* e quatro simulações de substituição da iluminação atual por LED. Uma onde apenas se substitui a iluminação exterior; outra em que se substituem todas as lâmpadas de 400 W no Nível Médio Alto e na Pála, devido a serem as que obtém maior poupança; outra em que se substitui toda a iluminação do Nível Médio Alto e Exterior; e, por fim, uma em que se substitui a iluminação de todos os Níveis interiores e exteriores.

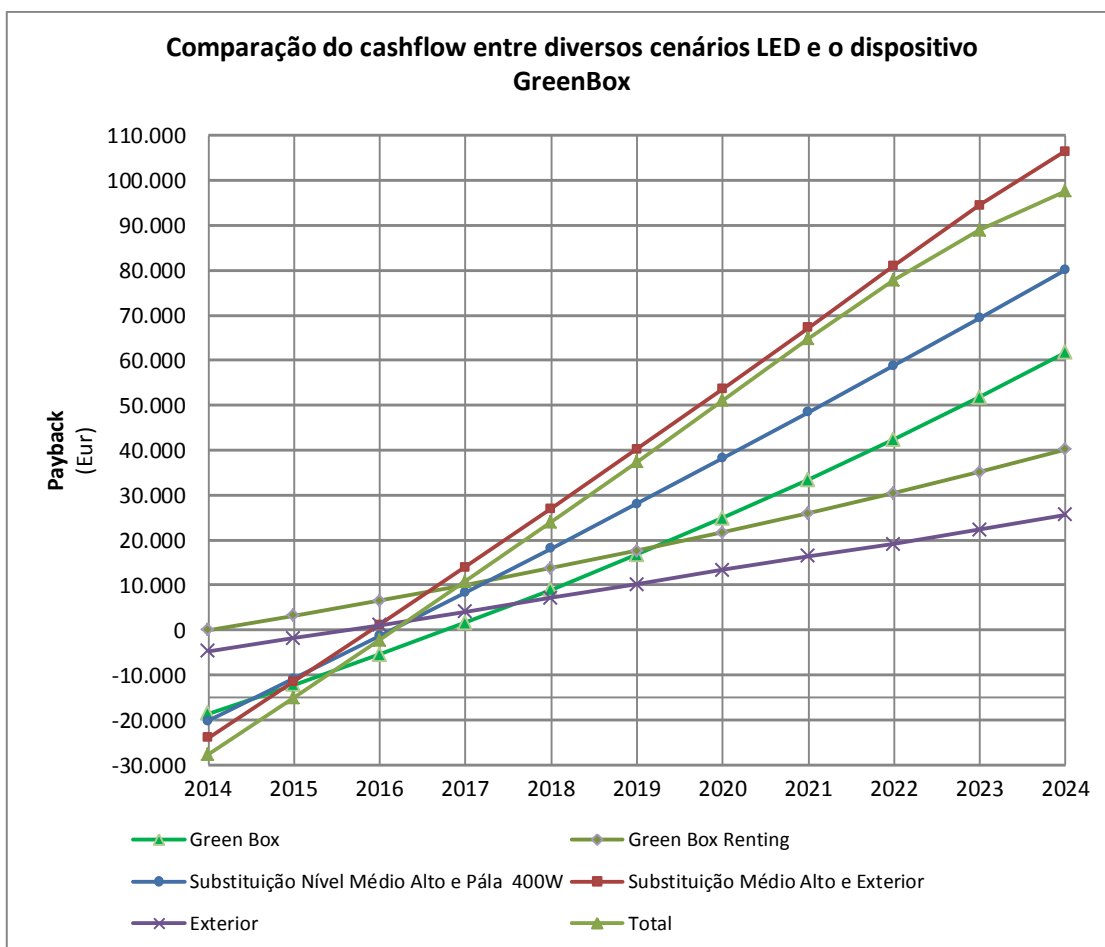


Figura 5.16 - Comparação do cashflow entre diversos cenários LED e o dispositivo GreenBox

A hipótese *renting* da Greenbox é a solução que apresenta menor risco, pois não existe um investimento inicial, tem uma garantia de 5 anos onde qualquer avaria é comparticipada pela Wattguard e é de fácil instalação. Contudo, a longo prazo é a que apresenta menores rendimentos, cerca de 35.000 €, ao fim de 10 anos. A aquisição deste equipamento poderá também ser uma hipótese, neste caso existe um investimento inicial de 18.550 €, que é pago em menos de 2,8 anos, e a poupança associada passa para perto de 50.000 €, contudo, a garantia é de apenas 2 anos e, após esta data, qualquer intervenção terá de ser paga pela empresa CS – Coelho da Silva, S.A.



Relativamente à tecnologia LED, foram estudadas quatro hipóteses, a primeira seria a implementação da tecnologia LED apenas no exterior da fábrica, esta hipótese seria a de mais fácil execução visto as lâmpadas serem de simples acesso. Além disso, o investimento também seria bastante reduzido, 4.729,5 € e, como seria evidente, este seria o cenário onde se conseguiria um menor retorno do investimento, 25.660 €

Estudou-se também a hipótese de substituir todas as lâmpadas de 400W por iluminação LED de 120 W, no interior e exterior (Pála) da fábrica. Com este tipo de substituição, o investimento é de 20.163 €, mais do que todas as anteriores, contudo, as poupanças também são maiores 80.000 €, já deduzindo o investimento inicial que se paga em 2,2 anos.

O terceiro cenário foi substituir toda a iluminação da fábrica, excetuando o nível baixo. Esta hipótese teria um investimento inicial superior aos cenários anteriores, 23.915 €, contudo, ao fim de 10 anos, o *cashflow* seria perto dos 107.000 €.

Ao substituir-se toda a iluminação interior e exterior, à exceção do Nível Baixo, que detém maior tempo de *payback*, economizar-se-iam 80.616 € ao fim de 10 anos com um investimento de 22.847 € e com um retorno esperado de 2 anos.

Por fim, simulou-se a substituição integral da iluminação que, como é evidente, é a mais cara, com um investimento inicial de 27.700 €, com um *payback* mais lento do que a maioria dos concorrentes, 2,2 anos, e com um *cashflow* de 97.614 €. O *cashflow* é menor do que no cenário anterior porque estas lâmpadas estão ligadas muito pouco tempo. Assim, apesar da economia para a mesma hora ser superior, estas não trabalham tempo suficiente para amortizar o seu investimento como nos cenários anteriores.

Mais uma vez, salienta-se que os valores dos LED foram aconselhados pelo técnico da empresa WeLED e não dispensam testes no local, antes de serem instalados.



## 6. Conclusão

A Fábrica IV da empresa CS – Coelho da Silva S.A., produtora de coberturas cerâmicas, é uma consumidora intensiva de energia, consumindo anualmente 3.768 tep, acima dos 500 tep referenciados pelo SGCIE. Inerente aos seus processos de cozedura e secagem, apresenta uma elevada dependência de gás natural, representando pouco mais de 78% do consumo total da fábrica. Deste consumo de energia térmica, 83% é consumido no forno, os restantes 17% encontram-se alocados ao secador.

Tendo em apreço estes dispêndios, monitorizaram-se os fluxos de energia do forno e do secador com o objetivo de identificar possibilidades de recuperação de calor residual. Destas monitorizações efetuadas, surgiram as seguintes possibilidades:

1. Inclusão de um permutador de calor
2. Efetuar uma recuperação do túnel de espera
3. Tamponar a conduta de recuperação para os secadores

Ao monitorizar os gases de exaustão, verificou-se que estes possuíam energia suficiente para suprir as necessidades do pré-forno, contudo, devido à sua composição química, não podem ser reintroduzidos no forno, pelo que se aferiu a viabilidade de implementar um permutador de calor, de modo a aproveitar a energia dos gases de exaustão, mas sem que existisse mistura dos fluidos. Foi então elaborado uma ferramenta em *Excel*, que permite a criação de vários cenários introduzindo os seguintes *inputs*, cadências do forno (associados aos diferentes caudais e temperaturas dos gases de exaustão), o preço e a inflação da energia, os investimentos e, até mesmo, eventuais derrapagens no projeto. Concluída a introdução dos *inputs*, podem analisar-se uma série de *outputs*, entre eles a economia de energia, a redução de CO<sub>2</sub>, o tempo de retorno do investimento, entre outros. Para o presente estudo, introduziu-se o valor médio das cadências do presente ano (Cenário 2014). Analisados os *outputs*, verificou-se que o permutador de calor permite uma redução de 9,6% do consumo global da Fábrica IV, reduzindo em 10,5% das emissões globais de CO<sub>2</sub>. Para a sua implementação, seria necessário investir perto de 352 mil euros, que seriam ressarcidos num prazo de 2,3 anos, devido a uma poupança anual de 150 mil euros. Ao fim de 10 anos, o *cashflow* seria perto de 1 milhão de euros. O valor do investimento é um valor bastante conservativo, pois assumiu-se que ao substituir o ventilador, o motor e o variador de velocidade dos gases de exaustão, estes seriam adquiridos em duplicado, o que inflaciona o valor do investimento.

A recuperação de energia do túnel de espera para o secador é uma medida que se apresenta com bastante interesse, contudo, precisará de uma análise mais cuidada devido à humidade presente no mesmo. Esta conexão poderá ser conseguida soldando dois troços de conduta com uma flange quadrada para conectar a válvula de alhetas entre elas. Deverá ser testado o efeito que a variação deste caudal tem no secador e nos produtos, regulando essa válvula de alhetas. Mesmo só aproveitando 25% do caudal, representando apenas a introdução de 6% de novo caudal na admissão 3 e principal, o investimento seria recuperado em pouco mais de 2 meses. Embora a economia desta medida não acerque 1% da energia total despendida pela fábrica, é uma medida de fácil implementação e com um retorno de investimento relativamente rápido.

Aquando dos balanços na admissão 3 e principal, verificou-se que as válvulas de alhetas, presentes nos ventiladores destas admissões, não vedavam na totalidade, conseqüentemente, estavam a desviar ar quente necessário ao pré-forno. Este desvio faz com que se perca uma quantidade relevante de energia devido aos 80 m da conduta de recuperação para os secadores. Sugere-se então o tamponamento a jusante desta conduta. À semelhança da medida anterior, esta não é muito expressiva em termos de aproveitamento energético, inferior a 0,5% do consumo global da Fábrica IV, contudo, é uma medida com um investimento muito reduzido e que se apresenta interessante de implementar devido à sua simplicidade. Saliencia-se que este tamponamento tem de ser reversível, pois, caso se instale o permutador de calor, será necessária que a conduta de reaproveitamento para os secadores esteja desimpedida, para que, quando exista excesso de ar quente no pré-forno, este possa ser canalizado para o secador. Ao colocar o permutador de calor, seria necessário rever o isolamento térmico da conduta de recuperação para os secadores, com vista a reduzir as perdas térmicas.

Paralelamente ao estudo da eficiência energética para o gás natural, fez-se também um estudo para a redução dos consumos elétricos nomeadamente sobre a iluminação eficiente de onde se salientam duas medidas:

4. Instalação do dispositivo Greenbox
5. Substituição da iluminação atual por LED

O dispositivo *Greenbox* da Wattguard tem na sua génese um conjunto de transformadores e é aplicado junto ao quadro elétrico da iluminação. Este sistema, para além de modelar a tensão de alimentação às lâmpadas, produz a emissão de fotões ultravioletas, o que permite uma redução de cerca de 36% da potência, reduzindo em apenas 5% a iluminância. Esta redução da potência resulta numa economia de energia global na ordem dos 15 tep e evitaria a emissão de 33,2 tCO<sub>2</sub>e, o que equivale a uma redução de energia e emissões no computo geral de 0,4 e 0,34% respetivamente. Este sistema pode ser adquirido através de duas formas, aquisição integral do equipamento ou por *renting*. No primeiro método, o investimento é de cerca de 18.450 €, com um tempo de retorno de 2,8 anos. A segunda opção não tem qualquer investimento por parte do cliente, contudo, metade das poupanças são revertidas para a Wattguard e as outras para a CS – Coelho da Silva, S.A. Esta modalidade tem ainda a vantagem de ter 5 anos de garantia, contrastando com os 2 anos da primeira modalidade. No entanto, ao fim de 5 anos do contrato, o aparelho é da posse da Wattguard, podendo ser removido ou renegociado.

No que respeita à iluminação LED foi criado um modelo de apoio à decisão em *Excel* que permite numa primeira análise verificar o estado da iluminação atual, isto é, quanto se consome e em que períodos é consumida energia. Este modelo permite ainda a criação de diversos cenários de acordo com a tipologia de iluminação que se substituí e com o nível de utilização. Para o presente relatório foi analisada a substituição da iluminação atual por iluminação LED, este estudo contou com o apoio da empresa WeLed. Como o modelo permite uma análise bastante fina, verificou-se que não seria compensatório substituir toda a iluminação por LED, visto existir um grupo de lâmpadas (Nível Baixo) que ao serem substituídas o retorno do investimento demoraria mais de 5 anos. A solução que gera maior

rentabilidade será a substituição de toda a iluminação exceto do Nível Baixo. Assim, o investimento seria de 23.915 euros, e anualmente economizar-se-iam 11.445 euros. Pelo que ao fim de 10 anos o *cashflow* seria de 106.533 euros. Esta medida reduziria o consumo energético em 28,6 Tep (0,76%) a que corresponderia uma não emissão de 62,6 tCO<sub>2</sub>e (0,65%). Denote-se as Lâmpadas LED necessitam de ser testadas *in loco* de modo a testar os valores da iluminância. Esta iluminância deverá ser verificada em pontos-chave e não apenas debaixo das luminárias, pois o LED emite um feixe de 180 ° e pode consubstanciar o risco de exatamente abaixo da luminárias verificar-se a quantidade de Lux necessária mas um pouco mais ao lado este valor ser bastante inferior.

**Tabela 6.1** - Tabela resumo das medidas sugeridas

Medidas	Indicadores Energético-Ambientais				Indicadores Financeiros			
	Redução (Tep)	Energia (%)	Redução (tCO <sub>2</sub> e)	CO <sub>2</sub> e (%)	Investimento (EUR)	Economia (EUR/ano)	VAL (EUR)	Payback
1. Permutador de Calor	362,3	9,6	1.014	10,5	351.828	150.759	868.019	2,3 anos
2. Recuperação do Túnel de Espera (25%)	16	0,42	43	0,44	595,9	6.706	44.787	65 dias
3. Tamponamento da Recuperação para o Secador	16,5	0,44	44,3	0,47	61,3	6.900	55.802	4 dias
4. Wattguard – Green Box	15,2	0,4	33,2	0,34	<i>Renting</i>	3.239	N/A	N/A
5. Wattguard – Green Box	15,2	0,4	33,2	0,34	18.450	6.563	36.976	2,8 anos
6. LED - Substituição das lâmpadas do Nível Médio Alto e Exterior	28,6	0,76	62,6	0,65	23.915,3	11.445	60.880	2,1 anos

Conclui-se, então, que a crise, aliada à subida dos vetores energéticos fez com que os consumos de energia fossem repensados, apostando-se na procura de medidas de eficiência energética que os façam diminuir, de modo a eliminar as gorduras existentes nas empresas, tornando-as assim mais competitivas, dentro e fora do território nacional.

Como trabalho futuro, sugere-se que, para o permutador de calor sejam analisadas as emissões com maior precisão, nomeadamente o teor de SO<sub>3</sub>, por forma, a determinar com mais rigor a temperatura de condensação dos gases de exaustão. Por cada grau que se consiga descer nos gases de exaustão, no seio do permutador de calor, resulta uma economia anual de perto de 3.500 euros, contudo, deverá existir sempre o compromisso de durabilidade do equipamento. Devido às perdas detetadas na condução de recuperação para os secadores, seria adequado estudar a eficiência do atual isolamento, pois caso se instale o permutador, corre-se o risco de diminuir o aproveitamento de energia devido à ineficiência do isolamento térmico. Sugere-se ainda a substituição dos painéis translúcidos, que se encontram bastante degradados pelo sol. Por fim, seria interessante estudar o consumo de energia por etapa do processo de fabrico, de modo a desenvolver uma matriz energética por secção.



## 7. Referências

- [1] Agencia para a Energia – ADENE . **Política Energética Nacional**. [Consult 5 ago. 2014]. Disponível em [www.adene.pt/PoliticaEnergética](http://www.adene.pt/PoliticaEnergética).
- [2] DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA – DGEG. **Política Energética – Caracterização Energética Nacional**. [Consult. 5 ago. 2014] Disponível em: <http://www.dgeg.pt/>
- [3] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS – Diário da República, 1ª série – Nº 70 – 10 de abril de 2010
- [4] CABRAL, Pedro. O PNAEE 2016 e PNAER 2013 – 2020: Estratégias para a Eficiência Energética e Energias Renováveis, Associação Portuguesa de Energia. Lisboa, 2 de Maio de 2013
- [5] MORAIS, Lurdes; CARNEIRO, J.A. Nunes; LEITE Ruben. **Guia de Boas Práticas de Gestão Estratégica na Indústria Cerâmica Europeia**. Outubro de 2012.
- [6] CTCV – CENTRO TECNOLÓGICO DA CERÂMICA E DO VIDRO, **Plano Setorial de Melhoria da Eficiência Energética em PME – Setor da Cerâmica e do Vidro**. Novembro 2012. ISBN: 978-989-8644-01-5.
- [7] DGEG – DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA. **Combustíveis Fosseis – Estatísticas rápidas – nº 110 – junho de 2014**.
- [8] ADENE – AGÊNCIA PARA A ENERGIA. **Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia – Relatório Síntese dezembro de 2013**, dezembro de 2013
- [9] COELHO DA SILVA. **Empresa**. Albergaria. [Consult. 8 de mar. 2014]. Disponível em <<http://www.cs-telhas.pt/empresa>>
- [10] COELHO DA SILVA. **Produtos**. Albergaria. [Consult. 8 de mar. 2014]. Disponível em <<http://www.cs-telhas.pt/empresa>>
- [11] SERRANO, Artur; CUNHA, Fernando. **Auditoria Energética Plano de Racionalização do Consumo de Energia 2009 – 2014**, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, julho de 2009
- [12] KIMO CONSTRUTEUR, **Directions for use – Smart multi-functions devices – AMI 301 and 301 PRO**.
- [13] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, **Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, STANDARDS Velocity Traverse of Air Ducts**, ASHRAE Handbook – 1993 Fundamentals.
- [14] RODRIGUES, Susana; DUARTE Mário. **Caraterização de Efluentes Gasosos- -Forno CCIV – Cadastro nº 1489**, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra Outubro de 2012
- [15] LEFERINK, R.; HUIJBREGTS, W.M.M. Lastest Advances in The Understanding of Acid Dewpoint Corrosion: Corrosion and Stress Corrosion Cracking in Coombustion Gas Condesates, **in Anti – Corrosion Methods and Materials**. United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited. ISSN: 0003-5599. Vol. 51, (2004), p. 173-188

- [16] PERRY, Robert H.; GREEN, Don W. – **Perry's Chemical Engineers' Handbook**. 8<sup>th</sup> ed. New York, 2008. ISBN 9780071422949
- [17] INCROPERA, Frank P.; DEWITT, David P.; BERGMAN, Theodore L; LAVINE, Adrienne S., - **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 6<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro. 2008. ISBN 978-85-216-1584-2
- [18] SHAH, Ramesh K.; SEKULIĆ, Dusen P. – **Fundamentals of Heat Exchanger Design**. Estados Unidos da América, 2003. ISBN 0-471-32171-0
- [19] ÇENGAL, Yunus A. – **Heat And Mass Transfer: A Pratical Approach**, 3th ed. New York, 2003. ISBN 978-0-07-312930-3
- [20] ISO 8995:2002 – Lighting of indoor work places. CIE.
- [21] ENTIDADE REGULADORA DE SERVIÇOS ENERGÉTICOS – ERSE. Eletricidade – **Tarifas e preços: Períodos Horários**. [Consult. 10 set. 2014] Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/CiclopconalosoconsumidoresMATATMT.aspx>
- [22] DANISH WATTGUARD APS, **Sobre a Wattguard - FAQ.**, [Consult. 17 jun. de 2014] Disponível em <http://wattguard.pt/sobre-a-wattguard/faq/>



# 8. Anexos



# **Anexo A.**

## **Recuperação de Calor Residual Presente nos Gases de Exaustão**



# **Anexo A.1.**

## **Modelo de Apoio ao Estudo da Viabilidade do Permutador de Calor**



## Modelo de Apoio ao Estudo da Viabilidade do Permutador de Calor

De modo a apoiar o estudo da viabilidade económica do permutador de calor, desenvolveu-se um modelo dinâmico, que permite a criação de vários cenários, de modo a prever a economia gerada pelo permutador. Dentro dos cenários, podem alterar-se os preços e inflação dos vetores energéticos, a taxa de rentabilidade e o regime de funcionamento do forno através das cadências. Apesar da Hellmich, empresa com a qual se trabalhou para o desenvolvimento do permutador, ter definido como temperatura de saída os 135 °C, deixou-se essa célula em aberto, pois este valor tem de ser aferido, uma vez que não se efetuou a monitorização ao SO<sub>3</sub>, gás que condiciona o ponto de orvalho.

Monitorizou-se o forno para as várias cadências, pois o caudal de gases de exaustão varia consoante as cadências. Para além disso o caudal varia também dentro da própria cadência isto é, uma cadência de 420 segundos, tem 335 segundos, em que o ventilador de extração está no máximo, e nos outros 85 segundos o ventilador decresce a velocidade pois é quando é dado o impulso. Deste modo foi monitorizado dentro de cada cadência o período normal e o período do impulso. A temperatura mantém-se constante devido à inércia térmica,

De acordo com os caudais e as temperaturas, calcularam-se as potências térmicas associadas a cada cadência. Depois, recolheu-se do sistema o número de impulsos referente a cada cadência, de forma a saber quais as mais utilizadas, com o objetivo de calcular a potência média. Este estudo tem uma limitação, pois não foi possível monitorizar a cadência mais lenta, para além disso, devido à dificuldade de retirar os dados do computador, foi analisada apenas uma semana, o ideal seria obter os dados alusivos a pelo menos um mês, (Tabela A. 1).

**Tabela A. 1** - Modelação da energia disponível nos gases de exaustão de acordo com as cadências

Cenário Teste												
Cadência	420	450	480	508	540	576	617	720	864	Total		
Número de cadencias	5.346	202	8.466	705	302	2.923	202	1.411	0	20.157		
Funcionamento %	23,50%	1,00%	42,00%	3,50%	1,50%	14,50%	1,00%	7,00%	0,00%			
timp (s)	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	N/A	100,00%		
tfunc (s)	335,0	365,0	335,0	423,0	455,0	431,0	532,0	635,0				
Tin (°C)	199,0	191,5	186,7	176,8	178,3	174,3	172,0	171,9				
Tout (°C)	135,0	135,0	135,0	135,0	135,0	135,0	135,0	135,0				
m <sub>f</sub> (kg.s <sup>-1</sup> )	13,1	12,4	11,8	11,7	10,2	9,6	9,8	8,9				
m <sub>i</sub> (kg.s <sup>-1</sup> )	10,1	9,2	9,1	6,9	7,7	7,5	7,7	5,8				
c <sub>p</sub> (KJ.kg <sup>-1</sup> .k <sup>-1</sup> )	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004				
P <sub>potência</sub> (kW)	802,3	663,2	587,1	457,2	425,9	366,4	352,9	316,2				
P <sub>total</sub> (kW)	591,1											

Elaboraram-se mais dois cenários de forma semelhante, um pessimista e outro otimista (Nominal). Os caudais e as temperaturas alusivos às cadências são os mesmos, contudo,

alterou-se a percentagem das cadências, isto é, no cenário pessimista, assumiu-se que a fábrica nunca operava a 420, ou seja, durante todo o ano nunca chegava a atingir a potência Nominal. Por outro lado, no Cenário Nominal, estava maioritariamente a 420. O cenário teste reflete o funcionamento da fábrica no presente ano, 2014, em que a fábrica opera nos dois regimes, por isso no decorrer do trabalho apelidou-se este cenário de Cenário 2014.

Posto isto, criaram-se dois quadros, um para a avaliar a economia energética-ambiental e outro para a parte económica de modo a conseguir comparar os 3 cenários, (Tabela A. 2).

**Tabela A. 2 - Quadro energético - ambiental e quadro económico**

Quadro Energético - Ambiental				Quadro Económico			
	Cenário Pessimista	Cenário Nominal	Cenário Teste		Cenário Pessimista	Cenário Nominal	Cenário Teste
Potência kW	519	663	531	Investimento Total Eur	-350.112,1	-350.112,1	-350.112,1
Energia anual MWh/a	4.543	5.809	5.178	Poupança Permutador Eur/ano	163.536	209.129	186.413
Consumo Elétrico MWh/a	-385	-385	-385	Consumo Elétrico Eur/ano	-35.654	-35.654	-35.654
Top Evitado	307,7	416,5	362,3	Economia Total Eur/ano	127.882	173.475	150.759
Total CO2 evitado (TonCO2eq/ano)	867	1.159	1.014	VAL	684.631	891.832	869.736
				Payback	2,71	2,01	2,31

O investimento inicial foi dividido em duas partes, uma parte fica a cargo da Hellmich e a outra a cargo da CS – Coelho da Silva, S.A. Todos estes custos podem ser alterados, e o software procederá à alteração automática dos *outputs*, (Tabela A. 3).

**Tabela A. 3 - Investimento do permutador e custos laterais**

Investimento inicial Hellmich		Investimento CS - Coelho da Silva S.A.	
1. Permutador + Ventilador + Motor	-127.500	Abrir orifício para condutas	
2. Regulador de Temperatura	-13.208	Plataforma Elevatória	-600
3. Controlos elétricos	-7.800	Grua de 160 ton 4 horas	-3.160
4. Condutas	-17.600	Guindaste	
4.1. Válvulas Manuais	-3.662	Andaimes	-660
5. Válvula seletiva para o secador e forno	-5.366	Ventilador Sondeca Cas-X 100	-66.600
6. Isolamento térmico	-48.900	Variador WEG	-6.507
7. Instalação e supervisão	-14.520	Motor WEG 75kW	-8.142
8. Licenciar	-5.600	Desmontagem e eliminação das peças antigas	
9. Transporte	-8.680	Análise aos gases de exaustão	-300
Total Euros	-247.470	Total Euros	-85.970







# **Anexo A.2.**

## Cotação da Monitorização dos Gases de Exaustão



**MEDIÇÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM FONTES FIXAS / ORÇAMENTO 2014**A/C: Emanuel Delgado ([emanueldelgado@gmail.com](mailto:emanueldelgado@gmail.com))**0. VALIDADE E APLICABILIDADE**

Esta proposta é válida para as fontes referidas, por um prazo de 60 dias contados da data da mesma.

A proposta visa a caracterização quantitativa de efluentes gasosos em fontes fixas.

A adjudicação do serviço pressupõe a aceitação das condições referidas no ponto 6 desta proposta, e deverá ser efectuada através do envio por fax – 234 397 799 ou mail ([arlindaduarte@sondar.net](mailto:arlindaduarte@sondar.net)) do impresso MS.0102a (Nota de Encomenda), devidamente preenchido e assinado, ou em alternativa, uma requisição interna do cliente.

As amostragens a realizar são representativas das emissões à data e, durante o tempo de duração do ensaio.

**1. DESCRIÇÃO DO TRABALHO PROPOSTO**

INSTALAÇÃO	LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS	N.º FONTES FIXAS A CARACTERIZAR
Coelho da Silva	Juncal	2
DESIGNAÇÃO DA FONTE	POLUENTES A MONITORIZAR	N.º DE MEDIÇÕES / FONTE [CAMPANHAS]
Amostragem antes do filtro Amostragem na chaminé	SO <sub>2</sub>	1

Tabela 1: Plano de amostragens

**Métodos de amostragem e análise:**

Poluente (ver tabela 1)	Norma / Ensaio Acreditado ou Não Acreditado <sup>(1) (2)</sup>
Trióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	EPA 8 / Não Acreditado

Tabela 2: Métodos de amostragem e ensaio

<sup>(1)</sup> Certificado do IPAC com Nº de Acreditação L0278 ([http://www.ipac.pt/pesquisa/ficha\\_lae.asp?id=L0278](http://www.ipac.pt/pesquisa/ficha_lae.asp?id=L0278))

<sup>(2)</sup> A acreditação dos ensaios é dentro das gamas de medição indicadas no certificado supra mencionado

**Determinação das Características de Escoamento**

Além dos parâmetros referidos serão sempre determinados em cada conduta:

- Percentagem de Oxigénio (O<sub>2</sub>) e Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>);
- Pressão Absoluta na Chaminé;
- Humidade do gás (H<sub>2</sub>O);
- Massa Molecular Média dos Gases;
- Temperatura de Exaustão;
- Velocidade de Escoamento.

## 2. RELATÓRIO DE ENSAIO

Os resultados serão apresentados num relatório final em suporte digital, elaborado segundo o Anexo II do Decreto-Lei n.º 78/2004 de 3 de Abril, contendo os valores médios das concentrações dos parâmetros característicos do escoamento, bem como a concentração média dos poluentes e os respectivos caudais mássicos.

## 3. PRAZO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ENSAIO

A SONDAR compromete-se a entregar o relatório no prazo máximo de trinta dias a contar da data de amostragem. Pode ser acordado um prazo mais curto mediante solicitação do cliente e acordo da SONDAR.

## 4. EQUIPAMENTOS USADOS

Todos os equipamentos utilizados nas amostragens e análises cumprem os requisitos estabelecidos nos métodos indicados na Tabela 2.

A SONDAR, Lda tem um rigoroso plano geral de calibração, a que submete todos os seus aparelhos de medição, de forma a garantir a fiabilidade dos resultados obtidos.

As características técnicas destes aparelhos podem ser facultadas.

## 5. CAPACIDADE TÉCNICA

A recolha e análise dos parâmetros solicitados será efectuada por uma equipa técnica com formação técnico-científica adequada.

A análise será efectuada no laboratório da SONDAR, Lda ou em laboratório externo (a subcontratação será sempre indicada na Tabela 2), que pertença à lista de fornecedores aprovados da SONDAR, Lda.

A SONDAR, Lda tem uma vasta experiência nesta área, contando no seu currículo com milhares de amostragens em fontes e fábricas espalhadas por todo o país, nas mais variadas áreas e processos fabris.

## 6. CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA A EXECUÇÃO DO TRABALHO

É da responsabilidade do cliente a criação das seguintes condições de amostragem e segurança:

- Existência de toma(s) flangeada(s) e plataforma, conforme descrito na NP 2167:2007. A plataforma não poderá estar sujeita a oscilações ou desníveis, o acesso terá de ser seguro e estar desimpedido.
- O responsável da empresa pelo acompanhamento dos técnicos deverá manter-se contactável.
- Disponibilização, no local de amostragem, de corrente eléctrica monofásica e com terra.
- Existência de uma zona de manipulação do equipamento, livre de quaisquer obstáculos, na vizinhança da toma de amostragem, que permita o manuseamento de uma sonda e respectivo equipamento.

## 7. OUTRAS CONDIÇÕES CONTRATUAIS

- A SONDAR, Lda garante a confidencialidade dos dados e relatórios a apresentar, comprometendo-se a não divulgar aqueles, sem autorização expressa da empresa.
- A SONDAR, Lda poderá considerar nula a presente proposta, recusando-se a efectuar as amostragens, caso o cliente falhe com as suas obrigações, em particular no que se refere às condições de trabalho e segurança indicadas no ponto 6.
- O não cumprimento por parte do cliente da (s) data (s) acordada (s) para realização das amostragens, resultará no pagamento de uma indemnização à SONDAR, Lda. no valor indicado no ponto 8 da presente proposta (imobilização extra), para fazer face a custos de disponibilização de equipamentos e pessoal. A desmarcação das datas agendadas tem de ser feita com uma antecedência mínima de 24 horas.
- A SONDAR, Lda poderá, após análise dos resultados obtidos, necessitar de repetir a amostragem, comprometendo-se a empresa a facultar todas as condições necessárias à repetição da mesma, em data a acordar.
- Uma vez calendarizados os trabalhos de campo a SONDAR, Lda poderá ter de adiá-los, caso as condições meteorológicas sejam adversas, haja avaria num dos aparelhos necessários, ou algum dos técnicos destacados para o serviço se encontre em situação de baixa por doença. Comprometemo-nos, contudo, a apresentar um justificativo do sucedido e a envidar todos os esforços para a rápida remarcação do serviço.

## 8. PREÇOS

PREÇO TOTAL (€)	Nº DIAS TRABALHO CAMPO
400,0	0,5

Tabela 3 – preços

- ⇒ Não inclui o IVA à taxa em vigor;
- ⇒ Inclui todas as despesas associadas à realização do trabalho de campo (ocupação dos técnicos e equipamento), deslocações, determinações analíticas e relatório;
- ⇒ O orçamento foi elaborado com base no pressuposto de que serão necessários os dias de trabalho de campo indicados na tabela 3. A não realização das amostragens no (s) dia (s) previsto (s), por motivos alheios à SONDAR, Lda, tais como inexistência de tomas de amostragem, não cumprimento dos requisitos mínimos de amostragem e segurança definidos no ponto 6, ocorrência de paragens de processos, alteração do trabalho definido no orçamento, ou outros implica cobrança de 200€ / deslocação extra à empresa.

## 9. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- ⇒ 100% com a entrega do relatório final.

O pagamento terá de ser realizado num prazo de 30 dias da emissão da factura.

A SONDAR, Lda poderá reter o relatório por incumprimento destas condições de pagamento, reservando-se o direito de apenas proceder à sua entrega, quando se mostrarem liquidados os valores devidos e vencidos nos prazos referidos, declinando qualquer responsabilidade emergente do incumprimento de prazos de entrega a que esteja adstrito o cliente.

Aríndia Duarte / Rui Almeida  
(96 3821210 / 96 8604414)

## – NOTA DE ENCOMENDA –

**- Informações sobre o adjudicador (preencher apenas no caso de ser aplicável):**

Designação Social / Contacto *(nome e telefone)*:

**- Informações sobre a empresa / local de amostragem:**

Designação Social:

Morada do Local de Amostragem:

Responsável pelo acompanhamento da equipa da Sondar:  
*(nome e telefone)*

**- Dados contratuais:**

Ref. Proposta SONДАР: **PR 10068\_01** Data da Proposta: 16 Abril 2014

Tipo de Adjudicação: 1 Campanha  2 Campanhas  Preço: **400,0€**

Condições de Pagamento Acordadas:

Ref. da Vossa Nota de Encomenda:

N.º de contribuinte:

**- Prazo de Entrega do Relatório de Ensaio Pretendido:**

Cumprimento do Prazo Legal

Outro Prazo:

**- Observações:**

**Responsável pelo preenchimento / Data:**



# **Anexo A.3.**

## Caraterização e Cotação do Permutador de Calor





DEDUSTING AND ENVIRONMENTAL  
TECHNOLOGY / CONSTRUCTION  
OF PIPELINES AND APPARATUS

HELLMICH GMBH & CO.KG - Postfach 12 08 - D-32269 Kirchlengern

**Cerâmica Coelho da Silva, SA**  
Albergaria  
2480-071 Juncal  
Portugal

D-32278 KIRCHLENGERN (Germany)  
Holzkampweg 13  
Telefon (05223) 7577-0  
Telefax (05223) 757730  
eMail [verkauf@hellmich.com](mailto:verkauf@hellmich.com)

Volksbank Herford eG  
Kto. Nr. 201 179 000 (BLZ 494 900 70)

Deutsche Bank AG Bünde  
Kto. Nr. 2 750 008 (BLZ 480 700 52)

USt-Id Nr.: DE 124 327 593

Your sign

Attention of Mr. Pedreiras

Our sign

Tempel-Krebs / C.H.

Date

16<sup>th</sup> of July 2014

Project: **Coelho da Silva kiln 4 / factory 3**

Subject: **Recovering energy from the exhaust fumes of a tunnel kiln**

## BUGDET - QUOTATION

Dear Sirs,

We thank you very much for your inquiry.

In reference to the several emails and the visit of Mr. Hellmich in Portugal in week 25 we send you today our quotation of a heat exchanger - system from flue gases, for your purposes with our general conditions of sale and assembly overleaf.

Please check our quotation and if you have any further questions, do not hesitate to contact us.

We would be pleased to receive a positive reply after your study.

Yours sincerely

**HELLMICH GmbH & Co. KG**

i. A. Cathleen Tempel-Krebs

Dedusting and environmental technology  
Construction of pipelines and apparatus

Encl.: 1 Budget-Offer

## BUDGET - QUOTATION

We hereby offer you without engagement the following at our terms of sale and installation:

### Recovering energy from the exhaust fumes of a tunnel kiln (kiln 4, factory 3)

#### 1. Heat Exchanger

- Type of construction – Surface-type Exchanger with round pipes  
– Exchanger surface area = 777 m<sup>2</sup>  
– Cooling-air-fan with motor
- Material – S235JR

---

#### Technical data:

Flue-gas volumetric flow rate - Inlet	approx.	58.550 Am <sup>3</sup> /h
Flue-gas temperature - Inlet	approx.	180 °C
Flue-gas temperature - Outlet	approx.	135 °C
Cooling air temperature	approx.	110 °C
Hot-air temperature	approx.	140 °C
Hot-air flow rate	approx.	20.670 Am <sup>3</sup> /h
Heat quantity to be dissipated	approx.	562 KW

Paint finish      Primer coat Rustproofing coating  
(no special warranty)

Pressure drop over the heat exchanger: 50 daPa  
it has to be checked if the existing fan can take this  
pressure drop, if not, a new fan has to be installed

Ventilator (cooling air fan) – Radial-Flow Ventilator with  
an air-handling capacity of 75.000 Am<sup>3</sup>/h  
Overall differential pressure = 130 daPa

Motor – Three-phase motor for the ventilator (pole changing motor)  
Output: approx. 37 kW  
power requirement: approx. 33 kW

Price: € 127.500,00

#### Information on the heat exchanger:

- The heat exchanger may never be operated below the acid dew point. The design is, to recirculate some of the heated air to keep the inlet temperature of the exchanger in a range of approx. 110°C.
- The specified volumetric flow rates and thermal ratings etc. are subject to a tolerance of approx. +/- 10 % and have linear dependence upon the real operating data of the system = available flue-gas quantity and temperature.
- Unforeseeable pollutant compositions may mean that the flue gases may not be cooled to the specified temperature, thus resulting in a reduction in performance.
- The layout of the exchanger is, that the inlet and outlet needs to be connected by ductwork.
- It is assumed, that there is no sticky dust which will plunge the heat exchanger. It has to be cleaned additional manually, if necessary.

<b>2. Temperature regulation for the heat exchanger</b>	<b>€ 13.208,00</b>
Design	<ul style="list-style-type: none"><li>- complete ready to amount</li><li>- automatic control unit</li><li>- resistance thermometer</li><li>- damper with bearings</li><li>- motor + holding device for drive</li></ul>
<b>3. Electrical Control</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- SPS – Programmable control system in switch cabinet (Brand:Siemens S7), for the requested power specifications (Mains connection provided by the owner)</li><li>- Touch panel</li><li>- All performance built-ins for the connection of all motors installed at our delivery range</li><li>- Monitoring elements for the system</li><li>- Total interfacing and monitoring needs to be clarified (price for standard)</li></ul>	
	<b>€ 7.800,00</b>
<b>4. Ductwork various diameters</b>	
Material	- S235JR, 3 mm wall thickness
Paint finish	- Primer coat –Rustproofing coating- (no special warranty)
Design	- Required pipelines, shaped fittings and pipe connectors, securing and miscellaneous hardware, support structure and necessary compensators
Range	- Heat exchanger recirculation, ambient air inlet, warm air outlet to connection flange and adaptation of the existing raw gas ductwork coming from the scrubber
Price	- Total estimated for duct: 4.400 kg @ 4,00 €/kg according to drawing P14-00542-E1
Price	<b>€ 17.600,00</b>
<b>+ 2 Shut down damper manual DN 1.120 2 pieces</b>	<b>€ 3.662,00</b>

<b>5. Change-over damper unit ND 710 to split the warm air to the dryer and to the preheater of the kiln</b>	€	5.366,00
<ul style="list-style-type: none"><li>- Safety bypass circuit complete with pipeline branch piece, flanges, 2 dampers, pneumatic cylinder, solenoid valve and control system (but without ductwork)</li><li>- Outside of the insulation positioned ball-bearings</li><li>- Hermetically sealed</li><li>- Monitoring of the both ends of stroke of the cylinder "opened – closed" incl. Fault signal</li></ul>		
Material	- S 235 JR	
Paint finish	- Primer coat –Rust proofing coating	
<b>6. Insulation</b>		
Heat Exchanger, ductwork, cooling fan must be insulated. Material: 100 mm thick mineral wool with 1 mm thick AlMg <sub>3</sub> – sheet sheathing. Quality and thickness of the mineral wool must be selected dependent upon the temperature. The cover panels on the system must be diagonally canted for reasons of stability.		
Price:	Price for the listed insulation a-c	approx. € 48.900,00
<b>7. Supervisor-installation mechanical</b>		
Installation of the entire system, to be billed on an hourly basis, billing on the basis of actual expenditure and time Estimated 2-3 weeks		
a) installation of the heat exchanger b) installation and connection of the ductwork c) open the clean gas hood for a new clean gas outlet to the heat exchanger		
Price:		approx. € 14.520,00
<b>8. Commissioning</b>		
Commissioning of the entire system after completion of the insulation / installation work, to be billed on an hourly basis, billing on the basis of actual expenditure and time. Estimated 1 start up technician from Hellmich and 1 electrician from the customer		
Price:		approx. € 5.600,00
<b>9. Freight for the listed to Juncal</b>		approx. € 8.680,00

To be provided by the purchaser/owner:	<ul style="list-style-type: none"><li>- Main power supply and complete Electrical Installation</li><li>- Compressed air (dry and free of oil) and ducts for compressed air up to consumers (pneumatic dampers)</li><li>- Foundations</li><li>- Checking of the provided static calculations</li><li>- Masonry, roofing and caulking work</li><li>- Scaffolding, cranes and hoists during installation / insulation</li><li>- tools according to Hellmich specification</li><li>- Power supply and water for our fitters during the installation</li><li>- Dismantling of the old parts in order to assemble the new parts</li><li>- Disposal of the old parts</li><li>- drawings with all views</li></ul>
Warranty	<ul style="list-style-type: none"><li>- 12 months after commissioning (15 months after completing installation max.), with the exception of parts subject to wear.</li><li>- In the event of a claim, our warranty obligation obliges us to supply and install the parts free of charge; freight expenses and travel costs shall be billed on the basis of actual expenditure.</li></ul>
Price valid until	<ul style="list-style-type: none"><li>- 30.09.2014</li></ul>
Miscellaneous	<ul style="list-style-type: none"><li>- If other Brands for the equipment are requested, additional or less equipment depending on specifications is needed, different arrangements during installation are requested, suppliers are dictated, prices can vary.</li><li>- Our crew and subcontractors (Insulation Company) are allowed to work onsite.</li><li>- heat exchanger may never be operated below the acid dew point</li><li>- It has to be checked if the existing fan can take the additional pressure drop over the heat exchanger</li></ul>
Quoted price	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>DAP</b> (incoterms 2010)</li></ul>
Documentation	<ul style="list-style-type: none"><li>- English and Portuguese language, in duplicate</li></ul>
Delivery time	<ul style="list-style-type: none"><li>- Approx. 3 – 4 months subsequent to the receipt of the order</li></ul>

Payment

- May we request that payment be made in full as follows:

**Complete value:**

30% of the value on placement of the order, receipt of the order confirmation and first instalment invoice

30% of the value after the reception of the equipment on site and receipt of the second instalment invoice

30% of the value after the completion of the installation and receipt of the third instalment invoice

10% of the value after acceptance of the system and the receipt of the last invoice, 3 months after commissioning at the latest.

Should the approval be delayed for reasons for which we can not be held responsible, payment of the last instalment = 3 months subsequent to the commissioning.

Commissioning: Directly after the end of installation and completion of the insulation work

**HELLMICH GmbH & Co KG**

i. A. Cathleen Tempel-Krebs

Dedusting and environmental technology  
Construction of pipelines and apparatus



**Summary**

**BUDGET – QUOTATION**

1. Heat Exchanger		€	127.500,00
2. Temperature regulation for the heat exchanger		€	13.208,00
3. Electrical Control		€	7.800,00
4. Ductwork		€	17.600,00
Shut down damper 2 pieces		€	3.662,00
5. Change-over damper warm air		€	5.366,00
	Scope of delivery Pos. 1 - 5	€	175.136,00
6. Insulation	Approx.	€	48.900,00
7. Supervisor-installation mechanical	Approx.	€	14.520,00
8. Commissioning	Approx.	€	5.600,00
9. Freight	Approx.	€	8.680,00
	Price for project scope Pos. 1 – 9:	€	252.836,00



## Calculation of amortization



HELLMICH GmbH & Co. KG  
Entstaubungstechnik  
Umwelttechnik  
Holtkampweg 13  
32278 Kirchlengern

client: Coelho da Silva  
quotation date: 16.07.2014  
type of installation: Heat exchanger 777 m<sup>2</sup>  
execution: round pipe  
annual operation time: 8760

### flue gas data raw gas site

flue gas volume: 58.550 Am<sup>3</sup>/h  
flue gas temperature: 180 °C

### survey of costs

consumer	installed power	power requirement	period	power consumption
cooling fan	37,00 kW	33,00 kW	100%	= 33,00 kW
flue gas fan	? kW	proportional 10 kW	100%	= 10,00 kW
Diverse:	1,00 kW	1,00 kW	100%	= 1,00 kW
<b>KW - total:</b>	<b>38,00 kW</b>	<b>44,00 kW</b>		<b>44,00 kW</b>

**44,00 kW = 385.440 kWh / year**

electrical energy cost: 0,0925 € / kWh data provided by customer

electrical energy cost for heat exchanger operation: 35.653 € / year

### energy recovery

heat energy cost 0,0360 € / kWh data provided by customer

performance of energy recovery 562 kW= 4.923.120 kWh/a

aquivalent heating cost: 177.232 € / year

cost saving 141.579 €

investment cost for the heat exchanger 252.836 €

estimated value, without foundation,  
cranes and Electrical installation

period for amortization 1,79 years



## Calculation of amortization



HELLMICH GmbH & Co. KG  
Entstaubungstechnik  
Umwelttechnik  
Holtkampweg 13  
32278 Kirchlengern

client: Coelho da Silva  
quotation date: 16.07.2014  
type of installation: Heat exchanger 777 m<sup>2</sup>  
execution: round pipe  
annual operation time: 8760

### flue gas data raw gas site

flue gas volume: 58.550 Am<sup>3</sup>/h  
flue gas temperature: 185 °C

### survey of costs

consumer	installed power	power requirement	period	power consumption
cooling fan	37,00 kW	33,00 kW	100%	= 33,00 kW
flue gas fan	? kW	proportional 10 kW	100%	= 10,00 kW
Diverse:	1,00 kW	1,00 kW	100%	= 1,00 kW
KW - total:	38,00 kW	44,00 kW		44,00 kW

**44,00 kW = 385.440 kWh / year**

electrical energy cost: 0,0925 € / kWh data provided by customer

electrical energy cost for heat exchanger operation: 35.653 € / year

### energy recovery

heat energy cost 0,0360 € / kWh data provided by customer

performance of energy recovery 624 kW= 5.466.240 kWh/a

aquivalent heating cost: 196.785 € / year

cost saving 161.131 €

investment cost for the heat exchanger 252.836 €

estimated value, without foundation,  
cranes and Electrical installation

period for amortization 1,57 years



# **Anexo A.4.**

## Caraterização e Cotação do Ventilador





# CAS-X-1601-100



Belt-driven, high-pressure fans with electric motor, pulley and belt kit and standardised protectors in accordance with standard EN-294 and ISO-13852

Fan:

- Steel sheet casing
- Impeller with backward-curved blades made from robust sheet steel
- Motor mounted on general bedplate

Motor:

- Motors with IE-2 efficiency, except for motors with lower powers than 0.75 kW, single-phase motors or two-speed motors
- Class F motors, with bearings, IP55 protection
- Three-phase 230/400V.-50Hz. (up to 5.5CV.) and 400/690V.-50Hz. (power over 5.5CV.)
- Max. air temperature to transport: -20°C.+ 150°C.

Finish:

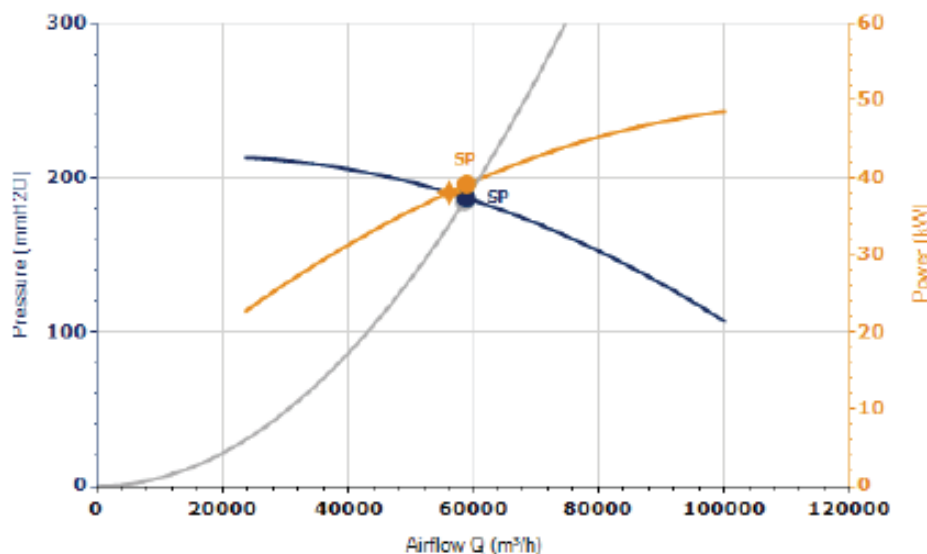
- Anticorrosive finish in polyester resin, polymerised at 190°C, after alkaline degreasing and phosphate-free pre-treatment

On request:

- Special windings for different voltages
- Fan designed to transport air up to 250°C
- Stainless steel fans
- ATEX certification, Category 2



## CHARACTERISTIC CURVE AND ACOUSTICS AT 0.87KG/M<sup>3</sup>



Design Point

Q (m <sup>3</sup> /h)	58550
Ps (mmH2O)	184.40

Service Point (SP)

Q (m <sup>3</sup> /h)	58911.66
Ps (mmH2O)	186.69
Pd (mmH2O)	9.39
Pt (mmH2O)	196.07
Impeller (rpm)	760
Max. Temp. (°C)	150
Air Speed (m/s)	14.55
Efficiency (%)	80.46
Power (kW) *	39.11

(\*) Power at shaft

## TECHNICAL CHARACTERISTICS

Airflow maximum (m <sup>3</sup> /h)	100100
Speed (rpm)	760
Approx. weight (kg)	2435

◆ Max. Efficiency	Actual	ErP 2013	ErP 2015
Efficiency	71.9%	62.8%	65.8%
Efficiency grade N	70.1	61.0	64.0
Measurement category	C		
Efficiency category	Static		
Specific ratio	1.08		
Flowrate (m <sup>3</sup> /h)	56107		
Pressure (mmH2O)	263.55		
Input power (kW)	56.02		
Speed (rpm)	760		
Variable speed drive	VSD not necessary		

Data established at point of optimum efficiency

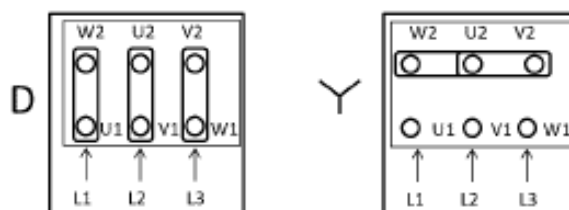
**MOTOR DATA**

Power installed (kW)	75
Hz/phases	50/3
Motor (rpm)	1480
Poles	4
Max. current (A) 400 VD	133
Max. current (A) 690 VY	77
Motor frame size	280S

Data can change, please check motor plate

**AVAILABLE ACCESSORIES**


It must be checked that the accessory is suitable for the fan model



## DIMENSIONS

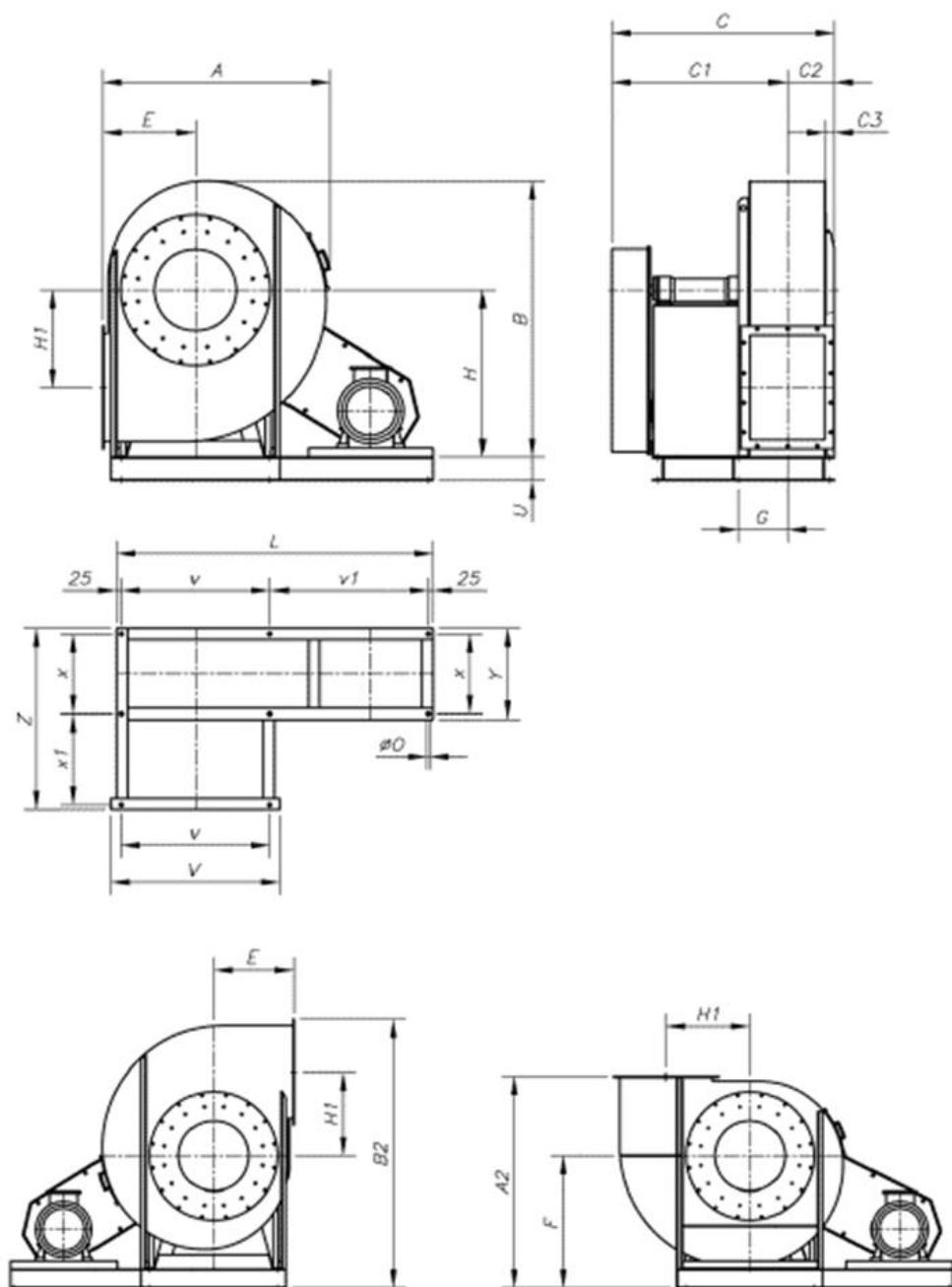
A	A2	B	B2	C	C1	C2	E	F	G	H	H1	P	∅O
2580	2760	3070	3265	2355	1798	557	1060	1700	599	1850	1120	2920	24

U	V	v	v1	x	x1	Y	Z	∅D1* [1]	∅d	∅d1	∅d2	I	J
200	1880	1700	1120	900	1103	1000	2103	1260	1380	1337	14	1040	1390

J2	K	k	k2	L	O1
1347	900	200	978	1250	18

[1] Recommended nominal diameter for duct.

Dimensions without explicitly defined units are shown in millimeters (mm)





**SEDE:** Rua Veloso Salgado, 1120-1138  
4450-801 LEÇA DA PALMEIRA  
PORTUGAL  
Telef: 229 991 100  
Fax: 229 991 119  
Email: geral@decflex.com

**FILIAL:** Parque Empresarial da Granja- Pavilhão 8  
Granja de Alpriate-Casal de Baguinho  
2625-607 Vialonga -  
Telef: 219748491  
Fax: 219748493  
Email: balcao-filial@decflex.com

ORIGINAL

Exmos. Senhores:

**EMANUEL DELGADO**

Att: Exm. Sr.: Emanuel Delgado Fax:  
Data: 08.09.2014  
De: Miguel Ferreira  
Vossa Referência: Fan - CAS X - 1601 - 100

Exmo(s) Senhor(es),

Em resposta à V. prezada consulta, que agradecemos, apresentamos a nossa proposta para o fornecimento dos equipamentos a seguir discriminados:

Revisão:

Data Impressão: 08.09.2014 12:00:28

Proposta Nº VL 2142118

Ref. do Cliente	Referência	Descrição Técnica	Qtd	Preço Unit.	Descontos (%)	Valor
		CAS-X-1601-100/R - VENT. CENTRIFUGO ALTA PRESSÃO - Transmissão por correias - Temp. máx. transporte de ar = 250°C Pot. (kW): 75 RPM máx: 800 Caract. eléctricas: 400V/50hz	1,00	33 198,00		33 198,00

**SEDE:** Rua Veloso Salgado, 1120-1138  
4450-801 LEÇA DA PALMEIRA  
PORTUGAL  
Telef: 229 991 100  
Fax: 229 991 119  
Email: geral@decflex.com

**FILIAL:** Parque Empresarial da Granja- Pavilhão 8  
Granja de Alpirate-Casal de Baguiho  
2625-607 Viabonga -  
Telef: 219748491  
Fax: 219748493  
Email: balcao-filial@decflex.com

### Quadro Resumo

Total líquido :	33 198,00 €
Desconto Comercial :	€
<b>TOTAL EUR</b>	<b>33 198,00 €</b>

A estes valores deverá ser acrescido o I.V.A. à taxa em vigor.

**Prazo de Entrega:** a contar da N/ Confirmação

**Condições de Pagamento:** ADIANTADO

**Validade da Proposta:**

**Forma de Pagamento:** .

Sem mais de momento e ficando na expectativa de V. notícias, subscrevemo-nos apresentando os nossos,  
Melhores Cumprimentos.

Atentamente

\_\_\_\_\_  
Miguel Ferreira

## **Anexo A.5.**

# Caraterização e Cotação do Motor e Variador para o Ventilador de Extração de Fumos







COELHO da SILVA

No.: WPT.2014.09.5275

Data: 09-09-2014

**FOLHA DE DADOS**  
**Motor Trifásico de Indução - Rotor de Gaiola**

Cliente : COELHO da SILVA  
Linha do produto : W22 - Cast Iron Frame - Premium Efficiency - IE3

Carcaça : 280S/M	Fator de serviço : 1,00
Potência : 75 kW	Regime de serviço : S1
Freqüência : 50 Hz	Temperatura ambiente : -20°C - +40°C
Número de pólos : 4	Altitude : 1000 m
Rotação nominal : 1485	Proteção : IP55
Escorregamento : 1,00	Massa aproximada : 729 kg
Tensão nominal : 400/690 V	Momento de inércia : 2,2538 kgm <sup>2</sup>
Corrente nominal : 130/75,4 A	Nível de pressão sonora : 69 db(A)
Corrente de partida : 988/573 A	
Ip/In : 7,6	
Corrente a vazio : 46,0/26,7 A	
Conjugado nominal : 482,57 Nm	
Conjugado de partida : 230 %	
Conjugado máximo : 280 %	
Categoria : N	
Classe do isolamento : F	
Elevação de temperatura : 80 K	
Tempo de rotor bloqueado : 26 s (quente)	

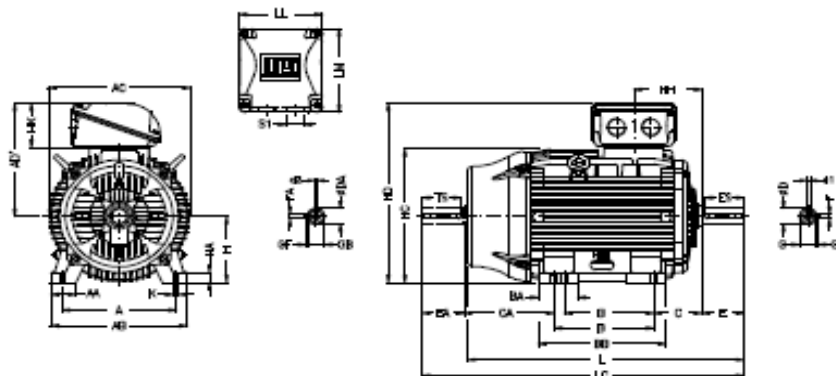
  

	Dianteiro	Traseiro
Rolamento	6316 C3	6316 C3
Interv. lubrif.	13000 h	13000 h
Quant. de graxa	34 g	34 g

DESEMPENHO EM CARGA		
Carga	Fator potência	Rendimento (%)
100%	0,87	95,6
75%	0,83	95,2
50%	0,75	94,7

Observações: ACOPLAMENTO DIRECTO



A	AA	AB	AC	AD'	B	BA	BB
457	100	557	599	472	368/419	151	517
C	CA	D	E	ES	F	G	GD
190	385/334	75m6	140	125	20	67,5	12
DA	EA	TS	FA	GB	GF	H	HA
65m6	140	125	18	58	11	280	42
HB	HC	HD	HF	HG	HH	HK	K
383	580	752	556	686	266	145	24
L	LC	LL	LM	S1	d1	d2	
1071	1223	314	312	2XM63X1,5	DM20	DM20	

Executado:  
WEG - Região Centro

Verificado:

\*Todos os dados aqui apresentados estão sujeitos a alteração sem prévio aviso. Nível de ruído com tolerância de +3 dB(A).

Versão 6.0.17



## Motores para Acoplar ao Ventilador

Standards:		Aplicação:	Desconhecida
Temp.Ambiente:	40 °C	Classificação:	Segura
Altitude:	1.000 m.a.s.l.	Ambiente:	Industrial
Tensão Estatórica:	<b>400/690V</b>	Pintura:	203A (veja nota abaixo)
Frequência:	50Hz	Acoplamento:	<b>Directo</b>
Serviço:	S1	Equilibragem	½ Chaveta
Factor de Serviço:	1.0	Classe Vibração:	A
Classe Isolamento:	F (105K)	Protecção Mecânica:	<b>IP 55</b>
Elev.Temperatura:	80K (Classe B)	Arrefecimento:	IC 411
Arranque:	<b>DOL ou VSD</b>	Sentido Rotação:	Bidireccional

- Restantes informações técnicas consultar folhas de dados e desenho em anexo.

Item.	Qtd.	Linha	Carçaca	Polos/Veloc.	kW	IM	$\eta$	Prazo	P.L.U (€)*
1	1	W22	280S/M	4 – 1500	75	IM1001 B3T	<b>IE3</b>	2 Semanas	<b>4 071,18 €</b>

### ▪ Acessórios/Especialidades:

Plano de Pintura: <b>IE3 - Ral – 5009</b>	Plano WEG nº203A, adequado para ambiente normal, levemente severo, abrigado ou desabrigado, para uso industrial, com baixa humidade relativa, variações normais de temperatura e presença de SO <sub>2</sub> (mais detalhes sob consulta).
Protecção dos Enrolamentos:	Incluído, 01x PTC (1/Fase) na bobinagem nos motores das carcaças 160 e acima.
Demais Acessórios ou Especialidades:	Ver Folha de dados ou desenho em anexo ou ainda consultar o Catálogo WEG em <a href="http://www.weg.net">www.weg.net</a> .

Condições de Pagamento:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>A combinar com a encomenda – Revenda local - MOTOFREIO</b></li> </ul>
	<p>Dados Bancários:</p> <p>Banco BPI, S.A. <span style="float: right;">IBAN: PT50 001000002742965000133</span>          Centro de Empresas da Maia <span style="float: right;">NIB: 001000002742965000133</span>          Rua Joaquim António Moreira, 453, R/C, Bloco B          4470-078 Maia – Portugal</p> <p>Outras condições mediante acordo entre Cliente e a WEGeuro.</p>



V/Re#	Quant.	kW	Código	Variador - CFW700	I (A) Saída	ND-110% (A)	HD-150% (A)	Custo Unitário	Total
	1	45	11544010	CFW700 D 88P0 T 4 DBN1C3	88-73	88	73	2.081,12 €	2.081,12 € IMEDIATO, salvo venda
	1	55	11312639	CFW700 E 0105 T 4 NB20C3	105-88	105	88	2.698,71 €	2.698,71 € IMEDIATO, salvo venda
	1	75	11312641	CFW700 E 0142 T 4 NB20C3 RS-485-Incorporada	142-115	142	115	3.253,61 €	3.253,61 € IMEDIATO, salvo venda
						Cargas Pesadas			

**Nota:** Sugerimos que verifiquem as correntes de saída necessárias para cada variador e/ou arrancador.  
A seleção torna-se mais eficaz se o variador e/ou arrancador for selecionado pela corrente necessária à saída.



**A. Amaral**  
WEG - Região Centro  
Telef./Fax: + 234 723 187 - Telem: 98 1881098  
aamaral@wep@wep.pt - www.weg.net



# **Anexo A.6.**

## **Cotação Grua 160 e 200t**







DATA: 27-08-2014  
COMERCIAL: VHMS  
CONTRIBUINTE: 500144109  
TELEFONE: 244 479 200  
FAX: 244 479 201  
EMAIL:

CS-Coelho da Silva, S.A.  
Albergaria

2480-071 Juncal  
Portugal

CONT. COMERCIAL: Sr. Emanuel Delgado  
CONT. MÓVEL:  
EMAIL: emanuelodiegado@gmail.com

TEMPO MÍNIMO: 8h / dia  
TEMPO OCUPAÇÃO: 1 dia  
LOCAL DA OBRA: V/ instalações (Juncal)

INÍCIO PREVISTO: a combinar (201  
COORDENADAS GPS:

	descrição	quantidade	preço	valor
1	<b>Aluguer de Equipamento com Manobrador</b>			
1.1	Grua telescópica 160ton   orçamento Inclui: 8h serviço + deslocação ida / volta + transporte de contrapesos.	1.0 Un	2.260,00	2.260,00
1.2	Valor hora extra Sábados, domingos, feriados e serviço noturno acresce 10% aos valores indicados.	1.0 HrN	170,00	170,00
1.3	Grua telescópica 200ton   orçamento Inclui: 8h serviço + deslocação ida / volta + transporte de contrapesos.	1.0 Un	3.220,00	3.220,00
1.4	Valor hora extra Sábados, domingos, feriados e serviço noturno acresce 10% aos valores indicados.	1.0 HrN	215,00	215,00

CONDIÇÕES DE VENDA: 30 Dias

**CONDIÇÕES GERAIS:**

a) ACEITAÇÃO DA PROPOSTA: A CARIANO S.A. considera aceita a presente proposta com a tomada, por V/ Exas. de um dos seguintes procedimentos:

- \* Devolução via Fax, ou via Postal da presente proposta assim como das condições gerais e específicas devidamente carimbadas
- \* Com a Requisição dos Serviços Propostos

b) ALTERAÇÃO DA PROPOSTA: A CARIANO S.A. reserva-se no direito de alterar a presente proposta, até à sua confirmação.

c) NORMAS E CONDIÇÕES: A aceitação da presente proposta significa a tomada de conhecimento por V/ Exas. das nossas NORMAS E CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DE CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS, em anexo.

d) IVA: Aos valores acima mencionados será acrescido o IVA à Taxa Legal em Vigor.

e) HORÁRIO NORMAL: O Horário normal para a realização dos trabalhos tem início às 08.30h e fim às 17.30h, com uma hora para almoço.

f) HORÁRIO EXTRAORDINÁRIO: Considera-se Horário Extraordinário todo o trabalho efectuado aos Sábados, Domingos e Feriados bem como de 2ª a 6ª Feira entre as 19 e as 7 horas. Se os trabalhos orçamentados forem efectuados em Horário Extraordinário, os preços acima indicados serão acrescidos de 10% e o tempo mínimo a facturar será de 8 Horas.

g) DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS: A presente proposta está sujeita à disponibilidade dos equipamentos da CARIANO S.A.

CARIANO S.A.

CLIENTE  
(assinatura e carimbo)

CARIANO S.A.

**WWW.CARIANO.PT**

NIF: 500054491 | capital social: 1.400.000,00 | MATRICULA NA C.R.C. DE LERJA N.º 500054491 | ALVARÁ N.º 10057 - INCI



# **Anexo B.**

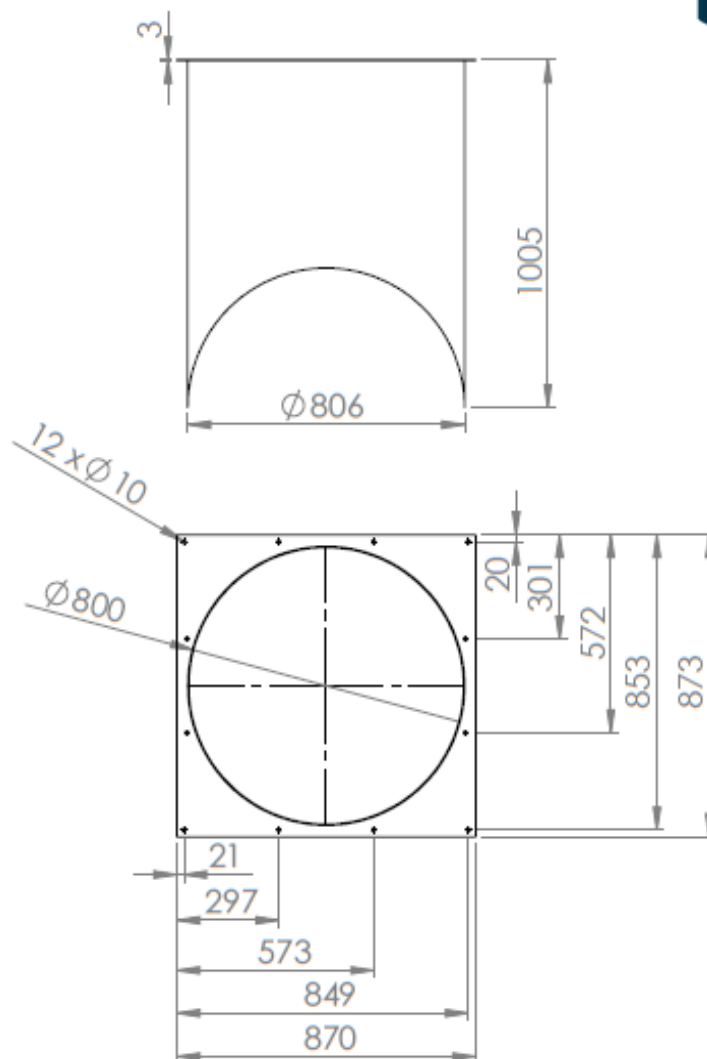
## **Recuperação do Calor Residual do Túnel de Espera**



## **Anexo B.1.**

Desenho e Cotação do  
Troço para Conectar a  
Recuperação dos Secadores  
com a Extração do Túnel de  
Espera





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN:			SIGNATURE:		DATE:		TITLE:		A4	
CHK'D:			SIGNATURE:		DATE:		Ligação entre condutas		A4	
APP'VD:			SIGNATURE:		DATE:		DWG NO.:		A4	
MFG:			SIGNATURE:		DATE:		MATERIAL:		A4	
Q.A:			SIGNATURE:		DATE:		WEIGHT:		A4	
			SIGNATURE:		DATE:		SCALE 1:20		SHEET 1 OF 1	





**SANDOMETAL - METALOMEC. E AR COND., S.A**

Processado por programa certificado nº 0095/AT

 Estrada Nacional N.º 10, Km 127,6  
 2615-133 ALVERCA DO RIBATEJO

Telef.: 219 937 890

Fax: 219 586 252

Contribuinte n.º: 503558940

Capital Social: 100.000 €

VF Xira N.º 3453

sandometal@sandometal.pt

Registada no SIRPEEE com o N.º PT000535

IBAN: PT50 0036 0453 991 0352 4394 36

**Exmo.(S) Sr.(S)**
**CS - COELHO DA SILVA, S.A.**
**Orçamento Cli. A/140750**
**V.Ref.:**
**Obra:**

Original

Rev.: 0

Página: 1 de 1

Condições de Pagamento	V/ N.º. Contrib.	Entidade N.º	Moeda	Data	Operador
Pronto Pagamento	500144109	9999	EURO	05-09-2014	SERGIO

Referência (V/Ref)	Descrição	Unid	Qtd	P.Unitário	Desc	Valor Liq.	Iva
CIVIL	Tubo Ø800 interiores C/Flange 873x870 C/3mm Espessura Aço Carbono - S235JR	UN	2	229,25 €	0%	458,50 €	23%

NOTA: Em caso de adjudicação, por favor mencionar na V/ requisição o nosso n.º de orçamento. Preços válidos para levantamento dos equipamentos/materiais nas nossas instalações.

Prazo de Entrega: 2 a 3 semanas (sujeito a confirmação após adjudicação)  
 Validade da Proposta: 30(trinta) dias  
 Condições de Pagamento: 30% com adjudicação, restantes 70% com levantamento do material nas nossas instalações (a entrada em produção do material fica dependente da regularização da adjudicação)

**Observações:**

Técnico/ Comercial SERGIO

**Total Líquido** 458,50 €

**IVA não Incluído**



## **Anexo B.2.**

# Registo para Controlo da Recuperação de Calor para os Secadores



Nossa Ref.: PL-3306/14  
Data: 11/08/2014  
De: Pedro Lopes

Para: EMANUEL DELGADO  
À Atenção de: Sr. Emanuel Delgado  
Tel.:  
E-mail: emanueldelgado@gmail.com

Técnico-comercial Metec para Acompanhamento:  
Nuno Conceição  
Tel.: 966 619 158

Assunto: Registo Caudal SQR .

Exmos. Senhores,

Com os nossos melhores cumprimentos, vimos propor o Fornecimento de equipamento de ventilação.

Condições Pagamento		A acordar				Preço Unitário	Desc.	Total Liq. Vent.	Total Liq. Acess.
Artigo	Descrição	Caudal m3/h	Pressão Pa	Qt	Un				
<b>Registos de caudal</b> As comportas da série SCC foram concebidas para serem utilizadas na regulação do caudal e da pressão, em instalações de ar condicionado, ventilação e aquecimento. Comportas de fecho estanque à passagem de ar. A sua montagem realiza-se em condutas circulares. As comportas da série SQR foram concebidas para serem utilizadas na regulação do caudal e da pressão, em instalações de ar condicionado, ventilação e aquecimento. Almetas opostas de 100 mm.									
	SQR -BH /MO/ 800 800			1	Un	159,53 €	30%	0%	111,67 €
Validade: 30 dias. Prazo Entrega: 3 a 4 semanas. Local Entrega: Nossas instalações / Transporte por vossa conta Garantia: 12 meses. Excluiçõe: Fornecimento de peças ou acessórios sobresselentes. O nosso fornecimento é limitado ao equipamento explicitamente descrito na presente proposta donde excluímos todos os equipamentos e acessórios não propostos.		Total Líquido Registo							111,67 €
		Total (EUR)							111,67 €
		Total c/ IVA 23%							137,36 €



# **Anexo C.**

## **Tamponamento da Conduta de Recuperação para o Secador**

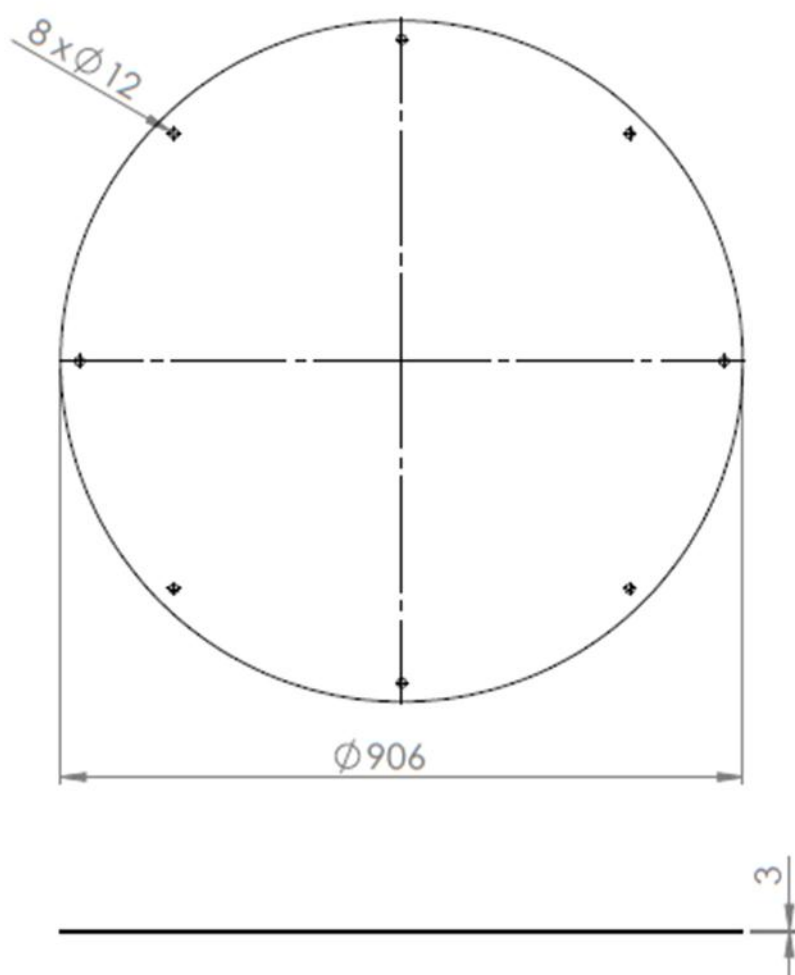




# **Anexo C.1.**

## Desenho e Cotação da Falange Cega





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
DRAWN: Emanuel Delgado						Flange Cega_Tamponamento da Recuperação para o Secador			
CHK'D						DWG NO.			
APP'VD						A4			
MFG						SCALE:1:10			
Q.A						SHEET 1 OF 1			
				MATERIAL: Aço ST37					
				WEIGHT:					



**SANDOMETAL - METALOMEC. E AR COND., S.A**

Processado por programa certificado nº 0095/AT

 Estrada Nacional N.º 10, Km 127,6  
 2615-133 ALVERCA DO RIBATEJO  
 Telef.: 219 937 890  
 Fax: 219 586 252  
 Contribuinte nº: 503558940  
 Capital Social: 100.000 €  
 VF Xira Nº 3453  
 sandometal@sandometal.pt  
 Registada no SIRPEEE com o Nº PT000535  
 IBAN: PT50 0036 0453 991 0352 4394 36

Exmo.(S) Sr.(S)

CS - COELHO DA SILVA, S.A.

**Orçamento Cli. A/140752**
**V.Ref.: e-mail 05-Set-2014**
**Obra:**

Original

Rev.: 0

Página: 1 de 1

Condições de Pagamento	V/ Nº. Contrib.	Entidade Nº	Moeda	Data	Operador
Pronto Pagamento	500144109	9999	EURO	05-09-2014	SERGIO

Referência (V/Ref)	Descrição	Unid	Qty	P.Unitário	Desc	Valor Liq.	Iva
CIVIL	Flange Cega Ø900 3mm Espessura Aço Carbono - S235JR	UN	1	61,25 €	0%	61,25 €	23%

NOTA: Em caso de adjudicação, por favor mencionar na V/ requisição o nosso nº de orçamento. Preços válidos para levantamento dos equipamentos/materiais nas nossas instalações.

Prazo de Entrega: 1 semana (sujeito a confirmação após adjudicação)

Validade da Proposta: 30(trinta) dias

Condições de Pagamento: 30% com adjudicação, restantes 70% com levantamento do material nas nossas instalações (a entrada em produção do material fica dependente da regularização da adjudicação)

Observações:

Técnico/ Comercial SERGIO

**Total Líquido**
**61,25 €**
**IVA não Incluído**



# **Anexo D.**

## **Iluminação Eficiente**





**Anexo D.1.**  
Modelo Dinâmico de Apoio  
à Decisão para a  
Iluminação



## Criação do Cenário Base

De modo a determinar a potência instalada na Fábrica IV, fez-se o levantamento das luminárias existentes e das respetivas potências, alocando-as aos níveis de utilização correspondentes, (Tabela D. 1).

**Tabela D. 1 – Caracterização da iluminação da Fábrica IV**

Iluminação da Nave Fábrica IV										Total
Níveis	Interior						Exterior			
	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Páa	Geral	Geral	
Referência das Luminárias	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VM - HQL 400	VS - NAV T 250	VS - NAV T 150	
Número de Luminárias	25	3	10	35	0	34	10	11	12	140
Potência Unitária W	250	400	250	400	250	400	400	250	150	46100
Balatro	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Potência W	7.188	1.380	2.875	16.100	0	15.640	4.600	3.163	2.070	53.015
Potência + Balastro W	8.568		18.975		15.640		9.833			
Potência Total W	53.015									

Após determinar a potência instalada, determinou-se junto dos chefes de equipa o perfil horário de funcionamento da iluminação. Devido à sua complexidade elaborou-se um anexo que define este mesmo perfil, (Anexo D.2). O horário foi então dividido de acordo com o ciclo semanal (Tabela D. 2), de modo a obter uma caracterização mais fina, permitindo estimar a energia consumida em Ponta, Cheio, Vazio Normal e Super Vazio.

**Tabela D. 2 - Ciclo semanal para os fornecimento de energia elétrica em Portugal Continental [22]**

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

De acordo com o perfil horário determinado, é gerado um gráfico que permite visualizar os períodos onde o consumo é mais intenso, (Figura D. 1).

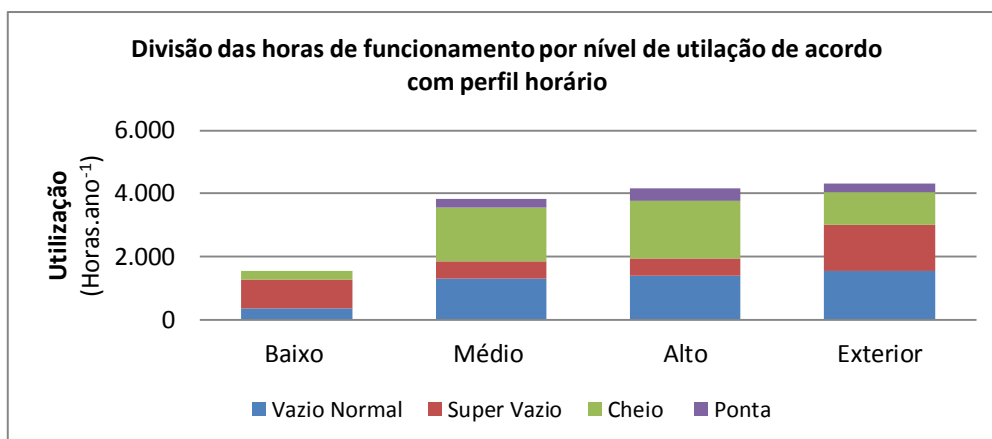


Figura D. 1 - Desagregação das horas de utilização da iluminação pelo perfil horário

Estimadas as horas de funcionamento e a potência, calculou-se a energia estimada para o ano de 2014 e fez-se uma comparação com os anos anteriores. O ano de 2011 e o de 2012 foram obtidos recorrendo à base de dados da fábrica. O ano de 2013 não foi incluído, pois existiu um problema com o sinótico que perdeu os dados alusivos a esse ano. Como se pode constatar, a estimativa para o ano de 2014 não dista dos valores reais do ano 2011 e 2012, (Figura D. 2).

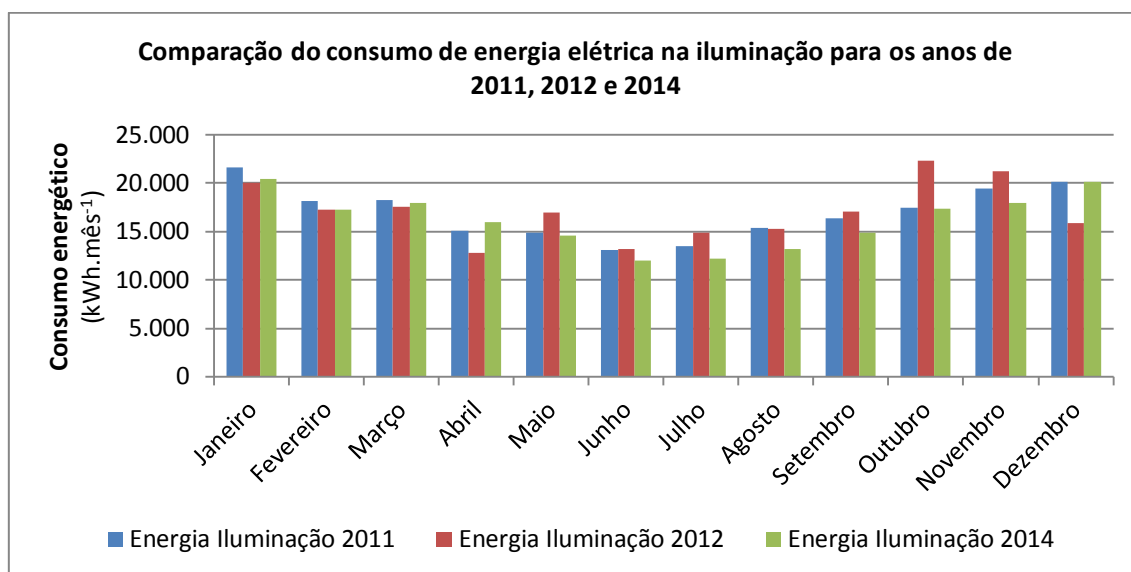


Figura D. 2 - Comparação do consumo de energia elétrica na iluminação para os anos de 2011, 2012 e 2014

Após obtida a energia consumida por perfil horário, atribuiu-se o preço correspondente a cada perfil. Os preços a azul podem ser alterados e o *software* recalcula os restantes valores, (Tabela D. 3).

Tabela D. 3 - Input do preço da energia elétrica

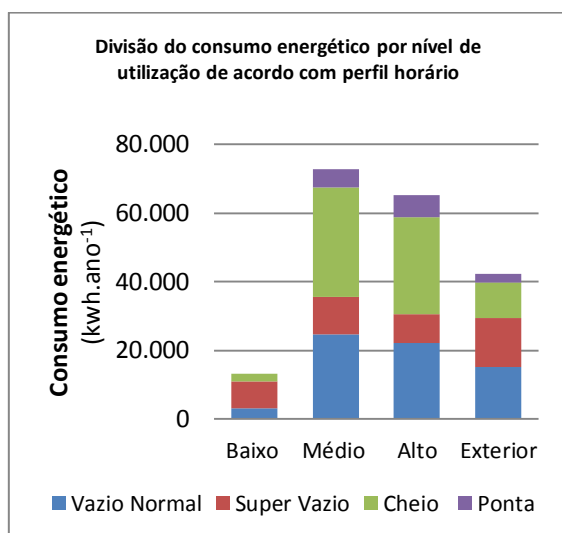
		Custo da Energia			
		Vazio Normal	Super Vazio	Cheio	Ponta
		63,6	55,7	89,1	214,8
Subida de Preços	2,0%	64,9	56,8	90,9	219,1

Definidos os preços, consegue prever-se qual o valor de energia a pagar mensalmente no ano de 2014, (Tabela D. 4). Assumindo que o perfil de utilização se mantém constante ao longo dos anos, e tendo como única variável o preço, então este modelo permite-nos prever qual o valor de energia a pagar ao longo dos anos.

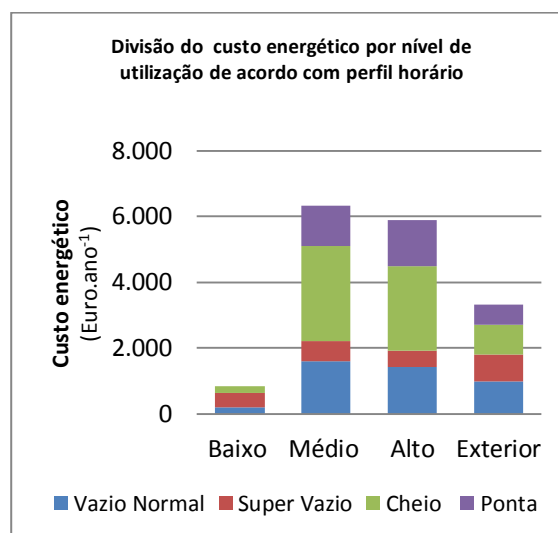
**Tabela D. 4** - Previsão do consumo de energia e do respetivo custo para o ano de 2014

	Energia 2014 kWh.ano <sup>-1</sup>	Custo em Iluminação Eur.ano <sup>-1</sup>
Janeiro	20.400	1.967
Fevereiro	17.299	1.666
Março	17.952	1.716
Abril	16.010	1.236
Mai	14.573	1.110
Junho	11.963	858
Julho	12.232	876
Agosto	13.146	950
Setembro	14.846	1.102
Outubro	17.363	1.337
Novembro	17.924	1.664
Dezembro	20.148	1.921
<b>Total</b>	<b>193.856</b>	<b>16.403</b>

A título de curiosidade, o modelo gera dois gráficos que permitem visualizar a energia e o preço a pagar por perfil horário, (Figura D. 4, Figura D. 3). Embora estes gráficos tenham sido efetuados por curiosidade, permite sensibilizar o interlocutor para a diferença entre consumir eletricidade em Super Vazio e em Ponta.



**Figura D. 3** - Divisão do consumo energético por nível de utilização de acordo com perfil horário



**Figura D. 4** - Divisão do custo energético por nível de utilização de acordo com perfil horário

## Criação do Cenário para Estudar a Viabilidade Técnica-Económica do sistema Greenbox

Nesta nova folha pode ser consultado o cenário base que deriva da folha *Excel* anterior, (Tabela D. 5).

**Tabela D. 5 - Baseline** da iluminação global da Fábrica IV

Iluminação da Fábrica IV										
Níveis	Interior						Exterior			
	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Pála	Geral		
Referência das Luminárias	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VM - HQL 400	VS - NAV T 250	VS - NAV T 150	
B a s e l i n e	Número de Luminárias	25	3	10	35	0	34	10	11	12
	Potência Unitária W	250	400	250	400	250	400	400	250	150
	Balatro	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
	Potência W	7.188	1.380	2.875	16.100	0	15.640	4.600	3.163	2.070
	Potência + Balastro W	8.568		18.975		15.640		9.833		
	Total W	53.015								

Elaborou-se uma nova folha de *Excel* para construir o cenário para a Greenbox. O dispositivo Greenbox é um modelador de tensão que permite reduzir a energia consumida em 36%. O valor de 36% é um valor empírico que pode variar entre os 33 e os 38%, pelo foi criada uma célula onde se pode alterar o valor da percentual da redução, de modo a calcular a energia economizada ao longo do ano. Para além disso, poderão surgir outros dispositivos idênticos, mas com percentagens de redução diferentes, pelo que esta folha de *Excel* pode ser adaptada para esses casos, (Tabela D. 6).

**Tabela D. 6 - Introdução de inputs** para a cenarização do dispositivo Greenbox

Iluminação da Fábrica IV - Sistema Greenbox										
Níveis	Interior						Exterior			
	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Pála	Geral		
Referência das Luminárias	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VS - NAV E 250	VM - HQL 400	VM - HQL 400	VS - NAV T 250	VS - NAV T 150	
N o v o  C e n â r i o	Número de Luminárias	25	3	10	35	0	34	10	11	12
	Potência Unitária W	250	400	250	400	250	400	400	250	150
	Balatro	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
	Redução com WattGuard	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	36%
	Potência W	4.600	883	1.840	10.304	0	10.010	2.944	2.024	1.325
	Potência + Balastro W	5.483		12.144		10.010		6.293		
	Total W	33.930								

Após preenchidos os valores para a redução de potência, é gerada uma tabela onde são apresentados os consumos antes e os consumos depois da instalação do sistema Greenbox. Podem também consultar-se os valores de energia consumidos em 2011 e 2012, (Tabela D. 7).

**Tabela D. 7** - Análise comparativa entre a energia despendida em 2011, 2012 e 2014 com a instalação da *Greenbox*

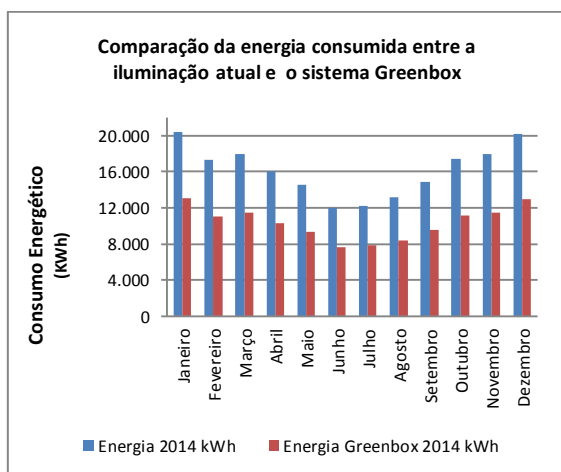
Análise Energética						
	Energia 2011 kWh	Energia 2012 kWh	Energia 2014 kWh	Energia WattGuard 2014 kWh	Economia Mensal kWh	Economia
Janeiro	21.618	20.007	20.400	13.056	7.344	36%
Fevereiro	18.123	17.272	17.299	11.071	6.228	36%
Março	18.231	17.578	17.952	11.489	6.463	36%
Abril	15.074	12.809	16.010	10.246	5.763	36%
Mai	14.855	17.005	14.573	9.327	5.246	36%
Junho	13.059	13.215	11.963	7.656	4.307	36%
Julho	13.455	14.914	12.232	7.829	4.404	36%
Agosto	15.375	15.285	13.146	8.414	4.733	36%
Setembro	16.388	17.080	14.846	9.501	5.344	36%
Outubro	17.490	22.342	17.363	11.112	6.251	36%
Novembro	19.443	21.263	17.924	11.471	6.453	36%
Dezembro	20.104	15.900	20.148	12.895	7.253	36%
Total de Energia kWh.ano <sup>-1</sup>	203.215	204.670	193.856	124.068	69.788	36%

Simultaneamente à tabela referente à Análise Energética, é gerada outra referente à Análise Económica onde podem ser consultados os custos antes e os custos depois da instalação do dispositivo assim como o valor economizado, (Tabela D. 8).

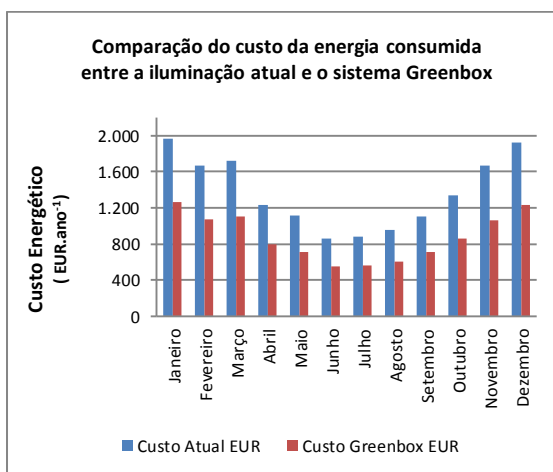
**Tabela D. 8** - Análise comparativa entre o custo de energia atual e o da instalação da *Greenbox*

Análise Económica				
	Custo Atual EUR	Custo Greenbox EUR	Economia EUR	Economia
Janeiro	1.967	1.259	708	36%
Fevereiro	1.666	1.066	600	36%
Março	1.716	1.098	618	36%
Abril	1.236	791	445	36%
Mai	1.110	710	400	36%
Junho	858	549	309	36%
Julho	876	560	315	36%
Agosto	950	608	342	36%
Setembro	1.102	705	397	36%
Outubro	1.337	855	481	36%
Novembro	1.664	1.065	599	36%
Dezembro	1.921	1.230	692	36%
Total Eur.ano <sup>-1</sup>	16.403	10.498	5.905	36%

Os valores da redução de energia e da economia monetária são também apresentados graficamente, de forma a agilizar a comparação dos resultados, (Figura D. 5 e Figura D. 6).



**Figura D. 5** - Comparação da energia consumida entre a iluminação atual e a energia com o sistema *Greenbox*



**Figura D. 6** - Comparação do custo energético entre a iluminação atual e o sistema *Greenbox*

Por forma a analisar a viabilidade económica, elaborou-se uma tabela, onde se pode alterar o valor do investimento inicial, a azul, e, de acordo com os preços praticados e com a redução conseguida, esta gera o tempo de retorno do investimento. Pode também ser analisado o ano em que o investimento é ressarcido de forma expedita, através da alternância da cor encarnada para a cor verde. Foi também adicionada uma coluna para obter uma comparação caso o equipamento seja adquirido em *renting*, (Tabela D. 9).

Assumi-se que o investimento seria feito no final deste ano, 2014, mas também esta data é dinâmica, podendo ser alterada.

Tabela D. 9 - Análise da viabilidade económica do dispositivo *Greenbox*

Investimento, Payback & Cashflow						
Custo de Aquisição EUR	18.550					
Economia Anual EUR	5.905					
Inflação	2,0%					
Payback anos	2,8					
Anos	Custos estimados Antes	Custos estimados Depois	Poupança Monetária	Poupança Monetária Renting	Cashflow Capitais Próprios 10 Anos	Cashflow Renting
2014	16.403				-18.550	0
2015	16.731	10.707,9	6.023	3.011,6	-12.527	3.011,6
2016	17.066	10.922,0	6.144	3.071,8	-6.383	6.083,4
2017	17.407	11.140,5	6.267	3.133,3	-117	9.216,7
2018	17.755	11.363,3	6.392	3.195,9	6.275	12.412,6
2019	18.110	11.590,5	6.520	3.259,8	12.795	15.672,4
2020	18.472	11.822,4	6.650	3.325,0	19.445	18.997,5
2021	18.842	12.058,8	6.783	3.391,5	26.228	22.389,0
2022	19.219	12.300,0	6.919	3.459,4	33.147	25.848,4
2023	19.603	12.546,0	7.057	3.528,6	40.204	29.376,9
2024	19.995	12.796,9	7.198	3.599,1	47.402	32.976,1
Total EUR	183.200	117.248	65.952	32.976	47.402	32.976

Também neste caso é gerado um gráfico com os valores já referenciados na tabela, por forma a obter uma análise mais expedita acerca do tempo de retorno do investimento. Foi também adicionado o valor do *cashflow* para o *renting*, por forma a analisar qual das opções será mais adequada às necessidades da empresa, (Figura D. 7).

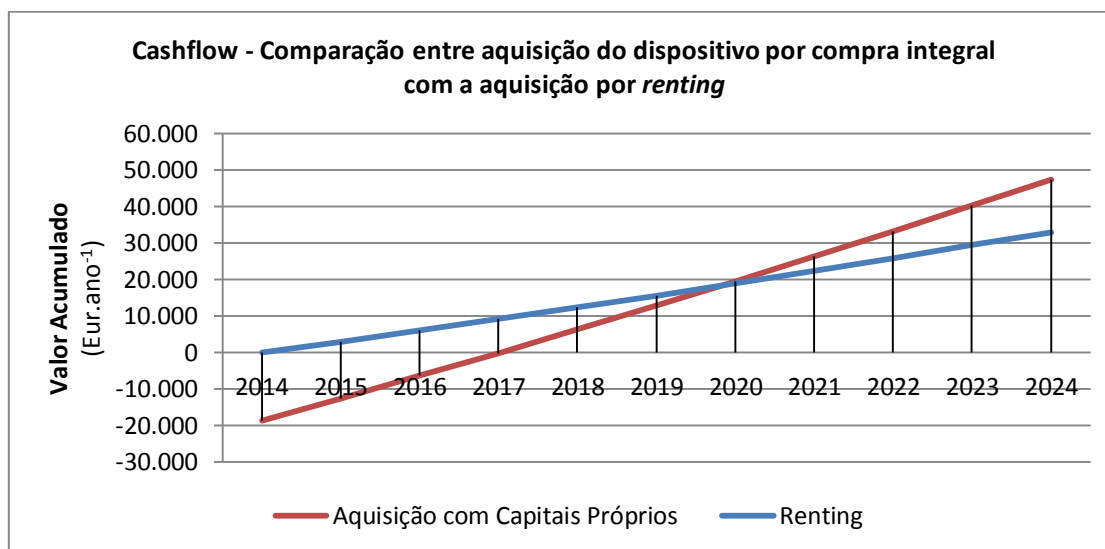


Figura D. 7 - Comparação do retorno do investimento a 10 anos entre a compra do dispositivo e a aquisição por aluguer



## Modelo dinâmico de apoio à decisão – Iluminação LED

O modelo para a iluminação LED é mais complexo, pois ficou preparado para que se possa utilizar para qualquer tipo de iluminação que se deseje substituir no futuro. À semelhança do que acontece com o modelo de apoio à decisão para a *Greenbox*, este também se encontra numa nova folha *Excel* e os preços da energia elétrica são selecionados apenas no cenário base. Posto isto, resta preencher os espaços a azul com o que se pretende substituir, isto é, o número de luminárias a substituir e qual a potência das mesmas. Neste caso, repara-se que existem mais luminárias LED do que as atualmente presentes, tal deve-se ao facto de atualmente estarem algumas lâmpadas fundidas, pelo que, ao substituir, para além das que já existem, trocar-se-iam as que estão fundidas, (Tabela D. 10).

Tabela D. 10 - Introdução dos *inputs* para a elaboração do estudo da iluminação LED

Iluminação da Fábrica IV																			
Níveis		Nível Baixo				Nível Médio				Nível Alto				Páa		Geral			
Referência da Luminária	YS - NAY E 250	Equivalente 250	YM - HQL 400	Equivalente 400	YS - NAY E 250	Equivalente 250	YM - HQL 400	Equivalente 400	YS - NAY E 250	Equivalente 250	YM - HQL 400	Equivalente 400	YM - HQL 400	Equivalente 400	YS NAY - T 250	Equivalente 250	YS NAY - T 150	Equivalente 150	
B a s e l i n e	Número de Luminárias	25	0	3	0	10	0	35	0	0	0	34	0	10	0	11	0	12	0
	Potência Unitária ⚡	250	0	400	0	250	0	400	0	250	0	400	0	400	0	250	0	150	0
	Balatro	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%
	Potência ⚡	7.188	0	1.380	0	2.875	0	16.100	0	0	0	15.640	0	4.600	0	3.163	0	2.070	0
	Potência + Balastro ⚡	8.568				18.975				15.640				9.833					
	Total ⚡	53.015																	
N o v o  C e n á r i o	Número de Luminárias	0	35	0	4	0	12	0	38	0	0	0	36	0	10	0	11	0	12
	Potência Unitária ⚡	250	50	400	120	250	50	400	120	250	120	400	120	400	120	250	50	150	40
	Balatro	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%	15%	0%
	Potência ⚡	0	1.750	0	480	0	600	0	4.560	0	0	0	4.320	0	1.200	0	550	0	480
	Potência + Balastro ⚡	2.230				5.160				4.320				2.230					
	Total ⚡	13.940																	

\*VS – Vapor de Sódio, VM – Vapor de Mercúrio



Foi elaborada uma tabela dinâmica que varia com a alteração dos valores supramencionados, de forma a que o utilizador faça diferentes simulações de acordo com as tecnologias disponíveis no mercado, em detrimento de saber a quantidade de energia passível de ser aproveitada, (Tabela D. 11).

**Tabela D. 11** - Análise comparativa entre a energia consumida em 2011, 2012, 2014 e 2014 com a iluminação LED

<b>Análise Energética</b>						
Meses	Energia 2011 KWh	Energia 2012 KWh	Energia 2014 kWh	Energia LED 2014 KWh	Economia Mensal kWh	Economia
Janeiro	21.618	20.007	20.400	5.381	15.018	73,6%
Fevereiro	18.123	17.272	17.299	4.553	12.746	73,7%
Março	18.231	17.578	17.952	4.722	13.230	73,7%
Abril	15.074	12.809	16.010	4.217	11.793	73,7%
Mai	14.855	17.005	14.573	3.834	10.739	73,7%
Junho	13.059	13.215	11.963	3.125	8.838	73,9%
Julho	13.455	14.914	12.232	3.193	9.040	73,9%
Agosto	15.375	15.285	13.146	3.428	9.719	73,9%
Setembro	16.388	17.080	14.846	3.886	10.960	73,8%
Outubro	17.490	22.342	17.363	4.568	12.794	73,7%
Novembro	19.443	21.263	17.924	4.709	13.216	73,7%
Dezembro	20.104	15.900	20.148	5.313	14.836	73,6%
<b>Total kWh.ano<sup>-1</sup></b>	<b>203.215</b>	<b>204.670</b>	<b>193.856</b>	<b>50.928</b>	<b>142.927</b>	<b>73,7%</b>

O funcionamento da (Tabela D. 12) é semelhante à anterior, só que desta vez o que é analisado é a economia monetária, conseguida através da substituição da iluminação.

**Tabela D. 12** - Análise comparativa entre o custo de energia atual e o da iluminação LED

<b>Análise Económica</b>				
	Custo Atual EUR	Custo LED EUR	Economia Mensal EUR	Economia
Janeiro	1.967	520	1.447	73,6%
Fevereiro	1.666	440	1.227	73,6%
Março	1.716	454	1.262	73,6%
Abril	1.236	327	909	73,5%
Mai	1.110	294	816	73,5%
Junho	858	225	633	73,8%
Julho	876	229	646	73,8%
Agosto	950	249	702	73,9%
Setembro	1.102	289	812	73,8%
Outubro	1.337	353	984	73,6%
Novembro	1.664	438	1.225	73,6%
Dezembro	1.921	508	1.413	73,6%
<b>Total Eur.ano<sup>-1</sup></b>	<b>16.403</b>	<b>4.326</b>	<b>12.077</b>	<b>73,6%</b>

Também para este cenário os valores foram apresentados de forma gráfica, para que o utilizador consiga uma análise mais expedita, (Figura D. 8 e Figura D. 9).

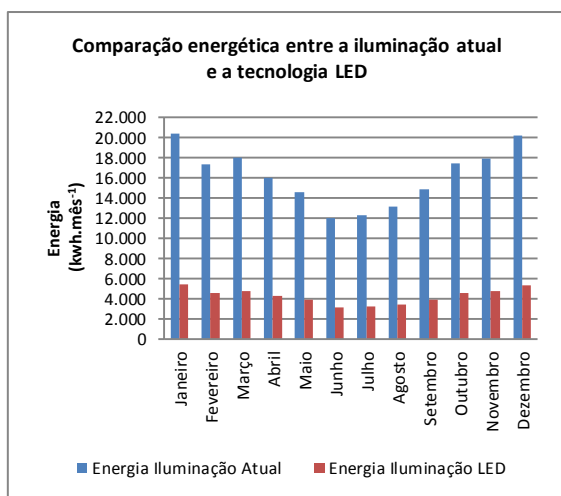


Figura D. 8 - Comparação energética entre a iluminação atual e a tecnologia LED

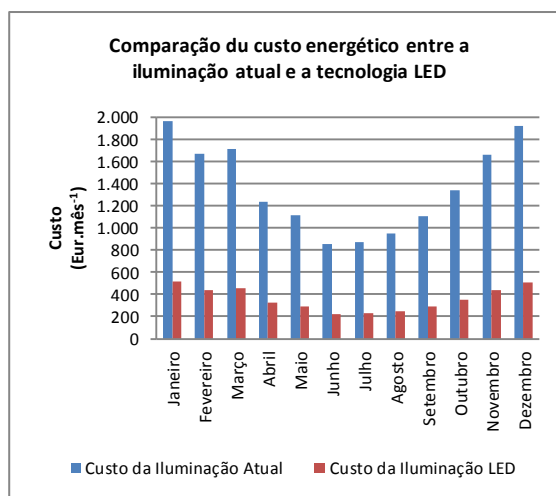


Figura D. 9 - Comparação do custo energético entre a iluminação atual e a tecnologia LED

Como já foi referido, a utilização da iluminação da fábrica é bastante complexa, pelo que foi criada uma tabela onde se pode colocar o preço referente à iluminação LED que se deseja implementar por nível de iluminação. Esta tabela assume os valores das luminárias de acordo com o que foi preenchido na (Tabela D. 10), sendo necessário preencher apenas os espaços a azul. Como em alguns casos poderá existir necessidade de instalação por outras entidades, foi deixado como opção acrescentar um valor para tal. Os preços que estão na Tabela D.13 são os preços fornecidos pela empresa WeLed, (Anexo D.4). Como este modelo pretende ser dinâmico, o utilizador poderá pedir uma outra solução a uma empresa diferente e só terá de colocar os valores no espaço a azul. O modelo permite ainda adicionar um desconto caso exista.

Tabela D. 13 - Introdução dos *inputs* para avaliação económica da iluminação LED

Equivalência	Investimento Inicial								
	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Pála	Geral	Geral
	Equivalente VS 250	Equivalente HQL-400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL-400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL-400	Equivalente HQL-400	Equivalente NAT 250	Equivalente NAT 150
Número de Luminárias	35,0	4,0	12,0	38,0	0,0	36,0	10,0	11,0	12,0
Preço Unitário EUR	118,6	240,0	118,6	240,0	240,0	240,0	240,0	91,1	110,6
Preço Total EUR	4.150	960	1.423	9.122	0	8.641	2.400	1.003	1.327
Instalação EUR	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total por Tipo de Lâmpada	4.150	960	1.423	9.122	0	8.641	2.400	1.003	1.327
Total EUR	29.025								
Desconto	7,50%								
Total EUR	26.849								

\*VS – Vapor de Sódio, VM – Vapor de Mercúrio

Após introduzidas todas as variáveis, podem tirar-se conclusões alusivas às economias energéticas e económicas de forma pormenorizada recorrendo à Tabela D. 14.

**Tabela D. 14 - Avaliação energética-económica da iluminação LED**

Estudo Comparativo									
Equivalência	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Páia	Geral	Geral
	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente HQL -400	Equivalente NAT 250	Equivalente NAT 150
Consumo Antes KWh	11.065	2.125	11.047	61.864	NA	65.352	19.838	13.638	8.927
Consumo Depois KWh	2.694	739	2.306	17.522	NA	18.051	5.175	2.372	2.070
Economia Energética KWh	8.371	1.386	8.742	44.342	NA	47.301	14.663	11.266	6.857
Economia Energética KWh	9.757		53.084		NA	47.301	32.786		
Economia Total KWh	142.927								
Consumo Antes EUR	711	137	959	5.373	NA	5.898	1.555	1.069	700
Consumo Depois EUR	173	48	200	1.522	NA	1.629	406	186	162
Economia Monetária EUR.ano <sup>-1</sup>	538	89	759	3.851	NA	4.269	1.150	883	538
Economia Monetária EUR.ano <sup>-1</sup>	627		4.610		NA	4.269	2.571		
Economia EUR	538	89	759	3.851	NA	4.269	1.150	883	538
Economia Total EUR.ano <sup>-1</sup>	12.077								

\* VS – Vapor de Sódio, VM – Vapor de Mercúrio

No decorrer do estudo determinou-se que poderia não fazer sentido substituir toda a iluminação por LED e que poderia ser vantajoso substituir apenas as lâmpadas de maior potência e que estão ligadas mais tempo. Por isso, elaborou-se a Tabela D. 15, que permite uma análise mais detalhada, onde se poderá verificar o período de retorno das luminárias, de acordo com o nível de utilização.

**Tabela D. 15 - Análise da viabilidade económica da iluminação LED**

Investimentos & Payback									
Equivalência	Nível Baixo		Nível Médio		Nível Alto		Páia	Geral	Geral
	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente VS 250	Equivalente HQL -400	Equivalente HQL -400	Equivalente NAT 250	Equivalente NAT 150
Número de Luminárias	35	4	12	38	NA	36	10	11	12
Preço Unitário EUR	118,6	240,0	118,6	240,0	NA	240,0	240,0	91,1	110,6
Preço Total EUR	4.150	960	1.423	9.122	NA	8.641	2.400	1.003	1.327
Instalação EUR	0	0	0	0	NA	0	0	0	0
Investimento por Tipo de Lâmpada	4.150	960	1.423	9.122	NA	8.641	2.400	1.003	1.327
Payback (Anos)	7,7	10,8	1,9	2,4	NA	2,0	2,1	1,1	2,5
Investimento por Nível (EUR)	5.110		10.544		NA	8.641	4.730		
Payback Por Nível (Anos)	8,1		2,3		2,0		1,8		
Investimento Total (EUR)	26.849								
Payback Total (Anos)	2,2								

\*VS – Vapor de Sódio, VM – Vapor de Mercúrio

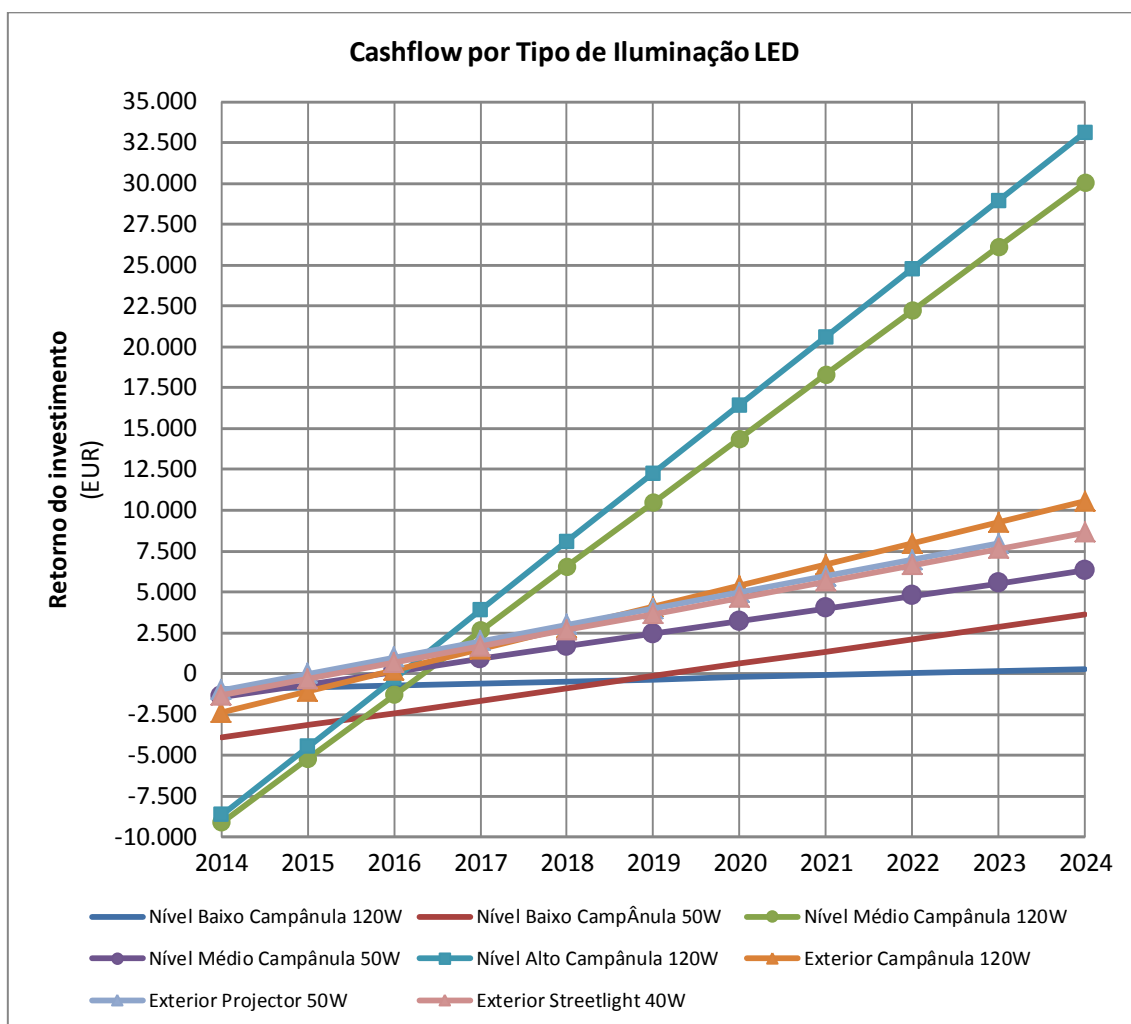
Por forma a determinar qual o valor económico que se consegue rentabilizar ao ano, elaborou-se uma tabela dinâmica que permite fazer a comparação das luminárias substituídas por nível

de utilização. É também possível averiguar o ano em que o investimento é ressarcido, assim como o valor acumulado ao fim de 10 anos, (Tabela D. 16).

**Tabela D. 16** - Retorno do investimento por Nível de utilização e por tipo de lâmpada

Cashflow Por Nível e Lâmpada								
Ano	Nível Baixo Campânula equivalente a 400W	Nível Baixo Campânula equivalente a 250W	Nível Médio Campânula equivalente a 400W	Nível Médio Campânula equivalente a 250W	Nível Alto Campânula equivalente a 400W	Exterior (Pála) Campânula equivalente a 400W	Exterior Projector equivalente 250W	Exterior Streetlight equivalente 150W
2014	-960	-4.150	-9.122	-1.423	-8.641	-2.400	-1.003	-1.003
2015	-869	-3.601	-5.194	-648	-4.287	-1.228	-101	-454
2016	-778	-3.052	-1.266	126	68	-55	800	94
2017	-688	-2.503	2.662	900	4.422	1.118	1.701	643
2018	-597	-1.954	6.590	1.675	8.776	2.290	2.602	1.191
2019	-506	-1.405	10.518	2.449	13.131	3.463	3.503	1.739
2020	-415	-856	14.446	3.223	17.485	4.636	4.404	2.288
2021	-324	-307	18.374	3.998	21.840	5.808	5.305	2.836
2022	-233	241	22.302	4.772	26.194	6.981	6.206	3.385
2023	-142	790	26.230	5.546	30.549	8.154	7.107	3.933
2024	-52	1.339	30.158	6.321	34.903	9.326	8.008	4.481
VAL	-52	1.339	30.158	6.321	34.903	9.326	8.008	4.481

Mais uma vez, a informação poderá ser consultada graficamente, (Figura D. 10).



**Figura D. 10** – Retorno do investimento por Nível de utilização e por tipo de lâmpada

## **Anexo D.2.**

# Desagregação dos Níveis de Utilização pelo Ciclo Horário





## Desagregação do Nível de Utilização pelo Ciclo Horário

De modo a conseguir uma análise mais fina do consumo de energia elétrica na iluminação, elaborou-se um perfil de consumo tendo em conta o horário de trabalho da Fábrica IV, (Tabela D. 17).

Tabela D. 17 - Horário de Funcionamento da Fábrica IV

<b>Horário de Funcionamento da Fábrica IV</b>				
	<b>Terça a Sexta-Feira</b>	<b>Segunda-Feira</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
<b>Produção</b>	00:00 - 02:00	00:00 - 06:00	00:00 - 02:00	00:00 - 03:00
<b>Forno</b>	02:00 - 06:00	06:00 - 00:00	02:00 - 04:00	03:00 - 07:00
<b>Produção</b>	06:00 - 00:00		04:00 - 00:00	07:00 - 00:00

Dividiu-se o horário de funcionamento em duas fases, produção e forno. A primeira diz respeito ao funcionamento geral da fábrica. Assume-se produção quando as prensas estão em funcionamento, neste caso, quando a luminosidade é insuficiente, são ligados os Níveis Médio e Alto. Assume-se Forno quando as prensas estão inativas, este seria, grosso modo, o período de descanso. Contudo, a fábrica não para totalmente, visto o forno e o secador continuarem a operar mantendo-se assim a saída de produto. Nesta fase, o Nível que se encontra ativo é o Baixo que, como analisado, é o que controla maioritariamente as luminárias acima do forno. Este Nível garante a luminosidade mínima para que o vigilante faça a sua ronda na fábrica.

Após definido o perfil laboral da fábrica, traçou-se então o perfil de funcionamento das lâmpadas. A transição do perfil Médio e Alto para Baixo não coincide exatamente com a transição Produção para Forno, pois, por questões de segurança, a iluminação fica ligada mais 30 minutos para garantir a luminosidade na fábrica até todos os trabalhadores estarem no exterior. A passagem Forno para Produção também não coincide com a passagem Baixo para Médio e Alto, pois por questões de segurança o vigilante aciona os dois últimos perfis cerca de 1h mais cedo, para que as lâmpadas aqueçam e para que os trabalhadores se coloquem nas posições para arrancar com a fábrica. Nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio são adicionadas 2 h extra no Perfil Alto e 1h no Perfil Médio. Este acréscimo representa alguns espaços do dia em que a iluminação geralmente está apagada, mas, devido às condições meteorológicas adversas, poderá eventualmente ser necessária mais luz.

A diferença entre as horas acrescentadas entre perfis deve-se ao facto de que geralmente é acionado apenas o perfil Alto quando o céu se encontra nublado, contudo, por vezes, fica tão escuro a meio do dia, que são necessários os dois perfis ligados. Toda esta informação poderá ser consultada nas tabelas D.18, D.19, D.20 e D.21.

Após elaborada a estruturação dos perfis de utilização, dividiram-se as horas em que a iluminação estava ligada pelos ciclos horários correspondentes de acordo com o Ciclo Semanal.

Após a divisão da utilização por ciclo (Figura D. 11), chegou-se à conclusão que os ciclos onde a iluminação está mais tempo ligada são no Cheio e Vazio Normal, contrariamente ao que se especulava anteriormente, que seria Super Vazio e Vazio Normal. Isto deve-se ao próprio funcionamento da fábrica e ao facto de no Inverno a iluminação permanecer ligada, por vezes, até às 9 ou 10:00 da manhã, e das 2:00 às 6:00. Onde se situa o período de Super Vazio, o perfil médio e alto estão maioritariamente desligados. Apenas a Iluminação exterior se comporta como esperado, visto ser controlada por uma célula de luz e ficar acesa toda a noite.

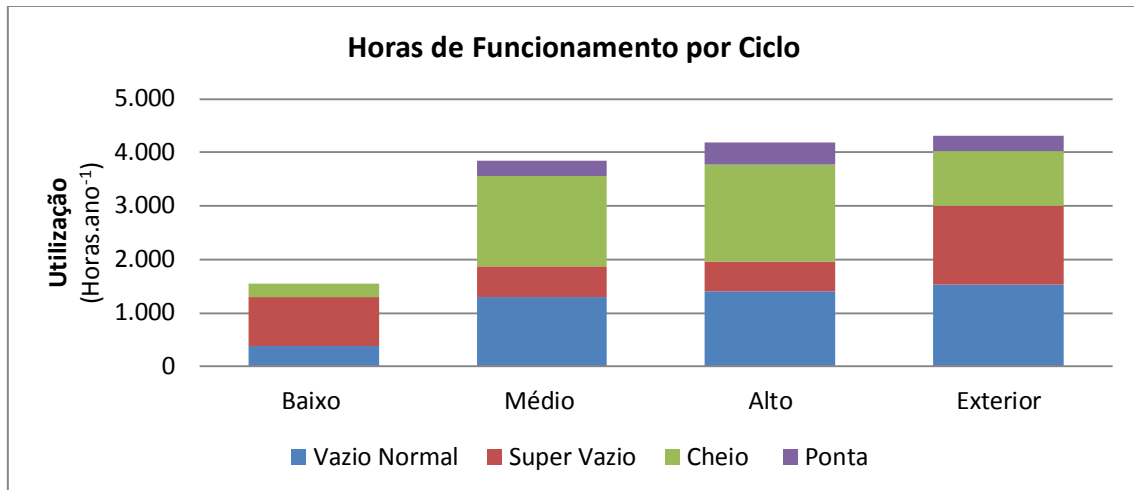


Figura D. 11 - Horas de funcionamento por ciclo

**Tabela D. 18** - Distribuição horária de acordo com o perfil de utilização de terça a sexta-feira

<b>Perfil de Utilização de terça a sexta-feira</b>				
	Baixo	Médio	Alto	Exterior
<b>Janeiro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +2h	18:00-08:00
<b>Fevereiro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +2h	18:00-08:00
<b>Março</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:30 18:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:30 18:00 - 00:00 +2h	19:00-07:30
<b>Abril</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 18:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 18:00 - 00:00 +2h	20:30-07:30
<b>Maio</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 20:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 20:00 - 00:00 +2h	21:00-07:00
<b>Junho</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 21:00 - 00:00	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 21:00 - 00:00 +1h	21:00-07:00
<b>Julho</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 21:00 - 00:00	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 21:00 - 00:00	21:00-07:00
<b>Agosto</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 20:00 - 00:00	00:00 - 02:30 05:00 - 08:00 20:00 - 00:00	20:30-07:30
<b>Setembro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00-08:30 19:30 - 00:00	00:00 - 02:30 05:00-08:30 19:30 - 00:00 +1h	20:00-08:00
<b>Outubro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:30 18:30- 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 08:30 18:30- 00:00 +1h	20:00-08:00
<b>Novembro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +2h	18:30-08:00
<b>Dezembro</b>	02:30 - 5:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +2h	18:00-08:00

**Tabela D. 19 - Distribuição horária de acordo com o perfil de utilização de segunda-feira**

<b>Perfil de Utilização de segunda-feira</b>				
	Baixo	Médio	Alto	Exterior
Janeiro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +1h	05:00 - 09:30 17:00 - 00:00 +2h	18:00-08:00
Fevereiro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +1h	05:00 - 09:00 17:30 - 00:00 +2h	18:00-08:00
Março	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:30 18:00- 00:00 +1h	05:00 - 08:30 18:00- 00:00 +2h	19:00-07:30
Abril	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:00 18:00-00:00 + 1h	05:00 - 08:00 18:00-00:00 + 2h	20:30-07:30
Maiο	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:00 20:00-00:00 + 1h	05:00 - 08:00 20:00-00:00 + 2h	21:00-07:00
Junho	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:00 21:00-00:00	05:00 - 08:00 21:00-00:00 + 1h	21:00-07:00
Julho	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:00 21:00-00:00	05:00 - 08:00 21:00-00:00	21:00-07:00
Agosto	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:00 20:00-00:00	05:00 - 08:00 20:00-00:00	20:30-07:30
Setembro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:30 19:30-00:00	05:00 - 08:30 19:30-00:00 +1h	20:00-08:00
Outubro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 08:30 18:30-00:00 + 1h	05:00 - 08:30 18:30-00:00 + 1,5h	20:00-08:00
Novembro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 09:00 17:30-00:00 + 1h	05:00 - 09:00 17:30-00:00 + 2h	18:30-08:00
Dezembro	00:00 - 5:00 1h	05:00 - 09:30 17:00-00:00 +1h	05:00 - 09:30 17:00-00:00 +2h	18:00-08:00

**Tabela D. 20** - Distribuição horária de acordo com o perfil de utilização de sábado

Perfil de utilização de sábado				
	Baixo	Médio	Alto	Exterior
<b>Janeiro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 09:30 17:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 04:30 - 09:30 17:00 - 00:00 +2h	18:00-08:00
<b>Fevereiro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 09:00 17:30 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 04:30 - 09:00 17:30 - 00:00 +2h	18:00-08:00
<b>Março</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 18:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 18:00 - 00:00 +2h	19:00-07:30
<b>Abril</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 18:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 18:00 - 00:00 +2h	20:30-07:30
<b>Mai</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 20:00 - 00:00 +1h	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 20:00 - 00:00 +2h	21:00-07:00
<b>Junho</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 21:00 - 00:00	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 21:00 - 00:00	21:00-07:00
<b>Julho</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 21:00 - 00:00	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 21:00 - 00:00	21:00-07:00
<b>Agosto</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 20:00 - 00:00	00:00 - 02:30 04:30 - 08:00 20:00 - 00:00	20:30-07:30
<b>Setembro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 19:30 - 00:00	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 19:30 - 00:00 1h	20:00-08:00
<b>Outubro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 18:30 - 00:00 1h	00:00 - 02:30 04:30 - 08:30 18:30 - 00:00 +1,5h	20:00-08:00
<b>Novembro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 09:00 17:30 - 00:00 1h	00:00 - 02:30 04:30 - 09:00 17:30 - 00:00 +2h	18:30-08:00
<b>Dezembro</b>	02:30 - 04:30	00:00 - 02:30 04:30 - 09:30 17:00 - 00:00	00:00 - 02:30 04:30 - 09:30 17:00 - 00:00	18:00-08:00

**Tabela D. 21** - Distribuição horária de acordo com o perfil de utilização de domingo

Perfil de utilização de domingo				
	Baixo	Médio	Alto	Exterior
<b>Janeiro</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 09:30 17:00-19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 09:30 17:00-19:30 +2h	18:00-08:00
<b>Fevereiro</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 09:00 17:30-19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 09:00 17:30-19:30 +2h	18:00-08:00
<b>Março</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 18:00-19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 18:00-19:30 +2h	19:00-07:30
<b>Abril</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00 18:00-19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00 18:00-19:30 +2h	20:30-07:30
<b>Mai</b>	03:30 - 07:30 20:00 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00 +2h	21:00-07:00
<b>Junho</b>	03:30 - 07:30 21:00 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:00 +1h	21:00-07:00
<b>Julho</b>	03:30 - 07:30 21:00 - 00:00	00:00 - 03:30	00:00 - 03:30	21:00-07:00
<b>Agosto</b>	03:30 - 07:30 20:00 - 00:00	00:00 - 03:30	00:00 - 03:30	20:30-07:30
<b>Setembro</b>	03:30 - 07:30 20:00 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 19:30 - 20:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 19:30 - 20:00 +1h	20:00-08:00
<b>Outubro</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 18:30 - 19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 08:30 18:30 - 19:30 +1h	20:00-08:00
<b>Novembro</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 09:00 17:30 - 19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 09:00 17:30 - 19:30 +2h	18:30-08:00
<b>Dezembro</b>	03:30 - 07:30 19:30 - 00:00	00:00 - 03:30 07:30 - 09:30 17:00-19:30	00:00 - 03:30 07:30 - 09:30 17:00-19:30 +2h	18:00-08:00

# **Anexo D.3.**

## Cotação do Dispositivo Greenbox





**Proposta Técnico-Comercial**

Eficiência Energética para Iluminação

**Watt**  
guard



**CS COELHO DA SILVA, S.A.**

Iluminação Interior e Iluminação Exterior

**Fabriwatt, Lda.**

**Ref:** FW1113/14 - Revisão

**Data:** 22 de Agosto de 2014

## Conteúdos

1 – O CLIENTE E O POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	3
2 – A SOLUÇÃO WATTGUARD .....	3
3 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA WATTGUARD.....	5
4 – INVESTIMENTO   WATTGUARD RENTING .....	5
5 – GARANTIA PRODUTO   ECONOMIAS .....	8
6 – PRAZOS .....	8
7 – ANEXOS .....	8

## 1 – O CLIENTE E O POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A presente proposta tem como objetivo o fornecimento de uma solução destinada ao aumento da eficiência energética na Iluminação da fábrica CS Coelho da Silva, S.A..

Na sequência do levantamento técnico, foi solicitada a informação relativa às tecnologias, presente projecto eléctrico (nomeadamente o número de quadros eléctricos e a carga associada a cada um), e perfil de utilização que se encontra resumida detalhadamente nas tabelas seguintes, e, no anexo I da presente proposta a fim de se efectuar o dimensionamento do sistema. Este consiste na contagem de lâmpadas existentes tendo em conta as lâmpadas de vapor de mercúrio de 400W, lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 250W e 150W.

Rúbricas	Unidades	Quantidade (kWh/mês)	Unidade (kWh/ano)
Consumo Geral	kWh	326.215	3.914.578
Consumo de Energia Iluminação	kWh	17.000	204.000
Edifícios (em estudo)	Un	1	-
Quadros Eléctricos (em estudo)	Un	1	-

Superfície		Potência total kWh	Média Mensal [h]	Meses	kWh/ano
Nível	Tecnologia	53,0	-	-	<b>193.855,5</b>
Baixo	Vapor de Mercúrio 400W	1,38	137	12	2.274
	VSAP 250W	7,19	137	12	11.842
Médio	Vapor de Mercúrio 400W	16,10	337	12	65.089
	VSAP 250W	2,88	337	12	11.623
Alto	VSAP 150W	15,64	379	12	71.037
Exterior	Pala Vapor de Mercúrio	4,60	351	12	19.348
	VSAP 250W	3,16	351	12	13.301
	VSAP 150W	2,07	351	12	6.706

**Tabela 1 - Dados Técnicos de Dimensionamento do Sistema**

De acordo com a informação facultada, o consumo energético associado à iluminação das zonas em estudo, representa aproximadamente 5% do consumo energético total da Coelho da Silva, com um valor anual de, aproximadamente, 16.890€.

Com a instalação da tecnologia Wattguard, a Coelho da Silva, aumentará a eficiência energética em 36%, com uma poupança estimada de 33.962€ em cinco anos.

## 2 – A SOLUÇÃO WATTGUARD

O Wattguard é uma tecnologia inovadora de Otimizadores de Energia para a iluminação, fabricada na Suécia pela Wattguard, AB., e desenvolvida no âmbito de uma patente industrial criada no sentido de maximizar os níveis de eficiência energética na iluminação tecnicamente mais estabilizada e frequente, a iluminação fluorescente.

A Fabriwatt, Lda. é o representante comercial e industrial do grupo sueco em Portugal.

Comercialmente esta tecnologia apresenta os seguintes benefícios:

- **Melhoria de 25% a 45%** na eficiência energética da iluminação;
- **Instalação única** sem necessidade de intervenção nas luminárias existentes;
- **Aumento** do tempo de vida das lâmpadas e **redução de custos de manutenção**;
- **Melhor relação lúmen/watt** (quando comparada com outras tecnologias de iluminação);
- **Rápido retomo de investimento** (inferior a 3 anos);
- Possibilidade de Aluguer Operacional (**Wattguard Renting**)

A eficiência energética obtida através desta tecnologia é resultado de um conjunto de características técnicas, que podemos resumir do seguinte modo:

- Redução da amplitude de variação da corrente e da tensão, sem que daí resulte qualquer alteração da frequência;
- Redução da potência consumida pelas lâmpadas, através da redução da corrente e da tensão de alimentação do circuito de iluminação.
- Incremento do fator de potência (*Power Factor*) para valores próximos ou coincidentes com a unidade;
- Apesar da redução da potência, o valor da luminância emitida pelas lâmpadas não regista perdas significativas graças a um fenómeno de ajuste do desfasamento entre a corrente e a tensão garantido pelo Wattguard, a ocorrer no interior dos tubos fluorescentes;
- O aumento da intensidade luminosa resultante é originado pelo aumento da geração de fótons ultravioleta por watt, quantificado em testes entre os 40% e os 70%;
- O Wattguard permite assim obter o mesmo fluxo luminoso deste tipo de lâmpadas, mas com um menor consumo de energia, quantificado entre os 25% e os 40%.

### 3 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA WATTGUARD

O equipamento consiste num dispositivo elétrico, instalado num armário técnico metálico (60 cm de Altura por 40 cm de Largura), composto por três (ou mais) transformadores com diversos enrolamentos, os quais disponibilizam um conjunto de tomadas que permitem efetuar a regulação de diferentes níveis de tensão de trabalho.



Fotografia 1. Wattguard

Tendo em conta os dados do ponto 1, dimensionou-se os equipamentos Wattguard (WG) a instalar a montante do quadro elétrico (QE), do seguinte modo:

Superfície	Wattguard	Solução Técnica
Fábrica 4	2 x 45,0 kW	Instalação dos WG junto ao Q.E; WG será alimentado pelo Q.E., alimentando posteriormente os circuitos de iluminação do mesmo

Tabela 2. Solução Técnica

#### 4 – INVESTIMENTO | WATTGUARD RENTING

A Wattguard AB., através da Fabriwatt Lda., compromete-se a instalar os equipamentos propostos, comprovar o seu funcionamento e prestar a devida assistência técnica aos mesmos.

A Wattguard AB., através da Fabriwatt Lda., tem ao dispor da CS Coelho da Silva duas formas de poder usufruir da tecnologia e respetivas poupanças, nomeadamente através da aquisição do equipamento ou através da solução Wattguard Renting.

##### 4.1. – AQUISIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Na tabela seguinte estão indicados os valores de compra para o fornecimento e instalação do equipamento Wattguard dimensionado na presente proposta.

Descrição	Quant. (un)	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Wattguard 45,0 kW	2	9.500,00	19.000,00
Instalação Técnica	1	1.500,00	1.500,00
<b>Total</b>			<b>20.500,00</b>
Desconto Comercial	10%	2.050,00	2.050,00
		<b>Total Final</b>	<b>18.450,00</b>

Aos preços apresentados acresce o IVA à taxa legal em vigor

Elaborou-se uma estimativa de consumos antes e após instalação do Wattguard (ilustrada nas tabelas em baixo), tendo em conta as seguintes considerações:

- Tarifa de aquisição de energia elétrica conforme ANEXO I;
- Incrementos de custo de tarifa elétrica anuais de acordo com o histórico dos últimos 3 anos;
- Período de funcionamento da instalação de acordo com ANEXO I;
- Redução estimada de consumos de 36%;

<b>Payback</b>	<b>2,79 Anos</b>
<b>Investimento inicial</b>	<b>18.450,00 €</b>
<b>Economia em 10 anos</b>	<b>77.307 €</b>
<b>Economia anual média</b>	<b>7.731 €</b>
<b>Redução anual</b>	<b>70.563 kW</b>
<b>Redução anual CO2:</b>	<b>14 t</b>

A tabela em baixa ilustra a solução de aquisição do equipamento, apresentada detalhadamente no ANEXO II\_Wattguard Aquisição.

Cálculo energético 10 anos	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Antes Wattguard										
Custos estimados	€ 16 885	€ 17 730	€ 18 616	€ 19 547	€ 20 524	€ 21 551	€ 22 628	€ 23 759	€ 24 947	€ 26 195
Após Wattguard										
Custos estimados	€ 10 739	€ 11 276	€ 11 840	€ 12 432	€ 13 053	€ 13 706	€ 14 391	€ 15 111	€ 15 867	€ 16 660
Economias	€ 6 146	€ 6 454	€ 6 776	€ 7 115	€ 7 471	€ 7 844	€ 8 237	€ 8 648	€ 9 081	€ 9 535
Investimento	-€ 18 450	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0	€ 0
Cash Flow 10 anos	-€ 12 304	-€ 5 850	€ 926	€ 8 041	€ 15 512	€ 23 356	€ 31 593	€ 40 242	€ 49 322	€ 58 857

**Tabela 2 – Cash Flow**

#### 4.2. – WATTGUARD RENTING

A solução **Wattguard Renting** pelo período de 5 anos, possibilita o aluguer operacional dos equipamentos, permitindo neste caso usufruir dos benefícios da tecnologia através de um regime de rendas trimestrais (ou mensais), incluindo os seguintes serviços:

- **Serviço Manutenção:** intervenção rápida e profissional caso seja detetado algum problema de funcionamento no equipamento;
- **Extensão de garantia (de 2 para 5 anos):** substituição do equipamento caso seja detetado algum defeito de fabrico durante o período de Renting;

Terminado o período de aluguer, o cliente terá sempre a possibilidade de renovar o contrato, sendo que a propriedade do equipamento será da Fabriwatt, Lda.

Elaborou-se uma estimativa de consumos antes e após instalação do Wattguard (ilustrada nas tabelas em baixo), tendo em conta as seguintes considerações:

- e) Tarifa de aquisição de energia elétrica conforme ANEXO I;
- f) Incrementos de custo de tarifa elétrica anuais de acordo com o histórico dos últimos 3 anos;
- g) Período de funcionamento da instalação de acordo com ANEXO I;
- h) Redução estimada de consumos de 36%;

<b>Economia líquida anual média:</b>	<b>%</b>	<b>18%</b>
<b>Investimento:</b>	<b>€</b>	<b>0</b>
<b>Economia total em 5 anos:</b>	<b>€</b>	<b>33.962</b>
<hr/>		
<b>Economia anual média:</b>	<b>€</b>	<b>6.792</b>
<hr/>		
<b>Renda anual fixa:</b>	<b>€</b>	<b>-3.324</b>
<b>Redução anual:</b>	<b>kWh</b>	<b>70.563</b>
<b>Redução anual de CO2:</b>	<b>t</b>	<b>14</b>

A tabela em baixa ilustra a solução Wattguard Renting proposta, apresentada detalhadamente no ANEXO III\_Wattguard Renting.

**Coelho da Silva**
**Economia estimada durante 5 anos de instalação Wattguard**

Economia líquida anual média:	%	19%
Investimento:	€	0
Economia total em 5 anos:	€	33 962
Economia anual média:	€	6 792
Renda anual fixa:	€	-3 324
Redução anual :	kWh	70 563
Redução anual de CO2:	t	14

Dados utilizados para cálculo			
Número de lâmpadas	140	Preço por kWh	0,087 €
kWp por h	53,02	CO2/KWh	0,203 kg
Consumo anual kWh	193 856	Redução esperada	36%
		Aumento anual custo energia	5%

Cálculo energético – 1 ano			
	Antes Wattguard	Após Wattguard	Diferença
Consumo anual (kWh)	193 856	123 292	70 563
Custo anual (€)	16 885	10 739	6 146
Emissão anual de CO2 (t)	39	25	14

Cálculo energético – 5 anos	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Total
<b>Antes Wattguard</b>						
Custos estimados	€ 16 885	€ 17 730	€ 18 616	€ 19 547	€ 20 524	€ 93 302
<b>Após Wattguard</b>						
Custos estimados	€ 10 739	€ 11 276	€ 11 840	€ 12 432	€ 13 053	€ 59 340
Economias	€ 6 146	€ 6 454	€ 6 776	€ 7 115	€ 7 471	€ 33 962
Renda Wattguard	-€ 3 324	-€ 3 324	-€ 3 324	-€ 3 324	-€ 3 324	-€ 16 620
Economias líquidas anuais €	€ 2 822	€ 3 130	€ 3 452	€ 3 791	€ 4 147	€ 17 342
Economias líquidas anuais %	17%	18%	19%	19%	20%	19%
Redução emissões de CO2 (kg)	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3	71,6







# **Anexo D.4.**

## **Cotação da Iluminação LED**



**Entidade:** Coelho e Silva Lda

**Morada:**

**Data:** Julho de 2014

**Caso pretenda apresentaremos proposta de Renting (pagamento faseado) – Parceria com a Grenke. Apenas válido para empresas, para valores entre 500,00€. Solicite-nos informações.**

**Estudo de Viabilidade não inclui instalação, salvo se solicitado.**

### Investimento Inicial e Retorno

Considerando a troca directa da iluminação actual da Coelho e Silva Lda por Soluções WeLED, o investimento inicial será de **26.629,19€ + IVA** (Instalação não incluída) e o retorno é de 1,74 anos (dentro do período de garantia), como se poderá verificar na tabela abaixo.

Retorno - Coelho e Silva Lda		
Poupança Anual (€ + IVA)	Investimento Inicial (€ + IVA)*	Retorno (anos)
15.289,94 €	26.629,19 €	1,74

## Estudo de Viabilidade

Para a Coelho e Silva Lda o estudo de viabilidade foi realizado com base na substituição directa da iluminação actual por Soluções WeLED.

Foram consideradas as horas e números de dias de consumo para cada nível e local (baixo, médio, alto e exterior).

### Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda

Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda											
Iluminação Actual						Soluções WeLED					
Local	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo Anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	
Nível Baixo	Lâmpada de Vapor de Sódio	33	250W + 40%* = 350,00W	19.326,38	1.739,37 €	WeLED Lâmpada de Campânula	33	50W	2.760,91	248,48 €	
Nível Baixo	Lâmpada de Vapor de Mercúrio	4	400W + 40%* = 560,00W	2.677,25	240,95 €	WeLED Lâmpada de Campânula	4	120W	803,17	72,29 €	
				Total consumo anual € + IVA	1.980,33 €					Total consumo anual € + IVA	320,77 €

\*Consumo estimado do balastro

### Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda

Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda											
Iluminação Actual						Soluções WeLED					
Local	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo Anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	
Nível Médio	Lâmpada de Vapor de Sódio	12	250W + 40%* = 350,00W	12.579,84	1.132,19 €	WeLED Lâmpada de Campânula	12	50W	1.797,12	161,74 €	
Nível Médio	Lâmpada de Vapor de Mercúrio	38	400W + 40%* = 560,00W	63.737,86	5.736,41 €	WeLED Lâmpada de Campânula	38	120W	13.658,11	1.229,23 €	
				Total consumo anual € + IVA	6.868,59 €					Total consumo anual € + IVA	1.390,97 €

\*Consumo estimado do balastro

### Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda

Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda											
Iluminação Actual						Soluções WeLED					
Local	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo Anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	
Nível Alto	Lâmpada de Vapor de Mercúrio	36	400W + 40%* = 560,00W	70.021,32	6.301,92 €	WeLED Lâmpada de Campânula	36	120W	15.004,57	1.350,41 €	
				Total consumo anual € + IVA	6.301,92 €					Total consumo anual € + IVA	1.350,41 €

\*Consumo estimado do balastro

### Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda

Estudo de Viabilidade - Coelho da Silva Lda											
Iluminação Actual						Soluções WeLED					
Local	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo Anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	Designação	Quantidade	Potência (W)	Consumo anual (kWh/ano)	Custo Anual (kWh/ano)	
Exterior	Lâmpada de Vapor de Sódio	11	250W + 40%* = 350,00W	13.117,10	1.180,54 €	WeLED Projector	11	50W	1.873,87	168,65 €	
Exterior	Lâmpada de Vapor de Mercúrio	10	400W + 40%* = 560,00W	19.079,42	1.717,15 €	WeLED Lâmpada de Campânula	10	120W	1.703,52	153,32 €	
Exterior	Lâmpada de Vapor de Sódio	12	150W + 40%* = 210,00W	8.585,74	772,72 €	WeLED Streetlight	12	40W	1.635,38	147,18 €	
				Total consumo anual € + IVA	3.670,40 €					Total consumo anual € + IVA	469,15 €

\*Consumo estimado do balastro

Através do estudo de viabilidade, verifica-se que com a iluminação actual existe um total estimado de consumo anual de 18.821,24€ + IVA e um consumo anual de 3.531,30€ + IVA com as soluções WeLED, existindo uma **poupança estimada anual de 15.289,94€ + IVA.**

## Soluções WeLED Propostas



### WELED LÂMPADA CAMPÂNULA

LED Samsung 5630

POTÊNCIA	DIMENSÃO (mm)	FLUXO LUMINOSO	SUBSTITUI
50W	Ø 173 x 249	4 500 Lm	HPS 250W / HID 150W
120W	Ø 250 x 336	10 000 Lm	HPS 400W / HID 250W - 400W

#### CORES DISPONÍVEIS (Kelvin)

BRANCO FRIO (5500K-6500K)

BRANCO NEUTRO (4000K-4500K)

BRANCO QUENTE (2700K-3000K)

#### CONSUMO

50W

120W

#### PVP RECOMENDADO

118,57€ + IVA

232,74€ + IVA

Vida Útil: 40 000 Horas

\* Vida Útil no LED significa atingir 70% do fluxo luminoso inicial, uma vez que o LED não funde.

### WELED PROJECTOR 50W

POTÊNCIA	DIMENSÃO (mm)	FLUXO LUMINOSO	SUBSTITUI
50W	288x238x150	4000 Lm	HID 150W/250W

#### CONSUMO

50W

50W C/ SENSOR

#### PVP RECOMENDADO

49,40€ + IVA

56,85€ + IVA



#### CORES DISPONÍVEIS (Kelvin)

BRANCO FRIO (5500K-6500K)

BRANCO NEUTRO (4000K-4500K)

BRANCO QUENTE (2700K-3000K)

Vida Útil: ≥ 35 000 Horas

\* Vida Útil no LED significa atingir 70% do fluxo luminoso inicial, uma vez que o LED não funde.



## WELED CORN STREETLIGHT 40W

LED Samsung 5630

CASQUILHO	DIMENSÃO (mm)	FLUXO LUMINOSO	SUBSTITUI
E40	Ø 93x263	4100 Lm	HID 150W

CONSUMO	PVP RECOMENDADO
40W	110,55€ + IVA



### CORES DISPONÍVEIS (Kelvin)

BRANCO FRIO (5500K-6500K)

BRANCO NEUTRO (4000K-4500K)

BRANCO QUENTE (2700K-3000K)

Vida Útil: 40 000 Horas

\* Vida Útil no LED significa atingir 70% do fluxo luminoso inicial, uma vez que o LED não funde.

## Proposta de Renting

A WeLED | Iluminação Inteligente dispõe de um Sistema de Renting, através da parceria com a GRENKE, e que oferece condições vantajosas para a aquisição das soluções WeLED.

Para o investimento inicial de 26.629,19€ + IVA, com a proposta a 36 meses, a mensalidade será de 936,28€ + IVA.

Sendo o valor da mensalidade inferior ao valor que se irá poupar por mês em electricidade, logo:

Proposta de Renting		
Valor estimado poupado/mês (€ + IVA)	Valor da Mensalidade 36 Meses (€ + IVA)	Poupança mensal com Financiamento (€ + IVA)
1.274,16 €	936,28 €	<b>337,88 €</b>

Como se poderá concluir, para a aquisição das Soluções WeLED o investimento inicial será irrisório e existirá mensalmente um valor estimado poupado de **337,88€ + IVA**.

Após o termo do contrato do Renting, será possível adquirir o material por 5% do valor do equipamento (1.331,46€ + IVA).

Será obrigatório segurar o equipamento LED financiado, sendo possível adicionar o valor do equipamento num seguro de recheio já existente, ou então fazer um seguro com uma seguradora à vossa escolha ou com a GRENKE.

### Sabia que...

Ao substituir a sua iluminação tradicional por soluções WeLED, para além de economizar 93.608,17 kWh/ano, está também a reduzir 901,540 toneladas de CO<sub>2</sub> (originados na produção de electricidade) e que desta forma salvará 1.310,514 m<sup>3</sup> de área de floresta por ano?

Emissões CO2 anuais		
Poupança kWh/ano	Redução de Emissão (Toneladas CO2/ano)	Área de Floresta Preservada (m <sup>3</sup> /ano)
93.608,17	901,540	1.310,514

**Nota:** Cálculos fornecidos pelo **Portal da Construção Sustentável** (<http://www.csustentavel.com>)



**Tempileiria, Lda.**

Urb. das Madeiras, Lote 1 Loja Esq.

Gândara dos Olivais

2415-596 Leiria

Tel: +351 244 092 700

Fax: +351 244 023 051

Contribuinte Nº :509924336

Capital Social: 10.000,00€

Registada na C.R.C. Leiria

geral@weled.pt

www.weled.pt

NIB: 0035 0343 00009050930 57

Exmo.(s) Senhor(es)

Coelho da Silva Lda

Emitido em **2014-07-03** Condições de Pagamento **Pronto Pagamento** Vencimento em **2014-07-03**

V/ Documento

Cliente Nº

**262**

V/ Contribuinte

**Consumidor final**

Transporte

**V/ Viatura**

REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNI	P.VENDA S/IVA	DESC	VALOR LIQUIDO	IVA
WL2303	WELED LAMPADA CAMPANULA 50W BFRIO Garantia (meses): 36	45,00	UNI	118,57 EUR		5.335,65 EUR	23 %
WL2309	WELED LAMPADA CAMPANULA 120W BFRIO Garantia (meses): 36	88,00	UNI	240,04 EUR		21.123,52 EUR	23 %
WL1333	WELED PROJECTOR STANDARD 50W 120º BFRIO Garantia (meses): 36	11,00	UNI	91,14 EUR		1.002,54 EUR	23 %
WL2018	WELED LAMPADA STREETLIGHT E40 40W 180º BFRIO Garantia (meses): 36	12,00	UNI	110,55 EUR		1.326,60 EUR	23 %

**Observações:**

Desconto de Cliente: 7,5%

Em caso de envio de material para as Vossas instalações acresce o valor de portes (determinado mediante peso total da encomenda).

**Este documento não constitui documento de transporte, nos termos do Decreto-Lei n.º 147/2003**

**Este documento não serve de factura**

Após vencimento a quantia a que se refere a factura vence juros à taxa legal em vigor, em conformidade com o disposto no nº 2 da portaria 597/2005.

Incidência	Valor de I.V.A.	TOTAL BRUTO	
26.629,19 23,0 %	6.124,71	<b>28.788,31 EUR</b>	
0,00 0,0 %	0,00	<b>0,00 EUR</b>	
0,00 0,0 %	0,00	<b>2.159,12 EUR</b>	DESCONTO GLOBAL 7,50 %
0,00 0,0 %	0,00	<b>26.629,19 EUR</b>	TOTAL LIQUIDO
0,00 0,0 %	0,00	<b>6.124,71 EUR</b>	TOTAL I.V.A.
		<b>0,00 EUR</b>	TOTAL PORTES

**\*\* Total \*\***

**32.753,90 EUR**

Valores de acordo com Catálogo WELED em vigor na data da factura.  
O prazo para reclamação da factura é de 8 dias a contar da sua emissão.