

Agradecimentos

Este trabalho não estaria completo sem uma palavra de reconhecido agradecimento a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, o tornaram possível.

A primeira palavra de gratidão devo-o à minha orientadora, Doutora Rosa Maria Pilão, pela disponibilidade e apoio prestados ao longo deste trabalho.

À minha esposa, Dores, e aos meus filhos, Rita e Bernardo, o meu “ muito obrigada” pelo afecto, compreensão e incentivo sempre manifestados.

Por último, um sentido agradecimento à Escola Secundária com 3º Ciclo João Gonçalves Zarco – Matosinhos, pelas facilidades que me concedeu com vista à concretização deste trabalho.

Resumo

De modo a reduzir o consumo energético, diminuindo o peso da factura energética anual e contribuindo para um ambiente mais limpo, a escola, que proporciona a aquisição de competências aliadas ao saber ser, saber estar e saber fazer, perante o flagelo da poluição atmosférica, deverá primeiramente perceber a importância da existência de uma gestão energética, para que com isso utilize eficientemente a energia.

É neste contexto que surge este trabalho, com o objectivo principal de realizar uma avaliação energética a uma escola, para que assim seja possível compreender a necessidade de alterar a forma de encarar a energia, já que, muitas vezes, ela é negligenciada, pois o peso da factura energética é baixo, quando comparado com o peso de outros factores.

Este trabalho começa pela recolha de toda a informação necessária, incluindo, facturas energéticas, plantas, horários, mapas relativos a docentes, funcionários e alunos, funcionamento da escola, iluminação e equipamentos, para posteriormente elaborar o levantamento energético, proceder à análise detalhada de facturas de energia eléctrica, determinar o índice de eficiência energética (IEE) pelo método simplificado no âmbito do Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) finalizando com a desagregação dos consumos eléctricos.

Os resultados do levantamento energético permitiram averiguar que a factura energética da escola no período em análise teve o valor de 26586 €/ano e que a principal forma de energia consumida na escola é a energia eléctrica com um peso de 87% no consumo total contra 7% atribuído ao consumo de combustíveis. Associado ao consumo de energia foi calculado o valor anual de cerca de 144 tCO₂e para as emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

Foi efectuada a desagregação dos consumos de energia eléctrica tendo-se concluído que a iluminação e equipamentos informáticos são os principais consumidores com pesos semelhantes na casa dos 39%. Foi possível concluir que o sistema de iluminação, instalado nos diferentes espaços da escola, se encontra desajustado à realidade da mesma tendo sido identificadas reais oportunidades de redução do consumo de energia eléctrica.

A análise detalhada das facturas permitiu concluir que a opção tarifária da escola não se encontra desajustada e permitiu identificar a necessidade de compensar a energia reactiva consumida pela escola.

O valor obtido para o IEE foi de 6,5 kgep/m².ano concluindo-se que o edifício cumpre os requisitos energéticos do RSECE.

Os resultados mostram que a avaliação energética da escola, permite conhecer a sua realidade energética, possibilitando a implementação de uma série de medidas que ensinam a utilizar a energia mais eficazmente, conseguindo-se reduzir consumos, custos bem como contribuir para a concretização do compromisso assumido por Portugal perante os países Europeus, relativo às emissões dos GEE.

Palavras - Chave: Energia, Eficiência energética, RSECE, Auditoria.

Abstract

In order to decrease the energetic expenditure, by diminishing the burden of the yearly energy bill and contributing to a clean environment school, which enables the acquisition of competences allied to the concepts of both knowing how to be, how to act and how to do when confronted with the atmospheric pollution, the importance of an energetic management existence should be understood beforehand so that, with this premise in mind, energy can be efficiently used.

This work is based on the above context, being its main purpose to accomplish a school's energy assessment in order that it will be possible to understand the need to alter the way energy is dealt with, seeing that it is very often neglected as the cost of the energetic bill is low when compared with the value of other factors.

This work starts by collecting all the necessary information, including energy bills, plants, timetables, maps related to the staff, clerks, janitors and students, school management, lightening and equipment so as to , a posteriori, calculate the energy cost rate, carry out the detailed analyses of electric energy bills and determine the Energy Efficiency Index by using the simplified method under the Energy-Based Clmatisation Systems for Buildings, aiming at stopping the electricity consumption disaggregation..

The results of the energy study made it possible to check that the school's energy bill, during the period of analysis, reached the amount of 26586€ per year and that the main source of energy used at school is the electric energy, reaching the total consumption amount of 87% versus 7% conferred to fuels' consumption. Connected with the energy consumption, the yearly amount of 144 tons for CO₂ and for the gases emissions of greenhouse gases was estimated.

The disaggregation of electric energy was carried out and the subsequent conclusion was that lightening and computer equipments stood for the main sources of consumption with similar amounts measured at around 39%. It was thus possible to conclude that the lightening system which is installed in the different school areas has been found to be misadjusted to its reality and real reduction opportunities of electric energy consumption were identified.

The bill's detailed analysis made it possible to conclude that the school's tariff option has not been found to be misadjusted and it also allowed to identify the need to compensate the reactive energy consumed in the school.

The obtained value for the Energy Efficiency Index was 6,5 kgep/m² a year, having reached the conclusion that the building comply with the energy demands of the Energy-Based Clmatisation Systems for Buildings.

The results put forward show that the school's energy assessment allows us to know about the energy reality, enabling us the implementation of a series of measures, which teach people how to use energy more efficiently, permitting consumption reductions as well as contributing to the fulfillment of the assumed commitments by Portugal in the presence of the European countries on what concerns the gases emissions of greenhouse gases.

Keywords – Energy, Energy Efficiency, RSECE, Auditor ship.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Abreviaturas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Objectivos do Trabalho	6
1.2 Estrutura do Trabalho	6
2. Enquadramento Legal	7
3. Conceitos Fundamentais	10
3.1 Sistema Tarifário	10
3.2 Índice de Eficiência Energética	17
3.3 Auditoria Energética	21
4. Caracterização do Edifício	23
4.1 Identificação do Edifício	23
4.2 Descrição do Espaço	24
4.3 Regime de Funcionamento	25
5. Levantamento Energético	28
6. Análise de Facturas Eléctricas	34
6.1 Distribuição dos Consumos por período horário	35
6.2 Energia Reactiva	39
6.3 Potência HP e Potência Contratada	41
6.4 Opção Tarifária	42
7. Indicador de Eficiência Energética	44
8. Desagregação dos Consumos Eléctricos	47
8.1 Metodologia Adoptada	47
8.2 Consumo no Sistema de Iluminação	48
8.3 Equipamento Informático	52
8.4 Sugestões de Racionalização dos Consumos de Energia Eléctrica ...	54
9. Conclusões e Sugestões para Trabalho Futuro	57
Referências Bibliográficas	59
Bibliografia	59

Anexos	61
Anexo 1. Facturas energéticas	61
Anexo 2. Planta da escola (corpo C)	71

Índice de Figuras

Figura 1.1.	Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG)	1
Figura 1.2.	Distribuição das diversas FER para a produção de energia eléctrica, em 2007 (Fonte: DGEG)	2
Figura 1.3.	Emissões de GEE e compromissos 2008-2012 em Portugal (Fonte: SCE; Instituto de Ambiente)	3
Figura 1.4.	Evolução da intensidade energética de Portugal e média Europeia (Fonte: Eurostat; Balanços Energéticos (DGEG); Análise (ADENE/DGEG))	4
Figura 1.5.	Evolução da intensidade energética por sector (Fonte: Eurostat; Análise (ADENE))	5
Figura 1.6.	Distribuição da energia final e eléctrica por sectores (Fonte: DGEG)	5
Figura 2.1.	Calendarização do SCE (Fonte: ADENE)	9
Figura 3.1.1.	Aditividade Tarifária (Fonte: ERSE)	11
Figura 3.1.2.	Variação das perdas com $\cos\phi$ (Fonte: ADENE)	16
Figura 4.1.	Fotografia da Escola Secundária João Gonçalves Zarco	23
Figura 5.1.	Evolução do consumo da electricidade no período 2006 – 2008 .	28
Figura 5.2.	Evolução do consumo de gás no período 2006 – 2008	29
Figura 5.3.	Evolução dos custos energéticos	31
Figura 5.4.	Distribuição de consumo de energia para o ano de 2008	31
Figura 5.5.	Distribuição de custos de energia para o ano de 2008	32
Figura 5.6.	Distribuição mensal dos consumos de electricidade no período 2006 – 2008	32
Figura 5.7.	Distribuição mensal dos consumos de gás natural no período 2006 – 2008	33
Figura 6.1.	Distribuição parcelar do custo da energia eléctrica (2008)	35
Figura 6.1.1.	Distribuição dos consumos da energia activa pelos períodos horários	36
Figura 6.1.2.	Distribuição dos custos da energia activa pelos períodos horários	36
Figura 6.1.3.	Variação dos consumos de energia activa com o mês de consumo (2008)	37

Figura 6.1.4.	Número médio de salas ocupadas em função do tempo lectivo ..	38
Figura 6.2.1.	Variação dos consumos de energia com o período de consumo .	39
Figura 6.2.2.	Retorno do investimento na compensação do factor de potência, para vários níveis de potência da instalação (Fonte: Manual Técnico de Gestão de Energia, UC)	40
Figura 6.3.1.	Evolução da potência com o mês de consumo (2008)	42
Figura 6.4.1.	Custo a energia eléctrica em função da opção tarifária para o período 2006 – 2008	43
Figura 8.4.1.	Desagregação dos consumos de energia eléctrica (2008)	54

Índice de Tabelas

Tabela 3.1.1.	Períodos trimestrais (Fonte: ERSE)	13
Tabela 3.1.2.	Períodos horários (Fonte: ERSE)	13
Tabela 3.2.1.	Factores de conversão para a electricidade (Fonte: DGEG)	18
Tabela 3.2.2.	Factores de conversão para combustíveis gasosos (Fonte: DGEG; ERSE; Nacional Gás)	18
Tabela 4.2.	Formas de energia e sua utilização	24
Tabela 4.3.1.	Horário de funcionamento e número de utentes da escola	25
Tabela 4.3.2.	Oferta educativa e formativa da escola	26
Tabela 5.1.	Quantificação dos consumos de energia para 2008	29
Tabela 5.2.	Evolução do número de alunos	30
Tabela 5.3.	Consumo específico da energia eléctrica	30
Tabela 5.4.	Valor gasto em energia para 2008	31
Tabela 6.1.	Estrutura da tarifa para o ano de 2008 (Fonte: ERSE)	34
Tabela 6.1.1.	Períodos horários de Inverno e Verão para o ano de 2008 (Fonte: ERSE)	35
Tabela 6.1.2.	Número de salas ocupadas por tempo lectivo para o ano lectivo de 2008-2009	38
Tabela 6.2.1.	Variação do factor de potência para o ano de 2008	41
Tabela 7.1.	Consumos energéticos anuais do edifício	44
Tabela 8.2.1.	Consumos estimados de energia eléctrica relativo à iluminação .	50
Tabela 8.2.2.	Nível médio de iluminação em função do espaço (Fonte: Norma DIN 5035)	51
Tabela 8.2.3.	Níveis de iluminação obtidos em função do espaço	51
Tabela 8.3.1.	Períodos de 45 minutos ocupados nas salas específicas de informática	53
Tabela 8.3.2.	Consumos estimados de energia eléctrica relativo ao equipamento informático	54
Tabela A.1	Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2006	61
Tabela A.2	Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2007	62
Tabela A.3	Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2008	63
Tabela A.4	Consumos relativos ao gás natural para o período 2006 – 2008 .	63
Tabela A.5	Custos relativos ao gás natural para o período 2006 – 2008	64
Tabela A.6	Consumos e custos relativos ao gás propano para 2008	64
Tabela A.7	Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2006	65

Tabela A.8	Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2006	66
Tabela A.9	Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2007	67
Tabela A.10	Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2007	68
Tabela A.11	Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2008	69
Tabela A.12	Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2008	70

Abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
BTN	Baixa Tensão com Potência contratada inferior ou igual a 41,4kW
BTE	Baixa Tensão com Potência contratada inferior ou igual a 41,4kW
C	Contratada
CFV	Consumida fora do vazio
CRT	Cathode Ray Tube /Tubo de Raios Catódicos
DGEG	Direcção - Geral de Energia e Geologia
EDP	Electricidade de Portugal
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FER	Fontes de Energia Renováveis
FPC	Fundo Português de Carbono
FV	Fora do Vazio
GEE	Gases de Efeito de Estufa
HC	Horas de Cheias
HP	Horas de Ponta
HV	Horas de Vazio
IEE	Indicador/Índice de Eficiência Energética
IP	Iluminação Pública
MAT	Muita Alta Tensão
MT	Média Tensão
PC	Potência contratada
PHP	Potência em horas de ponta
PIB	Produto Interno Bruto
PNAC	Programa Nacional para Alterações Climáticas
PNALE	Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão
PRE	Plano Racional de Energia
RCCTE	Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios

SCE	Sistema de Certificação Energética
TFT	Thin Fim Transistor / Transistor Fino de Filme
UC	Universidade de Coimbra
UE	União Europeia

1. Introdução

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás). Tal situação de escassez conduz a uma elevada dependência energética do exterior (82,9% em 2007), sendo totalmente dependente das importações de fontes primárias de origem fóssil, e com uma contribuição das energias hídrica (fortemente dependente das condições meteorológicas), eólica, solar e geotérmica, biogás e de lenhas e resíduos, que importa aumentar [1].

Na Figura 1.1 apresenta-se a evolução do consumo de energia primária em Portugal no período 1996 - 2007.

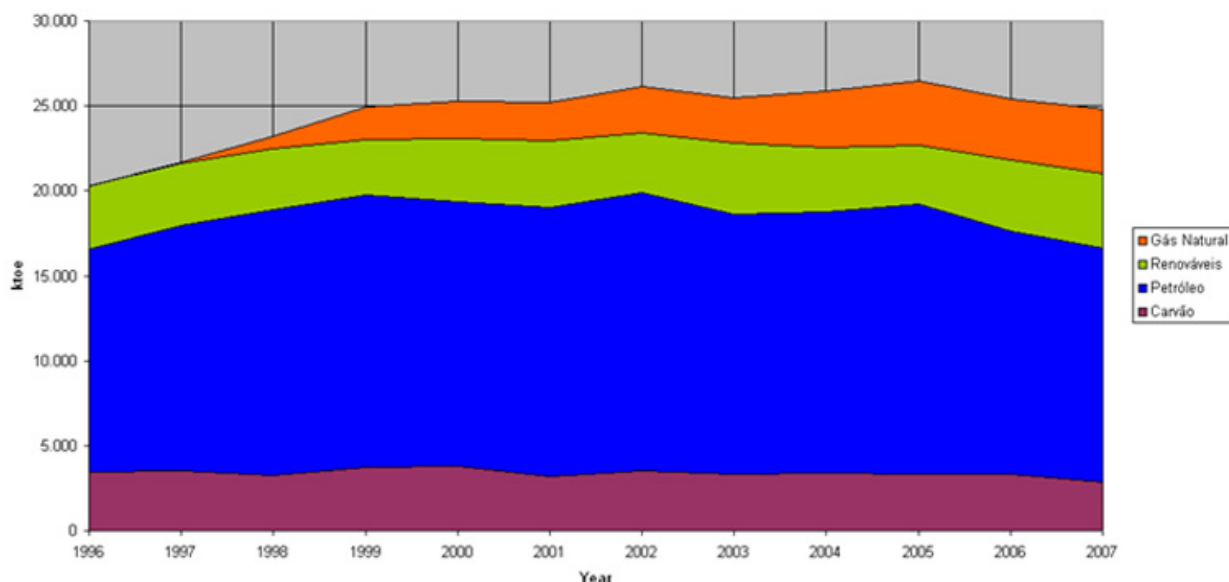


Figura 1.1 – Evolução do consumo de energia primária em Portugal (Fonte: DGEG)

É evidente a nossa dependência do petróleo que apresenta uma taxa de crescimento semelhante à verificada para o consumo total de energia primária.

O petróleo mantém um papel essencial na estrutura de abastecimento, representando 54,0% do consumo total de energia primária em 2007, contra 55,2% em 2006.

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 uma evolução positiva no mix energético, representando este combustível, em 2007, 15,0% do total do consumo em energia primária.

O consumo de carvão, representou em 2007 cerca de 11,3% do total do consumo de energia primária. Prevê-se uma redução progressiva do peso do carvão na produção de electricidade, devido ao seu impacto nas emissões de CO₂.

Também se verifica facilmente que Portugal tem investido nas fontes de energia renováveis (FER). Na figura 1.2 apresentam-se as contribuições das diversas FER para a produção de energia eléctrica, em 2007.

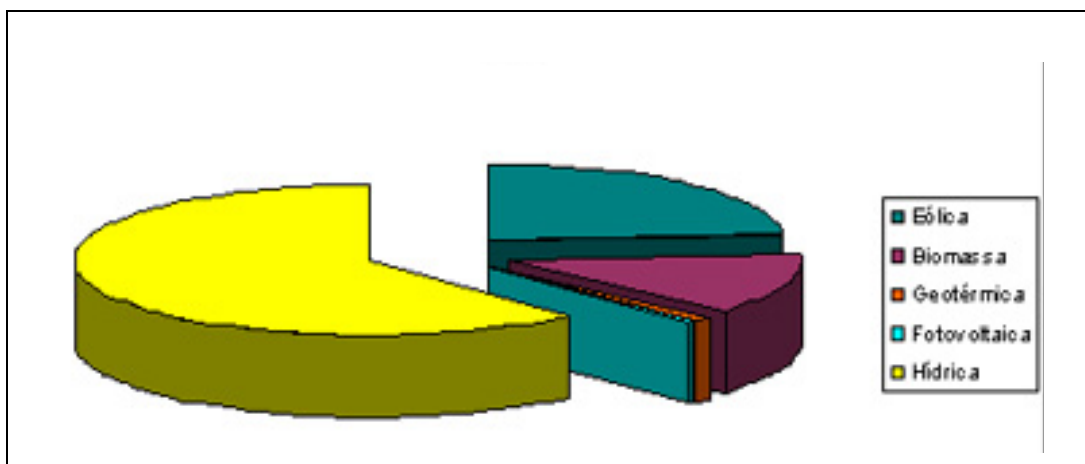


Figura 1.2 – Distribuição das diversas FER para a produção de energia eléctrica, em 2007 (Fonte DGEG)

Em 2007 o contributo das energias renováveis no consumo total de energia primária foi de 17,1% contra 16,3% em 2006.

É manifesto o crescimento da potência instalada em FER nos últimos anos para produção de electricidade. Atingiu-se em 2007, 7645 MW de potência instalada sendo 4883 MW em hídrica, 507 MW em biomassa, 2201 MW em eólica, 30 MW em geotérmica e 24 MW em fotovoltaica. Em 2007 foram produzidos 16861 GWh de energia eléctrica a partir de FER [1].

A Energia Final, em 2007, atingiu o valor de 18695 ktep, tendo-se verificado uma redução de 2,1% face a 2006. Registou-se uma diminuição do consumo de 7,1% de petróleo e um aumento de 5,9% de gás natural e de 3,3% em electricidade [1].

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final da Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ – quase a totalidade do compromisso da EU no âmbito da Protocolo de Quioto [2].

Portugal assumiu o objectivo de limitar o aumento das suas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em 27%, no período de 2008-2012, relativamente aos valores de 1990. Na figura 1.3 apresentam-se as emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) e compromissos 2008-2012 em Portugal.

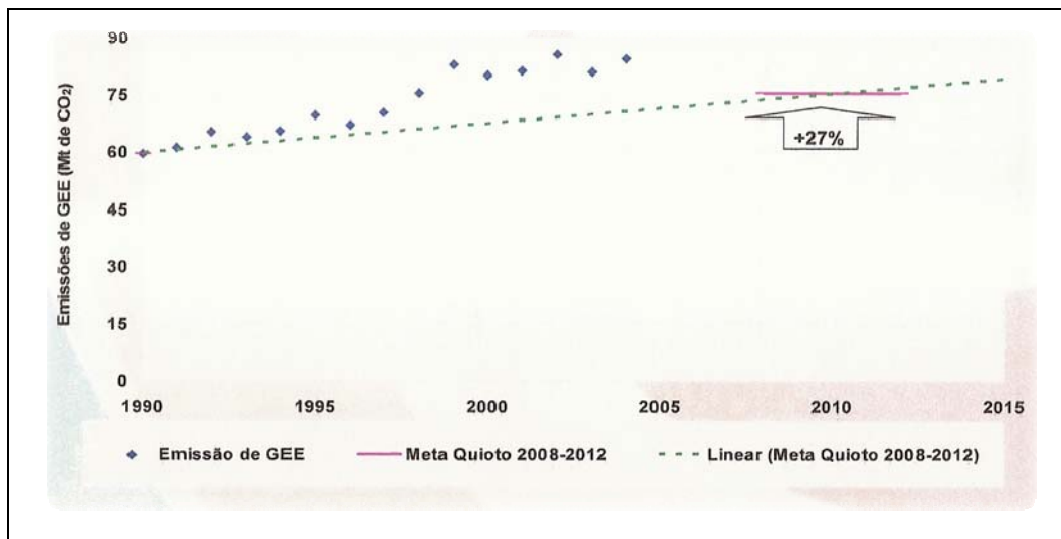


Figura 1.3 – Emissões de GEE e compromissos 2008-2012 em Portugal (Fonte: SCE/Instituto do Ambiente)

Para cumprir este objectivo, constituem instrumentos fundamentais [3]:

- O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2006), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto que define um conjunto de políticas e medidas internas que visam a redução de emissões de GEE por parte dos diversos sectores de actividade;
- O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE II), aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 1/2008 de 4 de Janeiro que estabelece a quantidade total de licenças de emissão a atribuir e a metodologia de distribuição pelas instalações fortemente emissoras de GEE, e como tal incluídas no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE);
- O Fundo Português de Carbono (FPC), criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março, que visa o desenvolvimento de actividades para a obtenção de créditos de emissão de GEE, designadamente através do investimento em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto.

De acordo com o Sistema de Certificação Energética (SCE), tem-se verificado uma forte inversão da intensidade energética. Este indicador é definido pela razão entre o total de energia consumida e o produto interno bruto (PIB), ou seja, representa a quantidade de energia, em toneladas equivalentes de petróleo, necessário para produzir uma unidade

de riqueza, num determinado território. Trata-se de um indicador que reflecte a conjunção de vários factores, entre os quais se destacam eficiência energética, a estrutura das actividades económicas e o clima de cada País ou região. A sua evolução em Portugal e média europeia encontra-se representada na figura 1.4.

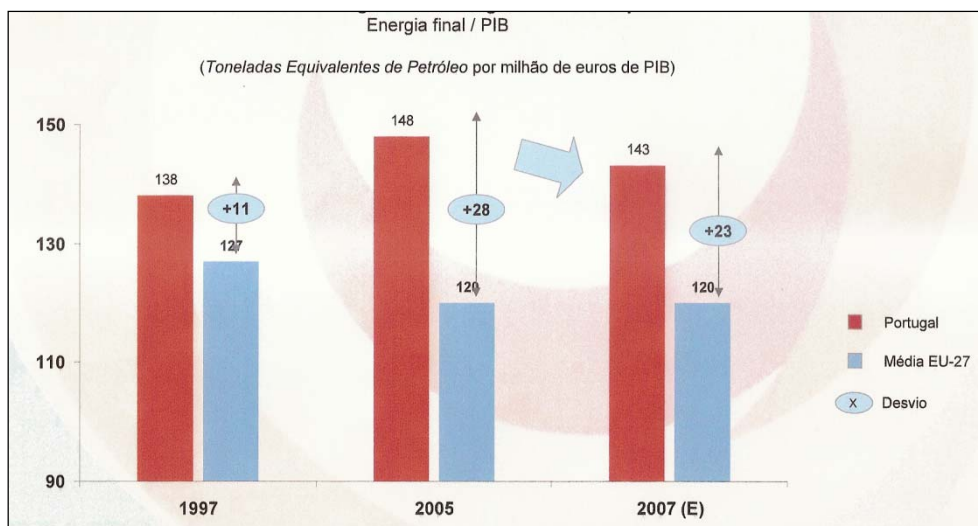


Figura 1.4 – Evolução da intensidade energética de Portugal e média europeia.

(Fonte: Eurostat; Balanços Energéticos (DGEG); Análise ADENE/DGEG)

Embora seja evidente, para o período 2005-2007, a tendência para a diminuição da intensidade energética, Portugal continua com um valor muito acima da média europeia, como é evidenciado na figura 1.4 através do desvio de +23. Tal valor significa que contrariamente ao desejável para uma economia desenvolvida, à medida que a economia vai crescendo a intensidade energética aumenta.

Os sectores que, em Portugal, mais têm contribuído para o aumento da intensidade energética são o residencial e serviços, ao invés da tendência europeia [4]. Os gráficos da figura 1.5 mostram como varia a intensidade energética por aqueles sectores, em Portugal e média europeia.

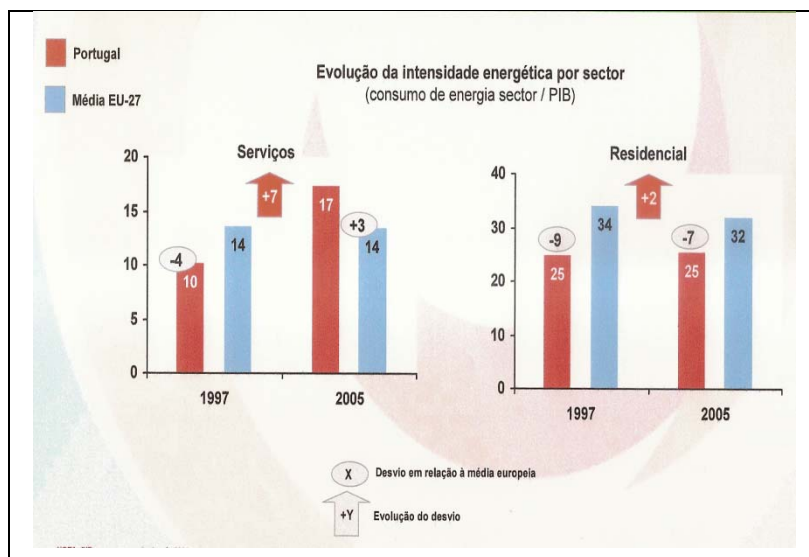


Figura 1.5 – Evolução da intensidade energética por sector. (Fonte: Eurostat ; Análise ADENE)

Os gráficos anteriores permitem inferir que Portugal apresenta uma evolução do desvio da intensidade energética, em relação à média europeia, de +7 para o sector serviços e +2 para o sector residencial.

De acordo com SCE, em Portugal, quase um terço da energia final é consumida nos edifícios. Na figura 1.6 são apresentadas as distribuições da energia final e energia eléctrica por sector.

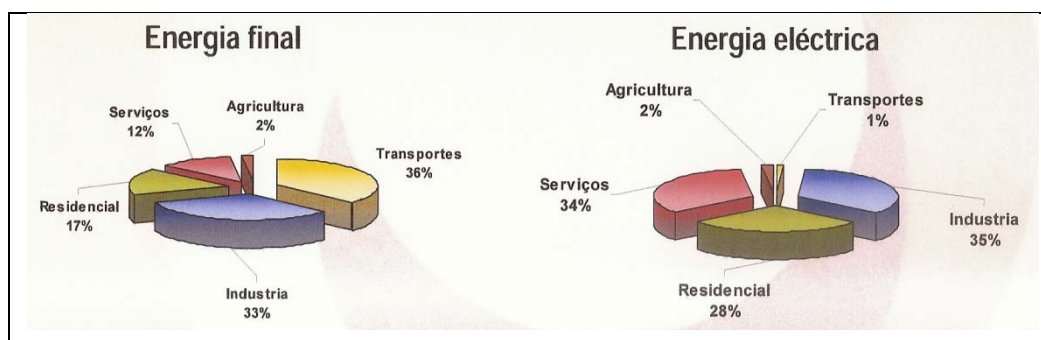


Figura 1.6 – Distribuição da energia final e eléctrica por sectores. (Fonte: DGEG)

As distribuições anteriores permitem avaliar o peso dos edifícios no consumo final de energia, sendo este de 29% para a energia final e de 62% para energia eléctrica.

1.1 Objectivos do Trabalho

Dado o peso da factura energética das escolas, o contributo de todas elas para um aumento da poluição ambiental e escassez do principal combustível primário, factos em não sintonia com os currículos programáticos actuais, pretende-se com este trabalho alertar para a necessidade da existência de uma gestão energética nas escolas.

1.2 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é constituído por 9 capítulos.

- No primeiro capítulo é apresentada a fundamentação do estudo, são descritos os objectivos do mesmo e respectiva organização.
- No segundo capítulo é feito o enquadramento legal inerente ao estudo.
- O terceiro capítulo inclui a apresentação de alguns parâmetros necessários para análise de facturas eléctricas, tarifários e método utilizado para a determinação do indicador de eficiência energética.
- No quarto capítulo é feita a caracterização do edifício em estudo.
- O quinto capítulo inclui o levantamento energético.
- No sexto capítulo apresenta-se a análise de facturas eléctricas.
- O sétimo capítulo contempla a determinação do índice de eficiência energética;
- O oitavo capítulo conta com a desagregação dos consumos eléctricos;
- No último capítulo faz-se uma síntese das principais conclusões com orientações e sugestões para trabalhos futuros.

2. Enquadramento Legal

Como já referido no primeiro capítulo, o elevado consumo de energia final na Europa, no sector dos edifícios, pode ser reduzido pela implementação de medidas de eficiência energética e, assim atingir quase a totalidade do compromisso da EU no âmbito do Protocolo de Quioto.

Deste modo, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Os objectivos da Directiva nº 2002/91/CE passam pelo enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, certificação energética dos edifícios e a inspecção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos. Destaque para a necessidade da implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes).

A Directiva nº 2002/91/CE foi transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei:

O Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), que tem por objectivos:

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no Regulamento das Características do Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE) e no Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE);
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;

- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respectivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita à qualidade do ar interior.

O Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 Abril, RSECE, que estabelece:

- As condições a observar no projecto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser assegurados em condições de eficiência energética através da selecção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;
- Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;
- Os termos de concepção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na óptica da sustentabilidade ambiental;
- As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.

O Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 Abril, RCCTE, que indica as regras a observar no projecto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que:

- As exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;
- Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial

impacte negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

A figura 2.1 apresenta a calendarização do SCE, definida pela Portaria 461/2007 de 5 de Junho.



Figura 2.1 – Calendarização do SCE. (Fonte: ADENE)

A Portaria 461/2007 de 5 de Junho define que ficam abrangidos pelo SCE:

- os novos edifícios destinados à habitação com área útil superior a 1000 m² e os edifícios de serviços, novos ou que sejam objecto de grandes obras de remodelação, cuja área útil seja superior aos limites mínimos estabelecidos nos números 1 ou 2 do artigo 27º do RSECE, de 1000 m² ou de 500 m², consoante a respectiva tipologia, cujos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente a partir de 1 de Julho de 2007;
- todos os edifícios novos, independentemente da sua área ou fim, cujos pedido licenciamento ou autorização de edificação sejam apresentados à entidade competente a partir de 1 de Julho de 2008;
- todos os edifícios, a partir de 1 de Janeiro de 2009

Ainda no âmbito do SCE, destacam-se as Portarias 835/2007 de 5 de Agosto e 10250/2008 de 8 de Abril, que definem, respectivamente, o valor das taxas de registo das Declarações de Conformidade Regulamentar e dos Certificados Energéticos, e o modelo do Certificado Energético

3. Conceitos Fundamentais

Neste capítulo, tendo em vista a economia de energia e a redução da factura eléctrica, são indicadas algumas constatações que se poderão fazer com base na análise das facturas eléctricas, conjugadas, sempre que possível, com outros dados disponíveis, como, diagramas de carga, medições de consumos em diferentes sectores e evolução da produção ao longo do período constante da factura. Pela importância que a escolha do sistema tarifário apresenta para o consumidor, é feita uma abordagem ao mesmo.

Também é desenvolvido o método que permite avaliar o índice de eficiência energética de edifícios.

3.1 Sistema Tarifário

De acordo com a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), o sistema tarifário assenta no seguinte conjunto de princípios fundamentais que emanam da legislação do sector eléctrico [5]:

- Igualdade de tratamento e de oportunidades.
- Uniformidade tarifária.
- Criação de incentivos às empresas reguladas para permitir o desempenho das suas actividades de uma forma economicamente eficiente, respeitando:
 - Padrões de qualidade de serviço.
 - Níveis adequados de segurança na produção, no transporte e na distribuição de energia eléctrica.
- Contribuição para a melhoria das condições ambientais, permitindo:
 - Maior transparência na utilização de energias renováveis e endógenas.
 - Adequado planeamento e gestão dos recursos energéticos.
- Protecção dos clientes face à evolução das tarifas, assegurando simultaneamente o equilíbrio financeiro às empresas reguladas, em condições de gestão eficiente.
- Repercussão da estrutura dos custos marginais na estrutura das tarifas, tendo em vista a eficiência económica na utilização eficiente das redes e da energia eléctrica.
- Transparência e simplicidade na formulação e fixação das tarifas.
- Estabilidade das tarifas, tendo em conta as expectativas dos consumidores.

O sistema tarifário e a metodologia de cálculo das tarifas devem promover de forma transparente a eficiência na afectação de recursos e a equidade e justiça das tarifas, sem esquecer a necessidade de manter o equilíbrio económico e financeiro das empresas reguladas, a qualidade do fornecimento de energia eléctrica e a estabilidade da evolução tarifária.

As tarifas de acesso às redes pagas por todos os consumidores de energia eléctrica incluem as tarifas de Uso Global do Sistema, Uso da Rede de Transporte, Uso da Rede de Distribuição e de Comercialização de Redes. Os clientes não vinculados que escolheram o seu comercializador que actua no mercado pagam as tarifas de acesso às redes e negociam livremente os preços de fornecimento de energia com o seu comercializador.

As tarifas de Venda a Clientes Finais aplicadas pelo comercializador Electricidade de Portugal (EDP) regulado aos seus clientes são calculadas, a partir das tarifas por actividade incluídas no acesso ao sistema, adicionadas das tarifas reguladas de Energia e de Comercialização.

A figura 3.1.1 representa, em esquema, a aditividade tarifária para tarifas de venda a clientes finais.

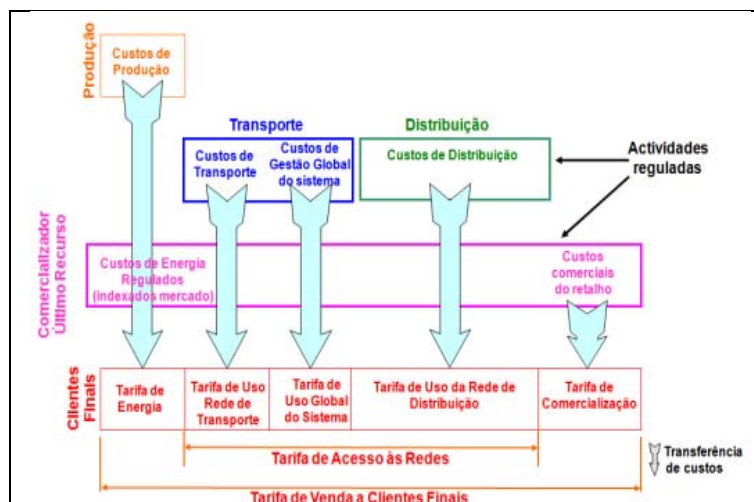


Figura 3.1.1 - Aditividade Tarifária. (Fonte: ERSE)

Na venda de energia eléctrica a Clientes Finais pela EDP, são aplicadas um conjunto de opções definidas pela ERSE. Assim, tendo por base o sistema tarifário para o ano de 2008:

1 - Níveis de tensão

Os níveis de tensão considerados são:

- BT - Baixa Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV);

- BTN - Baixa tensão com potência contratada inferior ou igual a 41,4 kW;
- BTE - Baixa tensão com potência contratada superior a 41,4 kW;
- MT - Média Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e igual ou inferior a 45 kV);
- AT - Alta Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 45 kV e igual ou inferior a 110 kV);
- MAT - Muito Alta Tensão (tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 110 kV).

2 – Opções tarifárias

Em cada nível de tensão são postas à disposição dos Clientes diversas opções tarifárias.

No quadro seguinte apresentam-se as opções tarifárias disponíveis no ano de 2008.

Nível de Tensão	Limites da Potência Contratada	Opções Tarifárias	Potência e Termo Tarifário Fixo (1)	Energia Activa		Energia Reactiva (4)	
				Períodos Trimestrais (2)	Nº Períodos Horários (3)	Fornecida pela rede	Fornecida à rede
Baixa Tensão Normal	1,15 a 2,3 kVA	Tarifa Social	a	-	1	-	-
	1,15 a 20,7 kVA	Tarifa Simples	a	-	1	-	-
	3,45 a 20,7 kVA	Tarifa Bi-Horária	a	-	2	-	-
	27,6 a 41,4 kVA	Tarifa Simples (*)	a	-	1	-	-
	27,6 a 41,4 kVA	Tarifa de Médias Utilizações	a	-	3	-	-
	27,6 a 41,4 kVA	Tarifa de Longas Utilizações	a	-	3	-	-
	3,45 a 20,7 kVA	Tarifa Sazonal Simples	a	-	1	-	-
	3,45 a 20,7 kVA	Tarifa Sazonal BI-Horária	a	-	2	-	-
	3,45 a 41,4 kVA	Tarifa Sazonal Tri-Horária	a	-	3	-	-
-	Tarifa de Iluminação Pública	-	-	1	-	-	
Baixa Tensão Especial	> 41,4 kVA	Tarifa de Médias Utilizações	x	-	3	X	X
	> 41,4 kVA	Tarifa de Longas Utilizações	x	-	3	X	X
Média Tensão	-	Tarifas Tetra-Horária de:					
	-	Curtas Utilizações	x	x	4	x	x
	-	Médias Utilizações	x	x	4	x	x
Alta Tensão	≥ 6 MW	Longas Utilizações	X	x	4	x	x
	≥ 6 MW	Tarifas de Curtas Utilizações	x	x	4	x	x
	≥ 6 MW	Tarifa de Médias Utilizações	x	x	4	x	x
Muito Alta Tensão	≥ 25 MW	Tarifa de Longas Utilizações	x	x	4	x	x
Muito Alta Tensão	≥ 25 MW	Tarifa única	x	x	4	x	x

- (1) "X" Existência de preços de potência e de preços do termo tarifário fixo
 - "a" Existência de um preço correspondente ao escalão de potência e ao termo tarifário fixo
 - "-." Não aplicável
- (2) "-." Preços sem diferenciação trimestral
 - "x" Preços com diferenciação trimestral
- (3) "1" Sem diferenciação horária
 - "2" Dois períodos horários: fora de vazio e vazio
 - "3" Três períodos horários: ponta, cheias e vazio
 - "4" Quatro períodos horários: ponta, cheias, vazio norma e super vazio
- (4) "-." Não aplicável
 - "x" Existência de preço correspondente ;

A opção tarifária adoptada pelo cliente nem sempre é a que minimiza os custos da factura de energia eléctrica, como tal também deverá fazer-se uma análise deste factor.

As facturas de energia eléctrica fornecem os elementos necessários que permitem apurar se esta situação se verifica ou não.

Em geral, para verificar se a opção tarifária é a ideal para a entidade consumidora basta considerar os valores dos consumos registados nas facturas eléctricas e recalculer a quantia a pagar, substituindo os preços unitários pelos seus correspondentes de outras opções tarifárias.

3 - Períodos tarifários

Nos termos do Regulamento Tarifário consideram-se os períodos tarifários apresentados nas tabelas 3.1.1 e 3.1.2

Tabela 3.1.1 - Períodos trimestrais (Fonte: ERSE)

Período I	1 de Janeiro a 31 de Março
Período II	1 de Abril a 30 de Junho
Período III	1 de Julho a 30 de Setembro
Período IV	1 de Outubro a 31 de Dezembro

Tabela 3.1.2 - Períodos horários (Fonte: ERSE)

Horas fora do vazio	Horas de ponta
	Horas cheias
Horas de vazio	Horas de vazio normal
	Horas de super vazio

- a) O período de horas de vazio é aplicável nas tarifas com dois e três períodos horários e engloba os períodos de horas de vazio normal e de horas de super vazio.
- b) O período de horas fora de vazio é aplicável nas tarifas com dois períodos horários e engloba os períodos de horas de ponta e de horas cheias.

- c) Os períodos horários referidos no ponto 3 são diferenciados de acordo com os ciclos definidos no respectivo tarifário de venda da energia eléctrica.

4 - Estrutura da tarifa

A estrutura de uma factura eléctrica baseia-se, de um modo geral, na separação entre uma parcela relativa à energia (activa ou activa +reactiva) e uma parcela relativa à potência (contratada e horas de ponta) e, ainda, um termo fixo, pouco relevante no valor final da factura.

As tarifas de venda a Clientes Finais são compostas pelos seguintes preços cujos valores são apresentados no tarifário de venda de energia eléctrica a clientes finais:

1. Para fornecimentos em MAT, AT, MT e BTE
 - Preços de contratação, leitura, facturação e cobrança (Termo tarifário fixo);
 - Preços de potência contratada;
 - Preços de potência em horas de ponta;
 - Preços de energia activa;
 - Preços de energia reactiva.
2. Para fornecimentos em BTN
 - Preços de potência contratada e de contratação, leitura, facturação e cobrança;
 - Preços de energia activa;
3. Para fornecimentos em IP
 - Preços de energia activa.

A energia activa é facturada por aplicação dos preços que no tarifário de venda são definidos para cada período tarifário por opção tarifária e por nível de tensão, em Euros por kWh.

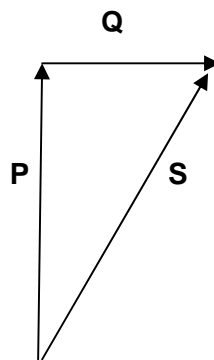
Quanto à energia reactiva, esta apenas é facturada para fornecimentos em MAT, AT, MT e BTE, sendo, nesse caso, o seu cálculo feito por aplicação dos preços em Euros por kVarh, definidos no tarifário de venda.

A análise dos consumos de energia activa nos diversos períodos horários poderá permitir estabelecer medidas destinadas à redução dos custos energéticos. Por vezes, consumos substanciais podem ser transferidos das horas de ponta para as horas cheias ou de vazio.

A energia reactiva, surge pelo facto de determinados aparelhos necessitarem, para poderem funcionar, de uma forma de energia eléctrica que não produz trabalho.

São exemplos desses aparelhos: motores eléctricos e transformadores.

O esquema seguinte representa a relação entre a potência (energia por unidade de tempo) activa e reactiva.



$$S = (P^2 + Q^2)^{1/2}$$

S – potência aparente

P – potência activa

Q – potência reactiva

A potência **P** é a componente útil da potência **S**. A potência **Q** serve apenas para permitir que **P** origine trabalho. No entanto, a potência **S** representa a carga que efectivamente é apresentada a todo o sistema de produção e transporte de energia eléctrica.

Do esquema representado conclui-se que mantendo constante o valor de **P**, quanto menor for **Q** menor será **S**.

É fácil de entender que a situação ideal corresponde a $S = P$, ou seja $Q = 0$, situação que não é possível. No entanto, é possível compensar a potência reactiva através da introdução de condensadores ao sistema. A EDP facturará a energia reactiva quando não compensada pelo utilizador.

A EDP impôs o valor de 0,93 como limite inferior para o factor de potência ($\cos \varphi =$ quociente entre **P** e **S**), a partir do qual a energia reactiva é taxada. Para valores de factor de potência inferiores a 0,93, a potência reactiva é superior a 40% da energia activa, tendo com consequência um aumento rápido da potência aparente e aumento das perdas nos condutores.

Os consumos excessivos de energia reactiva, determinados por baixos valores de factor de potência, apresentam inconvenientes diversos, dos quais se destacam:

- **Aumento das perdas na rede** - as perdas na rede são proporcionais ao quadrado da corrente e não apenas à componente activa da corrente.

Na figura 3.1.2 pode observar-se como variam as perdas em linha com o $\cos \varphi$ para uma potência activa transportada.

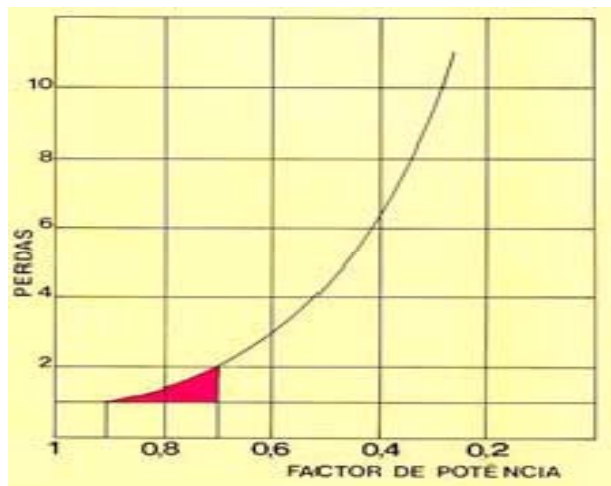


Figura 3.1.2 – Variação das perdas com $\cos\phi$. (Fonte: ADENE)

Verifica-se que quando o factor de potência passa de 0,70 para 0,93, as perdas reduzem-se para metade.

- **Redução da vida útil dos equipamentos** – a ocorrência de sobrecargas frequentes provoca o aquecimento excessivo nos dispositivos de comando e protecção das redes, encurtando a sua duração.
- **Penalizações tarifárias** – para satisfazer os pedidos de energia reactiva, a empresa produtora (EDP) tem de proceder a investimentos suplementares ao nível da produção e distribuição, que implicam condições tarifárias mais gravosas para os consumidores.
- **Substituição da capacidade instalada** – a energia reactiva, ao sobrecarregar as instalações eléctricas de baixo factor de potência, inviabiliza a sua plena utilização, condicionando futuras aplicações.

Tal como referido anteriormente, a parcela da potência constante na factura inclui uma potência contratada e uma potência em horas de ponta.

A potência contratada (PC) é a potência que a EDP Distribuição coloca à disposição do Cliente, não devendo ser superior à potência para a qual a ligação foi construída (potência requisitada).

A potência em horas de ponta é calculada pelo quociente entre a energia activa fornecida ao Cliente em horas de ponta e o número de horas de ponta, ambos considerados para o período de tempo a que a factura respeita.

Nos fornecimentos de energia eléctrica em MAT, AT, MT e BTE, os valores da potência contratada e da potência em horas de ponta são facturadas por aplicação dos respectivos

preços definidos por cada opção tarifária e por nível de tensão, em Euros, por kW, por mês, definidos no tarifário de venda.

Se nas facturas existirem discrepâncias significativas entre cada mês na PC e PHP, dever-se-á analisar hipóteses de medidas a tomar, como seja, por exemplo, o controle de pontas.

A facturação do termo fixo correspondente aos encargos de contratação, leitura, facturação e cobrança, aplica-se nos fornecimentos de energia eléctrica em MAT, AT, MT e BTE, é facturado de acordo com os preços fixados para cada nível de tensão, em Euros por mês, definidos no tarifário de venda.

3.2 Índice de Eficiência Energética

De acordo com Artigo 3º do RSECE (Decreto-Lei 79/2006) são definidos índices de caracterização:

Ponto 1: *A caracterização energética de um edifício ou fracção é feita através de um indicador de consumo específico, expresso em unidades de energia final ou primária por metros quadrados de área útil por ano.*

Ponto 2: *Em casos específicos, a caracterização indicada no número anterior pode ser feita alternativa ou cumulativamente por um indicador que seja específico à função do edifício ou da actividade nele ou em parte dele desenvolvida, segundo lista aprovada por despacho de director-geral de Geologia e Energia.*

Ponto 3: *Para efeitos do disposto nos números anteriores, a contribuição de todas as formas de energia renovável não é incluída no cálculo dos valores dos indicadores referidos, sendo, no entanto, obrigatória a indicação do valor imputável às energias renováveis em causa, expresso nas unidades referidas no nº1.*

Ponto 4: *A caracterização da eficiência energética dos edifícios pode também ser feita por um indicador de CO₂ produzido correspondente ao consumo de energia do edifício por metros quadrados de área útil, utilizando para o efeito a informação sobre o mix energético nacional de um ano de referência e os valores de conversão entre energia primária e produção de CO₂ publicados anualmente pela Direcção-Geral de Geologia e Energia.*

Ponto 6: *Para os efeitos da fixação dos requisitos energéticos de cada edifício a que o presente Regulamento se aplica, o País é dividido em zonas climáticas de Inverno e de Verão, de acordo com o estabelecido no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).*

Assim, os edifícios ou fracções autónomas são caracterizados por Indicadores de Consumo (IEE's) expressos em unidades de energia final ou primária (kgep/m².ano).

O IEE pode representar uma das duas seguintes situações:

- **Consumo específico real do edifício** (IEE_{real}) - obtido através dos dados energéticos que reproduzem a situação real de funcionamento do edifício (análise de facturas energéticas ou auditoria com simulação);
- **Consumo específico nominal do edifício** ($IEE_{nominal}$) - obtido através da realização de uma auditoria com simulação, utilizando os padrões nominais de utilização do edifício. Este valor de IEE pode também representar o consumo estimado do edifício e obtido na fase de projecto.

O Indicador de Eficiência Energética (IEE) é calculado a partir dos consumos nominais ou reais de energia de um edifício durante um ano, englobando a totalidade dos consumos, convertidos, utilizando factores de conversão definidos em função do mix energético nacional, para a energia primária.

Na tabela 3.2.1 apresentam-se, para a electricidade, os factores de conversão a utilizar (Despacho nº17313/2008) e na tabela 3.2.2 apresentam-se, os factores de conversão a utilizar com combustíveis gasosos (Despacho nº17313/2008; ERSE; Nacional Gás)).

Tabela 3.2.1 – Factores de conversão para a electricidade (Fonte: DGEG)

Fonte de energia	(tep/kWh)	(kg _{CO2e} /kWh)
Electricidade	$2,15 \times 10^{-4}$	0,47

Tabela 3.2.2 – Factores de conversão para combustíveis gasosos
(Fonte: DGEG; ERSE; Nacional Gás)

Fonte de energia	(kg/m ³)	(tep/t)	(kg _{CO2e} /tep)
Gás Natural	0,84	1,077	2683,7
Gás Propano	2,0	1,130	2637,7
Gás Butano	2,6	1,130	2637,7

Dado que há variações de clima e, portanto, de consumos de energia de ano para ano, o IEE_{real} tem de ser calculado com base na média dos consumos dos três últimos anos anteriores à avaliação energética

De acordo com o RSECE (Decreto-Lei nº 79/2006, Anexo IX), o IEE é calculado pela seguinte fórmula :

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (1)$$

em que:

IEE_I – indicador de eficiência energética de aquecimento (Kgep/m².ano)

IEE_V – indicador de eficiência energética de arrefecimento (Kgep/m².ano)

Q_{out} – consumo de energia não ligado ao aquecimento e arrefecimento (Kgep/ano)

A_p – área útil de pavimento (m²)

Por sua vez:

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times F_{cl} \quad (2)$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A_p} \times F_{cv} \quad (3)$$

em que:

Q_{aq} – consumo de energia de aquecimento (kgep/ano)

F_{cl} – factor de correcção do consumo de energia de aquecimento.

Q_{arr} – consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano)

F_{cv} – factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento.

Para o cálculo dos factores de correcção de consumo de energia de aquecimento e arrefecimento (F_{cl} e F_{cv}) adopta-se, como região climática de referência, a região I1-V1 Norte, 1000 graus-dia de aquecimento e 160 dias de duração da estação de aquecimento.

Factor de correcção da energia de aquecimento (F_{cl})

$$F_{cl} = \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} \quad (4)$$

em que:

N_{I1} – necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo localizado da zona de referência I₁ (kWh/m².ano);

N_{Ii} – necessidades máximas de aquecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo na zona onde está localizado (kWh/m².ano).

Factor de correcção da energia de arrefecimento (F_{cv})

$$F_{cv} = \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} \quad (5)$$

em que:

N_{V1} – necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo localizado da zona de referência I₁– V₁ (kWh/m².ano);

N_{Vi} – necessidades máximas de arrefecimento permitidas pelo RCCTE, calculadas para o edifício em estudo na zona onde está localizado (kWh/m².ano)

De acordo com o ponto 1 do Artigo 7º do RSECE (DL nº 79/2006) “O consumo global específico de energia de um grande edifícios de serviços em condições normais de

funcionamento, é avaliado periodicamente por auditoria energética realizada no âmbito do SCE, não podendo ultrapassar o valor definido ...”, resulta que a determinação do IEE pode ser efectuada, quer através de uma abordagem simplificada, quer através de uma auditoria energética.

A abordagem simplificada permite determinar o IEE_{real} , através da análise de facturas energéticas, sem correcção climática, através da seguinte metodologia:

- Determinação do consumo anual global do edifício através de facturas energéticas (electricidade e combustíveis), convertidos em energia primária através dos factores conversão definidos.
- Determinação do IEE aproximado do edifício, através da seguinte expressão:

$$IEE = \frac{Q_{global}}{A_p} (kgep / m^2 .ano) \quad (6)$$

Sempre que o valor de IEE assim calculado for igual ou inferior ao valor de referência (Anexo...), o processo de análise energética ao edifício fica concluído, pois este cumpre os requisitos energéticos de RSECE, não sendo necessária a definição de quaisquer medidas de racionalização energética, não permitindo, no entanto, que seja emitido um certificado energético. Para tal, deverão discretizar-se os consumos energéticos para preenchimento de todos os campos afectos à emissão do certificado e utilizar um valor calculado com base nos perfis nominais de referência.

A validade da aproximação utilizada no método acima referido, prende-se com o facto de os factores de correcção climática existentes na expressão de cálculo do IEE, serem sempre menores ou iguais a 1.

$$IEE = \frac{Q_{aq}}{A_p} \times \frac{N_{I1}}{N_{Ii}} + \frac{Q_{arr}}{A_p} \times \frac{N_{V1}}{N_{Vi}} + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (7)$$

Assim, a simplificação introduzida na análise simplificada conduz a um resultado de IEE que, no limite, será superior ao calculado pela expressão (6) acima referida.

Quando o valor de IEE_{real} obtido desta análise simplificada for superior ao valor de referência, será necessário realizar uma auditoria energética detalhada de todo o edifício, realizada no âmbito do SCE, utilizando um modelo de simulação dinâmico multizona e os perfis de referência de utilização dos edifícios, obtendo-se a estrutura dos consumos nominais do edifício, permitindo determinar o $IEE_{nominal}$ que será confrontado com o IEE de referência.

À semelhança do que já foi referido anteriormente, podem aparecer dois tipos de situações:

- Se o IEE calculado é igual ou inferior ao valor de referência, conclui-se a análise, pois o edifício está regulamentar;
- Se o IEE calculado for superior ao valor de referência, haverá necessidade de efectuar um Plano de Racionalização de Energia (PRE) que permita a redução dos consumos de forma a cumprir os limites impostos, e cuja implementação é obrigatória no prazo de 3 anos, caso as medidas tenham viabilidade económica.

A implementação do IEE no RSECE assume, de facto, elevada importância, visto aquele indicador ser fundamental para determinar o cumprimento, ou não, dos requisitos de eficiência energética dos edifícios por ele abrangidos.

3.3 Auditoria Energética

Qualquer processo de gestão de energia terá necessariamente que começar pelo conhecimento da situação energética da instalação. O princípio é óbvio - **para gerir é indispensável conhecer o objecto de gestão.**

O levantamento energético pode interpretar-se como a primeira radiografia ao desempenho energético da instalação. Através dele, avalia-se quanta energia é efectivamente consumida e de que forma é essa energia utilizada, estabelecem-se os principais fluxos e identificam-se os sectores ou equipamentos onde é prioritário actuar [6].

Por auditoria energética entende-se o exame detalhado das condições de utilização de energia na instalação. A auditoria permite conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando igualmente soluções para as anomalias detectadas [6].

A auditoria energética pode também constituir uma obrigação legal. Com efeito, os grandes edifícios de serviços existentes estão obrigados a fazer uma auditoria energética de 6 em 6 anos (Decreto - Lei 79/2006)

A auditoria energética surge assim como um instrumento fundamental, para contabilizar os consumos de energia, a eficiência energética dos seus equipamentos e as perdas que se verificam, tendo como finalidade última economizar energia através do uso mais eficiente da mesma.

A condução eficaz de uma auditoria energética é um processo que envolve algumas tarefas a desenvolver por ordem e sequência correctas, que vai desde a análise detalhada das facturas de energia do ano que antecede a auditoria – Levantamento energético, passando pela análise física detalhada aos equipamentos geradores/consumidores de energia térmica e eléctrica existentes na instalação, suas condições de operação e controlo, assim como os

cuidados de manutenção e o seu tempo de funcionamento, até à fase final do estudo no qual são indicados os resultados e medidas a tomar para a redução dos consumos energéticos em áreas específicas [6].

Deste modo, as auditorias energéticas permitem fornecer informações específicas e identificar as possibilidades reais de economias de energia, consistindo basicamente num exame crítico da forma como é utilizada a energia com base nos registos, tanto quanto possível rigorosos, dos consumos e custos.

4. Caracterização do Edifício

Neste capítulo são evidenciadas as características inerentes ao edifício em estudo, para que seja possível compreender a sua realidade e o enquadramento das sugestões/medidas propostas.

4.1 Identificação do Edifício

O edifício em estudo trata-se de uma escola de ensino público, construído no ano de 1963.

Nome..... Escola Secundária João Gonçalves Zarco

Morada..... Avenida Villagarcia de Arosa 4454-504 Matosinhos

Telefone.....22 9396250

Fax.....22 9396251

E-mail.....escol@zarco.mail.pt

Site.....www.zarco.pt

Concelho.....Matosinhos

Distrito.....Porto

O objecto desta avaliação energética é um edifício, com aproximadamente 50 anos, que se encontra em remodelação desde 15/09/2008 e que se apresenta na figura 4.1.

Tal remodelação inclui:

- reorganização dos corpos existentes, de modo a que a sua comunicação se faça internamente;
- modificação dos espaços existentes, no que respeita a tamanho, sistema de insonorização e de climatização, aproveitando o mais possível a iluminação natural;
- criação de mais espaços verdes no exterior.



Figura 4.1 – Fotografia da Escola Secundária João Gonçalves Zarco

4.2 Descrição do Espaço

O espaço da escola conta com três corpos:

- **A** – corpo principal que inclui 34 salas de aula, ginásio, balneários, serviços administrativos e afins, sala dos Professores, auditório e gabinetes dos diferentes departamentos, com uma área de 4750 m²;
- **B** – que inclui cozinha, restaurante, polivalente, recreio coberto, 5 salas de aula, biblioteca, reprografia, papelaria e recreio coberto, com uma área de 1742 m²;
- **C** – que inclui salas de aula específicas de informática, mecânica, electrotecnia, contabilidade e gestão, laboratórios de Física, Química, Biologia e Geologia, num total de 20 salas, e polivalente, com uma área de 2063 m².

Atendendo ao RSECE (DL nº 79/2006) e de acordo com as plantas e dados recolhidos, considera-se que a área útil da escola é de 8555 m².

A escola é cliente da EDP de Média Tensão (MT), com uma opção tarifária de Médias Utilizações Tri-horária e de ciclo horário diário.

Para além do consumo de energia eléctrica, a escola também consome:

- gás natural canalizado, cliente da EDP- Gás.
- gás propano e butano comercial, cliente da Galp Energia.

Na tabela 4.2 apresenta-se a relação entre cada uma das formas de energia com a sua utilização.

Tabela 4.2 – Formas de energia e sua utilização

Forma de energia	Utilização
Electricidade	Iluminação; equipamentos
Gás Natural	Caldeiras e sistema de aquecimento
Gás Propano e Butano	Cozinha

Relativamente à iluminação, de uma forma geral, representa um elemento com um peso significativo no consumo eléctrico de edifícios de serviços.

O edifício em estudo não será certamente uma excepção, uma vez que de acordo com as informações recolhidas, o número de lâmpadas é elevado e apresenta um período de

consumo alargado, como se verificará no capítulo 8. As lâmpadas existentes são, na generalidade, do tipo fluorescente tubular com balastros convencionais (TLD – 36W/57 – 765; de 2500 lumen).

Além do consumo eléctrico por parte da iluminação, o equipamento informático, também, representa um elemento de forte consumo, uma vez que a escola tendo como objectivo, incutir o gosto e a necessidade do uso da informática, dispõe de um elevado número de computadores/monitores (300W + 65W), distribuídos por toda a escola.

Relativamente ao sistema de aquecimento é importante referir que, para o período a que este trabalho reporta, apenas funcionava no corpo A, já que era o único que reunia as condições necessárias para o efeito. De salientar, ainda, que o uso do sistema de aquecimento nas salas, apenas se fazia em meses que atingem temperaturas mais baixas.

4.3 Regime de Funcionamento

A escola funciona em regime diurno e nocturno, com o ensino básico e secundário. O número de alunos, professores e funcionários, varia de acordo com as ofertas de escola e respectivas necessidades.

Na tabela 4.3.1 e 4.3.2 apresentam-se, respectivamente, os horários de funcionamento da escola e número médio de utentes da escola, e oferta educativa e formativa, para o ano lectivo 2008-2009.

Tabela 4.3.1 – Horário de funcionamento e número médio de utentes da escola

Regime de Ensino	Horários de Funcionamento	Nº de Alunos	Nº de Professores	Nº de Funcionários
Diurno	8.30h – 13.25h 13.35h – 18.35h	1103	201	44
Nocturno	19.00h – 23.55h	718		

Tabela 4.3.2 – Oferta educativa e formativa da escola

Regime de Ensino	Tipo de Ensino	Oferta
Diurno	Ensino Básico	<ul style="list-style-type: none"> • Língua Estrangeira II – Francês, Espanhol
	Ensino Secundário	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos Científico – Humanísticos • Cursos Tecnológicos • Cursos Profissionais
Nocturno	Ensino Básico	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos de Educação e Formação de Adultos
	Ensino Secundário	<ul style="list-style-type: none"> • Cursos de Educação e Formação de Adultos • Novo Ensino Recorrente

Com se verifica pela tabela anterior, a Escola Secundária João Gonçalves Zarco proporciona uma oferta educativa e formativa diversificada, correspondendo, desta maneira às necessidades efectivas dos seus alunos, aos recursos e potencialidades da escola e concretizando as orientações europeias para a educação.

A escola dispõe, também, de:

- **Clubes e projectos** – a escola desenvolve várias projectos e actividades de enriquecimento e de complemento curricular adequados ao contexto escolares interesses dos alunos.
- **Serviço de Psicologia e Orientação** – assegurado por uma técnica superior com licenciatura em Psicologia.
- **Outros serviços de Apoio Educativo** – a escola dá apoio a alunos com necessidades educativas especiais;
- **Serviço de Acção Social Escolar** – apoiar os jovens e as famílias, em função das respectivas carências socioeconómicas, é o seu enquadramento principal. Este serviço abrange o programa de alimentação (cantina e bufete), o programa de auxílios económicos, a papelaria, o seguro e o transporte escolar.
- **Associação de Pais e Encarregados de Educação** – órgão com estatuto próprio reconhecido pela lei. Para além da sua participação no Conselho Pedagógico e na Assembleia de Escola, a Associação de Pais e Encarregados de Educação organiza

e colabora em actividades que visam contribuir para o sucesso educativo e para a interacção entre a escola e a comunidade envolvente.

Na escola actual, os recursos físicos e materiais assumem um papel de extrema importância, já que ajudam a suscitar novas atitudes, a desenvolver competências e a fornecer os instrumentos e as aptidões práticas necessárias à abordagem de qualquer problemática.

Neste contexto, destacam-se:

- **Biblioteca:** Possui um fundo bibliográfico razoável ao serviço da comunidade Educativa; dispõe de um espaço multimédia, com livros e materiais para livre acesso e consulta dos alunos e dos outros membros da comunidade;
- **Laboratórios de Ciências, Física e Química:** a vertente prática das disciplinas científicas e técnicas tem determinado o apetrechamento dos laboratórios e a aquisição de material pedagógico actualizado para o ensino experimental das ciências;
- **Auditório:** desde 2002 que a escola possui um auditório multimédia destinado à realização de acções de formação, colóquios, visionamento de programas culturais e outras actividades específicas, nomeadamente de apoio às actividades lectivas;
- **Salas de Informática:** salas utilizadas preferencialmente para leccionar as disciplinas das áreas de informática;
- **Ginásios:** espaços para a prática de Educação Física, bem como para o desenvolvimento das actividades do Desporto escolar;
- **Cantina:** com a possibilidade de serviço para cerca de 250 refeições diárias, com horários 12.40h – 14.30h;
- **Bufete:** espaço adequado à sua função, disponibilizado ao longo de todo o tempo lectivo em que é necessário;
- **Papelaria e Reprografia:** respondem às necessidades de professores e alunos no fornecimento de material escolar e na multiplicação de documentos necessários às actividades lectivas e de aprendizagem;
- **Sala de estudo:** espaço importante que deve apoiar todas as práticas de acompanhamento pedagógico.

5. Levantamento Energético

“O levantamento energético pode interpretar-se como a primeira radiografia ao desempenho energético da unidade fabril. Através dele, avalia-se quanta energia é efectivamente consumida e de que forma é essa energia utilizada, estabelecem-se os principais fluxos e identificam-se os sectores ou equipamentos onde é prioritário actuar” [6].

Sendo o objectivo principal deste trabalho a realização da avaliação energética de uma escola do concelho de Matosinhos, foram reunidas todas as informações necessárias e constantes em facturas de energia dos três últimos anos (2006 – 2008).

Da informação recolhida verifica-se que a electricidade, o gás natural, o gás propano e o gás butano comercial são as formas de energia consumidas pela escola em estudo.

As tabelas referentes aos consumos e custos de energia, para os anos de 2006, 2007 e 2008, encontram-se no Anexo 1.

Os gráficos das figuras 5.1 e 5.2. traduzem, a evolução do consumo anual de electricidade e gás natural, ao longo dos anos 2006, 2007 e 2008. Na figura 5.2 aparece, também, quantificado o consumo de gás propano e butano apenas para o ano de 2008, uma vez que não foi possível obter os dados relativos aos anos anteriores.

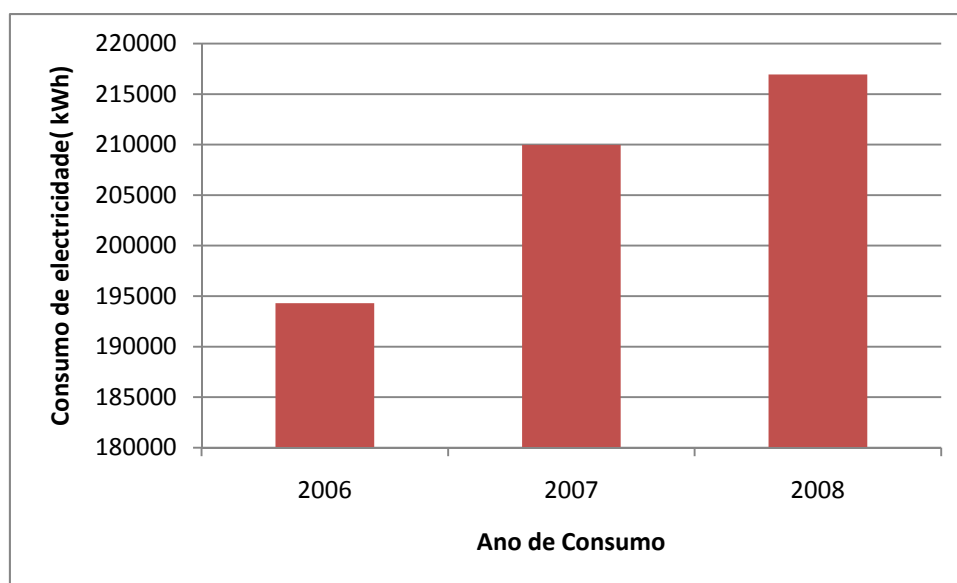


Figura 5.1 - Evolução do consumo da electricidade no período 2006-2008

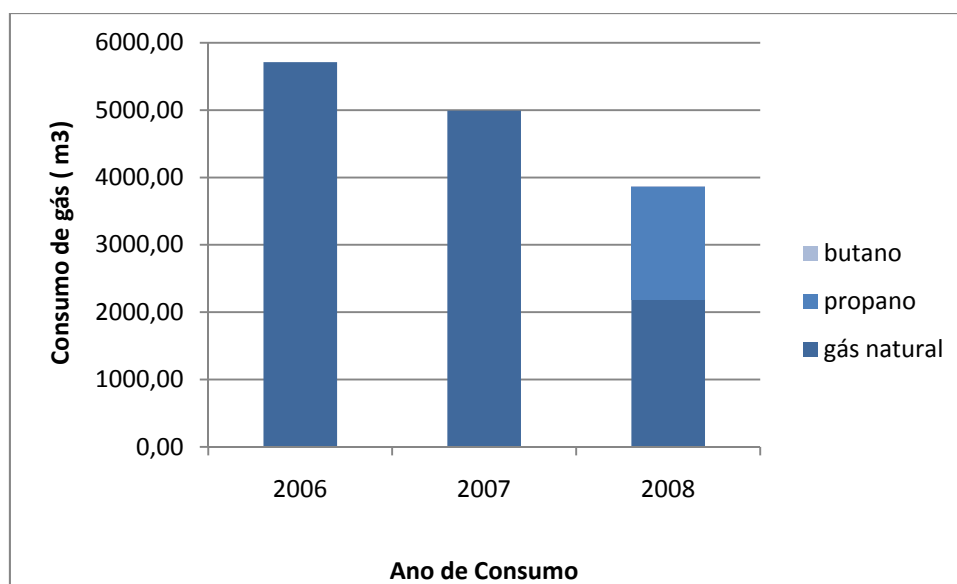


Figura 5.2 - Evolução do consumo do gás no período 2006-2008

Da análise dos gráficos constata-se, que ao longo do período em estudo o consumo de electricidade aumentou (cerca de 7,4% entre 2006 e 2007 e 3,2% entre 2007 e 2008) enquanto o consumo do gás natural diminuiu (12,6% entre 2006 e 2007 e 56,1% entre 2007 e 2008).

Atendendo a que o ano de 2008 foi o que reuniu maior número de informação, apresentam-se na tabela 5.1 as quantificações dos consumos para cada forma de energia.

Tabela 5.1 – Quantificação dos consumos de energia para 2008

Forma de energia	Consumo	Conversão a tep
Eléctrica	216938 kWh	46,64
Gás natural	3842 m ³	3,48
Gás propano comercial	1664 m ³	3,76
Gás butano comercial	5 m ³	0,015

A evolução verificada no consumo da electricidade acompanha, por um lado, o aumento do número de alunos que se tem verificado ao longo dos anos, conforme consta da tabela 5.2, justificado pela elevada diversidade de cursos existentes na escola, e que obriga a um maior número de salas e espaços em funcionamento, e por outro lado, o acompanhamento da evolução tecnológica da escola, que promovendo a informatização, acarreta consumos de energia elevados. Assim sendo, a análise efectuada ao funcionamento da escola permitiu perceber que os grandes responsáveis pelo consumo de electricidade serão o sistema de

iluminação e o equipamento informático utilizado nos cursos de formação tecnológica em curso na escola.

Tabela 5.2 – Evolução do número de alunos

Ano lectivo	Número de alunos
2006 - 2007	1716
2007 - 2008	1808
2008 - 2009	1821

Atendendo aos valores de energia eléctrica consumida (tep) no período de 2006-2008, e ao respectivo número de alunos, define-se consumo específico de energia eléctrica, como o quociente entre o consumo de energia eléctrica (tep) e o número de alunos. Os valores de tal indicador apresentam-se na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Consumo específico de energia eléctrica

Ano lectivo	Consumo específico de energia eléctrica (tep/aluno)
2006 - 2007	0,024
2007 - 2008	0,025
2008 - 2009	0,026

A evolução dos consumos específicos mostra que o aumento do consumo de energia é acompanhado pelo aumento do número de alunos.

Relativamente à evolução do consumo de gás natural, parece que, em parte, contraria o que foi referido para a electricidade. No entanto, o acentuado decréscimo no consumo de gás natural entre 2007 e 2008, está associado à necessidade de corte do gás, devido a obras que decorreram na escola.

Em relação ao gás propano e butano, combustíveis utilizados para cozinha, nada se pode referir, quanto à sua evolução, por falta de informação, verificando-se que, para o ano de 2008, um consumo de gás propano superior.

Aliado aos consumos, surgem os custos energéticos que representam uma elevada parcela no orçamento anual da escola. O gráfico da figura 5.3 mostra a evolução dos custos energéticos ao longo dos três anos de estudo podendo verificar-se uma tendência de evolução em tudo semelhante a que se obteve para os consumos.

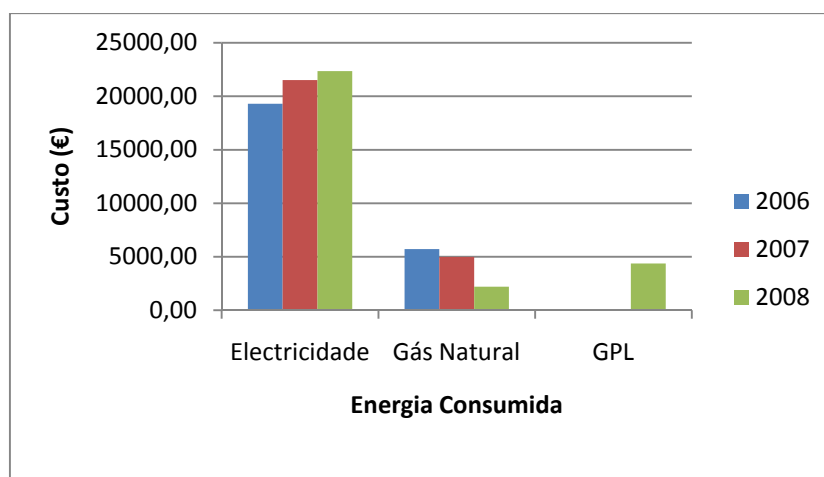


Figura 5.3 - Evolução dos custos energéticos

Sem dúvida que é a electricidade a principal responsável pelo custo da energia o que sugere uma avaliação cuidada, como tentativa da sua diminuição. Salienta-se que apenas para o ano de 2008 foram reunidos os dados relativos ao custo do gás propano e butano, designados no gráfico 5.3, por GPL.

Para o ano de 2008, apresenta-se na tabela 5.4 o valor anual gasto em energia.

Tabela 5.4 – Valor gasto em energia para o ano de 2008

Forma de Energia	Valor gasto (€)
Electricidade	22360
Gás natural	2196
Gás propano	4226
Gás butano	140
Total	28923

As distribuições do consumo (em tep) e do custo de energia para o ano de 2008 estão representadas nas Figuras 5.4 e 5.5.

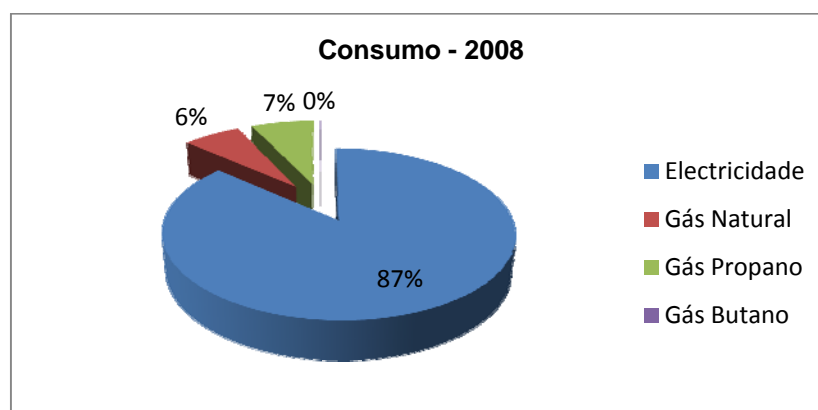


Figura 5.4 – Distribuição de consumo de energia para o ano de 2008

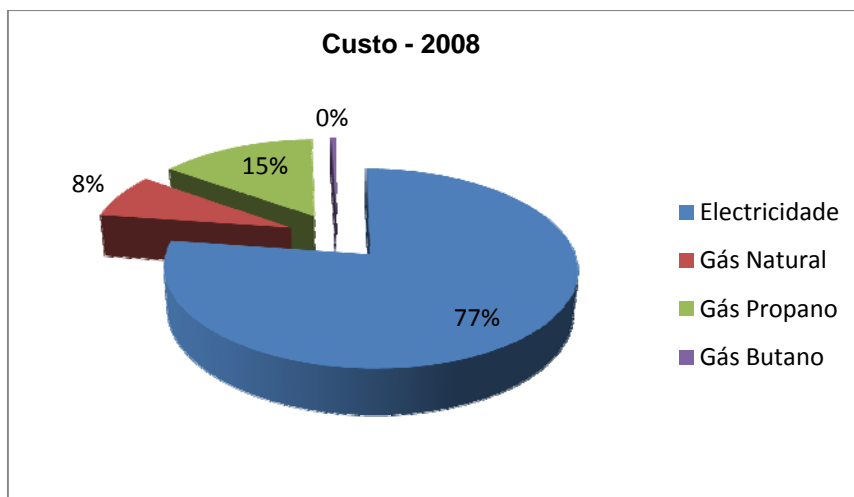


Figura 5.5 – Distribuição de custo de energia para o ano de 2008

Tais distribuições mostram que a electricidade tem um peso de 87% no consumo de energia e de 77% no custo da mesma representando uma factura anual de 22360 €.

Com o objectivo de estudar a evolução da distribuição mensal dos consumos, representam-se nos gráficos das figuras 5.6 e 5.7 os diagramas de carga, para os três anos, correspondentes à electricidade e gás natural. Salienta-se que em relação ao gás propano e butano não foram reunidos dados que permitissem fazer estudo análogo.

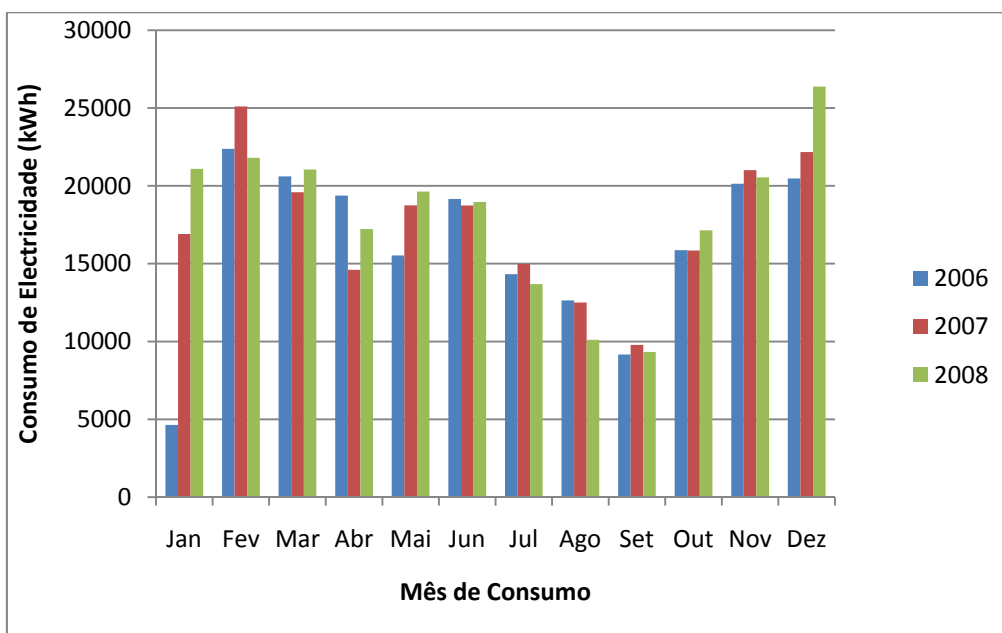


Figura 5.6 – Distribuição mensal dos consumos de electricidade no período 2006-2008

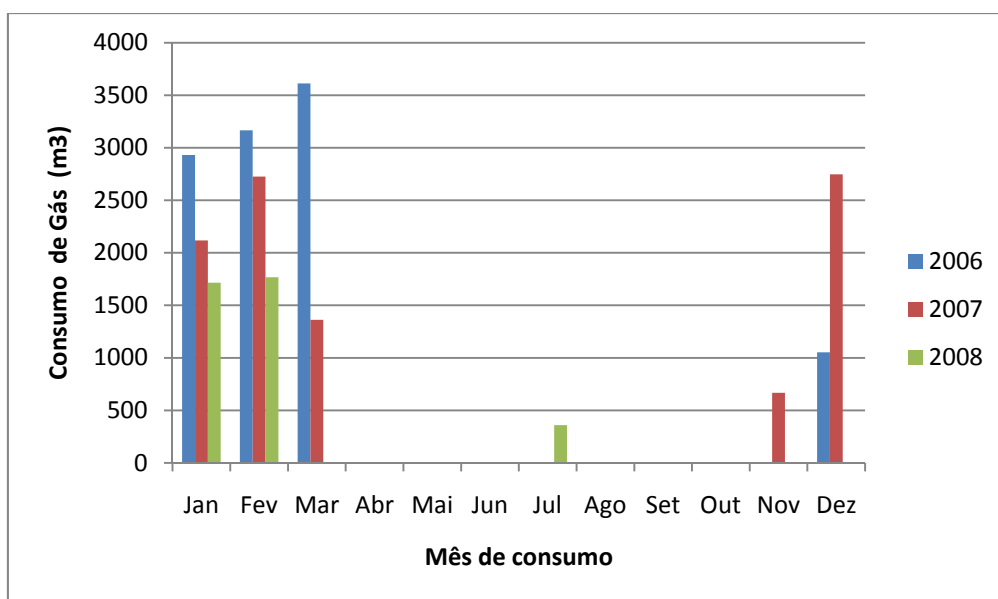


Figura 5.7 – Distribuição mensal dos consumos de gás natural no período 2006-2008

A análise do gráfico da figura 5.6 evidencia que, para os três anos e de um modo geral, a evolução do consumo mensal da electricidade segue um percurso idêntico. Os picos de consumo de energia eléctrica, verificam-se durante os primeiros e últimos meses do ano, facto provavelmente associado às épocas do ano, em que os dias se apresentam com menor luminosidade e mais curtos, obrigando a um maior consumo de energia aliado à iluminação. De Julho a Setembro é notório o decréscimo do consumo da energia eléctrica, associado ao tempo de paragem das actividades lectivas. De salientar, ainda, que a quebra que se verifica entre Março – Maio está associada à interrupção das actividades lectivas correspondente às férias da Páscoa.

Relativamente ao gás natural e através da análise do gráfico da figura 5.7, verificam-se, em especial, consumos, no início e final do ano, resultantes da maior necessidade do uso de aquecimentos, próprios da época do ano. De salientar, no entanto, que o gráfico da figura 5.7 sugere que os consumos ao longo do ano, embora pouco significativos, são ajustados no final de cada ano.

6. Análise de Facturas Eléctricas

A análise das facturas eléctricas permite:

- analisar a distribuição dos consumos em horas cheias (HC), vazio (HV) e pontas (HP);
- verificar a existência ou não de energia reactiva;
- estudar a evolução da potência em horas de ponta e da potência contratada;
- verificar se a opção tarifária é adequada ou não;
- distribuição dos custos de cada uma das parcelas constantes nas facturas.

Neste capítulo, tendo em vista a economia de energia e/ou redução da factura eléctrica, é feita uma análise às facturas eléctricas da escola, sendo esta um Cliente da EDP de Média Tensão (MT), com uma opção tarifária de médias utilizações tri-horária e de ciclo horário diário. A estrutura da tarifa a aplicar, neste caso, encontra-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Estrutura da tarifa para o ano de 2008 (Fonte: ERSE)

Termo Tarifário Fixo €/mês		48,20
Potência €/kW por mês	Horas de Ponta	7,490
	Contratada	1,019
Energia Activa €/kWh	Vazio	0,0460*
	Ponta	0,1072*
	Cheias	0,0761*
Energia Reactiva € kVarh	Fornecida	0,0169
	Recebida	0,0127

* varia com o período sazonal

Nesse contexto, foi realizada uma análise cuidada das facturas de energia eléctrica dos anos 2006, 2007 e 2008.

Tendo-se verificado um comportamento semelhante para a distribuição dos consumos, irão ser apresentados os resultados apenas para o ano de 2008.

Após análise pormenorizada das parcelas constantes nas facturas eléctricas será importante conhecer a distribuição parcelar dos custos verificados no ano de 2008, tendo por base a

tarifa do contrato actual – MTM -Médias UT, Tri – Horário, com ciclo diário. O gráfico da figura 6.1 evidencia a distribuição parcelar dos custos para o ano de 2008.

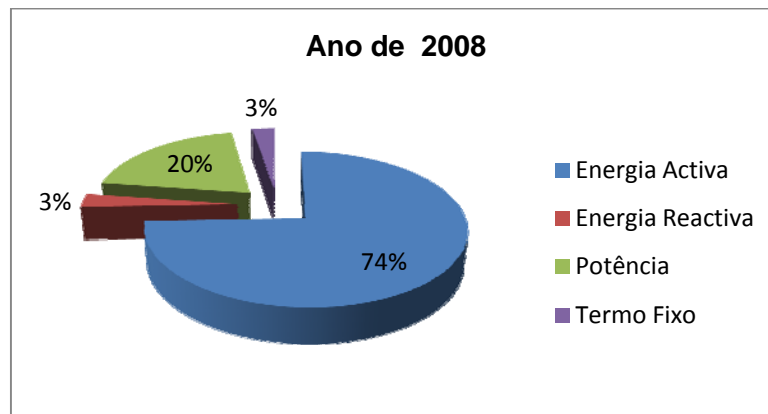


Figura 6.1 - Distribuição parcelar do custo energia eléctrica (2008)

A distribuição parcelar do custo da factura de energia eléctrica, permitem inferir que a energia activa assume um especial destaque, atingindo valores percentuais da ordem dos 74%, com um valor associado de 16673,76€; segue-se a parcela da potência, resultante da combinação da potência em horas de ponta e da potência contratada, que atinge valores percentuais da ordem dos 20%, representando um custo total de 4478,52 €, já a energia reactiva e o termo fixo, parecem ser pouco significativos na factura anual, já que atingem valores percentuais de 3%.

6.1. Distribuição dos Consumos por Período Horário

Para o ano de 2008, a estrutura do consumo e do custo de energia activa por período horário, definido de acordo com a tabela 6.1.1, encontra-se representada nas figuras 6.1.1 e 6.1.2.

Tabela 6.1.1 – Períodos horários de Inverno e Verão para o ano de 2008
(Fonte. ERSE)

Período de hora legal de Inverno	Período de hora legal de Verão
Ponta: 09.30/11.30h 19.00/21.00h	Ponta: 10.30/12.30h 20.00/22.00h
Cheias: 08.00/09.30h 11.30/19.00h 21.00/22.00h	Cheias: 09.00/10.30h 12.30/20.00h 22.00/23.00h
Vazio: 22.00/08.00h Super vazio: 02.00/06.00h Vazio normal: 22.00/02.00h 06.00/08.00h	Vazio: 23.00/09.00h Super vazio: 02.00/06.00h Vazio normal: 23.00/02.00h 06.00/09.00h

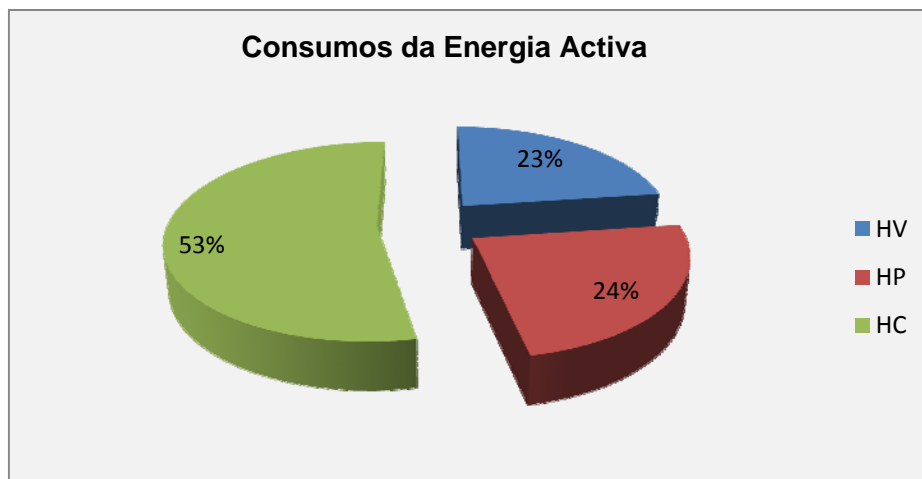


Figura 6.1.1 - Distribuição dos consumos da energia activa pelos períodos horários

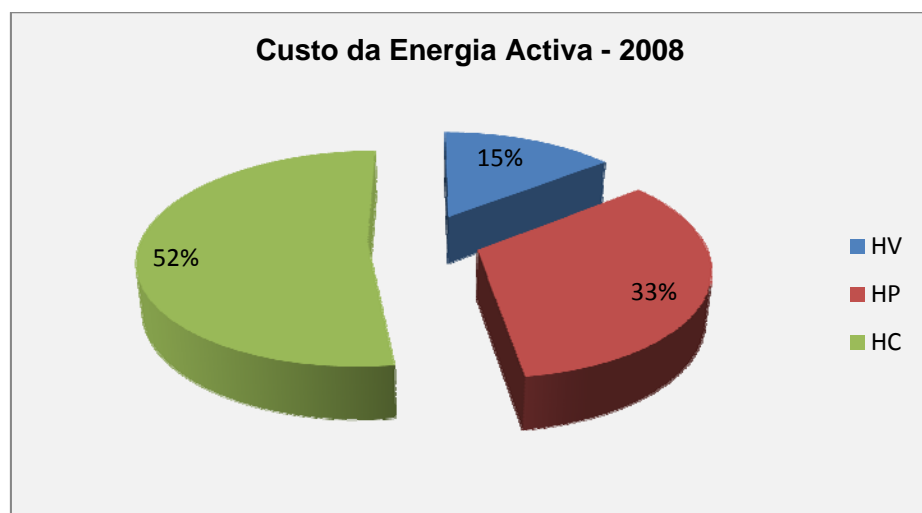


Figura 6.1.2 - Distribuição dos custos da energia activa pelos períodos horários

Os consumos e custos da energia activa são nitidamente dominados pelo período HC . O consumo de energia activa em HC é de 53% enquanto, que os consumos em HV e HP assumem valores semelhantes na casa dos 23% e 24% respectivamente.

De salientar que o consumo de energia durante as horas de vazio é um consumo verificado durante o período nocturno em que a escola se encontra fora da sua actividade, e este tem um peso que não deve ser descorado. Assim, deverá ser verificado se o sistema de iluminação que se mantém ligado durante a noite é apenas o necessário relacionado com questões de segurança. É também necessário verificar se existe o cuidado de manter desligado todo o equipamento que não se encontra em utilização, com por exemplo o “stand-by” de equipamentos e monitores de computadores.

Relativamente ao custo da energia activa consumida em HC verifica-se que o seu peso no custo total é de 52%. Quanto a energia activa consumida em HV e HP verifica-se que o

peso do custo da energia consumida em HP é superior ao peso da energia consumida em HV. Assim, verifica-se que o consumo de energia activa em HP tem o maior peso no custo total da energia, como seria de esperar tendo em conta a diferença de preço da energia em cada período.

A figura 6.1.3 mostra a distribuição do consumo de energia activa em 2008, por períodos horário e ao longo dos doze meses.

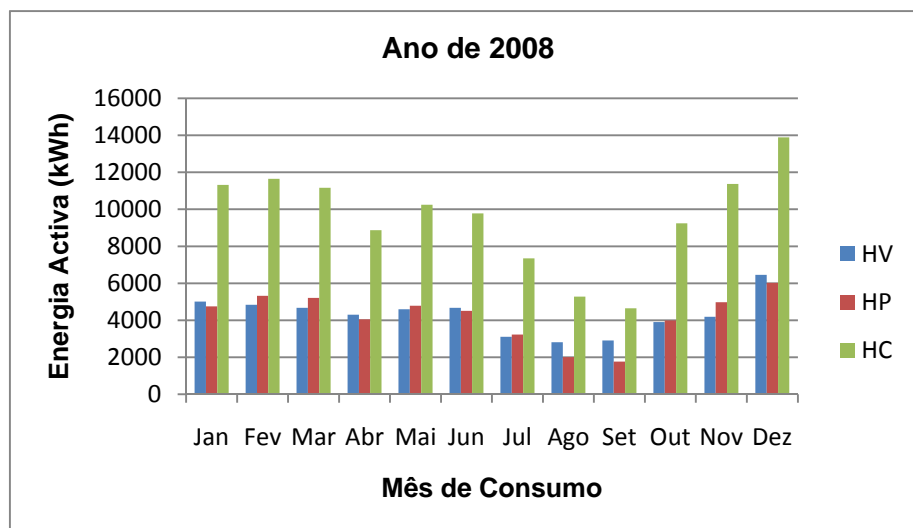


Figura 6.1.3 - Variação dos consumos da energia activa com o mês de consumo (2008)

A partir do gráfico anterior pode constatar-se que o consumo de energia activa é, sem dúvida, mais acentuado nos períodos de Janeiro a Junho e de Outubro a Dezembro, coincidentes com o normal funcionamento da escola. Também se verifica que, para qualquer mês de consumo, as HC são as de maior consumo, seguidas das HP e HV, cujo consumo é muito similar, exceptuando-se os meses de Junho e Agosto, em que há um desfasamento no consumo em HV e HP.

No sentido de se tentar avaliar a possibilidade de transferência de consumos entre períodos tarifários com o objectivo de desviar os consumos para os períodos em que a tarifa tem um menor custo, foi feito um levantamento relativo à ocupação das salas da escola ao longo da semana para o ano lectivo 2008-2009, cujos resultados de apresentam na tabela 6.1.2.

Tabela 6.1.2 – Número de salas ocupadas por tempo lectivo

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Média
8.30	52	43	47	42	38	44
9.15	45	43	48	42	42	44
10.15	49	45	47	49	48	48
11.05	49	45	47	49	46	47
11.55	43	36	43	39	38	40
12.40	33	30	40	34	33	34
13.35	14	9	2	7	6	8
14.20	28	26	8	20	15	19
15.15	38	33	12	33	21	27
16.15	35	32	11	34	19	26
17.00	25	24	10	23	16	20
17.50	16	13	8	15	12	13
19.00	21	25	22	21	18	21
19.55	23	21	21	22	19	21
20.50	20	21	23	24	20	22
21.35	15	19	17	19	18	18
22.25	16	18	17	16	17	17
23.10	14	14	13	12	14	13

A transposição gráfica da ocupação média das salas da escola é evidenciada na figura 6.1.4.

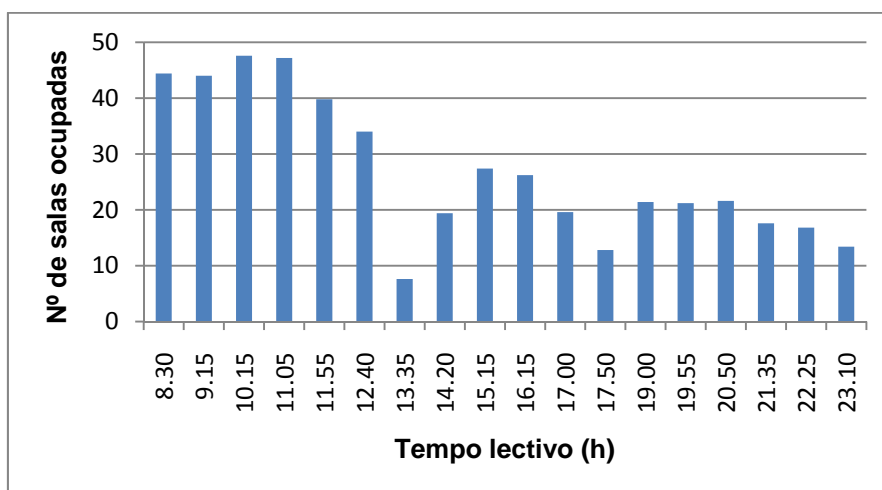


Figura 6.1.4 – Nº médio de salas ocupadas em função do tempo lectivo

O gráfico da figura 6.1.4 mostra que o período da manhã (8.30h – 12.40h) é aquele em que a taxa de ocupação da escola é maior, notando-se, um decréscimo acentuado no número de salas ocupadas, durante o período da tarde (13.35h – 15.50h), muito semelhante ao período da noite (19.00h – 23.10h).

Atendendo aos períodos horários definidos pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), constantes da tabela 6.1.1, e à distribuição das actividades lectivas da escola, sugere-se uma redistribuição destas, mais uniforme, entre os períodos da manhã e tarde, de modo a que seja reduzido o consumo em HP, correspondente ao período da manhã, e incrementado o consumo em HC durante a tarde, com tarifas mais baixas. Outra medida, que também parece ser possível, seria o de incluir o maior número de aulas, as quais se associam maior consumo de energia, para os períodos horários de menor custo, como por exemplo, as aulas de informática, que utilizam, durante vários tempos lectivos, equipamento informático. Esta medida, também se aplicaria ao período da noite, a partir das 21.00h, onde o período horário HP transita para HC.

6.2. Energia Reactiva

Embora em percentagens bastante inferiores, a energia reactiva também é consumida e paga pela escola. O gráfico da figura 6.2.1 mostra a existência do consumo da energia reactiva, que representa cerca de 17% da energia consumida ao ano, equivalente a um custo de 629,46 €, para o ano de 2008.

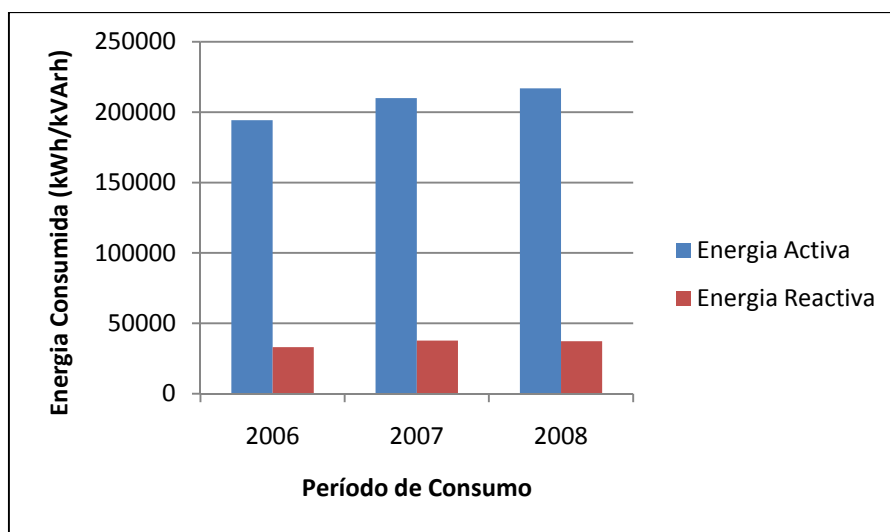


Figura 6.2.1 - Variação dos consumos da energia com o período de consumo

O peso da energia reactiva face à energia activa é expressa pelo factor de potência ($\cos \varphi$). O factor de potência pode ser encarado como um indicador de eficiência, permitindo determinar o nível de potência reactiva no circuito. A situação ideal consiste na utilização dos circuitos apenas para transferência de energia activa, onde o factor de potência seria igual a 1. O melhoramento do factor de potência pode ser conseguido actuando directamente sobre as suas causas, através da redução do tempo de funcionamento em baixa carga ou vazio dos motores eléctricos, ou compensando a energia reactiva,

recorrendo a baterias de condensadores que geram uma potência reactiva oposta à consumida pelos motores, iluminação fluorescente, transformadores, etc.

Assim, o melhoramento do factor de potência da instalação poderá ser conseguido, pela intervenção no sistema de iluminação substituindo os balastros convencionais por balastros electrónicos. Esta medida irá reduzir/anular o consumo de energia reactiva que neste caso se supõe directamente associada ao sistema de iluminação instalado na escola.

O método mais simples e económico de realizar a compensação do factor de potência de uma instalação consiste na utilização de condensadores, ou seja, geradores de energia reactiva.

De acordo com informações da rede de distribuição, o investimento em condensadores revela-se rapidamente compensador em grande parte dos casos, não só do ponto de vista financeiro, mas também porque conduz a melhorias apreciáveis nas condições de exploração das redes eléctricas.

O indicador económico mais utilizado para auxiliar na tomada de decisão da compra de um sistema de compensação de factor de potência é o Tempo de Retorno do Investimento Simples (payback simples).

O cálculo do payback para um caso concreto constitui uma tarefa simples, dado que o benefício anual bruto é a soma das parcelas de energia reactiva das facturas do distribuidor e o investimento pode ser determinado pelo custo das baterias de condensadores, após o cálculo da potência de compensação. Na figura 6.2.2 encontra-se representado o retorno do investimento na compensação do factor de potência, para vários níveis de potência da instalação.

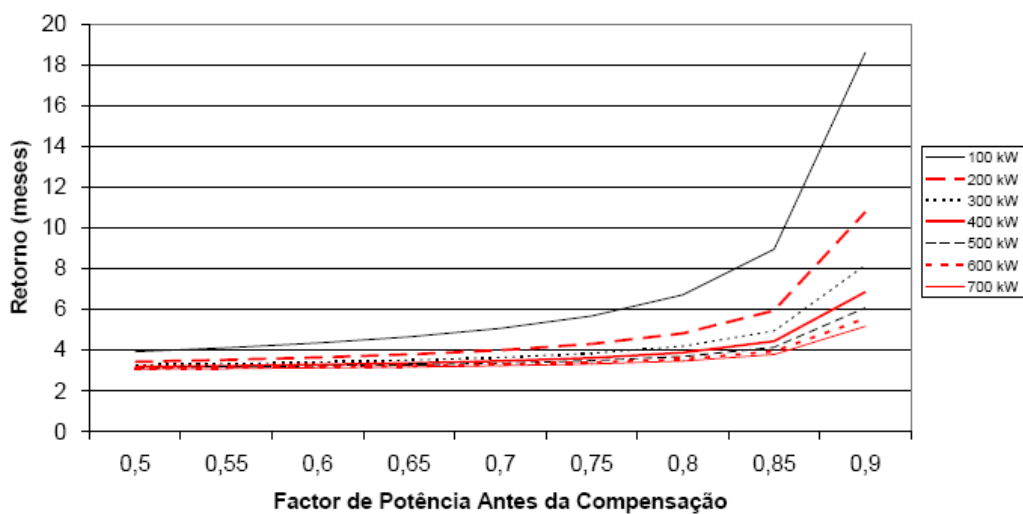


Figura 6.2.2 - Retorno do investimento na compensação do factor de potência, para vários níveis de potência da instalação. (Fonte: Manual técnico de gestão de energia UC)

A análise dos dados apresentados permite facilmente chegar à conclusão da viabilidade económica da compensação do factor de potência, para os casos de baixos valores de factor de potência.

No caso da instalação eléctrica em estudo e para o ano de 2008, a variação do factor potência, constante nas facturas de energia eléctrica, é apresentada na tabela 6.2.1.

Tabela 6.2.1 – Variação do factor potência para o ano de 2008

Mês de Consumo	Factor de potência (cos ϕ)
Janeiro	0,87
Fevereiro	0,86
Março	0,86
Abril	0,85
Maió	0,86
Junho	0,85
Julho	0,80
Agosto	0,78
Setembro	0,79
Outubro	0,81
Novembro	0,85
Dezembro	0,88

Como se pode verificar, o factor potência assume valores baixos e inferiores ao valor de referência de 0,93, indicado como limite para a sua correcção, pelo que se sugere que o consumo da energia reactiva seja compensado nas instalações da escola através do uso de condensadores, de forma individual ou em grupo.

Considerando 0,84 o factor de potência, obtido pela média dos valores apresentados na tabela 6.2.1, e confrontando-o com o gráfico da figura 6.2.2, constata-se que o payback simples, atendendo à potência contratada (112kW), nunca ultrapassará os 12 meses.

6.3. Potência HP e Potência Contratada

Um outro aspecto também a que esta análise reporta, prende-se com a avaliação da potência contratada. A evolução da potência em horas de ponta, definida pelo quociente entre a energia activa fornecida ao cliente em horas de ponta e o número de horas de ponta, ambos considerados para o período de tempo a que a factura respeita, e da potência

contratada (potência que a EDP coloca à disposição do cliente), para o ano de 2008, é apresentada no gráfico da figura 6.3.1.

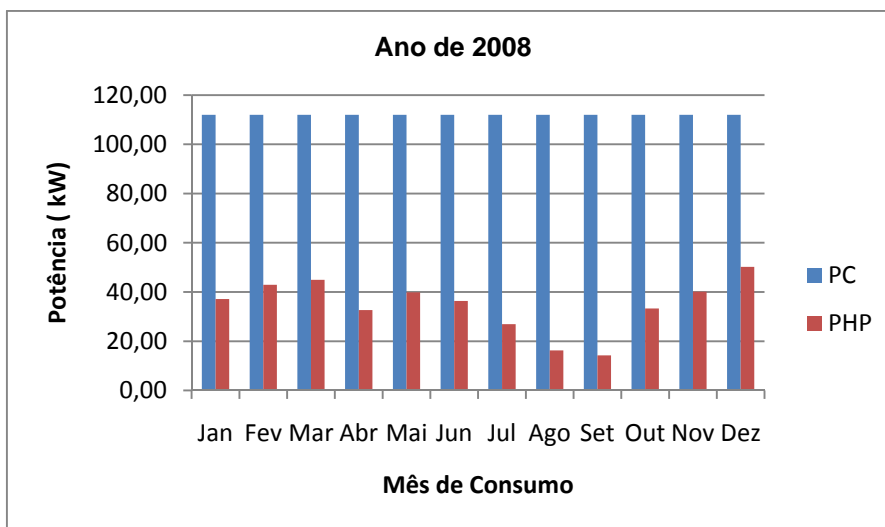


Figura 6.3.1 - Evolução da potência com o mês de consumo (2008)

Os dados anteriores mostram que, para os doze meses de consumo, a escola apresenta uma potência em horas de ponta muito abaixo do valor da potência contratada, mais concretamente, para o ano de 2008, 68% abaixo.

Desta forma e de acordo com o ponto número 7 e alíneas c) e d), do tarifário de venda de energia eléctrica a Clientes Finais, o valor da potência contratada será actualizado para a máxima potência activa média registada em qualquer intervalo ininterrupto de 15 minutos, durante os 12 meses anteriores, incluindo o mês a que a factura respeita.

6.4. Opção Tarifária

Um outro factor a analisar que poderá contribuir para minimizar os custos das facturas da energia eléctrica é a opção tarifária em vigor na escola.

Sendo a tarifa de médias utilizações, a adoptada pela escola, foram realizadas simulações dos custos para as tarifas de curtas e longas utilizações tendo por base o consumo de energia eléctrica verificado.

Salienta-se que, atendendo à tarifa do contrato, nas simulações foi aplicada a seguinte regra:

- Nos fornecimentos facturados pelas tarifas de média tensão com contagens tri-horárias, são considerados, para efeitos de facturação, os períodos de

horas cheias, horas de ponta e horas de vazio, englobando este último, os períodos de horas de vazio normal e de super vazio.

- O preço da energia a aplicar no período de horas de vazio será determinado a partir dos preços da energia de horas de vazio normal e de super vazio, considerando um fornecimento uniforme no período de horas de vazio e uma duração diária de seis horas para o período de vazio normal e de quatro horas para o período de super vazio”.

Os resultados obtidos estão tabelados em anexo e transpostos graficamente na figura 6.4.1.

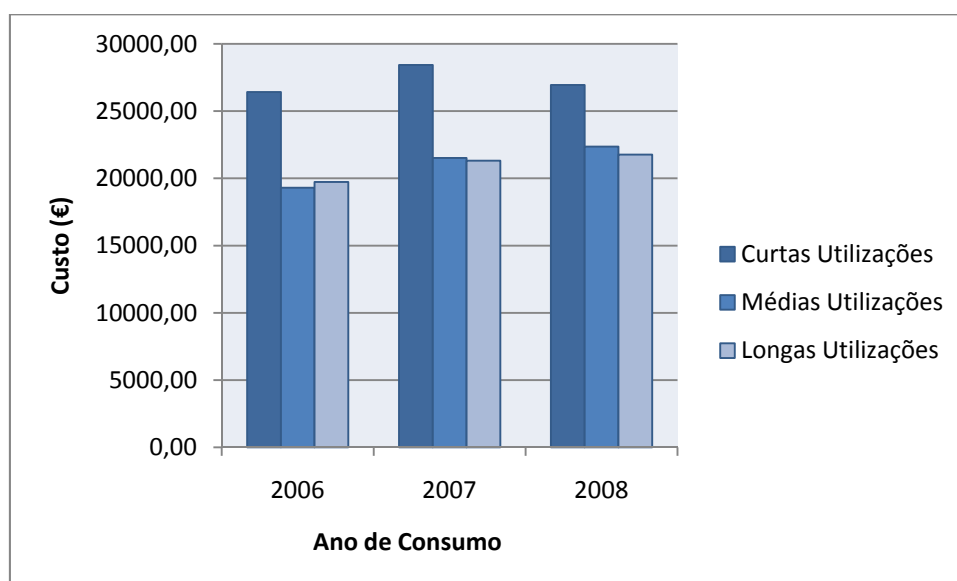


Figura 6.4.1. Custo da energia eléctrica em função da opção tarifária (2006-2008))

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que a tarifa que menos se ajusta às necessidades da escola é a de curtas utilizações, uma vez que aumentaria o custo da energia eléctrica. Quanto à tarifa adoptada pela escola, médias utilizações, parece ser razoável. No entanto, para os anos de 2007 e 2008 as simulações para longas utilizações mostram a possibilidade de redução da factura eléctrica de 1% e 3%, respectivamente, representando em euros e pela mesma ordem os valores de 208 €/ano e 593€/ano. Atendendo a que a tarifa longas utilizações tende a aumentar a redução dos custos, será também uma possível medida, propor a alteração tarifária para a escola.

7. Indicador de Eficiência Energética

Portugal, em articulação com a União Europeia, estabeleceu um consenso sobre a importância de melhorar a eficiência energética dos edifícios e de reduzir o consumo de energia e as correspondentes emissões de CO₂ dos edifícios.

É neste contexto que surge a revisão do RSECE, com as seguintes alterações:

- Impõe restrições aos consumos globais de energia nos edifícios;
- Com o objectivo de melhorar a eficiência energética dos edifícios, estabelece a necessidade de avaliar o consumo total de energia dos edifícios, quer para climatização, quer para todos os tipos de consumos de energia que neles têm lugar (iluminação e equipamento);
- Dependendo do tipo de utilização do edifício, estabelece a necessidade da existência de uma plataforma de análise comum;
- Cria um índice que englobe as premissas anteriores, denominado Índice de Eficiência Energética (IEE).

De acordo com o Decreto-Lei 79/2006, Art.7º- Ponto 1, resulta a determinação do valor IEE por abordagem simplificada e através da análise de facturas energéticas.

Aliado ao nosso edifício de estudo será feita a determinação do valor do IEE para o mesmo.

Relembrando algumas características do edifício:

Tipologia – estabelecimento de ensino;

Localização – Matosinhos (climática I₂V₁);

Área útil global – 8555 m²

Consumos energéticos – electricidade, gás natural, gás propano e butano comercial (Tabela 7.1)

Tabela 7.1 - Consumos energéticos anuais do edifício

Consumos Anuais	2006	2007	2008	Média
Electricidade (kWh)	194295	209967	216938	207067
Gás Natural (m ³)	10766	9621	3842	8076
Gás Propano (kg)	-	-	3328	3328
Gás Butano (kg)	-	-	15	15

Cálculo do IEE:

Conversão dos consumos energéticos para energia primária, de acordo com o Despacho nº 17313/2008 da Direcção Geral de Energia e Geologia:

Electricidade: 207067 kWh/ano x $2,15 \times 10^{-4}$ tep/kWh = 44,52 tep/ano

Gás Natural: 8076 m³ /ano = 8076 m³ x 0,84 kg/m³ = 6,78 t/ano

6,78 t/ano x 1,077 tep/t = 7,30 tep/ano

Gás Propano+Gás Butano: 3343 kg /ano = 3,343 t/ano

3,343 t/ano x 1,130 tep/t = 3,78 tep/ano

Cálculo do Consumo Global simplificado:

Consumo Global: 44,52 + 7,30 + 3,78 = 55,60 tep/ano

Cálculo do IEE simplificado:

$$I EE_{\text{simplificado}} = \frac{55,60 \times 10^3}{8555} = 6,50 \text{ kgep} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

Valor de referência para edifícios existentes de estabelecimentos de ensino:

$$I EE_{\text{referência}} = 15 \text{ kgep} / \text{m}^2 \cdot \text{ano}$$

Atendendo a que o valor obtido é inferior ao de referência, o edifício cumpre os requisitos energéticos do RSECE. No entanto, este valor não serve para a emissão do certificado. Deve ser utilizado um valor calculado com base nos perfis nominais de referência.

O baixo valor do indicador de eficiência energética obtido, quando comparado com o valor de referência, está aliado ao facto de estarmos perante um edifício de grande área e de consumos eléctricos baixos, que se entendem devido à não existência de climatização na escola, cuja exigência eléctrica é elevada. A energia eléctrica é usada especialmente para iluminação e equipamentos.

Para efeitos de contabilização da intensidade carbónica por emissão de gases com o efeito de estufa, são estabelecidos no Despacho nº 17313/2008 e na Portaria nº 63/2008, da Direcção Geral de Energia e Geologia, factores de emissão associados aos consumos de electricidade, de gás natural e gás propano e butano, de valores, respectivamente, 0,47 kgCO₂e/kWh, 2683,7 kgCO₂e/tep e 2637,7 kgCO₂e/tep.

Com este propósito, foram analisadas as emissões de gases de efeito de estufa, associados aos consumos a que o nosso edifício reporta. Assim, associam-se aos consumos inerentes ao edifício em estudo:

- 114 257,9 kgCO₂e para a electricidade;
- 19591,0 kgCO₂e para o gás natural;
- 9970,5 kgCO₂e para os gases propano e butano.

Representando um valor total de cerca de 143,82 tCO₂e anual.

8. Desagregação dos Consumos Eléctricos

As auditorias são ferramentas que permitem avaliar de forma detalhada o consumo de energético, de um determinado edifício, e dessa forma uma sua desagregação. [7]

Com a realização de uma auditoria de energia procura-se caracterizar as condições de utilização de energia, com o objectivo de determinar possíveis oportunidades de racionalização dos consumos e, tendo por trás preocupações de carácter económico e respectivas poupanças. Para cumprir o objectivo, as auditorias energéticas devem permitir a identificação e quantificação dos usos de todas as fontes de energia (gás, electricidade, etc), por utilização (iluminação, climatização, etc) e por sectores/ equipamentos mais importantes do ponto de vista dos consumos de energia. É a caracterização detalhada dos consumos que torna possível a identificação de eventuais acções ou medidas a implementar para uma utilização mais eficiente e racional da energia, tendo em vista a redução dos encargos. [8]

É essencial saber-se que formas de energia são utilizadas e onde, quando, quanto e como são usadas, para uma gestão criteriosa e eficiente da energia.

8.1. Metodologia Adoptada

Com o objectivo de desagregar o consumo de energia eléctrica no edifício em estudo foi feito o seguinte levantamento:

- **Tipo de energia consumida:** Energia Eléctrica;
- **Recolha de informação:** Facturas de Energia Eléctrica;
- **Consumo anual para o ano 2008:** 216938 kWh
- **Principais consumidores:** Iluminação e equipamento informático
- **Espaços de maior consumo:** salas de aula, corredores, átrios, cantina, polivalente, ginásio, reprografia, papelaria, serviços administrativos, gabinete do conselho executivo, biblioteca, sala de estudo e casas de banho.

Atendendo a que a escola em estudo se encontra em fase de modernização, e portanto submetida a uma grande reestruturação que inclui alterações na configuração do seu espaço e do sistema de iluminação, houve muita dificuldade em conseguir obter dados concretos para a realização da auditoria respeitante ao ano de 2008, sendo, por isso, necessário considerar algumas bases de cálculo e de trabalho, que se ajustassem à situação. Pelo que será desde já oportuno referir que neste capítulo do trabalho não se pretende obter valores absolutos dos consumos verificados, mas sim, exemplificar o procedimento a adoptar numa auditoria com vista à obtenção da informação necessária à

discretização de consumos. Assim, face à falta de informação relativa ao sistema de iluminação instalado nos diferentes espaços da escola, no ano de 2008, e sua taxa de utilização, foram admitidas para efeito de cálculo as seguintes hipóteses:

- horário de funcionamento normal da escola: 8h30min – 24h00min
- 44 semanas de consumo de energia eléctrica, durante um ano, de forma a que as interrupções lectivas sejam tidas em conta;
- todas as lâmpadas do tipo fluorescente tubular de 36W de 2500 lumen e balastro convencional, excepto as utilizadas no ginásio que são compactas com uma potência total é de 4500W;

Para a determinação da área média das salas e número de lâmpada por metro quadrado foi utilizada uma planta facultada pela escola, após a remodelação, correspondente a um dos corpos constituintes da mesma. Deste modo foi feito o levantamento da área total das salas, bem como o número total de lâmpadas existentes nas mesmas, tendo-se chegado aos seguintes valores:

- **Número de salas:** 19
- **Área total das salas:** 1088,8 m²
- **Número total de lâmpadas:** 208
- **Área média específica** = 1088,8 / 19 = 57,3 m²/sala
- **Número específico de lâmpadas** = 208 / 1088,8 = 0,191 lâmpadas/m²

8.2. Consumo no Sistema de Iluminação

A determinação dos consumos de energia eléctrica relativos à iluminação em cada um dos espaços de maior consumo foi efectuada da seguinte forma:

o **Salas de aula**

De acordo com a tabela 6.1.2, verifica-se que, durante uma semana, o número total de salas ocupadas é de 2410, cada uma das quais a funcionar em períodos de 45 min.

$$\text{Área das salas} = 2410 \times 57,3 = 138093 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de lâmpadas} = 138093 \times 0,191 \sim 26376 \text{ lâmpadas}$$

$$E_{\text{consumida}} = 26376 \times 36 \times 10^{-3} \times 45/60 \sim 712 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 712 \text{ kWh} \times 44 = 31328 \text{ kWh / ano}$$

○ **Corredores e átrios**

Nos três corpos existentes na escola, foram contabilizados 11 corredores e 3 átrios, com um total de 245 lâmpadas, a funcionar durante todo o horário de funcionamento da escola (15,5h).

$$E_{\text{consumida}} = 245 \times 36 \times 10^{-3} \times 15,5 \sim 137 \text{ kWh / dia}$$

$$E_{\text{consumida}} = 137 \text{ kWh} \times 5 \times 44 = 30140 \text{ kWh / ano}$$

○ **Cantina, bufete e polivalente**

Atendendo a que a cantina e o bufete estão incluídas num mesmo polivalente, do qual constam 47 lâmpadas e que funcionam das 8h30min às 22h30min.

$$E_{\text{consumida}} = 47 \times 36 \times 10^{-3} \times 14 \sim 24 \text{ kWh / dia}$$

$$E_{\text{consumida}} = 24 \text{ kWh} \times 5 \times 44 = 5280 \text{ kWh / ano}$$

○ **Ginásio**

Este espaço conta com um conjunto de lâmpadas fluorescentes compactas de potência total de 4500W, a funcionar de 2ª a 6ª feira, das 8h30min às 18h30min, excepto à 4ª feira cujo horário decorre apenas da parte da manhã.

$$E_{\text{consumida}} = 4500 \times 10^{-3} \times 10 \times 4 + 4500 \times 10^{-3} \times 5 \sim 203 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 203 \text{ kWh} \times 44 = 8932 \text{ kWh / ano}$$

○ **Reprografia e papelaria**

Estes espaços contam com 10 lâmpadas, a funcionar das 8h30min às 22h30min.

$$E_{\text{consumida}} = 10 \times 36 \times 10^{-3} \times 14 \times 5 \times 44 \sim 1109 \text{ kWh / ano}$$

○ **Serviços Administrativos e Conselho Executivo**

Estes espaços contam com 12 lâmpadas, a funcionar das 9h00min às 22h30min.

$$E_{\text{consumida}} = 12 \times 36 \times 10^{-3} \times 13,5 \times 5 \times 44 \sim 1283 \text{ kWh / ano}$$

○ **Biblioteca e Sala de Estudo**

Estes espaços contam com 32 lâmpadas, a funcionar das 9h00min às 22h30min.

$$E_{\text{consumida}} = 32 \times 36 \times 10^{-3} \times 13,5 \times 5 \times 44 \sim 3421 \text{ kWh / ano}$$

○ **Casas de Banho**

Estes espaços contam com 25 lâmpadas, a funcionar das 8h30min às 24h00min.

$$E_{\text{consumida}} = 25 \times 36 \times 10^{-3} \times 15,5 \times 5 \times 44 \sim 3069 \text{ kWh / ano}$$

Na tabela 8.2.1 são apresentados os consumos de energia eléctrica de 2008, relativos à iluminação e para cada espaço de maior consumo

Tabela 8.2.1 – Consumos estimados de energia eléctrica relativo à iluminação

Espaço	Energia consumida (kWh/ ano)
Salas de aula	31328
Corredores e átrios	30140
Cantina, bufete e polivalente	5280
Ginásio	8932
Reprografia e papelaria	1109
Serviços administrativos e gabinete do conselho executivo	1283
Biblioteca e sala de estudo	3421
Casas de banho	3069
Total	84562

Outro aspecto que se considera importante avaliar, prende-se com a adequação do nível de iluminação para a função do espaço.

O requisito básico a exigir a qualquer instalação de iluminação é a de proporcionar um nível de iluminação adequado as tarefas a desempenhar com o menor consumo de energia possível. Para conceber correctamente uma instalação de iluminação é necessário ter em conta um conjunto de factores como, nível de iluminação recomendado para o espaço, a qualidade da luz e o rendimento energético [9].

As lâmpadas fluorescentes tubulares utilizadas na iluminação da maioria dos espaços da escola encontram-se adequadas à utilização que a estes é dada, pois este tipo de lâmpada é recomendada para a iluminação interior de edifícios de serviços possuindo boa eficiência luminosa. Quanto ao ginásio poderá haver um desajuste relativamente ao tipo de lâmpada utilizada uma vez que são recomendadas lâmpadas de iodetos metálicos para a iluminação de recintos desportivos e neste espaço, encontram-se instaladas lâmpadas fluorescentes compactas [9].

O nível de iluminação, definido como o fluxo luminoso recebido no plano de trabalho por unidade de superfície, são estabelecidos para cada tipo de actividade e tarefa por diferentes organismos.

Na tabela 8.2.2. são apresentados os níveis médios de iluminação segundo a norma DIN 5035.

Tabela 8.2.2 – Nível médio de iluminação em função do espaço
(Fonte: Norma DIN 5035)

Função do espaço	Nível médio de Iluminação (Lux *)
Sala de desenho e laboratórios	500
Sala de aula normal	300
Biblioteca (iluminação geral)	300
Refeitório	200
Corredores e átrios	100

* Lux = lumen /m²

A determinação do nível de iluminação foi realizada para os espaços constantes na planta disponibilizada pela escola e relativa a um dos corpos, foi feita do seguinte modo:

$$\text{Nível de iluminação} = \frac{N^{\circ} \text{lâmpadas} \cdot 2500}{A_{\text{média}}} (\text{lumen} / m^2)$$

Na tabela 8.2.3. são apresentados os níveis médios de iluminação obtidos, bem como algumas características relativas aos espaços que foram possíveis estudar.

Tabela 8.2.3 – Níveis de iluminação obtidos em função do espaço

Espaço	Área média (m ²)	Nº médio de lâmpadas	Níveis de Iluminação Obtido (lumen/m ²)
Sala de aula normal	57,3	11	480
Salas de Informática	58,6	12	512
Laboratórios	78,0	14	449
Corredores	83,9	7	209

Confrontando os níveis de iluminação obtidos e constantes da tabela 8.2.3 com os níveis médios de iluminação, segundo a Norma DIN 5035, verifica-se que:

- há um sobredimensionamento a nível de iluminação nas salas de aulas normais e corredores, atingindo, respectivamente, valores percentuais de excesso de 37,5 % e 52%;
- os laboratórios apresentam um nível de iluminação 11,4% abaixo do nível adequado para função do espaço;
- as salas de informática apresentam um nível de iluminação que se poderá considerar aceitável, uma vez que apenas excede em 2,3% do nível recomendado.

A correcção do nível de iluminação instalado nas salas de aula e corredores, espaços responsáveis por quase 73% do consumo de energia eléctrica em iluminação (tabela 8.2.2), para os valores recomendados poderá representar uma redução do consumo em energia eléctrica de cerca de 27000 kWh/ano e uma redução das emissões em cerca de 12 kCO₂e/ano.

Pelo exposto e atendendo à importância da adequação da iluminação ao espaço, um vez que de uma incorrecta iluminação podem surgir consequências como, dores de cabeça, stress, posições incorrectas e até mesmo menor motivação dos alunos, será pertinente sugerir à escola uma melhor adequação da iluminação ao espaço.

8.3. Equipamento Informático

Antes de efectuar a determinação dos consumos eléctricos relativos ao equipamento informático, será conveniente referir que foi feito um levantamento relativo ao número de computadores existentes, bem como o tempo médio da sua utilização. Assim, constata-se que a escola dispõe de:

- computadores cujas potências da fonte de alimentação e monitor são, respectivamente , 300W e 65W;
- 1 computador em cada sala de aula normal , com um funcionamento médio diário de 45min;
- 7 salas específicas para leccionação de informática, cada uma das quais com uma média de 14 computadores, e com funcionamento médio diário de 10,6 x 45min = 477min^(a);
- 15 computadores que funcionam no horário 9h00min – 22h00min , existentes nos serviços administrativos e gabinete do conselho executivo;
- 10 Computadores na biblioteca e sala de estudo com horário de funcionamento médio diário de 4h.

- (a) A determinação deste tempo de funcionamento teve por base o horário das salas em causa, como se apresenta na tabela 8.3.1

Tabela 8.3.1 – Períodos de 45min ocupados nas salas específicas de informática

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
sala 1	6	14	14	9	9
sala 2	12	5	12	10	15
sala 3	6	12	12	9	9
sala 4	12	5	12	10	15
sala 5	6	14	14	9	9
sala 6	6	14	14	10	9
sala 7	12	6	12	10	14
Média	9	10	13	10	11

○ **Salas de aula normais**

De acordo com a tabela 6.1.2, o número médio diário de salas utilizadas é de 27.

$$E_{\text{consumida}} = 27 \times (300+65) \times 10^{-3} \times 5 \times 45/60 \sim 37 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 37 \text{ kWh} \times 44 = 1628 \text{ kWh / ano}$$

○ **Salas de aula específicas de informática**

Nº total de computadores = 7 x 14 = 98

$$E_{\text{consumida}} = 98 \times (300+65) \times 10^{-3} \times 5 \times 47/60 \sim 1422 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 1422 \text{ kWh} \times 44 = 62568 \text{ kWh / ano}$$

○ **Serviços administrativos e gabinete do conselho executivo**

$$E_{\text{consumida}} = 15 \times (300+65) \times 10^{-3} \times 5 \times 13,5 \sim 370 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 370 \text{ kWh} \times 44 = 16280 \text{ kWh / ano}$$

○ **Biblioteca e sala de estudo**

$$E_{\text{consumida}} = 10 \times (300+65) \times 10^{-3} \times 5 \times 4 = 73 \text{ kWh / semana}$$

$$E_{\text{consumida}} = 73 \text{ kWh} \times 44 = 3212 \text{ kWh / ano}$$

Na tabela 8.3.2 são apresentados os consumos de energia eléctrica de 2008, relativos ao equipamento informático e para cada espaço de maior consumo.

Tabela 8.3.2 – Consumos de energia eléctrica relativo ao equipamento informático

Espaço	Energia consumida (kWh/ ano)
Salas de aula normais	1628
Salas específicas de informática	62568
Serviços administrativos e gabinete do conselho executivo	16280
Biblioteca e sala de estudo	3212
Total	83688

8.4. Sugestões de Racionalização dos Consumos de Energia Eléctrica

Uma vez estimados os consumos energéticos para iluminação e equipamento informático, verifica-se que o total de consumos identificados não perfaz o valor efectivo do consumo total energético do edifício, havendo um défice de 22% que não foi possível identificar, como mostra o gráfico da figura 8.4.1

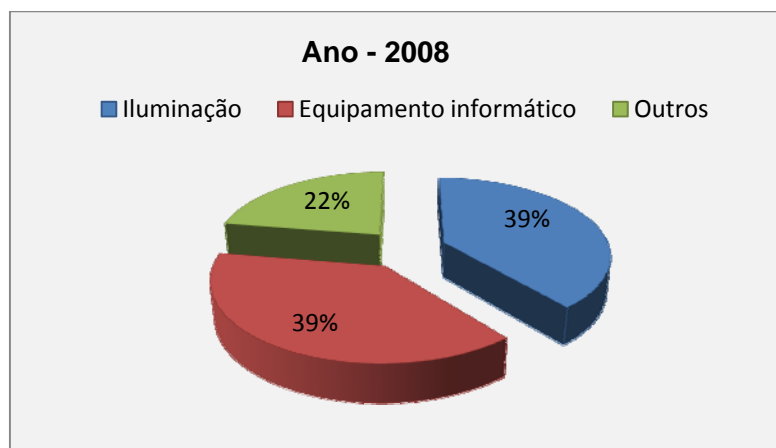


Figura 8.4.1 – Desagregação dos consumos da energia eléctrica

Embora os resultados apresentados na figura 8.4.1 não possam ser assumidos como reais, estes poderão ser indicativos dos consumos verificados na instalação em causa. Assim, de acordo com o gráfico da figura 8.4.1, verifica-se que o consumo de energia eléctrica referente à iluminação e ao equipamento informático poderão ser considerados equivalentes (39%).

Tal constatação sugere propor algumas medidas de forma a minimizar os respectivos consumos e custos, após observação das condições de funcionamento.

Deste modo, para:

Iluminação

- Substituição dos balastros electromagnéticos convencionais por balastros electrónicos. Esta medida pode representar uma poupança energética da ordem dos 25%. [7]

Por outro lado, esta medida poderá aumentar a eficiência da instalação de iluminação:

- contribuindo para diminuição ou mesmo a anulação do consumo de energia reactiva associado ao sistema de iluminação, devido ao elevado factor de potência que apresentam;
 - aumentando a eficiência energética das lâmpadas em 20%; [8]
 - eliminam a cintilação da luz, uma vez que a lâmpada cintila 40000 vezes por segundo (invisível para o olho humano); [8]
 - proporcionam arranques suaves às lâmpadas, aumentando a vida útil e reduzindo os custos de manutenção da lâmpada; [8]
- Manutenção da limpeza de todo o sistema de iluminação, nomeadamente, lâmpadas e luminárias, para permitir a reflexão máxima da luz;
 - Usar luminárias de alta eficiência, com superfícies interiores desenhadas de forma a distribuir adequadamente a luz;
 - Utilizar sensores de presença nos espaços pouco utilizados;
 - Aproveitamento da luz natural, procedendo-se:
 - a limpezas regulares de todas as superfícies translúcidas existentes ou , quando necessário à sua substituição;
 - à utilização de clarabóias sofisticadas e denominadas por “skylite” que , sendo de fácil aplicação, conseguem reduzir totalmente a necessidade de iluminação artificial durante as horas de exposição solar, se correctamente instalados em locais estratégicos.
 - Reduzir o número de lâmpadas ligadas em espaços que apresentam um nível de iluminação excessivo.

Equipamento informático

- Desligar os computadores/monitores de todas as salas fora do período de utilização;
- Substituição de todos os monitores CRT (Cathode Ray Tube/Tubo de Raios Catódicos) por TFT (Thin Film Transistor/ Transistor Fino de Filme);
- Atendendo a que o uso de computadores, nas aulas específicas de informática, representa um peso percentual relevante nos consumos energéticos, sugere-se que o período de funcionamento das referidas aulas decorra entre as 12h00min e 18h30min, ao qual corresponde o período horário de cheias.

9. Conclusões e Sugestões para Trabalho Futuro

Pretende-se com este trabalho, alertar para a necessidade da existência de uma gestão e preocupação energética na escola, para que assim seja possível:

- reduzir o peso da factura eléctrica;
- avaliar o contributo da escola na poluição atmosférica;
- aprender a utilizar a energia de forma racional e sustentável.

Para a escola em estudo, verifica-se que as formas de energias consumidas são a electricidade, o gás natural, o gás propano e o gás butano.

Os consumos e custos de cada uma das formas de energia apresentam, para o ano de 2008, valores bastante distintos. Desta forma:

- a electricidade contribui com um peso de 87% no consumo de energia e de 77% no custo da mesma, representando uma factura anual de 22360€;
- o gás propano atinge 7% no consumo de energia e de 15% no respectivo custo, correspondente a uma factura anual de 4226€.

Recorrendo às distribuições de consumo da energia activa pelos períodos horários e à taxa de ocupação das salas, foi possível concluir a viabilidade da transferência de consumos para períodos horários de menor tarifa, por alteração do funcionamento lectivo.

A energia reactiva, embora represente cerca de 17% da energia consumida ao ano, poderá ser compensada, com um payback simples, nunca superior a 12 meses relativo ao investimento em condensadores.

A opção tarifária da escola, médias utilizações, é considerada aceitável, podendo, no entanto, ser melhorada, através de alteração para longas utilizações.

Associando-se à compensação da energia reactiva, a alteração tarifária, verificar-se-á, ao fim de dois anos, uma redução de cerca de 1223 € no orçamento anual.

O edifício em estudo cumpre os requisitos energéticos do RSECE, uma vez que o valor do índice de eficiência energética apresenta o valor 6,50 Kgep/m².ano, inferior ao valor de referência, 15 Kgep/m².ano, aliado ao facto do edifício em estudo apresentar uma grande área e baixos consumos eléctricos, justificados pela não existência de climatização.

Analisadas as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) associados aos consumos a que o edifício reporta, verifica-se que representam um valor de cerca de 144 tCO₂e anual.

No que se refere à energia eléctrica consumida, constata-se que a iluminação e o equipamento informático são os principais consumidores, podendo considerar-se os seus consumos equivalentes e com um valor percentual de 39%.

Relativamente à iluminação, verifica-se que são as salas de aula e corredores, os espaços que apresentam maior consumo de energia e um inadequado nível de iluminação, atingindo valores em excesso da ordem de 37,5% para as salas de aula e 52% para os corredores.

Quanto ao equipamento informático, são as salas específicas de informática que dominam o consumo de energia eléctrica.

Pelo exposto, parece-me pertinente referir que esta avaliação energética assume um interesse especial para a escola, na medida em que, contribuirá para uma redução do consumo e custo da energia consumida, embora este último não quantificado, permitirá repensar um pouco acerca da contribuição da escola para a poluição atmosférica, assim como a necessidade de inculcar a toda a comunidade escolar que o uso de energia deve ser eficiente.

Para trabalho futuro sugere-se uma avaliação técnico-económica das alterações propostas com vista à redução dos consumos de energia, uma vez que esta não foi possível de efectuar em tempo útil compatível com a data de entrega do presente trabalho.

Sugere-se ainda, que seja revisto o sistema de iluminação uma vez que a escola se encontra em remodelação, a fim de obter os níveis de iluminação necessários em cada espaço com a mínima potência instalada.

Referências Bibliográficas

- [1] DGEG. “Política Energética.” www.dgge.pt (acedido em Setembro de 2009)
- [2] ADENE.” Certificação Energética e Ar Interior Edifícios.” www.adene.pt (acedido em Setembro de 2009)
- [3] APA.” Políticas de Ambiente.” Novembro 15, 2009.
<http://www.apambiente.pt/politicasantambiente/Paginas/default.aspx> (acedido em Setembro de 2009)
- [4] ADENE. “Apresentação SCE”.
http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/C2A3E54E-5B8B-46F6-ACAD-12B42F726368/821/SCE_Geral3.pdf
(acedido em Setembro de 2009)
- [5] Decreto – Lei nº 29/2006 de 15 de Fevereiro de 2006. DR N.º 33, Série I A.
- [6] Gaspar, C. ” Eficiência Energética na Indústria”, 2004
- [7] “Auditoria Energética e QAI a Edifício existente”, FEUP, 2007
- [8] “ Manual Técnico de Gestão de Energia”, IRS – Universidade de Coimbra, Setembro 2007
- [9] “Manual do Gestor de Energia”, CCE e DGE, 1997

Bibliografia

Decretos – Lei Consultados

- Decreto – Lei nº 78/2006 de 4 de Abril de 2006. DR N.º 67, Série I A.
- Decreto – Lei nº 79/2006 de 4 de Abril de 2006. DR N.º 67, Série I A.
- Decreto – Lei nº 80/2006 de 4 de Abril de 2006. DR N.º 67, Série I A.

Portarias Consultadas

- Portaria nº 461/2007 de 5 de Junho. DR, 2ª Série – N.º 108.
- Portaria nº 835/2007 de 7 de Agosto. DR, 1ª Série – N.º 151.

Despachos Consultados

- Despacho n.º 29287/2007 de 21 de Dezembro. DR, 2ª Série – N.º 246.
- Despacho n.º 17313/2008 de 26 de Junho. DR, 2ª Série – N.º 122.
- Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril. DR, 2ª Série – N.º 59.

Sites Consultados

- www.adene.pt
- www.apambiente.pt
- www.apenergia.pt

www.br.airliquide.com

www.dgge.pt

www.edp.pt

www.eficiencia-energetica.com

www.erse.pt

www.galpenergia.com

www.gamagases.com.br

www.min-economia.pt/

www.nacionalgas.pt

www.proclima.nevora.pt

www.zarco.pt

Outra Bibliografia Utilizada

“Requisitos Energéticos. Indicadores de Eficiência Energética”, FEUP, 2007.

“A Gestão de Energia e o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia”, DGE.

“Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética”, ISR – UC, Nov 2005.

“Tarifário de Venda de Energia Eléctrica a Clientes Finais, 2006. ERSE, 15 Dez 2005.

“Tarifário de Venda de Energia Eléctrica a Clientes Finais, 2007. ERSE, 29 Dez 2006.

“Tarifário de Venda de Energia Eléctrica a Clientes Finais, 2008. ERSE, 21 Dez 2007.

Anexos

Anexo 1. Facturas energéticas

Tabela A.1 - Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2006.

PERÍODO FACTURAÇÃO	ENERGIA ACTIVA					ENERGIA REACTIVA				POTÊNCIA				TERMO FIXO
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Total (kWh)	Custo (€)	CFV (kWh)	FV kWh	Total (kW)	Custo (€)	C (kWh)	HP (kWh)	Total (kWh)	Custo (€)	Custo (€)
13/12/2005 a 09/01/2006	645	1174	2823	4642	315	0	0	0	0	98	10	108	183	40
10/01/2006 a 09/02/2006	4523	5647	12206	22376	1575	1945	0	1945	29	108	46	154	517	40
10/02/2006 a 09/03/2006	4608	5074	10924	20606	1435	2507	0	2507	38	108	45	153	515	40
10/03/2006 a 09/04/2006	4311	4685	10381	19377	1378	3671	0	3671	55	108	38	146	445	40
10/04/2006 a 09/05/2006	3582	3830	8116	15528	1167	3078	0	3078	46	108	32	140	391	40
10/05/2005 a 09/06/2006	4336	4717	10103	19156	1442	3823	0	3823	57	108	38	146	447	40
10/06/2005 a 09/07/2006	3668	3364	7288	14320	1056	3335	0	3335	50	108	28	136	315	40
10/07/2006 a 09/08/2006	3598	2660	6384	12642	900	3335	0	3335	50	108	21	129	264	40
10/08/2006 a 09/09/2006	2999	1754	4413	9166	63	2136	0	2136	32	108	14	122	207	40
10/09/2006 a 09/10/2006	3564	3816	8489	15869	1152	3369	0	3369	51	108	32	140	345	40
10/10/2006 a 09/11/2006	4231	4962	10942	20135	1397	3054	0	3054	46	108	40	148	409	40
10/11/2006 a 09/12/2006	4308	4935	11235	20478	1416	2794	0	2794	42	108	41	149	418	40

Tabela A.2 - Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2007.

PERÍODO FACTURAÇÃO	ENERGIA ACTIVA					ENERGIA REACTIVA				POTÊNCIA			TERMO FIXO
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Total (kWh)	Custo (€)	CFV (kWh)	FV kWh	Total (kWh)	Custo (€)	C (kWh)	HP kWh	Custo (€)	Custo (€)
13/12/2006 a 09/01/2007	3969	4003	8938	16910	1185	2434	0	2434	38	108	32	371	44
10/01/2007 a 09/02/2007	5003	6334	13764	25101	1909	3035	0	3035	50	106	51	523	44
10/02/2007 a 09/03/2007	4341	4845	10400	19586	1473	2714	0	2714	45	100	43	453	44
10/03/2007 a 09/04/2007	3914	3421	7266	14601	1094	2433	0	2433	40	100	28	324	44
10/04/2007 a 09/05/2007	4094	4679	9976	18749	1520	3475	0	3475	57	100	39	418	44
10/05/2007 a 09/06/2007	4246	4552	9934	18732	1508	3740	0	3740	61	100	37	399	44
10/06/2007 a 09/07/2007	3557	3563	7861	14981	1197	3898	0	3898	64	100	27	342	44
10/07/2007 a 09/08/2007	3372	2610	6523	12505	970	3193	0	3193	52	100	21	271	44
10/08/2007 a 09/09/2007	3227	1768	4782	9777	713	2044	0	2044	34	100	14	198	44
10/09/2007 a 09/10/2007	4131	4056	7658	15845	1270	3664	0	3664	60	100	34	336	44
10/10/2007 a 09/11/2007	4734	5094	11183	21011	1505	3815	0	3815	63	100	42	388	44
10/11/2007 a 09/12/2007	4747	5314	12108	22169	1593	3316	0	3316	54	100	44	411	44

Tabela A.3 - Consumos e custos relativos à energia eléctrica para 2008.

PERÍODO FACTURAÇÃO	ENERGIA ACTIVA					ENERGIA REACTIVA				POTÊNCIA				TERMO FIXO
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Total (kWh)	Custo (€)	CFV (kWh)	FV (kWh)	Total (kWh)	Custo (€)	C kWh	HP kWh	Total (kWh)	Custo (€)	Custo (€)
10/12/2007 a 10/01/2008	5013	4757	11316	21086	1526	2572	0	2572	43	112	37	149	392	48
11/01/2008 a 10/02/2008	4836	5322	11645	21803	1679	3128	0	3128	53	112	43	155	436	48
11/02/2008 a 10/03/2008	4676	5216	11160	21052	1624	3248	0	3248	55	112	45	157	451	48
11/03/2008 a 10/04/2008	4305	4049	8871	17225	1321	2775	0	2775	47	112	33	145	359	48
11/05/2008 a 10/05/2008	4600	4786	10247	19633	1553	2984	0	2984	50	112	40	152	413	48
11/05/2008 a 10/06/2008	4677	4511	9775	18963	1489	3188	0	3188	54	112	36	148	387	48
11/06/2008 a 10/07/2008	3106	3230	7352	13688	1082	3687	0	3687	62	112	27	139	316	48
11/07/2008 a 10/08/2008	2816	2014	5277	10107	770	2854	0	2854	48	112	16	128	236	48
11/08/2008 a 10/09/2008	2912	1769	4646	9327	700	2385	0	2385	40	112	14	126	221	48
11/09/2008 a 10/10/2008	3906	3996	9240	17142	1339	4196	0	4196	71	112	33	145	364	48
11/10/2008 a 10/11/2008	4188	4980	11373	20541	1592	3654	0	3654	62	112	40	152	415	48
11/11/2008 a 10/12/2008	6456	6027	13888	26371	2000	2627	0	2627	44	112	50	162	490	48

Tabela A.4 - Consumos relativos ao gás natural para o período 2006 - 2008

Consumo de gás natural (m ³)			
Mês de Consumo	2006	2007	2008
Jan	2931	2118	1716
Fev	3167	2726	1767
Mar	3613	1362	0
Abr	0	0	0
Mai	0	0	0
Jun	0	0	0
Jul	0	0	359
Ago	0	0	0
Set	0	0	0
Out	0	0	0
Nov	3	667	0
Dez	1053	2748	0

Tabela A.5 - Custos relativos ao gás natural para o período 2006 - 2008.

Custo do gás (€)			
Mês de Consumo	2006	2007	2008
Jan	1416	1022	858
Fev	1561	1277	895
Mar	1777	667	52
Abr	53	52	53
Mai	55	52	50
Jun	50	52	50
Jul	50	49	189
Ago	50	49	13
Set	50	51	12
Out	50	49	12
Nov	52	360	12
Dez	545	1311	0

Tabela A.6 - Consumos e custos relativos ao gás propano para 2008.

2008		
Mês de Consumo	Consumo (kg)	Custo (€)
Fevereiro	726	939,52
Maio	805	1041,76
Outubro	919	1209,77
Dezembro	878	1035,17

Tabela A.7 – Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2006

Período	Energia Activa				Energia Reactiva (€)	Potência			Termo Fixo (€)	Custo final (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)	Custo (€)		
13/12/2005 a 09/01/2006	645	1174	2823	288	0	98	10	221	40	549
10/01/2006 a 09/02/2006	4523	5647	12206	1502	29	108	46	528	40	2099
10/02/2006 a 09/03/2006	4608	5074	10924	1369	38	108	45	526	40	1973
10/03/2006 a 09/04/2006	4311	4685	10381	1302	55	108	38	463	40	1860
10/04/2006 a 09/05/2006	3582	3830	8116	1077	46	108	32	414	40	1577
10/05/2005 a 09/06/2006	4336	4717	10103	1330	57	108	38	465	40	1893
10/06/2005 a 09/07/2006	3668	3364	7288	942	50	108	28	382	40	1413
10/07/2006 a 09/08/2006	3598	2660	6384	842	50	108	21	327	40	1259
10/08/2006 a 09/09/2006	2999	1754	4413	595	32	108	14	266	40	933
10/09/2006 a 09/10/2006	3564	3816	8489	1084	51	108	32	413	40	1588
10/10/2006 a 09/11/2006	4231	4962	10942	1344	46	108	40	482	40	1911
10/11/2006 a 09/12/2006	4308	4935	11235	2107	42	108	41	491	40	2680
				13782	496	1286	386	4977	480	19735

Tabela A.8 – Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2006

Período	Energia Activa				Energia Reactiva (€)	Potência			Termo Fixa (€)	Custo final (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)	Custo (€)		
13/12/2005 a 09/01/2006	645	1174	2823	447	0	98	10	172	40	660
10/01/2006 a 09/02/2006	4523	5647	12206	2337	29	108	46	651	40	3057
10/02/2006 a 09/03/2006	4608	5074	10924	2124	38	108	45	647	40	2849
10/03/2006 a 09/04/2006	4311	4685	10381	1988	55	108	38	546	40	2629
10/04/2006 a 09/05/2006	3582	3830	8116	1598	46	108	32	466	40	2150
10/05/2005 a 09/06/2006	4336	4717	10103	1973	57	108	38	549	40	2619
10/06/2005 a 09/07/2006	3668	3364	7288	1443	50	108	28	413	40	1947
10/07/2006 a 09/08/2006	3598	2660	6384	1228	50	108	21	324	40	1643
10/08/2006 a 09/09/2006	2999	1754	4413	859	32	108	14	225	40	1156
10/09/2006 a 09/10/2006	3564	3816	8489	1625	51	108	32	465	40	2180
10/10/2006 a 09/11/2006	4231	4962	10942	2084	46	108	40	576	40	2746
10/11/2006 a 09/12/2006	4308	4935	11235	2107	42	108	41	591	40	2780
										26415

Tabela A.9 – Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2007

Período	Energia Activa				Energia Reactiva (€)	Potência			Termo Fixo (€)	Custo Total (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)	Custo (€)		
13/12/2006 a 09/01/2007	3969	4003	8938	1141	38	108	32	394	44	1616
10/01/2007 a 09/02/2007	5003	6334	13764	1834	50	106	51	539	44	2467
10/02/2007 a 09/03/2007	4341	4845	10400	1416	45	100	43	470	44	1974
10/03/2007 a 09/04/2007	3914	3421	7266	1043	40	100	28	346	44	1473
10/04/2007 a 09/05/2007	4094	4679	9976	1418	57	100	39	436	44	1956
10/05/2007 a 09/06/2007	4246	4552	9934	1407	61	100	37	418	44	1931
10/06/2007 a 09/07/2007	3557	3563	7861	1118	64	100	27	339	44	1565
10/07/2007 a 09/08/2007	3372	2610	6523	906	52	100	21	295	44	1297
10/08/2007 a 09/09/2007	3227	1768	4782	680	34	100	14	242	44	999
10/09/2007 a 09/10/2007	4131	4056	7658	1277	60	100	34	395	44	1777
10/10/2007 a 09/11/2007	4734	5094	11183	1512	63	100	42	458	44	2077
10/11/2007 a 09/12/2007	4747	5314	12108	1599	54	100	44	478	44	2176
										21309

Tabela A.10 – Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2007

Período	Energia Activa				Energia Reactiva (€)	Potência			Termo Fixo (€)	Custo Total (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)	Custo (€)		
13/12/2006 a 09/01/2007	3969	4003	8938	1722	38	108	32	457	44	2260
10/01/2007 a 09/02/2007	5003	6334	13764	2638	50	106	51	700	44	3433
10/02/2007 a 09/03/2007	4341	4845	10400	2033	45	100	43	597	44	2718
10/03/2007 a 09/04/2007	3914	3421	7266	1472	40	100	28	393	44	1949
10/04/2007 a 09/05/2007	4094	4679	9976	1953	57	100	39	541	44	2596
10/05/2007 a 09/06/2007	4246	4552	9934	1934	61	100	37	511	44	2551
10/06/2007 a 09/07/2007	3557	3563	7861	1533	64	100	27	381	44	2022
10/07/2007 a 09/08/2007	3372	2610	6523	1228	52	100	21	308	44	1632
10/08/2007 a 09/09/2007	3227	1768	4782	911	34	100	14	220	44	1208
10/09/2007 a 09/10/2007	4131	4056	7658	1637	60	100	34	474	44	2215
10/10/2007 a 09/11/2007	4734	5094	11183	2168	63	100	42	578	44	2852
10/11/2007 a 09/12/2007	4747	5314	12108	2290	54	100	44	610	44	2999
										28436

Tabela A.11 – Resultado da simulação da tarifa longas durações para 2008

Período	Energia Activa				Custo (€)	Potência			Termo Fixo (€)	Custo Total (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)	Custo (€)		
10/12/2007 a 10/01/2008	5013	4757	11316	1508	43	112	37	395	48	1994
11/01/2008 a 10/02/2008	4836	5322	11645	1609	53	112	43	435	48	2146
11/02/2008 a 10/03/2008	4676	5216	11160	1556	55	112	45	450	48	2108
11/03/2008 a 10/04/2008	4305	4049	8871	1267	47	112	33	363	48	1725
11/05/2008 a 10/05/2008	4600	4786	10247	1489	50	112	40	414	48	2002
11/05/2008 a 10/06/2008	4677	4511	9775	1428	54	112	36	389	48	1920
11/06/2008 a 10/07/2008	3106	3230	7352	1038	62	112	27	323	48	1472
11/07/2008 a 10/08/2008	2816	2014	5277	741	48	112	16	249	48	1086
11/08/2008 a 10/09/2008	2912	1769	4646	672	40	112	14	235	48	995
11/09/2008 a 10/10/2008	3906	3996	9240	1284	71	112	33	368	48	1771
11/10/2008 a 10/11/2008	4188	4980	11373	1526	62	112	40	416	48	2051
11/11/2008 a 10/12/2008	6456	6027	13888	1918	44	112	50	486	48	2497
				16036	629	1344	415	4523	578	21767

Tabela A.12 – Resultado da simulação da tarifa curtas durações para 2008

Período	Energia activa				Energia Reactiva (€)	Potência		Custo (€)	Termo fixo (€)	Custo Total (€)
	HV (kWh)	HP (kWh)	HC (kWh)	Custo (€)		C (kWh)	HP (kWh)			
10/12/2007 a 10/01/2008	5013	4757	11316	2121	43	112	37	509	48	2722
11/01/2008 a 10/02/2008	4836	5322	11645	2224	53	112	43	582	48	2907
11/02/2008 a 10/03/2008	4676	5216	11160	2155	55	112	45	608	48	2866
11/03/2008 a 10/04/2008	4305	4049	8871	1726	47	112	33	453	48	2274
11/05/2008 a 10/05/2008	4600	4786	10247	1995	50	112	40	544	48	2638
11/05/2008 a 10/06/2008	4677	4511	9775	1908	54	112	36	500	48	2510
11/06/2008 a 10/07/2008	3106	3230	7352	1384	62	112	27	381	48	1875
11/07/2008 a 10/08/2008	2816	2014	5277	969	48	112	16	246	48	1311
11/08/2008 a 10/09/2008	2912	1769	4646	875	40	112	14	222	48	1185
11/09/2008 a 10/10/2008	3906	3996	9240	1728	71	112	33	461	48	2308
11/10/2008 a 10/11/2008	4188	4980	11373	1287	62	112	40	547	48	1944
11/11/2008 a 10/12/2008	6456	6027	13888	1640	44	112	50	674	48	2406
				20012	629	1344	415	5726	578	26946

Anexo 2. Planta do corpo C da escola.