

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia
Trabalho Realizado na Unidade Fabril de Albergaria à Velha do Grupo
GROHE

André Francisco Teixeira Guedes

Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na Empresa: Engenheiro Ralph Hirner

Orientador na FEUP: Prof. Clito Afonso



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto Mestrado Integrado em
Engenharia Mecânica

Julho de 2008

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

Dedico esta dissertação aos meus pais.

Resumo

Este projecto de final de curso tem como objectivo a realização de uma auditoria energética a uma empresa consumidora intensiva de energia – GROHE.

A primeira fase da auditoria centrou-se no levantamento dos consumos e das necessidades energéticas dos diversos sectores constituintes da empresa. Para tanto fez-se recurso à facturação energética da empresa, a medições de velocidades e temperaturas nos escoamentos de fluidos mais relevantes, bem como a medições de consumos eléctricos em diversos quadros e equipamentos. Todos estes dados foram devidamente tratados e analisados de forma a poder obter-se uma “fotografia energética” da empresa. A par deste levantamento foi realizado outro tipo de serviço, ainda que no âmbito do mesmo legado, passando pela formalização de pedidos de orçamentos para caudalímetros e de sistemas de monitorização, bem como o desenvolvimento de software com o propósito de monitorizar equipamentos ou máquinas.

Terminada esta fase iniciou-se a uma segunda que consistiu na elaboração de uma série de propostas de melhorias de ordem energética. Foram levadas a cabo diversas acções: foi efectuado um estudo de mercado de oferta de electricidade, nomeadamente, através da análise do tarifário de venda de energia eléctrica a clientes finais em 2008, emitido pela ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços de Energia; Este documento tem como função sistematizar um conjunto de regras, opções de tarifas, preços e horários aplicados na venda de energia eléctrica. No que respeita à iluminação, foi analisada a possibilidade de instalação de sensores de presença, a serem colocados em locais sem necessidade permanente de iluminação; e foi ainda analisada a possibilidade da substituição de lâmpadas por outras com uma melhor eficiência. Por outro lado, com base no Decreto-Lei nº 363/2007 que avança com o regime simplificado aplicável à microprodução de electricidade, foi realizado um estudo sobre a sua viabilidade de instalação na empresa. Neste caso em particular, um sistema fotovoltaico seria uma hipótese a considerar, passando-se a aferir de um regime bonificado com todos os seus benefícios e regalias. Procedeu-se ainda a um estudo aprofundado sobre uma eventual recuperação de calor no processo de reciclagem de metal (limalha), e a sua aplicação num outro processo, com o intuito de permitir o

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

pré-aquecimento de um caudal de água, contribuindo deste modo para uma diminuição do consumo de combustíveis fósseis e reduzindo, assim, o seu impacto ambiental. No sentido de implementação das propostas de melhoria, analisou-se o Decreto-Lei nº 71/2008, já que o mesmo, instituído com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos das instalações consumidoras intensivas de energia, prevê estímulos e incentivos à promoção da eficiência energética.

Com base nesta auditoria, conclui-se que a GROHE é uma consumidora intensiva de energia e tem uma forte dependência por energia eléctrica. Por fim pode afirmar-se que, das propostas apresentadas, umas serão mais exequíveis do que outras, e que, por vezes, poderá não estar associada a essas mesmas propostas qualquer vantagem económica. No entanto, conclui-se que as propostas mais viáveis serão, a instalação de sensores de presença com um baixo período de amortização, o reaproveitamento térmico do processo de reciclagem de metal com uma redução significativa do consumo de gás natural, e a mudança do ciclo diário pelo ciclo semanal opcional com feriados. Aconselha-se, no entanto, aplicação de todas as propostas com um baixo período de amortização.

Energetic Auditing to Enterprise of Galvanoplastia

Abstract

This project aims to realize an energetic audit to an enterprise with intensive energy consumption – GROHE.

The first phase of the auditing process focuses on gathering around all kinds of consumption and needs of energy in the company. For that the information is provided from energetic invoices, as well as, from measurements of fluid velocities and temperatures in the pipelines. Other electric measurements were made to further sectors or equipments and all data was analyzed to represent the energetic situation of the company. Additionally, it also was developed software for the purpose of monitoring equipment or machinery.

After this first stage, the project went on to a second phase that was composed by drawing up energetic improvement proposals. Several actions were taken: a study of the electricity market, especially given out by the ERSE - Regulatory Entity of Energy Services; in what concerns to illumination, the analysis was about install presence sensors in places without continuous light necessity; it has also been analyzed the possibility of lamps substitution by a more efficient ones. Furthermore, according to the Act 363/2007, which advances with the simplified applicable regime to the microproduction of electricity, it has been analyzed its viability in the company. There has also been developed a detailed study on a possible recovery of heat in the process of metal recycling, and its application in another process, in order to contribute this way for a relevant reduction in the fossils fuels consumption and reducing its environmental impact. Concerning the implementation of the improvement proposals it has been analyzed the Act 71/2008, which main objective is to promote the energetic efficiency and to control energetic consumption in high intensive companies, offering incentives to promote this energy efficiency.

According to this audit process, GROHE is an intensive energy consumer and it has a strong dependence on electric energy. Finally, the most viable presented proposals would be the presence sensors with a low depreciation period, the system of heat recuperation with a consume reduction and the change of the daily cycle for the weekly optional cycle with public holidays. However, it is advised the application of all the proposals with a low period of depreciation.

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à GROHE e a todas as pessoas da empresa que estiveram directamente ou indirectamente envolvidas no trabalho desempenhado, em especial destaque ao meu orientador Engenheiro Ralph Hirner e ao Engenheiro Filipe Santos pelo seu incondicional apoio.

Gostaria também de agradecer ao professor Clito Afonso, o meu orientador na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pela sua dedicação e disponibilidade para a realização desta dissertação.

Por fim tenho agradecer a bolsa de estágio concedida pela GROHE e da oportunidade disponibilizada.

Índice de Conteúdos

1.	Introdução	1
1.1.	Apresentação da Empresa GROHE	1
1.2.	Projecto Auditoria Energética na Unidade Fabril GROHE.....	4
2.	Auditoria Energética	6
2.1.1.	Gás natural.....	6
2.1.2.	Energia eléctrica	7
2.1.3.	Características das fontes de energia.....	12
2.1.4.	Consumo de Água.....	12
2.2.	Produção	14
2.2.1.	Consumo específico de energia.....	16
2.2.2.	Produção nas diferentes secções.....	17
2.2.3.	Descrição dos principais sectores consumidores de energia.....	20
2.2.3.1.	Fundição	21
2.2.3.2.	Maquinagem, lixamento e polimento	24
2.2.3.3.	Galvânica	25
2.2.3.4.	Montagem	26
2.3.	Central de produção de água quente	27
2.4.	Secador de limalha ou “Chip Dryer”	28
2.5.	Orçamentos secundários	31
3.	Propostas de eficiência energética.....	32
3.1.	Análise ao tarifário de venda de energia eléctrica	32
3.2.	Poupança de energia na iluminação.....	40
3.3.	Produção de energia com os geradores.....	45

3.4. Microprodução de electricidade	48
3.5. Recuperação de calor no secador de limalha	50
3.5.1. Análise em regime estacionário	51
3.5.2. Dimensionamento do escoamento	61
3.5.1. Análise em regime instacionário	66
3.6. Implementação	68
4. Conclusões	69
Referências e Bibliografia	70
ANEXO A: Energy Contract Update	71
ANEXO B: Facturação de energia eléctrica	73

1. Introdução

Este trabalho consistiu na realização de uma auditoria energética a uma empresa de galvanoplastia, tomando o ano transacto de 2007 como ano de referência. Procedeu-se ao levantamento dos consumos energéticos, como a electricidade, o gás natural e água, através de facturação e de medições. Isto tudo, com o intuito de proceder a uma quantificação das necessidades energéticas para a uma diversidade de aparelhos como o forno da unidade central, o secador de limalha, a linha de aquecimento dos banhos galvânicos, sistema de iluminação, etc.

A *posteriori* estudou-se propostas de melhoria de eficiência energética, começando com estudo do tarifário de venda de energia eléctrica a clientes finais de 2008, analisou-se o ciclo diário, o ciclo semanal e o ciclo semanal opcional, e também se analisou para a tarifa de média tensão a tarifa de curtas utilizações, de médias utilizações e de longas utilizações. Para a iluminação, para além dos sensores de presença, estudou-se a possibilidade de substituir as lâmpadas fluorescentes existentes de 58 W por uma também fluorescente de 49 W ou por uma de leds de 19 W. No sistema de microprodução deu-se seguimento a uma simulação da potência a instalar versus a amortização, de modo a obter amortização o mais breve possível. O reaproveitamento do calor será efectuado com o auxílio de dois permutadores, sendo um deles ar-água e o outro água-água, contribuindo assim, um pré-aquecimento da água que alimenta o processo galvânico. Realizou-se duas simulações do funcionamento, uma sendo simulado em regime estacionário para o dimensionamento do sistema e uma outra em regime instacionário, de modo a prever a inércia do sistema no seu arranque. Analisou-se também o Decreto-Lei nº 71/2008 no sentido da implementação das propostas com o objectivo de diminuir o tempo de amortização.

1.1. Apresentação da Empresa GROHE

Detentora de aproximadamente 8% do mercado mundial, a GROHE é o maior fabricante de produtos sanitários no mundo inteiro. Como uma marca global de produtos e sistemas sanitários, a GROHE define padrões de qualidade, função e design. Sedeada em Hemer na

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

Alemanha, a sociedade emprega actualmente cerca de 5200 pessoas em todo o mundo, incluindo cerca de 900 trabalhadores em Portugal. A GROHE possui seis unidades de produção, três das quais na Alemanha e as restantes três nomeadamente em Portugal, Tailândia e Canadá. Apresenta-se na Fig.1 o logótipo da empresa.



Figura 1 – Logótipo da empresa GROHE

Em 2007, os chuveiros e torneiras para cozinha e casa de banho, as torneiras automáticas para os sectores público e comercial, e os sistemas de instalação e descarga geraram vendas de EUR 1.017 milhões. A empresa gera 84% das suas vendas fora da Alemanha. A Fig.2 ilustra o tipo de produtos produzidos na GROHE.



Figura 2 – Produtos exemplares produzidos na GROHE

A GROHE iniciou-se em Portugal, em 1998, tendo como actividade principal o fabrico de torneiras e válvulas (CAE nº. 28140). Desde que iniciou a sua actividade sofreu várias expansões de modo a se ajustar as necessidades. As torneiras são produzidas a totalidade na unidade fabril, desde da fundição do metal até à montagem final. No entanto existem algumas peças, componentes ou acessórios que são produzidas por subcontratação e posteriormente são apenas montadas nas instalações.



Figura 3 – Fachada principal da empresa GROHE

A empresa é constituída por duas infra-estruturas, que se subdividem em três grandes zonas: o edifício principal como se vê na Fig.3, onde se localizam as naves dos diferentes sectores fabris, bem como, a zona administrativa da empresa e o edifício social, onde encontra os locais de convívio e os balneários.

1.2. Projecto Auditoria Energética na Unidade Fabril GROHE

A unidade fabril da GROHE, em Albergaria, subdivide-se em quatro secções principais, sendo elas por ordem de processo, a fundição, a maquinagem / lixamento / polimento, a galvânica e por fim a montagem.

No entanto um processo produtivo raramente é uma sequência em série. Assim, para uma melhor visualização do processo produtivo, mostra-se esquematicamente na Fig.4, um diagrama processual indicando as principais fases operacionais por onde passa o produto, até atingir a sua forma final.

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

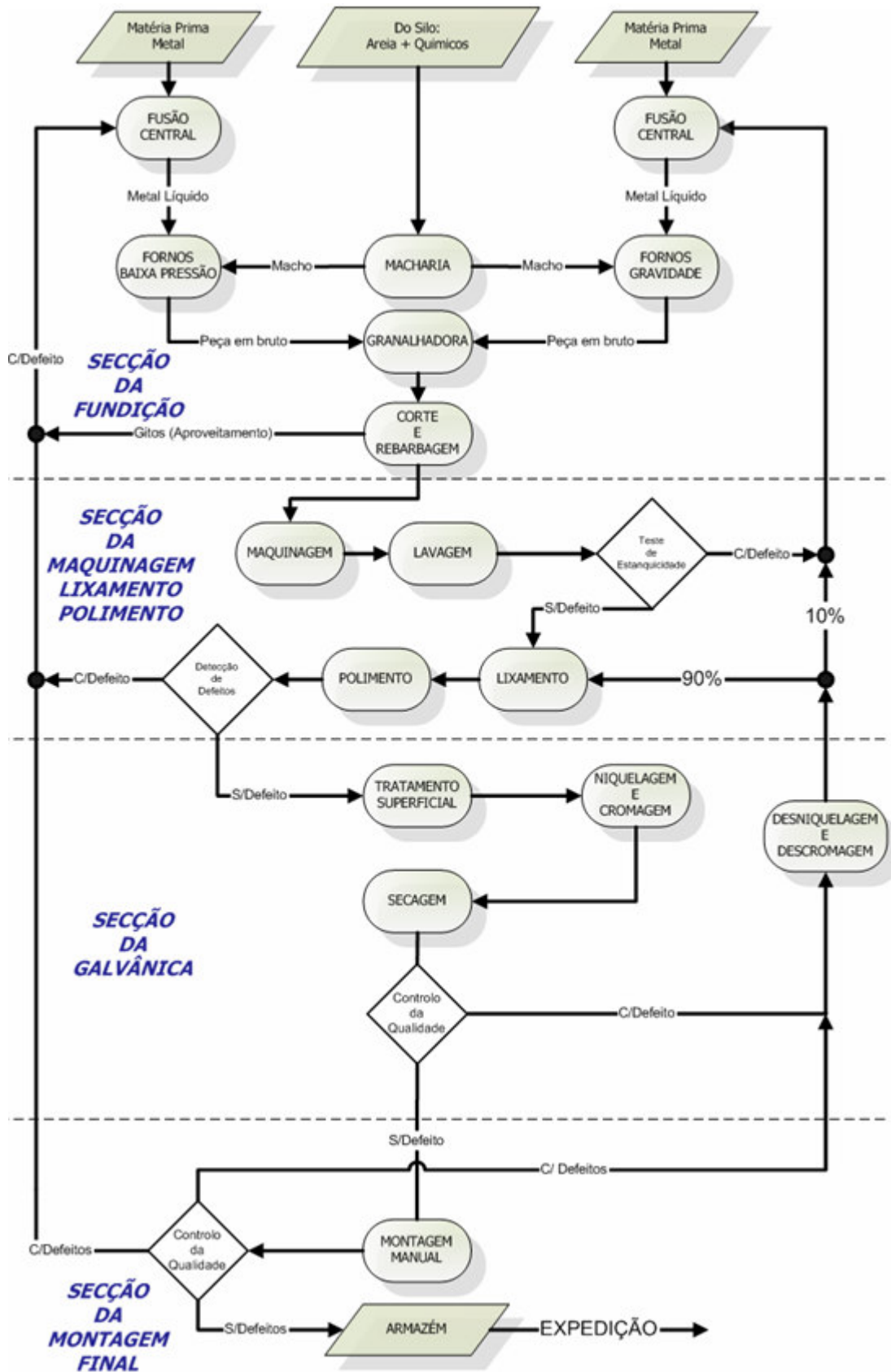


Figura 4 - Diagrama simplificado do processo produtivo

2. Auditoria Energética

A GROHE Portugal, Lda. utiliza como fontes de energia, o gás natural e a energia eléctrica. O gás natural é utilizado para aquecimento AQS, aquecimento de água para o processo galvânico bem como para os testes termoestáticos e não só, também é utilizado para climatização das naves fabris e no processo de reciclagem de limalha, para uma posterior utilização. A energia eléctrica é fornecida em média tensão a um posto de transformação, onde é tratada e distribuída para os vários sectores. Esta energia de excelência é nomeadamente utilizada como força motriz de accionamento da maior parte dos equipamentos do processo produtivo e de iluminação.

2.1. Consumo de Energia

2.1.1. Gás natural

O gás natural é consumido, nomeadamente em três caldeiras para aquecimento de água, no secador de limalha com a função de reciclar a limalha e nos aquecedores da nave fabril com o intuito de climatizar o espaço. A Tab.1 revela os consumos bem como o custo e o consumo específico registados no ano transacto.

Tabela 1 - Consumo mensal de combustível de 2007

GÁS NATURAL				
Meses	Consumo [m ³]	Energia [kgep]	Custo [s/ IVA]	Consumo Específico [€/m ³]
Jan	43.364	33.397	19.335,65 €	0,45 €
Fev	36.541	28.143	15.928,66 €	0,44 €
Mar	32.612	25.117	14.245,47 €	0,44 €
Abr	27.789	21.402	11.980,70 €	0,43 €
Mai	23.655	18.218	10.032,43 €	0,42 €
Jun	20.111	15.489	8.534,92 €	0,42 €
Jul	22.405	17.256	9.726,04 €	0,43 €
Ago	21.151	16.290	9.423,41 €	0,45 €
Set	19.561	15.065	8.711,07 €	0,45 €
Out	24.250	18.677	11.006,56 €	0,45 €
Nov	38.687	29.795	17.838,35 €	0,46 €
Dez	40.571	31.246	18.692,15 €	0,46 €
TOTAL	350.697	270.095	155.455,4 €	

2.1.2. Energia eléctrica

O fornecimento de energia eléctrica é garantido através de uma alimentação de Média Tensão, sendo a distribuição assegurada a partir de dois postos de transformação. Um dos postos de transformação é constituído por um transformador de 1.100 kVA e destina-se exclusivamente alimentar o forno central, enquanto o outro posto de transformação é constituído por quatro transformadores com uma potência instalada de 4.800 kVA.

As Tabelas 2 e 3, apresenta a repartição dos consumos mensais de 2007, para além do Gráf.1, que transmite a relação entre os quatro períodos horários.

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

Tabela 2 – Energia Eléctrica Facturada de 2007

Meses	Energia Activa				
	H.Ponta [kWh]	H.Cheia [kWh]	H.Vazio Normal [kWh]	H.Super Vazio [kWh]	TOTAL [kWh]
Jan	241.875	629.879	572.806	0	1.444.560
Fev	226.481	589.871	581.402	0	1.397.754
Mar	221.114	658.688	558.469	0	1.438.271
Abr	136.877	661.238	639.842	0	1.437.957
Mai	165.462	786.114	598.432	0	1.550.008
Jun	154.651	741.690	633.003	0	1.529.344
Jul	167.634	813.452	626.456	0	1.607.542
Ago	165.287	802.662	664.941	0	1.632.890
Set	244.048	615.128	364.794	239.779	1.463.749
Out	198.758	499.030	296.530	197.171	1.191.489
Nov	301.947	748.532	454.968	304.574	1.810.021
Dez	269.694	664.019	400.022	269.318	1.603.053
TOTAL	2.493.828	8.210.303	6.391.665	1.010.842	18.106.638

Tabela 3 - Energia Eléctrica Facturada de 2007 (continuação)

Meses	Energia Reactiva		Potência		Valor da Factura s/ IVA	Energia [kgep]
	H. Cheia [kVArh]	Facturada [kVArh]	H.Ponta [kW]	Contratada [kW]		
Jan	0	2.870	-	3.157	111.821,59 €	418.922
Fev	0	1.112	-	3.157	107.240,92 €	405.349
Mar	0	964	-	3.157	114.789,27 €	417.099
Abr	0	1.681	-	3.157	108.051,12 €	417.008
Mai	0	2.378	-	3.157	119.113,15 €	449.502
Jun	0	548	-	3.157	116.184,32 €	443.510
Jul	0	2.969	-	3.157	123.063,91 €	466.187
Ago	0	3.137	-	3.157	114.323,47 €	473.538
Set	0	770	2.025	3.086	88.136,47 €	424.487
Out	0	566	2.070	3.086	109.702,64 €	345.532
Nov	0	10	2.435	3.292	131.067,00 €	524.906
Dez	0	38	2.497	3.292	118.930,46 €	464.885
TOTAL					1.362.424,32 €	5.250.925

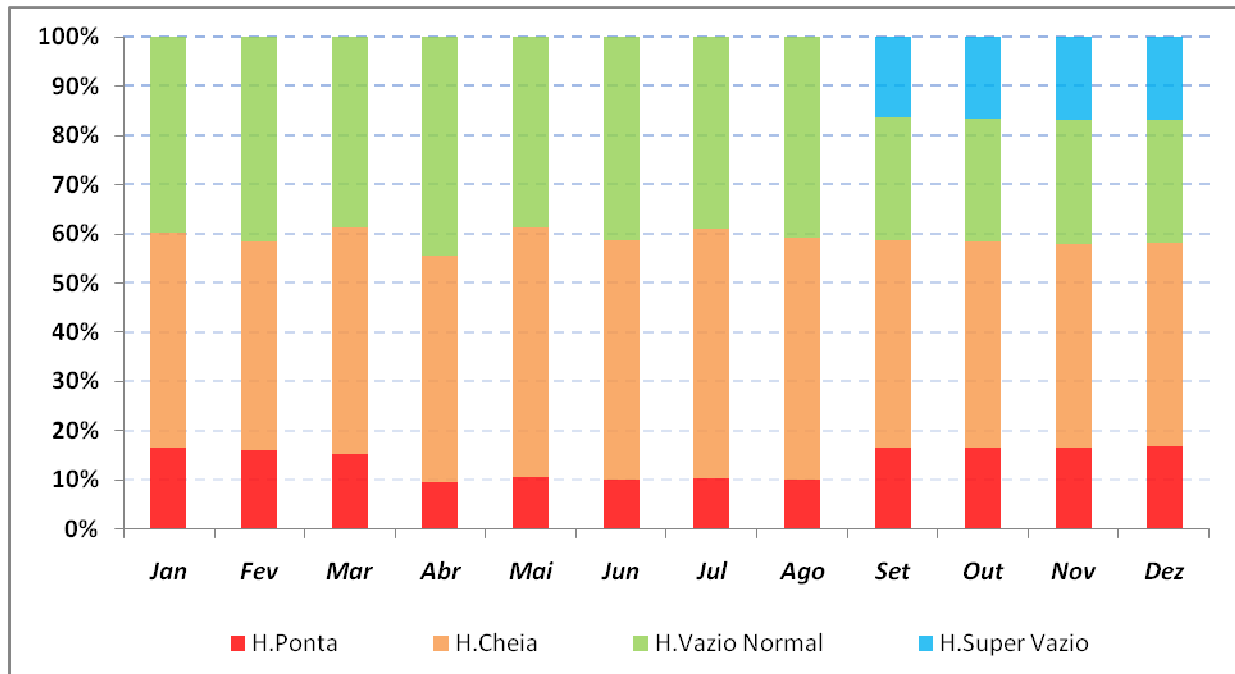


Gráfico 1 – Repartição do consumo de energia eléctrica pelos períodos horários

Como se pode verificar pela repartição dos consumos, a hora de ponta apresenta um ligeiro degrau do mês de Março para o mês de Abril. Esta ocorrência poderá ser explicada através do tarifário de venda de energia eléctrica a clientes finaisⁱ, que estabelece dois períodos de horas legais (Verão e Inverno). Essa mudança de período de Inverno para Verão ocorre na passagem de 31 de Março para 1 Abril e de 30 de Setembro para 1 Outubro. Contudo o próximo degrau verificado de Agosto para Setembro, não poderá ser explicado com o mesmo argumento, no entanto este degrau poderá ser explicado pela troca do distribuidor de energia. Inicialmente a distribuidora de energia era a Endesa, mas em Agosto de 2007 celebrou-se um novo contrato com a EDP, sendo a actual distribuidora.

O Gráf.2 representa os consumos médios anuais da energia activa pelos períodos horários.

ix81_____

ⁱ O tarifário de venda de energia eléctrica a clientes finais tem como objectivo sistematizar o conjunto de regras, opções tarifárias, preços e horários aplicados na venda de energia eléctrica, definidos pela entidade reguladora ERSE.

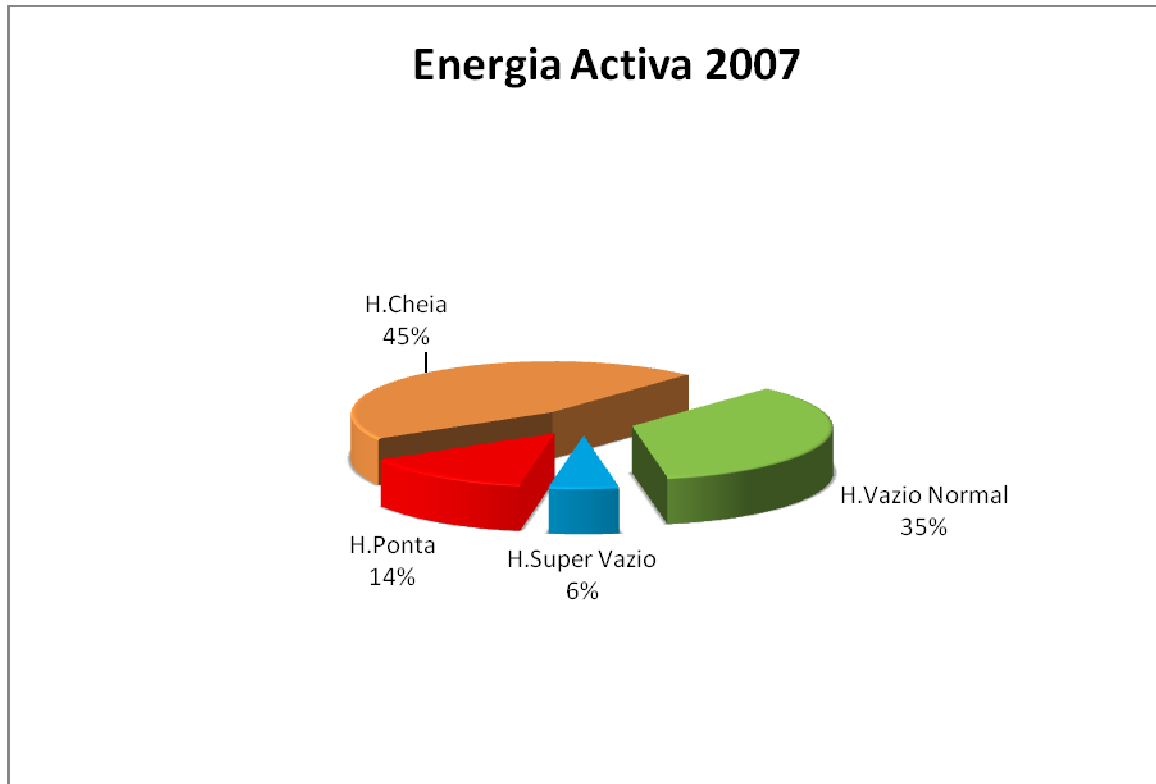


Gráfico 2 – Repartição de energia por fonte de energia (média anual)

Como no ano 2007 celebrou-se um novo contrato, será pertinente referir, que o gráfico referente a 2008 será bastante diferente, onde se espera um acrescimento significativo nas horas super vazio. A Tab.4, apresentam-se dos consumos energéticos totais verificados ao longo do ano de 2007.

Tabela 4 – Consumo anual de energia

Forma de Energia	Unidades	Unidades Adquiridas	Energia [Tep]	Energia [%]	Custo	Custo [%]
Electricidade	kWh	18.106.638,0	5.250,9	94,1	1.362.424,32 €	89,8
Gás Natural	m ³	350.697,0	326,8	5,9	155.455,43 €	10,2
TOTAL			5.577,8		1.517.879,74 €	

Segundo o Decreto-Lei nº71/2008 de 15 Abril a GROHE é considerada uma instalação consumidora intensiva de energia, ultrapassado largamente a barreira estabelecida dos 500 Tep/Ano. Mostra-se, o gráfico 3 e 4 que apresenta a repartição do consumo e do custo por

energia, respectivamente. É de referenciar a forte dependência de energia eléctrica.

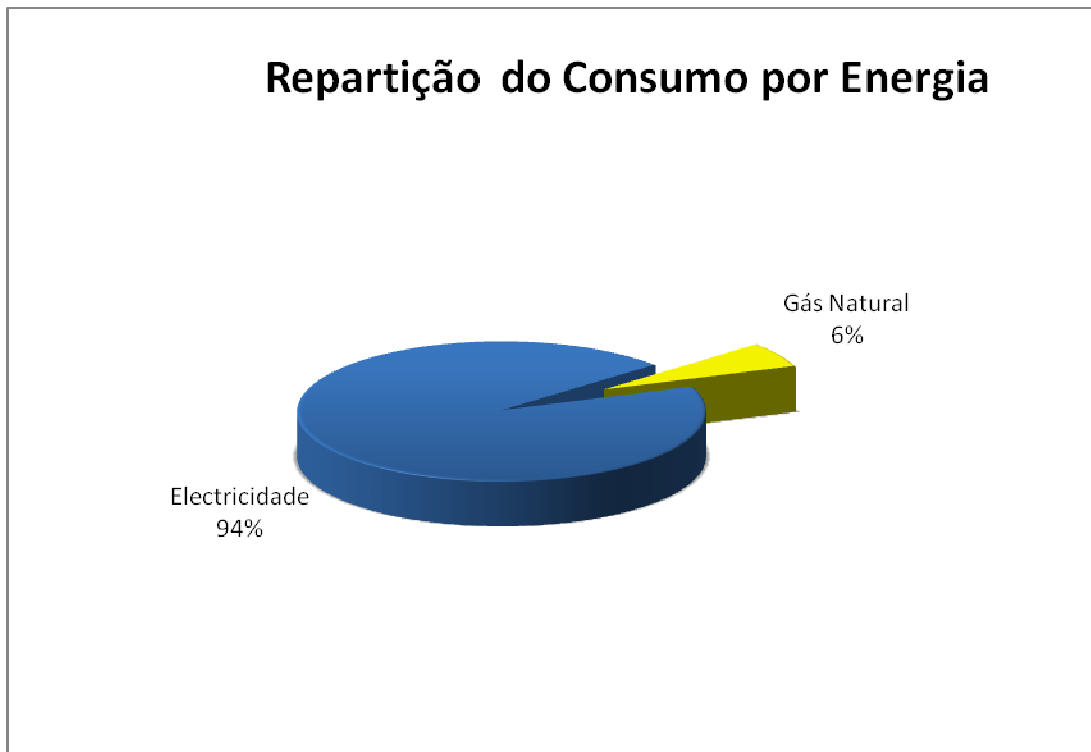


Gráfico 3 – Repartição do consumo por energia

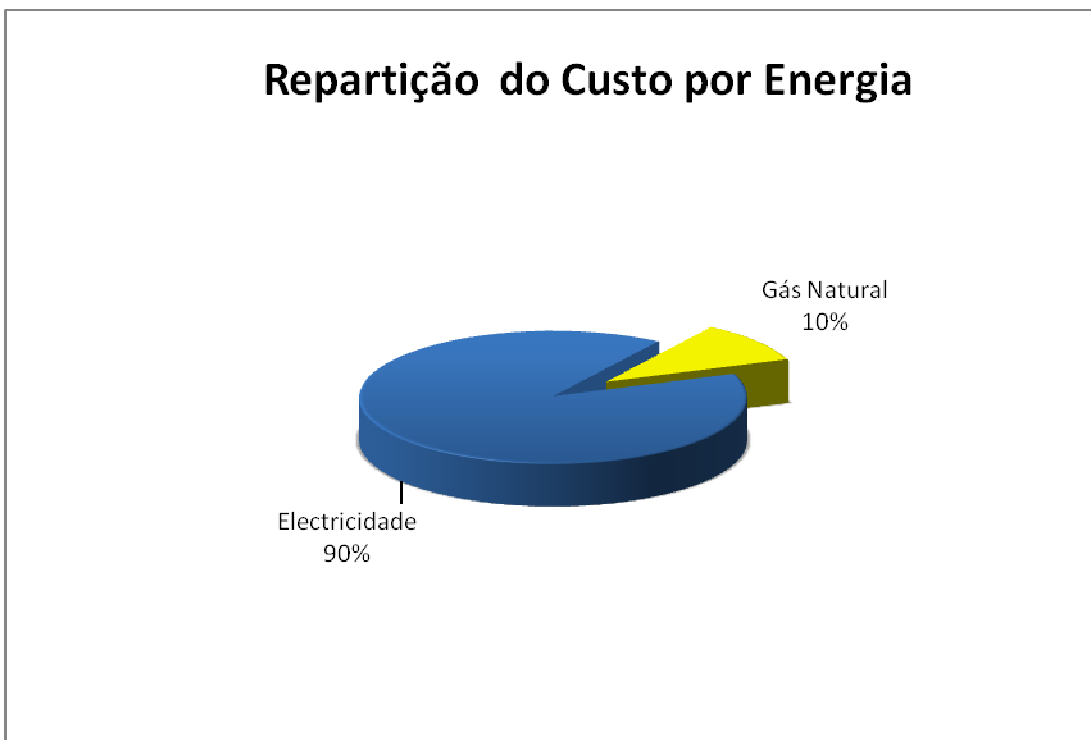


Gráfico 4 – Repartição do custo por energia

2.1.3. Características das fontes de energia

Na Tab.5 apresentam-se os valores do poder calorífico das várias fontes de energia envolvidas.

Tabela 5 – Coeficientes de conversão

Forma de Energia	Conversão a kWh		Conversão a Tep	
Electricidade	1	kWh/kWh	0,29	Tep/MWh
Gás Natural	9320	kWh/t	0,932	Tep/t

2.1.4. Consumo de Água

A água é um recurso valioso, contudo é cada vez mais escasso e nesse sentido, deve ser usado com moderação. Na Tab.6 e no Gráf.5 apresenta-se respectivamente o seu consumo e a sua evolução ao longo do ano de 2007

Tabela 6 – Consumo de água no ano de 2007

Ano	Água	
	Consumo [m ³]	Consumo Específico [€/m ³]
2007		
Jan	1.904	2,99
Fev	1.936	3,07
Mar	2.004	3,07
Abr	2.859	3,06
Mai	3.007	3,06
Jun	3.100	3,06
Jul	4.882	3,05
Ago	3.203	3,05
Set	5.538	3,04
Out	4.977	3,04
Nov	3.268	3,05
Dez	2.856	3,06
TOTAL	39.534	

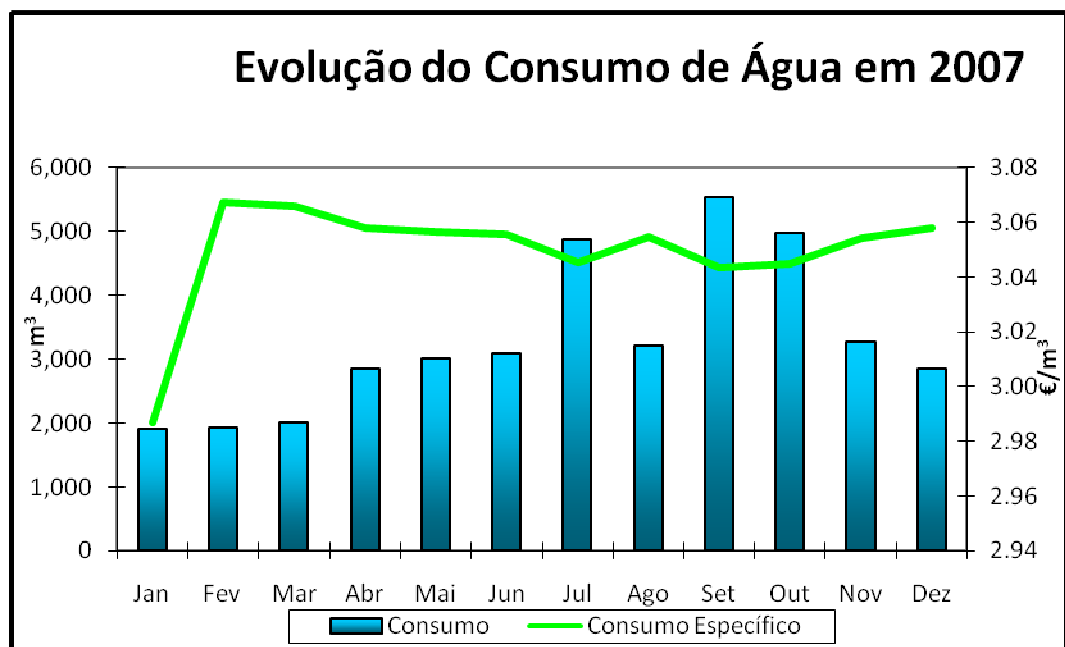


Gráfico 5 – Evolução do consumo de água em 2007

2.2. Produção

Esta instalação tem como principal objectivo, o fabrico e montagem de torneiras. O processo inicia-se no fabrico de corpos, passando pelas várias secções para terminar na montagem. Este pode ser dividido em quatro secções de acordo com as actividades desenvolvidas ao longo do processo.

Os sectores que compõem o processo industrial são os seguintes:

- ✓ Secção da fundição

- ✓ Secção da maquinagem, lixamento e polimento

- ✓ Secção da galvânica

- ✓ Secção da montagem

Para a realização desta auditoria energética foi tomada como referência a produção da secção da montagem. Foi escolhida esta opção com a ideologia que o objectivo de qualquer unidade fabril é realizar uma produção vendável, mas obviamente que haverá unidades com defeitos. Será necessário dizer que existe sempre custos associados a esses defeitos e aos processos de recuperação, que irá influenciar o preço das unidades vendáveis. Com este argumento, pode dizer-se que todo processo de produção é o VABⁱ e é legítimo afirmar que a opção escolhida é a mais sensata.

A unidade de produção de material montado, pronto a ser vendido e mesurado em toneladas, será então utilizado para calcular os consumos específicos desta instalação industrial. Contudo este valor de produção não corresponderá apenas as torneiras produzidas nas instalações efectivamente, mas também um conjunto de componentes que são importados e que

xiv81_____

ⁱ VAB – Valor acrescentado bruto. É a diferença entre o valor dos bens produzidos e o custo das matérias-primas e os serviços utilizados para os produzir.

posteriormente serão montados nas instalações. Apresenta-se na Tab.7 a produção vendável ao longo de 2007.

Tabela 7 – Produção vendável

Ano	Montagem	
	Unidades	Ton
2007		
Jan	1.208.559	967,3
Fev	1.315.916	954,1
Mar	1.052.539	832,8
Abr	485.590	792,8
Mai	667.630	1030,1
Jun	690.422	911,7
Jul	750.322	1042,9
Ago	540.003	705,6
Set	456.891	512,2
Out	624.611	816,3
Nov	747.399	1119,5
Dez	615.625	919,4
TOTAL	9.155.507	10.604,7

Apresenta-se, ainda, o Gráf.6 que mostra a evolução da produção ao longo de ano 2007.

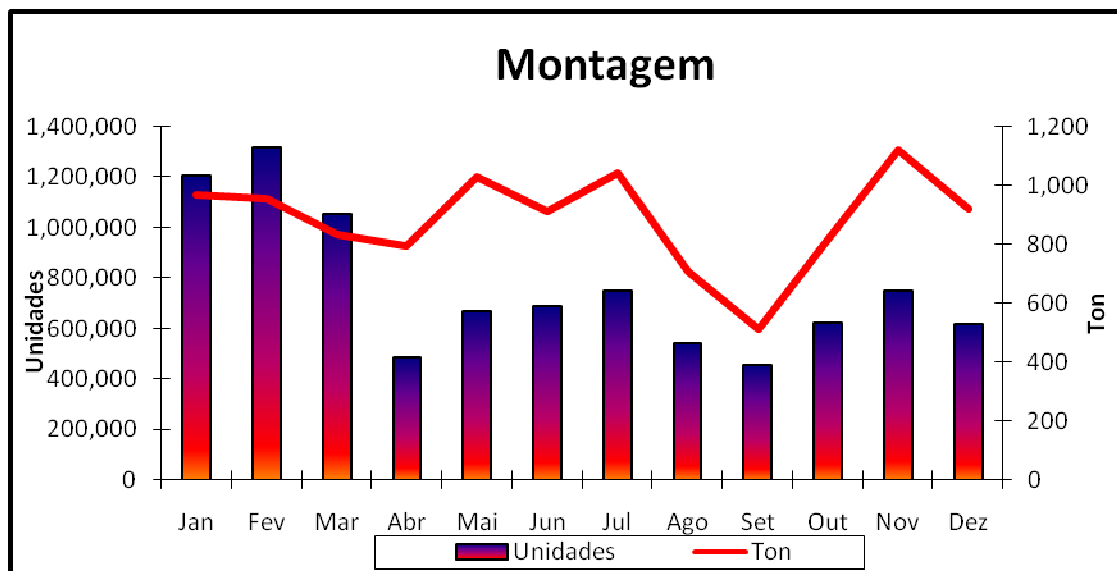


Gráfico 6 – Evolução da produção no ano 2007

2.2.1. Consumo específico de energia

Em detrimento do que anteriormente foi referido, apresenta-se na Tab.8 e o Gráf.7 a evolução do consumo específico, em kgep/Ton, do ano em análise 2007.

Tabela 8 – Evolução do consumo específico no ano 2007

Ano 2007	Produção [Ton]	Energia			Consumo Específico [kgep/Ton]
		GN [kgep]	Eléctrica [kgep]	Total [kgep]	
Jan	967,3	745	418.922	419.667	433,9
Fev	954,1	735	405.349	406.083	425,6
Mar	832,8	641	417.099	417.740	501,6
Abr	792,8	611	417.008	417.618	526,8
Mai	1030,1	793	449.502	450.296	437,1
Jun	911,7	702	443.510	444.212	487,2
Jul	1042,9	803	466.187	466.990	447,8
Ago	705,6	543	473.538	474.082	671,9
Set	512,2	394	424.487	424.882	829,5
Out	816,3	629	345.532	346.160	424,1
Nov	1119,5	862	524.906	525.768	469,6
Dez	919,4	708	464.885	465.593	506,4
TOTAL	10.604,7	8.167	5.250.925	5.259.092	
Consumo Específico de 2007					513,5

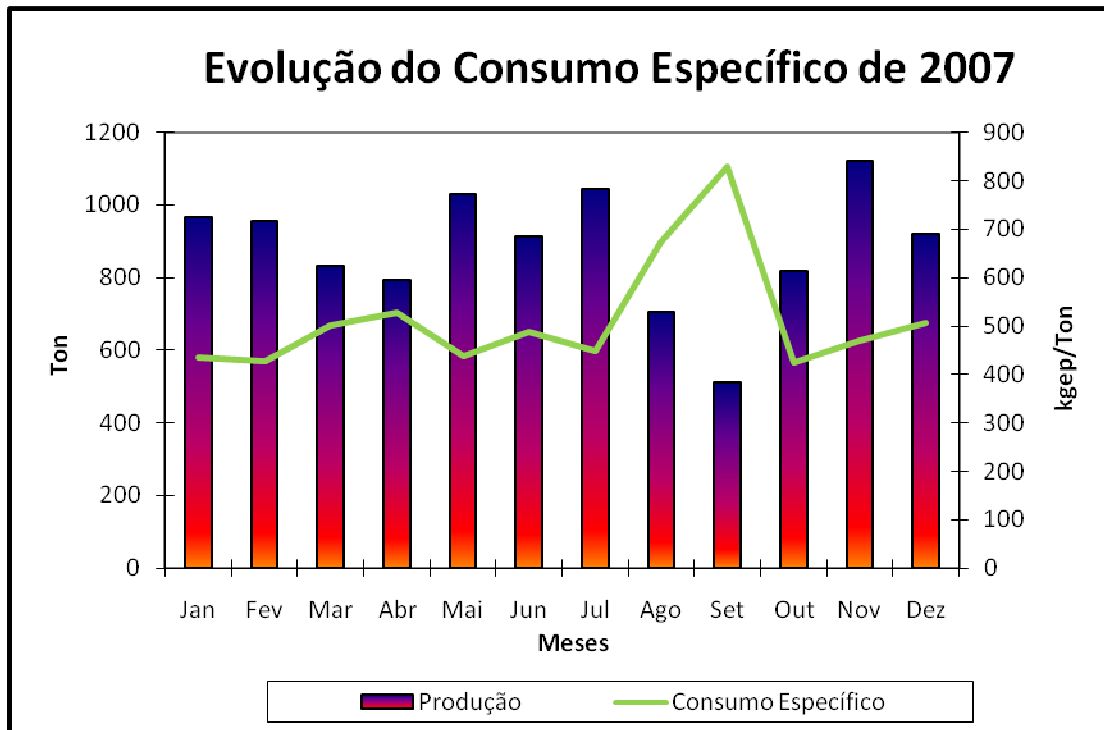


Gráfico 7 – Evolução do consumo específico no ano 2007

2.2.2. Produção nas diferentes secções

Apresenta-se de seguida, na Tab.9, as produções parciais das diferentes secções no decorrer no ano 2007, bem como as evoluções ilustradas nos Gráficos 7, 8, 9 e 10

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

Tabela 9 – Produção nas diferentes secções

Ano	Fundição		Maquinagem		Lixamento e Polimento		Galvânica	
	Unidades	Ton	Unidades	Ton	Unidades	Ton	Unidades	Ton
Jan	232.613	288,7	309.191	291,1	179.667	274,5	2.554.908	552,3
Fev	287.376	313,0	388.405	306,9	164.798	237,6	2.740.159	545,9
Mar	195.010	280,1	332.758	334,9	158.564	217,9	1.950.297	402,9
Abr	236.371	311,6	329.507	313,9	170.349	239,3	2.056.800	427,8
Mai	259.565	339,7	370.676	368,8	214.765	293,2	2.166.864	563,6
Jun	237.696	328,8	380.904	341,1	203.109	285,5	2.369.530	573,0
Jul	294.298	392,3	380.002	385,6	184.317	251,7	2.779.518	643,4
Ago	246.211	327,3	407.574	411,1	164.102	228,0	1.853.251	436,6
Set	244.048	269,8	285.952	236,7	69.716	103,2	1.605.735	331,2
Out	238.025	266,9	320.502	240,9	112.549	147,7	1.668.894	472,1
Nov	332.647	364,9	504.239	345,0	199.644	274,1	2.939.050	631,3
Dez	254.586	333,2	380.037	311,9	137.468	170,6	2.085.099	437,8
TOTAL	3.058.446	3.816,3	4.389.747	3.887,9	1.959.048	2.723,3	26.770.105	6.017,9

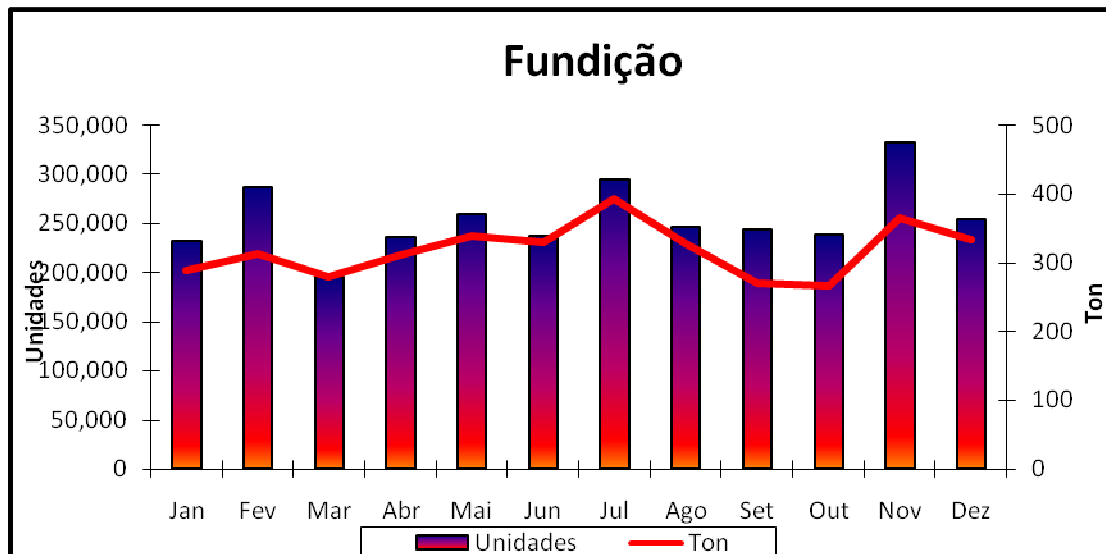


Gráfico 8 - Evolução da produção na fundição no ano 2007

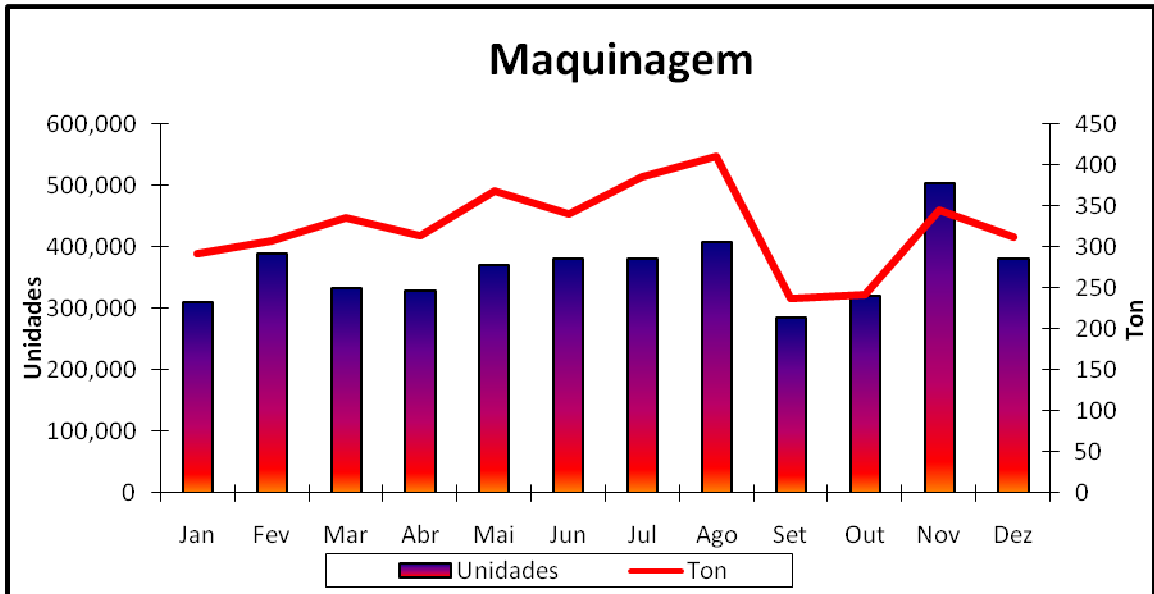


Gráfico 9 - Evolução da produção na maquinagem no ano 2007

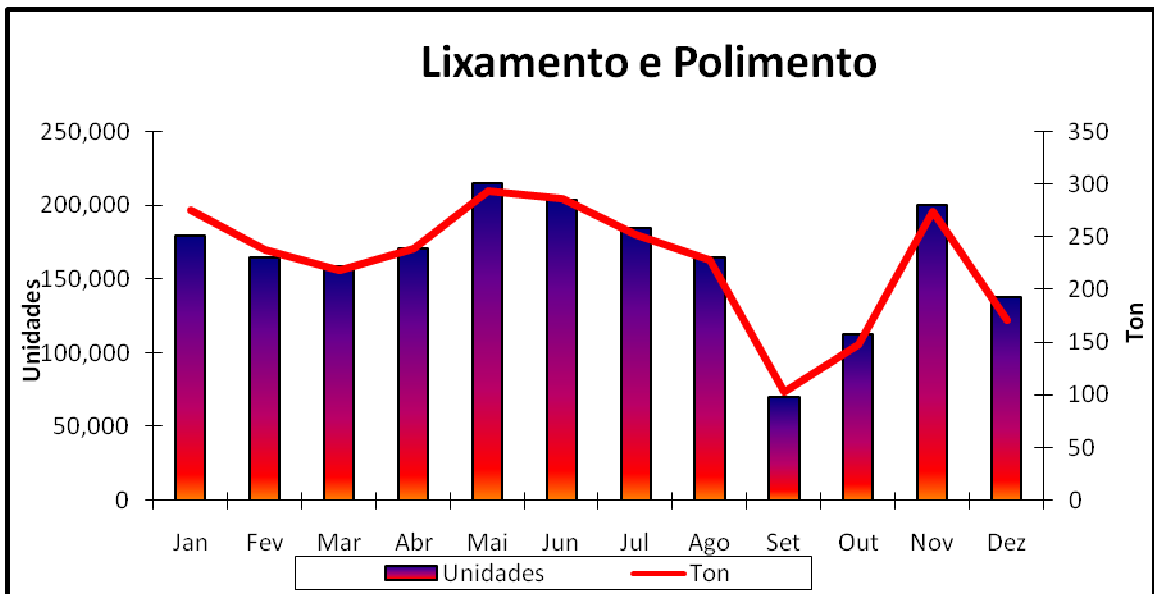


Gráfico 10 - Evolução da produção no lixamento e polimento no ano 2007

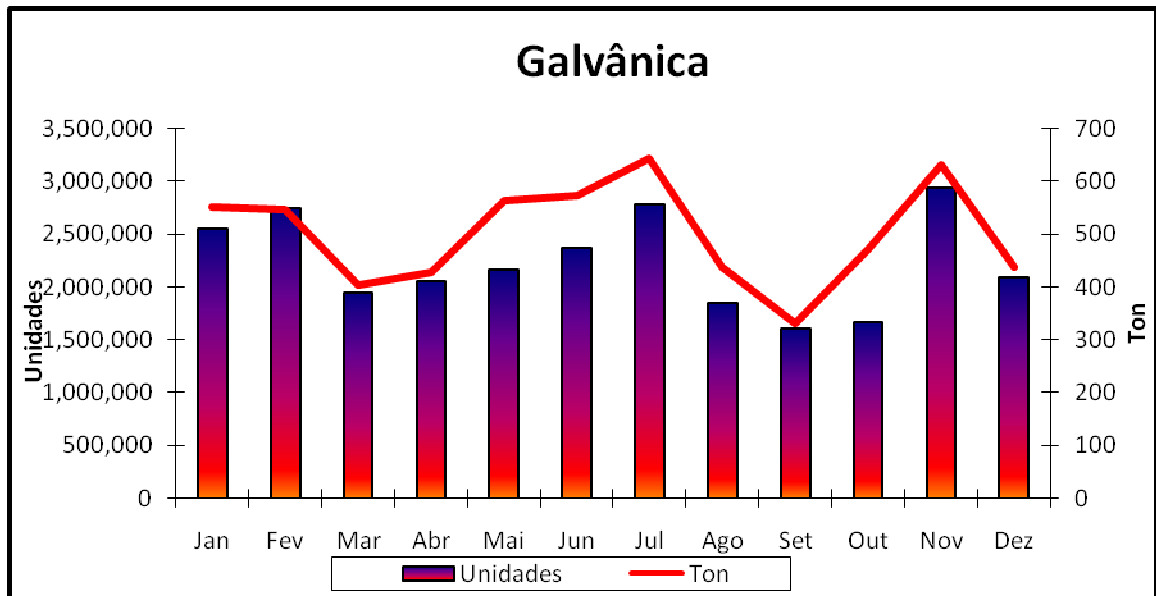


Gráfico 11 - Evolução da produção na galvanica no ano 2007

Não foi possível elaborar os consumos específicos para cada secção, devido à falta de equipamento técnico. Contudo chegou-se a testar um medidor de amplitudes energéticas “Micro Vip 3”, facultado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, mas devido à falta de capacidade técnica do aparelho em certas situações e aliado à dificuldade de acesso a alguns aos cabos de alimentação, levaram ao cancelamento desta operação.

2.2.3. Descrição dos principais sectores consumidores de energia

Neste ponto, irá se fazer uma descrição sucinta do processo produtivo, associando sempre a energia requerida ao processo.

De uma forma geral, o processo de produção de uma torneira consiste na fundição do metal que a constitui, com necessária maquinagem onde são efectuadas operações de maquinagem, furação e roscagem. Passando seguidamente para o lixamento e polimento onde se dá um acabamento

superficial à peça, acabamento esse que só será terminado depois do tratamento de protecção catódica galvânicaⁱ. Por fim as peças são montadas e embaladas para um posterior despacho.

A seguir apresenta-se os processos produtivos.

2.2.3.1. Fundição

Em primeira instância, na fundição, consiste a produção de machosⁱⁱ, componentes que irão ser utilizados na fundição juntamente com os moldes no processo. É um conjunto de cinco máquinas que produzem os machos e utiliza como fonte de energia a electricidade e o ar comprimido.



Figura 5 – Forno central

xxi81_____

ⁱ Protecção catódica galvânica utiliza uma força electromotriz de natureza galvânica de modo a criar a corrente necessária à protecção da estrutura a proteger. A força electromotriz resulta da diferença do potencial do ânodo e do potencial do cátodo e também depende de certa forma, do próprio electrólito. Com a circulação desta corrente dá origem a um processo de polarização, assim o ânodo sofre uma polarização anódica, a qual, em princípio pequena, e o cátodo sofrerá uma acentuada polarização catódica, de modo a atingir uma imunidade ou estabilidade termodinâmica do metal ou liga.

ⁱⁱ O macho é um elemento refractário colocado no molde para definir uma cavidade ou espaço no corpo fundido.

No que diz respeito à matéria-prima das torneiras, trata-se do latãoⁱ, ou seja, uma liga metálica o, que é fundida a cerca de 1000 °C num forno de indução, como se vê na Fig.5. A matéria-prima é recebida em lingotes, mas por vezes é misturado com peças com defeitos e com a limalha recuperada proveniente da maquinagem. A fundição, propriamente dita, está equipada com dois fornos de indução alimentados electricamente por um posto de transformação concebido para o efeito.

Posteriormente o metal é vazado ou injectado para as coquilhas, onde previamente foi inserido os machos. O vazamento do metal líquido pode ser feito de modo automático ou manual dependendo do tipo de método de vazamento que for utilizado, o modo por gravidade ou por baixa pressão. Se for para o forno de “gravidade” o metal é vazado manualmente através dos operadores, enquanto, se for para o forno “baixa pressão” o metal já é injectado de forma automática, ilustrado na Fig.6.

Após a produção das peças num estado bruto, estas passam ainda por uma granalhadora para serem limpas, extraídos os machos de areias e resíduos provenientes da fundição. Por fim as peças terão de ser submetidas a uma última fase da secção da fundição, que consiste na rebarbagem e no corte dos gitos. Caso, em alguma destas etapas, seja encontrado algum defeito a peça volta a ser fundida.

xxii81—————

ⁱ Latão é uma liga metálica nomeadamente constituída de cobre e zinco, mas ocasionalmente com outros elementos de liga, como por exemplo, o estanho, o chumbo e arsénio.



Figura 6 – Fundição

O consumo energético nesta secção é maioritariamente eléctrico, mas também algumas são consumidoras de ar comprimido e o gás natural é usado no aquecimento dos bicos de injeção de metal fundido nas coquilhas e nos termo ventiladores para climatização do espaço, como se vê na Fig.7.



Figura 7 – Termo ventilador utilizado para aquecimento

2.2.3.2. Maquinagem, lixamento e polimento

Esta secção, confere todo o tratamento mecânico à peça, iniciando com a maquinagem como furações, roscagem, maquinagem entre outros, utilizando sete maquinas transferes e três centros de maquinação. Após estas operações é necessário lavar as peças para extracção de limalhas, devido à utilização de um óleo solúvel como lubrificante para facilitar as operações mencionadas. Para esta operação de lavagem e desengorduramento existe quatro máquinas de lavar com produto aquoso. Concluídas as operações descritas é efectuado um teste de estanquicidade através de ar comprimido antes de passarem ao processo de lixamento.



Figura 8 – Lixamento

O lixamento é uma etapa como o objectivo de eliminar todas as rugosidades indesejadas oriundas da fundição e da maquinagem. Esta operação conta com dezassete robôs de lixamento. Para complementar existe doze máquinas para lixamento manual, na Fig.8 pode-se ver alguns exemplares.



Figura 9 – Polimento

No polimento o objectivo é obter as superfícies polidas de forma a poderem avançar para a secção seguinte do processo, a galvanização. Para esse efeito o polimento conta com quatro máquinas transfer e seis máquinas automáticas, a Fig.8. fornece uma visão do local. No final desta etapa existe um ponto de controlo de qualidade, onde as peças são inspeccionadas visualmente com objectivo de detecção de defeitos de superfície. Caso registe-se defeitos procede-se a uma tentativa de reparação, mas caso não seja possível volta à fundição para ser fundida. É de referir que todas as máquinas aqui mencionadas são alimentadas a energia eléctrica e por vezes há casos em que também são alimentados a ar comprimido.

2.2.3.3. Galvânica

Esta etapa é praticamente toda ela automatizada, necessitando apenas da colocação das peças nos “racks” e os “racks” no bastidor. Antes de a peça sofrer o processo de niquelagem e cromagem, primeiro é sujeita a uma lavagem e a banhos de activação de superfície para a correcta aplicação do níquel e do crómio. Depois de uma série de banhos associados ao processo de galvanização, as peças são colocadas em estufas para a secagem.

No final da etapa descrita existe novo ponto de controlo de qualidade, onde em caso de defeito será necessário efectuar uma descromagem e uma desniquelagem. Este processo permite que as peças defeituosas sejam reinseridas no processo de galvanização, ou lixamento ou em último caso na fundição.

A principal necessidade energética nesta secção é térmica. Para isso estão instaladas duas caldeiras, que aquece um circuito fechado de água e que por sua vez aquece os banhos térmicos e as estufas de secagem, através de permutadores e serpentinas.

2.2.3.4. Montagem

Por fim a última secção, a montagem é onde se acopla todos os componentes, se embala e envia-se para o armazém para expedição. Esta operação nas linhas de montagem é completamente manual devido à complexidade de movimentos, como pode ver na Fig.10. Antes de prosseguir para a próxima operação é feito um teste pneumático e um teste de estanquicidade a todas as peças montadas. Depois de montadas, testadas e aprovadas, as torneiras são embaladas e só depois é que são enviadas para expedição. O consumo eléctrico, neste sector, consiste no consumo de ar comprimido e eléctrico das aparafusadoras e sistema de teste, também na iluminação das linhas e o consumo de gás natural que recai na utilização dos termo ventiladores para aquecimento, que também podem ser encontrados na fig.10.



Figura 10 - Montagem

2.3. Central de produção de água quente

De modo a suplantar a demanda térmica existem duas centrais térmicas, para aquecimento de água para o processo galvânico e para AQS.

A central térmica localizada no edifício principal é composta por duas caldeiras produzem água quente a cerca de 115 °C e a 3 bar. Esta água é usada exclusivamente utilizada nos banhos galvânicos em circuito fechado. Existe ainda um circuito de água quente a 50°C, armazenado num reservatório, sendo posteriormente utilizado na cantina, na enfermaria e nas restantes áreas integrantes da zona administrativa. Face às necessidades, apenas funciona uma das caldeiras, ficando a outra como reserva. Por questões de manutenção do equipamento, existe uma rotatividade no funcionamento das caldeiras, de modo que as duas tenham um número de horas de funcionamento equivalente. A tubagem de água quente está toda ela isolada, com a exceção de alguns troços enviados para cantina, enfermaria e sanitários.

Subsiste ainda uma outra central térmica no edifício social que é constituída por uma caldeira e dois reservatórios de água quente. Esta caldeira é dedicada apenas ao aquecimento de águas sanitárias dos balneários. A água circula em circuito fechado transferindo a sua energia para a água dos reservatórios. Na Tab.10 indica-se as características técnicas nas caldeiras existentes.

Tabela 10 – Características dos equipamentos de produção água quente

Designação	Caldeira 1	Caldeira 2	Caldeira ed. Social
Marca	VISSMMAN	VISSMMAN	ROCA
Modelo	13055/02	13055/02	NG100
Capacidade	932	932	-
Pressão	8	8	-
Pot. Calorífica	475	475	124
Queimador			
Combustível	Gás Natural	Gás Natural	Gás Natural
Marca	Weishaupt	Weishaupt	-
Modelo	G3/1-E	G3/L-E	-
Gama de Pressões	15/500	6/600	-
Potência (min/máx)	89/630	90/630	-
Potência Eléctrica	1,61	0,76	-

Na Fig.11, apresenta-se um esquema simplificado da rede de produção e distribuição de água quente instalado.

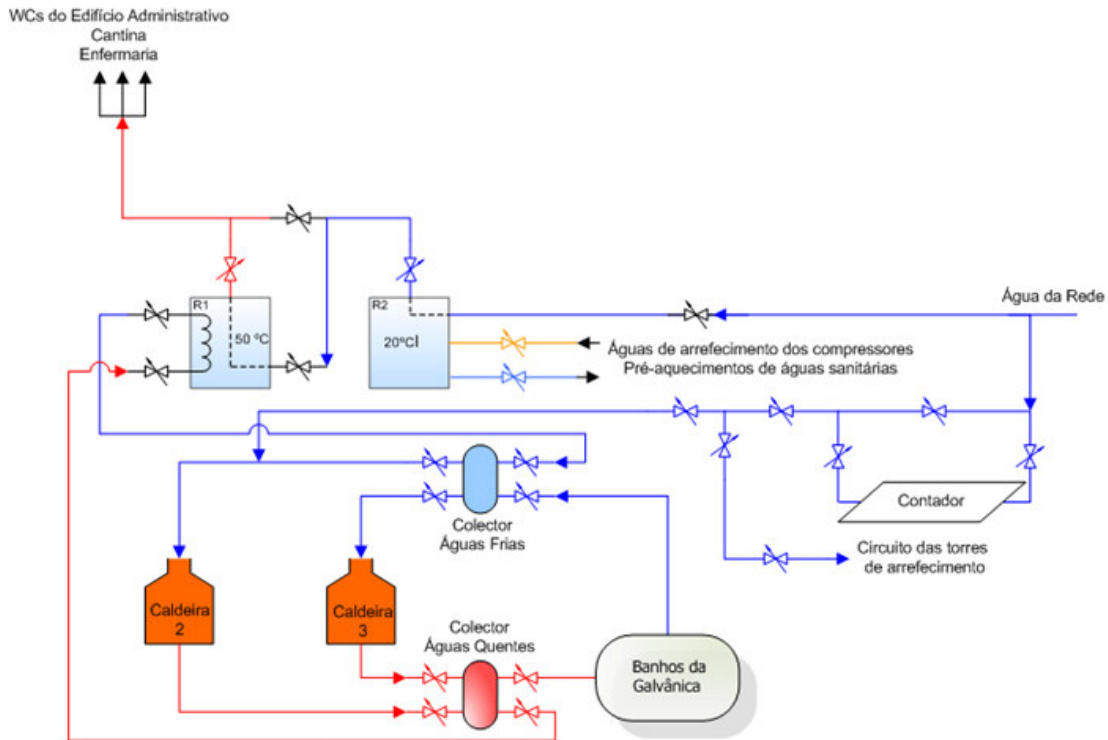


Figura 11 – Esquema simplificado da rede de produção e de distribuição de água quente

2.4. Secador de limalha ou “Chip Dryer”

Para o reaproveitamento do latão desperdiçado nos processos de maquinagem, a GROHE possui um secador que seca a limalha numa câmara de combustão a gás natural, retirando todos os resíduos provenientes dos processos e assim alimentar novamente o forno central. A queima dá-se a cerca de 800 a 900 °C, eliminam as impurezas e depois a limalha é encaminhada em um cilindro rotativo onde ocorre o seu arrefecimento, como se pode ver nas Figuras 12 e 13.



Figura 12 – Secador de limalha

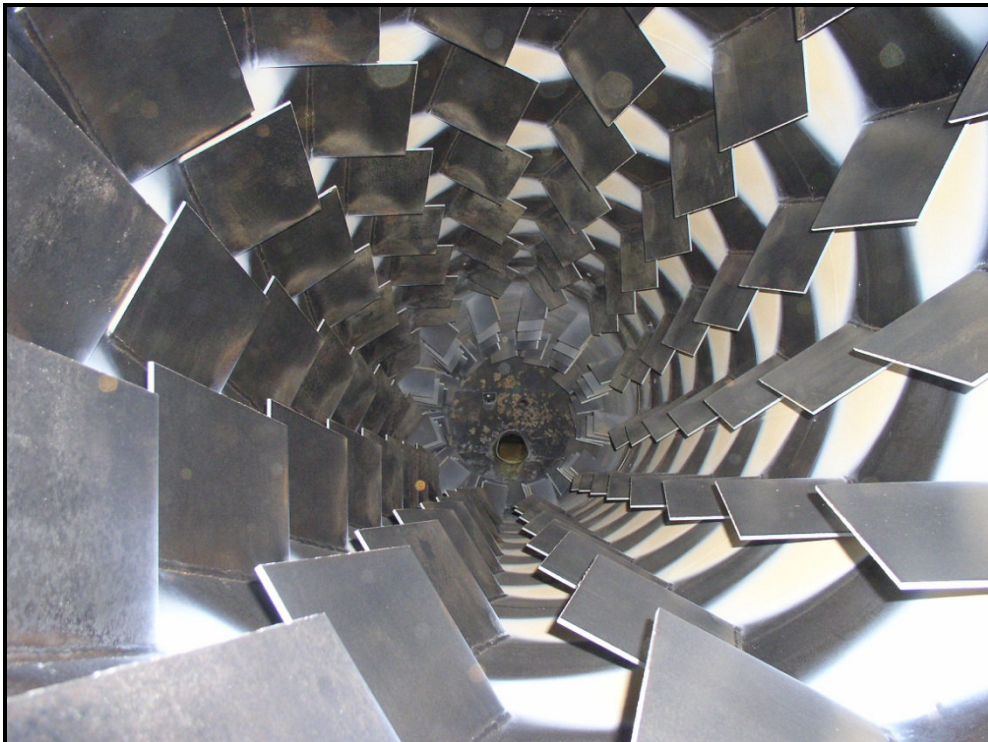
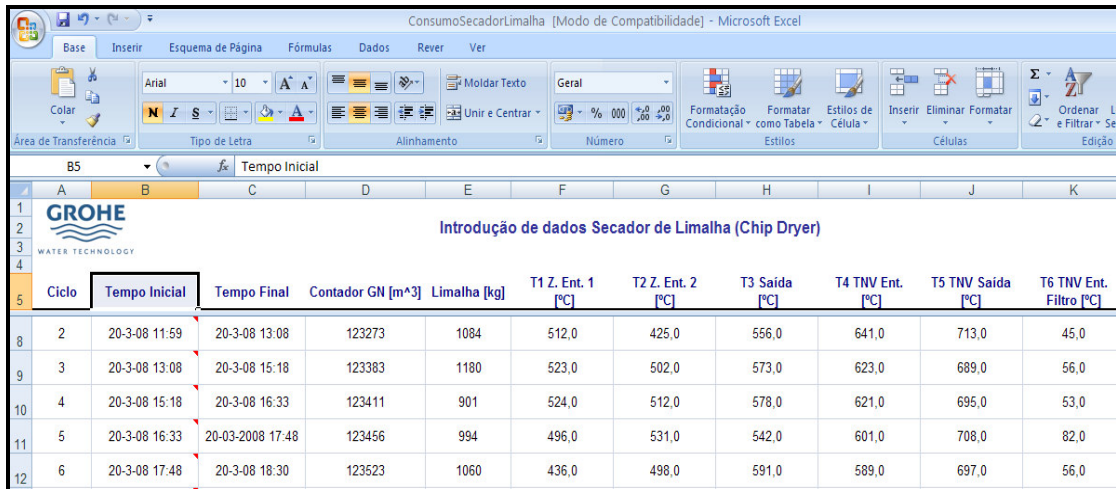


Figura 13 – Interior do tubo de arrefecimento

Elaborou-se um programa utilizando o software Excel com intuito de monitorizar o funcionamento deste aparelho para controlo quer a nível de segurança quer ao nível do rendimento da máquina. O programa subdivide-se em dois ficheiros, sendo o

Auditoria Energética a Empresa de Galvanoplastia

primeiro, o ficheiro de introdução de dados anotados pelos operários “ConsumoSecadorLimalha_100Ciclos_xxxx”, estabelecido para cem ciclos. Pode-se ver na Fig.14 a folha de introdução de dados e no Gráf.12 a evolução da temperatura por ciclo na zona T1 de entrada.



Ciclo	Tempo Inicial	Tempo Final	Contador GN [m³]	Limalha [kg]	T1 Z. Ent. 1 [°C]	T2 Z. Ent. 2 [°C]	T3 Saída [°C]	T4 TNV Ent. [°C]	T5 TNV Saída [°C]	T6 TNV Filtro [°C]
2	20-3-08 11:59	20-3-08 13:08	123273	1084	512,0	425,0	556,0	641,0	713,0	45,0
3	20-3-08 13:08	20-3-08 15:18	123383	1180	523,0	502,0	573,0	623,0	689,0	56,0
4	20-3-08 15:18	20-3-08 16:33	123411	901	524,0	512,0	578,0	621,0	695,0	53,0
5	20-3-08 16:33	20-03-2008 17:48	123456	994	496,0	531,0	542,0	601,0	708,0	82,0
6	20-3-08 17:48	20-3-08 18:30	123523	1060	436,0	498,0	591,0	589,0	697,0	56,0

Figura 14 – Folha de introdução de dados do ficheiro ConsumoSecadorLimalha_100Ciclos_xxxx

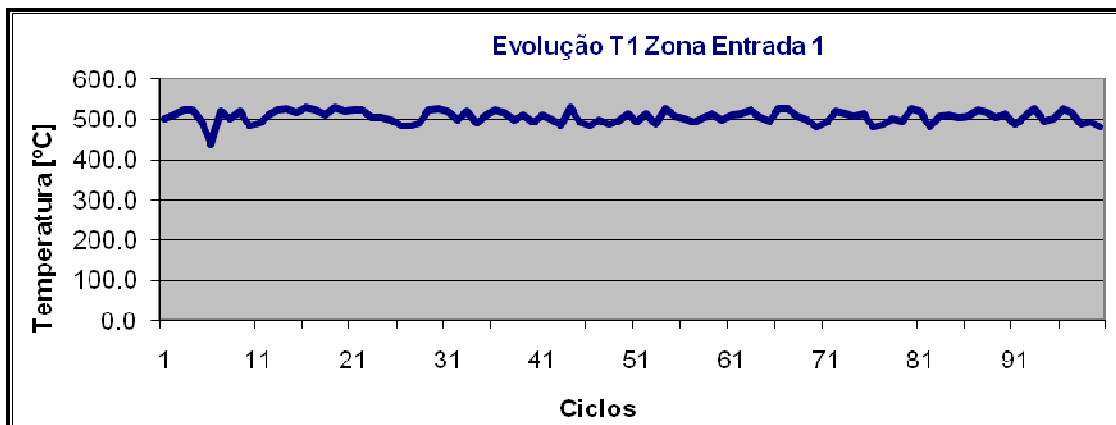


Gráfico 12 - Evolução da temperatura T1 zona entrada 1

Existe ainda outro ficheiro “ConsumoSecadorLimanha-AvaliaçãoAnual_xx” que complementa o ficheiro anterior descrito, e que tem como objectivo de fazer análise global no tempo, visto que o ficheiro anterior é para 100 ciclos o que se traduz num período sensivelmente de um mês. Uma das potencialidades de programa, ilustrado no Gráf.13, é demonstrar a diferença horária das paragens do processo como o queimador ligado. É um problema deste aparelho que

por vezes interrompe o processo de secagem, por diversos motivos, com os queimadores ligados e obviamente a consumir energia. Para ver as restantes potencialidades, pode encontrar o programa no CD-ROM da dissertação nos seguintes ficheiros: ConsumoSecadorLimalha_100Ciclos_xxxx.xlsx; ConsumoSecadorLimanha-AvaliaçãoAnual_xx.xlsx; ConsumoSecadorLimalha_FolhaDeDados.xlsx.

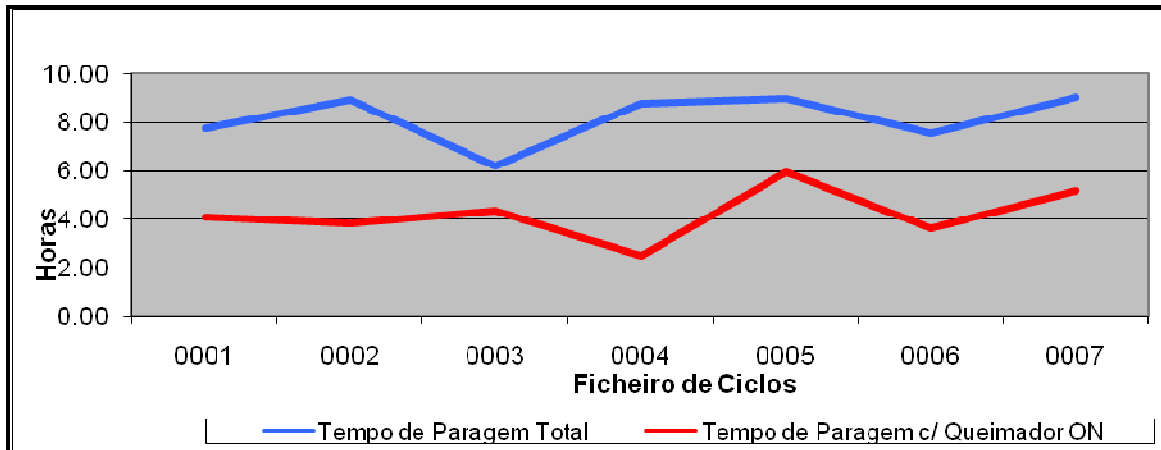


Gráfico 13 - Comparação entre tempo de paragem total e o tempo de paragem com o queimador ligado

2.5. Orçamentos secundários

No decorrer deste projecto efectou-se diversos pedidos de orçamento, no entanto apresenta-se nesta parte, o orçamento para um aparelho um caudalímetro ultrasónico. Pode-se verificar as diversas propostas na Tab.11. No CD-ROM são apresentados os orçamentos e as fichas técnicas dos equipamento, na pasta Orçamentos Caudalímetro.

Tabela 11 – Orçamentos de caudalímetro ultrasónico

Fornecedor	Modelo	Custo
Ffonseca	GE Sensing	7.355,00 €
Bresimar	Sitrans F Siemens	5.666,00 €
Setcontrol	INNOVA-SONIC	5.765,65 €
Omega	FD-7000	3.856,66 €
MRA	SFL - 200	3.149,63 €
Sistimetra	TTFM100B-HH	4.300,00 €

Também se efectuou um pedido de orçamento para um software, ACE VISION, para gestão de consumos para o contador de energia eléctrica Actaris, tendo um custo de aquisição de 3902,85 €. No CD-ROM é apresentado o orçamento do equipamento na pasta Orçamentos para Sistema de Monitorização

3. Propostas de eficiência energética

Os compromissos assumidos com o protocolo de Quioto, impondo limitações relevantes à emissão dos gases de efeito de estufa, e o aumento significativo dos custos do barril de petróleo, com impacto directo nos custos da energia, têm concorrido para uma sensibilização cada vez maior das comunidades nacionais e internacionais para a necessidade de melhorar a eficiência energética global. Neste domínio, irá ser divulgado propostas de melhoria no sentido da redução de consumo e assim reduzir o peso custo da energia no produto final.

3.1. Análise ao tarifário de venda de energia eléctrica

A GROHE celebrou em Agosto de 2007 um novo contracto de energia eléctrica, substituindo a distribuidora de energia Endesa pela actual distribuidora EDP. Assinou um contracto de média tensão de longas utilizações aplicado a um período horário denominado ciclo diário. Inerente a este nível de tensão, segue-se uma série de condicionantes, como por exemplo, é aplicado um termo fixo, a existência de dois períodos anuaisⁱ, a facturação de energia é feita por quatro períodos horáriosⁱⁱ e é facturada a energia reactiva. De acordo com o tarifário de venda de energia eléctrica, analisou-se os diferentes períodos horários, sendo eles, o ciclo diário, o ciclo semanal e o ciclo semanal opcional. Pode-se ver a repartição dos períodos horários ao longo dos sete dias da semana nas Figuras 16, 17 e 18.

xxxiii81—————

ⁱ Os períodos de anuais são: Verão e Inverno

ⁱⁱ Os períodos horários são: vazio normal, super vazio, cheias e ponta

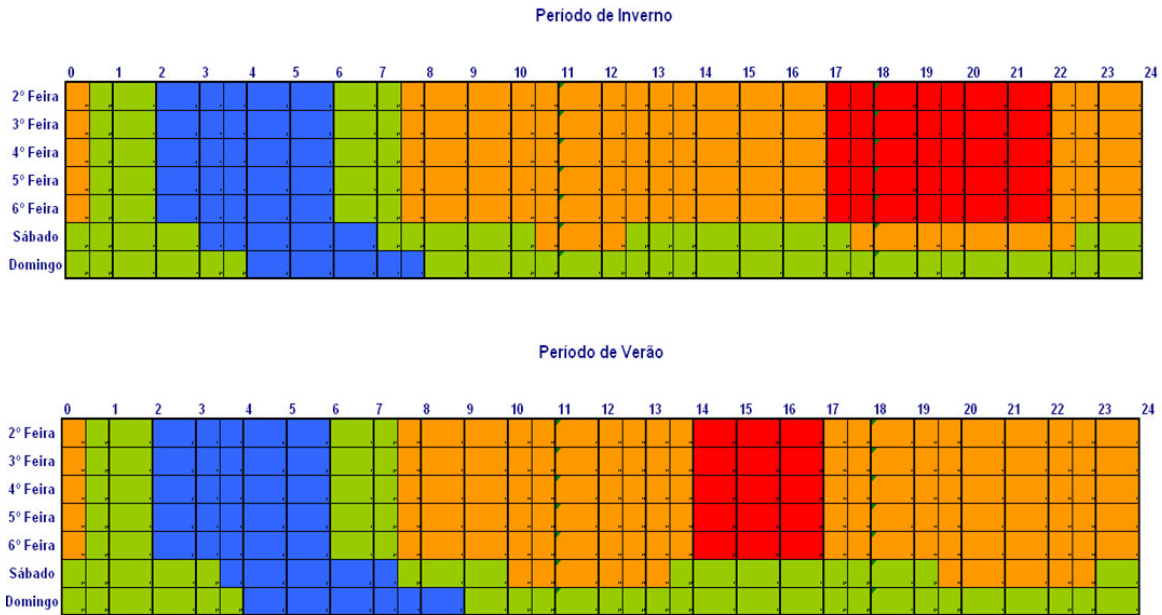


Figura 17 - Ciclo semanal opcional

Realizou-se uma quantificação de cada período horário ao longo da semana e chegou-se ao facto que tanto o ciclo semanal, como ciclo semanal opcional possuem menos horas de ponta, que as horas de vazio normal são superiores e que as horas de super vazio se mantêm em relação ao ciclo diário. Podendo-se verificar mais claramente esta conclusão nos Gráficos 14, 15 e 16.

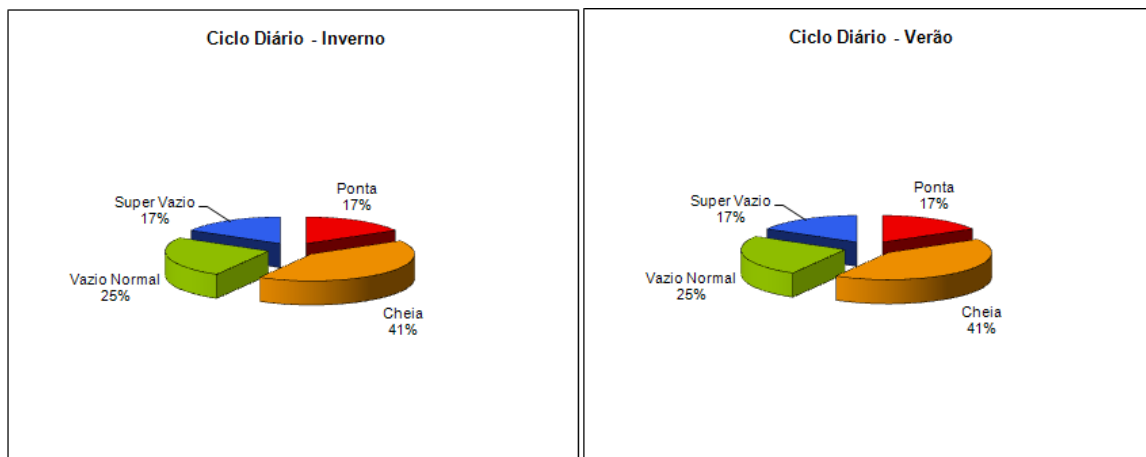


Gráfico 14 - Repartição das horas pelos períodos horários para o ciclo diário

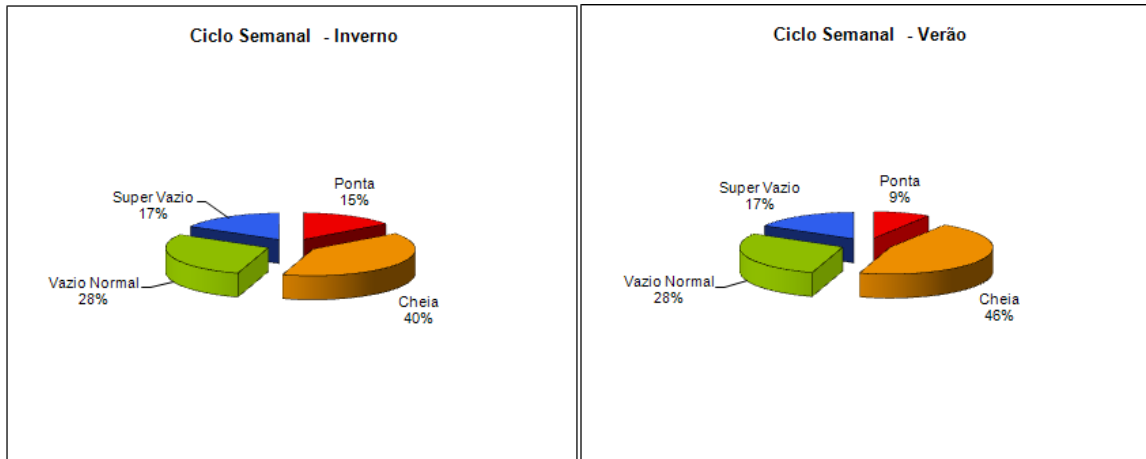


Gráfico 15 – Repartição das horas pelos períodos horários para o ciclo semanal

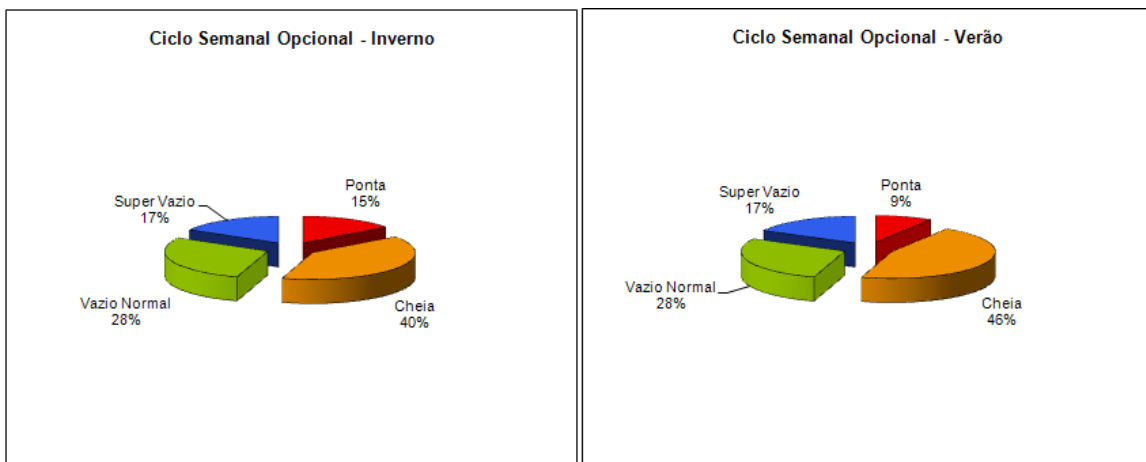


Gráfico 16 – Repartição das horas pelos períodos horários para o ciclo semanal opcional

Contudo para uma melhor apreciação do benefício destes ciclos em comparação com o ciclo diário, chegou-se ao consumo médio por hora com o auxílio das facturas de energia eléctrica desde de Setembro de 2007 e Janeiro de 2008, como se pode ser na Tab.12.

Tabela 12 – Distribuição horária de energia para o ciclo diário

Data Início	Data Fim	Nº Dias	Ciclo Diário - Energia Activa			
			Vazio Normal	Super Vazio	Ponta	Cheias
1-Set-07	24-Set-07	24	12.110,88	7.936,08	8.098,25	20.432,13
25-Set-07	30-Set-07	6	12.355,50	8.215,50	8.281,67	20.792,83
1-Out-07	24-Out-07	24	12.355,42	8.215,46	8.281,58	20.792,92
25-Out-07	24-Nov-07	31	14.676,39	9.824,97	9.741,10	24.146,19
25-Nov-07	21-Dez-07	27	14.815,63	9.974,74	9.988,67	24.593,30
22-Dez-07	31-Dez-07	10	10.600,00	7.122,20	7.384,40	18.215,80
1-Jan-08	21-Jan-08	21	10.600,00	7.122,14	7.384,33	18.215,81
Média			12.501,97	8.344,44	8.451,43	21.027,00
			[kWh/6	[kWh/4	[kWh/4	[kWh/10
			Horas]	Horas]	Horas]	Horas]
			2.083,66	2.086,11	2.112,86	2.102,70
			[kWh/hora]			

[kWh/Dia]

Pela inspecção da Tab.12, verificou-se que os consumos médios nos vários períodos horários são praticamente constantes, registando-se uma diferença máxima de 29,20 kWh. Partindo deste pressuposto pode-se deprender que o ciclo semanal ou semanal opcional será mais vantajoso caso o consumo seja constante, porque caso contrário, se o consumo médio dos vários períodos for muito dispare, deixa de ser viável esta análise. É necessário compreender que ao mudar de ciclo existe uma espécie de transladação dos períodos horários. Um pico de consumo no ciclo diário poderá estar no período de vazio e no ciclo semanal ou semanal opcional, poderá estar no período de cheias ou até mesmo de ponta.

Ilustrado na Tab.13, está a análise do potencial benefício na utilização de um outro ciclo em relação ao ciclo diário, no que respeita à facturação de energia activa. Verifica-se que o ciclo semanal opcional é ligeiramente favorável, nomeadamente no verão, em relação ao ciclo semanal, apresentando uma redução de custos de 4,80% e 4,77% respectivamente e no Inverno de 2,23%, isto tudo face ao ciclo diário.

Tabela 13 - Análise do custo da energia activa de cada ciclo

[€/dia]

	Tarifa [€/kWh]		Ciclo Semanal				Ciclo Diário	
	Inverno	Verão	Ciclo Semanal		Ciclo Semanal Opcional		Ciclo Diário	
			Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Ponta	0,1007	0,104	760 €	473 €	760 €	473 €	851 €	882 €
Cheia	0,0734	0,076	1.477 €	1.746 €	1.477 €	1.746 €	1.543 €	1.588 €
Vazio Normal	0,0464	0,048	663 €	690 €	663 €	676 €	580 €	604 €
Super Vazio	0,0434	0,045	362 €	375 €	362 €	388 €	362 €	375 €
Total Diário			3.262 €	3.284 €	3.262 €	3.283 €	3.337 €	3.448 €
Total Mensal (30 Dias)			97.867 €	98.512 €	97.867 €	98.482 €	100.100 €	103.451 €
Redução Mensal			2.234 €	4.939 €	2.234 €	4.969 €	-	-
Porcentagem			2,23%	4,77%	2,23%	4,80%	-	-
Poupança Anual Prevista			43.037 €		43.216 €		-	

De um modo visual apresenta-se o Gráf.17 que se realça tais diferenças.

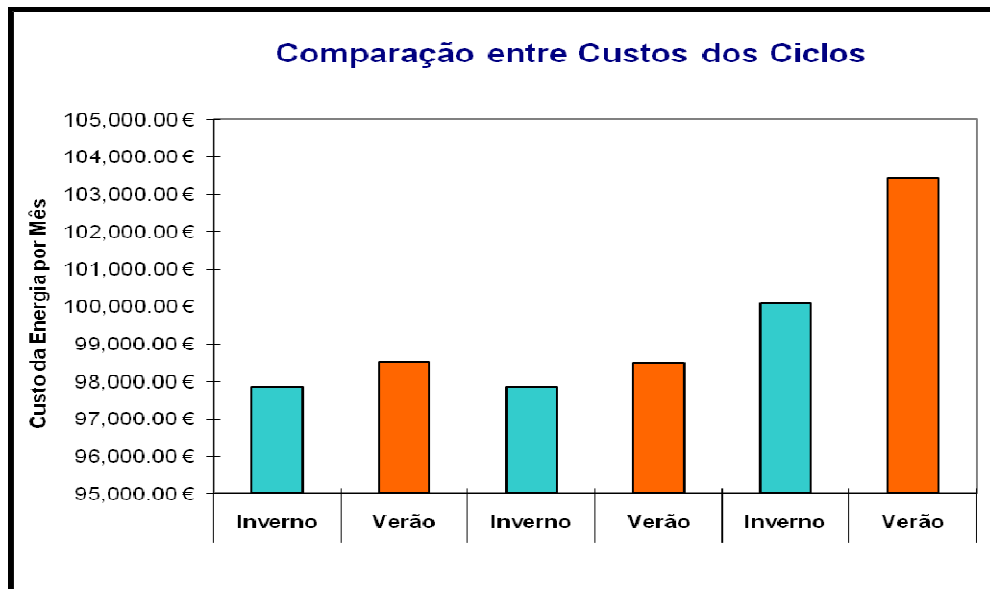


Gráfico 17 - Comparação entre custos dos Ciclos

Em suma do que foi referido, elaborou-se uma proposta de investimento ou “cost investment”

como se pode verificar no ANEXO A, em que sugere-se a alteração do ciclo diário para o ciclo semanal opcional à administração. Esta proposta foi executada em tempo útil, durante o período do projecto e a par disso realizou-se uma simulação do mês Maio e Junho, ilustrada na Tab.14, com as medições do contador da EDP, disponibilizando a potência média num intervalo de quinze minutos. Poderá verificar estes dados no CD-ROM, no ficheiro Maio_2008.pdf. Como era de esperar o consumo não é exactamente constante, no entanto, conseguiu-se uma redução de 0,50% no mês de Maio e de 2,71% no mês de Junho. Pode-se afirmar que a consideração de consumo constante, inicialmente foi plausível.

Tabela 14 – Simulação dos ciclos no mês de Maio e Junho de 2008

Ciclo	Mês	Total s/ IVA [€]	Redução
Diário	Mai-08	135.169	0,08%
Semanal c/Feriados	Mai-08	135.277	0,00%
Opcional c/Feriados	Mai-08	134.607	0,50%
Diário	Jun-08	135.053	0,00%
Semanal c/Feriados	Jun-08	131.951	2,30%
Opcional c/Feriados	Jun-08	131.398	2,71%

É de referenciar também, que o estudo anterior não contemplava o custo da potência de horas de pontaⁱ, mas a simulação já o contempla. Esta potência tem um impacto significativo na factura da energia activa no período horário de ponta. Sabendo que a potência de horas de ponta é calculada pela Eq.1, depreende-se que poderá variar com a mudança de ciclo, porque não só translada as horas de ponta durante o dia, mas também varia o número de horas de ponta. Em todo caso, considerando um consumo hipotético, apresenta-se um exemplo na Tab.15, uma correcção da tarifa da energia activa de ponta.

$$Pot \cdot \text{horas de ponta} = \frac{En \cdot \text{Activa de ponta}}{\text{Horas de ponta}} \quad (1)$$

xxxviii81_____

ⁱ A potência de horas de ponta é calculada pelo quociente entre a energia activa fornecida em horas e ponta e o número de horas de ponta do período em questão.

Tabela 15 - Correção da tarifa nas horas de ponta

	Quantidades [kWh / kW]	Preço unit. [€]	Valorização [€]	Preço unit. corrigido [€]	Valorização corrigida [€]
Vazio normal	333.144,00	0,0483	16.090,86	0,0483	16.090,86
Super vazio	217.923,75	0,0449	9.784,78	0,0449	9.784,78
Ponta	213.165,25	0,1044	22.254,45	0,1855	39.536,83
Cheia	533.268,00	0,0755	40.261,73	0,0755	40.261,73
Pot. horas de ponta	2.470,68	6,9950	17.282,37		
Pot. contratada	3.369,00	1,2050	4.059,65	1,2050	4.059,65
Reactiva h. cheia	-	0,0169	0,00	0,0169	0,00
Reactiva facturada	170	0,0127	2,16	0,0127	2,16
Termo tarifário fixo	1,00	48,2	48,20	48,2000	48,20
		Total s/ IVA	109.784,20	Total s/ IVA	109.784,20

Pode-se ver que o preço por kWh nas horas de ponta passa de 0,1014 € para 0,1855 €, um aumento 82,93%. Querendo com isto dizer, que em um kWh retirado a este período não se poupa 0,1044 €, mas sim 0,1855 €. No Gráf.18, apresenta-se o peso da energia activa de ponta em relação aos períodos horários, verificando-se com a correcção, uma subida de 38% para 52% mostrando-se assim a importância deste período.

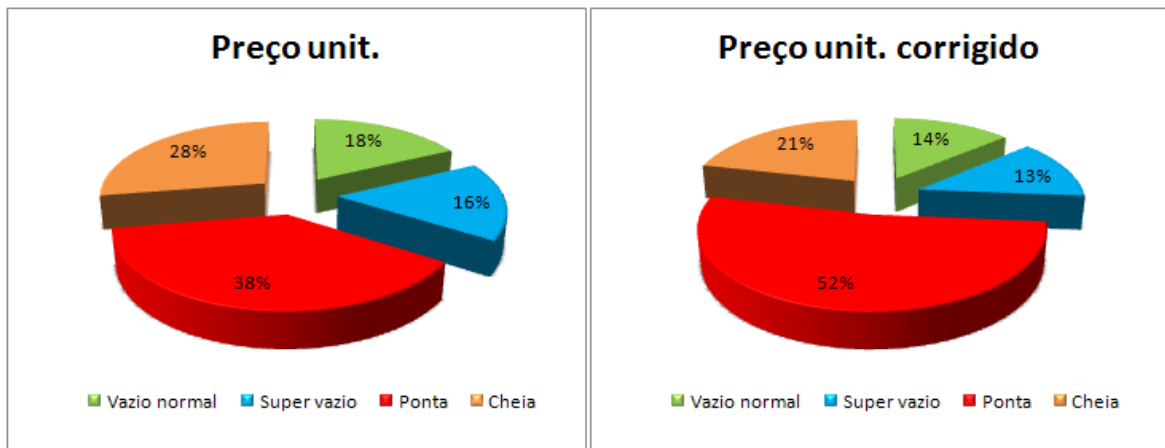


Gráfico 18 – Gráfico do peso da energia activa com e sem correcção

Quanto à potência contratada é imutável face ao ciclo escolhido, contudo já não o é em relação à tarifa das utilizaçõesⁱ. Criou-se a Tab.16, com base no estudo no ANEXO B, que contrasta as diferentes tarifas de utilização desde do mês de Setembro de 2007 até o mês Maio de 2008.

Com base neste nove meses chega-se ao facto que a opção da tarifa de longas utilizações em vigor não é a melhor, mas sim a de médias utilizações, revelando uma redução na ordem de 1,86%.

Em suma, todas estas alterações podem ser executadas em qualquer altura do ano e serão postas em vigor no mês seguinte ao pedido.

Tabela 16 - Análise da tarifa das utilizações para média tensão

Curtas Utilizações			Médias Utilizações			Longas Utilizações		
Período		Total [€]	Período		Total [€]	Período		Total [€]
Mês	Trimestre		Mês	Trimestre		Mês	Trimestre	
Set-07	III	155.684,30	Set-07	III	122.634,75	Set-07	III	124.308,37
Out-07	IV	132.130,16	Out-07	IV	100.718,25	Out-07	IV	103.413,26
Nov-07	IV	190.910,93	Nov-07	IV	145.940,60	Nov-07	IV	148.018,77
Dez-07	IV	173.841,05	Dez-07	IV	132.361,90	Dez-07	IV	135.108,87
Jan-08	I	105.099,50	Jan-08	I	80.174,55	Jan-08	I	83.061,25
Fev-08	I	204.270,44	Fev-08	I	156.019,02	Fev-08	I	158.212,41
Mar-08	I	190.092,79	Mar-08	I	145.121,32	Mar-08	I	147.590,61
Abr-08	II	194.892,30	Abr-08	II	153.458,92	Abr-08	II	155.255,31
Mai-08	II	171.690,60	Mai-08	II	138.853,09	Mai-08	II	142.675,84
TOTAL		1.518.612,05	TOTAL		1.175.282,41	TOTAL		1.197.644,68

3.2. Poupança de energia na iluminação

Grande parte da iluminação, das secções de produção, é constituída por armaduras de lâmpadas tipo fluorescente T8 com balastro ferromagnético, que são pouco eficientes. Esta iluminação xl81_____

ⁱ As tarifas das utilizações para média tensão subdividem-se em três tarifas: a de curtas utilizações, a de médias utilizações e a de longas utilizações. Todas elas têm apenas em comum a tarifa do termo fixo.

funciona normalmente vinte e quatro horas por dia durante todo o ano. Assim com intuito de uma melhoria de rendimento quer a nível energético quer a nível luminoso, surge a opção da substituição por lâmpadas fluorescente de alta frequência T5. Estas lâmpadas funcionam com balastos electrónicos e é preciso ter em conta o menor diâmetro em relação às existentes. Uma vez que a substituição das armaduras acarretaria um elevado custo, existe uns vulgarmente denominados “kits electrónicos” que após a colocação nas extremidades da lâmpada T5 permitem que essas sejam instaladas nas armaduras das lâmpadas T8. Analogamente fez-se também um estudo na substituição por umas lâmpadas a led que são ligadas directamente aos 230 Vac, pelo que basta um shuntⁱ ao balastro existente e a natural substituição da lâmpada para colocar em funcionamento. Apresenta-se esse estudo de viabilidade na Tab.17.

xli81—————

ⁱ **shunt** é um dispositivo que permite que a corrente eléctrica passe por um outro ponto, tipo um by-pass.

Tabela 17 – Estudo de viabilidade da substituição das lâmpadas fluorescentes

	Lâmpada actual	Lâmpada proposta	Lâmpada proposta
Tipo	Fluorescente	Fluorescente	Led
Modelo	T8 - 58 W	T5 - 49 W	19 W
Nº de lâmpadas	1.730	1.730	1.730
Pot. nominal [W]	58	49	19
Pot. absorvida [W]	68	35	20
Int. luminosa a 120º [lm]	1.667	1.633	1.900
Eficiência energética [lm/W]	25	47	95
Vida útil [ano]	1,1	2,3	5,7
Custo média da energia [€/kWh]	0,0667		
Consumo anual [kWh/ano]	1.030.526	530.418	303.096
Redução de consumo	-	48,5%	70,6%
Custo da lâmpada [€/uni]	3,40	6,00	84,00
Custo de componentes extra [€/uni]	-	35,00	-
Investimento total [€]	-	70.930	145.320
Amortização [ano]	-	2,1	3,0
Projecto a 6 anos			
Consumo de projecto [kWh]	5.882.000	3.027.500	1.730.000
Substituição de lâmpadas [uni]	9.093	4.546	1.819
Custo de manutenção [€]	30.916	27.279	152.760
Custo de projecto [€]	423.490	229.339	268.223

Pode-se verificar que a intensidade luminosa de lâmpada a led é superior, enquanto a T5 – 49 W é praticamente igual à já existente T8 – 58 W. Tanto para lâmpada T5 – 49 W como para a de led apresenta uma redução de consumo bastante acentuada, 48,5% e 70,6% respectivamente. Supondo um projecto a longo prazo por um período de 6 anos, verifica-se que a melhor opção será a lâmpada T5 – 49 W. A Fig.18 apresenta-se uma imagem da lâmpada de led.



Figura 18 - Lâmpada de led

Ainda no contexto da iluminação, analisou-se uma proposta de instalação de sensores de presença em áreas com pouca utilização de forma contínua. Para este estudo apenas se contabilizou as áreas sanitárias, no entanto poderá ser estendido a outras áreas que possuam uma utilização similar. A iluminação nestes locais está vinte e quatro horas por dia ligada nos sectores com três turnos e cerca de oito a doze horas nas restantes áreas sanitárias. Na Fig.19 encontra-se um exemplar do sensor de iluminação o ECP Ls360TE.



Figura 19 - Sensor de iluminação

Através da Tab.18 apresenta-se o estudo da proposta de implementação de sensores de iluminação, onde pode-se verificar uma amortização bastante reduzida, cerca de quarenta dias.

Tabela 18 – Análise à instalação de sensores de iluminação

		Nota:
Área Instalação Sensores [m ²]	131,7	WC's
Energia Consumida s/ Sensor [kWh/ano]	13.850	
Área Captação Sensor [m ²]	19,6	
Nº de Sensores [uni]	7	
Custo do Sensor [€]	10,00	
Taxa de Ocupação	20%	WC's
Tarifa Média kWh [€]	0,0667	
Energia Consumida c/ Sensor [kWh/ano]	2.770	
Custo Energia Consumida s/ Sensor [ano]	924,39 €	
Custo Energia Consumida c/ Sensor [ano]	184,88 €	
Poupança [ano]	739,51 €	
Custo de Investimento [€]	80,48 €	
Amortização	0,11	[ano]
	40	[dias]

A utilização racional e eficiente dos sistemas de iluminação conduz, a importantes poupanças nos consumos de energia eléctrica. Outras metodologias poderão ser aplicadas no sentido da eficiência energética, como a sensibilização e educação para o problema, como por exemplo:

- ✓ Desligar os sistemas de iluminação nos períodos de paragem, como no almoço, à noite e ao fim-de-semana.
- ✓ Sensibilizar e dar formação aos trabalhadores através de acções de formação e de avisos informativos.
- ✓ Aproveitar, ao máximo, a luz natural:
 - Eliminar barreiras que impeçam a entrada de luz
 - Manter desimpedidas e limpas janelas e superfícies envidraçadas

- Para maximizar a iluminação natural, as superfícies devem ser pintadas de cores claras, procedendo igualmente à sua limpeza e conservação regularmente.
- Transferir os postos de trabalho para zonas mais iluminadas e próximas de entradas de luz natural

Uma hipótese interessante para uma posterior análise seria, a instalação chaminés de luz, como pode-se ver na Fig.20.

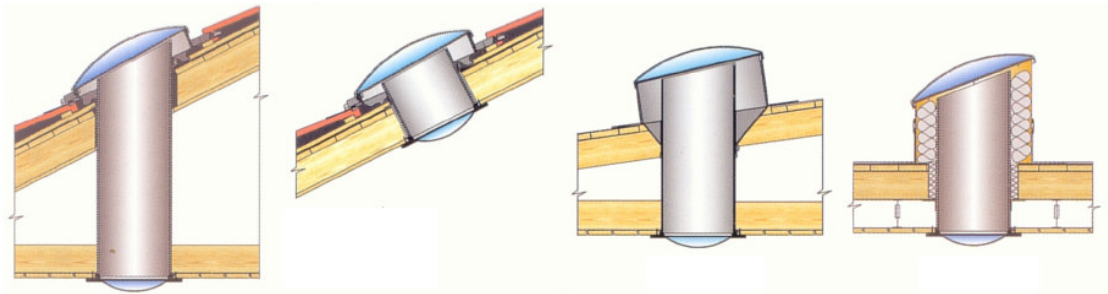


Figura 20 - Exemplo de chaminés de luz

3.3. Produção de energia com os geradores

A GROHE possui nas suas instalações três geradores, que utiliza como combustível o gasóleo, que têm função de garantir o funcionamento mínimo dos equipamentos principais à produção quando existe uma interrupção no fornecimento de energia eléctrica. No entanto estes equipamentos requerem algumas tarefas de manutenção e uma delas é permitir o seu accionamento por certo período. Devido a esta necessidade de funcionamento e aliado ao elevado custo tarifado nas horas de ponta, referido no ponto 3.1, realizou-se um estudo da viabilização do funcionamento dos geradores produzindo electricidade nos períodos de horas de ponta. Na Tab.19 apresenta-se as características de funcionamento dos geradores.

Tabela 19 - Características de funcionamento dos geradores

Gerador	Potência Produzida 3/4 [kW]	Consumo 3/4 Potência [l/h]	Autonomia 3/4 Potência [h]	Potência Produzida 4/4 [kW]	Consumo 4/4 Potência [l/h]	Autonomia 4/4 Potência [h]
Caterpillar	489	130	9	653	170	7
Volvo "Médio"	277	87	7	369	101	6
Volvo "Peq."	169	53	7	225	63	6

Considerou-se para esta análise, o mês de Abril de 2008 estando em vigor o ciclo diário com cento e vinte e cinco horas de ponta mensais e as restantes considerações serão apresentadas na Tab.20.

Tabela 20 – Considerações para o estudo para produção de energia com os geradores

Potência Horas de Ponta [kW]	Tarifa Potência Hora de Ponta [€/kW]	Tarifa Energia Hora de Ponta [€/kWh]	Tarifa Gasóleo [€/l]	Cos φ	En. Activa nas horas de ponta [kWh]
2.467,06	6,995	0,1044	1,40	0,9	305.915

Na Tab.21, apresenta-se a análise de colocação em funcionamento dos geradores nas horas de ponta. Para o melhor rendimento, $\frac{3}{4}$ Potência, verifica-se um maior decréscimo de consumo para o gerador Caterpillar. Uma redução cerca de 20% o que corresponde a redução próxima dos 10.000,00 € na factura eléctrica, no entanto os custo do combustível fóssil é demasiado elevado para esta proposta ser viável.

Tabela 21 - Análise de viabilidade da produção de energia com os geradores

3/4 Potência	En. Consumida [kWh]	Redução do consumo	Redução de Custos	Custos de Combustível
Caterpillar	244743	20,0%	9.947,60 €	22.750,00 €
Volvo "Médio"	271321	11,3%	5.685,54 €	15.225,00 €
Volvo "Peq."	284821	6,9%	3.520,68 €	9.275,00 €
4/4 Potência	En. Consumida [kWh]	Redução do consumo	Redução de Custos	Custos de Combustível
Caterpillar	224353	26,7%	13.217,44 €	29.750,00 €
Volvo "Médio"	259790,0	15,1%	7.534,69 €	17.675,00 €
Volvo "Peq."	277790,0	9,2%	4.648,21 €	11.025,00 €

Apresenta-se na Fig.22 a comparação entre a redução de custos na factura energética e os custos no combustível.

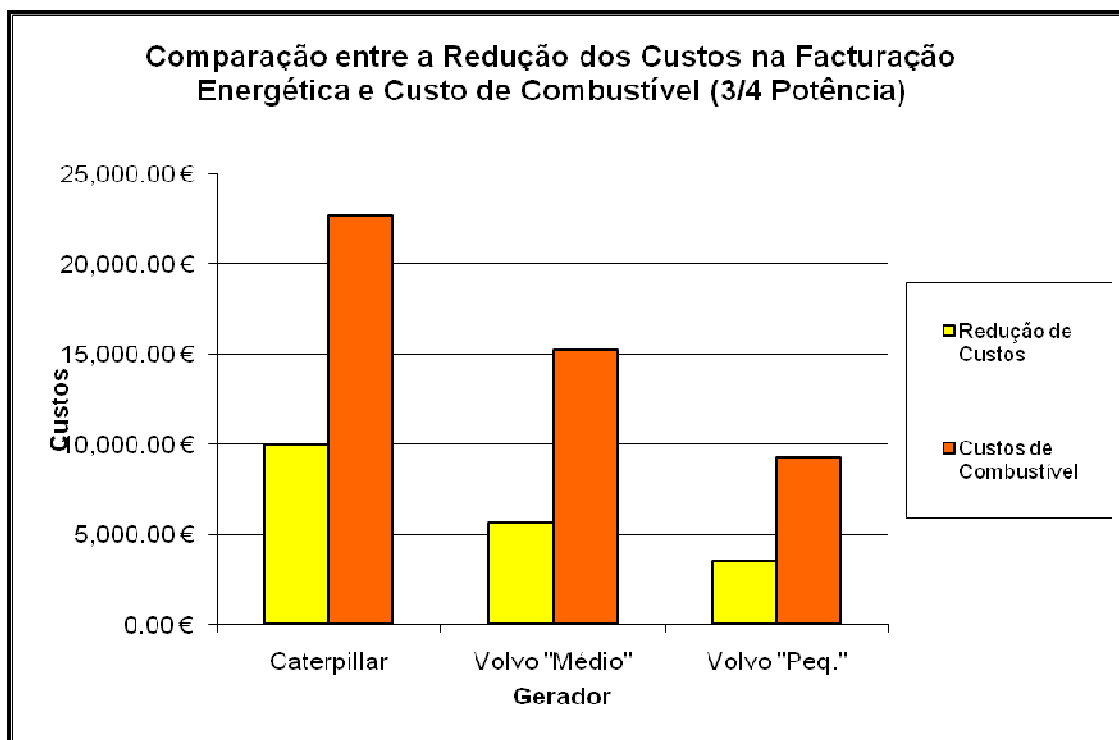


Figura 21 - Comparação entre a Redução dos Custos na Facturação Energética e Custo de Combustível (3/4 Potência)

3.4. Microprodução de electricidade

Os sistemas fotovoltaicos produzem energia eléctrica com elevada fiabilidade e a sua manutenção é bastante fácil. Hoje em dia o problema de armazenamento dessa energia já não se coloca, devido à possibilidade de injectar essa energia na rede e ser remunerado por ela. O recente Decreto-Lei n.º 368/2007 que apresenta agora dois regimes aos produtores. No regime geral, anteriormente estabelecido, a venda de energia é igual ao custo da energia do tarifário aplicado ao comercializador e o regime bonificado é definido por uma tarifa única de 0,65 € durante cinco anos, após esse período há um decréscimo 5% dependendo da potência instalada a nível nacional. Existe ainda um limite de 3,68 kW de potência instalada e de 2,4 MWh/kW de produção anual. Este regime é aplicado a qualquer entidade que disponha de um contrato de compra de electricidade em baixa tensão e um sistema de AQS por colectores solares, para isso a GROHE têm de dividir as suas infraestruturas e criar uma zona, como por exemplo o edifício social, com um contrato de baixa tensão e analisar posteriormente o sistema solar para AQS. Realizou-se um estudo para averiguar a viabilidade a proposta do sistema fotovoltaico, recorrendo ao software EESⁱ. Para o estudo considerou-se, um painel fotovoltaico Kyocera KC 130 tendo um custo de 736,00 €/uni e um inversor Sonny Boy SB 1100 LV por 1242,70 €/uni. Este inversor tem uma potência nominal de “output” de 1000 W, contudo existe a possibilidade de usar um inversor mais potente que poderia ser mais benéfico, tal como o painel fotovoltaico, mas para efeitos deste estudo utilizou-se os dispositivos referidos e admitiu-se quatro horas de sol por dia como média anual aptas à produção. No entanto, surge a necessidade de saber qual a potência a instalar e em quanto painéis se traduz. Por isso apresenta-se na Tab.22, o número óptimo de painéis a instalar considerando um rendimento da instalação de 90%.

xlviiii81—————

ⁱ Software EES – Engineering Equation Solver

Tabela 22 - Análise de viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico

N.º Painéis	N.º Inversores	Pot. Ligação [kW]	Prod. Mensal [kWh]	Prod. Anual [kW-h]	Lucro Anual [€]	Custo Material [€]	Rácio CustoVsProd	Amortização [Anos]
1	1	0,13	14.04	170,8	111	1979	15221	17,8
2	1	0,26	28.08	341,6	222.1	2715	10441	12,2
3	1	0,39	42.12	512,5	333.1	3451	8848	10,4
4	1	0,52	56.16	683,3	444.1	4187	8051	9,4
5	1	0,65	70.2	854,1	555.2	4923	7573	8,9
6	1	0,78	84.24	1025	666.2	5659	7255	8,5
7	1	0,91	98.28	1196	777.2	6395	7027	8,2
8	2	1,04	112.3	1367	888.3	8373	8051	9,4
9	2	1,17	126.4	1537	999.3	9109	7786	9,1
10	2	1,3	140.4	1708	1110	9845	7573	8,9
11	2	1,43	154.4	1879	1221	10581	7400	8,7
12	2	1,56	168.5	2050	1332	11317	7255	8,5
13	2	1,69	182.5	2221	1443	12053	7132	8,4
14	2	1,82	196.6	2391	1554	12789	7027	8,2
15	2	1,95	210.6	2562	1665	13525	6936	8,1
16	3	2,08	224.6	2733	1777	15504	7454	8,7
17	3	2,21	238.7	2904	1888	16240	7348	8,6
18	3	2,34	252.7	3075	1999	16976	7255	8,5
19	3	2,47	266.8	3246	2110	17712	7171	8,4
20	3	2,6	280.8	3416	2221	18448	7095	8,3
21	3	2,73	294.8	3587	2332	19184	7027	8,2
22	3	2,86	308.9	3758	2443	19920	6965	8,2
23	3	2,99	322.9	3929	2554	20656	6908	8,1
24	4	3,12	337	4100	2665	22635	7255	8,5
25	4	3,25	351	4271	2776	23371	7191	8,4
26	4	3,38	365	4441	2887	24107	7132	8,4
27	4	3,51	379.1	4612	2998	24843	7078	8,3
28	4	3,64	393.1	4783	3109	25579	7027	8,2

Verifica-se que o menor período de amortização a instalar são vinte e três painéis o que corresponde a um período de cerca de oito anos. Na Gráf.19 mostra-se os períodos de amortização. Verifica-se no mesmo uma espécie de degraus, esses degraus deve-se à inclusão de um novo inversor devido à potência instalada.

Pode-se verificar no CD-ROM, o ficheiro Produção de Energia Grohe.pdf, da programação de cálculo desta análise e as fichas técnicas dos dispositivos nos ficheiros Sunny Boy 1700LV e Módulo Kyocera KC130GHT-2.

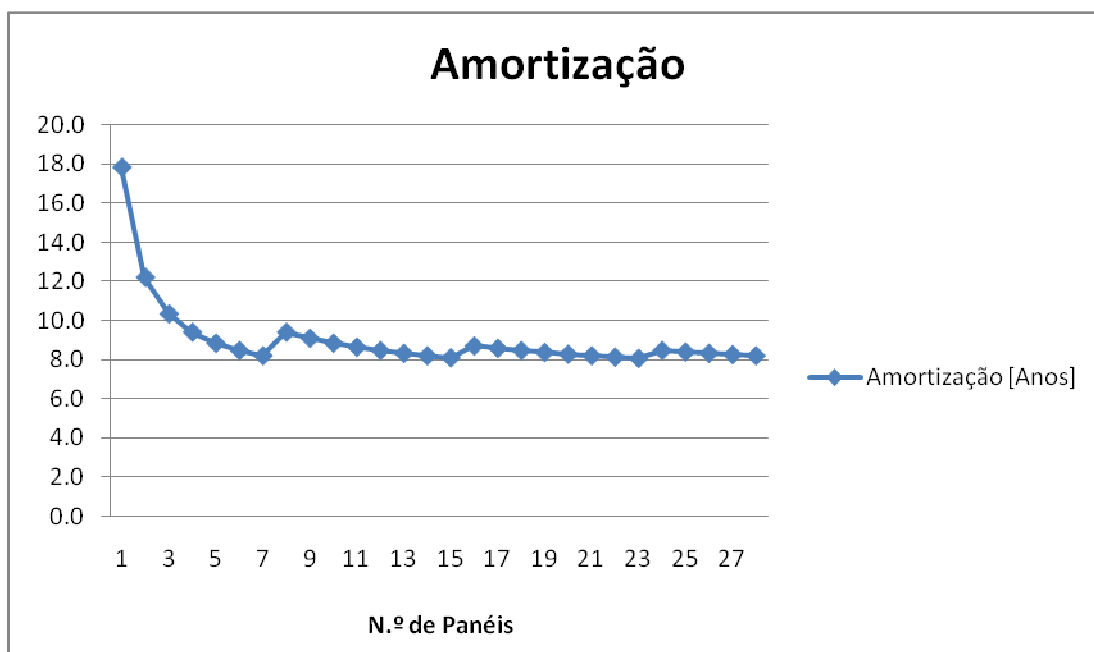


Gráfico 19 - Análise de viabilidade de instalação de um sistema fotovoltaico

3.5. Recuperação de calor no secador de limalha

O processo de purificação da limalha necessita de uma elevada potência térmica, contudo nem toda a energia é utilizada. Uma parte é para o processo, outra é perdida por condução e radiação, e grande parte dessa energia é perdida nos gases de combustão. Os gases à saída da pós-queima apresentam uma potência cerca de 350 kW. Com este argumento efectuou-se um estudo da possibilidade do reaproveitamento desta energia, para realizar um pré-aquecimento à água de

retorno proveniente do processo galvânico.

Para esta análise fez-se uma série de medições, chegando a uma temperatura dos gases de combustão cerca de 550 °C ($T_{1_h_E}$)ⁱ e com um caudal cerca de 4500 m³/h (m_1). O escoamento de retorno da galvânica tem um caudal perto dos 90 m³/h (m_3), registou-se uma temperatura cerca de 110 °C ($T_{3_c_E}$) e a temperatura necessária para o processo é cerca de 115 °C. É pertinente referir que, é necessário o transporte desta energia em cerca de 180 metros de distância.

3.5.1. Análise em regime estacionário

Várias considerações foram tomadas para efectuar uma simulação do funcionamento deste sistema de recuperação, para isso recorreu-se novamente ao software EES para modelar o sistema. Primeiro apresenta-se na Fig.22 o esquema proposto do funcionamento da recuperação, este esquema é constituído por dois permutadores, o permutador no secador de limalha é do tipo ar-água, ou seja, pirotubular e o permutador na galvânica é do tipo água-água. O circuito contém ainda uma bomba circuladora de modo estabelecer o escoamento e tubagens isoladas para o transporte de energia mais eficiente. O sistema contém também uma válvula de três vias pilotada por um sensor temperatura devido a questões de inércia do sistema, mas posteriormente se fará referência a essa questão.

li81_____

ⁱ Designação das variáveis, por exemplo, $T_{1_h_E}$ a primeira letra provem da natureza da variável, neste caso é “T” de temperatura, em segundo lugar vem um algarismo de 1 a 3 indicando o circuito, em terceiro lugar vem a letra “h” ou “c” de quente ou frio, as letras “h” e “c” derivam do Inglês hot e cold e por fim “E” e “S” de entrada e saída.

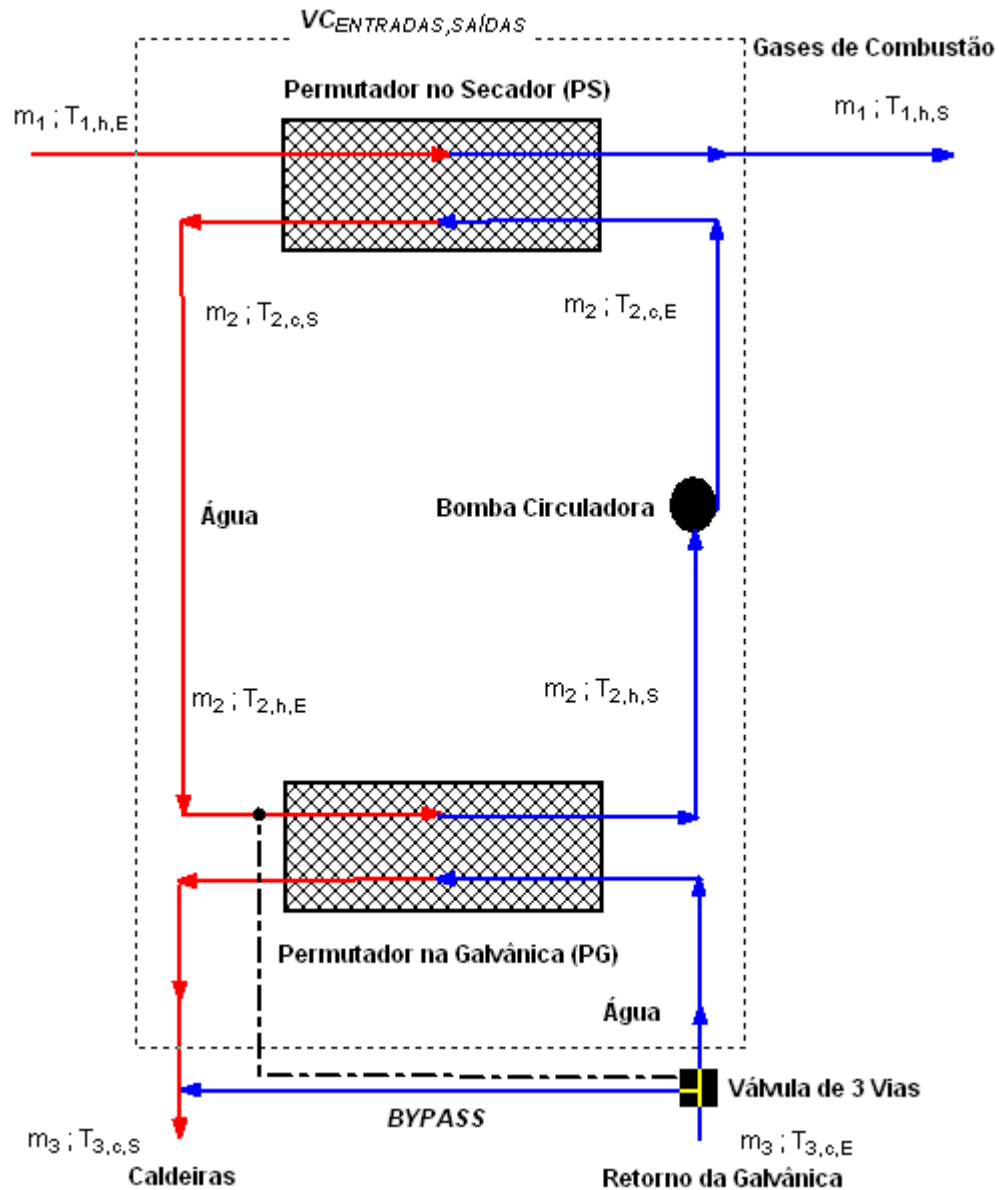


Figura 22 – Esquema proposto para recuperação de calor

Considerou-se como condições exteriores a temperatura a 20 °C e uma pressão atmosférica de 101,3 kPa. O permutador no secador como, compacto com tubo circular e alheta circular, superfície CF-7.0-5/8J de Kays e London e em alumínio. Admitindo uma eficiência para o permutador do secador de 0,7 e um coeficiente interno de 1500 W/m².k, enquanto a área frontal é de 0,1 m² e o diâmetro interno de 0,0138 m².

Desprezou os efeitos das incrustações e atribuiu-se um rendimento às alhetas igual a um, ou seja, ideal. As propriedades termodinâmicas foram consideradas constantes e os gases de combustão

com propriedades iguais ao ar atmosférico.

O coeficiente global de transferência de calor baseado na superfície do lado quente é calculado pela Eq.2 (Incropera, 2003: 456)

$$\frac{1}{U_{PS}} = \frac{1}{h_{2,C} \cdot \left(\frac{A_{C,2}}{A_{h,1}} \right)} + A_{h,1} \cdot R_w + \frac{1}{\eta \cdot h_{h,1}} \quad (2)$$

considerando a espessura da alheta desprezível pode-se chegar à relação de áreas, pela relação expressa na Eq.3

$$\left(\frac{A_{C,2}}{A_{h,1}} \right) \approx \frac{D_{i,2}}{D_e} \cdot \left(1 - \frac{A_{f,h}}{A_h} \right), \text{ onde } \frac{A_{f,h}}{A_h} = 0,83 \text{ (válido até 10\%)} \quad (3)$$

resistência condutiva da parede pode-se calcular, pela Eq.4

$$A_{h,1} \cdot R_w = \left(D_{i,2} \cdot \ln \frac{\frac{D_{e,1}}{D_{i,2}}}{2 \cdot k_{\text{Alumínio}} \cdot \left(\frac{A_{C,2}}{A_{h,1}} \right)} \right) \quad (4)$$

Para chegar ao coeficiente de convecção do lado do gás, determina-se baseado na máxima velocidade mássica, com a Eq.5 (Incropera, 2003: 472)

$$G = \frac{m_1}{\sigma \cdot A_{fr}} = 15,24 \left[\text{kg} / \left(\text{s} \cdot \text{m}^2 \right) \right], \text{ onde } \sigma = 0,449 \quad (5)$$

Logo o Reynold vem pela expressão da Eq.5

$$Re_1 = \frac{G \cdot D_h}{\mu_1} = 3110, \text{ onde } D_h = 6,68 \text{ [mm]} \quad (5)$$

e finalmente vem o coeficiente de convecção na Eq.6

$$h_{h,1} = j_H \cdot G \cdot \frac{cp_1}{Pr_1^3} = 192,8 \left[\text{W/m}^2 \cdot \text{K} \right] \quad (6)$$

Como a temperatura de retorno do processo galvânico é cerca de 110 °C, admitiu-se uma temperatura de 111 °C para a entrada do lado frio no permutador do secador (T_{2_c_E}). Utilizou-se o método NUT para determinar a área da superfície do lado gás e com a área, calcular o comprimento, o número de tubos, fileiras do permutador. Assim tem-se na Eq.7 a eficiência do permutador

$$\varepsilon_{PS} = \frac{q_{1,2}}{C_{\min,PS} \cdot (T_{1,h,E} - T_{2,c,E})} \quad (7)$$

e na Eq.8 o calor transferido

$$q_{1,2} = C_{h,ps} \cdot (T_{1,h,E} - T_{1,h_s}) = C_{c,ps} \cdot (T_{2,c,S} - T_{2,c_e}) = 225 \text{ [kW]} \quad (8)$$

Para um escoamento cruzado e ambos os fluidos não-misturados, tem-se a relação com o NUT, pela expressão pela Eq.9 (Incropera, 2003: 465)

$$\varepsilon_{PS} = 1 - \left[\frac{1}{Cr_{PS}} \cdot NUT_{PS}^{0,22} \cdot \exp(-Cr_{PS} \cdot NUT_{PS}^{0,78}) - 1 \right], \text{ onde } Cr_{PS} = \frac{C_{\min}}{C_{\max}} \quad (9)$$

Logo, com a Eq.10 chega-se NUT_{PS}

$$NUT_{PS} = \frac{U_{PS} \cdot A_{h,1}}{C_{\min,PS}} = 1,231 \quad (10)$$

Com a área de superfície do lado gás e pelas seguintes relações chega-se ao volume, pela Eq.11

$$V_{PS} = \frac{A_{h,1}}{\alpha} = 0,033 [m^3], \text{ onde } \alpha = 169 [m^2 / m^3] \quad (11)$$

ao comprimento do permutador, com a Eq.12

$$L_{PS} = \frac{V_{PS}}{A_{h,1}} = 0,33 [m] \quad (12)$$

ao número de tubos, pela relação da Eq.13

$$N_{Tubos} = \frac{A_{h,1}}{\pi \cdot D_{e,1}} \approx 522 \quad (13)$$

e ao número de fileiras, pela Eq.14

$$N_{L,PS} = \frac{L_{PS} - D_f}{S_L} + 1 \approx 10, \text{ onde } D_f = 28,5 [mm] \text{ e } S_L = 34,2 [mm] \quad (14)$$

Para o transporte de energia desde da localização do secador de limalha até à sala Térmica onde estará o permutador para pré-aquecer o retorno do processo galvânico, considerou-se um coeficiente convecção natural de $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ com um tubo isolado. Desprezou-se a resistência condutiva do metal da tubulação e a perdas por radiação, e admitiu-se para o isolamento uma condutividade de $0,035 \text{ W/m.K}$ e uma espessura de 5 cm . Isto tudo para um transporte com uma distância de 180 metros .

De modo a calcular as equações das perdas de energia no transporte, primeiro calculou-se o Reynolds com a expressão dada pela Eq.15

$$Re_2 = 4 \cdot \frac{m_2}{\pi \cdot \mu_2 \cdot D_{2,Tubo}} = 325664 \quad (15)$$

Para um escoamento interno turbulento, calculou-se o Nusselt pela seguinte a relação da Eq.16

$$Nu_2 = 0,0023 \cdot Re_2^{\frac{4}{5}} \cdot Pr_2^{0,4} = 693 \quad (16)$$

e logo vem o coeficiente de convecção do escoamento interior, através da Eq.17

$$h_{2,Escoamento\ interior} = \frac{k_2 \cdot Nu_2}{D_{2,Tubo}} = 6313 \left[\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K} \right] \quad (17)$$

As equações de perda de energia no transporte expressam-se do seguinte modo, apresentadas nas Equações 18 e 19

$$T_{2,h,E} = T_{Ext} + (T_{2,c,S} - T_{Ext}) \cdot \exp\left(-\frac{U_{Tubos} \cdot A}{m_2 \cdot cp_2}\right) = 122,3 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (18)$$

$$T_{2,c,E} = T_{Ext} + (T_{2,h,S} - T_{Ext}) \cdot \exp\left(-\frac{U_{Tubos} \cdot A}{m_2 \cdot cp_2}\right) + \left(\frac{Pot_{Bomba,Lowara,370,1}}{m_2 \cdot cp_2}\right) = 111 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (19)$$

Onde a parcela $U_{Tubos} \cdot A$, vem pela equação

$$\frac{1}{U_{Tubos} \cdot A} = R_{Total}$$

ou seja, pela Eq.20

$$\frac{1}{U_{Tubos} \cdot A} = \frac{1}{h_{2,Escoamento Interior} \cdot \pi \cdot D_{2,Tubo} \cdot L} + \frac{\ln\left(\frac{D_{2,Tubo} + 2 \cdot e_{espessura}}{D_{2,Tubo}}\right)}{2 \cdot \pi \kappa_{isolamento} \cdot L} + \frac{1}{h_{Ext} \cdot \pi \cdot (D_{2,Tubo} + 2 \cdot e_{espessura}) \cdot L} \quad (20)$$

Passando ao permutador no retorno do processo galvânico, considerou-se um de contra corrente também em alumínio com um coeficiente interno do lado do fluido quente de 1500 W/m².k. Admitiu-se, para determinar o coeficiente global do permutador, a resistência térmica da parede do tubo e o efeito de incrustações desprezíveis.

Determinou-se analogamente como no permutador no secador, o Reynolds com a Eq.21

$$Re_3 = 4 \cdot \frac{m_3}{\pi \cdot \mu_3 \cdot D_{3,Tubo}} = 813337 \quad (21)$$

o Nusselt calculado para um escoamento interno turbulento, pela expressão da Eq.22

$$Nu_3 = 0.023 \cdot Re_3^{\frac{4}{5}} \cdot Pr_3^{0.4} = 1460 \quad (22)$$

e assim chega-se ao coeficiente de convecção do lado do fluido frio, através da Eq.23

$$h_{c,3} = \frac{k_3 \cdot Nu_3}{D_{3,Tubo}} = 6642 \left[W/m^2 \cdot K \right] \quad (23)$$

Permitindo o calculo do coeficiente global de transferência de calor com a Eq.24

$$U_{PG} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{h,2}} \right) + \left(\frac{1}{h_{c,3}} \right)} = 1224 \left[W/m^2 \cdot K \right] \quad (24)$$

e juntamente com as Equações 25, 26 e 27 chega-se à eficiência do permutador na galvânica

$$q_{2,3} = C_{h,PG} \cdot (T_{2,h,E} - T_{2,h,S}) = 217 [kW] \quad (25)$$

$$q_{2,3} = C_{c,PG} \cdot (T_{3,c,S} - T_{3,c,E}) \quad (26)$$

$$\varepsilon_{PG} = \frac{q_{2,3}}{C_{h,PG} \cdot (T_{2,h,E} - T_{3,c,E})} = 0.90 \quad (27)$$

Utilizou-se uma função do EES, que relaciona o NUT_{PG} como ε_{PG} , $C_{h,PG}$ e $C_{c,PG}$, para um permutador tipo contracorrente

$$NUT_{PG} = HX(\text{counterflow}, \epsilon_{PG}, C_{h,PG}, C_{c,PG}, NTU) = 2,708 \quad (28)$$

Chegando-se através da Eq.29 à área de superfície do lado quente

$$NUT_{PG} = \frac{U_{PG} \cdot A_{h,2}}{C_{\min,PG}} \quad (29)$$

Uma questão importante é a necessidade de pressurizar o circuito para evitar problemas, de segurança, de durabilidade e para o bom desempenho do sistema. Para isso admitiu-se uma pressurização de 3 bar e assim admite uma temperatura até 133,5 °C sem que ocorra mudança de fase. Será também pertinente instalar um dispositivo para compensar a dilatação térmica do fluido.

Partindo para análise económica, adoptou-se como PCIⁱ do gás natural 3,79 * 10⁷ [J/m³], a tarifa média do ano transacto de 0,44 [€/m³] e considerou-se um factor de utilização, de 70% tanto para a caldeira como para o secador de limalha. Este factor de utilização inseriu-se, no caso da caldeira, porque na ausência dele daria consumos superiores à facturação do gás natural, o que depreende que o processo galvânico não precisa de tanta energia. Utiliza-se também este factor no secador, porque o funcionalmente deste não é contínuo podendo mesmo parar durante vários dias.

A energia reaproveitada, para o pré-aquecimento, pode ser calculada pela seguinte expressão, a Eq.30

lix81—————

ⁱ PCI – Poder calorífico inferior

$$q_{Recuperado} = Factor_{Utilização} \cdot m_3 \cdot cp_3 \cdot (T_{3,c,S} - T_{3,c,E}) = 152 [kW] \quad (30)$$

bem como custo recuperado, pela Eq.31

$$Custo_{Recuperado} = \left(\frac{q_{Recuperado}}{Rendimento_{Combustão} \cdot PCI_{GásNatural}} \right) \cdot Tarifa_{GásNatural} \cdot \Delta Tempo = 55681 [€/Ano] \quad (31)$$

A energia necessária ao processo galvânico, pode ser determinado por uma equação semelhante à eq.30, e assim tem-se a Eq.32

$$q_{Necessário} = Factor_{Utilização} \cdot m_3 \cdot cp_3 \cdot (T_{Requerida} - T_{3,c,E}) = 351 [kW], \text{ onde } T_{Requerida} = 115 [°C] \quad (32)$$

Analogamente à eq.31, apresenta-se a Eq.33 mas para o custo do consumo de gás natural para a demanda energética do processo

$$Custo_{GásNatural} = \left(\frac{q_{Necessário}}{Rendimento_{Combustão} \cdot PCI_{GásNatural}} \right) \cdot Tarifa_{GásNatural} \cdot \Delta Tempo = 128628 [€/ano] \quad (33)$$

Na Eq.34, apresenta-se o rácio, ou seja, a razão entre o custo recuperado e o custo em gás natural. É importante referir que a consideração do factor de utilização, não tem influência na variável Rácio, porque se anula.

$$Rácio = \frac{Custo_{Recuperado}}{Custo_{GásNatural}} = 0.43 \quad (34)$$

O custo recuperado como reaproveitamento do calor do secador de limalha é cerca 55 mil €/ano e estima-se um custo para instalação por volta 45 mil €/ano com reservas. Esta proposta terá um período de amortização inferior a um ano.

No CD-ROM no ficheiro Grohe_Permutadores_Estacionário.pdf, apresenta-se esta análise detalhada realizado no software EES.

3.5.2. Dimensionamento do escoamento

Nesta parte vai-se fazer referência ao dimensionamento do escoamento, determinar o diâmetro para tubagem e também as perdas de carga do sistema, bem como seleccionar uma bomba e o seu ponto de funcionamento. Considerou-se para a rugosidade da tubulação, a do alumínio, de 0,0001 metros e para o dimensionamento do diâmetro da tubagem utilizou-se a fórmula de Bresse (Macintyre, 1997: 82), apresentada na Eq.35 para o cálculo diâmetro económico

$$D_{Enconómico} = k_{Velocidade,Económica} \cdot \sqrt{V_2}, \text{ onde } k_{Velocidade,Económica} \in [1,1 ; 1,2] \quad (35)$$

Atribuiu-se ao $D_{2,Tubos}$ o diâmetro inferior mais próximo do $D_{Económico}$ encontrado na Figura 30.11 (Macintyre, 1997: 658) e retirando daí o coeficiente das perdas localizadas.

As perdas de carga em linha, calculou-se através da fórmula estabelecida por Darcy e Weisbach, apresentando-se na Eq.36

$$J_{Linha} = f \cdot \frac{L}{D_{2,Tubo}} \cdot \frac{c_2^2}{2 \cdot gravidade} \quad (36)$$

Como o escoamento é turbulento recorreu-se à equação de Colebrook-White, para determinar o factor de atrito, como se vê na Eq.37

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left(\frac{Rugosidade_{Aluminio}}{3.7 \cdot D_{2,Tubo}^2} + \frac{2.51}{Re_2 \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (37)$$

Para as perdas de carga localizadas, calcula-se pela Eq.38

$$J_{Localizadas} = K_{Total} \cdot \frac{c_2^2}{2 \cdot gravidade} \quad (38)$$

onde

$$K_{Total} = \sum \cdot K_i = K_{Registro_{Gaveta Aberta}} + K_{Tê_{Direito}} + K_{Curva_{90^\circ, Pequeno}} + K_{Curva_{90^\circ, Longo}}$$

e assim chega-se as perdas de carga do sistema em circuito fechado, pela Eq.39

$$J_{Sistema} = J_{Linha} + J_{Localizadas} + H_e, \text{ onde } H_e = 0 \text{ por ser um circuito fechado} \quad (39)$$

Chega-se curva das perdas de carga do sistema, através da eq.36, que é função da velocidade e o factor de atrito, mas por sua vez com a eq.37 o factor de atrito é função novamente da velocidade. Assim apresenta-se, uma função do caudal volúmico na Eq.40

$$J_{Sistema, V} = f(V_i) \quad (40)$$

E de uma forma visual apresenta-se a mesma função no Gráf.20.

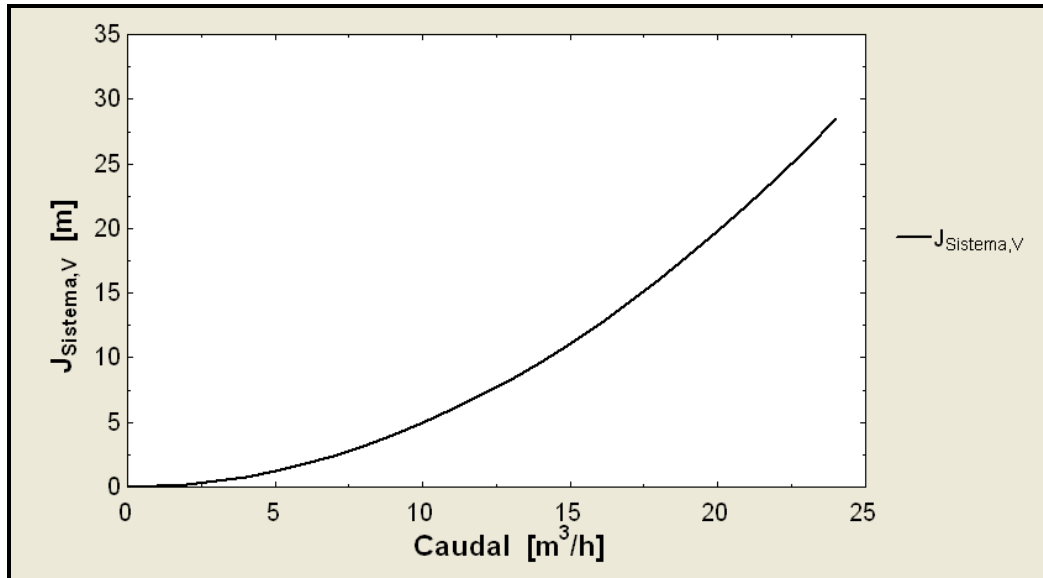


Gráfico 20 – Curva das perdas de carga do sistema

Depois conhecido a curva das perdas de carga, procedeu-se à escolha de bomba centrífuga que suplante as perdas e que garanta um caudal mássico de 4,6 kg/s. Para esse efeito efectuou-se uma pesquisa de bombas, chegando a uma de marca Lowara, modelo CEF370, apresentando três curvas descritas nas Equações 41, 42 e 43

$$H_{Lowara,CEF,370/1} = -0.026 \cdot (Caudal)^2 + 0.383 \cdot (Caudal) + 14.58 \quad (41)$$

$$H_{Lowara,CEF,370/2} = -0.024 \cdot (Caudal)^2 + 0.374 \cdot (Caudal) + 18.15 \quad (42)$$

$$H_{Lowara,CEF,370/3} = -0.018 \cdot (Caudal)^2 + 0.278 \cdot (Caudal) + 21.46 \quad (43)$$

e note-se que estas curvas foram retiradas através de regressões de polinómios de 2º grau. Para facilitar a pesquisa trabalhou-se a unidade m³/h para o caudal volúmico

$$\text{Caudal} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] = 3600 \cdot v_i \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Com as curvas das bombas e a curva do sistema podemos determinar o ponto de funcionamento que mais se a semelha as nossas condições e assim apresenta-se no Gráf.21 o ponto de funcionamento do sistema.

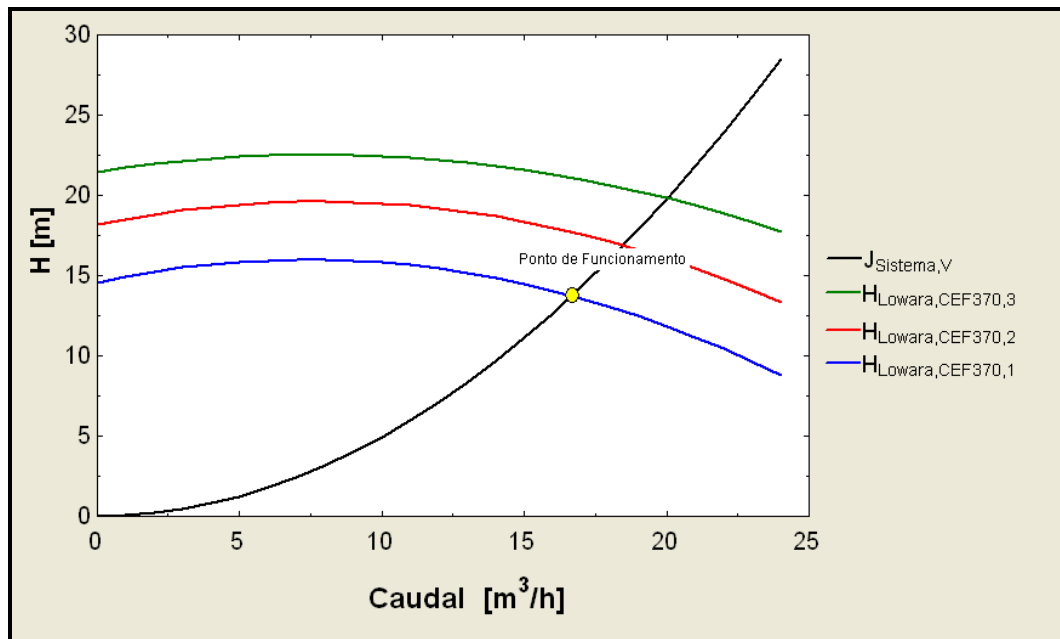


Gráfico 21 - Representação das várias curvas das bombas e curva do sistema

Pode-se por inspeção do gráf.21 ver que a bomba escolhida foi a CEF370/1, onde está assinalado o ponto de funcionamento, apresentando um caudal e uma altura de funcionamento de 16,7 m³/h e 13,7 m respectivamente.

Existe na GROHE uma bomba, Schneider, fora de uso que se pode aproveitar para este circuito, no entanto será necessário providenciar um corte ao rotor. Com intenção de apenas calcular o novo diâmetro do rotor para funcionar nas condições pretendidas, expressa-se na Eq.44 a curva da bomba

$$H_{SCHNEIDER,BPI} = -0.031 \cdot (Caudal)^2 - 0.056 \cdot (Caudal) + 28.70 \quad (44)$$

Com a curva da bomba e juntamente com a curva da instalação chega-se facilmente ao caudal de funcionamento com o D_{Rotor} inicial. Depois com a relação entre os diâmetros e os caudais volúmicos expressa na Eq.45 (Macintyre, 1997: 143), chegamos ao D_{Rotor} Corrigido.

$$\left(\frac{D_{Rotor,Corrigido}}{D_{Rotor}} \right)^2 = \frac{Caudal_{Funcionamento}}{Caudal_{Ponto,C}} \quad (45)$$

$$D_{Rotor\ Corrigido} \approx 116 [mm]$$

Pode-se ver no Gráf.22 o ponto de funcionamento antes do corte e depois corte,

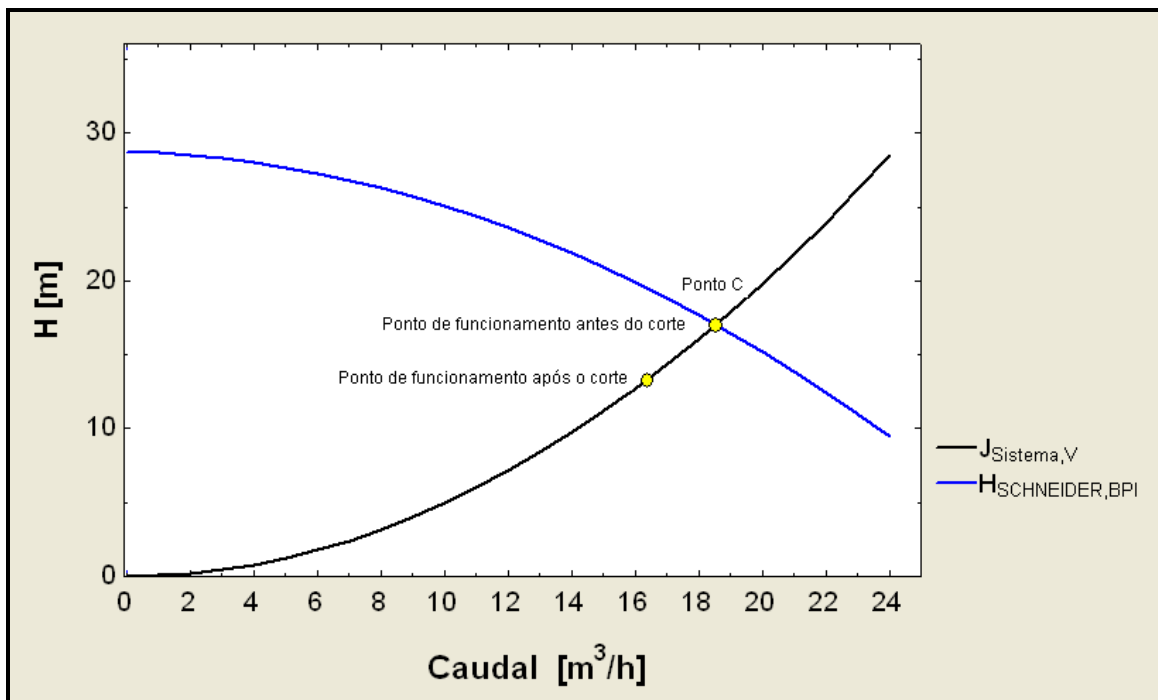


Gráfico 22 - Reaproveitamento da bomba Schneider com um corte ao rotor

No CD-ROM, apresenta-se esta análise detalhada realizado no software EES, as fichas técnicas e as curvas das bombas, nos ficheiros Grohe_Permutadores_Estacionário_Escoamento.pdf, Bombas Lowara CEF 370.pdf, SCHNEIDER BPI-92 S_T J.pdf e SCHNEIDER BPI-92 S_T J respectivamente.

3.5.1. Análise em regime instacionário

O funcionamento do secador de limalha não é contínuo, ou seja, o dispositivo pode funcionar cinco ou seis dias sem interrupções e depois ficar desactivado por dois ou três dias para limpeza, para reparação, manutenção ou até mesmo esperar por matéria-prima para secar. Com este facto surgiu o problema do arranque do sistema, que tem uma inércia térmica para aquecer cerca de 0,8 m³ de água, até se encontrar em condições de funcionamento. Nesse sentido analisou-se a evolução do sistema numa base temporal utilizando-se método de Euler explícito. Apresenta-se o método na Eq.46 (Oliveira, 2007: Sebenta)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T^i - T^{i-1}}{\Delta t} \quad (46)$$

a eq.46 aplicada a um balanço térmico podemos expressar na forma da Eq.47

$$\Delta E = E_{ent} - E_{sai} = m \cdot Cp \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \quad (47)$$

aplicando-se ao caso em estudo, resulta na equação diferencial apresentada na Eq.49

$$M \times cp_2 \times \frac{T_{Tanque} - T_{Tanque,old}}{\delta t} = m_1 \times cp_1 \times (T_{1,h,E} - T_{Tanque}) \times \epsilon_{PS} - U_{Tubos} \cdot A \times (T_{Tanque} - T_{Ext}) \quad (49)$$

Considerou-se o aquecimento de uma de massa água, nas condições referidas anteriormente para

a transferência de energia, em que o bypass, apresentado na fig.22, está accionado enquanto o sistema chega às condições de funcionamento. O tempo necessário, calculado até que a temperatura da água chega aos 122 °C é cerca de quarenta e seis minutos, como se pode ver na Gráf.23.

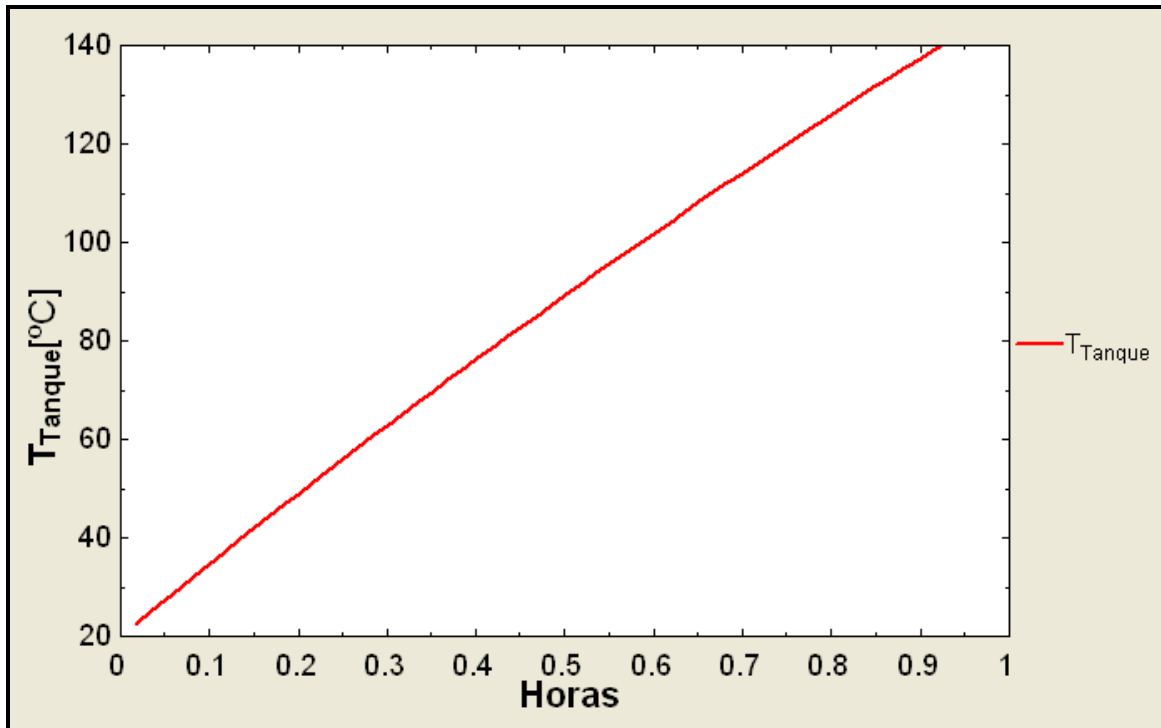


Gráfico 23 - Evolução temperatura média do circuito

A partir deste estado o sistema funcionará em regime permanente. A temperatura do sistema não deve ultrapassar os 133,5 °C, devido à ocorrência de mudança de fase. Contudo aconselha a fazer uma gestão com um sensor de temperatura para comandar uma válvula de três vias instalada no tê do bypass e não uma gestão temporal.

No CD-ROM no ficheiro Grohe_Permutadores_Instacionário.pdf, apresenta-se esta análise detalhada realizado no software EES.

3.6. Implementação

Com o Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril é publicado o diploma legal que regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia, com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações intensivas de energia. Este DL tem obrigações e cumprimentos em vários aspectos, mas o Artigo 12.º informa os incentivos para promover os investimentos, aconselha-se à GROHE o recurso a este direito para de certa forma ajudar o financiamento das propostas de melhoria.

4. Conclusões

Com esta auditoria, pode-se concluir que a GROHE é considerada uma consumidora intensiva de energia, ultrapassando os largamente os 500 Tep/ano. Por este factor é abrangido pelo Decreto-Lei nº 71/2008 e assim pode beneficiar dos incentivos para a implementação das propostas.

Podemos concluir que a proposta da produção de energia com o funcionamento dos geradores é inviável e a microprodução tem um período de amortização bastante longo. As alterações do contracto da energia eléctrica, nomeadamente, da mudança do ciclo horário e das utilizações são viáveis e não acarretam qualquer custo. Na iluminação, os sensores apresentam um período de amortização bastante baixo, contudo não se prevê uma grande redução em relação aos consumos totais. Quanto à substituição das lâmpadas, as duas opções tem reduções de consumo consideráveis e um período de retorno aceitável. O sistema de recuperação de calor possui um período de amortização inferior a um ano e uma redução de consumo de cerca de 43%. Verificou-se em regime instacionário, a necessidade de 46 minutos depois do arranque para aquecer a água, até o sistema entrar nas condições necessárias ao funcionamento. Por fim a bomba escolhida para colocar o sistema em funcionamento foi a bomba centrífuga Lowara CEF 370/1, garantindo-se assim um caudal de 4,6 kg/s, enquanto no reaproveitamento da bomba Schneider BPI o diâmetro do rotor após o corte será de 116 mm e assim garantindo as mesmas condições funcionamento.

5. Referências e Bibliografia

Frank P. Incropera, 2003. David P. Dewitt. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa 5.^a ed.

Archibald Joseph Macintyre. 1997. Bombas e instalações de Bombeamento 2.^a ed.

Armando Oliveira. 2007. Sebenta de Métodos Computacionais em Eng^a Térmica

ANEXO A: Energy Contract Update

CI Project Albergaria
Energy Contract Update**Situation**

The last electrical energy contract celebrated in august 2007 reduced our energy costs, however it can be reduced even more. The time table costs (Ciclo Diário) chosen it is not the most suitable to our daily energy demand.

Solution

After analysing the other two time table costs available (Ciclo Semanal and Ciclo Semanal Opcional) we verified that it would be more advantage to change our current time table to Ciclo Semanal Opcional. Apparently this operation will not apply any relevant cost but it have to be a mutual agreement between GROHE Portugal and EDP the energy supplier.

Cost improvement:

Cost avoidance of approx. :

In winter semester 2.300,00 € / moth
In summer semester 5.500,00 € / moth
46.000,00 € / year

11/04/2008

TI/AL – A. Guedes

1

CI Project Albergaria
Energy Contract Update**Source of calculation**

With five recent electric bill's we came up with average energy consumption per day. We concluded that we have a energy consumption practically constant throw the day (see the first chart).

Energy Vazio Normal	Energy Super Vazio	Energy Ponta	Energy Cheias
2.233,70	2.236,25	2.265,25	2.254,65

[kWh/hour]

Note: A day is divided in four different periods (Vazio Normal, Super Vazio, Ponta and Cheias) which have a duration and energy prices different. It is necessary to verify Summer semester tariff.

	Tariff [€ kWh]		Ciclo Semanal				Ciclo Semanal Opcional		Ciclo Diário	
	Winter	Summer	Ciclo Semanal		Ciclo Semanal Opcional		Ciclo Diário			
			Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer		
Ponta	0,097	0,1007	784,75 €	488,81 €	784,75 €	488,81 €	878,92 €	912,44 €		
Cheia	0,0672	0,0693	1.450,19 €	1.718,72 €	1.450,19 €	1.718,72 €	1.515,12 €	1.562,47 €		
Vazio Normal	0,0425	0,0444	650,96 €	680,07 €	650,96 €	665,90 €	569,59 €	595,06 €		
Super Vazio	0,0398	0,0413	356,01 €	369,43 €	356,01 €	382,62 €	356,01 €	369,43 €		
Daily Costs			3.241,91 €	3.257,02 €	3.241,91 €	3.256,05 €	3.319,65 €	3.439,40 €		
Moith Costs (30 days)			97.257,44 €	97.710,72 €	97.257,44 €	97.681,49 €	99.589,44 €	103.182,09 €		
Cost Avoidance per Moith			2.331,99 €	5.471,37 €	2.331,99 €	5.500,60 €				
Percentage			2,34%	5,30%	2,34%	5,33%				
Cost Avoidance Predict per Year			46.820,21 €		46.995,56 €					

Changing the time table cost to Ciclo Semanal Opcional permits a cost avoidance of approx. 2,34% in Winter semester and 5,33% in Summer semester (see the second chart). For a better and visual comparison see page 3.

27/03/2008

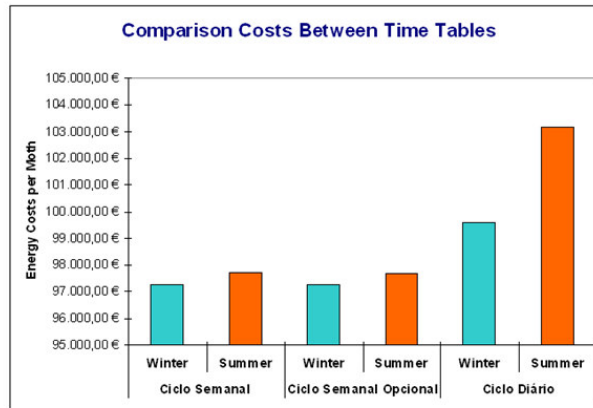
TI/AL – A. Guedes

2

CI Project Albergaria
Energy Contract Update



We can see here that time table Ciclo Diário is the worst option. Ciclo Semanal and Ciclo Semanal Opcional are very similar, however Ciclo Semanal Opcional is slightly better.



ANEXO B: Facturação de energia eléctrica

Período		Energia Activa				Energia Reactiva		Potência	
Mês	Trim	H.Ponta (kWh)	H.Cheia (kWh)	H.Vazio Normal (kWh)	H.Super Vazio (kWh)	H.Cheia (kV Arh)	Facturada (kVArh)	H.Ponta (kW)	Contratada (kW)
Set-07	III	244.048	615.128	364.794	239.779	0	770	2.025	3.086
Out-07	IV	198.758	499.030	296.530	197.171	0	566	2.070	3.086
Nov-07	IV	301.947	748.532	454.968	304.574	0	10	2.435	3.292
Dez-07	IV	269.694	664.019	400.022	269.318	0	38	2.497	3.292
Jan-08	I	155.071	382.532	222.600	149.565	0	673	1.846	3.360
Fev-08	I	323.359	803.973	483.007	324.373	0	0	2.608	3.360
Mar-08	I	296.357	739.159	449.284	299.357	0	0	2.558	3.360
Abr-08	II	305.915	768.242	467.273	311.569	0	0	2.467	3.369
Mai-08	II	161.592	813.113	428.848	281.495	0	0	2.693	3.409
TOTAL		2.256.741	6.033.728	3.567.326	2.377.201				