



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade de Coimbra

Pedro Miguel Lopes Gonçalves

**Sistema de monitorização de consumos para o Pólo II -
Escolha de indicadores para análise de desempenho
energético dos edifícios**

DEEC

Coimbra, Janeiro de 2013



Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Sistema de monitorização de consumos para o Pólo II - Escolha de indicadores para análise de desempenho energético dos edifícios

Aluno:

Pedro Miguel Lopes Gonçalves

Presidente do Júri:

Professor Doutor António José Ribeiro Ferreira

Orientador:

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal:

Professor Doutor Rui Paulo Pinto da Rocha

Coimbra, Janeiro de 2013



Laboratório de Gestão de Energia

Ano Lectivo de 2012/2013

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
– Especialização em Energia –

Sistema de monitorização de consumos para o Pólo II - Escolha de indicadores para análise de desempenho energético dos edifícios

Aluno:

Pedro Miguel Lopes Gonçalves

Presidente do Júri:

Professor Doutor António José Ribeiro Ferreira

Orientador:

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal:

Professor Doutor Rui Paulo Pinto da Rocha

‘A persistência é o caminho para o êxito’

(Charles Chaplin)

Agradecimentos

Ao longo destes anos, enquanto estudante da Universidade de Coimbra, foram várias as pessoas que contribuíram para o percorrer desta longa caminhada que culmina com a realização deste trabalho. A essas pessoas, deixo aqui algumas palavras, meramente simbólicas, na tentativa de expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar, o meu maior agradecimento vai para os meus pais, por todo o esforço e sacrifícios que fizeram ao longo deste meu percurso académico. O apoio e carinho que me deram foram fundamentais para conseguir atingir o meu sucesso académico. Agradeço também a toda a minha família pelo apoio sempre prestado, com um especial obrigado ao meu irmão Bruno.

A minha namorada Ana Mercedes não encontro as palavras para lhe agradecer pela ajuda, conselhos, carinho, amizade e amor que me deu nesta longa caminhada que já percorremos juntos. Ao longo deste meu percurso académico foste o meu pilar, as tuas palavras sábias foram sempre pronunciadas nos momentos certos e conselhos importantes foram dados e por isso agradeço-te, obrigado!

Ao meu Orientador, Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, expresso o meu profundo reconhecimento e gratidão pela permanente disponibilidade, críticas e conhecimentos transmitidos.

Finalmente, queria também deixar aqui um agradecimento a todos os meus amigos e colegas que me apoiaram ao longo da minha vida académica, que ficarão sempre no meu coração e que nunca me esquecerei do esforço que fizeram para me ajudar em todos os meus momentos.

Resumo

A monitorização dos consumos elétricos é cada vez mais importante, sobretudo quando se fala de um agregado de edifícios, como é o caso do Pólo II da Universidade de Coimbra. A recolha e análise de dados permite identificar desperdícios, fazer comparações entre edifícios e desta forma conseguir uma diminuição de consumos, o que por sua vez leva a uma poupança orçamental e a contribuição para um planeta mais limpo e saudável.

É neste paradigma que surge este projeto de monitorização do Pólo II da UC, encontrando-se a sua implementação no terreno ainda numa fase inicial. O objetivo final deste projeto consiste em ter monitorização de consumos em todos os edifícios do Pólo II da UC e que esta informação seja disponibilizada aos gestores da manutenção bem como aos seus utilizadores. Nesta fase inicial já se encontra um sistema de monitorização montado no DEEC, sendo neste que recaiu a grande maioria da análise aqui apresentada.

Neste trabalho foi descrito o sistema de monitorização que está implantado no DEEC, bem como os equipamentos utilizado e os custos associados a implementação deste projeto. Foi também feita uma estimativa do custo global do sistema de monitorização do Pólo II da UC.

Ao longo deste trabalho procurou-se obter e estudar vários indicadores para integrar futuramente no sistema de monitorização do Pólo II da UC, no módulo de visualização e análise de consumos. Estes indicadores energéticos foram calculados através da faturação e da telecontagem e posteriormente analisados no sentido de ver quais os departamentos do Pólo II da UC que apresentam os melhores comportamentos energéticos.

Palavras-chave:

Análise, Sistema de Monitorização, Indicadores Energéticos, Pólo II, Edifícios, Departamento, Energia Elétrica, Faturação, Telecontagem.

Abstract

Monitoring of electrical consumption is increasingly important, especially when it comes to an aggregate of buildings, such as the Pole II. The collection and analysis of data allows us to identify waste, making comparisons between buildings and thereby see a decrease in consumption, which in turn leads to budget savings and contributing to a cleaner and healthier planet.

It is this paradigm that emerges this project monitoring Pole II, lying on the ground implementation at an early stage. The ultimate goal of this project is to have monitoring of consumption in all buildings Pole II and that this information be made available to managers as well as maintenance of its users. At this early stage already a monitoring system mounted on the DEEC, and this fell that the majority of the analysis presented here.

This work was described that the monitoring system is implanted in the DEEC, as well as the equipment used and costs associated with the implementation of this design. It was also made an estimate of the overall cost of the monitoring system Pole II.

Throughout this study we sought to obtain and study several indicators for future integrated monitoring system in the Pole II, the module visualization and analysis of consumption. These indicators were calculated through the energy billing and telemetry and subsequently analyzed in order to see which departments of Pole II have the best energy behavior.

Keywords:

Analysis, Monitoring System, Energy Indicators, Pole II, Buildings, Department, Electricity, Billing, Telemetry

Índice

Índice de Figuras	XVII
Índice de Tabelas	XIX
Índice de Gráficos	XXI
Glossário de siglas	XXIII
1. Introdução	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Estrutura do documento	1
2. Enquadramento.....	3
2.1. A importância da monitorização de consumos.....	3
2.2. Indicadores energéticos	4
2.3. Sistema tarifário português.....	4
2.4. Mercado liberalizado.....	6
3. Identificação e caracterização do objecto de estudo.....	9
3.1. Caracterização do Pólo II da Universidade de Coimbra	9
3.1.1. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	9
3.1.2. Departamento de Engenharia Informática	11
3.1.3. Unidade Pedagógica Central	12
3.1.4. Departamento de Engenharia Química.....	13
3.1.5. Departamento de Engenharia Civil	13
3.1.6. Departamento de Engenharia Mecânica.....	14
4. Análise da faturação da energia elétrica do Pólo II da UC	17
4.1. Introdução	17
4.2. Evolução do consumo de energia ativa do Pólo II da UC	17
4.3. Evolução da faturação da energia reativa do Pólo II da UC	19
4.4. Faturação.....	21
4.5. Análise dos consumos de energia ativa anuais dos departamentos.....	23
5. Indicadores a integrar num sistema de monitorização.....	25
5.1. Análise faturação.....	25
5.1.1. Consumo referido ao ano de referência (base 100 - CB100).....	25
5.1.2. Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente – $\Delta CFME$ ₂₆	

5.1.3. Diferença entre consumo mensal faturado nas horas de vazio e o consumo mensal equivalente nas horas de vazio – $\Delta CFME_{HV}$	29
5.1.4. Cálculo do indicador Percentagem de Consumo Total (PCT) dos departamentos do Pólo II da UC	30
5.1.5. Cálculo do indicador Consumo Médio Mensal por área útil ($IE_{\text{Área}}$) dos departamentos do Pólo II da UC	31
5.1.6. Cálculo do indicador Consumo Médio Mensal por Funcionário (CMF) dos departamentos do Pólo II da UC	32
5.1.8. Cálculo do indicador Consumo Mensal por Aluno (CMA) dos departamentos do Pólo II da UC	33
5.1.9. Cálculo do indicador Consumo Mensal por Utilizador (CMU) dos departamentos do Pólo II da UC	34
5.2. Análise telecontagem	34
5.2.1. Histórico	35
5.2.2. Diagramas de carga	36
5.2.3. Índices.....	37
5.2.4. Comparações.....	39
5.2.5 Indicador deslizante	41
6. Sistema de monitorização – caso do DEEC.....	43
6.1. Hardware.....	43
6.1.1. Carlo Gavazzi	43
6.1.2. Zélio Logic.....	44
6.1.3. Circuit Manager 4000.....	46
6.1.4. Transformadores de corrente	46
6.2. Descrição do sistema de monitorização do DEEC	47
6.3. Custo do sistema de monitorização - DEEC.....	48
6.4. Estrutura do sistema de monitorização do Pólo II da UC.....	50
6.5. Custo do sistema de monitorização - Pólo II da UC.....	50
7. Conclusão	53
7.1. Conclusões.....	53
7.2. Trabalhos Futuros.....	54
Referências Bibliográficas	55
Anexos	57
Anexo A - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT (Janeiro 2013).....	57
Anexo B - Períodos horários em média tensão - ciclo diário	58
Anexo C - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II da UC	59
Anexo D - Energia reativa consumida faturada.....	60

Anexo E - Energia reativa fornecida faturada	61
Anexo F - Energia reativa faturada	62
Anexo G - Consumos da Energia Ativa dos edifícios do Pólo II da UC.....	63
Anexo H - Gráficos da diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente.....	65
Anexo I - Gráficos da diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV.....	67
Anexo J - Diagramas de carga - DEEC	69
Anexo L - Calendário escolar 2010/2011.....	70
Anexo M - Lista de material adquirido para o sistema de monitorização - DEEC.....	71
Anexo N - Esquema do sistema de monitorização do DEEC	72
Anexo O - Consumos vs Temperatura	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Diagrama Monitorização e Análise de consumos	3
Figura 2 - Desagregação dos preços pagos pelos consumidores em MT [4].....	5
Figura 3 - Evolução do processo de liberalização do setor elétrico em Portugal Continental [6]	7
Figura 4 - Vista satélite do Pólo II da UC	9
Figura 5 - Esquema do DEEC.....	10
Figura 6 - Esquema do DEI.....	11
Figura 7 - Vista aérea da UPC [8]	12
Figura 8 - Vista aérea do DEQ [8]	13
Figura 9 - Vista aérea do DEC [8]	14
Figura 10 - Vista aérea do DEM [9].....	15
Figura 11 - Exemplo de como a informação seria apresentada aos utilizadores	35
Figura 12 - Esquema das opções possíveis para comparações	40
Figura 13 - Indicador deslizante	41
Figura 14 - Contador Carlo Gavazzi	43
Figura 15 - Esquema de ligações de a) saída opto-mosfet b) saída RS485	44
Figura 16 - a) E/S do contador; b) Esquema de ligações da situação 1; c) Esquema de ligações da situação 2;.....	44
Figura 17 - Módulo logico modular SR2 (cima) e SR3 (baixo), módulo de comunicação e módulo de expansão de E/S	45
Figura 18 - CM4000	46
Figura 19 - Exemplo de um TI aberto de dimensões internas Ax B (mm)	47
Figura 20 - Estrutura do sistema de monitorização do Pólo II da UC.....	50
Figura 21 - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT	58
Figura 22 - Horário de Inverno	58
Figura 23 - Horário de Verão	58
Figura 24 - Resumo do período horário em média tensão - ciclo diário.....	58
Figura 25 - Calendário escolar 2010/2011	70
Figura 26 - Lista de material adquirido para o sistema de monitorização - DEEC	71
Figura 27 - Esquema do sistema de monitorização do DEEC	72

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Resumo do consumo e faturação do DEEC	11
Tabela 2 - Resumo do consumo e faturação do DEI	12
Tabela 3 - Resumo do consumo e faturação do UPC	12
Tabela 4 - Resumo do consumo e faturação do DEQ.....	13
Tabela 5 - Resumo do consumo e faturação do DEC	14
Tabela 6 - Resumo do consumo e faturação do DEM	15
Tabela 7 - Resumo do consumo e faturação do Pólo II da UC	17
Tabela 8 - Valor total faturado da energia reativa consumida	20
Tabela 9 - Valor total faturado da energia reativa fornecida.....	21
Tabela 10 - IVA total faturado anualmente pelo Pólo II da UC	21
Tabela 11 - Valores totais faturados anualmente pelo Pólo II da UC.....	22
Tabela 12 - IE <i>Área</i> dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011.....	32
Tabela 13 - CMF dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011.....	33
Tabela 14 - CMA dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011	33
Tabela 15 - CMU dos departamentos do Pólo II da UC.....	34
Tabela 16 - Índices calculados para o DEEC	39
Tabela 17 - Resumo do equipamento utilizado no sistema de monitorização - DEEC	49
Tabela 18 - Resumo do equipamento utilizado no sistema de monitorização - Pólo II da UC	51
Tabela 19 - Fatores multiplicativos a aplicar ao preço de referência da energia reativa consumida.....	62

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Consumos totais de energia ativa do Pólo II	17
Gráfico 2 - Percentagem do consumo total de cada departamento no ano de 2011	18
Gráfico 3 - Consumos de energia ativa registados nos anos de 2009, 2010 e 2011 em cada um dos departamentos.....	18
Gráfico 4 - Desagregação da energia ativa anual por postos horários no ano de 2009, 2010 e 2011.....	19
Gráfico 5 - Desagregação percentual por período horário da soma da energia ativa no ano de 2011	19
Gráfico 6 - Faturação da energia reativa consumida (indutiva)	20
Gráfico 7 - Faturação da energia reativa fornecida (capacitiva)	21
Gráfico 8 – Valor do IVA acumulado do Pólo II nos anos de 2009, 2010 e 2011	22
Gráfico 9 - Valor total faturado acumulado do Pólo II nos anos de 2009, 2010 e 2011	22
Gráfico 10 - Consumo da EA do DEEC	23
Gráfico 11 - Percentagem de variação dos consumos dos departamentos.....	26
Gráfico 12 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEC	28
Gráfico 13 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEEC	28
Gráfico 14 - DDC do DEEC no dia 6/12/10.....	37
Gráfico 15 - DMC do mês de outubro	37
Gráfico 16 - Comparação entre o dia 18/10/10 com a média do mês de outubro.....	40
Gráfico 17 - Indicador deslizante, com falha, tempo de amostra de 365 dias.....	41
Gráfico 18 - Indicador deslizante, sem falha, tempo de amostra de 364 dias.....	42
Gráfico 19 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II no ano de 2009 ..	59
Gráfico 20 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II no ano de 2010 ..	59
Gráfico 21 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II no ano de 2011 ..	59
Gráfico 22 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2009	60
Gráfico 23 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2010	60
Gráfico 24 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2011	60
Gráfico 25 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2009.....	61
Gráfico 26 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2010.....	61
Gráfico 27 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2011.....	61
Gráfico 28 - Consumo da EA do DEC	63
Gráfico 29 - Consumo da EA do DEEC	63
Gráfico 30 - Consumo da EA do DEI	63
Gráfico 31 - Consumo da EA do DEM	64
Gráfico 32 - Consumo da EA do DEQ.....	64
Gráfico 33 - Consumo da EA do UPC.....	64
Gráfico 34 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEC	65
Gráfico 35 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEEC	65
Gráfico 36 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEI	66

Gráfico 37 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEM.....	66
Gráfico 38 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEQ.....	66
Gráfico 39 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do UPC.....	66
Gráfico 40 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEC.....	67
Gráfico 41 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEEC.....	67
Gráfico 42 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEI.....	68
Gráfico 43 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEM.....	68
Gráfico 44 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEQ.....	68
Gráfico 45 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do UPC.....	68
Gráfico 47 - DDC do dia 6/12/10.....	69
Gráfico 48 - DSC da semana 42.....	69
Gráfico 49 - DMC do mês de outubro.....	69
Gráfico 50 - DAC do ano de 2010.....	70
Gráfico 46 - Consumo semanal vs Temperatura.....	73

Glossário de siglas

AT - Alta Tensão

BT- Baixa Tensão

BTE - Baixa Tensão Especial

BTN - Baixa Tensão Normal

CIEG - Custos de Interesse Económico Geral

CM4000 - Circuit Manager 4000

CMA - Consumo Médio Mensal por Aluno

CMD - Consumo Médio Diário

CME - Consumo Médio Mensal Equivalente

CMF - Consumo Mensal Faturado

CMFD - Consumo Médio Mensal por Funcionários Docentes

CMFND - Consumo Médio Mensal por Funcionários não Docentes

CMM - Consumo Médio Mensal por Área Útil

CMU - Consumo Médio Mensal por Utilizador

DAC - Diagrama Anual de Carga

DC - Diagrama de Carga

DDC - Diagrama Diário de Carga

DEC - Departamento de Engenharia Civil

DEEC - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores

DEI - Departamento de Engenharia Informática

DEM - Departamento de Mecânica

DEQ - Departamento de Engenharia Química

DMC - Diagrama Mensal de Carga

DSC - Diagrama Semanal de Carga

ECC - Ethernet Communications Card

EDP - Energia de Portugal

ER - Energia Reativa

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FBD - Diagrama de Blocos de Funções

FC - Fator de carga

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FD - Fator de Diversidade

FS - Fator de Simultaneidade
FV - Fator de Vazio
HC - Horas Cheias
HP - Horas de Ponta
I&D - Investigação e Desenvolvimento
ISR - Instituto de Sistemas e Robótica
IT - Instituto de Telecomunicações
IVA - Imposto Sobre o Valor Acrescentado
LGE - Laboratório de Gestão de Energia
kWh - Quilowatt-hora
MAT - Muito Alta Tensão
MT - Média Tensão
NEI - Núcleo de Estudantes de Informática
PCT - Percentagem de Consumo Total
PHP - Potência em Horas de Ponta
QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão
SMS - Powerlogic System Manager Software
SV - Horas de Super Vazio
TI - Transformador de Corrente
UPC - Unidade Pedagógica Central
UC - Universidade de Coimbra
UP - Utilização da Ponta
VN - Horas de Vazio Normal
W - Watt

1. Introdução

1.1. Apresentação

O presente documento foi desenvolvido no âmbito da dissertação, para a obtenção do grau de Mestre em Energia do curso de Engenharia Eletrotécnica e Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), referente ao ano letivo de 2012/2013.

Este documento retrata o trabalho de escolha de indicadores para análise de desempenho energético para futuramente ser integrado no sistema de monitorização do Pólo II da UC.

O desenvolvimento deste trabalho teve como etapa inicial a recolha dos dados e informação de todos os edifícios em análise, efetuando-se posteriormente o tratamento de dados, através de uma cuidada análise teórica, crítica e analítica. Todo o trabalho teórico, crítico e analítico foi realizado no LGE, com a supervisão do Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge.

1.2. Objetivos

O primeiro objetivo desta dissertação incidiu na recolha, organização e análise das faturas elétricas dos edifícios em estudo. A análise e organização dos dados da telecontagem do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e Computadores também foi uma parte integrante deste trabalho. De seguida seguiu-se uma pesquisa extensiva de indicadores energéticos já existentes e imaginar novos indicadores que pudessem ser úteis num sistema de monitorização. Um dos grandes objetivos deste trabalho foi através da análise destes indicadores acompanhar a evolução dos consumos, fazer comparações entre edifícios e retirar conclusões que levem a uma racionalização de consumos.

No caso da descrição do sistema de monitorização do DEEC foi necessário inicialmente a pesquisa de equipamento para o sistema de monitorização que permita a instalação do sistema com a menor intrusão possível, nomeadamente de transformadores de corrente abertos e posteriormente familiarizar-me com os equipamentos já existentes bem como pesquisa sobre as suas características.

1.3. Estrutura do documento

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo corresponde à introdução. O segundo capítulo pretende fazer um enquadramento da importância da monitorização e do sistema tarifário em Portugal, fazendo ainda referência ao mercado liberalizado. O capítulo três visa fazer uma breve descrição dos edifícios que constituem o Pólo

II da UC – Departamentos de Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Departamento de Engenharia Informática, Departamento de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Mecânica e Unidade Pedagógica Central. O quarto capítulo corresponde a análise das faturas de eletricidade dos diversos edifícios que constituem o Pólo II da UC. O quinto capítulo apresenta os vários indicadores estudados e analisados durante este trabalho. No capítulo seis é descrito o sistema de monitorização do DEEC e os equipamentos que estão a ser usados na monitorização, bem como o custo que o sistema de monitorização acarretou. Por último, o sétimo capítulo contém as conclusões retiradas depois da realização deste trabalho e sugestões de prosseguimento do projeto associado ao sistema de monitorização do campus universitário. Por fim surgem os anexos com noções mais detalhadas sobre alguns assuntos e alguns dados de apoio.

2. Enquadramento

2.1. A importância da monitorização de consumos

A gestão dos recursos energéticos é considerada um dos principais desafios que a sociedade moderna enfrenta. A participação ativa dos consumidores na gestão dos seus consumos é essencial para a diminuição dos impactos ambientais resultantes da produção de energia. A monitorização dos consumos de energia elétrica representa um importante vetor no processo de redução dos consumos globais e das emissões de CO₂. O recente crescimento tecnológico na área da eletrónica possibilita a implementação de soluções que potenciam uma redução dos consumos de eletricidade. Os dispositivos eletrónicos que realizam a monitorização de energia elétrica são ferramentas fundamentais no aconselhamento dos consumidores. [1]

Monitorizar é conhecer os consumos energéticos, é saber por que razão se consome a energia, como se consome a energia, onde se consome a energia e quanto se consome. Isso permite depois contabilizar e seguir a evolução dos consumos de energia, dispor de dados para tomar decisões, agir para otimizar e controlar os consumos de energia elétrica.

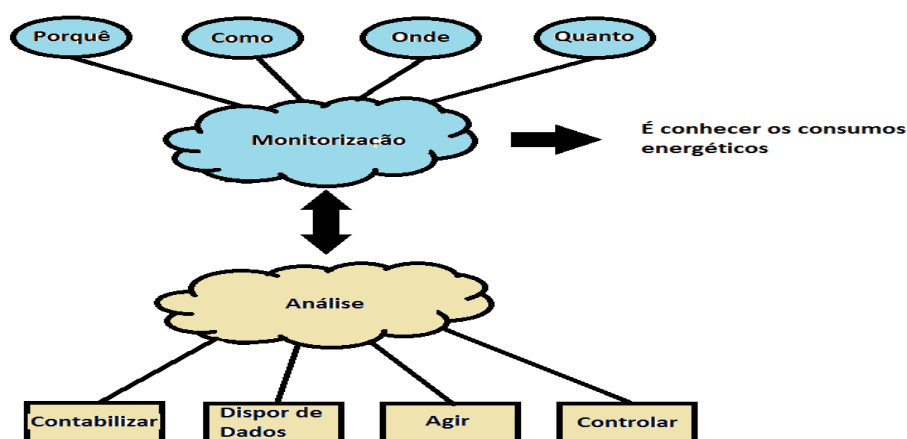


Figura 1 - Diagrama Monitorização e Análise de consumos

A monitorização da energia elétrica fornece informação detalhada sobre como é feito o consumo e esse conhecimento pode potenciar a redução dos seus consumos. Ao disponibilizar em tempo real dados sobre os consumos de eletricidade, os consumidores consciencializam-se do modo como certos comportamentos influenciam significativamente o seu consumo energético. O conhecimento da potência e sobretudo do custo da energia que se consome é uma importante motivação para a mudança de comportamentos, sobretudo nos casos onde o utilizador é o que suporta os encargos com a energia. [1]

Com a monitorização, os consumidores têm à sua disposição todo o registo histórico do seu consumo em qualquer instante. As faturas de eletricidade mensais deixarão de ser uma

surpresa, mas sim uma confirmação das já conhecidas despesas. Uma alteração da fatura de eletricidade mensal normal pode assim ser explicada pelo consumidor, uma vez que estará mais ciente dos seus consumos de energia elétrica.

No entanto, a monitorização dos consumos de eletricidade não pode ser considerada, por si só, uma medida responsável pela otimização dos consumos de energia. O consumidor deve estar disposto a mudar os seus comportamentos em função da informação fornecida. Atendendo ao facto do sistema de monitorização ser por natureza um sistema passivo, se o consumidor não alterar os seus consumos, através da alteração dos seus comportamentos, estes também não se modificam. [1]

2.2. Indicadores energéticos

Quando se estudam os indicadores energéticos, podemos classificá-los como macros indicadores, quando exprimem a eficiência de um país, região ou localidade, e micro indicadores, quando determinam a eficiência de um edifício, empresa ou habitação. Os indicadores podem ser agrupados em duas categorias consoante a função dos seus objetivos, onde se destacam os indicadores descritivos, quando estes caracterizam a eficiência energética sem procurar razão ou justificação para as origens ou desvios, e indicadores explicativos, quando estes justificam as razões pelas quais se deram oscilações ou desvios nos indicadores descritivos.

Os indicadores descritivos e explicativos são estabelecidos tendo em conta dois critérios: o critério económico, quando a eficiência energética é efetuada com um nível elevado de agregação, não sendo neste caso possível caracterizar a atividade com indicadores técnicos ou físicos, e pelo critério técnico-económico, que é utilizado quando a eficiência energética é medida com um nível desagregado adequado, como um subsetor, ramo de um nível de atividade ou utilização final, relacionando assim o consumo de energia com um indicador de atividade medido em unidades físicas como, número de alunos, número de funcionários, etc. [2]

Um indicador energético pode ser definido segundo a minha opinião pessoal, como o próprio nome sugere, por um conjunto de dados/informação dos quais se podem extrair conclusões sobre consumos energéticos.

2.3. Sistema tarifário português

O sistema tarifário é regido por uma série de princípios impostos pela legislação do setor elétrico tais como a igualdade de tratamento e de oportunidades, uniformidade tarifária, criação de incentivos às empresas reguladas, contribuição para a melhoria das condições ambientais, proteção dos clientes face à evolução das tarifas, repercussão da estrutura dos custos marginais

na estrutura das tarifas, transparência e simplicidade na formulação e fixação das tarifas e estabilidade das tarifas. [3]

Os preços de eletricidade pagos pelos consumidores têm como principais componentes os preços de energia e comercialização, as tarifas de acesso às redes e os custos de interesse económico geral (CIEG), que incluem entre outros as rendas pagas aos Municípios. A desagregação dos preços por componente depende do tipo de cliente. Para um cliente de MT a componente energia representa cerca de metade da sua fatura de eletricidade (53 %). Os CIEG são a segunda componente com maior peso (26%). Destes custos destacam-se o sobrecusto com a produção em regime especial (essencialmente com energias não renováveis) e o sobrecusto com a produção em regime ordinário. O custo de acesso às redes representa 21 % da fatura elétrica dos quais se destacam o acesso a rede de distribuição e de transporte. [4]

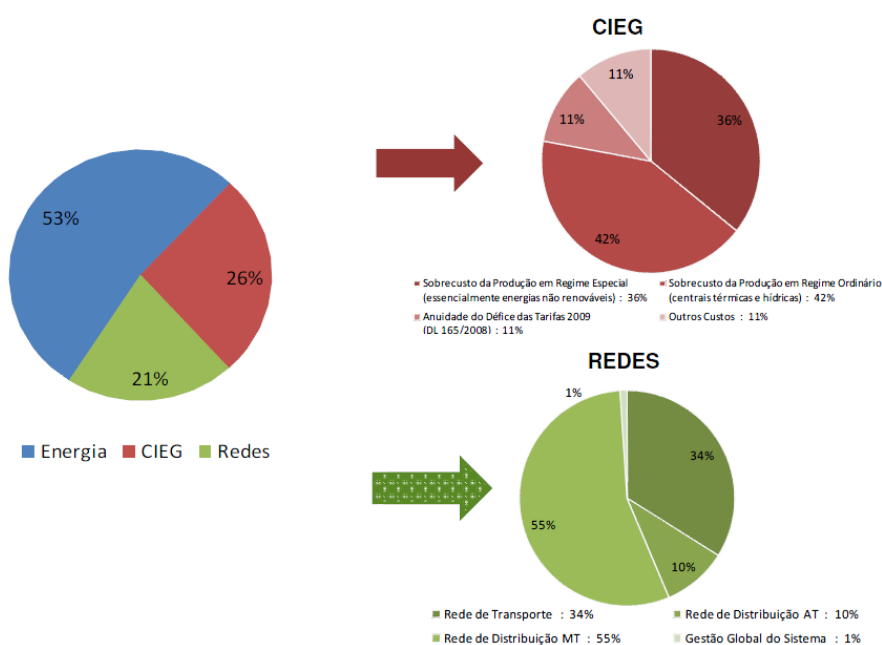


Figura 2 - Desagregação dos preços pagos pelos consumidores em MT [4]

Existem 5 tipos de clientes de acordo com os diferentes níveis de tensão para entrega a clientes finais:

- Baixa Tensão (BT) – Valor eficaz da tensão entre fases $\leq 1\text{kV}$;
 - Baixa Tensão Normal (BTN) – Potência Contratada $\leq 41,4\text{ kVA}$;
 - Baixa Tensão Especial (BTE) – Potência Contratada $> 41,4\text{ kVA}$;
- Média Tensão (MT) – Valor eficaz da tensão entre fases $> 1\text{ kV}$ e $\leq 45\text{ kV}$;
- Alta Tensão (AT) – Valor eficaz da tensão entre fases $> 45\text{ kV}$ e $\leq 110\text{ kV}$;
- Muito Alta Tensão (MAT) – Valor eficaz da tensão entre fases $> 110\text{ kV}$. [5]

As tarifas de venda a clientes finais de MT são compostas pelas seguintes componentes: preço de contratação, leitura, faturação e cobrança (termo tarifário fixo), pelo preço da potência contratada, pelo preço da potência em horas de ponta, preço da energia ativa e preço da energia reativa. Estas opções, quando devidamente analisadas, podem levar a uma redução dos encargos de energia elétrica por parte do cliente. (Anexos A)

O valor da potência contratada é atualizado para a máxima potência ativa média registada num intervalo ininterrupto de 15 minutos, durante os 12 meses anteriores e deve ser maior ou igual a 50% da potência instalada medida em kVA, salvo acordo mútuo entre cliente e distribuidor.

Em relação à utilização anual da potência, as tarifas são divididas em curtas, médias e longas utilizações. Os períodos horários dividem-se em horas fora de vazio com horas de ponta (HP) e horas cheias (HC) e em horas de vazio com horas de vazio normal (VN) e horas de super vazio (SV). Os períodos horários são ainda diferenciados em ciclos, o ciclo semanal, e ciclo diário. As tarifas diferem ainda nos períodos trimestrais, com período I de 1 de janeiro a 31 de março, período II de 1 de abril a 30 de junho, período III de 1 de julho a 30 de setembro e período IV de 1 de outubro a 31 de dezembro. [5]

A energia reativa (ER) é faturada para fornecimentos em MAT, AT, MT e BTE. A ER é distinguida em energia reativa indutiva fora de vazio e energia reativa capacitiva em horas de vazio. A ER deve ser compensada de forma a reduzir custos neste tipo de energia, tipicamente recorrendo a bancos de condensadores. As novas regras de ER de acordo com os despachos n.º 7253/2010 e n.º 12605/2010, publicados no Diário da República, especificam fatores multiplicativos (k) a aplicar ao preço de referência de energia reativa, sendo eles:

- Para $\text{tg}\phi \geq 0,5$ $k=3,00$;
- Para $0,4 \leq \text{tg}\phi < 0,5$ $k=1,00$;
- Para $0,3 \leq \text{tg}\phi < 0,4$ $k=0,33$.

No dia 1 de janeiro de 2011 entrou em vigor o escalão correspondente a $\text{tg}\phi \geq 0,5$ e no dia 1 de janeiro de 2012 entrou em vigor o escalão $0,3 \leq \text{tg}\phi < 0,4$.

2.4. Mercado liberalizado

O processo de liberalização dos setores elétricos da maior parte dos países europeus foi efetuado de forma faseada, tendo começado por incluir os clientes de maiores consumos e níveis de tensão mais elevados.

O processo de liberalização do setor elétrico em Portugal Continental seguiu uma metodologia idêntica à da maior parte dos países europeus, tendo a abertura de mercado sido

efetuada de forma progressiva, tendo começado por incluir os clientes de maiores consumos e níveis de tensão mais elevados.

- A abertura do mercado iniciou-se em 1995, para os grandes consumidores industriais, tendo sido sucessivamente alargada a todos os consumidores em muito alta, alta, média e baixa tensão especial.
- Em 4 de setembro de 2006 concretiza-se a última etapa da liberalização do mercado de eletricidade, a partir da qual a totalidade dos cerca de 6 milhões de clientes passou a poder escolher o seu fornecedor de energia elétrica. [6]

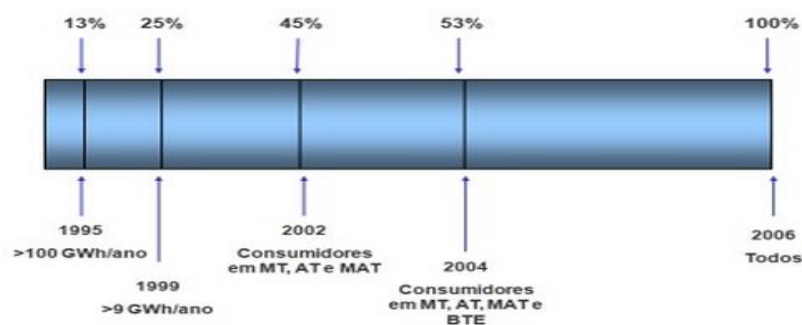


Figura 3 - Evolução do processo de liberalização do setor elétrico em Portugal Continental [6]

Desde 1 de janeiro de 2011, as tarifas reguladas de venda de energia elétrica em Portugal Continental para clientes com consumos de muito alta tensão (MAT), alta tensão (AT), média tensão (MT) e baixa tensão especial (BTE) são extintas, ficando a venda sujeita ao regime de preços livres.

Com a publicação do Decreto-Lei n.º 75/2012 concretizou-se o calendário para a extinção das tarifas reguladas de venda de eletricidade a clientes finais em baixa tensão normal (BTN) no território continental. Este calendário prevê dois momentos distintos para a extinção das tarifas de fornecimento a estes consumidores:

- A 1.ª fase de extinção das tarifas reguladas de venda de eletricidade aos clientes em BTN concretizou-se a 1 de julho de 2012 para os consumidores com uma potência contratada entre 10,35 kVA e 41,4 kVA. A partir desta data a contratação do fornecimento de eletricidade passou apenas a ser possível com um comercializador em regime de mercado. Passou no entanto a existir uma tarifa transitória, que poderá vigorar até 31 de dezembro de 2014.
- A 2.ª fase de extinção das tarifas reguladas de venda de eletricidade a clientes em BTN com uma potência contratada inferior a 10,35 kVA teve início a 1 de janeiro de 2013, a tarifa transitória poderá vigorar até 31 de dezembro de 2015. [6]

Atualmente em Portugal Continental coexiste em simultâneo o mercado livre e o mercado regulado para clientes BTN, podendo assim os clientes negociar os seus contratos de energia com um comercializador no mercado livre ou permanecer no mercado regulado e pagar as tarifas de último recurso.

Os comercializadores em regime aberto atualmente existentes no mercado são os seguintes:

- EDP Comercial – Comercialização de Energia, S.A.
- Endesa – Comercialização de Energia, S.A.
- Galp Power, S.A.
- Iberdrola, S.A.
- Union Fenosa Comercial, S.L.
- EGL – Energia Ibérica S.L.¹
- Nexus Energía, S.A.¹

Assim a grande diferença entre o mercado regulado e o mercado liberalizado são que no caso do mercado regulado os preços de venda da energia eram fixados anualmente pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). No mercado livre, os preços da energia são estabelecidos por cada comercializador, respeitando as regras da concorrência e o Regulamento das Relações Comerciais.

O objetivo desta alteração é dar a opção ao consumidor na escolha de quem lhe fornece energia elétrica e aumentar a concorrência o que teoricamente leva a uma redução dos preços pagos pela energia.

¹ Estes comercializadores apenas prestam os seus serviços a industriais e pequenos negócios.

3. Identificação e caracterização do objecto de estudo

3.1. Caracterização do Pólo II da Universidade de Coimbra

O Pólo II da UC localiza-se junto da margem direita do rio Mondego, no Pinhal de Marrocos, em Coimbra. O Pólo II da UC é constituído pelos seguintes edifícios: Departamentos de Engenharia Civil, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Engenharia Informática, Engenharia Mecânica, Engenharia Química, Instituto de Investigação Interdisciplinar.

Neste trabalho iremos nos focar em seis edifícios, designadamente (Figura 4): 1- Departamento de Engenharia Eletrotécnica, 2- Departamento de Engenharia Informática, 3- Unidade Pedagógica Central, 4- Departamento de Engenharia Química, 5- Departamento de Engenharia Civil e 6- Departamento de Engenharia Mecânica.

O fornecimento de energia elétrica de todos os edifícios em análise é efetuada pela EDP Comercial desde setembro de 2012. Até esta data o fornecimento de energia foi feito pela EDP Serviço Universal, no entanto nem todos tinham a mesma tarifa de contrato.



Figura 4 - Vista satélite do Pólo II da UC

3.1.1. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

O DEEC instalou-se no edifício do Pólo II da UC no início do ano letivo de 1996-1997, num novo edifício com 17613 m^2 dimensionado segundo os padrões das universidades estrangeiras de maior prestígio. Tem sido realizado desde então um investimento significativo na atualização de equipamentos de laboratório, procurando-se que todas as disciplinas de índole laboratorial funcionem com suporte experimental. [7]

O DEEC é constituído pelos blocos A, B, R, S e T, tendo cada um destes blocos vários pisos até oito.

O *bloco A* é constituído por 4 anfiteatros, pelo arquivo, pela oficina de serralharia e mecânica, pela contabilidade, pela secretaria e pelos serviços académicos. O *bloco B* é maioritariamente ocupado pelo bar/restaurante, pela biblioteca e pela sala de leitura.

O *bloco R* é constituído por vários laboratórios didáticos, a saber o de Automação, o CAD/CAE, o de Eletrónica de Potência, o de Materiais Elétricos, o de Máquinas Elétricas, o de Sistemas Digitais e o de Visão por Computadores. Para além dos laboratórios didáticos, este bloco também é constituída por vários laboratórios de investigação e desenvolvimento, dos quais fazem parte o de Compatibilidade Eletromagnética e o de Sistemas Eletromecânicos.

O *bloco S* é composto por laboratórios didáticos, nomeadamente o de Controlo, o de Híper Frequências, o de Medidas e Instrumentos, o de Processamento de Sinal, o de Projetos de Telecomunicações, o de Sistemas de Redes e o de Computadores e Telecomunicações. Este bloco é igualmente formada por vários laboratórios de I&D, designadamente os de Comunicações Óticas, os de Energia, o de Processamento de Voz, o de Robótica e o de Produção Automática, os de Sistemas Eletrónicos e os de Sistemas Embebidos.

O *bloco T* é construído essencialmente por salas de aulas, mas desta também fazem parte os laboratórios de I&D de Análise de Sistemas, os de Gestão de Energia, os de Materiais/Energia e Ambiente, os de Materiais e Ultrassons e os de Simulação de Teletráfego.

Para além disso, do DEEC também fazem parte o Instituto de Telecomunicações (IT) e o Instituto de Sistemas e Robótica (ISR), os quais estão distribuídos por várias zonas do edifício.

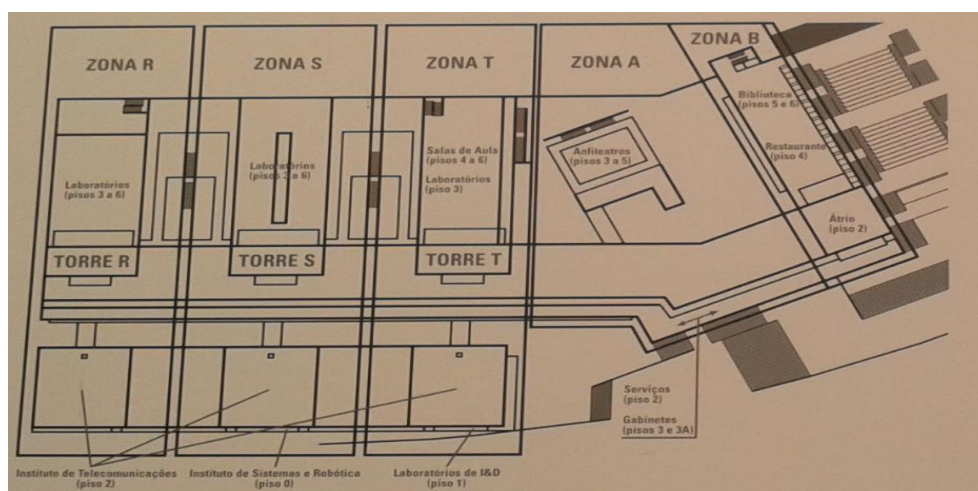


Figura 5 - Esquema do DEEC

A tarifa contratada pelo DEEC é MTM-Longas UT, Tri-horária ciclo diário até abril de 2011. A partir desta data a tarifa de contrato passou a ser MTM-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. O DEEC tem uma potência requisitada e instalada de 630 kVA e uma potência contratada

de 292.95 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade no DEEC foi no ano de 2011, com o valor pago a chegar aos 62881 € correspondendo a um consumo de 554,939 MWh.

Utilizam o DEEC 42 docentes, 11 funcionários e 792 alunos.

Tabela 1 - Resumo do consumo e faturação do DEEC

	2009	2010	2011
Consumo	522,559 MWh	571,566 MWh	554,939 MWh
Faturação	53059 €	59882 €	62881 €

3.1.2. Departamento de Engenharia Informática

O DEI é constituído pelas blocos A,B,C,D, E, F e G as quais tem diversos pisos, podendo chegar até ao quinto.

No *bloco A* encontram-se o Bar/refeitório, a biblioteca e a secretária. O *bloco B* é constituído por anfiteatros. No *bloco C* está localizado o Núcleo de Estudantes de Informática (NEI), as salas de convívio e exposições, o laboratório de Gestão e de Investigação e diversas salas de aulas. O *bloco D* é composto apenas por gabinetes de professores. O *bloco E* é constituído por salas de computadores e sala de mestrado, pelas salas de aulas e pelo laboratório de Investigação. O *bloco F* é um espaço de convívio e salas de estudo. Por fim, o *bloco G* é formado por mais salas de aulas e por mais um laboratório de Investigação.

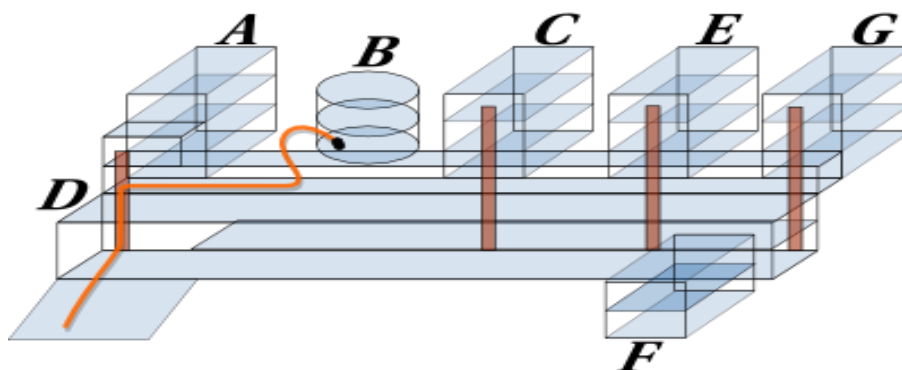


Figura 6 - Esquema do DEI

Desde fevereiro de 2009 que a tarifa contratada pelo DEI é MTM-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. Antes a tarifa contratada era MTM-Longas UT, Tri-horária ciclo diário. O DEI tem uma potência requisitada e instalada de 800 kVA e uma potência contratada de 372 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade no DEI foi no ano de 2011, com o valor pago a chegar aos 75354 € correspondendo a um consumo de 681,180 MWh.

O DEI tem uma área de 11890 m² e é frequentado por cerca de 54 docentes, 11 funcionários e 966 alunos.

Tabela 2 - Resumo do consumo e faturação do DEI

	2009	2010	2011
Consumo	620,974 MWh	642,855 MWh	681,180 MWh
Faturação	60981 €	66055 €	75354 €

3.1.3. Unidade Pedagógica Central

A construção da UPC foi concluída em junho de 2004, tem uma área de cerca de 10510 m² e é frequentada por alunos de todos os departamentos, os quais frequentam este edifício não só para ter aulas nos diversos anfiteatros, mas também para tratarem de assuntos académicos, o que dificulta a contagem do número concreto de pessoas que frequentam este edifício.

A UPC é constituída por 4 blocos: A, B, C e D. O *bloco A* alberga anfiteatros, sala de leitura, serviços académicos, conselho diretivo e científico; o *bloco B* é constituído por um anfiteatro, sala do conselho, GREXTE – relações exteriores, SAPI – apoio a projetos, vários gabinetes tais como o jurídico e o de planeamento, tesouraria, contabilidade e serviços financeiros; o *bloco C* é ocupado por anfiteatros, vários gabinetes, laboratórios/salas de aulas, CEIP – apoio psicológico e conselho pedagógico; e o *bloco D* é um dos maiores e mais modernos auditórios da cidade de Coimbra.



Figura 7 - Vista aérea da UPC [8]

A tarifa contratada pela UCP é MTB-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. A UPC tem uma potência requisitada e instalada de 630 kVA e uma potência contratada de 292.95 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade na UPC foi no ano de 2011, com o valor pago a chegar aos 45746 € correspondendo a um consumo de 392,777 MWh.

Tabela 3 - Resumo do consumo e faturação do UPC

	2009	2010	2011
Consumo	390,845 MWh	392,713 MWh	392,777 MWh
Faturação	41506 €	43155 €	45746 €

3.1.4. Departamento de Engenharia Química

O DEQ está instalado no Pólo II da UC desde 1999, ocupando um moderno e agradável edifício de cinco andares, com uma vasta área que compreende salas de aula, anfiteatros e laboratórios pedagógicos, de investigação e informáticos, para além de infraestruturas de apoio como amplos espaços de biblioteca, bar, reprografia, gabinetes e salas de estudo e de reunião. [7]



Figura 8 - Vista aérea do DEQ [8]

Desde fevereiro de 2009 que a tarifa contratada pelo DEQ é MTM-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. Antes a tarifa contratada era MTM-Longas UT, Tri-horária ciclo diário. O DEQ tem uma potência requisitada e instalada de 630 kVA e uma potência contratada de 292.95 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade no DEQ foi no ano de 2011, com o valor pago a chegar aos 46835 € correspondendo a um consumo de 389,374 MWh.

O DEQ tem uma área de 12144 m² e é frequentado por cerca de 25 docentes, 10 funcionários e 232 alunos.

Tabela 4 - Resumo do consumo e faturação do DEQ

	2009	2010	2011
Consumo	304,474 MWh	329,257 MWh	389,374 MWh
Faturação	34093 €	37534 €	46835 €

3.1.5. Departamento de Engenharia Civil

O Departamento de Engenharia Civil é dividido em 4 pisos. No *piso 1* encontram-se os arrumos; no *piso 2* estão os serviços administrativos, a secção de textos, a sala informática, os órgãos de gestão, a ACIV – Associação para Desenvolvimento de Engenharia Civil, os anfiteatros, a sala de reuniões e a sala de convívio; no *piso 3* encontram-se o auditório Laginha Serafim, vários anfiteatros, a biblioteca/sala de estudo, diversos laboratórios, dos quais fazem parte o laboratório de Estruturas, o de Mecânica Estrutural, o de Construções e o de Urbanização Transporte e Vias de Comunicação, o gabinete de apoio informático e as oficinas; no *piso 4* estão

localizadas as salas de aulas, o laboratório de Geotecnia, o laboratório de Hidráulica e a sala de conferência.



Figura 9 - Vista aérea do DEC [8]

Desde fevereiro de 2009 que a tarifa contratada pelo DEC é MTM-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. Antes a tarifa contratada era MTM-Longas UT, Tri-horária ciclo diário. O DEC tem uma potência requisitada e instalada de 800 kVA e uma potência contratada que varia de 375 kW e 424 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade no DEC foi no ano de 2009, com o valor pago a chegar aos 75593 € correspondendo a um consumo de 735,799 MWh.

O DEC tem uma área total de 20662 m², o que lhe confere o estatuto de maior edifício do Pólo II da UC e é frequentado por alunos de Engenharia Civil e de Engenharia do Ambiente, num total de 1296 alunos. O DEC tem cerca de 74 docentes e 20 funcionários.

Tabela 5 - Resumo do consumo e faturação do DEC

	2009	2010	2011
Consumo	735,799 MWh	677,693 MWh	639,273 MWh
Faturação	75593 €	73741 €	75163 €

3.1.6. Departamento de Engenharia Mecânica

O DEM encontra-se dividido em 13 blocos independentes, designados por Corpos. Os Corpos A, B, C, D, E, F e G, foram construídos no ano de 1994, na primeira fase da obra, tendo os restantes Corpos (H, I, J, L, M e N), sido construídos na segunda fase, passados dois anos.



Figura 10 - Vista aérea do DEM [9]

Dado que a organização do edifício é aleatória e as divisões dos blocos é pouca organizada (isto é não se pode dizer por exemplo que o bloco D seja unicamente constituído por anfiteatros, ou que as salas de aulas se encontram apenas situadas no bloco E), a descrição do Departamento de Mecânica vai ser feita simplesmente enumerando o tipo de divisões que lá se encontram. Assim o DEM é formado por zonas administrativas, reprografia, numerosas salas de aulas, múltiplos anfiteatros, vários laboratórios, salas de reuniões, bar/restaurante e gabinetes.

A tarifa contratada pelo DEM a partir de fevereiro de 2009 é MTM-Longas UT, Tetra-horária ciclo diário. Antes a tarifa contratada era MTM-Longas UT, Tri-horária ciclo diário. O DEM tem uma potência requisitada e instalada de 800 kVA e uma potência contratada de 200 kW. O ano que mais se pagou pela fatura de eletricidade no DEM foi no ano de 2011, com o valor pago a chegar aos 35552 € correspondendo a um consumo de 311,320 MWh.

O DEM tem uma área total de 11565 m^2 e é frequentado aproximadamente por 55 docentes, 13 funcionários e 677 alunos.

Tabela 6 - Resumo do consumo e faturação do DEM

	2009	2010	2011
Consumo	314,870 MWh	332,266 MWh	311,320 MWh
Faturação	32035 €	34895 €	35552 €

4. Análise da faturação da energia elétrica do Pólo II da UC

4.1. Introdução

Hoje em dia, a escolha do melhor tarifário para as necessidades diárias dos consumidores de energia elétrica é de extrema importância, uma vez que desta forma se evitam custos adicionais e, conseqüentemente atingem-se poupanças do ponto de vista económico.

Assim, o tarifário escolhido deve ter em conta não só os consumos de energia, mas também os períodos horários em que a mesma é consumida, sendo a escolha feita consoante as necessidades do utilizador final, de modo a reduzir a fatura sem custos nem investimentos.

Partindo simplesmente da análise das faturas de eletricidade recebidas em cada mês consegue retirar conclusões muito relevantes em relação à evolução dos consumos de energia, nomeadamente, sazonalidade de consumos, repartição pelos postos horários entre outros.

4.2. Evolução do consumo de energia ativa do Pólo II da UC

Foi analisada a faturação de energia elétrica durante três anos de 2009 a 2011. Calculados os consumos totais de energia ativa do Pólo II da UC (Tabela 1), observa-se uma ligeira tendência ascendente na energia ativa consumida pelo Pólo II da UC (aumento de 2,67 % de 2009 para 2011, correspondente a um aumento de 79,342 MWh).

Tabela 7 - Resumo do consumo e faturação do Pólo II da UC

	2009	2010	2011
Consumo	2889,521 MWh	2946,350 MWh	2968,863 MWh
Faturação	297.266 €	315.262 €	341.531 €

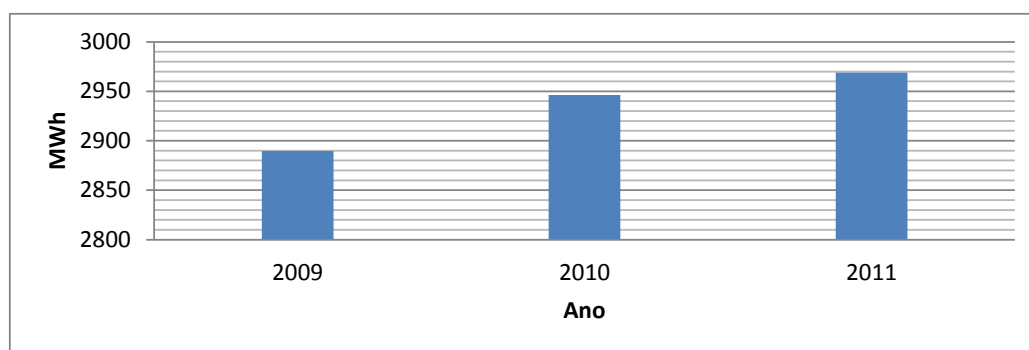


Gráfico 1 - Consumos totais de energia ativa do Pólo II da UC

Olhando para o consumo total dos três anos, pode-se ver através do gráfico 2, que os departamentos que mais contribuíram para o consumo do Pólo II da UC são os DEC e o DEI consumindo 45 % do consumo total de energia ativa. Todavia, os diferentes consumos

verificados em cada um dos departamentos não significam, direta e necessariamente, que haja uma discrepância entre os mesmos no que se refere a gestão dos consumos de energia elétrica, como melhor abaixo se verá.

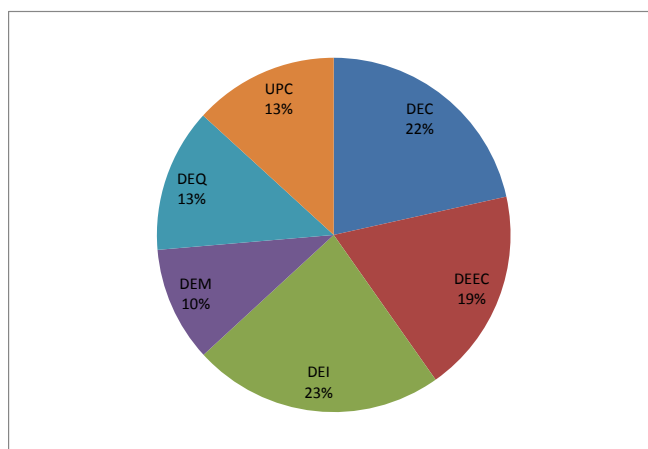


Gráfico 2 - Percentagem do consumo total de cada departamento no ano de 2011

Observando os consumos de energia ativa registados nos anos de 2009, 2010 e 2011 em cada um dos departamentos conclui-se que os departamentos têm mantido um consumo constante ao longo do período em estudo. As alterações mais significativas verificam-se no ano de 2011 onde se observa uma diminuição de consumo do DEC e um aumento do DEI, sendo este departamento que apresenta o maior consumo em 2011. O DEQ também registou um aumento significativo de consumo, no ano de 2011, ultrapassado o consumo do DEM que teve uma ligeira diminuição. (Gráfico 3)

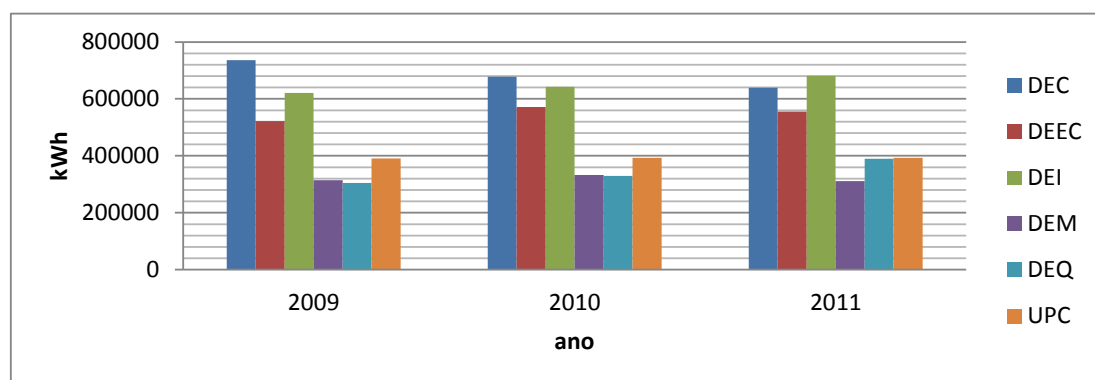


Gráfico 3 - Consumos de energia ativa registados nos anos de 2009, 2010 e 2011 em cada um dos departamentos

Através do gráfico 4 verifica-se que a desagregação dos consumos por posto horário (horas de vazio, ponta e cheias) se mantém estável ao longo dos anos. Os consumos em horas de vazio são resultantes da soma dos consumos em horas de vazio normal com os de super vazio. A

não desagregação por estes períodos deve-se ao fato de a faturação de vários departamentos não apresentar a discriminação por períodos de horas de vazio normal e de super vazio.

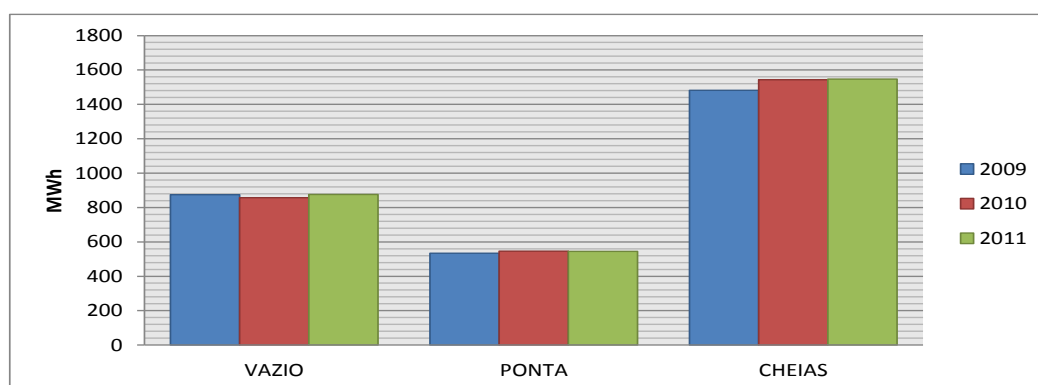


Gráfico 4 - Desagregação da energia ativa anual por postos horários no ano de 2009, 2010 e 2011

O consumo durante o período de vazio corresponde a 30 % do consumo total, este valor é bastante elevado para o período em questão visto que das 22h as 8h (horário de inverno) o Pólo II da UC é pouco frequentado pelos alunos e docentes, a não ser em casos excepcionais. No período das horas cheias regista-se 52% do consumo total, este consumo justifica-se uma vez que no período em questão corresponde ao período de maior utilização dos edifícios por parte dos alunos e docentes. No período das horas de ponta são consumidos 18% do consumo total. (Gráfico 5)

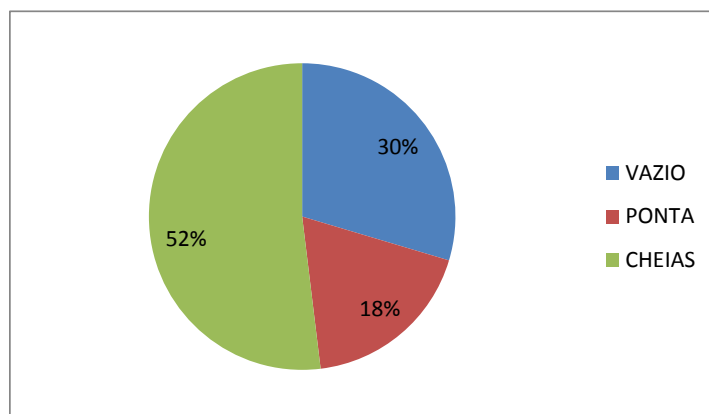


Gráfico 5 - Desagregação percentual por período horário da soma da energia ativa no ano de 2011

4.3. Evolução da faturação da energia reativa do Pólo II da UC

Analisando os consumos de energia reativa faturada observa-se que o ano em que a energia reativa consumida teve mais expressão na faturação foi no ano de 2009 com um valor de 1488€, o que corresponde a um valor relativo muito baixo de cerca de 0,5 %. Os departamentos que mais contribuíram para a faturação da energia reativa consumida foram o DEQ e a UPC nos anos de 2009 e 2010 (Anexo D). No ano de 2011, a faturação de energia reativa pertenceu maioritariamente ao DEQ, sobretudo porque a UPC corrigiu o seu fator potência e assim deixou

de contribuir para esta despesa. O DEI também teve energia reativa faturada nos meses de agosto dos três anos em análise, mas com valores muito inferiores aos dois edifícios anteriores. Os restantes departamentos não contribuíram para esta despesa visto que todos eles tem um fator potência superior a 0,928.

O valor pago pela energia reativa consumida é pouco significativo, menos de 1 %, tendo este valor vindo a diminuir ao longo dos anos em análise.

Tabela 8 - Valor total faturado da energia reativa consumida

Ano	2009	2010	2011
ER consumida faturada	1488,60 €	1112,28 €	562,87 €
% na faturação total	0,50%	0,35 %	0,16 %

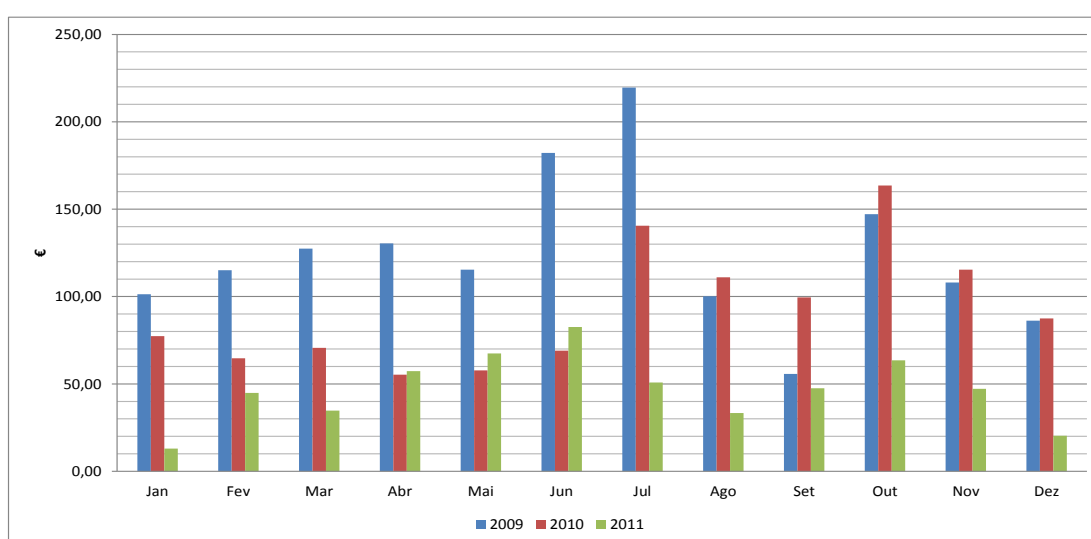


Gráfico 6 - Faturação da energia reativa consumida (indutiva)

A energia reativa fornecida faturada registou o menor valor no ano de 2011 com um valor total de 183,66€. Nos anos de 2009 e 2010 registou os valores de 327,66€ e 397,10€, respetivamente. Estes valores são puramente residuais quando comparados com os valores totais pagos nas faturas nos respetivos anos. Depois da análise dos gráficos observa-se que o departamento que mais contribui foi o DEM. De seguida aparece o DEC e o DEEC que também contribuíram com uma boa percentagem para esta despesa. O DEI e o UPC também aparecem nesta despesa mas com valores pouco significativos. O único departamento que não tem energia reativa fornecida faturada é o DEQ, o que tem lógica visto que como vimos anteriormente este departamento é o que consome energia reativa durante os períodos de vazio (Anexo E).

Tabela 9 - Valor total faturado da energia reativa fornecida

Ano	2009	2010	2011
ER fornecida facturada	327,66 €	397,10 €	183,66 €

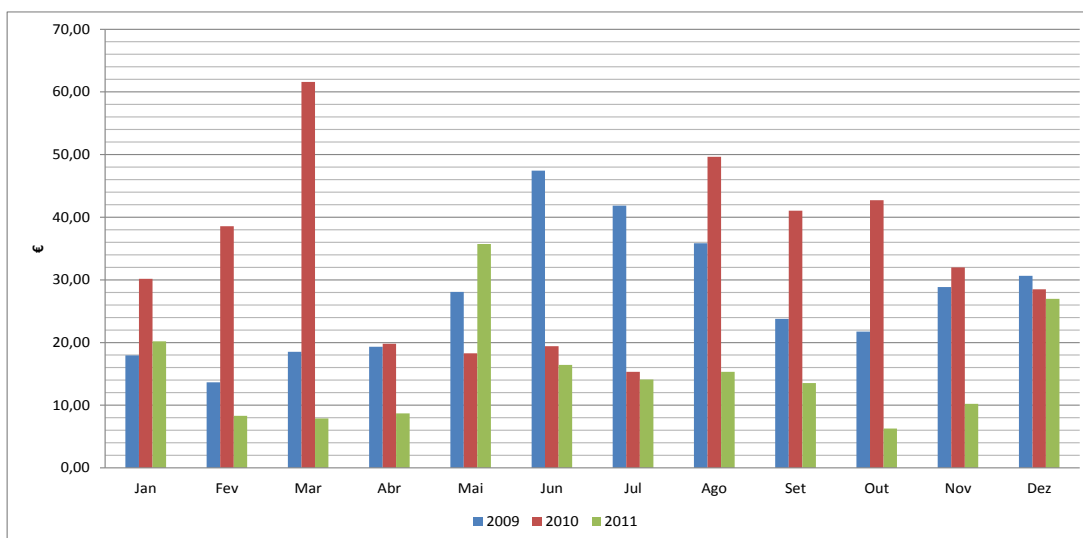


Gráfico 7 - Faturação da energia reativa fornecida (capacitiva)

4.4. Faturação

Quando analisada a faturação do Pólo II da UC observa-se claramente o que já foi referido anteriormente, isto é um aumento dos custos corresponde a um aumento dos consumos de energia ativa. Além disso a faturação reflete também o aumento do preço do kWh bem como o da alteração do IVA de 5% para 6% em julho de 2010, e de 6% para 23% em outubro de 2011, esta última bem visível no gráfico 8. A diferença paga no IVA é enorme sobretudo quando compararmos os anos de 2009 em que se pagou 14149 € e 2011 onde só o valor do IVA chegou aos 31013 €, correspondendo a um aumento de 119 %.

Tabela 10 - IVA total faturado anualmente pelo Pólo II da UC

Ano	2009	2010	2011
IVA Faturado	14149 €	16369 €	31013 €

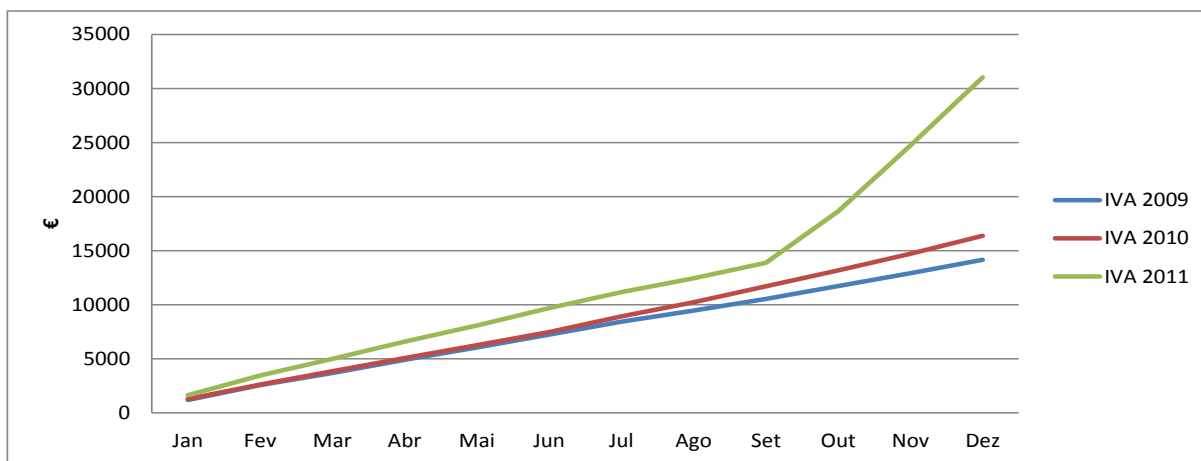


Gráfico 8 – Valor do IVA acumulado do Pólo II da UC nos anos de 2009, 2010 e 2011

Em relação ao valor total faturado, e comparando os três anos observa-se um aumento de aproximadamente 18000 € de 2009 para 2010 (6 %), e um aumento de 26269 € de 2010 para 2011 (8,3 %), correspondendo a um aumento no período entre 2009 e 2011 de 44269 € ou seja um aumento de 14,9%.

Conclui-se que manter os consumos constantes ao longo dos anos não implica que o valor das faturas também se mantenha constantes visto que estas estão sujeitas às variações de preços do kWh e do IVA, os quais têm sofrido alterações significativas nos últimos anos.

Tabela 11 - Valores totais faturados anualmente pelo Pólo II da UC

Ano	2009	2010	2011
Valor Faturado	297266 €	315262 €	341531 €

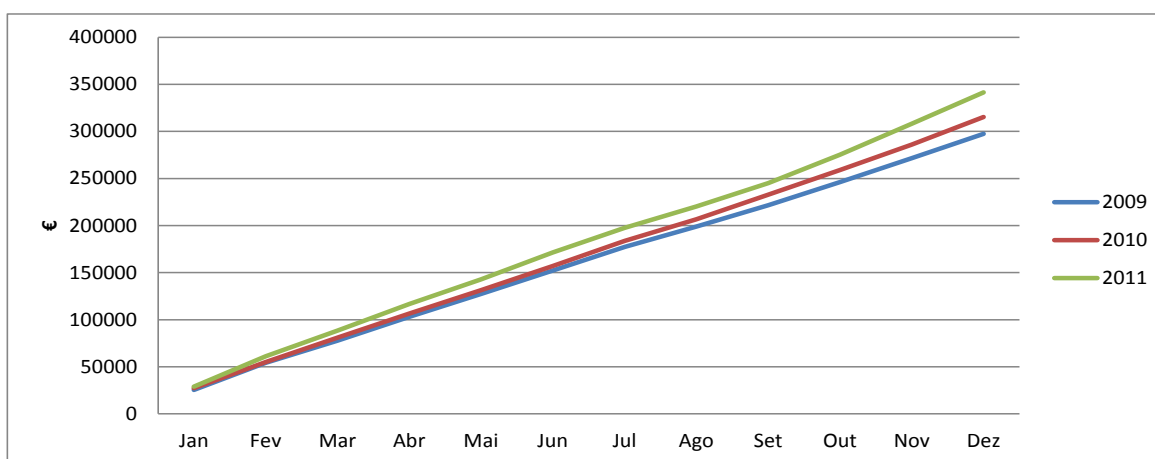


Gráfico 9 - Valor total faturado acumulado do Pólo II da UC nos anos de 2009, 2010 e 2011

4.5. Análise dos consumos de energia ativa anuais dos departamentos

Após a análise dos consumos de energia ativa dos diversos departamentos que constituem o Pólo II da UC, podem-se retirar alguns padrões de consumo. O primeiro que salta mais a vista quando se analisa os consumos é o mês de agosto que apresenta, por norma, um consumo inferior aos outros meses do ano. Isso é obviamente devido as férias escolares e consequentemente a uma reduzida utilização dos edifícios por parte de alunos e docentes. É interessante verificar que cada departamento se comporta de maneira muito semelhante entre si ao longo dos anos, este facto é de extrema importância visto que possibilita através do armazenamento de dados a possibilidade de se prever o consumo nos anos seguintes.

Ainda através da análise dos consumos de energia ativa dos vários departamentos pode observar-se que existem variações sazonais no DEEC, isto acontece porque o DEEC é o único departamento onde o aquecimento central a gás não se encontra em funcionamento, sendo a climatização feita por equipamentos elétricos, aquecedores e ar condicionado. No entanto, o DEEC é o departamento que apresenta maior regularidade nos consumos, quando comparado o mesmo mês em anos diferentes, fazendo deste departamento o mais fácil de prever o consumo nos anos seguintes.

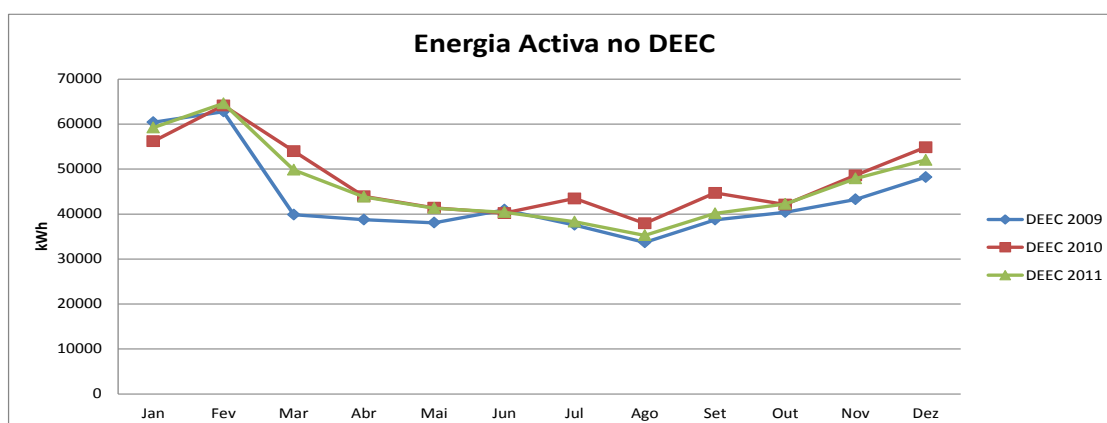


Gráfico 10 - Consumo da EA do DEEC

O DEM também apresenta sazonalidade, mas ao contrário do DEEC onde a sazonalidade acontece nos meses de maior frio, no caso do DEM esta acontece nos meses de maior calor. Neste caso o aumento de consumo de energia elétrica é devido ao excesso de utilização de equipamentos de refrigeração.

O departamento que aumentou claramente o seu consumo foi o DEQ, o qual teve um consumo claramente acima do que era esperado no ano de 2011. Por outro lado o DEC tem vindo a diminuir o seu consumo ao longo dos anos registando no ano de 2011 o seu consumo mais baixo. A UPC é o edifício que quando somado o consumo total anual apresenta menor variação, este facto é provavelmente devido a se tratar dum edifício maioritariamente

administrativos. Quando os alunos frequentam a UPC é para ter uma aula, e neste caso tanto se gasta para um aluno como para vários, ou para tratar de assuntos académicos. De qualquer das formas os alunos não permanecem muito tempo neste edifício tornando no edifício com menos variação anual. (Anexo G)

5. Indicadores a integrar num sistema de monitorização

Os indicadores que irão ser apresentados de seguida apesar de serem calculados através da análise da faturação ou através da análise da telecontagem têm como objetivo serem integrados nas ferramentas de análise do sistema de monitorização que está em fase de instalação nos edifícios do Pólo II da UC.

5.1. Análise faturação

A partir da faturação de eletricidade é possível retirar imensa informação que depois de devidamente analisada serve para suportar diversas conclusões interessantes sobre o modo como a eletricidade é utilizada. Neste capítulo depois de uma análise extensiva da faturação de eletricidade calcularam-se uma série de indicadores que nos dão informação útil sobre o consumo de eletricidade, em relação aos edifícios em análise.

Apesar da análise das faturas ser importante esta é no entanto insuficiente para a completa análise de consumos nos edifícios visto que omite informação importante da repartição do consumo no tempo. Não nos devemos esquecer que as faturas são mensais e se se pretende uma análise pormenorizada estas com certeza não têm resolução temporal suficiente.

5.1.1. Consumo referido ao ano de referência (base 100 - C_{B100})

O C_{B100} representa o consumo do ano em análise referido ao ano de referência numa base 100, ou seja o consumo do ano de referência é igual a 100 e se o consumo em análise for superior ao do ano de referência será superior a 100. A diferença entre o valor do ano em análise e 100 indica a variação percentual ocorrida. Para calcular este indicador tem de se calcular primeiro o somatório do consumo de energia ativa nos diversos anos em análise.

$$C_{B100} = \frac{\text{Somatório dos Consumos de EA do ano em análise}}{\text{Somatório dos Consumos de EA do ano de referência}} * 100$$

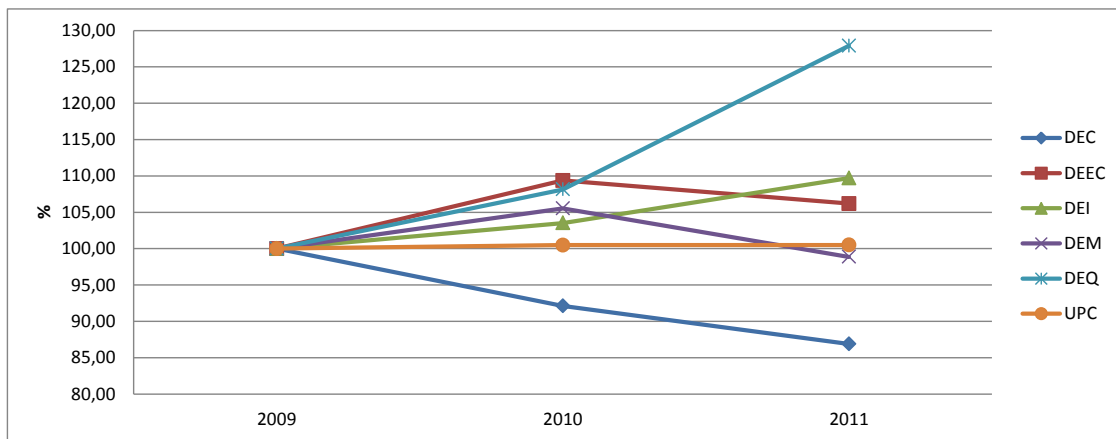


Gráfico 11 - Percentagem de variação dos consumos de energia dos departamentos

As conclusões que se podem tirar depois de observarmos este gráfico são as seguintes: o departamento que mais aumentou o seu consumo ao longo dos três anos é o Departamento de Química. Nota que o consumo aumentou de 2009 para 2010 e que de 2010 para 2011 o consumo disparou. Assim, de todos os departamentos o DEQ é o que tem tido o pior comportamento energético. É difícil saber o que aconteceu para haver um aumento tão grande (27 % em dois anos), suspeitando-se que talvez tenha sido instalado novos equipamentos nas instalações, mas não foi confirmada esta hipótese.

Quem manteve o consumo quase sem alterações ao longo dos três anos em análise foi a UPC, isso é sobretudo porque se trata de um edifício essencialmente administrativo que apesar de ser frequentado por alunos são em circunstâncias muito regulares ao longo dos anos. Isto porque como só frequentam o edifício para usufruir dos anfiteatros em que o consumo quase não depende do número de alunos, depende sim se o anfiteatro é usado ou não. Os alunos influenciam mais os consumos sobretudo quando se mantêm nos edifícios mais tempo usando elevadores, aquecedores e tomadas elétricas para os computadores, o que não é o caso da UPC.

O departamento que apresentou melhor comportamento, em termos de evolução de consumos, foi o de Civil que apresenta uma diminuição contínua de consumos desde 2009. Essa diminuição foi de aproximadamente 15% de 2009 para 2011. Esse é um valor significativo, e deveria ser um exemplo para os outros departamentos.

5.1.2. Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente – ΔC_{FME}

Para calcular este indicador é necessário calcular primeiro o consumo médio mensal equivalente (CME).

$$CME = \text{Consumo Médio Diário (CMD)} * N^{\circ} \text{ de dias de facturação do mês } j$$

Onde:

$$CMD = \frac{\text{Consumo Total do ano } i}{\text{Número de dias do ano } i}, \text{ onde } i = 2009, 2010, 2011;$$
$$j = \text{Janeiro, Fevereiro, Março, ... , Novembro, Dezembro};$$

Agora estamos em condições de calcular este indicador, este é representado pela diferença entre o Consumo Mensal Faturado (CMF) e o Consumo Médio Mensal Equivalente (CME)

$$\Delta C_{FME} = CMF - CME$$

Este indicador tem vários propósitos, o primeiro e mais importante, permite-nos ver em que meses os departamentos estão a consumir acima/abaixo do CME. Este tipo de informação é útil para se avaliar a sazonalidade dos consumos, quais as causas dessa sazonalidade e a sua importância na evolução dos consumos. O mês que apresentar uma maior diferença entre CMF e o CME é o mês que contribui mais para o consumo no ano em questão.

No DEC observa-se através da análise do gráfico 12 que os consumos estão muito próximo do CME (exceto nos meses de janeiro 2009 e 2010, agosto e setembro) o que nos indica que o consumo total registado no DEC é bastante constante. No mês de agosto e setembro já se esperava um consumo inferior ao CME visto que o DEC no mês de agosto não é frequentado pelos alunos por neste período se encontrarem em férias. Isso também se aplica a parte do mês de setembro o que ajuda a justificar um consumo inferior ao CME. Isso acontece em todos os departamentos, obviamente pelas mesmas razões referidas anteriormente. Em relação ao mês de janeiro (2009 e 2010), foi onde existiu um consumo muito superior ao CME, dando-lhe o estatuto de mês que mais contribui para o consumo total. Quando se compara mês a mês observa-se que a única alteração digna de registo aconteceu no mês de janeiro de 2011 onde se regista inesperadamente um consumo inferior ao CME, o que é difícil de justificar visto que não segue a tendência do mês de janeiro dos outros anos em análise.

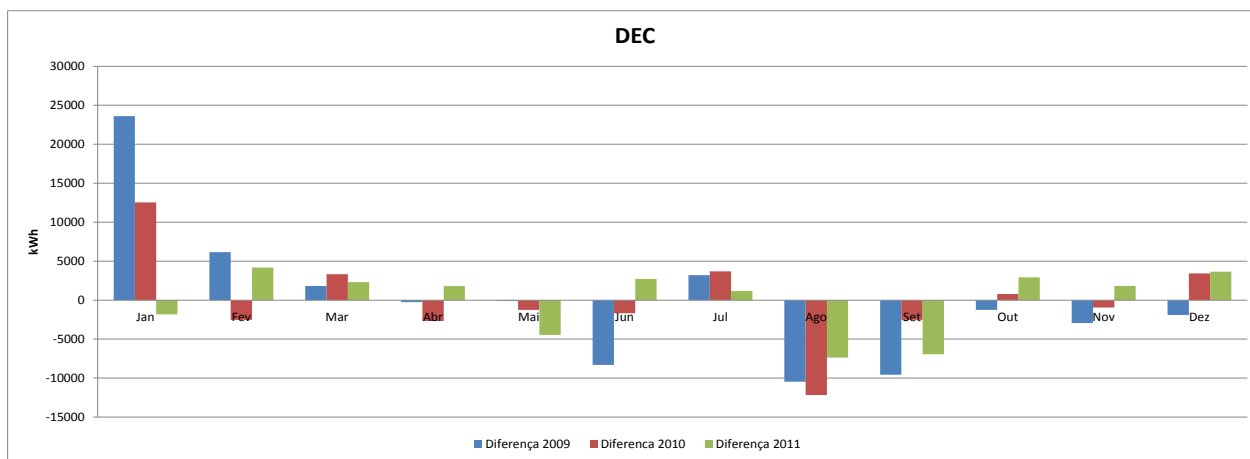


Gráfico 12 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEC

O DEEC é o departamento que apresenta maior sazonalidade nos consumos, isto porque nos meses de mais frio (janeiro, fevereiro, março e dezembro) o consumo é superior ao CME e nos restantes meses mais quentes (abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro) o consumo é inferior ao CME. O mês de novembro acabou por ser a exceção apresentando um consumo praticamente idêntico ao CME. Esta sazonalidade apresentada pelo DEEC deve-se ao facto deste departamento ser único em que o aquecimento central a gás não se apresentar a funcionar. Isso faz com que nos meses de maior frio as pessoas que frequentam o edifício recorrem ao aquecimento através de aquecedores elétricos fazendo com que o consumo de eletricidade dispare nos meses de maior frio. Os meses que mais contribuíram para o consumo total foram os de janeiro e fevereiro. Quando se compara mês a mês observa-se que o mês de março de 2009 fugiu um bocado ao que era de esperar apresentando um valor de consumo inferior ao CME. (Gráfico 13)

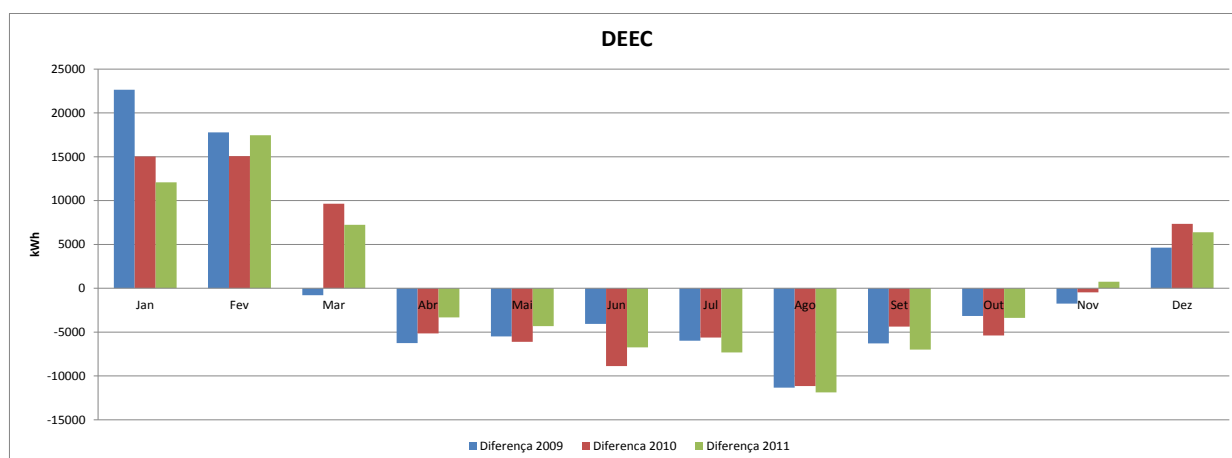


Gráfico 13 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEEC

O DEI apresenta um comportamento muito semelhante ao DEC tirando se algumas conclusões semelhantes. Os consumos são praticamente idênticos ao CME excetuando nos meses de janeiro, fevereiro, agosto, setembro e dezembro. O mês que mais contribui para o consumo no ano de 2009 foi o de janeiro, em 2010 foi o mês de dezembro e no mês de 2011 foi o de fevereiro.

O DEM é outro departamento no qual está bem representada a sazonalidade, mas ao contrário do DEEC onde os maiores consumos acontecem nos meses de inverno, no DEM os meses de maiores consumos são no verão (junho e julho). Isto acontece porque durante o inverno o aquecimento central a gás do DEM encontra-se em funcionamento não sendo necessário ligar aquecedores, já no verão os consumos com os equipamentos de ar condicionado fazem disparar o consumo de eletricidade, apresentando assim um padrão de consumo de eletricidade diferente dos restantes departamentos. Quando se compara mês a mês observa-se que o mês de janeiro de 2009 teve um consumo atípico, muito mais elevado do que seria de esperar, até mesmo superior ao do mês de julho. Em 2009 e 2010 o mês que mais contribui para o consumo total foi o de julho. (Anexo H)

No DEQ apenas merece realce o consumo excessivo no mês de janeiro de 2009 e fevereiro de 2011, quando comparado com o mesmo mês dos outros anos em análise. Este departamento apresenta um comportamento semelhante ao DEC e ao DEI, isto é, consumo muito próximo do CME a exceção dos meses de agosto e setembro pelas razões já mencionadas, e no mês de dezembro que foi o que mais contribui nos anos de 2010 e 2011, apresentando assim um valor superior ao CME.

A UPC tem o seu maior contributo para o consumo total no mês de outubro para o ano de 2009, o mês de janeiro para o ano de 2010 e novamente o mês de outubro para o ano de 2011.

5.1.3. Diferença entre consumo mensal faturado nas horas de vazio e o consumo mensal equivalente nas horas de vazio – $\Delta C_{FME_{HV}}$

A análise dos consumos nas horas de vazio é muito importante, pois é nestas horas que os departamentos se encontram com pouca atividade e podendo assim ter-se uma noção do consumo mínimo possível e ao mesmo tempo aperceber-se de possíveis consumos supérfluos originados por equipamentos que possam ficar ligados em período noturno. Este indicador calcula-se da mesma forma que o anterior mas desta vez usando apenas os consumos nas horas de vazio (HV).

$$CME \text{ nas HV} = \text{Consumo Médio Diário nas HV} * N^{\circ} \text{ de dias de fact. do mês } j$$

Onde:

$$CMD \text{ nas HV} = \frac{\text{Consumo Total nas HV do ano } i}{\text{Numero de dias do ano } i}, \text{ onde } i = 2009, 2010, 2011;$$

$j = \text{Janeiro, Fevereiro, Março, ... , Novembro, Dezembro};$

Assim o $\Delta C_{FME_{HV}}$ é representado pela diferença entre o Consumo Mensal Faturado nas HV (CMF nas HV) e o Consumo Mensal Equivalente nas HV (CME nas HV)

$$\Delta C_{FME_{HV}} = CMF \text{ nas HV} - CME \text{ nas HV}$$

Este indicador tem os mesmos propósitos que o anterior, só que neste caso focando-se apenas num determinado período de tempo correspondente ao período de não ocupação dos edifícios. A escolha deste período não é por acaso, durante o período de vazio consegue-se retirar conclusões importantes relativamente a equipamentos que foram deixados inadvertidamente ligados durante a noite.

O departamento que apresenta o comportamento mais próximo do ideal é o DEC no ano de 2011. Pois ao longo do ano o indicador esteve sempre muito próximo do CME o que nos indica que teve um consumo muito constante durante o período de vazio. O ideal seria no gráfico não aparecer nada, isso significaria que o consumo foi sempre o mesmo ao longo do ano e correspondente ao mínimo consumo possível. No entanto um consumo elevado durante todo o ano, desde que fosse constante, seria também representado da mesma forma.

O DEEC e DEM mais uma vez têm representado no seu gráfico a sazonalidade que apresentam durante os meses de janeiro e fevereiro, no caso do DEEC, e nos meses de junho e julho no caso do DEM. É nestas situações que este indicador se mostra de extrema importância, pois da análise do indicador se pode concluir que ficaram equipamentos de climatização ligados em período de não utilização das instalações. Com este indicador integrado num sistema de monitorização seria possível nestes meses em que os consumos são superiores ao esperado soar um alarme a avisar dos excessos de consumo de eletricidade em período noturno e assim poderem-se desencadear medidas no sentido de combater esses desperdícios. (Anexo I)

5.1.4. Cálculo do indicador Percentagem de Consumo Total (PCT) dos departamentos do Pólo II daUC

O indicador PCT representa a percentagem de consumo total e obtêm-se pelo quociente entre o consumo de energia ativa anual de cada departamento pelo consumo de energia ativa

anual de todos os departamentos. Com este indicador energético é possível identificar quais os departamentos maiores consumidores de energia.

$$PCT = \frac{\text{Consumo de Energia Activa Anual de Cada Departamento}}{\text{Consumo de Energia Activa Anual de Todos os Departamentos}} \%$$

Tabela 1 - PCT dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011

Departamentos	Consumo Total EA [kWh]	PCT 2011 [%]
DEC	639273	21,53
DEEC	554939	18,69
DEI	681180	22,94
DEM	311320	10,49
DEQ	389374	13,11
UPC	392777	13,24
Total	2968863	100

Como já vimos anteriormente maior consumo não implica maior desperdiço de energia ou menor preocupação nos consumos de energia, como iremos ver já de seguida. A partir deste indicador observamos que os departamentos de Informática, Civil e Eletrotécnica são a grande percentagem do consumo do Pólo II da UC.

5.1.5. Cálculo do indicador Consumo Médio Mensal por área útil ($IEE_{\text{área}}$) dos departamentos do Pólo II da UC

O indicador de consumo médio mensal por área útil ($IEE_{\text{área}}$), é expresso pelo quociente entre o consumo médio de energia ativa mensal pela área útil do edifício de cada departamento. Através deste indicador energético é possível efetuar uma comparação da eficiência energética entre os edifícios, e verificar qual é que apresenta menor consumo de energia elétrica por área útil.

$$IEE_{\text{área}} = \frac{\text{Consumos Médio de Energia Activa Mensal}}{\text{Área Útil do Edifício}} [kWh/m^2]$$

Tabela 12 - $IEE_{\text{área}}$ dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011

Departamentos	Consumo Médio EA [kWh]	Área Útil [m ²]	CMM 2011 [kWh/m ²]
DEC	53273	20662	2,58
DEEC	46245	17613	2,63
DEI	56765	11890	4,77
DEM	25943	11565	2,24
DEQ	32448	12144	2,67
UPC	32731	10510	3,11

Pela análise da tabela conclui-se que o edifício que tem um $IEE_{\text{área}}$ mais elevado é o DEI. Esse valor é bastante superior ao dos restantes departamentos, situando se aproximadamente no dobro (expetando UPC). O DEI é dos edifícios com menor área útil, no entanto é dos departamentos com maior consumo de energia. Assim se justifica o valor elevado de CMM, área reduzida e elevado consumo de energia consumida. O DEM é o que apresenta menor CMM situando se este em 2,24 kWh/m².

5.1.6. Cálculo do indicador Consumo Médio Mensal por Funcionário (CMF) dos departamentos do Pólo II da UC

Nos indicadores que se seguem optou-se por não incluir a UPC pelo facto de ser difícil definir o número de utilizadores que este edifício tem, visto que é frequentado por alunos de diversos cursos quer para aulas nos anfiteatros, quer para tratar de assuntos académicos. Por outro lado decidiu-se que a comparação de edifícios com as mesmas funcionalidades faria mais sentido.

O indicador de consumo médio mensal por funcionário docente e não docentes (CMF) define-se pelo quociente entre o consumo médio de energia ativa mensal pelo número de funcionários de cada departamento. Com este indicador energético é possível efetuar uma comparação entre os edifícios, e verificar qual é que apresenta menor consumo de energia elétrica por número de funcionários.

$$CMF = \frac{\text{Consumos Médio de Energia Activa Mensal}}{N^{\circ} \text{ de Funcionários}} \text{ [kWh/funcionário]}$$

Tabela 13 - CMF dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011

Departamentos	Consumo Médio EA [kWh]	Nº Funcionários	CMF 2011 [kWh/funcionário]
DEC	53273	94	566,7
DEEC	46245	52	889,3
DEI	56765	65	873,3
DEM	25943	68	381,5
DEQ	32448	35	927,1

O DEQ é o que têm maior consumo médio mensal por funcionário com um valor de 927,1 kWh/funcionário. O que têm menor valor é o DEM com 381,5 kWh/funcionário.

5.1.8. Cálculo do indicador Consumo Mensal por Aluno (CMA) dos departamentos do Pólo II da UC

O indicador de consumo médio mensal por aluno (CMA) obtêm-se pelo quociente entre o consumo médio de energia ativa mensal pelo número de alunos de cada departamento. Com este indicador energético é possível efetuar uma comparação entre os edifícios, e verificar qual é que apresenta menor consumo de energia elétrica por número de alunos.

$$CMA = \frac{\text{Consumos Médio de Energia Activa Mensal}}{\text{Nº Alunos}} \text{ kWh/alunos}$$

Tabela 14 - CMA dos departamentos do Pólo II da UC no ano de 2011

Departamentos	Consumo Médio EA [kWh]	Nº Alunos	CMA 2011 [kWh/aluno]
DEC	53273	1296	41,1
DEEC	46245	792	58,4
DEI	56765	966	58,8
DEM	25943	677	38,3
DEQ	32448	232	139,9

Este indicador é um dos mais importantes visto que estamos a analisar edifícios escolares e os alunos são os grandes frequentadores destes edifícios. Assim o departamento que apresenta o maior valor de CMA é o de Química com um valor de aproximadamente 140 kWh/aluno. O DEM é o que apresenta o valor mais baixo situando este em 38,3 kWh/aluno.

5.1.9. Cálculo do indicador Consumo Mensal por Utilizador (CMU) dos departamentos do Pólo II da UC

O indicador CMU representa o consumo médio mensal por utilizador, obtendo-se pelo quociente entre o consumo médio de energia ativa mensal pelo número de utilizadores de cada departamento. Com este indicador energético é possível realizar uma comparação entre os edifícios, e verificar qual é que apresenta menor consumo de energia elétrica por número de utilizadores.

$$CMU = \frac{\text{Consumos Médio de Energia Activa Mensal}}{\text{Nº Utilizadores}} \text{ kWh/utilizadores}$$

Tabela 15 - CMU dos departamentos do Pólo II da UC

Departamentos	Consumo Médio EA [kWh]	Nº Utilizadores	CMU 2011 [kWh/utilizador]
DEC	53273	1390	38,3
DEEC	46245	844	54,8
DEI	56765	1031	55,1
DEM	25943	745	34,8
DEQ	32448	267	121,5

Este é claramente o indicador mais importante pois dá-nos uma ideia do consumo médio por utilizador. Este indicador pode ser utilizado por qualquer tipo de edifício daí a sua importância.

Como já vimos anteriormente DEC e DEI era os que mais contribuíam em percentagem para o consumo do Pólo II da UC, não implicando que estes tivessem uma má gestão de energia. Este indicador prova isto mesmo, pois estes dois departamentos não apresentam os valores mais elevados no que diz respeito ao CMU. Quem apresenta o maior valor é DEQ com um valor de 121,5 kWh/utilizador. O menor valor pertence ao DEM com um consumo médio por utilizador de 34,8 kWh/utilizador.

5.2. Análise telecontagem

Num sistema de monitorização quanto mais abundantes e detalhados forem os dados mais informação e conclusões se conseguem extrair dos mesmos. No caso da telecontagem obtém-se obviamente muito mais informação do que a simples análise da faturação. Pois com as telecontagens tem-se uma muito maior desagregação temporal do consumo, potências médias de 15 em 15 minutos, sendo no caso da faturação os dados de consumo agregados de mês a mês. No entanto, não foi possível ter acesso a este tipo de informação como inicialmente era esperado. Após várias tentativas para se obter os dados de telecontagens para os edifícios do Pólo II da UC

estes dados nunca foram disponibilizados. Nesta secção vai usar-se as telecontagens do DEEC existentes para o período de modo a exemplificar alguns dos indicadores não podendo no entanto fazer comparação desses indicadores entre edifícios.

5.2.1. Histórico

Num sistema de monitorização é importante apresentar algumas estatísticas como sendo mínimos e máximos diários, semanais, mensais e anuais. Este tipo de informação pode dar-nos uma noção do consumo de energia para cada dia, relativamente aos valores extremos, procurando analisar o porquê destes consumos nesses dias. No ano de 2010 o consumo mínimo que o DEEC obteve ao longo do ano foi no dia 17 de maio as 6h30 - 6h45 onde registou um consumo de 26 kW e o consumo máximo ocorreu dia 29 de novembro as 15h15 - 15h30 onde o consumo atingiu 212 kW. Como era de esperado o mínimo ocorre durante a noite quando o edifício se encontra desocupado, numa segunda-feira antes de começarem as aulas depois de uma semana de queima. Este valor é muito importante porque determina o consumo mínimo a que o edifício funciona quando não se encontra ocupado. Isso demonstra que todos os valores mínimos acima de 26 kW indicam que ficaram cargas ligadas, restando saber quais as cargas que ficaram ligados e se é possível desligá-las. O máximo ocorre numa segunda-feira, por norma o dia mais movimentado, a meio da tarde (no pico da sua utilização) num dos dias mais frios do ano [14].

Na figura 11 pode-se ver um exemplo de como esta informação seria apresentada ao utilizador. Neste caso presumimos que estaríamos no dia 29 de dezembro de 2010. É curioso verificar que esta informação muito simples é no entanto bastante poderosa. Uma análise mais cuidada verificou-se por exemplo que no dia *atual* o consumo mínimo é o dobro do que o mínimo *record* registado nesse ano. Tendo em conta que o mínimo ocorre durante o período da noite o consumo supostamente deveria ser o mesmo durante o ano conclui-se que existem equipamentos a ser utilizados durante a noite que provavelmente não deveriam estar ligados.

Histórico	Hoje: 4ª 29/12/2010		Semana: 52	
	Mínimo	Ocorreu	Máximo	Ocorreu
Record	26000 W	2ª 17/5/2010 6h15 - 6h30	212000 W	2ª 14/11/2010 15h45 - 16h00
Dia Anterior	50000 W	0h30 - 0h45	146000 W	14h45 - 15h00
Semana Anterior	40000 W	Dom 19/11/10 0h30 - 0h45	170000 W	5ª 16/12/10 17h15 - 17h30
Mês Anterior	27000 W	Dom 14/11/10 5h45 - 6h00	212000 W	2ª 14/11/10 15h45 - 16h00
Hoje	52000 W	5h30 - 5h45	136000 W	15h30 - 15h45
Semana Actual	39000 W	Sáb 25/12/10 0h15 - 0h30	146000 W	3ª 28/12/10 14h45 - 15h00
Mês Actual	38000 W	Dom 12/12/10 5h00 - 5h15	211000 W	5ª 2/12/10 16h15 - 16h30

Figura 11 - Exemplo de como a informação seria apresentada aos utilizadores

5.2.2. Diagramas de carga

Um diagrama de carga (DC) é a representação gráfica da potência pedida à rede, ao longo do tempo, por uma carga ou conjunto de cargas. Um DC é um meio rápido de analisar a forma como a potência pedida à rede por uma carga varia ao longo do tempo, em termos de amplitude. Permite analisar as variações de consumo ao longo do dia e em dias diferentes, como feriados e fins de semana. Um DC é uma forma mais completa de representar os consumos, comparativamente a apenas com o valor do consumo acumulado [15].

Em função do período de tempo representado, são obtidos diferentes diagramas de cargas. Um diagrama diário de carga (DDC) representa o período de um dia; um diagrama semanal de carga (DSC) representa o período de uma semana; um diagrama mensal de carga (DMC) representa o período de um mês; um diagrama anual de carga (DAC) representa a procura da carga no período de um ano (Anexos J).

A energia num DC é obtida integrando a potência pedida durante um determinado intervalo de tempo, isto é, o intervalo de integração. No sentido inverso, dividindo esse consumo pela duração do intervalo de tempo, obtém-se a potência média no intervalo de integração.

$$E = \int_0^T P dt \Leftrightarrow P_{méd} = E/T = \frac{1}{T} \int_0^T P dt$$

A potência média indica a potência constante a que a instalação deveria usar continuamente para que no mesmo período de tempo consumisse toda a energia.

Os dados mostrados nos gráficos (histogramas) são valores de potência média para cada um dos intervalos de integração que constituem o período de monitorização. No caso do DDC do gráfico 14, o consumo total é dado pelo integral da equação seguinte, nos 96 intervalos de 15 minutos que compõem as 24 horas, que não é mais que a área preenchida a cor azul.

$$E = \int_0^{T_{96}} P_i dt = \int_0^{T_1} P_1 dt + \int_{T_1}^{T_2} P_2 dt + \dots + \int_{T_{95}}^{T_{96}} P_{96} dt = \sum_{i=1}^{96} P_i * T_i$$

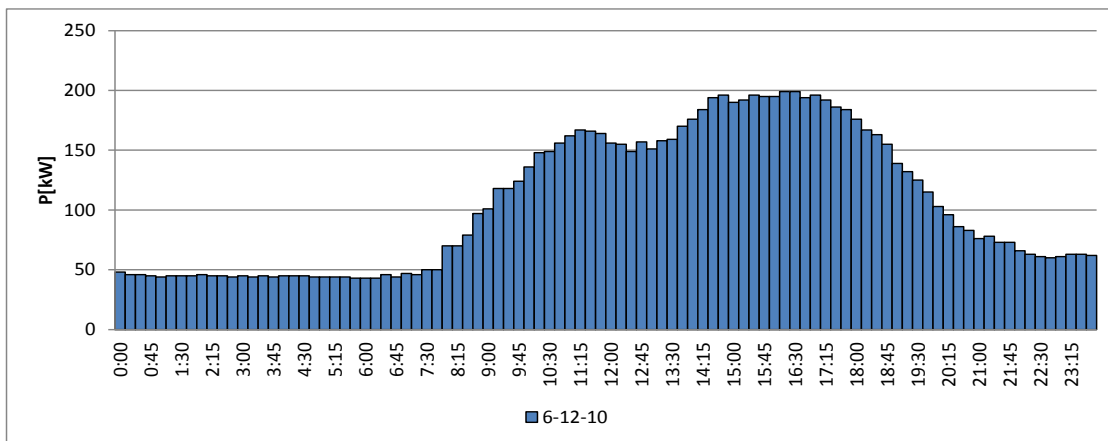


Gráfico 14 - DDC do DEEC no dia 6/12/10

O gráfico 15 representa o DMC do mês de outubro, onde é bem distintos os dias úteis dos dias de fim de semana. Além disso no dia 5 de outubro, por ser feriado nacional, observa-se um decréscimo de consumo num dia de semana. Este é o poder dos diagramas de carga.

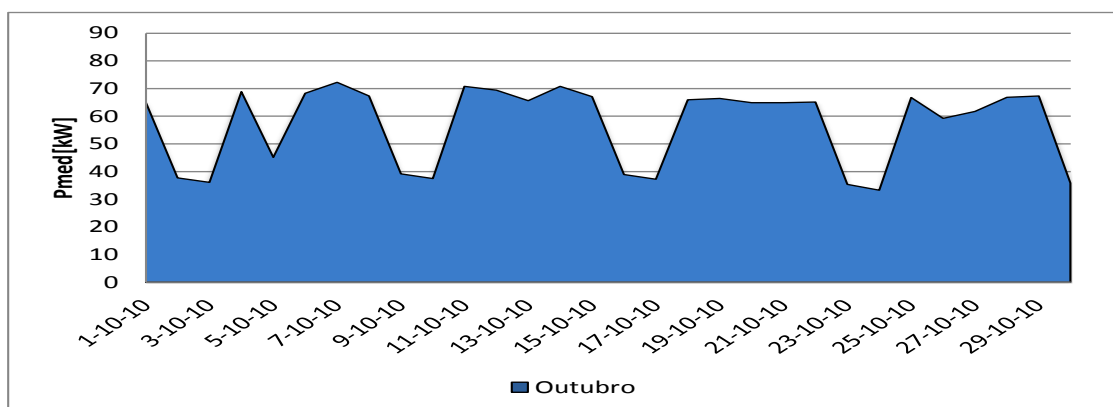


Gráfico 15 - DMC do mês de outubro

5.2.3. Índices

Na análise dos diagramas podem ser calculados alguns índices associados que permitem uma caracterização mais sustentada das cargas e comportamentos associados ao uso das instalações.

A potência máxima ou ponta ($P_{m\acute{a}x}$) representa a potência média máxima do período de 15 minutos considerado no diagrama de carga. A potência mínima ($P_{m\acute{i}n}$), por sua vez, representa a potência média mínima do período de integração considerado no DC.

O fator de carga (FC) indica o quociente entre a potência média e a potência máxima do diagrama considerado e está compreendido entre 0 e 1. Um baixo FC significa que o DC é mais irregular e que a instalação apresenta picos de potência elevados. O fator de carga também pode

ser calculado pela razão entre a energia consumida pelo produto da ponta máxima e o tempo do intervalo a considerar

$$FC = P_{méd}/P_{máx} = E \text{ (kWh)}/P_{máx} * T$$

$T = \text{intervalo de tempo correspondente ao consumo registado}$

O fator de vazio (FV) indica o quociente entre a potência mínima do diagrama e a potência máxima

$$FV = P_{min}/P_{máx}$$

A utilização da ponta (UP) em horas é também um indicador bastante utilizado nos diagramas de carga, que representa o número de horas que levaria a consumir a mesma energia se fosse à potência máxima

$$UP = E/P_{máx}$$

Valores baixos de UP indicam diagramas de carga irregulares, pois se estiverem a consumir à potência máxima esgotam rapidamente a energia consumida no intervalo considerado. A utilização da ponta em percentagem pode ser calculada dividindo a UP pelo número de horas do intervalo de tempo considerado, sendo este outro meio de calcular o fator de carga

$$UP = UP/n^{\circ} \text{ horas} * 100 [\%]$$

O fator de diversidade (FD) e o seu inverso, o fator de simultaneidade (FS), são dois indicadores normalmente utilizados com diagramas médios. O fator de diversidade das pontas resulta do quociente entre o somatório das pontas de cada DC parcial e a ponta do DC soma

$$FD = \frac{\sum \text{das pontas individuais}}{\text{Ponta do DC soma}}$$

O fator de simultaneidade tal como descrito anteriormente é o inverso do FD, ou seja, o quociente entre a ponta do DC soma e o somatório das pontas de cada DC

$$FS = \frac{\text{Ponta do DC soma}}{\sum \text{das pontas individuais}}$$

Uma vez que a soma das pontas é sempre maior ou igual que a ponta do DC soma, tem-se $FD \geq 1$ e inversamente $FS \leq 1$. Quanto maior é o FD, maior é a diversidade entre o DC soma e os DC individuais.

Tabela 16 - Índices calculados para o DEEC

	$P_{méd}$	$P_{máx}$	$P_{mín}$	FC	FV	UP (h)	UP (%)
Jan	78	192	35	0,40	0,18	301	40%
Fev	92	205	37	0,45	0,18	302	45%
Mar	79	196	37	0,40	0,19	298	40%
Abr	61	139	33	0,44	0,24	315	44%
Mai	55	128	26	0,43	0,20	321	43%
Jun	55	143	27	0,38	0,19	276	38%
Jul	60	154	30	0,39	0,19	291	39%
Ago	50	109	31	0,46	0,28	342	46%
Set	62	150	34	0,41	0,23	299	41%
Out	56	131	30	0,43	0,23	320	43%
Nov	69	212	27	0,32	0,13	234	32%
Dez	76	211	38	0,36	0,18	269	36%
Média	66	164	32	0,41	0,20	298	41

Através da análise da tabela acima observa-se que o mês que apresentou uma $P_{méd}$ mais elevada foi o mês de fevereiro, por norma dos meses mais frios do ano. Como já vimos a $P_{máx}$ aconteceu no mês de novembro e a $P_{mín}$ no mês de maio. Analisando de mais perto os mínimos registados e comparando por exemplo o mínimo registado no mês de janeiro com o de maio observa-se que existem 9 kW que provavelmente correspondem a aparelhos deixados ligados, tais como aquecimentos elétricos.

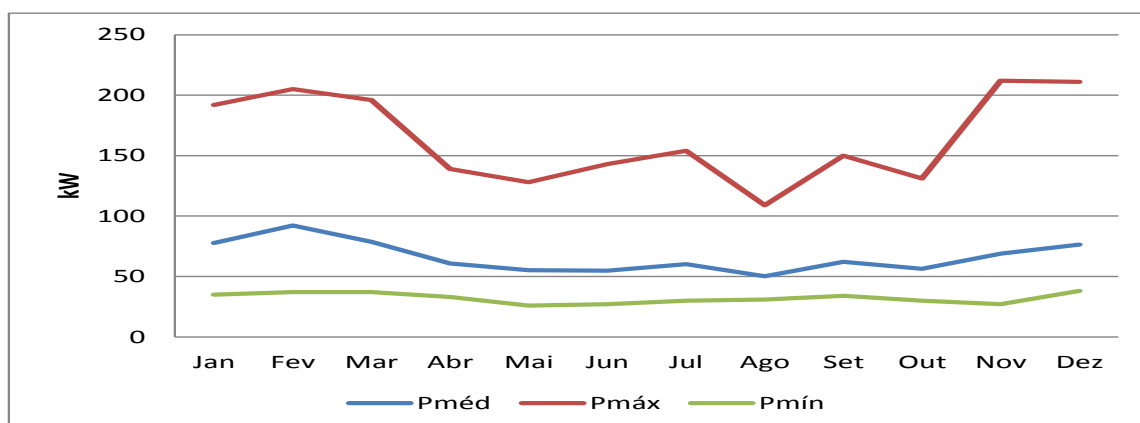


Gráfico 16 - Evolução da potência média, potência máxima e potência mínima

O FC anual médio de 0,41 indica que existe o uso irregular da potência. O FV reflete a aproximação entre a potência máxima e a potência mínima, sendo menor quando estes se afastam. A UP média ronda os 41 % o que significa que há potência máxima de 164 kW bastaria apenas 3561 horas (aproximadamente 5 meses) para consumir a energia total anual.

5.2.4. Comparações

A quantidade de dados fornecida pelas telecontagens permite nos comparar uma série de situações de maneira a tirarmos algumas conclusões sobre consumos em determinados períodos

de tempo. Assim estes dados permitem por exemplo comparar um dia com o dia anterior, com um dia da semana anterior ou o mesmo com o dia do mês/ano anterior. Este tipo de comparações pode ser efetuado para uma semana ou para um mês ou mesmo para um ano. Além disto pode-se optar por comparar por exemplo só um período de tempo (por exemplo nas horas em vazio). Basicamente têm-se uma infinidade de comparações que podem ser efetuadas.

Uma comparação interessante que se pode fazer é comparar um dia com a média desse mesmo mês. Esta comparação dá-nos uma ideia se nesse dia estamos a consumir mais ou menos do que a média desse mês e em que períodos o estamos a fazer. No exemplo a seguir referente ao dia 18 de outubro observa-se que no período de vazio o consumo se encontra próximo da média desse mês, mas depois no período de ocupação do edifício repara-se que o consumo é superior a média desse mês.

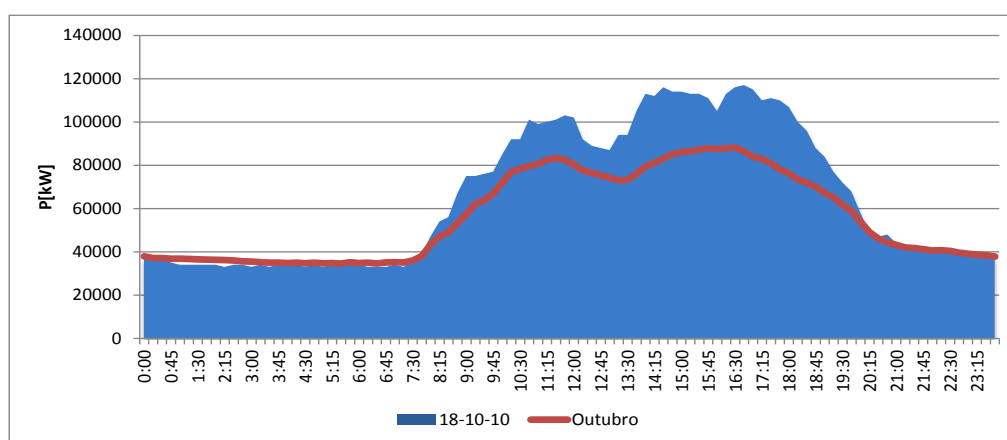


Gráfico 17 - Comparação entre o dia 18/10/10 com a média do mês de outubro

Assim num sistema de monitorização seria interessante encontrar uma opção onde o utilizador poderia escolher que tipo de comparação deseja fazer. Numa primeira fase escolher que tipo de comparação deseja: dia, semana, mês, ano, outro. A opção ‘outro’ seria para o utilizador comparar por exemplo dois dias de fim de semana com dois dias úteis. Numa segunda fase escolher qual seria o período de tempo de comparação: HVN, HSV, HV, HP, HC, dia inteiro, outro. A seguir apresentava-se o calendário onde era completada a escolha. (Figura 12)

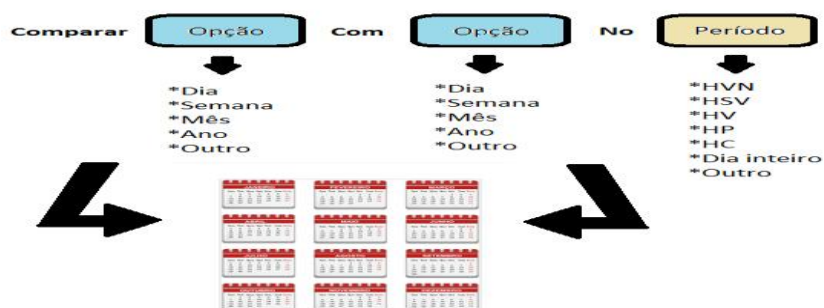


Figura 12 - Esquema das opções possíveis para comparações

5.2.5 Indicador deslizante

Este indicador deslizante pretende mostrar que tendência de consumo o edifício esta a ter. Este indicador define-se como a soma dos consumos de energia ativa (kWh) num período de 364 dias. Em cada iteração o somatório é sempre referente a 364 dias, mas desliza ao longo dos dias, como se pode ver pela figura 13.

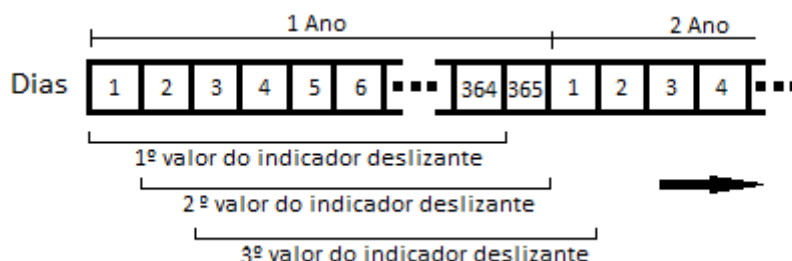


Figura 13 - Indicador deslizante

Inicialmente o indicador era para ser referente a um ano completo (365 dias), no entanto este indicador apresentava um padrão indesejável representado com uma circunferência vermelha no gráfico 17. Este padrão indesejável acontece porque o consumo neste edifício em questão não apresenta um comportamento semelhante durante os 7 dias da semana, registando um determinado consumo durante a semana e um consumo inferior ao fim de semana. Assim, esta falha acontece quando este indicador deslizante corresponde a um período com número de dias de fim de semana diferentes.

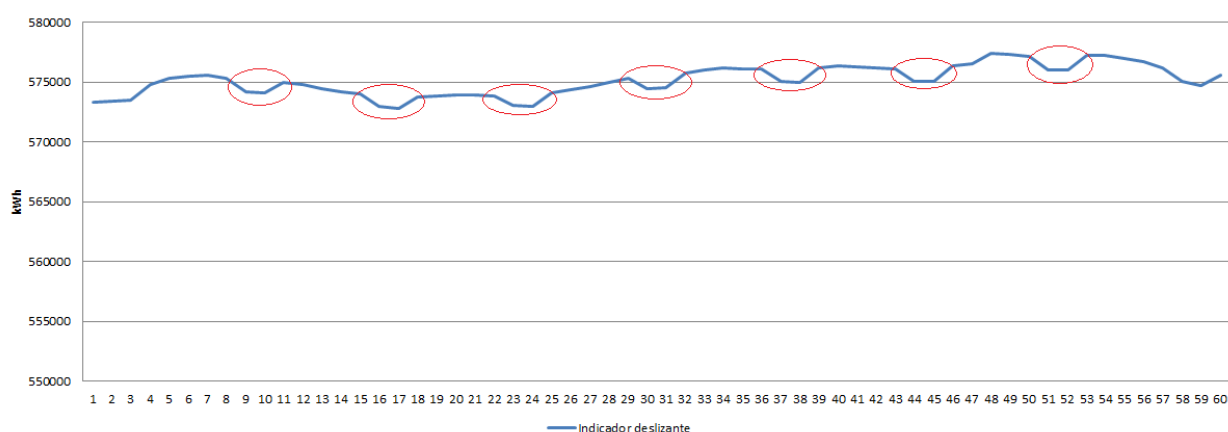


Gráfico 18 - Indicador deslizante, com falha, tempo de amostra de 365 dias

A maneira que se encontrou para contornar esta falha no indicador seria usar o tempo de amostra de 364 dias, correspondentes a 52 semanas do ano multiplicadas pelos 7 dias da semana. Assim, este problema dos fim de semanas desaparece visto que quando o indicador esta a

deslizar pelos dias quando é retirado o valor mais antigo se este for um sábado, por exemplo, o valor mais recente que será adicionado ao indicador será também ele sempre um sábado.

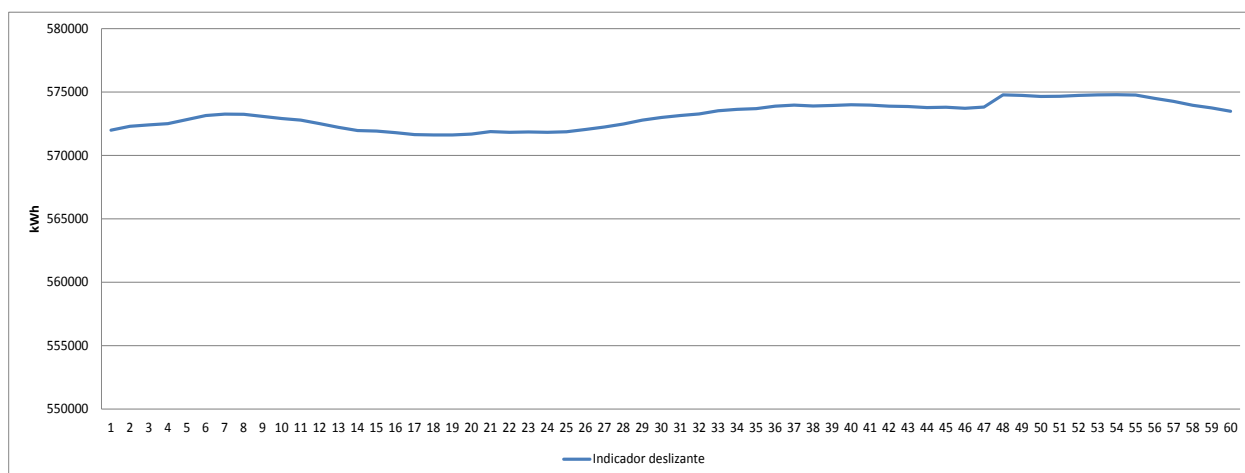


Gráfico 19 - Indicador deslizante, sem falha, tempo de amostra de 364 dias

Como se pode observar pelo gráfico 19, a tendência deste indicador será por norma constante. Isto acontece sobretudo porque pequenas alterações de consumo num dia não serão visíveis neste indicador. No entanto pequenas alterações que acontecem durante um longo período de tempo irão aparecer no gráfico, bem como grandes alterações nos comportamentos dos utilizadores também se irão refletir no gráfico.

6. Sistema de monitorização – caso do DEEC

6.1. Hardware

6.1.1. Carlo Gavazzi

Os aparelhos Carlo Gavazzi de modelo EM2172D são contadores de energia trifásica para baixa tensão. Estes contadores permitem a monitorização de energia ativa, energia reativa, fator de potência, correntes, tensões e potências instantâneas. As correntes são recebidas através dum transformador de corrente (TI) e as tensões por ligação direta ou por transformadores de tensão para valores elevados. Este medidor de energia trifásica também dispõe de um visor LCD frontal removível o que permite a sua configuração como painel de medida ou monta-lo como medidor DIN-rail². A partir deste *display* frontal é possível aceder a todos os parâmetros.



Figura 14 - Contador Carlo Gavazzi

Estes contadores dispõem de uma saída estática Opto-Mosfet na qual os pulsos são programáveis de 0,01 até 9,99 kWh por impulso com duração entre 100ms a 120ms (ON) e maiores que 120ms quando OFF. Quando ligado tem como corrente nos terminais um valor máximo de 70mA e tensão máxima $V_{ON} = 2,5 \text{ VAC/DC}$. A tensão máxima quando desligado é $V_{OFF} = 260 \text{ VAC/DC}$.

Este contador também dispõe de uma saída RS485 ligada através de dois fios e podendo comunicar até uma distância máxima de 1000 metros. Esta saída usa o protocolo MODBUS/JBUS (RTU). [10]

² Um DIN-rail é um barra de metal padrão muito utilizada nas monitorizações, tem como objetivo segurar o aparelho contra a parede.[22]

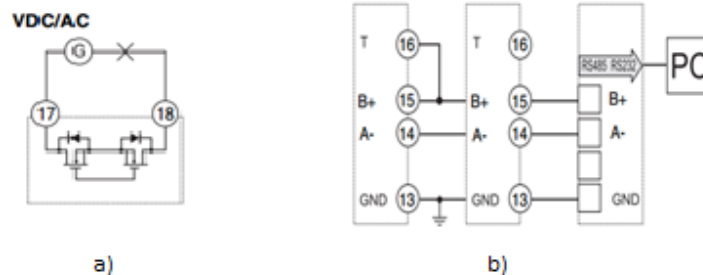


Figura 15 - Esquema de ligações de a) saída opto-mosfet b) saída RS485

Estes contadores podem ser ligados de oito maneiras diferentes, consoante as situações, no nosso caso usamos uma de duas maneiras. Caso fosse de fácil ligação (situação 1) e sem problema em desligar o circuito eram usados três TI's fechados usando o esquema da figura 16 b). Caso a instalação fosse mais difícil (situação 2) ou houvesse a impossibilidade de desligar o circuito recorreu-se aos TI's abertos, muito mais caros, e usou-se o esquema de ligação da figura 16 c) usando apenas dois desses TI's.

Estes modelos adquiridos têm um preço de 114 €.

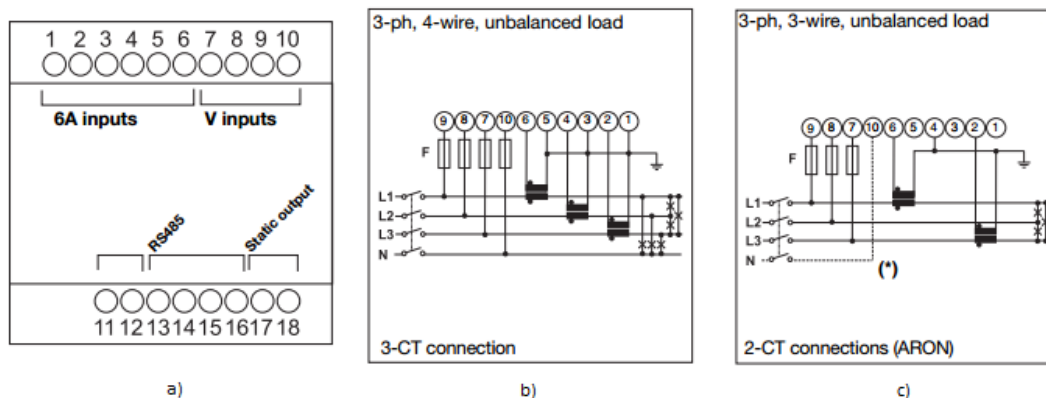


Figura 16 - a) E/S do contador; b) Esquema de ligações da situação 1; c) Esquema de ligações da situação 2;

6.1.2. Zélio Logic

Os relés inteligentes compactos da Schneider dos modelos SR2A101BD e SR3B261BD têm como única diferença o número de entradas/saídas. O SR2A101BD dispõe de 6 entradas e 4 saídas e o modelo SR3B261BD tem 16 entradas e 10 saídas. Estes equipamentos vêm acompanhados com o módulo de comunicação e fonte de alimentação. Os módulos lógicos Zélio Logic modular podem receber expansões de entradas/saídas de 6, 10 ou 14 E/S. (Figura 17).



Figura 17 - Módulo lógico modular SR2 (cima) e SR3 (baixo), módulo de comunicação e módulo de expansão de E/S

A programação destes concentradores pode ser realizada de maneira autónoma, utilizando o teclado do módulo lógico (linguagem Ladder) ou no computador usando o *software* ‘Zélio Soft’, onde a programação pode ser realizada em linguagem de contactos (Ladder) ou em linguagem de diagrama de blocos de funções (FBD).

Em relação ao módulo de comunicação pode ser do modelo SR3MBU01BD ou SR3NET01BD sendo que a diferença entre eles recai no protocolo que usam. Enquanto o primeiro usa o protocolo Modbus³ e uma porta de comunicação RS485, o segundo usa o protocolo Ethernet⁴ com uma porta de comunicação 10/100BASE-T. No nosso caso usou-se o modelo SR3NET01BD que tem uma saída RJ45 para a ligação à rede Ethernet e dois leds, um de estado de ligação (STS) e outro de comunicação (LK/ACT 10/100). A configuração é efetuada através do *software* ‘Zélio Soft’ onde são definidos 6 parâmetros essenciais: o tipo de endereçamento (estático ou dinâmico), endereço IP, a máscara da sub-rede, endereço do *gateway*, endereço de reserva e *time-out*. Este módulo permite receber (J1XT1 e J4XT1) e enviar (O1XT1 e O4XT1) 4 *words* de dados de 16 bits cada.

O módulo Ethernet, apesar de mais caro, compensa pela sua fácil integração nas redes de dados normalmente existentes em grandes edifícios, evitando a utilização de *gateways* auxiliares para conversão de protocolo Modbus RTU em Modbus TCP.

³ Modbus é um Protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. É um dos mais antigos e até hoje mais utilizados protocolos em redes de controladores lógicos programáveis (PLC) para aquisição de sinais de instrumentos e comandar actuadores.[13]

⁴ Ethernet é um protocolo de interconexão para redes locais - Rede de Área Local (LAN) - baseada no envio de pacotes. Ela define cabeamento e sinais elétricos para a camada física, e formato de pacotes e protocolos para a camada de controle de acesso ao meio (Media Access Control - MAC) do modelo OSI (Open Systems Interconnection).[13]

O preço do SR2 é de 101,76€, do módulo de comunicação é 85,27 € e da fonte de alimentação é 61,37€. O SR3 é ligeiramente mais caro com um preço de referência de 215,05 €, o preço do módulo de comunicação é 174,20 € e a fonte de alimentação ascende aos 41,79€.

6.1.3. Circuit Manager 4000

O Circuit Manager 4000 (CM4000) é um aparelho topo de gama fabricado pela Schneider. Este medidor de consumos e de qualidade de energia tem incorporado recursos de alta tecnologia, incluída memória abundante e precisão extremamente alta. O CM4000 foi projetado especificamente para grandes consumidores de energia podendo medir e calcular mais de 50 valores, onde se destacam as correntes por fase, do neutro e da terra, correntes totais máximas e reais, tensões simples e compostas, potência real, aparente e reativa por fase e total, fator potência, frequência, temperatura, harmónicos até à ordem 255, energia ativa, reativa e aparente, e parâmetros de qualidade de energia como desequilíbrios, *cavos*, *flicker*, distorções na forma de onda e outros parâmetros. [11] [12]



Figura 18 - CM4000

Os dados podem ser acedidos na internet pela página embbebida ou pelo *software* criado especificamente para esta gama, o Powerlogic System Manager Software (SMS). Este equipamento dispõe de um ecrã amovível para parametrização e acesso a leituras instantâneas.

Possui-se o módulo Ethernet Communications Card (ECC) opcional com uma entrada RS-485 com protocolo Modbus que permite a ligação a rede.

O CM4000 foi oferecido no mês de novembro de 2006 ao departamento de engenharia Eletrotécnica e de computadores pela Schneider, o valor do equipamento ascende a 3755€.

6.1.4. Transformadores de corrente

Um transformador de corrente (TI) é um dispositivo que reproduz no seu circuito secundário, a corrente que circula em um enrolamento primário com sua posição vetorial

substancialmente mantida, em uma proporção definida, conhecida e adequada. Os transformadores de corrente são utilizados em aplicações de alta tensão (situações essas onde circulam, frequentemente, altas correntes), fornecem correntes suficientemente reduzidas e isoladas do circuito primário de forma a possibilitar o seu uso por equipamentos de medição, controle e proteção. A corrente apresentada no secundário é uma réplica com bastante precisão da corrente do primário, desde que não atinja a corrente de saturação do TI, onde a partir da qual deixa de ter comportamento proporcional. [13]

Na aquisição de um TI é necessário verificar se é possível desligar o circuito principal, verificar o tamanho da secção dos cabos e a razão transformação pretendida. No caso do DEEC, para instalar nos quadros das torres é preferível a instalação de TI's de abertura rápida o que possibilita a instalação sem recorrer a interrupção de energia elétrica do departamento.

Foram adquiridos TI's dos modelos TAR3D da marca Revalco com razão transformação 200A/5 e 150A/5. Estes TI's são bastante baratos, por essa razão foram adquiridos 15 de cada pelo preço de 9,84€ (Anexo M).

Em relação aos TI's abertos foram comprados da marca Novalec com razão transformação de 250A/5. Compraram-se 12 com dimensões 50x80 e 4 com as dimensões 80x120 pelo preço de 75,38 € e 112,00 €, respetivamente (Anexos M). Como se pode observar pelo preço estes TI's são muito mais caros por isso devem ser usados em situações muito específicas.

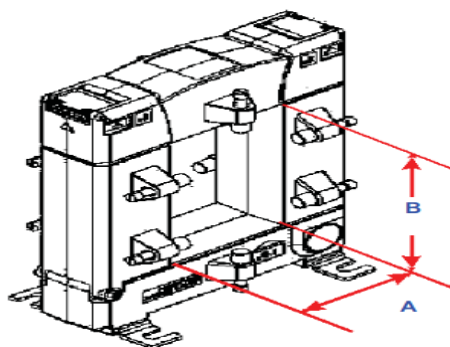


Figura 19 - Exemplo de um TI aberto de dimensões internas Ax B (mm)

6.2. Descrição do sistema de monitorização do DEEC

A recolha de dados é efetuada em duas zonas distintas: *zona 1* situada na garagem e a *zona 2* situada na torre B. (Anexo N)

A *zona 1* recolhe a informação dos consumos através do SR3B121BD, o qual recebe a informação dos consumos através do CM4000 e de vários contadores Carlo Gavazzi. O SR3 com o módulo de expansão Ethernet ligado à rede do DEEC, é alimentado por uma fonte de tensão contínua de 24 V, que alimenta todas as entradas de impulsos dos aparelhos de medida

disponíveis. O CM4000 encontra-se situado a entrada do quadro geral de baixa tensão (QGBT) e envia informação do consumo total do edifício (sem as perdas do transformador). Ainda situados na garagem encontram-se três contadores Carlo Gavazzi que medem os consumos da torre R, torre T e torre A (anfiteatros). Instalado na torre T encontra-se outro contador Carlo Gavazzi que pretende medir um sub-consumo da torre T, o datacenter. Este contador está ligado a 3 TI da Revalco que tem uma saída de impulsos de 0,01 kWh por impulso. Além da informação dos consumos de eletricidade o SR3 também recebe informação de um dos contadores de água. Este contador de água contém emissores de impulsos indutivos, em que cada impulso corresponde a $0,025 \text{ m}^3$ (25 litros). Futuramente pretende-se enviar a informação proveniente de um contador trifásico da Janz da EDP com 10 kWh por impulso, o qual se pretende alterar o número de impulsos por kWh.

A *zona 2* recolhe a informação dos consumos através dum equipamento proveniente da ISA, já estando prevista a sua substituição pelo SR2A101BD da Schneider numa uniformização do sistema de monitorização. Este concentrador recebe informação dos consumos dum contador Carlo Gavazzi que recolhe os dados da torre B onde se situam o bar e a biblioteca. Outro contador monitoriza o consumo do bar e envia os dados para o SR2. Num futuro próximo pretende-se enviar também a informação recolhida por dois contadores de água e um de gás que se encontram próximas do SR2. Os contadores de água têm impulsos correspondentes a $0,025 \text{ m}^3$ (25 litros) e o contador de gás tem uma saída de impulsos com $0,1 \text{ m}^3$ por impulso.

Os consumos da torre S são calculados através dum simples subtração. Visto que esta torre se encontra sem sistema de monitorização o que se fez foi simplesmente subtrair o consumo total menos os consumos da torre R, torre T, torre A e torre B.

Depois da recolha de dados na *zona 1* e *zona 2* esta informação é enviada para um computador que por sua vez envia a informação para uma base de dados (servidor). Esta informação pode depois ser visualizada através do *site* <http://mewago.streamline.pt/dashboard>.

6.3. Custo do sistema de monitorização - DEEC

O custo do sistema de monitorização pode ser estimado, é no entanto difícil saber o preço exato do dinheiro investido num sistema deste tipo devido a algum equipamento já se encontrar instalado e existir equipamento que não se consegue incluir nesta análise (exemplo: fios, cabos, computadores, etc). Além disso vai-se fazer algumas suposições em relação aos TI's instalados visto que não se possuía toda a informação necessária.

Sendo assim existem 6 contadores Carlo Gavazzi (torre R, T, A, B, datacenter e bar) os quais recebem as correntes através dos TI's. Vamos supor que 4 deles recebem as correntes através dos TI's do modelo TAR3D da marca Revalco. Cada um destes 4 pontos de

monitorização recebe as correntes a partir de 3 TI's (ligação da situação 1, figura 16 b), o que leva a um total de 12 TI's de 9,84 € cada. As tensões são recebidas através de ligação direta, sendo assim para proteger o equipamento são usados um porta fusíveis STI 3P+N 500V de custo de 11,41 € e 4 fusíveis 10x38 2A AM de preço de 0,64 €. Isso perfaz um total de 4 porta fusíveis e 16 fusíveis. Os outros 2 pontos de monitorização supõe-se que é indesejável interromper o circuito (ligação situação 2, figura 16 c) e assim são usados apenas 2 TI's abertos da marca Novalec, o que perfaz um total de 4 TI's abertos de preço 112,00 € cada. Para proteger o equipamento de sobrecorrentes são usado um porta fusíveis e três fusíveis por contador, o que perfaz um total de dois porta fusíveis e 6 fusíveis.

Também foram usados dois concentradores (SR2 e SR3) que vêm acompanhados com o módulo de comunicação e a fonte de alimentação.

Tabela 17 - Resumo do equipamento utilizado no sistema de monitorização - DEEC

Equipamento	Preço [€]	Quantidade	Total [€]
SR2A101BD	101,76	1	101,76
Módulo de Comunicação	85,27	1	85,27
Fonte de Alimentação	61,37	1	61,37
SR3B261BD	215,05	1	215,05
Módulo de Comunicação	174,20	1	174,20
Fonte de Alimentação	41,79	1	41,79
Contador Carlo Gavazzi	114	6	684
TI's Revalco	9,84	12	118,08
TI's Novalec	112,00	4	448,00
Porta fusíveis 3P+N	11,41	6	68,46
Fusíveis	0,64	22	14,08
CM4000	3755	1	Oferta
			2012,06 €

O custo total do sistema de monitorização ascende aproximadamente a 2012,06 € o que acaba por ser um valor bastante elevado sobretudo quando se observa de fora. No entanto se olharmos para o custo gasto em eletricidade pelo DEEC no ano de 2011 este valor alcança os 62881,33 €. Sendo assim este investimento é cerca de 3,2 % do valor pago em eletricidade no ano de 2011. Assim se supusermos que com este sistema de monitorização se consegue poupar 1% do consumo faturado anualmente o tempo de retorno será de 3 anos.

Podemos tentar diminuir o investimento feito se se conseguir optar unicamente TI's Revalco que são significativamente mais baratos. Além disso, a UC sendo uma instituição de prestígio é possível conseguir preços mais vantajosos ou até mesmo chegar a acordo para fornecimento de equipamento sem qualquer custo como foi o caso do CM 4000.

6.4. Estrutura do sistema de monitorização do Pólo II da UC

O projeto encontrando-se ainda numa fase inicial, pretendendo-se que no final do projeto todos os edifícios do Pólo II da UC beneficiem de um sistema de monitorização e que a informação recolhida seja disponibilizada aos seus utilizadores.

Assim idealizou-se que num futuro próximo todos os edifícios do Pólo II da UC tenham um sistema de monitorização instalado. Este sistema será instalado nos edifícios que se pretende monitorizar e a informação recolhida será enviada para um computador onde os dados serão armazenados. Esta transferência de dados do sistema de monitorização para o computador raramente acontece falhas visto que é feita através da rede de área local (LAN). Caso esta ligação falhe os dados serão perdidos. O computador enviará de seguida os dados para um *site* comum, o qual irá disponibilizar a informação a quem a pretender aceder. Neste caso, se a transferência de dados falhar não será um problema visto que os dados já estão armazenados no computador, podendo esta informação ser transferida mais tarde.

Numa fase final do projeto será interessante projetar os dados recolhidos pelo sistema de monitorização nos bares ou núcleo de estudante dos diversos departamentos de maneira a sensibilizar os utilizadores dos edifícios a racionalizar os consumos quando se encontram no Pólo II da UC.

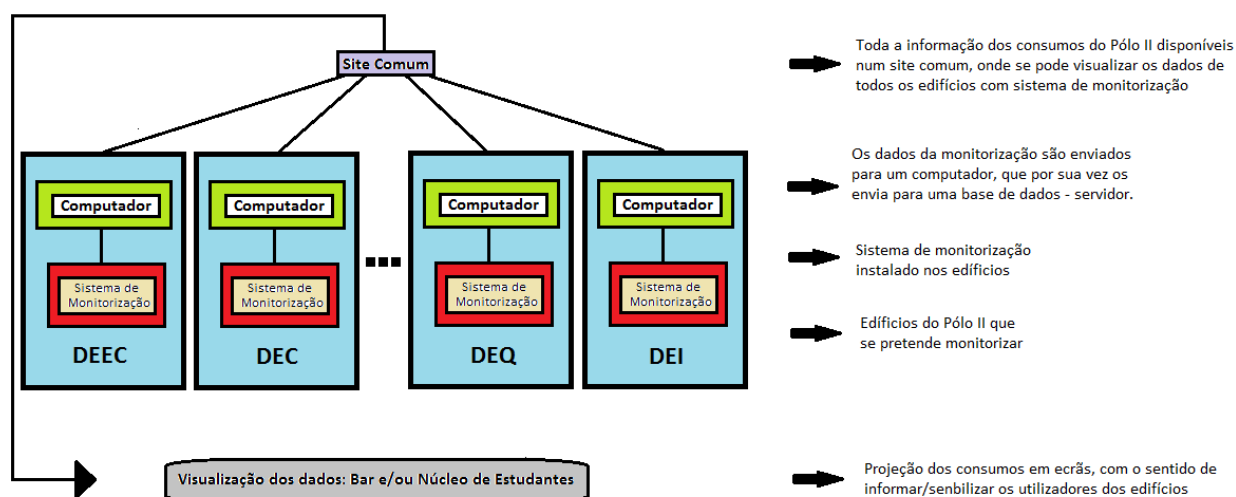


Figura 20 - Estrutura do sistema de monitorização do Pólo II da UC

6.5. Custo do sistema de monitorização - Pólo II da UC

Sendo difícil estimar um preço exato para o custo da instalação de um sistema de monitorização no Pólo II da UC pode-se no entanto estimar este valor partindo de algumas suposições. Vamos supor que existem 4 pontos de leitura no edifício e apenas um concentrador de informação. Destes 4 pontos de leitura um será sempre no QGBT, o qual iremos aproveitar os

TI's lá existentes. Os outros 3 pontos de leitura vamos supor que 2 deles são de fácil instalação, utilizando-se três TI's dos mais baratos, e no último ponto de leitura vai se supor que não é possível desligar o circuito e que por essa razão são usados dois TI's abertos mais caros. O concentrador de informação será o SR3 por dispor de mais E/S e os contadores serão a mesma Carlo Gavazzi. Serão usados 4 fusíveis para proteger o contador no caso de se usar o esquema da situação 1, e 3 fusíveis no caso de se usar o esquema da ligação 2. Em ambos os casos será usado um porta fusíveis. Isso perfaz um total de 11 fusíveis e 3 porta fusíveis.

Tabela 18 - Resumo do equipamento utilizado no sistema de monitorização - Pólo II da UC

Equipamento	Preço [€]	Quantidade	Total [€]
SR3B261BD	215,05	1	215,05
Módulo de Comunicação	174,20	1	174,20
Fonte de Alimentação	41,79	1	41,79
Contador Carlo Gavazzi	114	4	456
TI's Revalco	9,84	6	59,04
TI's Novalec	112,00	2	224
Porta fusíveis 3P+N	11,41	3	34,23
Fusíveis	0,64	11	7,04
			1211,35 €
5 Edifícios			6056,75 €

Estima-se que cada edifício do Pólo II da UC tenha de investir cerca de 1200 € para ter um sistema de monitorização. As maiores alterações neste valor poderão surgir caso seja necessário mais que quatro pontos de leituras, e nesse caso cada ponto de leitura adicional ficará sempre no mínimo em 157,59 € (1 contador, 3 TI's dos baratos, 4 fusíveis e 1 porta fusíveis), sendo que a informação continuará a ser enviada para o SR3 (tendo este um limite de 16 entradas e 10 saídas).

Juntando as faturas pagas no ano de 2011 pelos cinco edifícios que ainda não tem um sistema de monitorização (DEC, DEI, DEM, DEQ e UPC) estas ascendem a 278650 €. Se todos instalarem um sistema de monitorização o valor total pago será de 6056,75 €. Este valor corresponde apenas a 2,17 %, o que acaba por ser um valor pequeno a pagar para se saber onde e quanto se consome.

7. Conclusão

7.1. Conclusões

Durante a realização deste trabalho, verificou-se um consumo de energia elétrica, e encargos com a mesma, muito elevados, principalmente nos meses mais frios e nos meses mais quentes. Tal facto justifica-se sobretudo pela maior utilização de equipamentos de arrefecimento e de aquecimento tais como ar condicionado e aquecedores. Apesar dos consumos de energia elétrica apresentarem um ligeiro aumento ao longo dos anos em análise, os encargos com a energia elétrica tem tido a tendência de aumentar nos últimos anos. Enquanto no ano de 2009 o Pólo II da UC pagava uma fatura de 297.266 €, no ano de 2011 este valor já ascendia a 341.531 € sendo que corresponde a um aumento de 44.269€.

Concluimos que manter os consumos constantes ao longo dos anos não implica que o valor das faturas também se mantenha constantes visto que estas estão sujeitas as variações de preços do kWh e também do IVA, os quais tem sofrido alterações significativas nos últimos anos devido a austeridade.

O Pólo II da UC apresenta um consumo médio anual de 293.4911 kWh do qual 52 % é consumido nas horas cheias, 30 % consumidas em vazio e 18 % nas horas de ponta.

Um aspeto positivo do Pólo II da UC em relação por exemplo ao Pólo III da UC, é que este não apresenta um fatura única fazendo com que cada departamento pague a sua fatura individualmente, aumentando a responsabilidade e o controlo a quando da utilização de energia elétrica.

Quando analisado os consumos dos vários departamentos em estudo, conclui-se que os mais contribuem para o consumo do Pólo II da UC são o DEC (23,3 %) e o DEI (22 %) com 45 % do consumo total do Pólo II da UC. Todavia, os diferentes consumos verificados em cada um dos departamentos não significaram que houvesse uma discrepância nos consumos ou uma má gestão dos consumos de energia elétrica, daí a importância dos indicadores energéticos.

Após a análise dos vários indicadores energéticos calculados através da faturação conclui-se que o edifício que tem apresentado o melhor comportamento tem sido o DEC com uma diminuição de consumo nos últimos anos. O edifício que tem mantido o consumo mais constante tem sido a UPC e que tem apresentado um aumento de consumo ao longo dos anos é o DEQ. Através dos indicadores também se concluiu que o DEEC e o DEM são os que apresentam maior sazonalidade. No DEEC a sazonalidade é bem presente nos meses de maior frio devido a não utilização do aquecimento central a gás e no DEM esta é mais presente nos meses de maior calor devido ao uso mais intensivo de equipamentos de refrigeração.

Ainda através da análise dos indicadores conclui-se que o departamento que apresenta os piores valores é o DEQ, sendo no futuro importante tentar perceber com mais detalhe como e onde esta energia elétrica é gasta. Os melhores valores são apresentados pelo DEM e pelo DEC. Assim nem sempre quem consome mais energia elétrica apresenta os piores comportamentos visto que existem muita variáveis por de trás desses consumos, tais como a área do edifício, número de utilizadores etc.

Os diagramas de carga são dos gráficos mais poderosos no que toca a análise de consumos, neles são bem notórios as influências dos utilizadores na evolução dos consumos ao longo do dia e entre dias úteis e dias de fim de semana. As condições meteorológicas também influenciam a evolução dos consumos sendo que dias muito frios/quentes fazem aumentar os consumos de eletricidade.

O sistema de monitorização do DEEC ajudou-me a perceber a quantidade de informação necessária para montar um sistema desta dimensão, tais como locais de possível monitorização, equipamento a serem usados, etc. Além disso, também me deu a oportunidade de ter um contacto mais próximo com algum equipamento, o que a meu ver é sempre um aspeto positivo num trabalho deste tipo. Por fim as longas horas de pesquisa permitiram-me ter outra ideia da quantidade e diversidade de equipamento existentes no mercado.

Após a análise cuidada do investimento feito no DEEC, e a estimativa feita para a instalação de um sistema de monitorização no Pólo II da UC, conclui-se que este pode ser um investimento com um período de retorno bastante curto. O tempo de retorno vai depender muito das poupanças que possam resultar da diminuição de consumos, assim departamentos como o de Química que apresentou os piores indicadores ao longo deste trabalho poderá mais facilmente conseguir uma diminuição de consumos do que um departamento que tenha bons indicadores tais com o de Civil e de Mecânica. Assim concluindo piores indicadores dão-nos maior margem para os corrigir e consequentemente se conseguirmos diminuir os consumos, um retorno de investimento mais rápido, assim suspeito que o investimento terá um tempo de retorno mais rápido no DEQ do que do DEC e DEM.

7.2. Trabalhos Futuros

Em trabalhos futuros será implementado um sistema de monitorização em cada departamento, sendo estes dados depois enviados para um página *online* onde estes poderão ser divulgados. Visto que este projeto está a ser feito por fases, onde a primeira fase passou por monitorizar o DEEC e que muito brevemente será iniciada a instalação deste sistema de monitorização nos restantes edifícios será importante acompanhar esse desenvolvimento de perto. (Figura 20)

Referências Bibliográficas

- [1] João Gil Josué (2010), *Projeto e Construção de um Sistema de Monitorização de Energia Elétrica para uma Habitação*. Lisboa: Seção de Eletrotécnica e Máquinas Elétricas.
- [2] Saidel, M.A.; Favato, L.B. Morales, C. (2005), *Indicadores Energéticos e Ambientais: Ferramenta importante na gestão da energia eléctrica*. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- [3] João Tomé Saraiva (2006), *Regulação e Tarifas em Portugal*. Porto: FEUP, http://paginas.fe.up.pt/~jsaraiva/Textos/Reg_tar_portugal.pdf [novembro de 2012]
- [4] http://www.edpsu.pt/pt/destaques/documentos%20de%20destaque/Nota_ComposicaoPrecosEletricidade_CIEG.pdf [15 de março de 2011]
- [5] Energia de Portugal. EDP. [On-line], www.edp.pt
- [6] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. ERSE. [On-line], <http://www.erse.pt/>
- [7] Universidade de Coimbra. UC. [On-line], www.uc.pt
- [8] <https://maps.google.com/>
- [9] José Andrade (2011), Auditoria Energia Elétrica em Edifícios do Pólo Universitário - Edifício da Engenharia Mecânica. Coimbra: Universidade de Coimbra
- [10] <http://www.farnell.com/datasheets/579510.pdf>
- [11] <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/pt/>
- [12] http://azzo.com.au/files/1613/1363/3155/CM_4000.pdf
- [13] <http://pt.wikipedia.org/>
- [14] <http://www.wunderground.com>
- [15] Gomes, Álvaro Filipe P. C. de Oliveira., *Documentos de apoio às aulas de gestão de energia eléctrica*. 2009.
- [16] Roscoe, Andrew (2004), “Demand Response and embedded storage to facilitate diverse and renewable power generation portfolios in the UK”, *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Strathclyde.
- [17] Paiva, José (2005), *Redes de Energia Elétrica - Uma Análise Sistémica*. Lisboa: Ist Press.

Anexos

Anexo A - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT (Janeiro 2013)

Termo tarifário fixo		EUR/mês	EUR/dia*
		47,20	1,5517
Encargos de potência	Termo	EUR/kVv.mês	EUR/kVv.dia*
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	9,289	0,3054
	Contratada	1,448	0,0476
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	9,368	0,3080
	Contratada	1,357	0,0446
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	14,179	0,4662
	Contratada	0,528	0,0174
Preço da energia ativa	Periodo trimestral	Periodo horário	EUR/kVWh
Tarifa de longas utilizações	I e IV	Horas de ponta	0,1252
		Horas de chelas	0,0969
		Horas de vazio normal	0,0644
		Horas de super vazio	0,0586
	II e III	Horas de ponta	0,1286
		Horas de chelas	0,0995
		Horas de vazio normal	0,0669
		Horas de super vazio	0,0624
Tarifa de médias utilizações	I e IV	Horas de ponta	0,1313
		Horas de chelas	0,1003
		Horas de vazio normal	0,0655
		Horas de super vazio	0,0596
	II e III	Horas de ponta	0,1377
		Horas de chelas	0,1008
		Horas de vazio normal	0,0691
		Horas de super vazio	0,0644
Tarifa de curtas utilizações	I e IV	Horas de ponta	0,2026
		Horas de chelas	0,1092
		Horas de vazio normal	0,0735
		Horas de super vazio	0,0664
	II e III	Horas de ponta	0,2027
		Horas de chelas	0,1091
		Horas de vazio normal	0,0737
		Horas de super vazio	0,0690
Preço da energia reativa			EUR/kVArh
Fornecida pela Rede (indutiva)			0,0234
Recebida pela Rede (capacitiva)			0,0176

* RRC art. 220º, nº 3

Factores multiplicativos a aplicar ao preço de referência da energia reativa indutiva, em 2013, de acordo com os Despachos 7253/2010 de 26 Abril e 10/2010 de 29 Julho, da ER SE:

Descrição	Factor multiplicativo	
Escalação 1 (a partir de 01.01.2012)	Para $0,3 \leq \text{tg}\phi < 0,4$	0,33
Escalação 2	Para $0,4 \leq \text{tg}\phi < 0,5$	1
Escalação 3	Para $\text{tg}\phi \geq 0,5$	3

Figura 21 - Tarifa transitória de venda a clientes finais em MT

Anexo B - Períodos horários em média tensão - ciclo diário

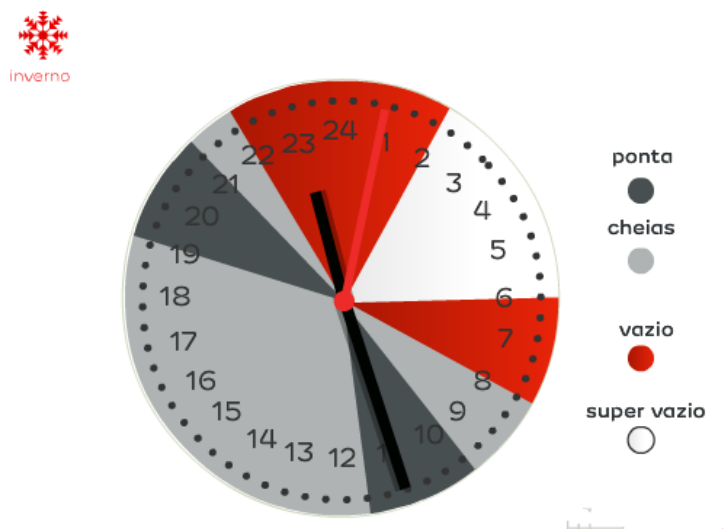


Figura 22 - Horário de Inverno

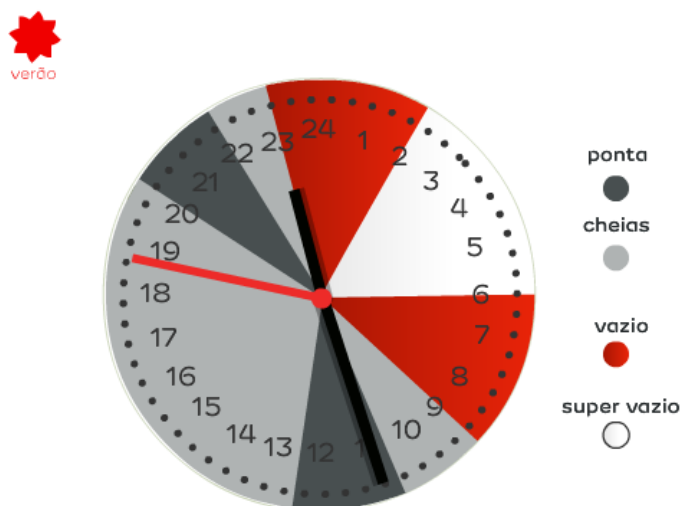


Figura 23 - Horário de Verão

	horário de Inverno	horário de Verão
ponta	das 09:30 às 11:30 das 19:00 às 21:00	das 10:30 às 12:30 das 20:00 às 22:00
cheias	das 08:00 às 09:30 das 11:30 às 19:00 das 21:00 às 22:00	das 09:00 às 10:30 das 12:30 às 20:00 das 22:00 às 23:00
vazio normal	das 22:00 às 02:00 das 06:00 às 08:00	das 23:00 às 02:00 das 06:00 às 09:00
supervazio	das 02:00 às 06:00	das 02:00 às 06:00

Figura 24 - Resumo do período horário em média tensão - ciclo diário

Anexo C - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II da UC

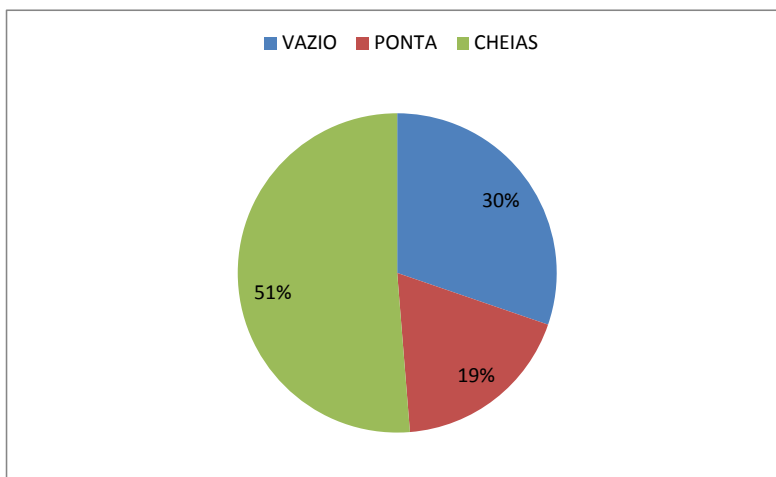


Gráfico 20 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II da UC no ano de 2009

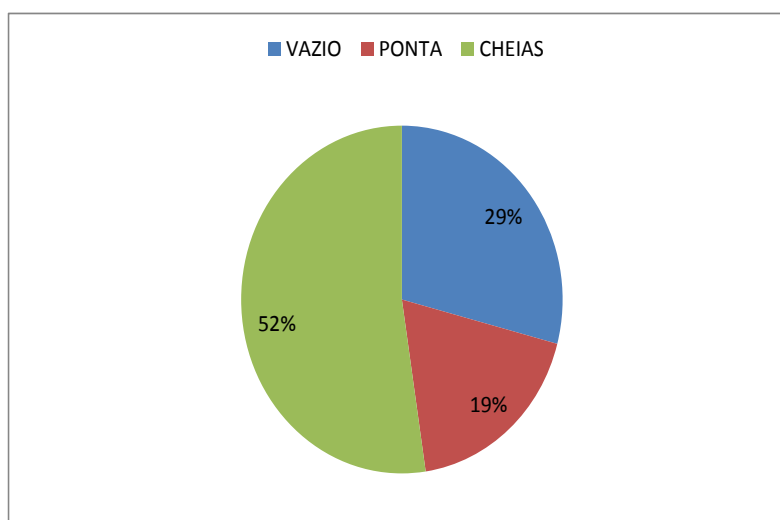


Gráfico 21 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II da UC no ano de 2010

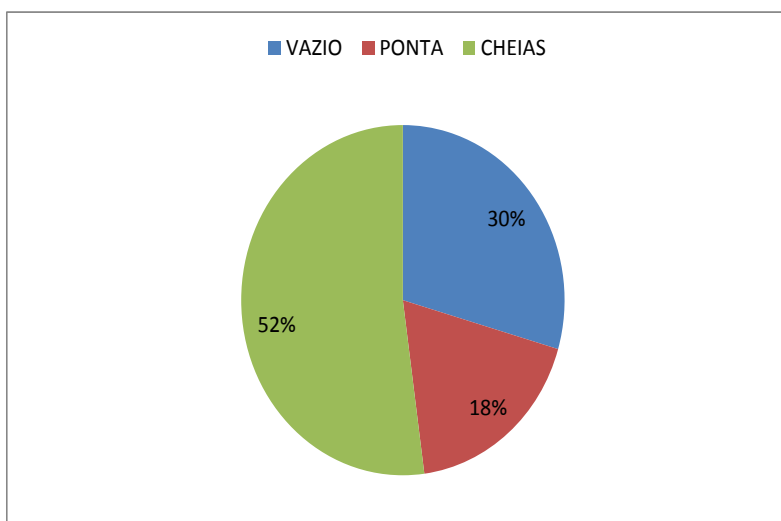


Gráfico 22 - Desagregação percentual por período horário da energia ativa do Pólo II da UC no ano de 2011

Anexo D - Energia reativa consumida faturada

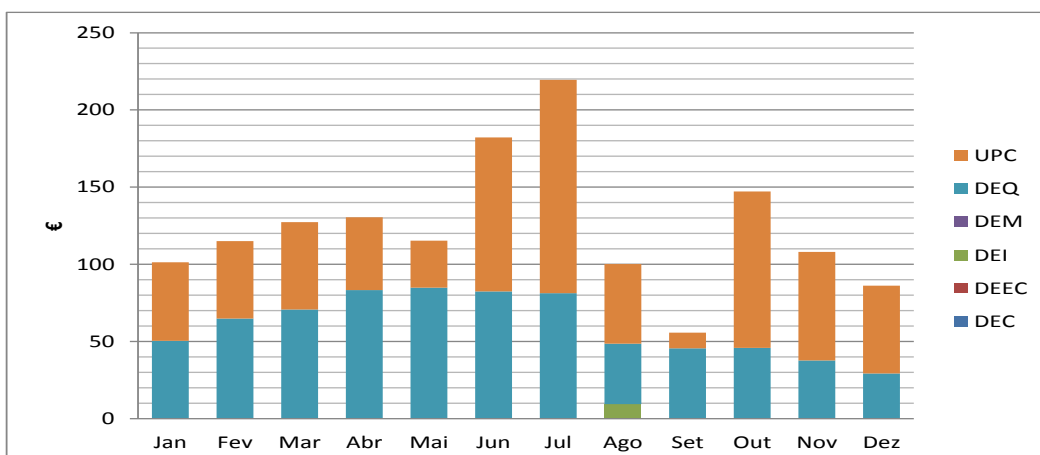


Gráfico 23 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2009

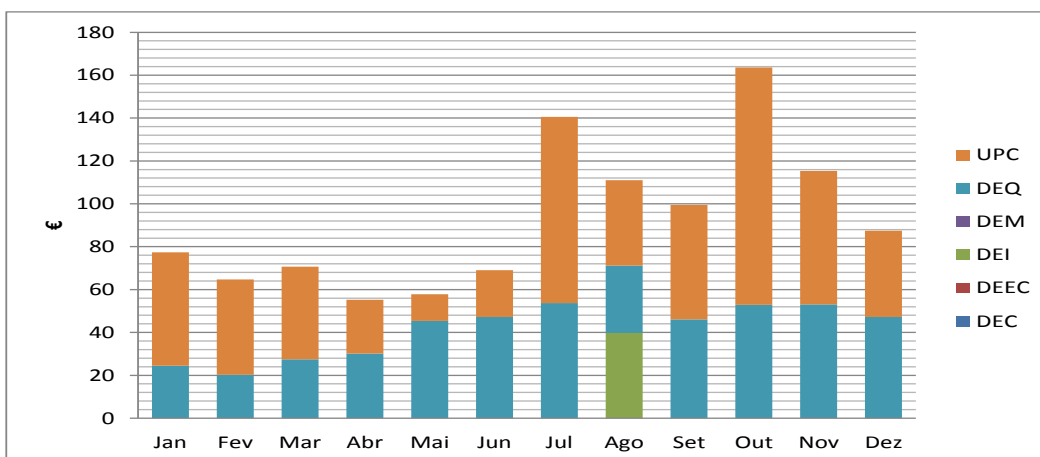


Gráfico 24 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2010

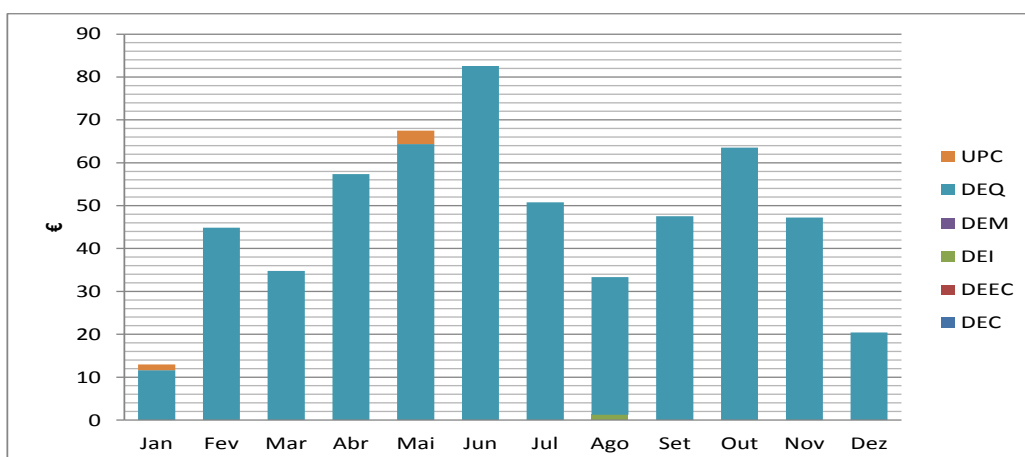


Gráfico 25 - Energia reativa consumida (indutiva) facturada no ano de 2011

Anexo E - Energia reativa fornecida faturada

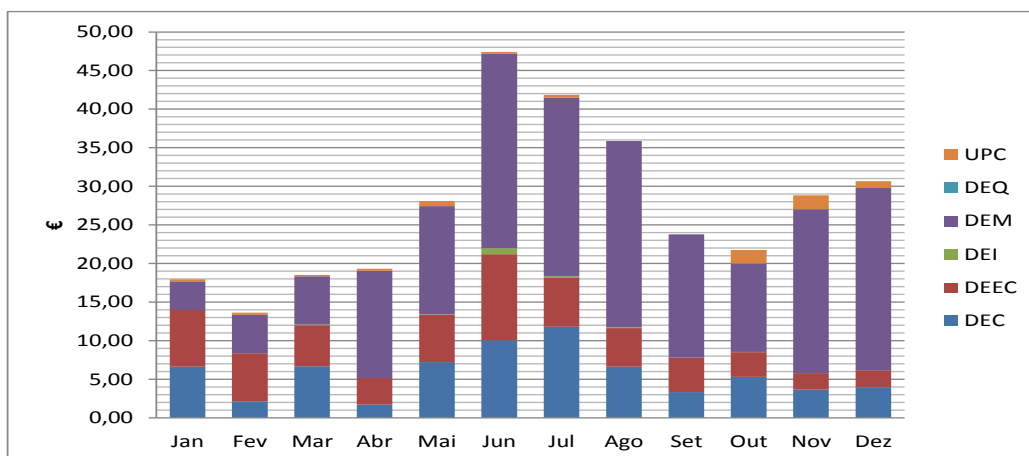


Gráfico 26 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2009

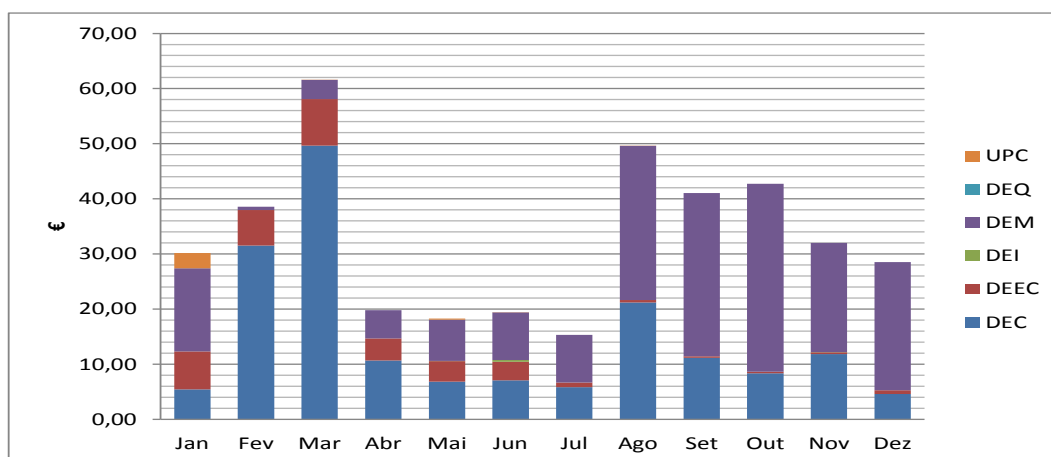


Gráfico 27 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2010

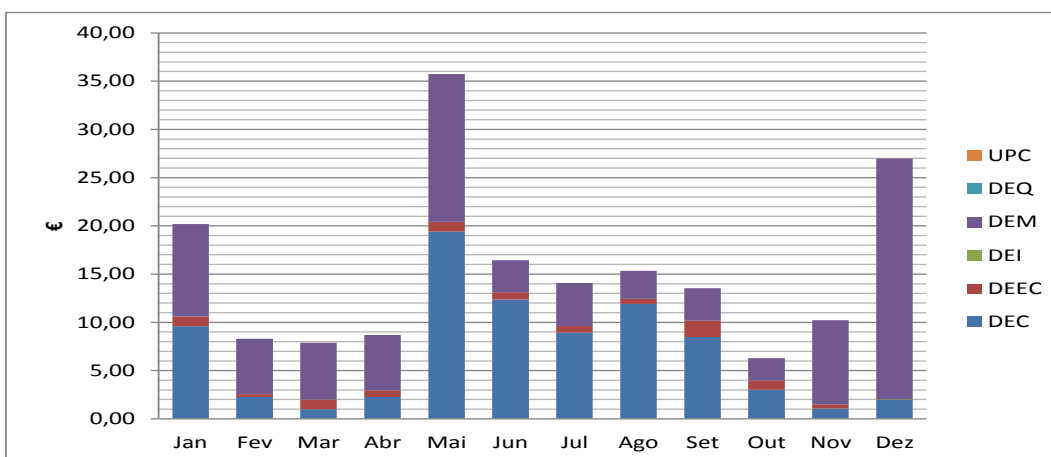


Gráfico 28 - Energia reativa fornecida (capacitiva) facturada no ano de 2011

Anexo F - Energia reativa faturada

- **O princípio de faturação da ER consumida (indutiva)**

$$\left\{ \begin{array}{l} tg \phi \geq 0,5 \text{ (implica } \cos(\arctg(0,4)) \leq 0,853 \\ tg \phi \leq 0,4 \text{ (implica } \cos(\arctg(0,4)) \geq 0,928 \\ tg \phi \geq 0,3 \text{ (implica } \cos(\arctg(0,4)) \leq 0,953 \end{array} \right.$$

Tabela 19 - Fatores multiplicativos a aplicar ao preço de referência da energia reativa consumida

	Descrição	Fator Multiplicativo
Escalão 1	Para $0,3 \leq tg \phi \leq 0,4$	0,33
Escalão 2	Para $0,4 \leq tg \phi < 0,5$	1
Escalão 3	Para $tg \phi \geq 0,5$	3

EA Ponta + EA Cheias = Valor 1

ER consumida fora de vazio PERMITIDA = $0,4 * \text{Valor 1} = \text{Valor 2}$

ER consumida fora de vazio = Valor 3

ER consumida fora de vazio A FATURAR = $\text{Valor 3} - \text{Valor 2} = \text{Valor 4}$

Custo ER consumida fora de vazio FACTURADA = $\text{Valor 4} * \text{Preço de referencia da ER consumida (€/kVArh)} * \text{fator multiplicativo} = \text{Valor 5 (€)}$

- **O princípio de faturação da energia reativa fornecida (capacitiva)**

Considerando ER_{HV} como sendo a energia reativa fornecida pelo distribuidor nas horas de vazio. Caso a ER_{HV} seja capacitiva, isto é, caso o fator potência médio da instalação no período das horas de vazio seja capacitivo, diz-se que se trata de energia reativa fornecida (na perspectiva do distribuidor), isto é, quando o utilizador injecta ER_{HV} na rede esta tem lugar a faturação:

$$ER_{HV \text{ facturada}} = ER_{HV} * \text{Preço de referencia da ER fornecida (€/kVArh)}$$

Note-se que, se o cliente funcionar com um fator de potência médio indutivo, durante o período de horas fora de vazio (HV), a energia reativa em causa, por maior que seja o seu valor – isto é, por menor que seja o fator de potência médio – não será alvo de faturação, naquele período.

Anexo G - Consumos da Energia Ativa dos edifícios do Pólo II da UC

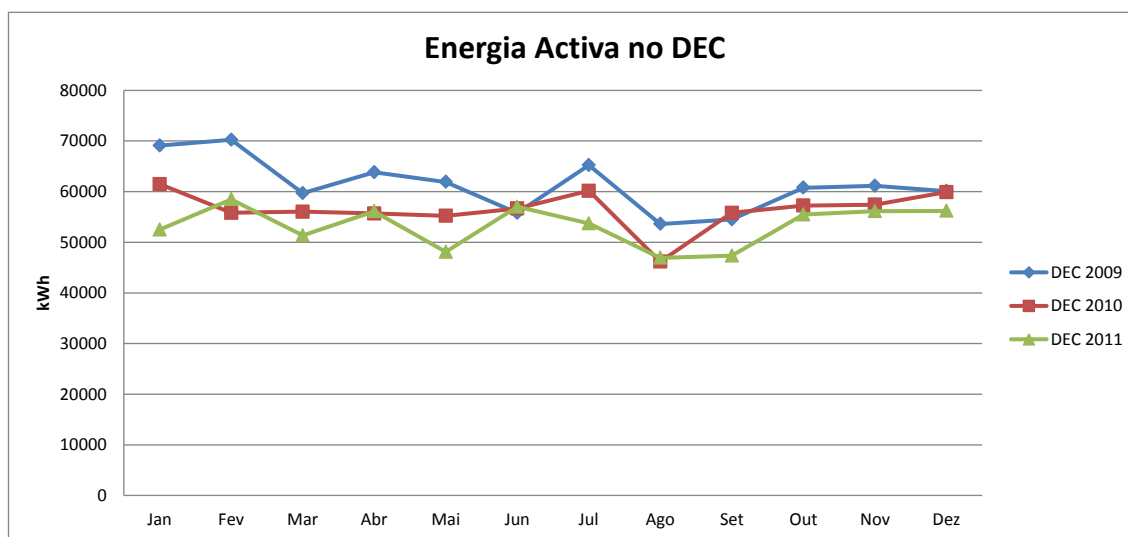


Gráfico 29 - Consumo da EA do DEC

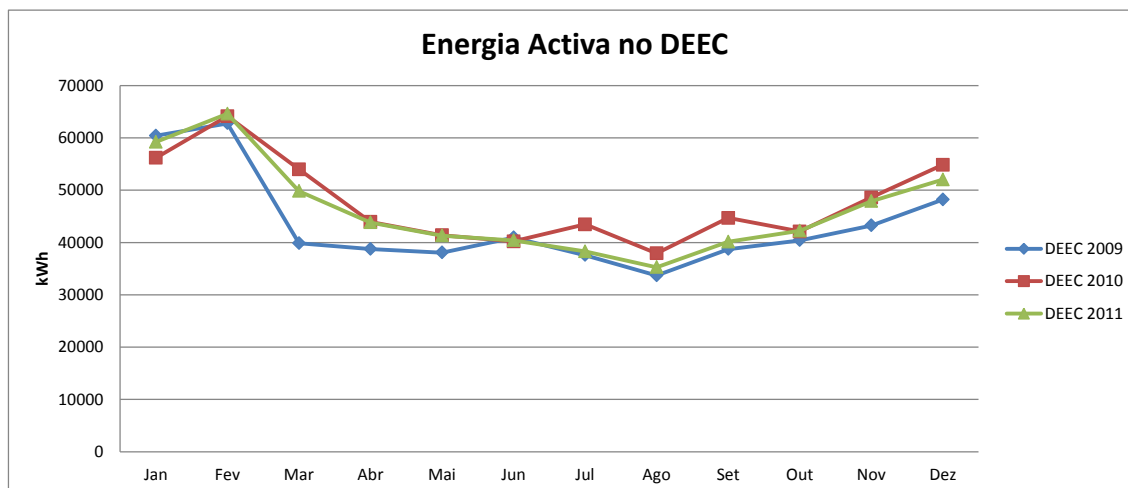


Gráfico 30 - Consumo da EA do DEEC

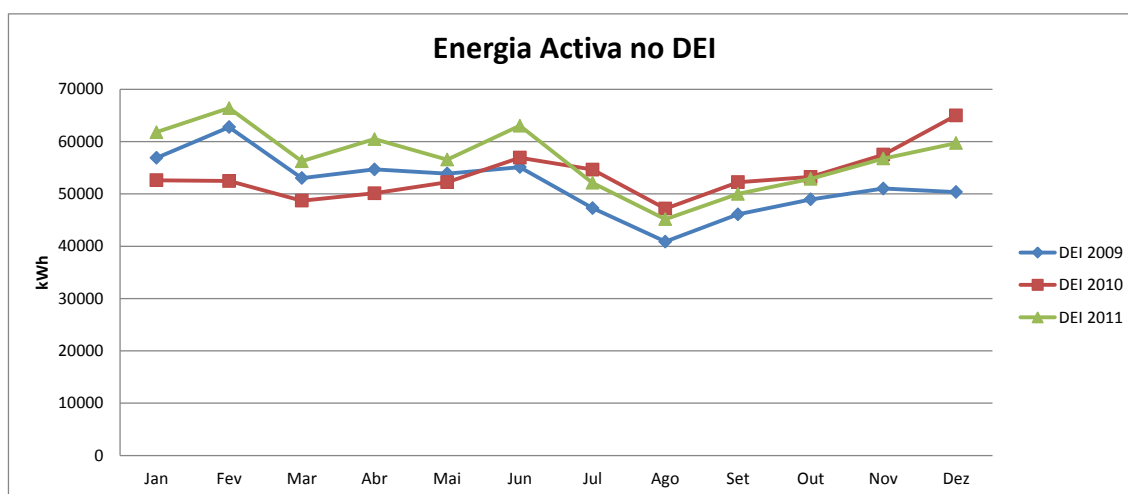


Gráfico 31 - Consumo da EA do DEI

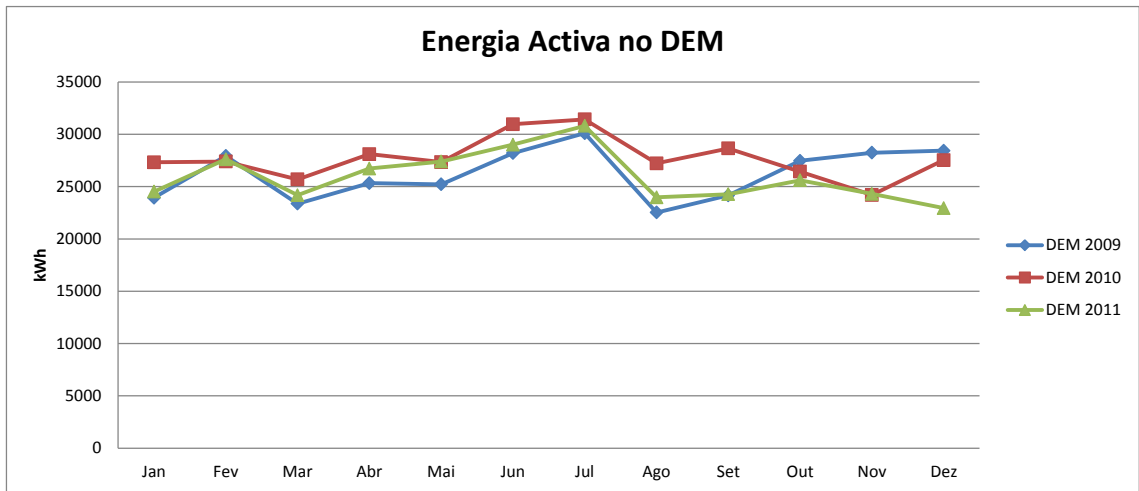


Gráfico 32 - Consumo da EA do DEM

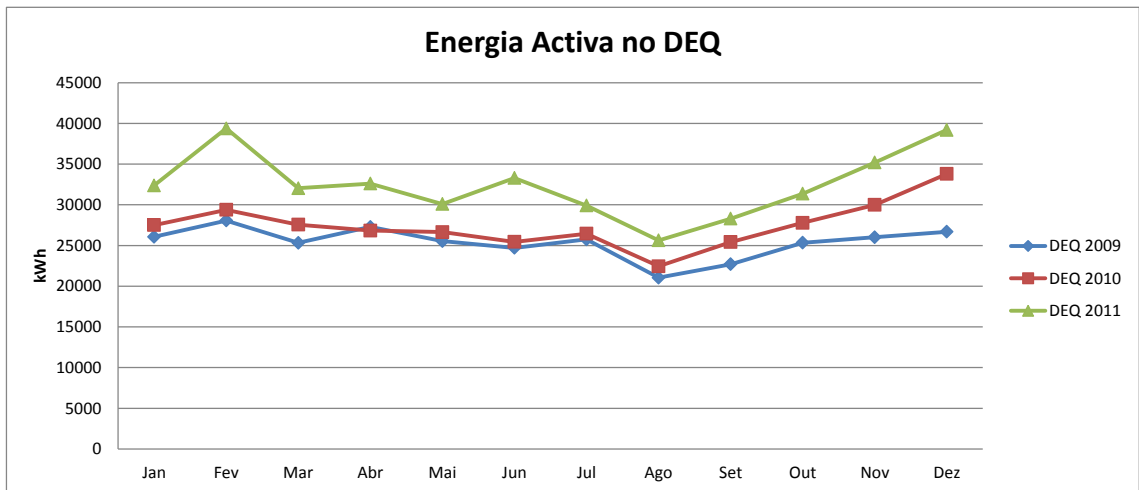


Gráfico 33 - Consumo da EA do DEQ

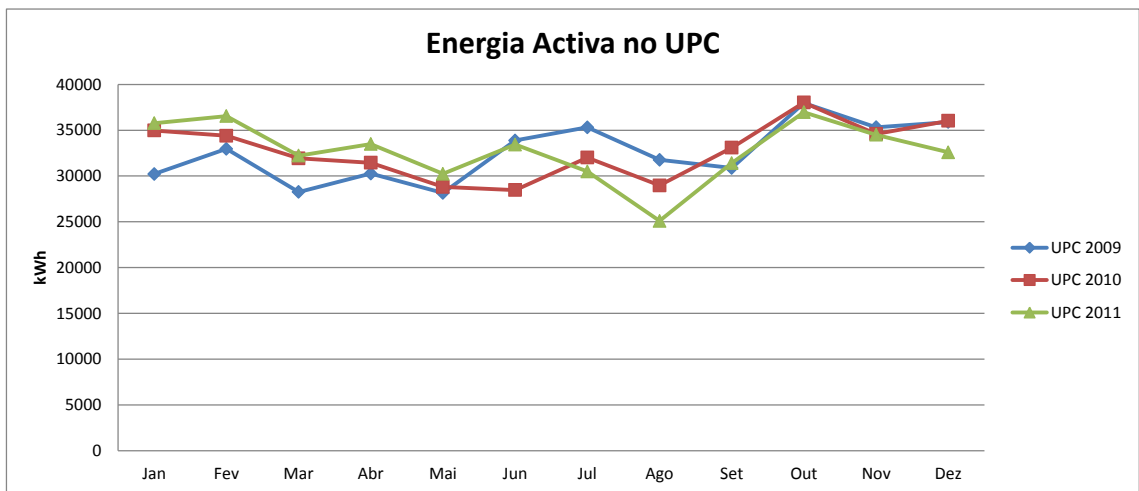


Gráfico 34 - Consumo da EA do UPC

Anexo H - Gráficos da diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente

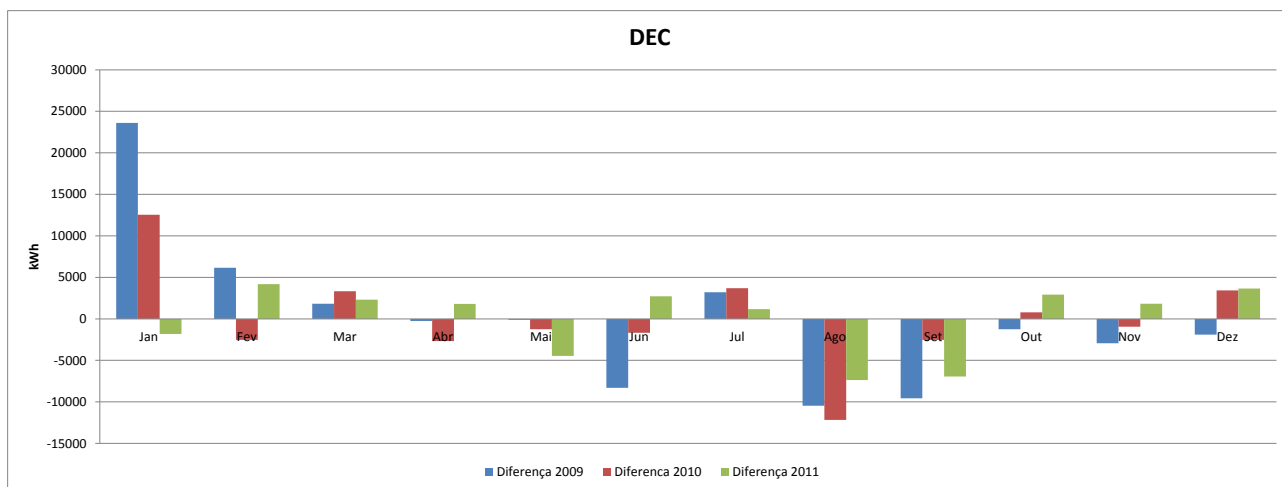


Gráfico 35 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEC

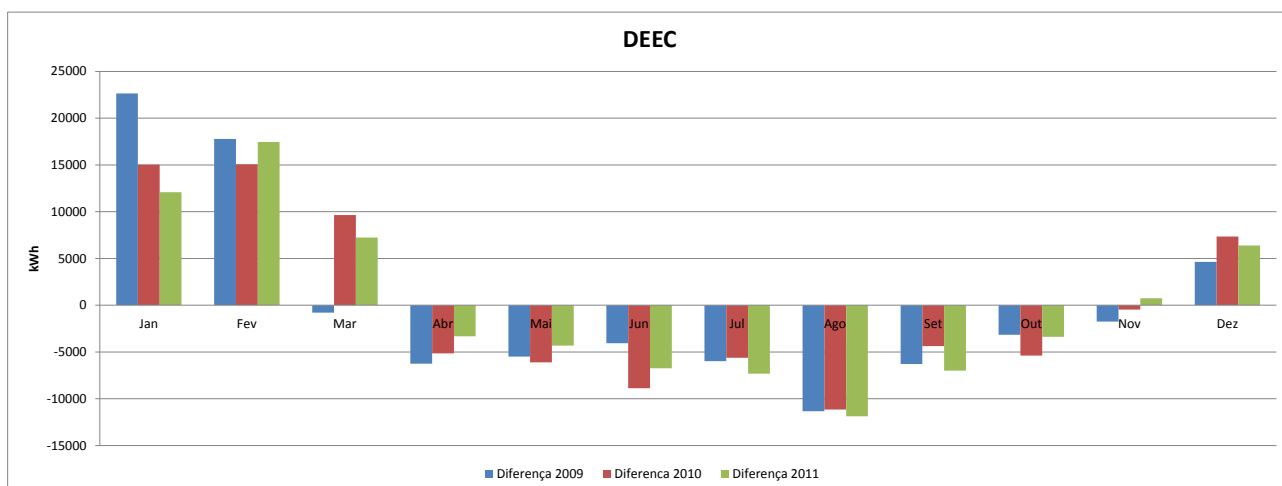


Gráfico 36 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEEC

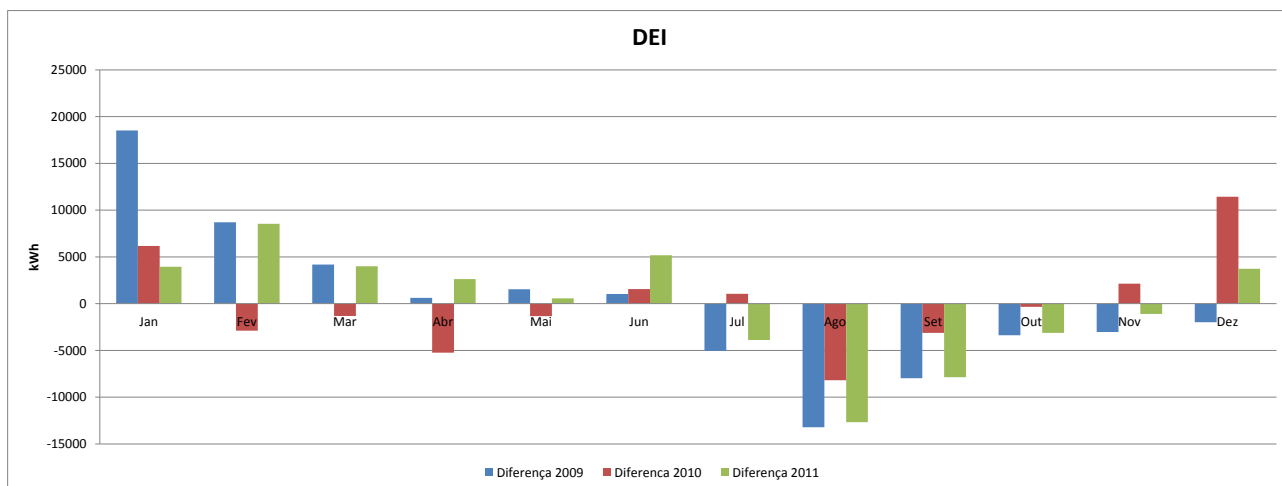


Gráfico 37 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEI

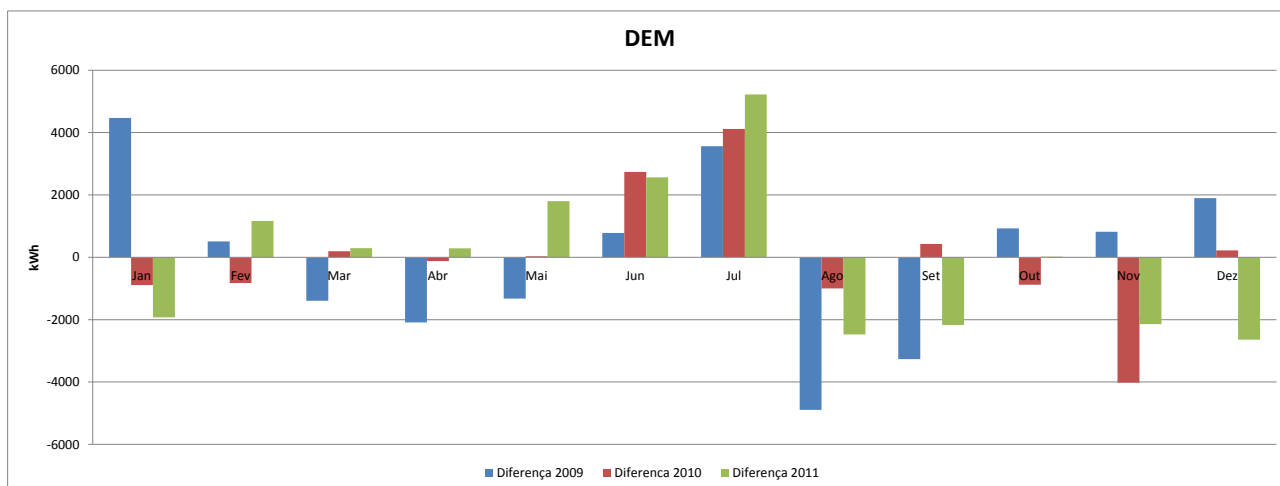


Gráfico 38 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEM

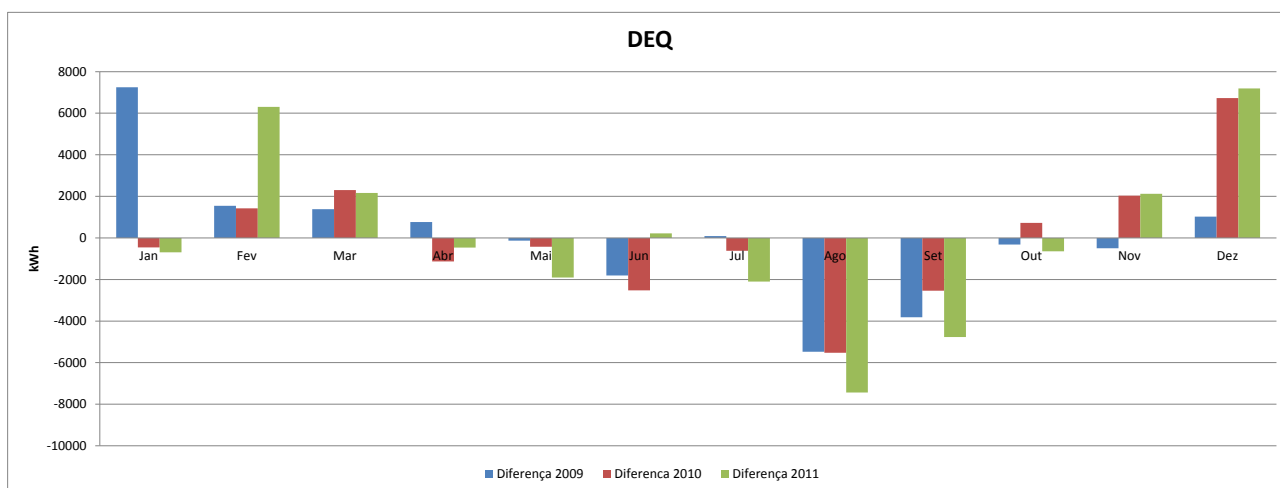


Gráfico 39 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do DEQ

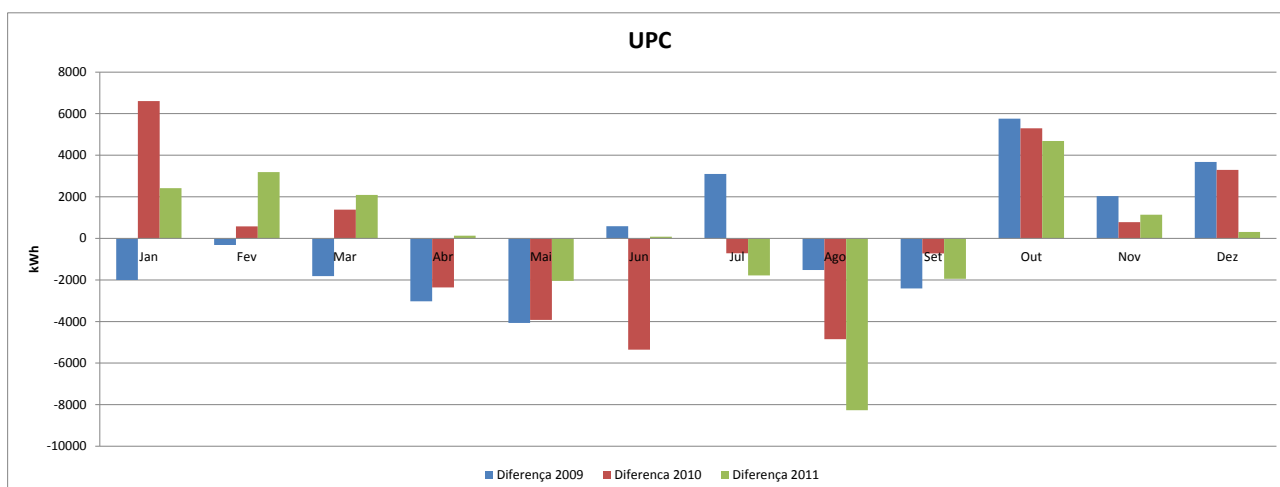


Gráfico 40 - Diferença entre consumo mensal faturado e o consumo médio mensal equivalente no caso do UPC

Anexo I - Gráficos da diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV

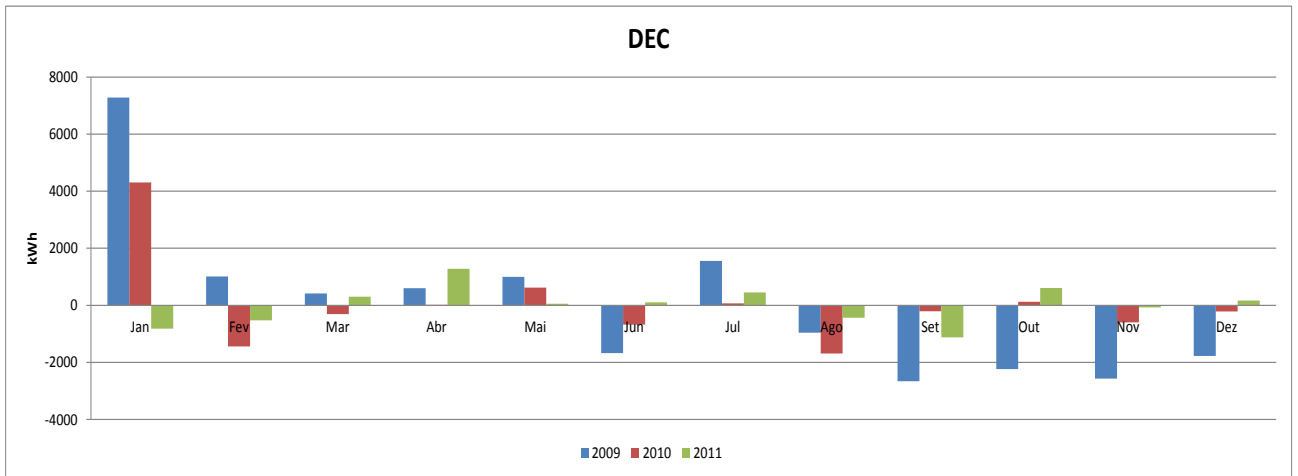


Gráfico 41 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEC

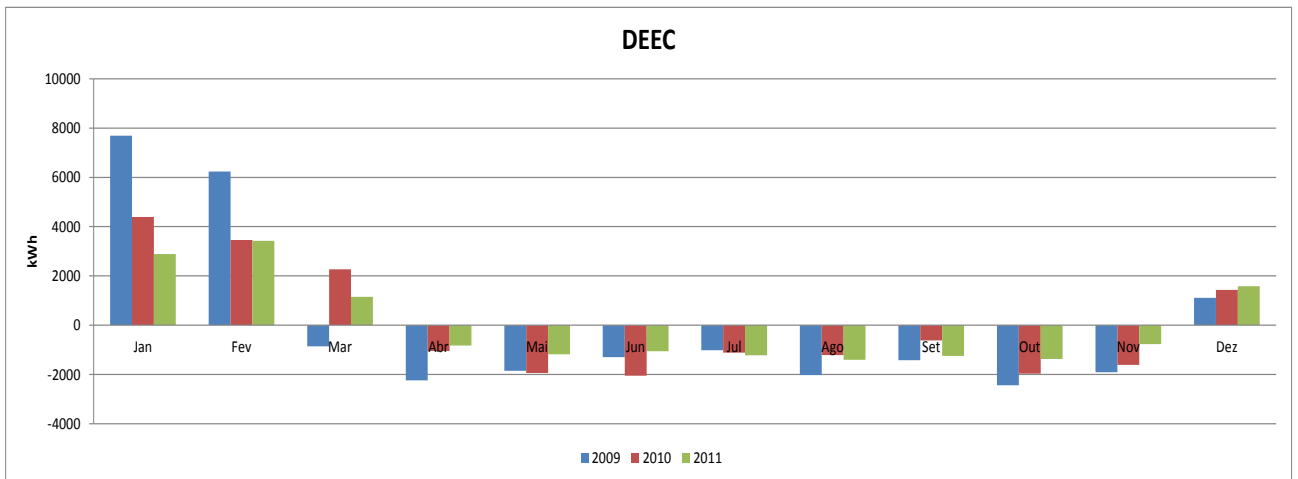


Gráfico 42 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEEC

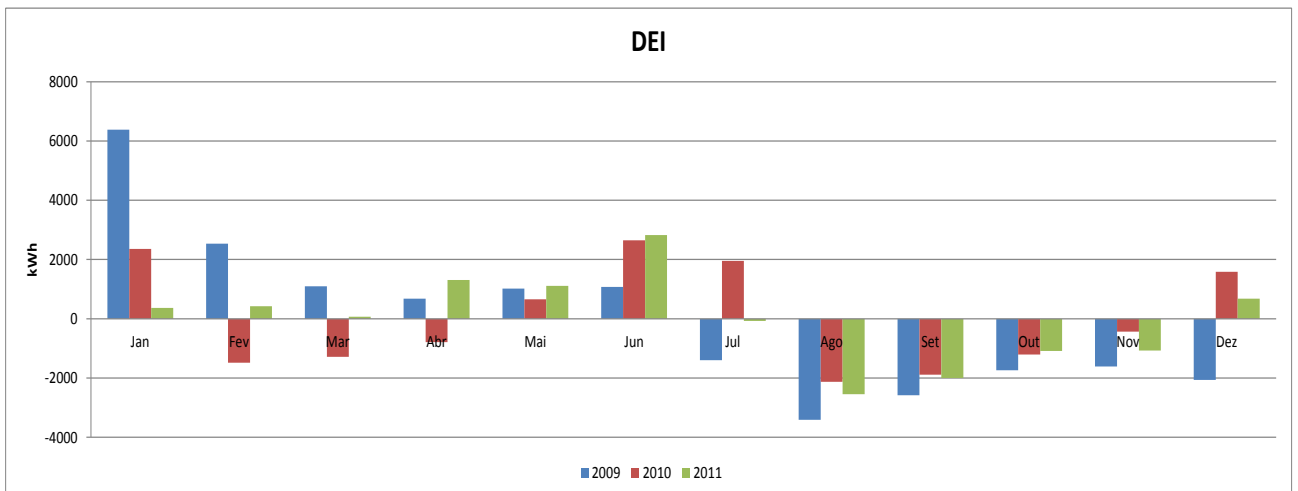


Gráfico 43 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEI

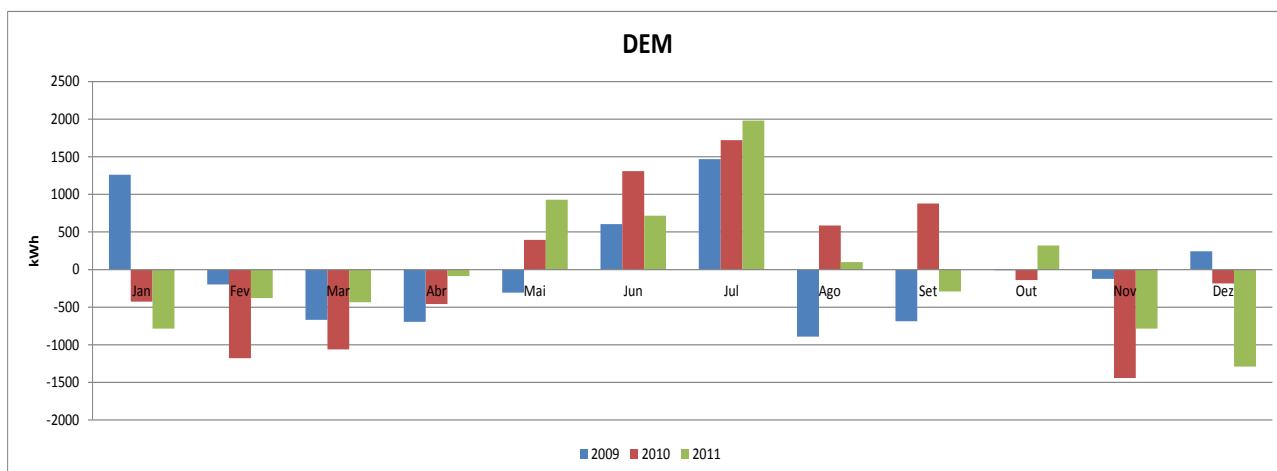


Gráfico 44 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEM

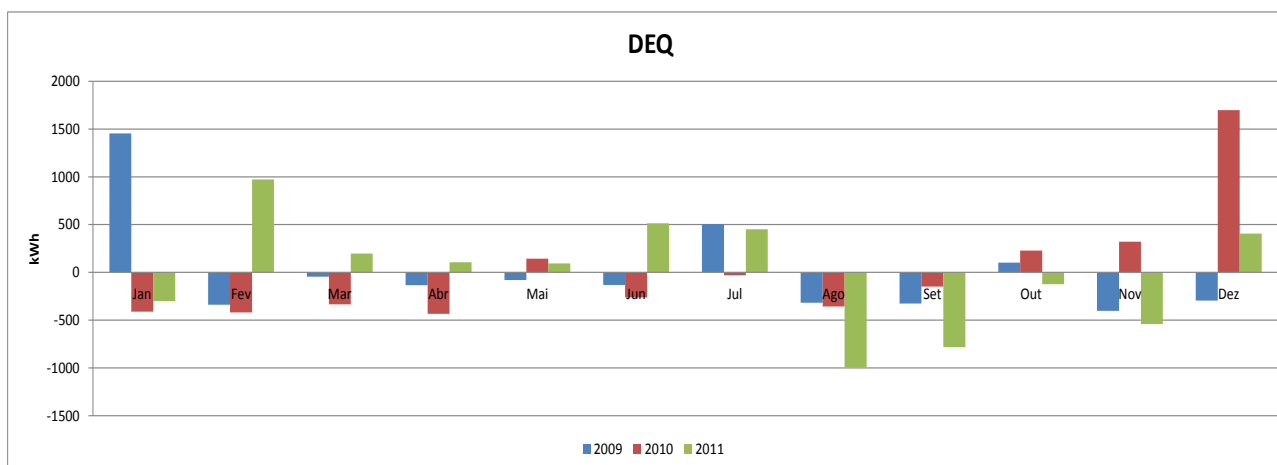


Gráfico 45 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do DEQ

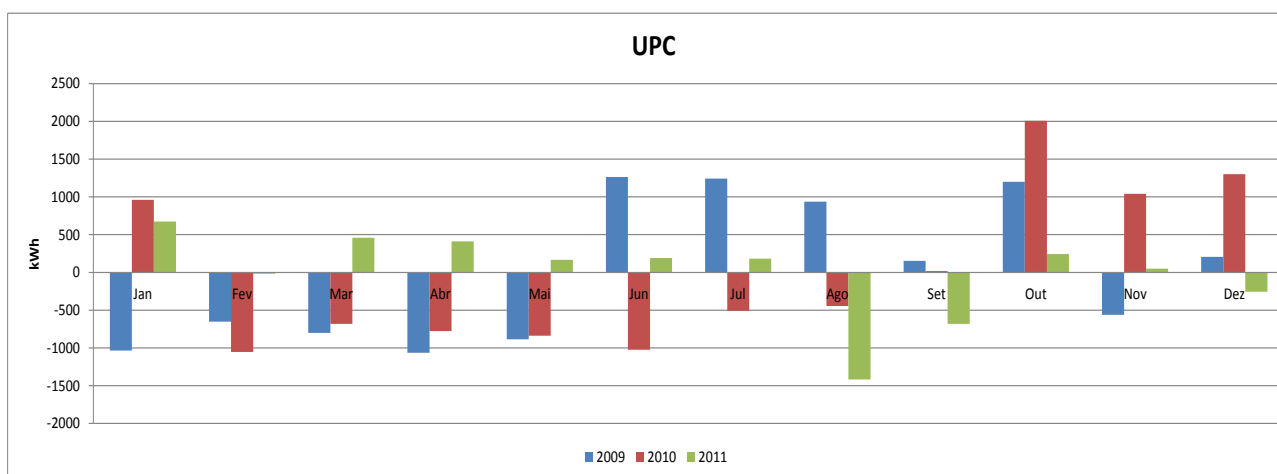


Gráfico 46 - Diferença entre consumo mensal faturado nas HV e o consumo médio mensal equivalente nas HV no caso do UPC

Anexo J - Diagramas de carga - DEEC

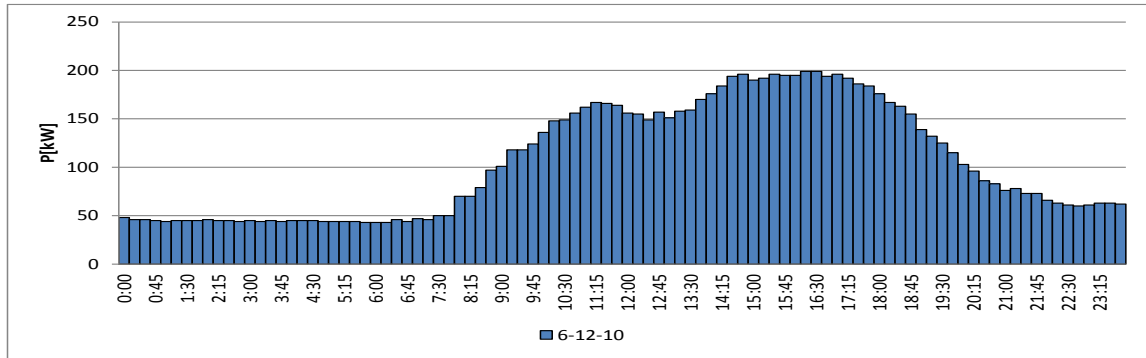


Gráfico 47 - DDC do dia 6/12/10

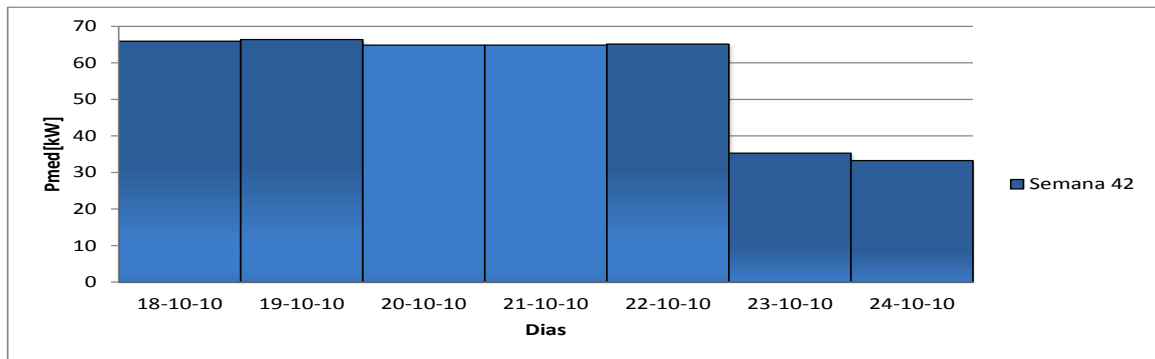


Gráfico 48 - DSC da semana 42

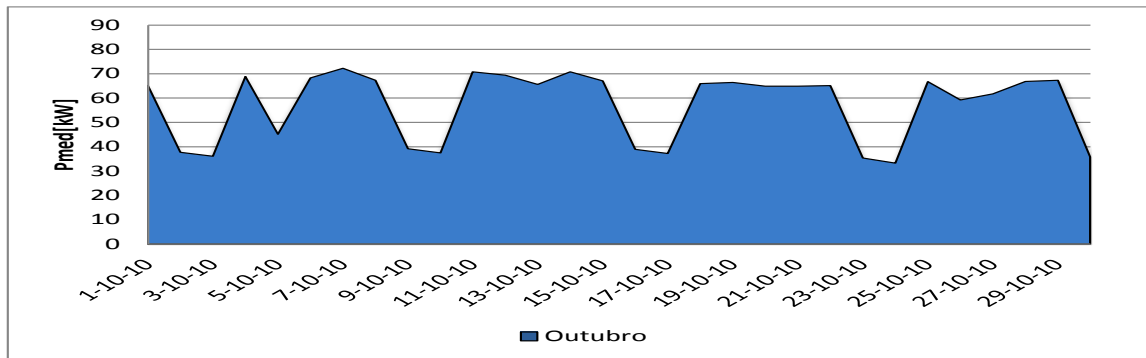


Gráfico 49 - DMC do mês de outubro

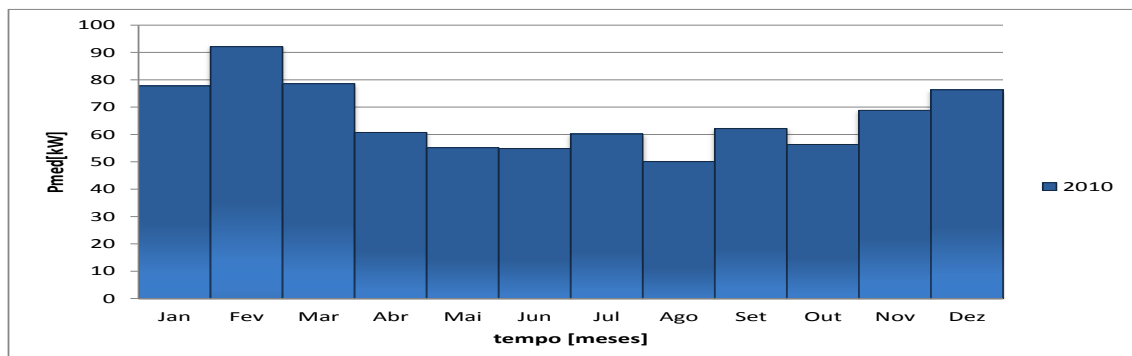


Gráfico 50 - DAC do ano de 2010

Anexo L - Calendário escolar 2010/2011

2010		2011	
Feriados Nacionais		Feriados Nacionais	
01-01-2010	Ano Novo	01-01-2011	Ano Novo
16-02-2010	Carnaval	08-03-2011	Carnaval
02-04-2010	Sexta-feira Santa	22-04-2011	Sexta-feira Santa
04-04-2010	Páscoa	24-04-2011	Páscoa
25-04-2010	25 de Abril	25-04-2011	25 de Abril
01-05-2010	Dia do Trabalhador	01-05-2011	Dia do Trabalhador
03-06-2010	Corpo de Deus	10-06-2011	Dia de Portugal
10-06-2010	Dia de Portugal	23-06-2011	Corpo de Deus
15-08-2010	Assunção de Maria	15-08-2011	Assunção de Maria
05-10-2010	Implantação República	05-10-2011	Implantação República
01-11-2010	Todos os Santos	01-11-2011	Todos os Santos
01-12-2010	Restauração Independência	01-12-2011	Restauração Independência
08-12-2010	Imaculada Conceição	08-12-2011	Imaculada Conceição
25-12-2010	Natal	25-12-2011	Natal
Feriados Regionais		Feriados Regionais	
04-07-2010	Feriado Coimbra	04-07-2011	Feriado de Coimbra
Calendário académico		Calendário académico	
21-12-2009 a 05-01-2010	Férias de Natal	21-12-2010 a 02-01-2011	Férias de Natal
05-01-2010 a 06-02-2010	Exames	03-01-2011 a 05-02-2011	Exames
17-02-2010 a 12-06-2010	2º Semestre	12-02-2011 a 14-02-2011	Pausa entre exames
31-03-2010 a 06-04-2010	Férias da Páscoa	11-06-2011 a 20-04-2011	2º Semestre
10-05-2010 a 15-05-2010	Queima das Fitas	26-04-2011 a 09-05-2011	Férias da Páscoa
14-06-2010 a 17-07-2010	Exames	14-05-2011 a 13-06-2011	Queima das Fitas
01-08-2010 a 31-08-2010	Férias de Verão	16-07-2011 a 01-08-2011	Exames
		01-08-2011 a 31-08-2011	Férias de Verão

Figura 25 - Calendário escolar 2010/2011

Anexo M - Lista de material adquirido para o sistema de monitorização - DEEC

Referência	Descrição	Preço Unit	Quant.	Preço Tot.	Fornecedor
SR3PACKBD	ZELIO PACK 10 E-S 24 VCC	101,76	3	305,28	Schneider
SR3NET01BD	MODULO EXTENSAO ETHERNET	85,27	4	341,08	Schneider
ABL7RM24025	ALIM MODUL 100-240V 24 VCC	61,37	4	245,48	Schneider
	FLUKE Tii100	1919,00	1	1919,00	Novalec
PFC0212	TI aberto 250/5A, 50x80	75,38	12	904,56	Novalec
PFC0230	TI aberto 250/5A, 80x120	112,00	4	448,00	Novalec
EM21 72D AV53XOX	Compact 3-Phase Energy meter	114,00	20	2280,00	CINOV
320000200	TRANSF TAR 3D 200/5 320000200	9,84	15	147,60	CINOV
320000150	TRANSF TAR 3D 150/5 320000150	9,84	15	147,60	CINOV
15658	SEC. FUS. STI 3P+N 500V	11,41	10	114,10	CINOV
411002	FUS ZRO 10x38 2A AM - 411002	0,64	30	19,20	CINOV
				0,00	

Total 6871,90
IVA 1580,54
Tota c/ IVA **8452,44**

Figura 26 - Lista de material adquirido para o sistema de monitorização - DEEC

Anexo N - Esquema do sistema de monitorização do DEEC

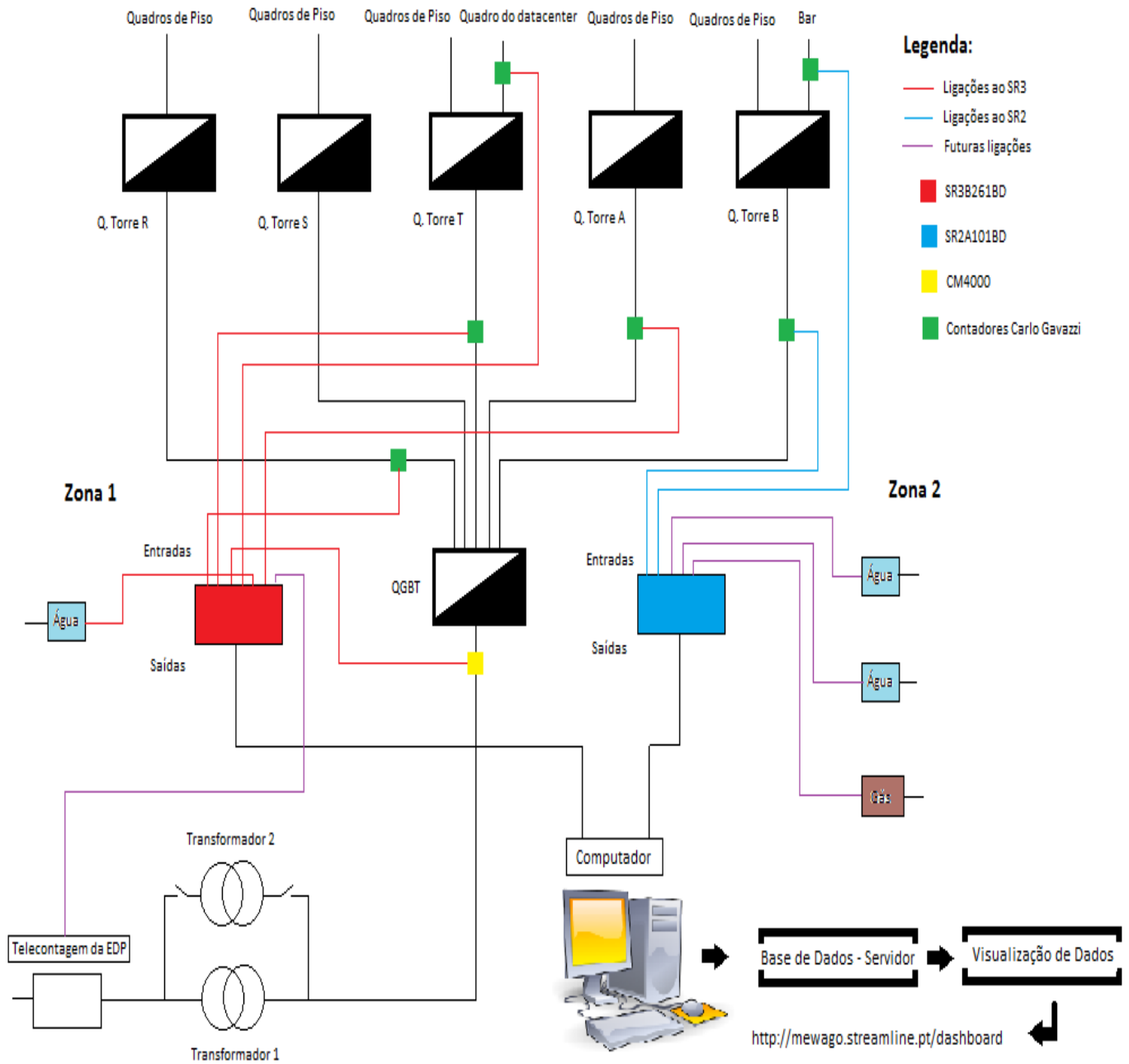


Figura 27 - Esquema do sistema de monitorização do DEEC

Anexo O - Consumos vs Temperatura

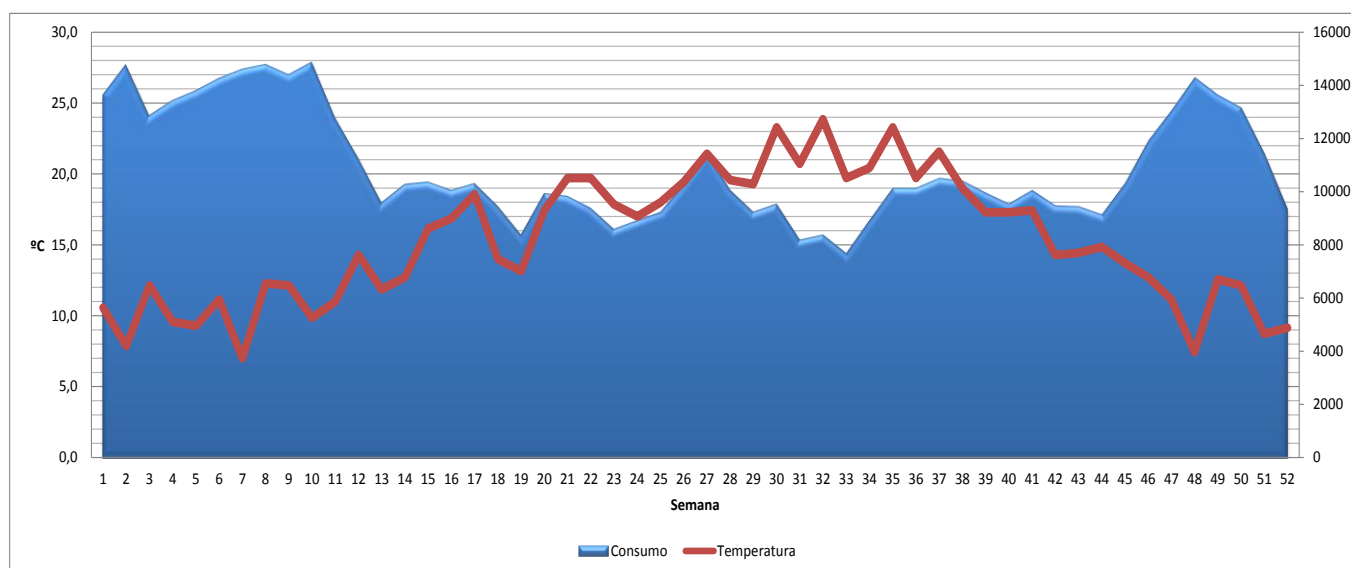


Gráfico 51 - Consumo semanal vs Temperatura

Na maior parte das vezes a temperatura (°C) contribui directamente para o consumo de energia eléctrica. O gráfico acima representa o consumo de energia ativa durante as 52 semanas do ano e a temperatura registada nesse período (neste caso é a temperatura média registada nessa semana) [14]. Como se pode observar e como já foi referido durante este trabalho o DEEC é os departamentos que apresenta mais sazonalidade, assim quando as temperaturas descem os consumos de eletricidade aumentam. Por outro lado quando as temperaturas aumentam os consumos diminuem. Esta variação poderá acontecer ao contrário noutros departamentos, isto é, nos meses de maior calor o consumo aumentar e nos meses de maior frio o consumo diminuir. Este poderá ser o caso do departamento de Mecânica. De qualquer das formas a temperatura vai ter uma influência directa no consumo de energia eléctrica.