



Diogo Alexandre Pereira Ribeiro

# Caracterização de Consumos num Campus Universitário: Uma abordagem sistemática com o caso da ESAC

Dissertação de Mestrado  
Setembro 2014

• U •



C •





UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de computadores

Caraterização de Consumos num Campus  
Universitário: Uma Abordagem Sistemática Com o  
Caso da ESAC

Aluno: Diogo Alexandre Pereira Ribeiro

Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal: Professor Doutor Pedro Manuel Soares Moura

Presidente do Júri: Professor Doutor Mário João Simões Ferreira Dos

Santos

## Agradecimentos

Esta dissertação recebeu contributo de várias pessoas a quem desejo agradecer.

Em primeiro, à minha família que sempre me apoiou e se esforçou durante o meu percurso académico.

Ao Professor Doutor Humberto Jorge que durante todo o ano letivo se mostrou sempre disponível para orientar, sugerir e criticar o meu trabalho.

À engenheira Marta Lopes, da ESAC, pela disponibilidade e acompanhamento durante o decorrer da auditoria.

E, por fim, a todos os meus amigos e colegas do Laboratório de Gestão de Energia pela amizade e ajuda que me ofereceram.

## Resumo

Este relatório foi desenvolvido no âmbito da dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra no ano letivo de 2013/2014.

Teve como objeto de estudo uma auditoria energética, que foi realizada na Escola Superior Agrária de Coimbra, e consistiu na recolha de dados de consumos e qualidade de energia elétrica em diversos quadros das instalações através de várias monitorizações.

Com estas monitorizações pôde ser feita a desagregação de consumos e identificar algumas oportunidades de racionalização de consumos e identificar problemas de qualidade de energia.

No seguimento desta análise e desagregação de consumos e existirem problemas de qualidade de energia devem ser feitas visitas ao local de modo a verificar quais as cargas que sofrem consequências desses problemas de modo a procurar a solução mais viável.

Palavras-chave: Auditoria Energética, Consumos de Energia elétrica, Racionalização de Consumos, Qualidade de Energia Elétrica.

## Abstract

This report was developed as part of the Master's thesis of the course of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Coimbra in the academic year of 2013/2014.

Had as its object of study an energy audit, which was held at the School of Agriculture of Coimbra, and consisted in energy data collection and quality of electric power in different frames of facilities through various monitoring.

With these monitoring we could make the breakdown of energy consumption, and look for opportunities of rationalization of consumption or identification of power quality problems that might occur.

Following this analysis and breakdown of energy consumption, if there are problems of power quality, visits should be made to the site to see which of the loads may suffer the consequences of these problems in order to find the most viable solution.

Keywords: Energy Audit, Electric Energy Consumption, Consumption Rationalization, Electric Power Quality.

# Índice

---

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1. APRESENTAÇÃO	3
1.2. ENQUADRAMENTO	3
1.3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO	4
<b>2. AUDITORIA ENERGÉTICA</b>	<b>5</b>
2.1. CONCEITO E FASES	5
2.2. TIPOS DE AUDITORIA	5
2.3. METODOLOGIA USADA NUMA AUDITORIA ENERGÉTICA	6
2.4. LEGISLAÇÃO	7
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ESAC</b>	<b>8</b>
3.1. APRESENTAÇÃO DA ESAC	8
3.2. CONSTITUIÇÃO DO EDIFÍCIO CENTRAL	8
<b>4. ANÁLISE DE FATURAÇÃO E TELECONTAGEM DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>10</b>
4.1. CONSUMOS E CUSTOS	10
4.2. ANÁLISE DE DIAGRAMAS DE CARGA DA ESAC E EFEITOS DE SAZONALIDADE	17
4.2.1. DIAGRAMAS DE CARGA DIÁRIOS E SEMANAL	17
4.2.2. DIAGRAMA DE CARGA ANUAL E EFEITOS DE SAZONALIDADE	20
<b>5. ANÁLISE DAS MONITORIZAÇÕES E MEDIDAS DE RACIONALIZAÇÃO</b>	<b>24</b>
5.1. DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS POR TRANSFORMADOR	24
5.2 – DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS DO PT1	25
5.2.1. PAVILHÃO	26
5.2.2. ZONA DO BAR E DA AE	27
5.2.3. BLOCO B	28
5.2.4. CANTINA	30
5.2.5. BLOCO H	31

<b>5.3- DESAGREGAÇÕES DE CONSUMOS DO PT2</b>	<b>32</b>
5.3.1. POSTO DE TRANSFORMAÇÃO Nº 2	33
5.3.2. BLOCO J	36
5.3.3. LACTICÍNIOS	37
5.3.4. ZONA DESPORTIVA	40
<b>5.4-MEDIDAS PARA REDUÇÃO DE CONSUMOS E CUSTOS EM ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>43</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>45</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>48</b>



# 1. Introdução

## 1.1. Apresentação

O presente documento foi realizado com o intuito de satisfazer os requisitos da Dissertação para obtenção de grau de Mestre em energia, ramo do curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, no ano letivo de 2013/2014.

A Dissertação consiste numa auditoria energética ao campus da ESAC, de modo a analisar o desempenho energético dos edifícios, proporcionando possíveis reduções de consumos ou desvios de consumos para horas de menor custo, assim como, verificação de problemas ao nível da qualidade energética entregue às cargas.

Os dados de telecontagem e faturação foram essenciais para a caracterização exaustiva dos consumos e custos associados, avaliando os efeitos de sazonalidade no consumo de energia no campus da ESAC.

Para analisar os consumos de energia elétrica em diversos setores bem como a qualidade da energia distribuída nas instalações, foram realizadas monitorizações nos vários quadros elétricos dos edifícios com consumos mais relevantes. Os resultados das monitorizações efetuadas são essenciais para a análise feita, uma vez que permitem identificar quais os equipamentos que mais contribuem para os gastos de energia.

## 1.2. Enquadramento

A eficiência na utilização da energia toma um papel preponderante na evolução económica. Esta é conseguida, não só através da utilização de equipamentos mais eficientes que produzem o mesmo efeito mas com consumos inferiores, mas também, no controlo destes evitando, assim, o seu funcionamento sem existir a devida necessidade.

A qualidade da energia fornecida às cargas também deve ser tida em conta pois a diminuição desta leva a um aumento de perdas em cablagem e pode causar funcionamento de certas cargas e ser responsável por perdas adicionais nas cargas.

Com o intuito de cumprir os parâmetros de consumo de energia em edifícios públicos e de sobretudo reduzir os custos com faturação de energia elétrica, a ESAC tem vindo a racionalizar os consumos no Campus.

### 1.3. Estrutura do relatório

O relatório encontra-se dividido em 6 capítulos distintos, o primeiro com a introdução do tema e razões para a realização deste trabalho.

O segundo capítulo trata do conceito de auditoria energética, objetivos e alguns procedimentos aquando da sua realização.

O terceiro destina-se a apresentar os edifícios e os setores neles existentes. Já o quarto capítulo destina-se à análise feita à telecontagem e faturação de energia elétrica. Neste são estudados diagramas de carga diários, semanais e anuais da ESAC, assim como os consumos e custos de energia nos diferentes períodos horários, no decurso de vários anos.

O quinto destina-se a análises de monitorizações a vários setores alimentados pelo PT1 e PT2 fazendo assim a desagregação de consumos pelos diversos setores e extraindo os diagramas de carga diários dos setores. No subcapítulo final são feitas recomendações para redução de consumos e custos.

O último capítulo serve para concluir o trabalho fazendo um breve resumo das observações feitas no documento.

## 2. Auditoria Energética

### 2.1. Conceito e fases

Uma Auditoria Energética é um conjunto de passos necessário para estudar a utilização da energia de um ou vários edifícios, encontrar possibilidades de racionalização de consumo e verificar possíveis problemas nas instalações e nas cargas elétricas.

A auditoria é dividida em 2 fase distintas:

- ❖ Identificar e quantificar formas de energias utilizadas;
  - 1) Descrição das instalações;
  - 2) Consumos de energia elétrica;
  - 3) Descrição dos principais setores;
  - 4) Quantificar os consumos energéticos por setores.
  
- ❖ Propor medidas para racionalização de consumos, investimento em material mais eficiente, ou medidas para solucionar problemas encontrados;
  - 1) Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização de consumos;
  - 2) Estabelecer potenciais mudanças de horário de funcionamento de algumas cargas para períodos de menor custo de energia;
  - 3) Avaliar sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
  - 4) Especificar planos de gestão de energia para o cliente;
  - 5) Propor substituição de equipamentos com processos menos eficientes;

### 2.2. Tipos de Auditoria

Existem vários tipos de auditoria sendo estes distintos:

- ❖ **Auditoria Sintética:** Esta consiste na análise de dados de faturação onde se faz o estudo dos vetores energéticos e custos de energia nos diferentes períodos horários (super vazio, vazio normal, cheias e pontas) ao longo do ano.
  
- ❖ **Auditoria Deambulatoria:** Baseia-se na vistoria de funcionamento aparelhos, identificação de pontes térmicas nos edifícios, verificar manutenção de claraboias, entre outras. Consiste, portanto, na verificação de uma “check-list” sendo que esta deve ser adequada ao tipo de edifício.

- ❖ **Auditoria Analítica:** Esta ganha nome devido à obrigatoriedade de existirem monitorizações a equipamentos ou edifícios e locais para estudar os padrões de funcionamento, consumo de energia local nos diferentes períodos horários e verificar problemas existentes na qualidade de energia elétrica fornecida às cargas.
  
- ❖ **Auditoria Tecnológica:** Como o nome assim indica, esta tem por objetivo alterar processos menos eficientes por outros com maior eficiência energética sendo que os resultados da auditoria permitem tomar decisões sobre a viabilidade do investimento necessário para a mudança de processo.

### 2.3. Metodologia usada numa auditoria energética

#### 1) Preparação da intervenção:

- i) Recolha e análise de informação documental;
- ii) Análise do processo produtivo e energético;
- iii) Recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado;
- iv) Preparação da intervenção em campo.

#### 2) Intervenção local:

- i) Recolha de informação energética da empresa;
- ii) Análise do processo produtivo;
- iii) Estabelecimento dos fluxos de energia;
- iv) Realização de monitorizações;

#### 3) Tratamento de dados:

- i) Tratamento e análise de dados recolhidos (determinação de balanços energéticos, consumos nos diferentes períodos horários, distorção harmónica nos diferentes locais entre outros fatores importantes de qualidade de energia elétrica.
- ii) Avaliação do potencial de economias de energia;
- iii) Avaliação de possíveis problemas de qualidade da energia elétrica fornecida às cargas (e caso existam preparar nova visita ao local para estudar origem dos problemas).
- iv) Retirar conclusões

#### **4) Elaboração do relatório de auditoria:**

- i) Informações básicas sobre o cliente;
- ii) Contabilidade energética;
- iii) Análise da utilização da energia;
- iv) Avarias encontradas (se existirem);
- v) Irregularidades de qualidade de energia encontradas e soluções possíveis;
- vi) Oportunidades de racionalização de consumos e de redução de custos de energia.

## **2.4 Legislação**

Relativamente à legislação em vigor para edifícios públicos (como a ESAC) existe o Decreto-Lei n.º 29/2011, que estabelece o regime jurídico aplicável à formação e execução dos contratos de desempenho energético, que vistoriam a natureza dos contratos de gestão da eficiência energética entre serviços e organismos de administração pública e empresas de serviços energéticos.

Este tem como objetivo implementar medidas de melhoria de eficiência energética em edifícios e equipamentos afetos a serviços públicos.

As medidas apresentadas no Artigo 2.º são:

- ❖ O estado e entidades públicas devem promover e implementar, nos seus edifícios e equipamentos para prestação de serviços, medidas de melhoria de eficiência energética na utilização final da energia.
- ❖ As medidas de melhoria de eficiência energética a que se refere o número anterior associam-se a reduções de consumos no setor estatal, não sendo aferida a produção de energia entregue para a rede pública.
- ❖ O estado e entidades públicas podem incumbir as empresas de serviços de energia da prossecução dos objetivos de melhoria da eficiência energética a que estão sujeitos mediante a celebração de contratos de gestão de eficiência energética.
- ❖ Sem prejuízo do disposto no n.º2, é permitida acessoriamente, a produção de energia elétrica quando abrigado por contratos de gestão de eficiência energética, nos termos do contrato e legislação aplicável.

Os restantes artigos eram referentes para as fornecedoras de serviços de energia não sendo de todo importantes para ESAC.

## 3.Caraterização da ESAC

### 3.1. Apresentação da ESAC

A ESAC faz parte do Instituto Politécnico de Coimbra, sendo orientada para o ensino de ciências e engenharias agrárias, e ainda, turismo e lazer.

A área edificada ocupa cerca de 30000 m<sup>2</sup>, sendo que 4203m<sup>2</sup> são dedicados à docência; 8300m<sup>2</sup> de instalações dedicadas a aulas mais práticas, tais como, oficinas tecnológicas e pecuária; 295m<sup>2</sup> para órgãos administrativos da ESAC, sendo a restante parte usada para residências, oficinas e outras instalações não utilizadas normalmente pelos docentes e, por fim, 140 hectares usados para exploração agropecuária.

No campus existem 32 salas de aula/anfiteatros que ocupam cerca de 2000m<sup>2</sup> e podem acolher 1200 pessoas e 35 laboratórios, sendo que estes são relativamente diversificados em relação às cargas existentes, à dimensão e localização. Existem, também, 10613m<sup>2</sup> de área coberta de construções agropecuárias dispersas e edifícios cuja atividade é vacaria, cavaliça e uma estufa.

Existe, ainda, uma adega e duas oficinas tecnológicas, sendo uma de produtos hortofrutícolas e outra de laticínios, assim como uma área coberta de 1674m<sup>2</sup> ocupada com oficinas e hangar de máquinas.

No total, a ESAC emprega cerca de 205 pessoas e conta com cerca de 1125 estudantes.

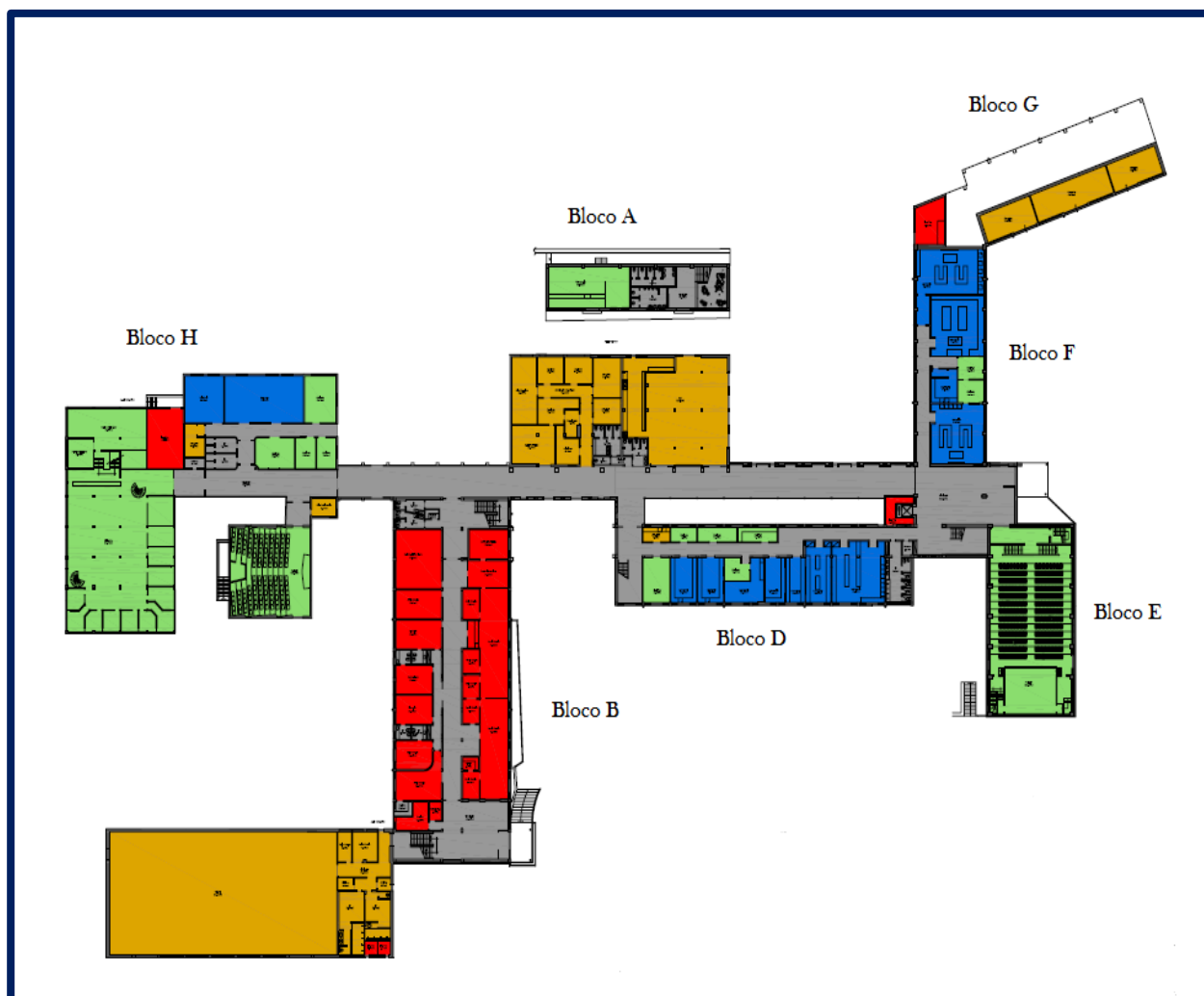
### 3.2. Constituição do edifício central

O edifício central da ESAC representado na figura que se segue divide-se em oito blocos, cada um associado a espaços diferentes com atividades diferentes, sendo estes blocos caracterizados da seguinte forma:

- ❖ **Bloco A:** Edifício que abrange reprografia, casas de banho, associação de estudantes, gabinetes e armazéns;
- ❖ **Bloco B:** Área que engloba salas de reuniões, gabinetes de apoio, casas de banho, centro de informática e oficinas de manutenção;
- ❖ **Bloco D:** Espaço composto por gabinetes, laboratórios e casas de banho;
- ❖ **Bloco E:** Área dedicada a um auditório com aproximadamente 300m<sup>2</sup>;

- ❖ **Bloco F:** composto por laboratórios e gabinetes;
- ❖ **Bloco G:** engloba instalações técnicas e gabinetes;
- ❖ **Bloco H:** Abrange gabinetes, instalações técnicas, biblioteca, salas de aula, casas de banho, um auditório e por fim uma sala de funcionários.

Para ser mais fácil de localizar os setores do edifício central, pode-se visualizar a planta representado na figura 1.



[Figura 1](#)- Planta do edifício central da ESAC

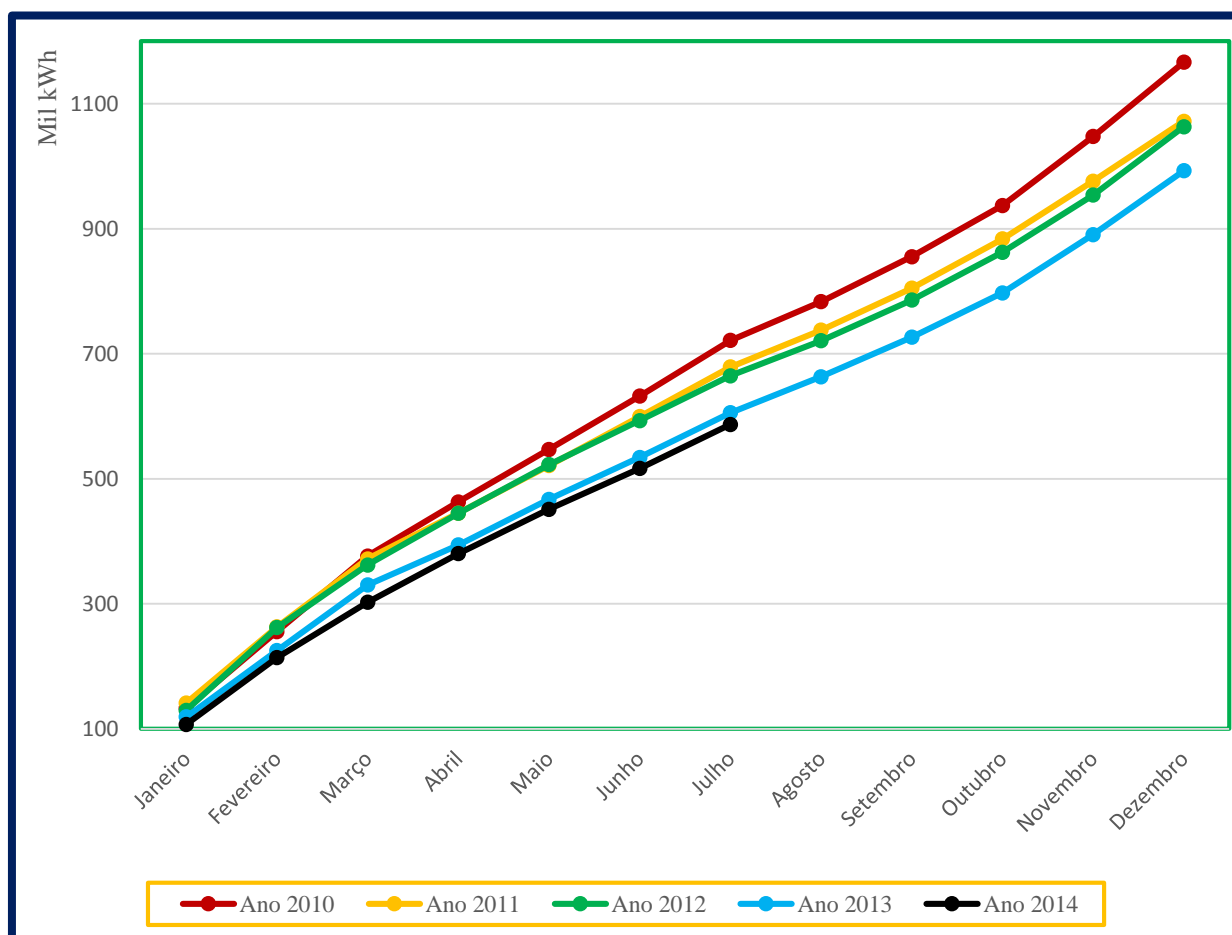
## 4. Análise de faturação e telecontagem de energia elétrica

### 4.1 Consumos e custos

Este capítulo incorpora um estudo feito à situação contratual da ESAC para a compra de energia, existindo apenas um único contrato para todo o complexo.

A energia é fornecida em média tensão e 305 kW de potência contratada, com ciclo de desagregação tetra-horaria e ciclo semanal com feriados. A localização das instalações ficam em, zona de categoria A no que respeita a qualidade de serviço de energia fornecida pelo distribuidor.

Na figura 2 são representados os consumos mensais acumulados de energia entre Janeiro de 2010 e Julho de 2014.



**Figura 2-** Energia consumida mensal acumulada para 3 anos e metade do ano de 2014



Com este gráfico consegue-se observar que tem existido uma preocupação crescente em reduzir consumos, sendo a redução do consumo total expressa em 173,5 MWh, entre 2010 e 2013, o que corresponde a uma redução de 14,9% de consumo de energia.

Em relação a 2014, é notório que permanecem os esforços para consumir menos, conseguindo que a energia consumida até junho seja ligeiramente inferior à registada em 2013 (até junho).

Os consumos totais anuais são apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Consumos de energia ativa totais anuais

	Ano 2009	Ano 2010	Ano 2011	Ano 2012	Ano 2013
Consumo Total (MWh)	1,112	1,166	1,072	1,063	0,993

Na análise feita para os vários anos, os resultados de desagregação de consumos por período horário foram semelhantes (em percentagem), variando no máximo um ponto percentual em cada setor horário.

Olhando para a figura 3 é possível inferir que a maioria dos consumos estão afetos às horas cheias (48%), as horas de ponta correspondem a 18%, restando assim 35% para os períodos de vazio.

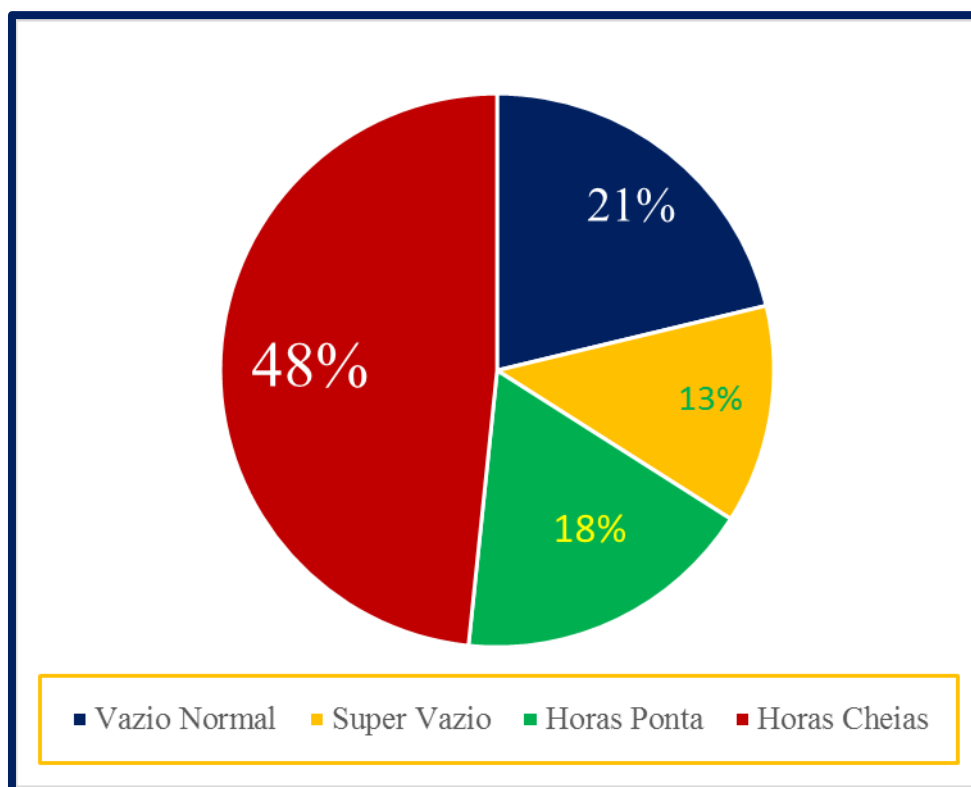
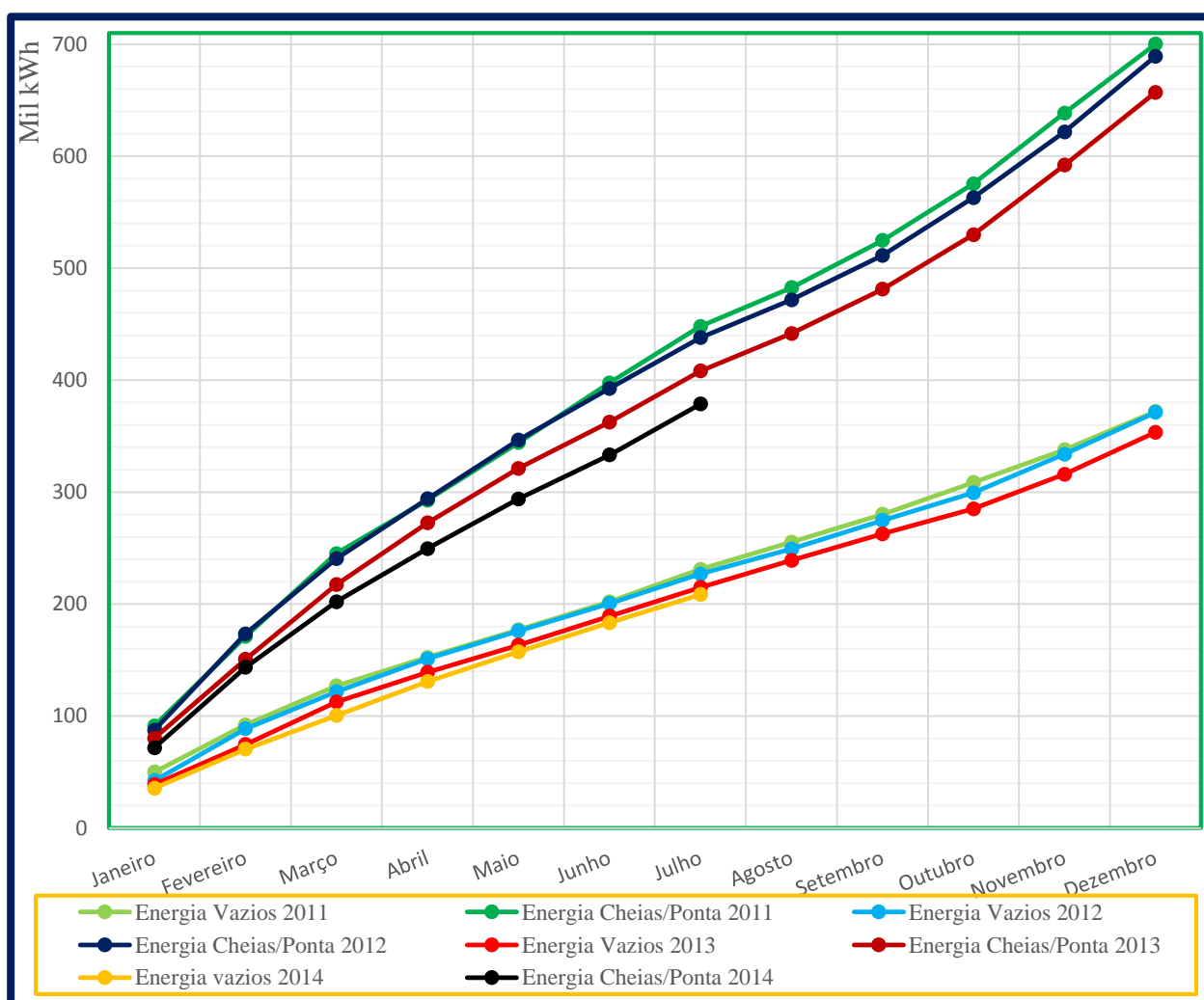


Figura 3- Divisão de consumos por período horário da ESAC

No gráfico da figura 4 constata-se que as reduções ocorreram, na sua maioria, em horas de cheias e pontas, sendo que, estes efeitos foram mais notórios entre 2012 e 2013. Em 2014, apesar de apenas existirem dados até julho, já existe uma redução clara de energia usada.

A redução nos consumos em períodos de vazio nos últimos dois anos também tem vindo a sofrer um decréscimo mas não tão significativo.

Se os consumos em horas cheias dos meses finais de 2014 forem semelhantes aos de 2013, verificar-se-á uma redução de cerca de 90 MWh em horas de maior custo entre o fim de 2011 e o fim de 2014, que corresponde a uma redução de 12,9%.



**Figura 4-** Energia mensal acumulada para 3 anos e metade de 2014 dividido por horários de diferentes custos

Esta mudança de comportamento, mais preocupado com a eficiência energética é essencialmente devida à atual conjuntura económica, ao aumento significativo com custos de

faturação da energia elétrica, mas sobretudo, ao aumento do IVA em Outubro de 2011 de 6% para 23%. Os efeitos do aumento dos custos deste imposto é bastante perceptível na figura 5.

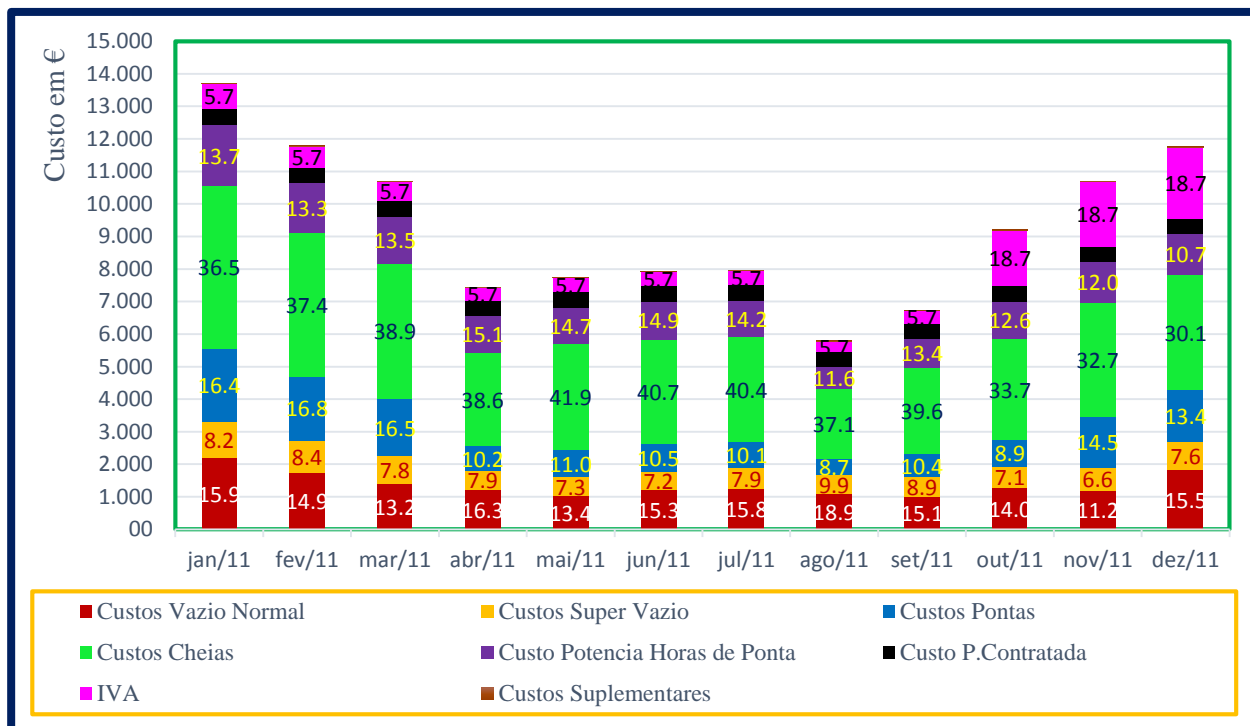


Figura 5-Custos mensais de 2011

Apesar de a ESAC ter reduzido alguns consumos, os efeitos do aumento da carga fiscal e do aumento do custo da energia, não deixaram que a fatura mensal de energia diminui-se, mas atenuou um pouco esse aumento brusco dos custos em relação a anos anteriores a 2012.

Esse aumento é notório no gráfico de custo médio por kWh da ESAC apresentado na figura 6. O custo médio por kWh consumido é calculado dividindo o custo total da fatura de eletricidade pelo consumo total de energia ativa.

A verifica-se que a partir em Outubro de 2011 o custo médio do kWh consumido sofreu um aumento significativo. A curva tem tendência para continuar a aumentar ligeiramente apesar dos consumos terem reduzido em maior quantidade nas horas de maior custo.

O preço médio do kWh pago pela ESAC situa-se neste momento nos 14,5 cêntimos por kWh, sendo este valor próximo do dobro do valor pago em fim de 2008.

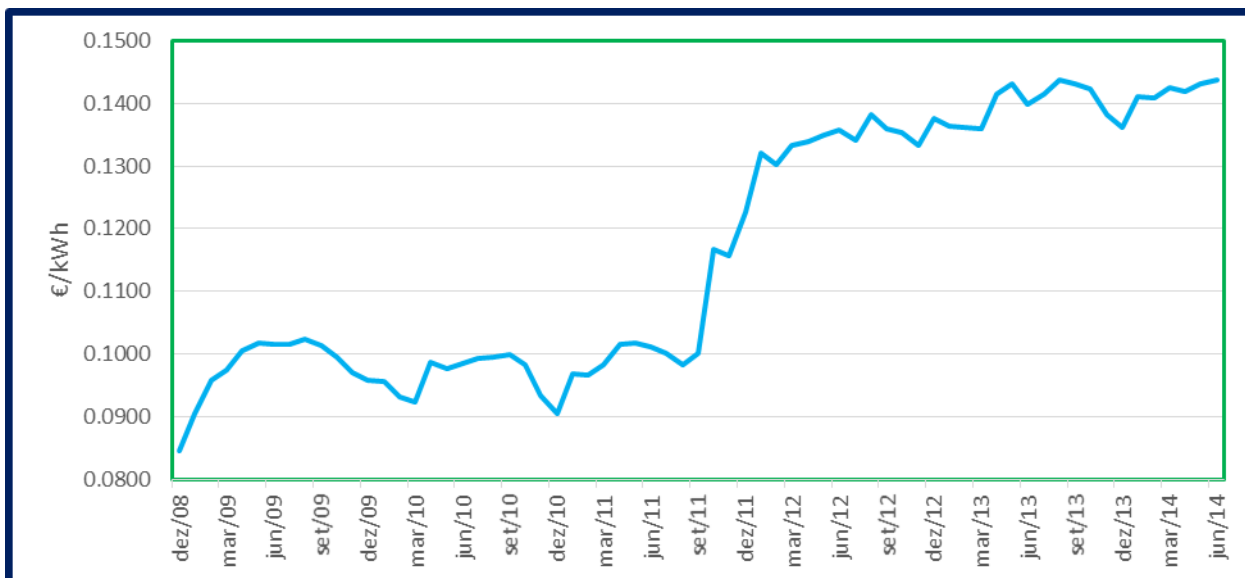


Figura 6- Evolução do preço pago por cada kWh consumido pela ESAC

O gráfico da figura 7 apresenta custo mensal acumulado para os vários anos registado na faturação. Denota-se que o aumento do preço do kWh tem vindo a ser colmatado pelas reduções de consumo da ESAC existindo já reduções nos custos em 2013 relativamente a 2012 e em 2014 os custos mantêm essa tendência de redução numa proporção superior à registada em 2013.

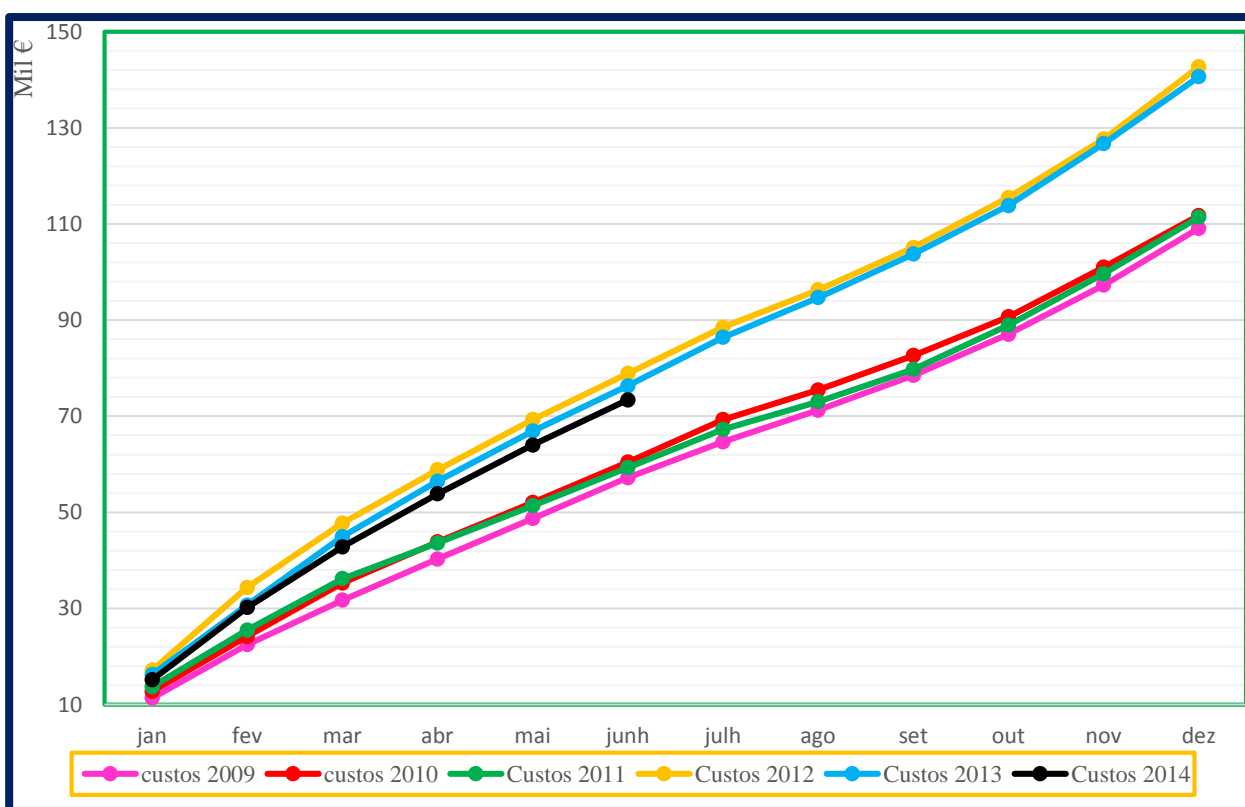


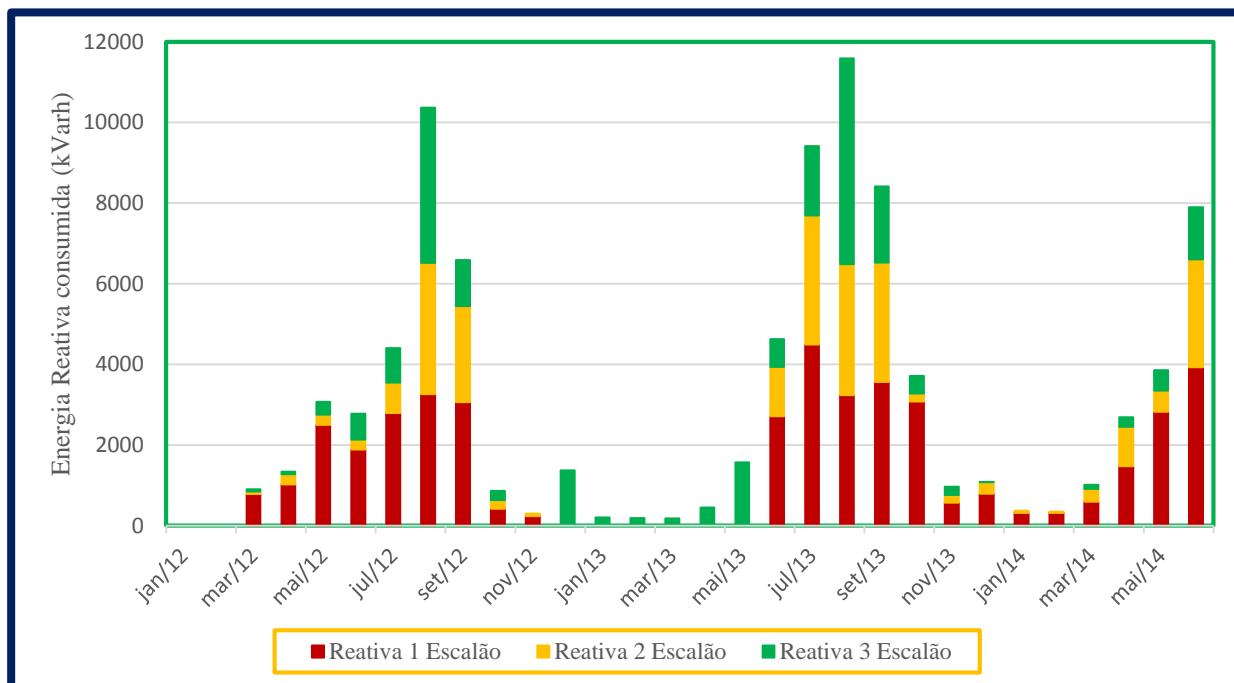
Figura 7- Custos mensais acumulados de 5 anos e 2014 até fim de junho

**Tabela 2-** Custos anuais separados por período horário e IVA

	Ano 2009	Ano 2010	Ano 2011	Ano 2012	Ano 2013
Custos Vazio Normal (mil €)	10,704	11,235	16,474	19,495	17,135
Custos Super Vazio (mil €)	5,987	6,453	8,707	10,657	9,221
Custos Pontas (mil €)	21,886	21,975	14,375	16,985	17,043
Custos Cheias (mil €)	40,930	41,205	41,048	47,915	44,922
IVA (mil €)	5,194	5,958	10,429	26,677	26,288
Custo Anual (mil €)	109,082	111,726	111,373	142,683	140,602

Nos anos de 2012 e 2013 verificou-se um aumento significativo nos custos suplementares com a energia reativa durante os meses de verão, sobretudo em Agosto. Este aumento é devido ao consumo de energia reativa, verificando-se a existência de alguns consumos de energia reativa referentes ao 3º escalão (fator de potência inferior a 0,894, correspondente a uma relação entre potência reativa/potência ativa inferior a 0,5).

O gráfico da figura 8 mostra o aumento de consumo de energia reativa nos meses de menor consumo de energia (entre abril e outubro). Mostra também que esses consumos tem vindo a aumentar de ano para ano sendo os consumos no mês de junho de 2014 cerca de 2,6 vezes superior ao mesmo mês de 2012.



**Figura 8-** Consumos mensais de energia reativa consumida entre 2012 e fim de junho de 2014

O consumo 2º e 3º escalão ganha bastante significado no mês de Agosto, mas o 1º escalão é aquele que apresenta mais consumos (48,5%) sendo os outros 51,5 % distribuídos igualmente pelo 2º e 3º escalão (25,75%).

Apesar do 1º escalão ser o que apresenta maior consumo, na realidade é o que representa menores custos na fatura (13,58%), tal como se pode verificar no gráfico da figura 9, assim como o 3º escalão se percebe que esteja relacionado com grande parte dos custos (64,6%), apesar do menor consumo. Os restantes 21,79 % correspondem ao 2º escalão.

O motivo pelo qual o custo associado ao 3º escalão de energia reativa ser tão elevado (observado na figura 9), prende-se a taxa a aplicar aos consumos, que resulta da aplicação de uma taxa de referência multiplicada por um fator multiplicativo igual a 0,33; 1 e 3 para o 1º, 2º e 3º escalão, respetivamente.

Até junho de 2014, apresentou cerca de 348€ de custo total em consumo de energia reativa, existindo um incremento de 24,35% por comparação com o fim de junho de 2013 e um incremento, ainda superior, em relação a 2012. Posto isto, se este ano nada for feito para colmatar este problema, é espectável um acréscimo no valor a pagar em consumo de energia reativa.

Verificou-se que o valor mensal mais alto a pagar de reativa até hoje foi de 460 €.

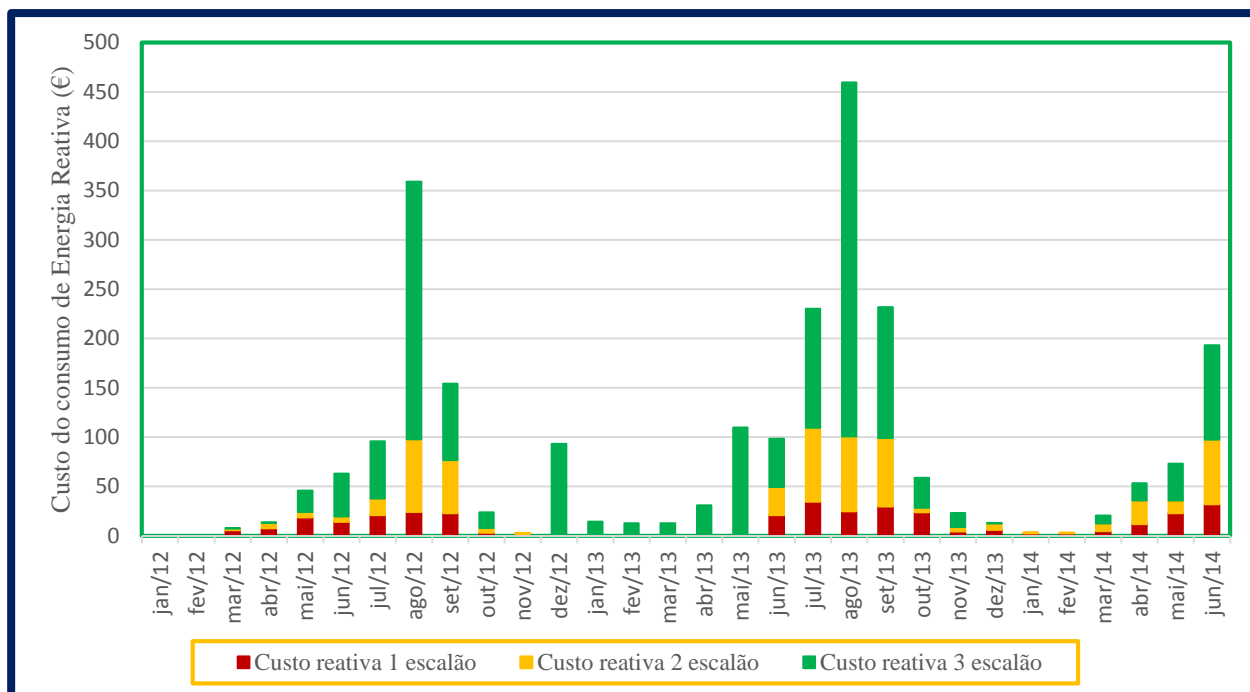


Figura 9- Custos com consumo de energia reativa entre 2012 e fim de junho de 2014

Tabela 3- Custos anuais com consumo de energia reativa

	2012	2013	2014 Até Junho	2013 Até Junho
Custo total de consumo de reativa total (€)	859,890	1296,440	347,710	279,620

Se os meses que se seguem mantiverem a mesma tendência até ao momento, iremos ter cerca de 1612€ de custo (sem IVA) com consumo de energia reativa no fim de 2014.

Este problema não deveria existir visto existir bateria de condensadores, logo a bateria pode estar subdimensionada neste momento ou não está a trabalhar devidamente.

## 4.2. Análise de diagramas de carga da ESAC e efeitos de sazonalidade

### 4.2.1. Diagramas de carga diários e semanal

Os diagramas de carga da ESAC variam consoante estejamos na presença de um dia de semana ou fim-de-semana. Nesta semana existe diferenciação entre a segunda-feira e os restantes dias úteis pois esta segunda-feira foi a seguir à Páscoa, não estando a ESAC com atividades de normal funcionamento. Esta diferenciação traduz-se num consumo bastante menor de energia e menor ponta visível no diagrama de carga semanal representado na figura 10.

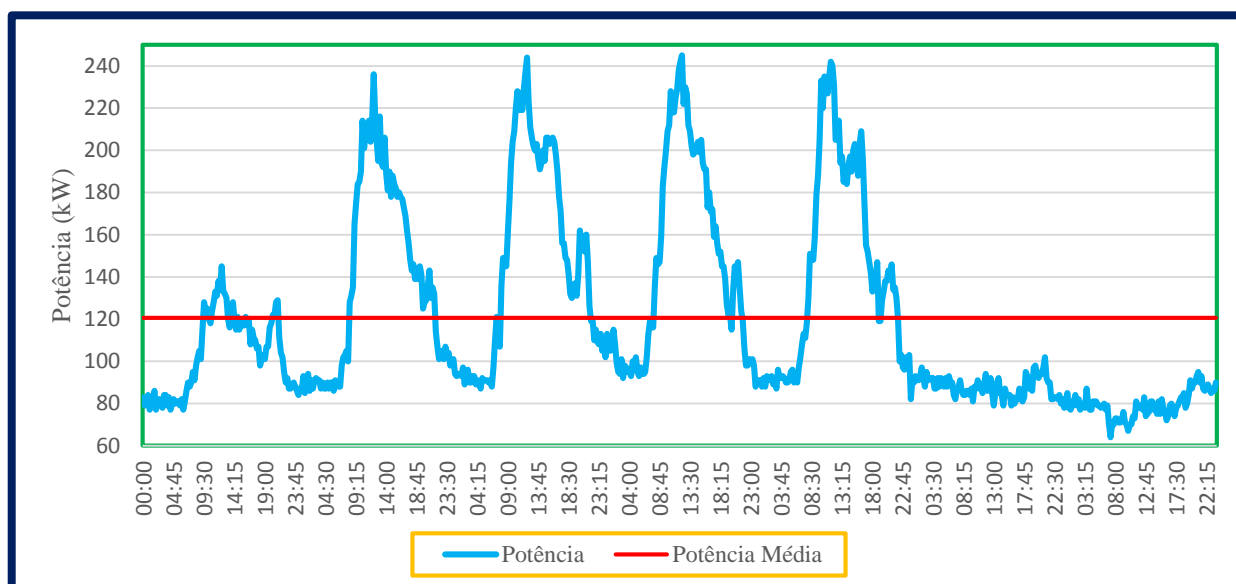


Figura 10- Diagrama de carga semanal dia 1 a 7 de Abril de 2013

Verifica-se que a ponta desta segunda-feira é muito baixa, sendo cerca de 26 kW superior à potência média semanal, sendo o pico ao fim do dia quase tão elevado como o atingido ao meio-dia.

Em seguida são apresentados os diagramas de carga diários de uma segunda-feira, uma quarta-feira e um dia de fim-de-semana, na figura 11, 12 e 13 respetivamente.

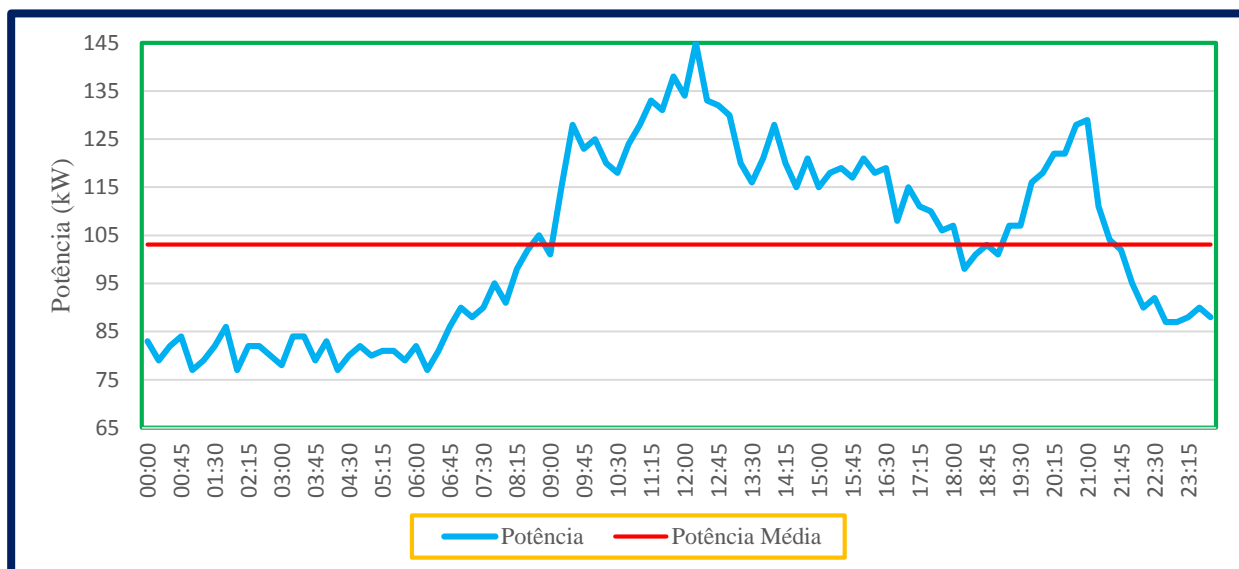


Figura 11- Diagrama de carga diário dia 1 de abril de 2013 (segunda-feira)

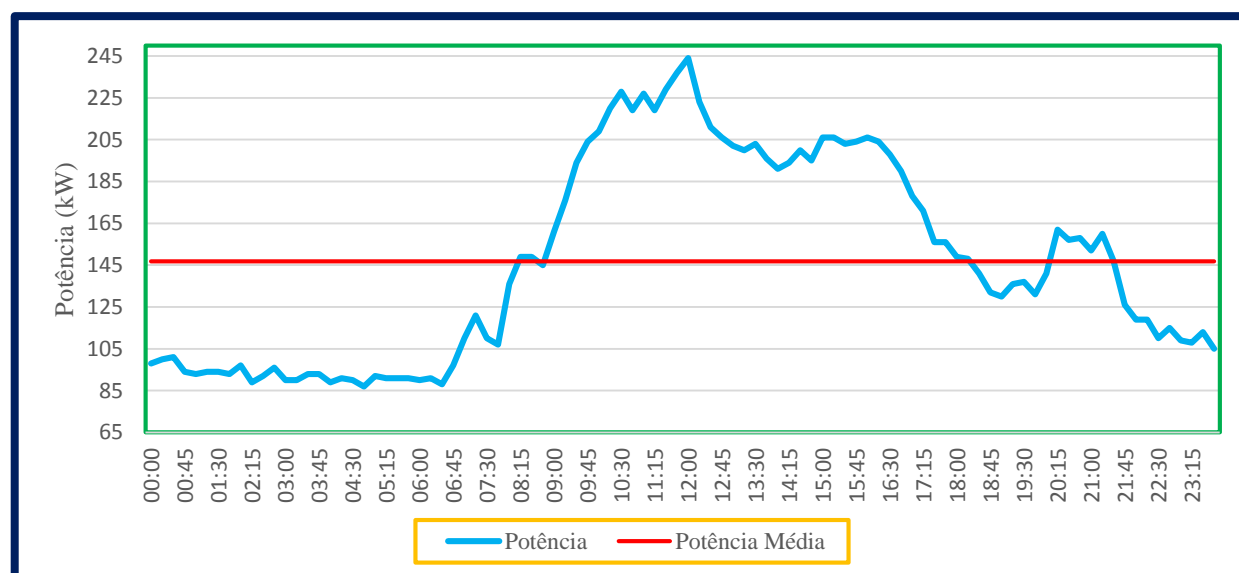


Figura 12 – Diagrama de carga dia 3 abril de 2013 (quarta feira)



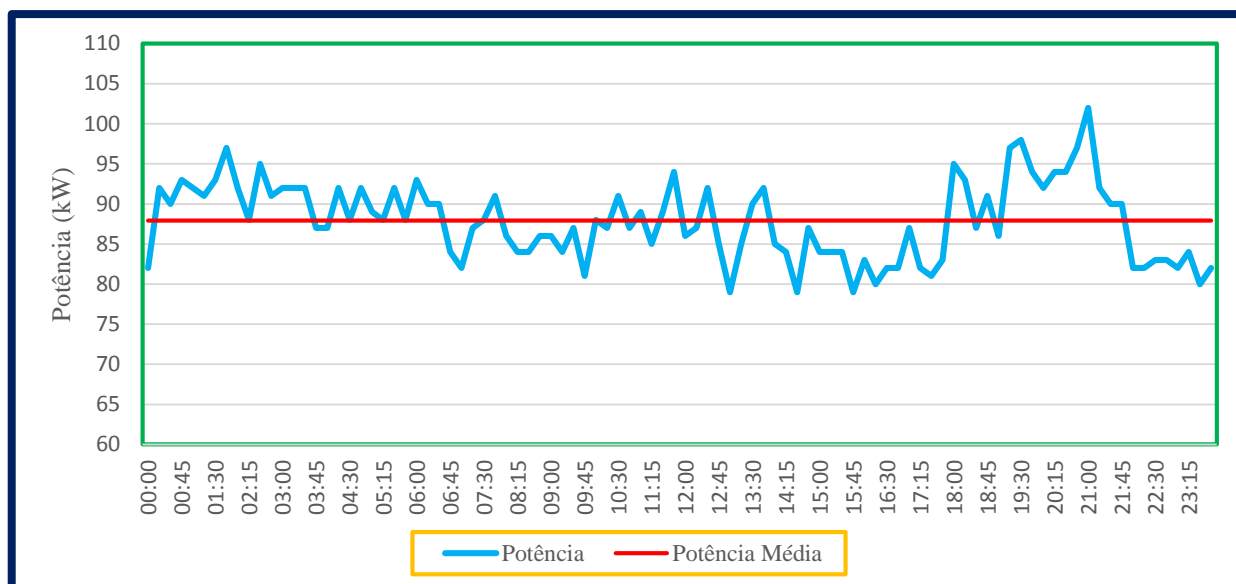


Figura 13 – Diagrama de carga 6 abril de 2013 sábado

Após a análise, constata-se que a ponta dos diagramas de carga diários é atingida ao meio dia, exceto ao fim de semana onde a ponta é atingida às 21 horas.

O efeito da iluminação é bastante notório nos diagramas de carga diários e semanais ocorrendo um acréscimo significativo nos consumos de energia ao fim da tarde.

A potência absorvida pela ESAC ao fim de semana é praticamente constante em torno da potência média desse dia. No que concerne aos dias úteis, é importante referir que a maioria dos consumos situa-se em horas cheias e pontas, sendo esta muito superior à potência média diária e mais do dobro da base do diagrama de carga diário.

Na tabela 4 são mostrados os valores de potências mínimas, máximas, médias e fatores de carga para os vários dias da semana.

Tabela 4- Potências mínimas, máximas, médias e fatores de carga

	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Fator de Carga
Fim-de-Semana	79,000	102,000	87,917	0,862
Segunda-Feira	77,000	145,000	103,073	0,711
Restantes Dias	87,000	244,000	146,802	0,602

Com esta tabela verifica-se que a potência média desta segunda-feira é bastante inferior aos restantes dias úteis da semana. É notório que a potência máxima dos restantes dias úteis seja superior ao dobro da potência máxima de um fim-de-semana e quase o dobro da ponta de uma segunda-feira.

Apesar de a ponta ser superior, o fator de carga entre terça e sexta feira é o mais baixo dos 3 períodos enunciados na tabela anterior.

É fácil verificar que a maioria dos consumos ocorre em horas cheias e pontas de segunda a sexta-feira, correspondentes a horas de maior custo, justificável pelo horário de funcionamento do Campus.

#### 4.2.2. Diagrama de carga anual e efeitos de sazonalidade

Os gráficos que se seguem representam diagramas de carga anuais com resolução é semanal, ou seja representam-se as 52 potências médias semanais. Este processo foi feito para o triénio 2011/2013 de forma a obter os diagramas de carga anuais de 2011, 2012, 2013.

Os gráficos 13, 14 e 15 demonstram o regime de funcionamento das cargas do Campus, onde se observa que os períodos de férias escolares causam uma redução elevada nos consumos. Já nos meses de inverno a potência consumida é bastante superior à potência média anual, o que revela um efeito da sazonalidade na ESAC bastante acentuado.

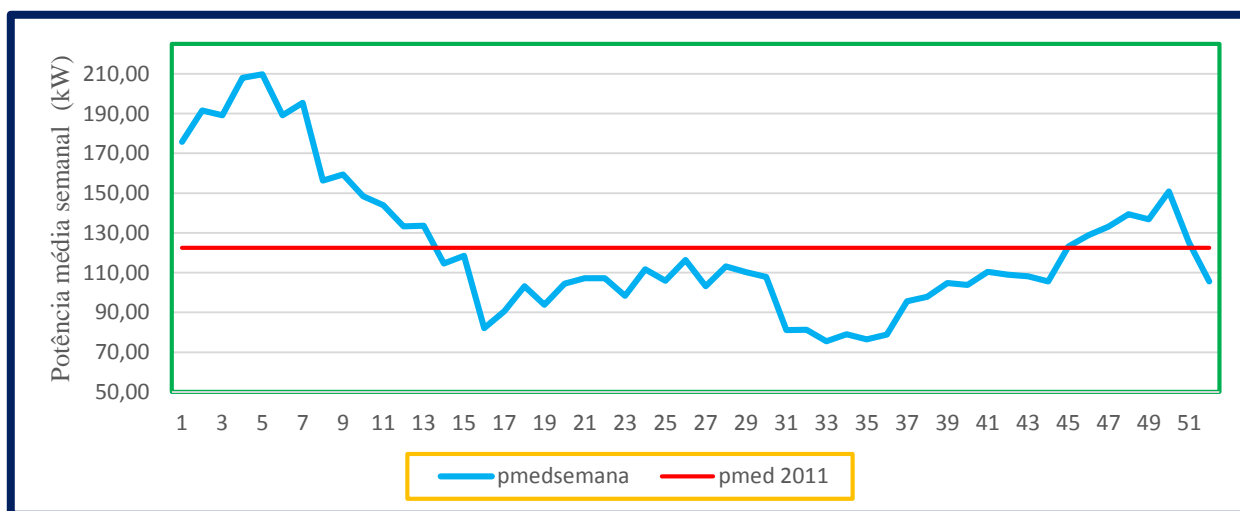


Figura 14- Diagrama de carga anual de 2011

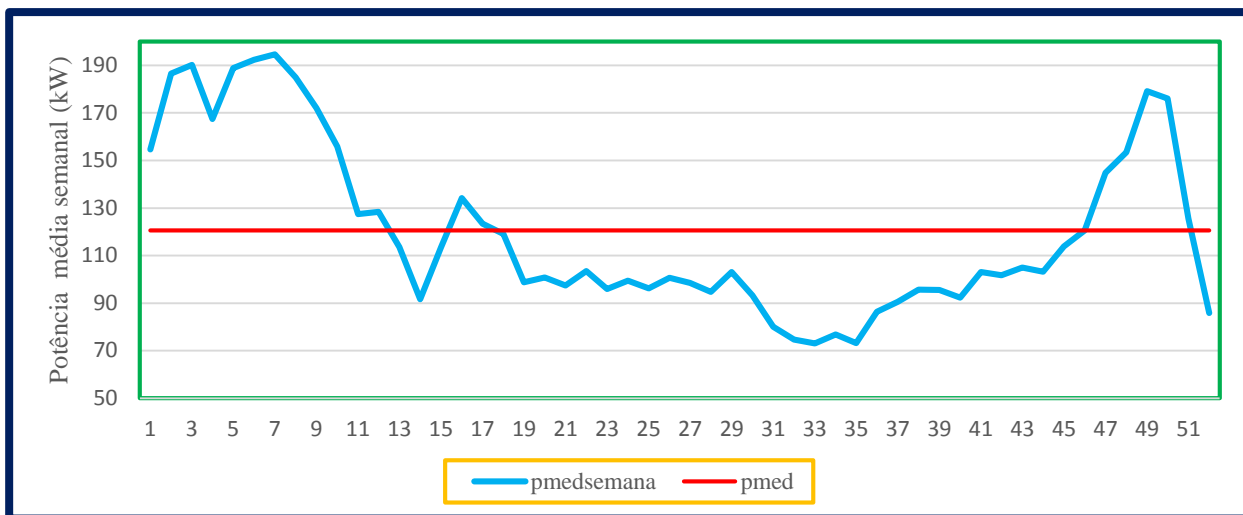


Figura 15- Diagrama de carga anual de 2012

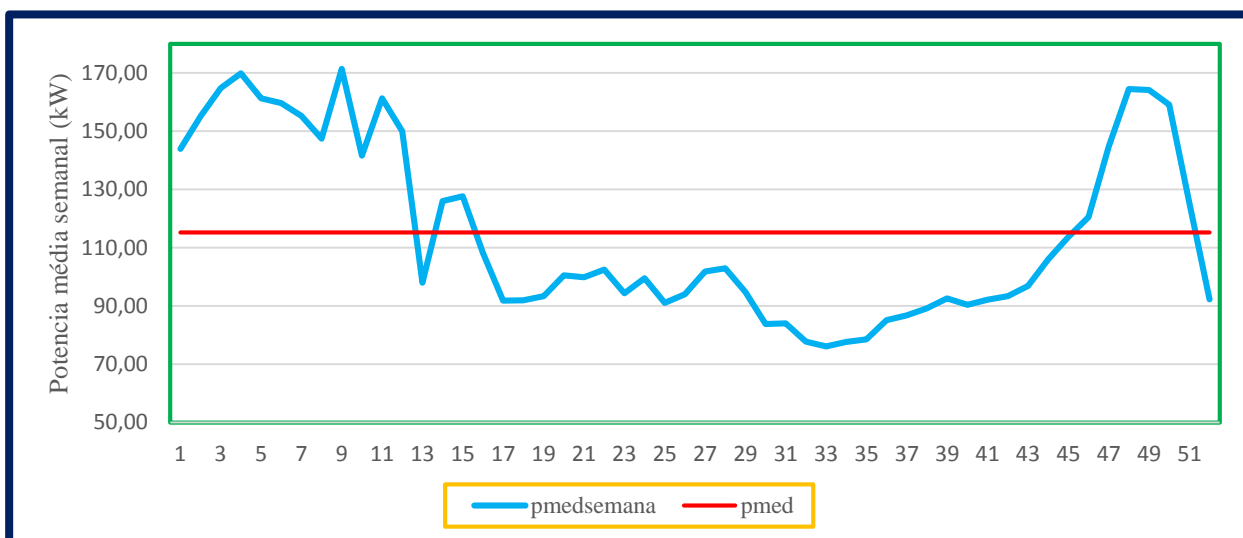


Figura 16- Diagrama de carga anual 2013

Nos meses de verão a potência média semanal é inferior à potência média, onde se verifica que as cargas usadas para o arrefecimento não têm influência tão significativa no consumo global, como as cargas elétricas usadas para aquecimento.

Os valores de potências mínimas, máximas, médias e fator de carga dos vários anos são mostrados na tabela 5.

Tabela 5- Potências mínimas, máximas, médias e fator de carga apresentadas pela telecontagem.

	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Fator de Carga
Ano 2011	44,000	356,000	122,386	0,344
Ano 2012	40,000	360,000	120,720	0,335
Ano 2013	0,000	337,000	115,618	0,343

Em 2013 a potência mínima foi nula pois existiram temporais, sendo o abastecimento de energia cortado por algum tempo.

Para verificar as semanas com maiores efeitos de sazonalidade é usado o gráfico da figura 17 que mostra as seguintes curvas originadas pela seguinte fórmula:

$$(1) \quad Saz\_ano_i = \sum_{k=1}^i (Potência\ média\ semanal_k - Potência\ média\ anual)$$

O gráfico nas zonas com declive positivo evidência os períodos do ano em que o consumo é superior à média e esses períodos correspondem a períodos de inverno.

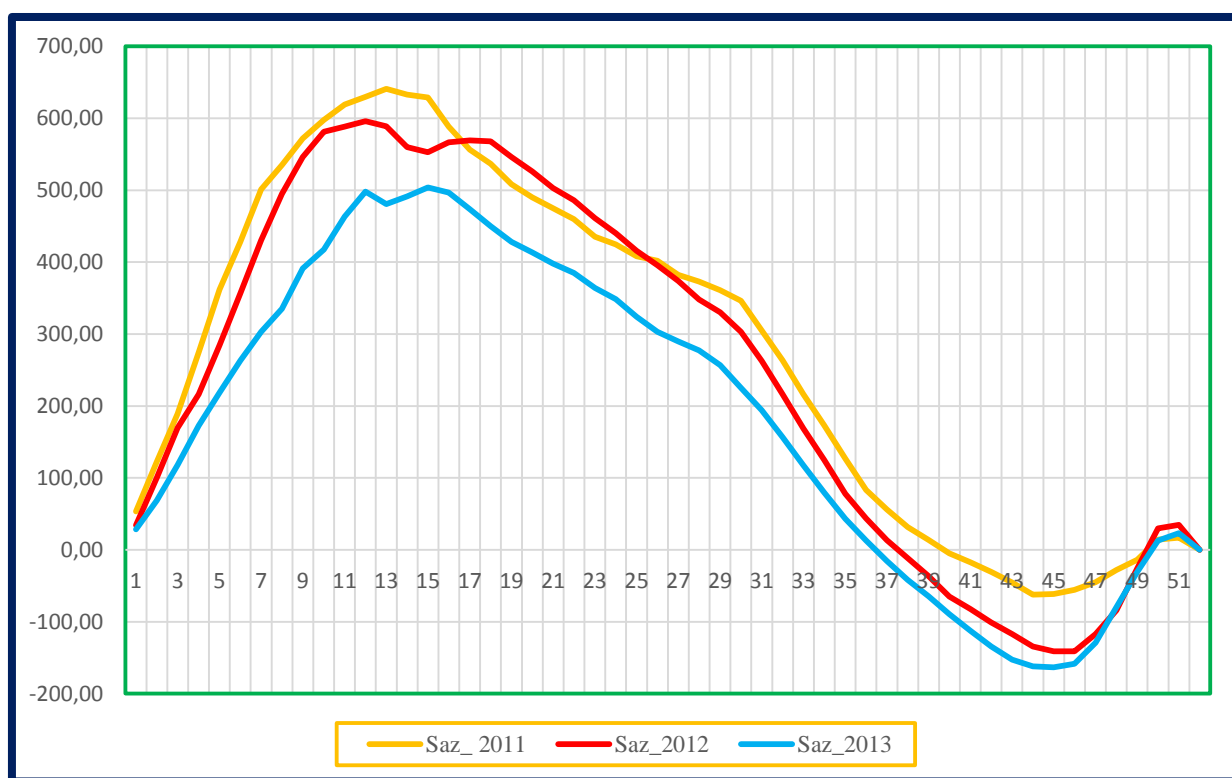


Figura 17- Curvas de efeito de sazonalidade entre 2011 e 2013

Constata-se que nas primeiras 11 semanas os consumos estão muito acima da potência média anual pois existe um declive positivo muito elevado nas curvas de todos os anos. Verifica-se, também, que o declive da curva do ano de 2013 é muito menor que o dos restantes anos, atingindo assim um pico bastante menor.

Observa-se que todos os anos apresentaram curvas semelhantes, até na particularidade de existir um abrandamento na descida das curvas nas semanas de 26 a 29, este abrandamento é

devido ao acionamento de aparelhos de refrigeração. É de notar também que o abrandamento na descida tem vindo a ser menos significativo de ano para ano.

As semanas de 45 a 50 apresentam um efeito de sazonalidade da estação fria tal como no início do ano, mas este tempo é mais reduzido, pois as duas últimas semanas correspondem a férias letivas.

Foi feita também uma análise de efeito da sazonalidade com separação entre períodos de vazios e fora de vazio. A partir dessa análise obteve-se o gráfico da figura 18.

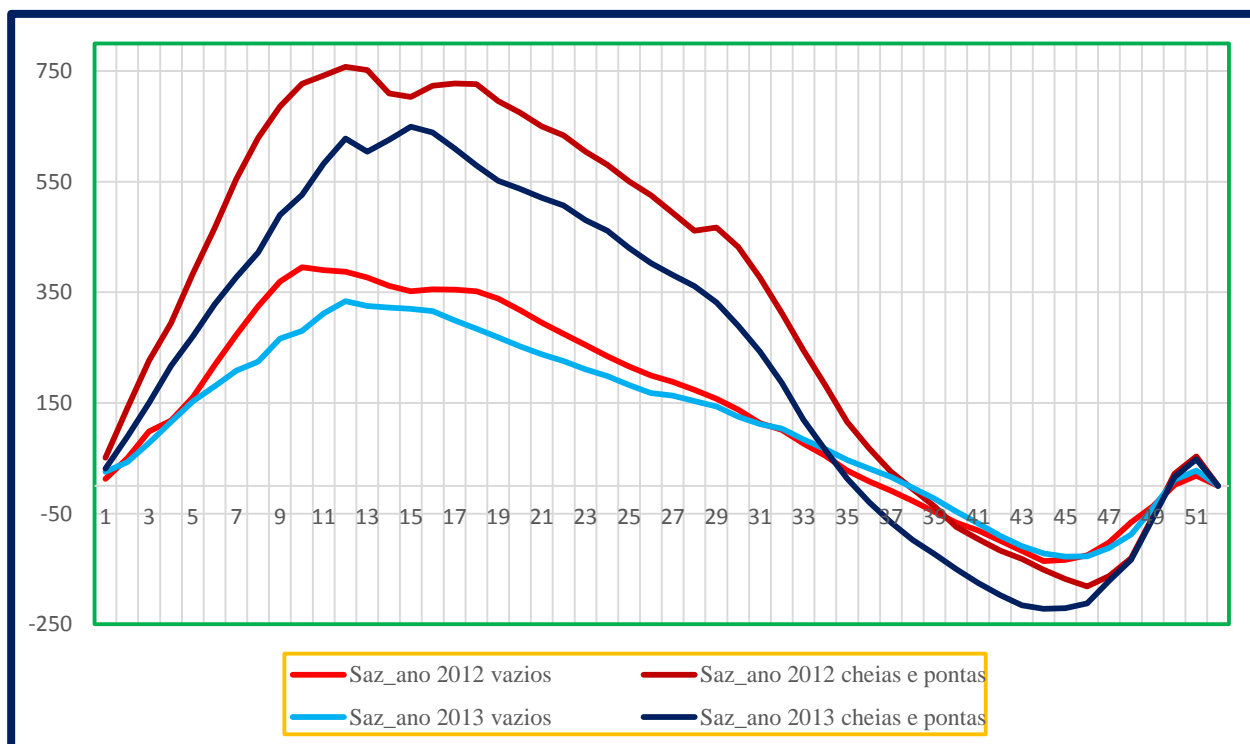


Figura 18- Curvas de efeito de sazonalidade para diferentes períodos horários de 2012 e 2013

Com estas curvas constata-se que a sazonalidade tem vindo a perder influência nos dois períodos horários, mas verifica-se que o efeito de sazonalidade é muito superior nas horas de maior custo, o que significa que a sazonalidade faz com que os custos aumentem consideravelmente.

Verifica-se também que as cargas para arrefecimento também têm maior influência em horas de maior custo, o que é natural visto serem horas de maior calor.

Apesar dos efeitos serem mais sentidos em períodos de maior custo, os efeitos da sazonalidade também são bastante relevantes em períodos de vazios, o que não deveria acontecer visto não ser o período normal de funcionamento do campus.

## 5. Análise das monitorizações e medidas de racionalização

### 5.1 Desagregação de consumos por transformador

Para estudar melhor quais os setores do Campus que mais contribuem para os consumos foram feitas monitorizações a diversos locais.

Na ESAC existem dois transformadores (PT1, PT2), com a repartição dos consumos de eletricidade apresentada no gráfico circular da figura 19.

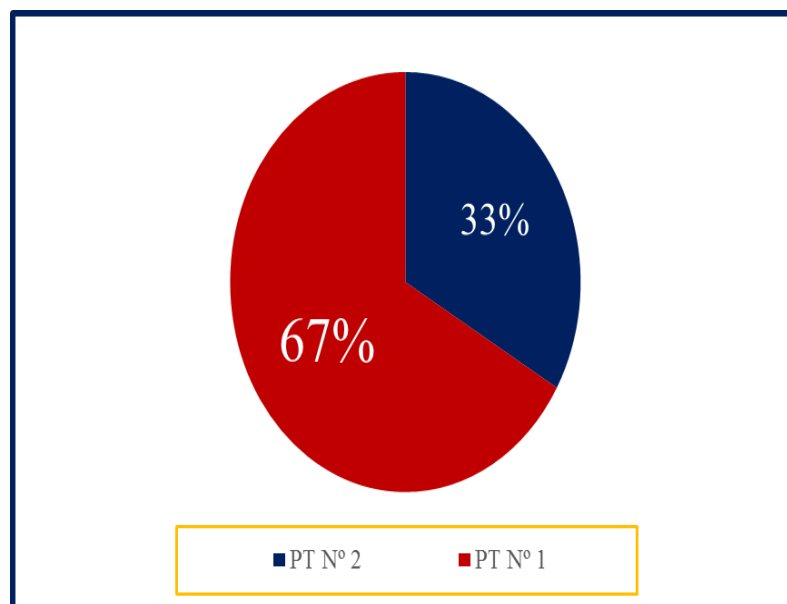


Figura 19- Repartição de energia consumida entre PT1 e PT2

Verifica-se que o é no PT1 tem a maioria dos consumos, atingindo 67% dos consumos (com uma potencia média de 65,14 kW), correspondendo assim os restantes 33% ao PT2 (com uma potencia média de 32,66 kW).

Foram feitas monitorizações a locais específicos alimentados pelos transformadores com intuito de desagregar separadamente os consumos para cada transformador.

## 5.2 – Desagregação de consumos do PT1

No gráfico circular da figura 20 obtém-se informação da percentagem de consumo referente a cada local ou equipamento monitorizado, onde se apercebe que as zonas com maiores consumos são o pavilhão, com 19% dos consumos; seguido da zona do bar da AE com 18%; sendo os restantes consumos de maior relevo pertencentes à ao bloco B, cantina e bloco H, com 14; 9 e 8% respetivamente.

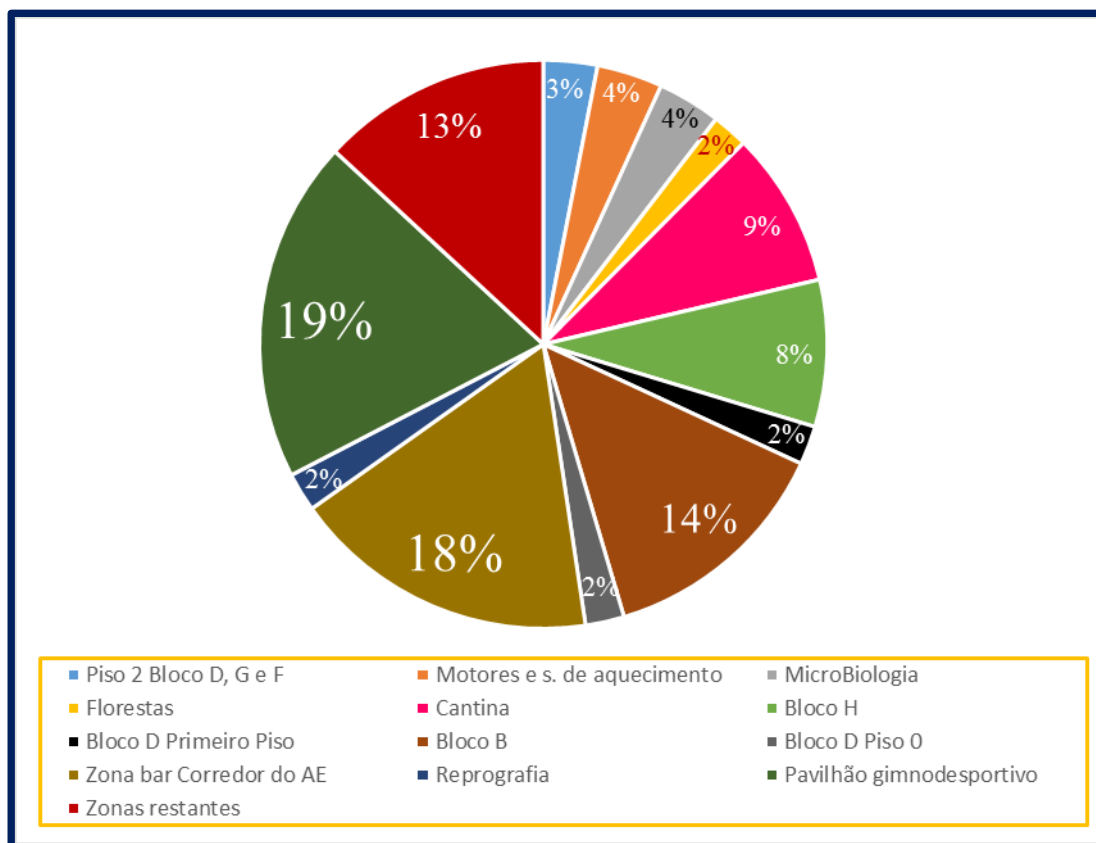


Figura 20-Desagregação dos consumos do PT1

A percentagem total abrangida por estes locais mencionados anteriormente abrange 68% dos consumos totais do PT1.

A tabela 6 mostra valores que permitem caracterizar os consumos dos diferentes locais abastecidos pelo PT1 a partir das monitorizações feitas.

Tabela 6-Desagregação potências médias do PT1 por locais específicos

	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Fator de carga
Piso 2 Bloco D,G e F	2,732	0,736	7,876	0,347
Motores e S. Aquecimento	3,329	3,216	3,488	0,954

Microbiologia	3,211	1,060	20,220	0,159
Florestas	1,817	0,002	11,302	0,161
Cantina	7,892	2,316	31,528	0,250
Bloco H	7,434	1,372	16,777	0,443
Bloco D Primeiro Piso	1,963	0,588	7,052	0,278
Bloco B	12,031	4,636	36,080	0,334
Bloco D piso 0	1,963	0,588	7,052	0,278
Biblioteca (Bloco H)	2,288	0,000	6,998	0,327
Zona Bar do corredor da AE	15,636	6,704	27,876	0,561
AE (zona bar corredor da AE)	2,776	1,256	8,220	0,338
Bar (zona bar corredor da AE)	1,802	0,511	8,364	0,211
Reprografia	1960	0,003	19,5930	0,100
S. Informáticos (Bloco B)	4,600	3,628	10,576	0,435
Química Esq. (Bloco B)	2,178	1,121	10,301	0,211
Química Dir. (Bloco B)	0,833	0,020	2,748	0,303
Solos e Química (Bloco B)	1,275	0,000	10,608	0,120

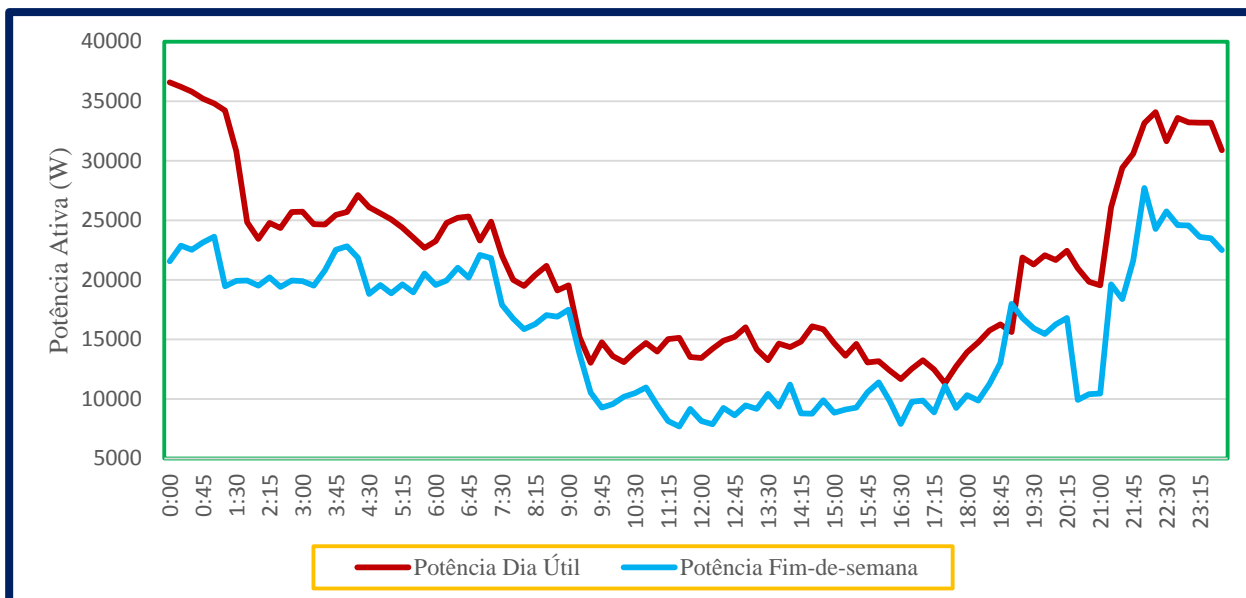
### 5.2.1. Pavilhão

A zona afeta pelo quadro do pavilhão abrange para além do pavilhão, a iluminação exterior de iluminação até à casa do Bispo (ao fundo do campus da ESAC) e para habitações dentro do Campus, assim como algumas bombas de rega. Dai o consumo à noite ser bastante superior como mostram os diagramas de carga na figura 21.

Relativamente ao diagrama de carga do Pavilhão, podemos dizer que, apesar de este ter grande percentagem de consumos, estes são feitos na sua maioria em períodos de vazios, sendo a potência máxima consumida em horas de vazio de cerca de 36,6 kW, mais do dobro da potência máxima consumida em horas de cheias e pontas (16 kW).

Os diagramas de carga de todos os dias da semana apresentam muitas semelhanças em formato da curva, sendo as pontas inferiores ao fim de semana, mas ocorrem à mesma em horas de vazio com um valor de 27 kW).





**Figura 21-** Diagramas de carga da zona do pavilhão gimnodesportivo de um dia útil e fim-de-semana

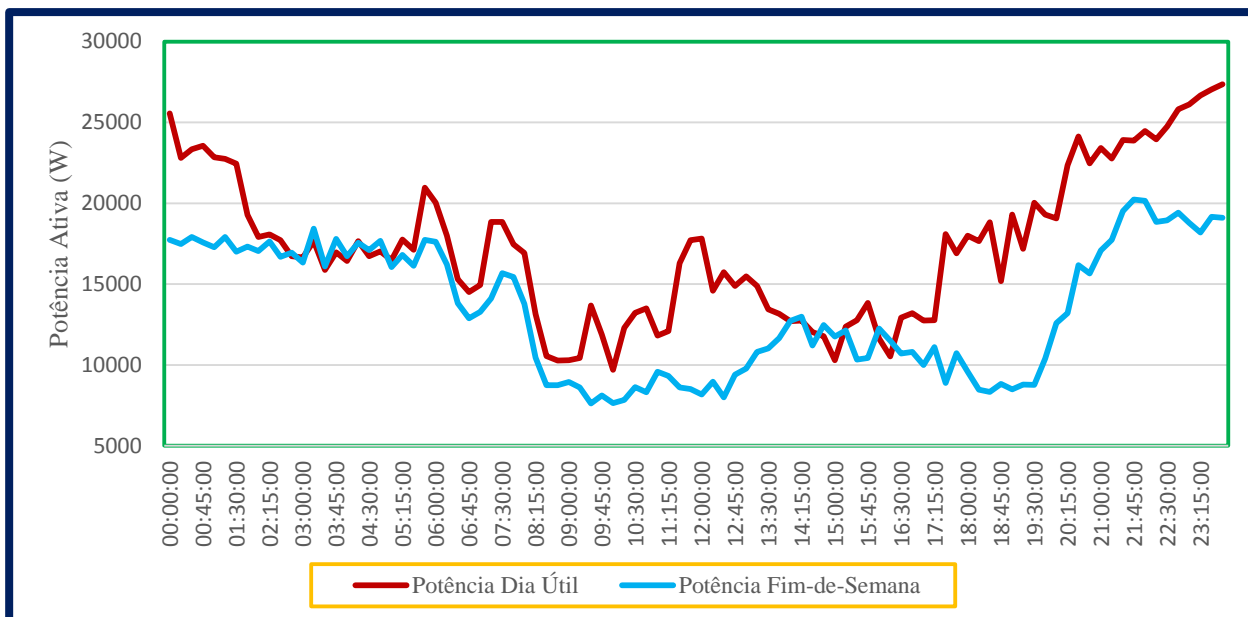
**Tabela 7-** Potências máximas médias e mínimas dos diagramas de carga da zona do Pavilhão

	Potencia Máxima (kW)	Potencia Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia Útil	36,576	21,242	11,308	0,581
Fim-de-semana	27,708	15,678	7,684	0,566

### 5.2.2. Zona do Bar e da AE

Tal como o pavilhão, esta zona abrange varias áreas como o bar do corredor iluminação de espaço envolvente e a AE (Associação de Estudantes).

Ao olhar para os diagramas de carga diários do bar da AE (na figura 22) constata-se que, tal como no pavilhão, a ponta existe em horas em que o custo da energia é inferior, mas neste caso a ponta atinge apenas os 27,4 kW. Ao fim de semana a potência média é ligeiramente inferior, mas a base do diagrama de carga diário ao fim-de-semana é aproximadamente igual à de um dia útil e a forma da curva do diagrama de carga também é semelhante.



**Figura 22-** Diagramas de carga da zona do bar do corredor da AE de um dia útil e um de fim-de-semana

**Tabela 8-** Potências máximas médias e mínimas do DC do Bar do corredor da AE

	Potência Média (kW)	Potência Máxima (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	17,321	27,356	9,692	0,633
Fim-de-Semana	13,432	20,236	7,612	0,664

Sabe-se através das monitorizações feitas que o bar afere cerca de 11% e a AE 18% dos consumos totais desta zona.

### 5.2.3. Bloco B

Com os diagramas de carga na figura 23 pode-se extrair informação acerca dos consumos no Bloco B, verificando-se um consumo elevado em horas de ponta e cheias e a ponta do diagrama de carga também ocorre nestes períodos (em dias úteis). A base do diagrama de carga de um dia útil é cerca de 10 kW com uma ponta de 35 kW atingidas às 11 horas da manhã, já ao fim de semana a base é de 8 kW e varia pouco chegando a atingir apenas 11.5 kW.

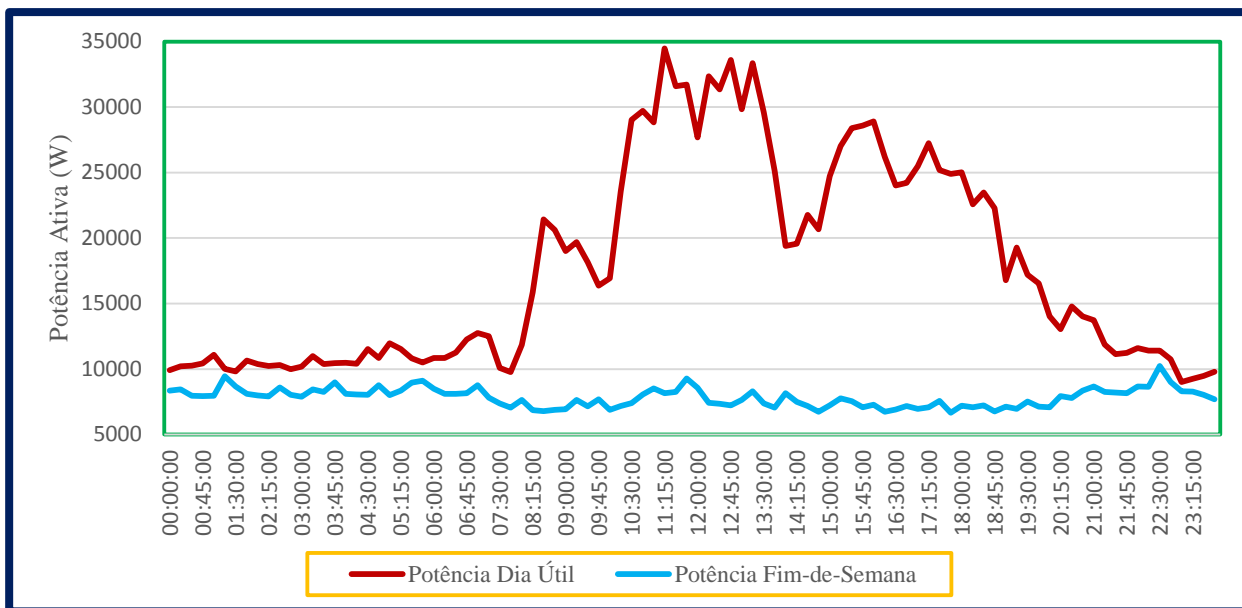


Figura 23- Diagramas de carga do Bloco B de um dia útil e um dia de fim-de-semana

Tabela 9- Potências máximas médias e mínimas dos Diagramas diários de carga do Bloco B

	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	34,488	17,721	9,02	0,514
Fim-de-semana	11,468	7,961	5,948	0,694

A partir de várias monitorizações a secções do bloco B conseguiu-se descortinar quais as zonas que consomem mais, sendo uma delas os serviços informáticos com 38%, seguido do 2º piso com 26% e o laboratório de química da esquerda com 18%, o da direita com 11% e os restantes 7% dos consumos pertencentes ao laboratório de solos.

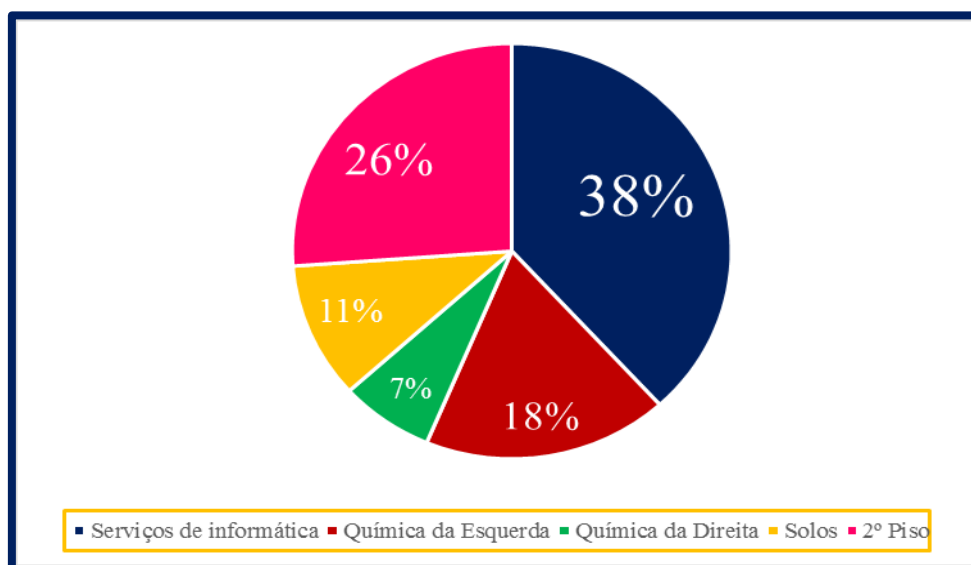


Figura 24- Desagregação de consumos do bloco B

### 5.2.4. Cantina

Na figura 25 observa-se de imediato o caráter oscilatório da potência consumida em horas de cheias e ponta em dias úteis, a base do diagrama é de 5 kW, sendo este consumo devido a arcas frigoríficas existentes, a potência máxima atinge valores perto de 28 kW. É de notar que existe um acréscimo de 5kW em relação à base do diagrama de carga entre as 18 e 19 horas e trinta minutos. Em relação ao fim-de-semana, a potência média consumida é bastante inferior, existindo apenas um pico de consumo das 10 às 11 horas da manhã que chega até aos 12 kW, apresentando uma base do diagrama de 3kW.

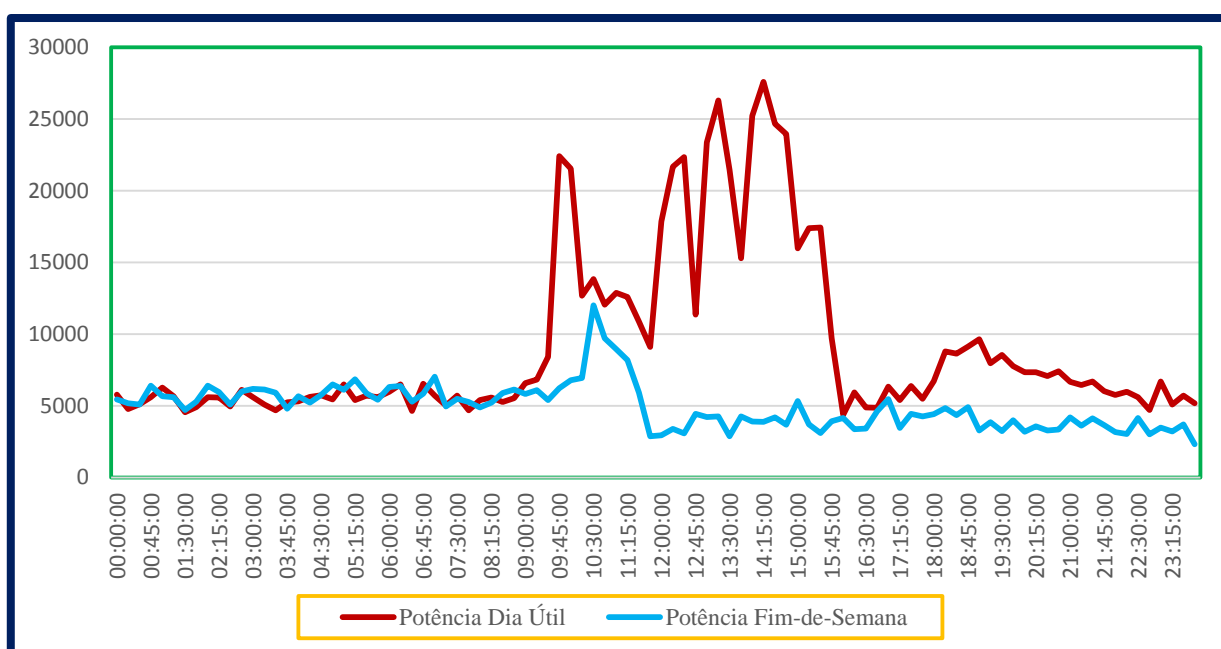


Figura 25- Diagramas de carga da cantina de um dia útil e um dia de fim-de-semana

Tabela 10- Potências máximas, médias e mínimas dos diagramas de carga da cantina

	Potência Máxima (kW)	Potência média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	27,592	9,158	4,372	0,332
Fim-de-semana	11,996	4,926	2,316	0,411

Dos equipamentos monitorizados, o exaustor da cantina e salão de festas corresponde a 16,6% dos consumos e as camaras frigoríficas a 7,6%.

### 5.2.5. Bloco H

Relativamente ao diagrama de carga de um dia útil do bloco H (na figura 26), pode dizer-se que a potência máxima de 17 kW é bastante inferior às dos outros diagramas de carga anteriores, mas a potência média não está muito distante da potência máxima, o que indica fator de carga elevado. Olhando para o diagrama de carga é visível que a maioria dos consumos é feito em horas de cheias e ponta.

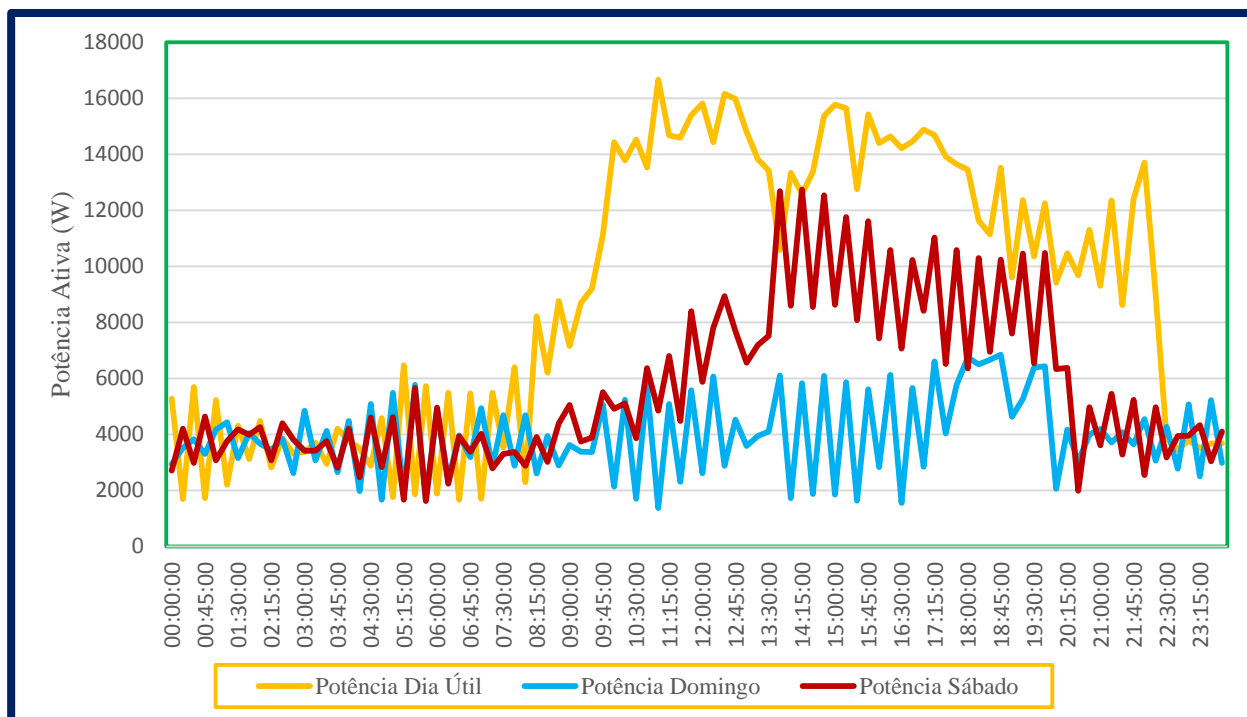


Figura 26- Diagramas de carga do Bloco H de um dia útil, um sábado e um domingo

Ao fim de semana os consumos são mais reduzidos, especialmente ao domingo com base do diagrama de carga de cerca de 2 kW variando até 6 kW. Contrariamente ao domingo, os consumos ao sábado aproximam-se dos consumos registados em dias úteis (ainda assim, sendo bastante inferiores) apresentando uma ponta 12 kW.

Tabela 11- Potências máximas, médias e mínimas dos diagramas de carga do bloco H

	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	16,664	9,021	1,670	0,541
Sábado	12,747	5,689	1,825	0,446
Domingo	6,844	3,985	1,772	0,582

A Biblioteca afere cerca de 31% dos consumos do bloco H sendo o restante associado a gabinetes e salas de aula.

### 5.3- Desagregações de consumos do PT2

De seguida, na figura 27, é apresentada a desagregação de consumo para o PT2 do mesmo modo como efetuada anteriormente para o PT1. Neste aparecem zonas restantes não monitorizadas esta percentagem foi calculada a partir da monitorização ao PT2.

Relativamente ao PT2 verifica-se que, das áreas monitorizadas, o bloco J detém a maior percentagem de consumo (26%) existindo apenas mais 2 áreas com uma parte significativa dos consumos: os laticínios, com 15% e a zona desportiva, detentora de 10% dos consumos.

As zonas restantes por monitorizar correspondem cerca de 41 %.

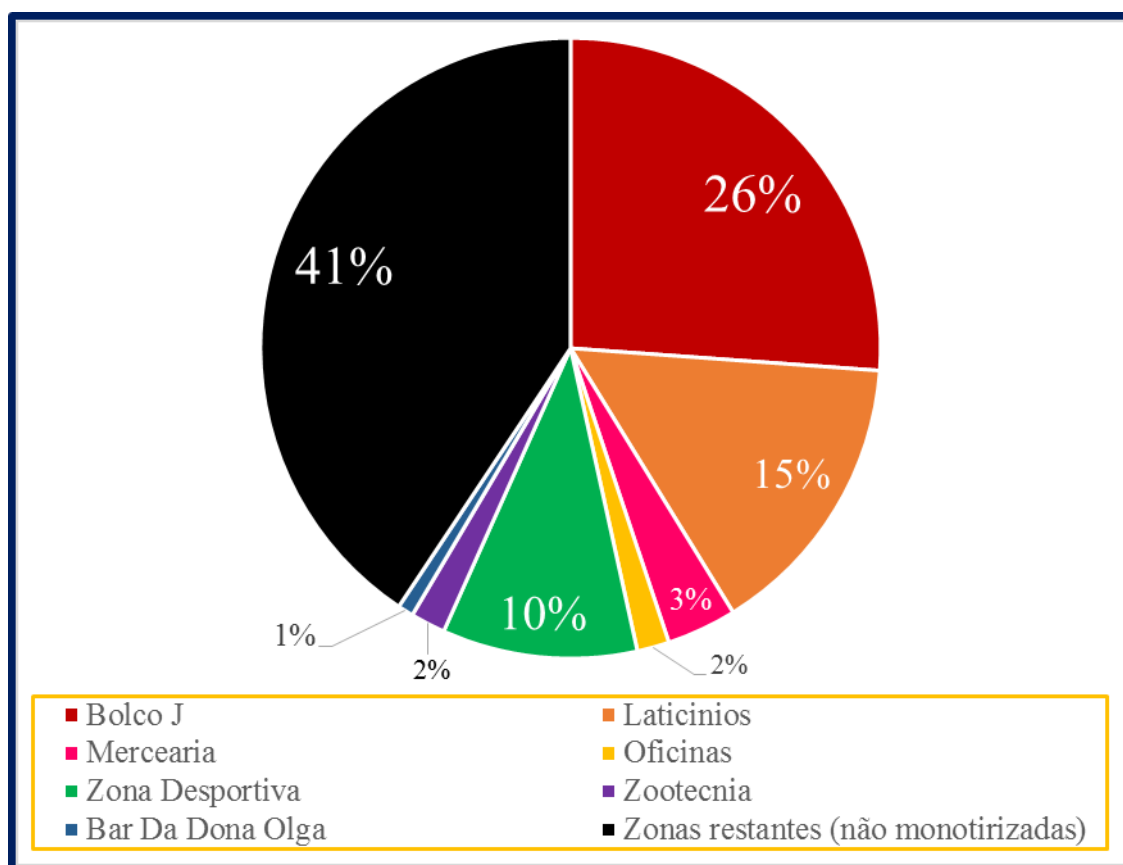


Figura 27- Desagregação dos consumos do PT2

Na tabela 12 são apresentados valores caracterizadores de monitorizações relativas a locais abastecidos pelo PT2.

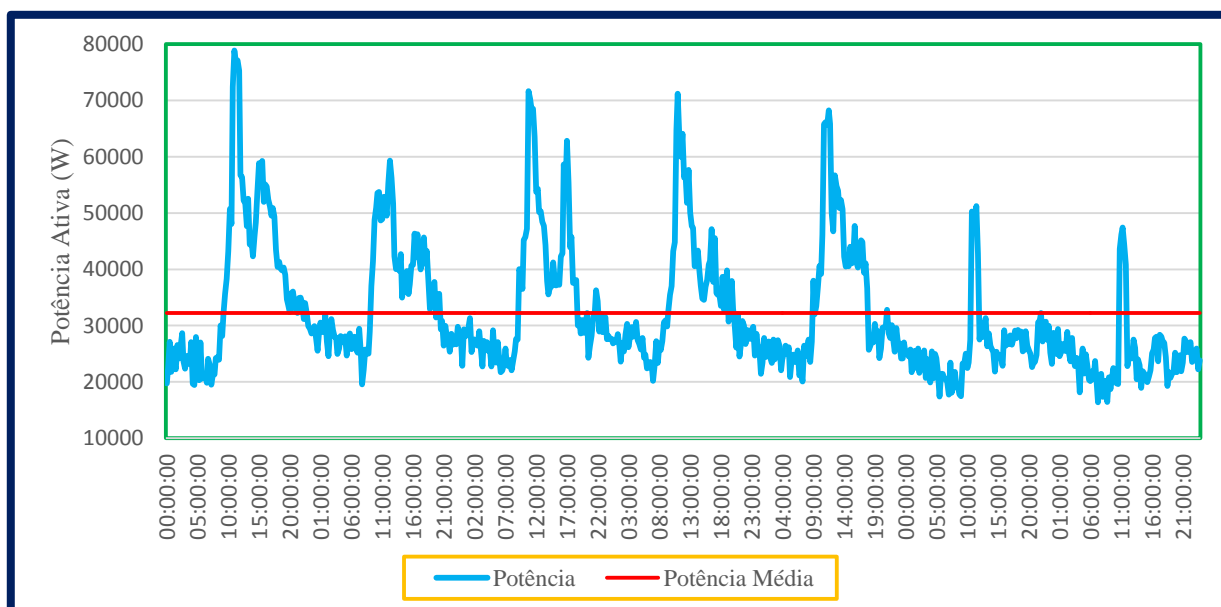
**Tabela 12-**Desagregação de potências do PT2 por locais específicos.

	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Fator de carga
Bolco J	8,540	2,436	17,056	0,501
Estufa J (bloco J)	0,465	0,000	2,068	0,225
Lacticínios	4,919	2,600	9,200	0,535
Mercearia	1,191	0,300	2,828	0,421
Oficinas	0,549	0,000	4,932	0,111
Zona Desportiva	3,322	0,200	24,300	0,137
Zootecnia	0,592	0,000	6,372	0,093
Bar Da Dona Olga	0,267	0,000	2,248	0,119
Zonas restantes (não monitorizadas)	12,812	-----	-----	-----
PT2	32,657	13,636	116,836	0,280

### 5.3.1. Posto de transformação N° 2

Como já foi referido anteriormente, realizou-se uma monitorização ao PT2 tendo-se obtido o diagrama de carga diário e semanal do PT2 algo que não foi feito para o PT1.

Na figura 28 é representado o diagrama de carga semanal do PT2, correspondendo à semana de segunda-feira, 20 de Maio de 2013 até domingo dia 26 de Maio de 2013, inclusive.



**Figura 28-**Diagrama de carga semanal do PT2

No diagrama de carga semanal do PT2 verifica-se uma potência muito inferior ao fim de semana, sendo a forma da curva dos diferentes dias úteis muito semelhante, existindo apenas

um pequeno desvio na ponta de terça-feira que é significativamente mais baixo e um pico de consumo às quartas ao fim da tarde.

Nas figuras 29 e 30 representam os diagramas diários de carga de um dia útil e um dia de fim-de-semana respetivamente.

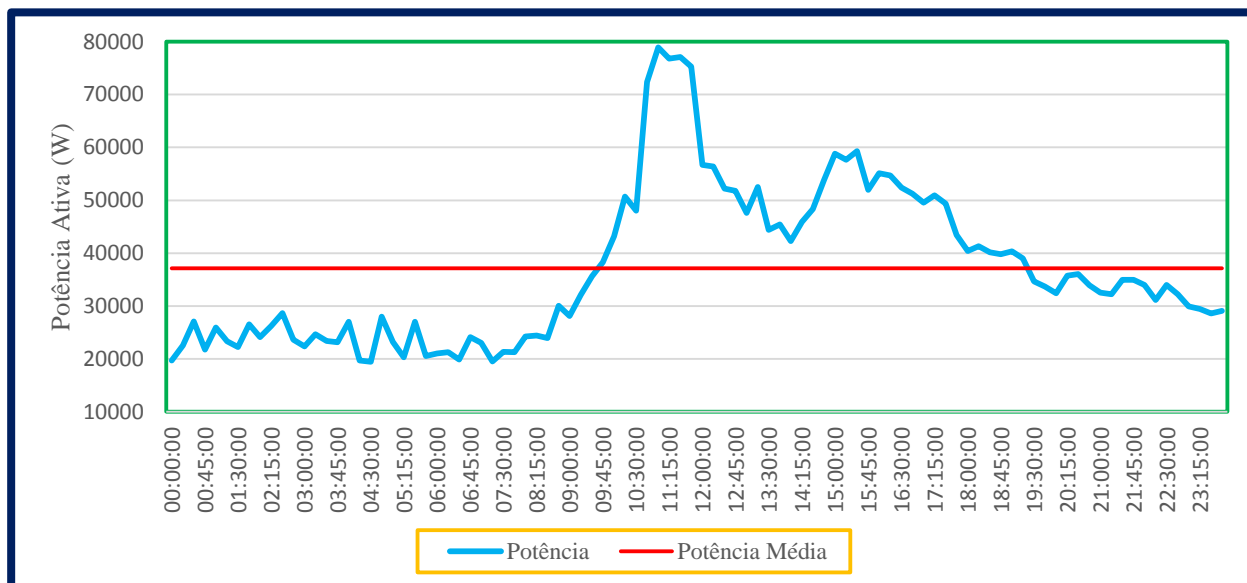


Figura 29- Diagrama de carga diário do PT2 de um dia útil

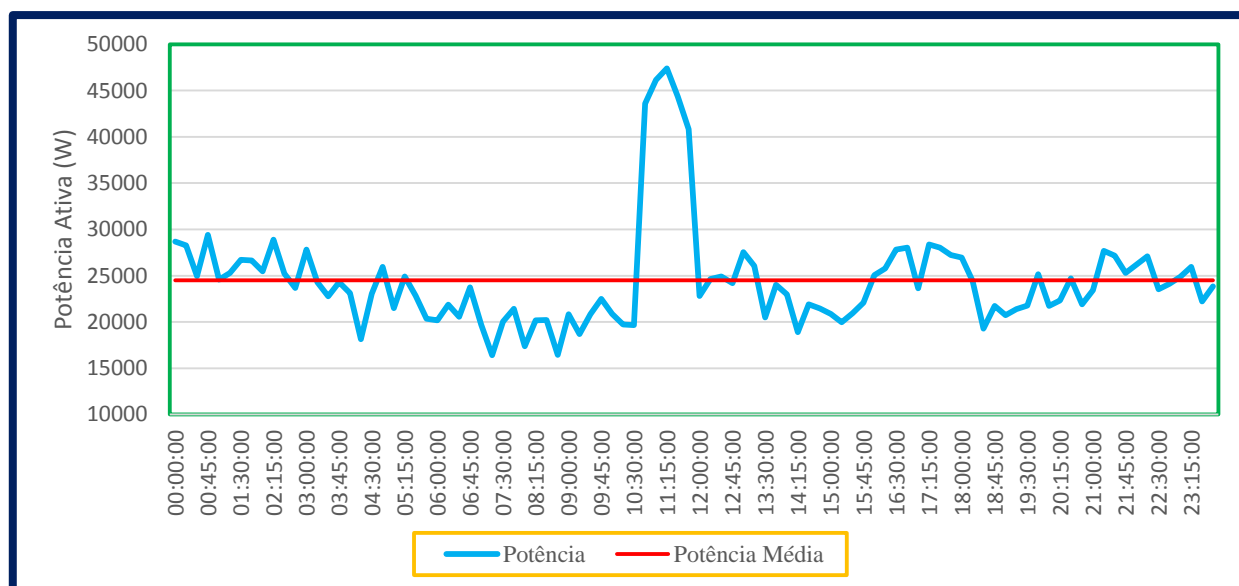


Figura 30- Diagrama de carga do PT2 de um dia de fim-de-semana

Através dos diagramas anteriores nota-se que a ponta existe em todos os dias às onze e meia da manhã, ao fim de semana a ponta é mais baixa mas continua a ser bastante elevada em relação ao resto do dia.



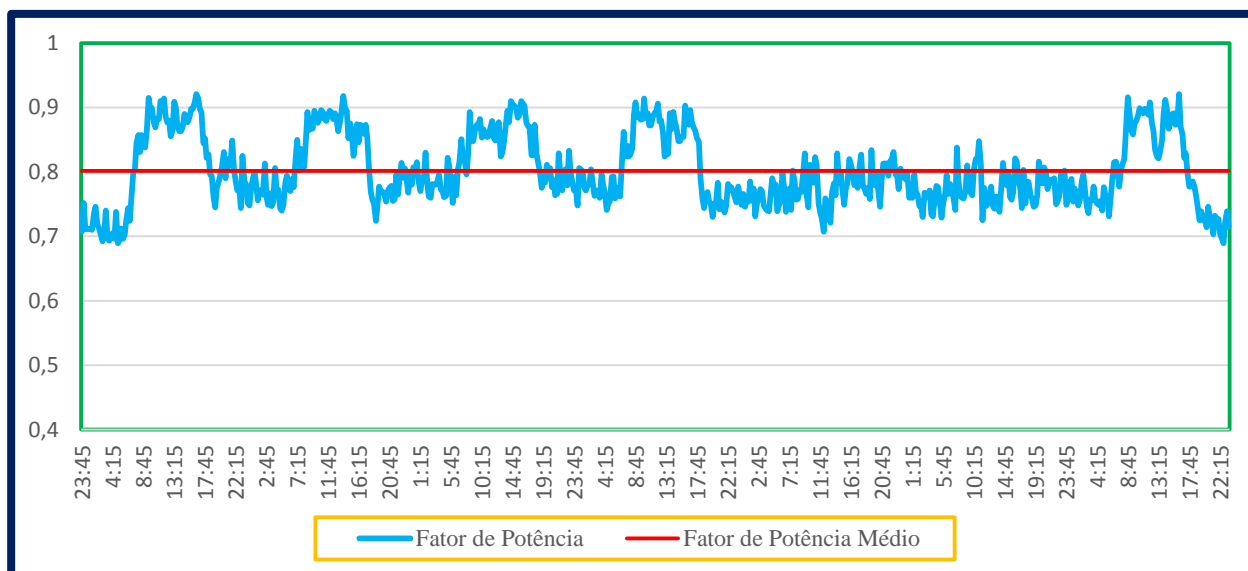
Na tabela 13 confirma-se que a ponta registada em cada um dos dias é muito elevada, sendo cerca do dobro da potência média desse dia, uma vez que o fator de carga é de aproximadamente 0,5 nos dois casos.

**Tabela 13-** Fator de carga e potências de um dia útil e fim-de-semana do PT2

	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Potência Máxima (kW)	Fator de carga
Dia útil	37,127	19,456	78,892	0,471
Fim-de-semana	24,496	16,400	47,400	0,517

Verifica-se que a potência mínima de um dia útil também é superior à de um dia de fim-de-semana.

Com a monitorização ao PT2 foi possível verificar que o fator de potência está a maior parte da monitorização abaixo dos 0,894, o que nos indica que as áreas ligadas ao PT2 consomem grande porção de energia reativa, logo se por ventura o problema na bateria de condensadores for o de estar subdimensionada, a compensação descentralizada do fator de potência trará benefícios em termos de custo inicial, e com a compensação mais perto do local de consumo as perdas em cablagens devido a transporte de componente reativa da corrente diminuirão.



**Figura 31-** Fator de potência do PT2 entre sábado dia 7 e 13 de junho de 2013

Durante as monitorizações foram achados os seguintes valores médio, mínimo e máximo do fator de potência.

Tabela 14-Fatores de potência médio, mínimo e máximo

Fator de Potência médio	Fator de Potência mínimo	Fator de potência Máximo
0,802	0,660	0,960

Tal como foi feito anteriormente para o PT1, vamos analisar agora os diagramas de carga das zonas com maior percentagem de consumos alimentadas pelo PT2, que neste caso são o Bloco J (26%), Lacticínios (15%) e a Zona Desportiva (10%).

### 5.3.2. Bloco J

O diagrama de carga de um dia útil do bloco J apresentado na figura 32 foi obtido através de duas partes, uma de cada dia sendo a primeira de dia 3 e a segunda parte de dia 2.

Como se pode verificar, os maiores consumos ocorrem entre o meio-dia e as 18 horas (horas de grande custo energético), sendo a ponta de 17kW. A base do diagrama é cerca de 2,5kW.

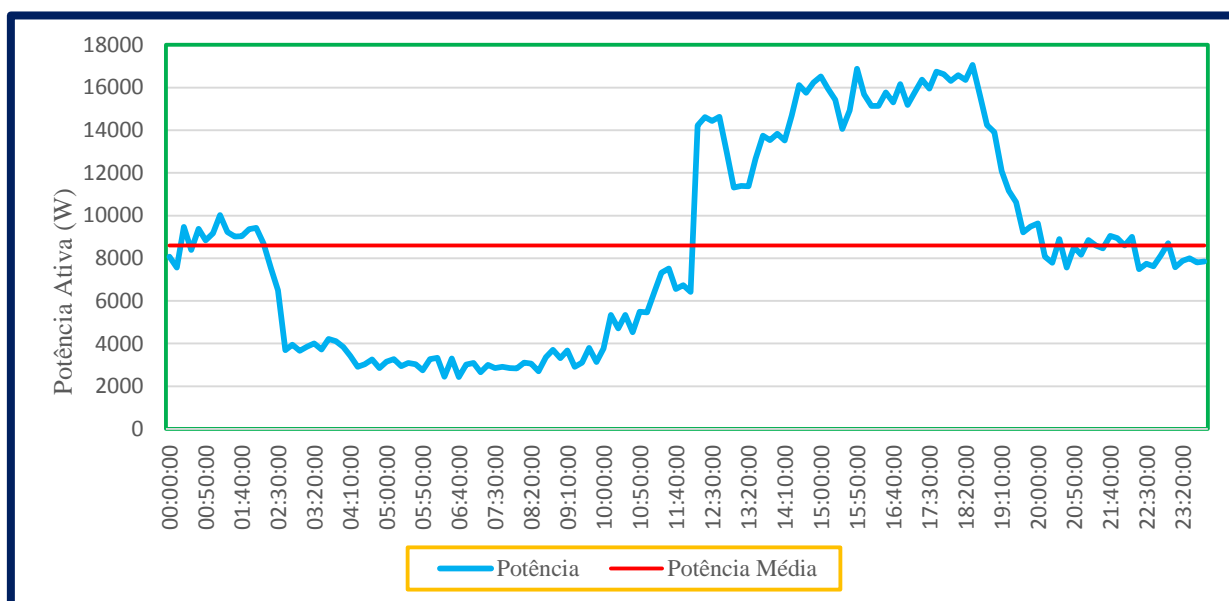


Figura 32- DC diário representativo de um dia útil do bloco J através de dia 2 e 3 de maio de 2013

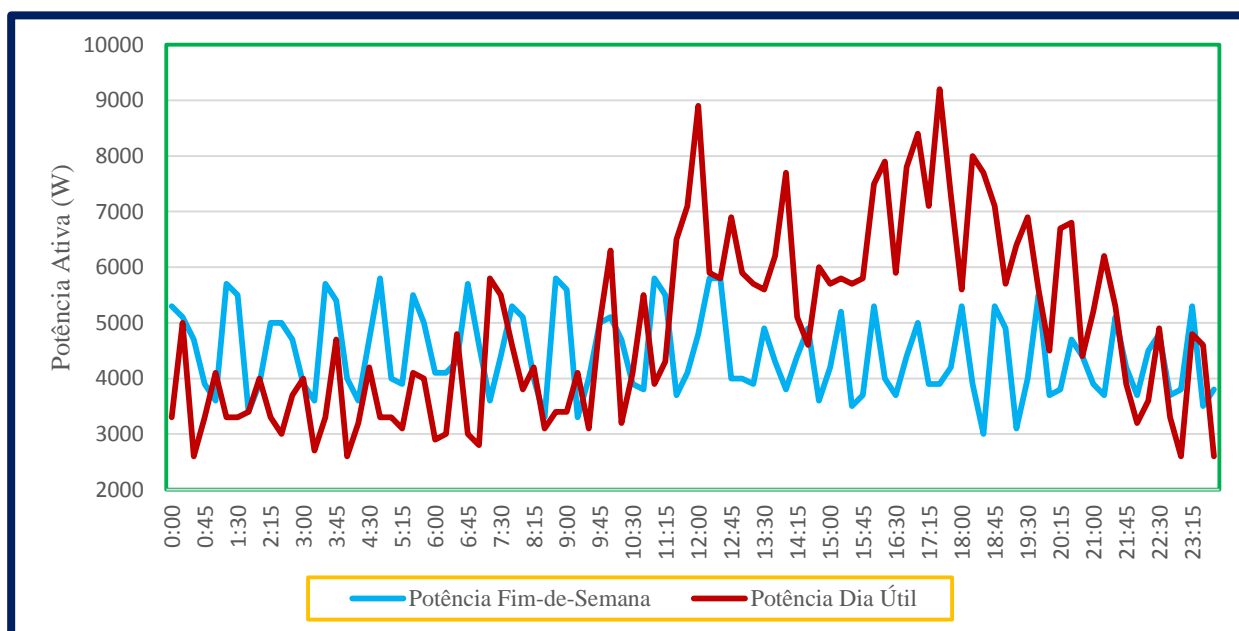
Desta zona sabe-se através da monitorização, que a estufa afere cerca de 6% dos consumos totais do bloco J.

**Tabela 15-** Potências máximas, médias e mínimas do diagrama de carga do Bloco J

	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	17,056	8,540	2,436	0,501

### 5.3.3. Laticínios

Os diagramas de carga apresentados na figura 33 mostram a natureza oscilatória do valor da potência, o que só por si só demonstra que existem cargas termostáticas com consumos elevados em relação à potência instalada. O período de maior consumo em dias úteis ocorre entre as 11 e as 20 horas, chegando a atingir os 9,2kW, sendo o valor de base de 2,8kW. Ao fim de semana, o consumo é bastante reduzido pois a sua potência média é bastante inferior e permanece oscilante entre valores de 3 e 6kW.



**Figura 33-** Diagramas de carga dos laticínios de um dia útil e um dia ao fim-de-semana

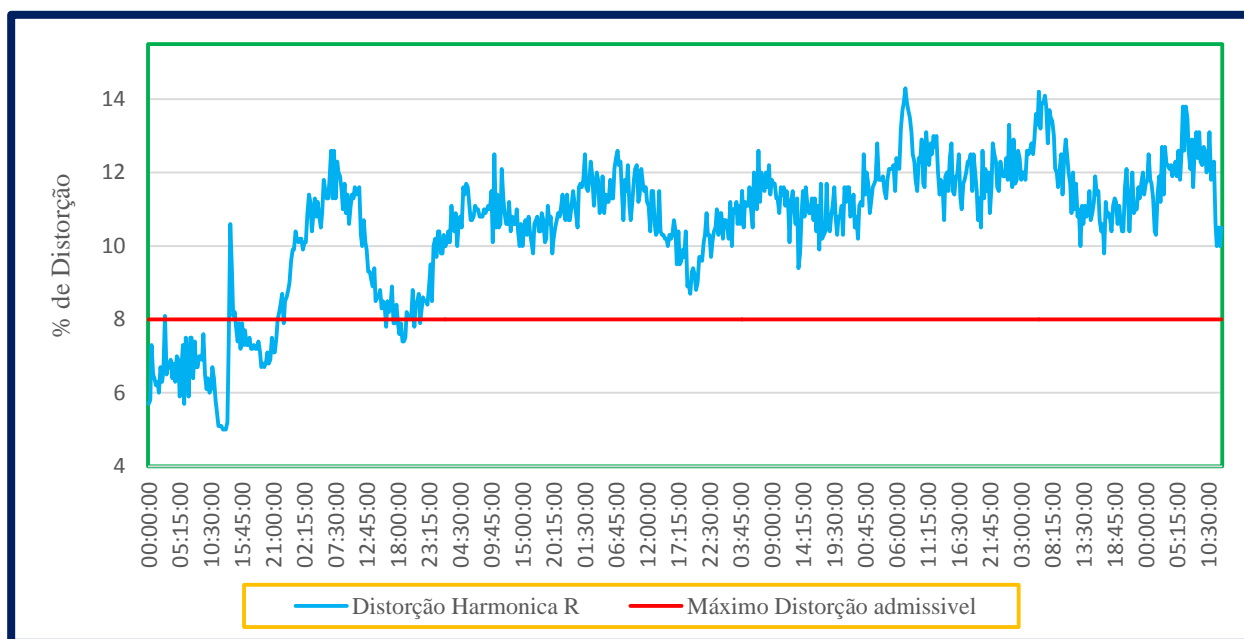
**Tabela 16 –** Potência máxima média, mínima e fator de carga dos laticínios

	Potência Máxima (kW)	Potência Média (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	9,200	4,919	2,600	0,535
Fim-de-semana	5,800	4,443	3,000	0,766

Foram realizadas duas monitorizações em períodos diferentes: a primeira entre dia 10 e 31 de Maio de 2013 e a segunda entre dia 22 e 29 de Julho de 2014. A segunda apenas aconteceu

pois foram registados problemas de qualidade de energia fornecida às cargas, nomeadamente, a distorção harmónica.

Na figura 34 é apresentada a distorção harmónica na fase R de alimentação do quadro do quadro do edifício dos Lacticínios entre 24 e 30 de Maio de 2013, onde os valores de distorção harmónica variaram entre 6 e 14,5%, encontrando-se na maioria do tempo bem acima do limite de 8% admissível de distorção.



**Figura 34-** Distorção harmónica da tensão na fase R entre o dia 24 e 30 de Maio de 2013

Verificou-se que a distorção da onda de tensão era muito semelhante para as 3 fases de alimentação do quadro dos Lacticínios.

Na tabela 17 são apresentados os valores médios da distorção harmónica, a distorção máxima e mínima da tensão de alimentação do quadro dos lacticínios durante a primeira monitorização.

**Tabela 17-** Distorção média, máxima, mínima da tensão de alimentação dos lacticínios em 2013.

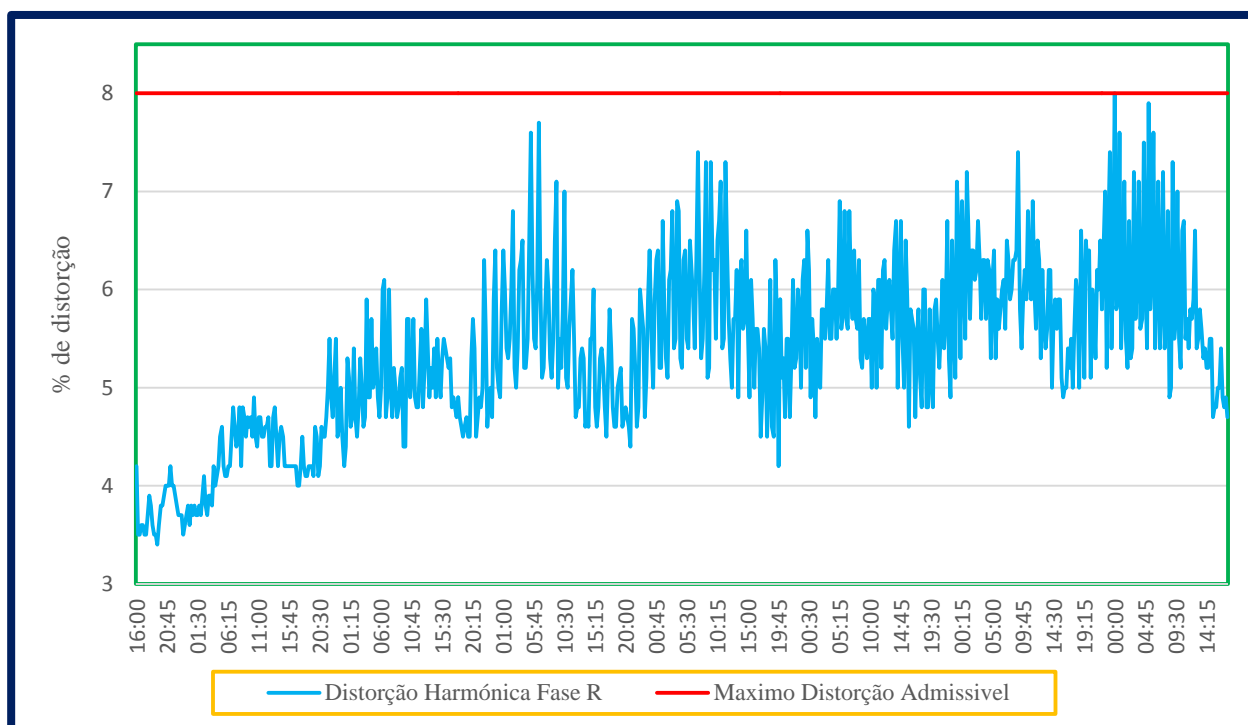
	Distorção Harmónica Média (%)	Distorção Máxima (%)	Distorção Mínima (%)
Fase R	9,05	14,30	4,30
Fase S	8,93	13,90	4,20
Fase T	9,04	14,20	4,30

Para se descortinar se o problema era pontual ou se esta distorção harmónica da tensão era constante foram feitas monitorizações em 2014 apresentando valores aceitáveis de distorção harmónica. A tabela 18 tem como objetivo mostrar esta informação.

**Tabela 18-** Distorção média, máxima e mínima da tensão de alimentação dos lacticínios em 2014

	Distorção Harmónica Média (%)	Distorção Máxima (%)	Distorção Mínima (%)
Fase R	5,35	8,00	3,40
Fase S	5,26	8,00	3,30
Fase T	5,26	8,00	3,40

Ao comparar os resultados obtidos entre 2013 e 2014, conclui-se que os problemas de distorção harmónica da tensão de alimentação já não existem, visto que a distorção máxima encontrada na monitorização foi de 8% para todas as fases e a média da distorção de cada uma das fases desceu cerca de 4,1% para valores perto de 5,3%.



**Figura 35-** Distorção harmónica da tensão na fase R nos lacticínios entre 22 e 28 de Julho de 2014

Com figura 35 consegue-se verificar que a distorção está dentro dos limites, atingindo 8% em casos pontuais permanecendo a maioria do tempo na ordem dos 6% de distorção harmónica.

Tal como em 2013, a distorção da onda de tensão é muito semelhante para duas fases de alimentação, sendo a distorção na fase R ligeiramente superior.

### 5.3.4. Zona Desportiva

A zona desportiva apresenta um diagrama de carga diário (na figura 36) de um dia útil com uma base baixa de 2kW e uma ponta de cerca de 14kW que ocorre às 8 da noite. Ao fim de semana, os consumos são muito pequenos (baixa potência média), exceto quando é ligada a rega dos campos (9 horas da manhã de domingo), em que existe um pico de potência de aproximadamente 7kW.

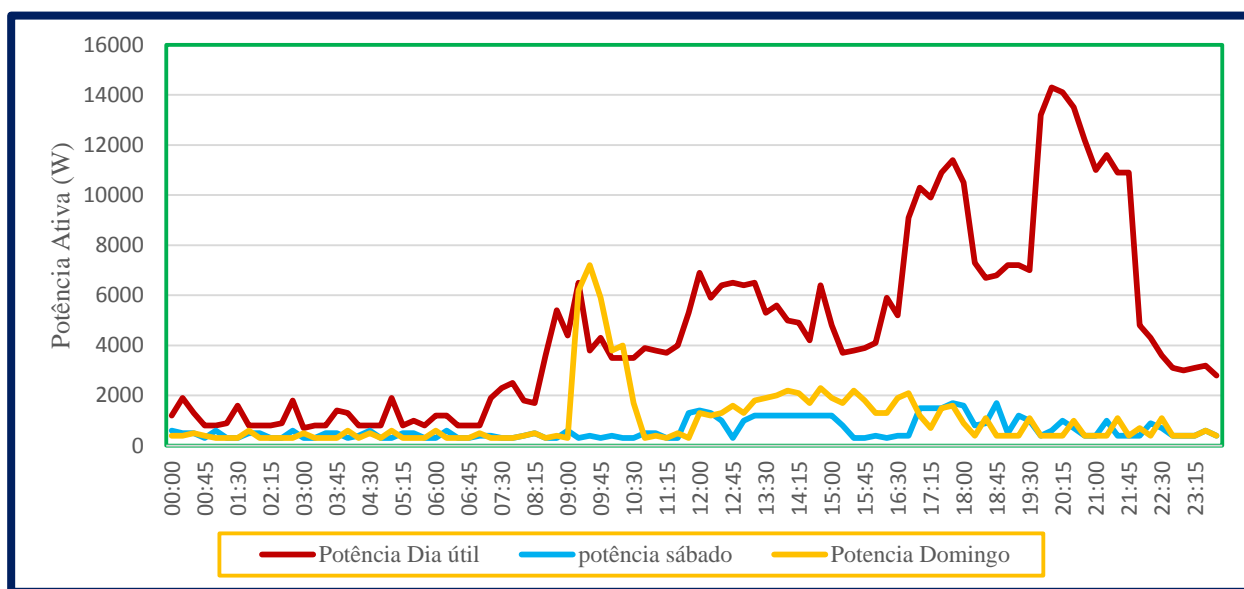


Figura 36- Diagramas de carga de dia útil, sábado e domingo da zona desportiva

Tabela 19- Potências média, máxima, mínima e fator de carga do diagrama de carga da zona desportiva.

	Potência Média (kW)	Potência Máxima (kW)	Potência Mínima (kW)	Fator de Carga
Dia útil	4,64	14,3	0,7	0,32
Sábado	0,63	1,7	0,3	0,37
Domingo	1,03	7,2	0,3	0,14

Tal como na zona dos lacticínios, a zona desportiva apresentou distorção harmónica na onda de tensão no ano de 2013. Na tabela 20 estão apresentados valores referentes à monitorização de 2013.

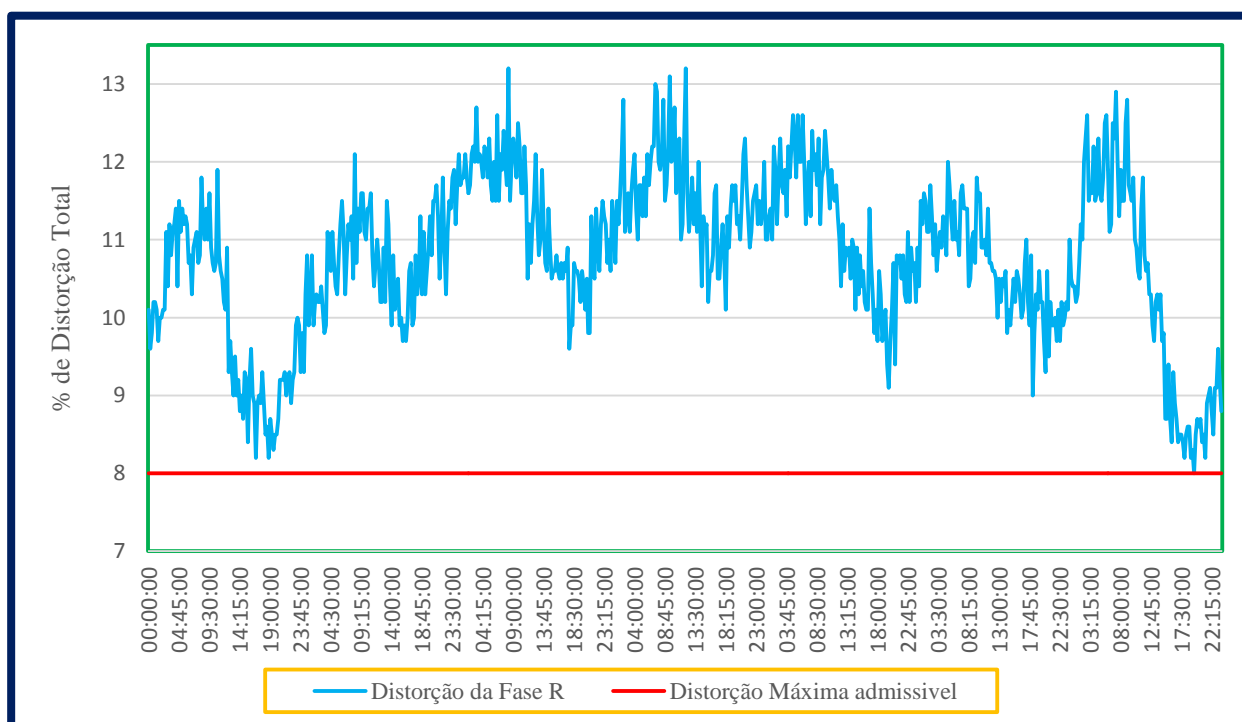
**Tabela 20-** Distorção média, máxima e mínima nas 3 fases.

	Distorção Média (%)	Distorção Máxima (%)	Distorção Mínima (%)
Fase R	9,39	15,2	3,4
Fase S	9,42	15,6	3,4
Fase T	9,47	15,6	3,5

Obteve-se resultados semelhantes para todas as fases de alimentação da zona desportiva, sendo a distorção mínima de 3,4%, a máxima de 15,6% e a média de, aproximadamente, 9,43%.

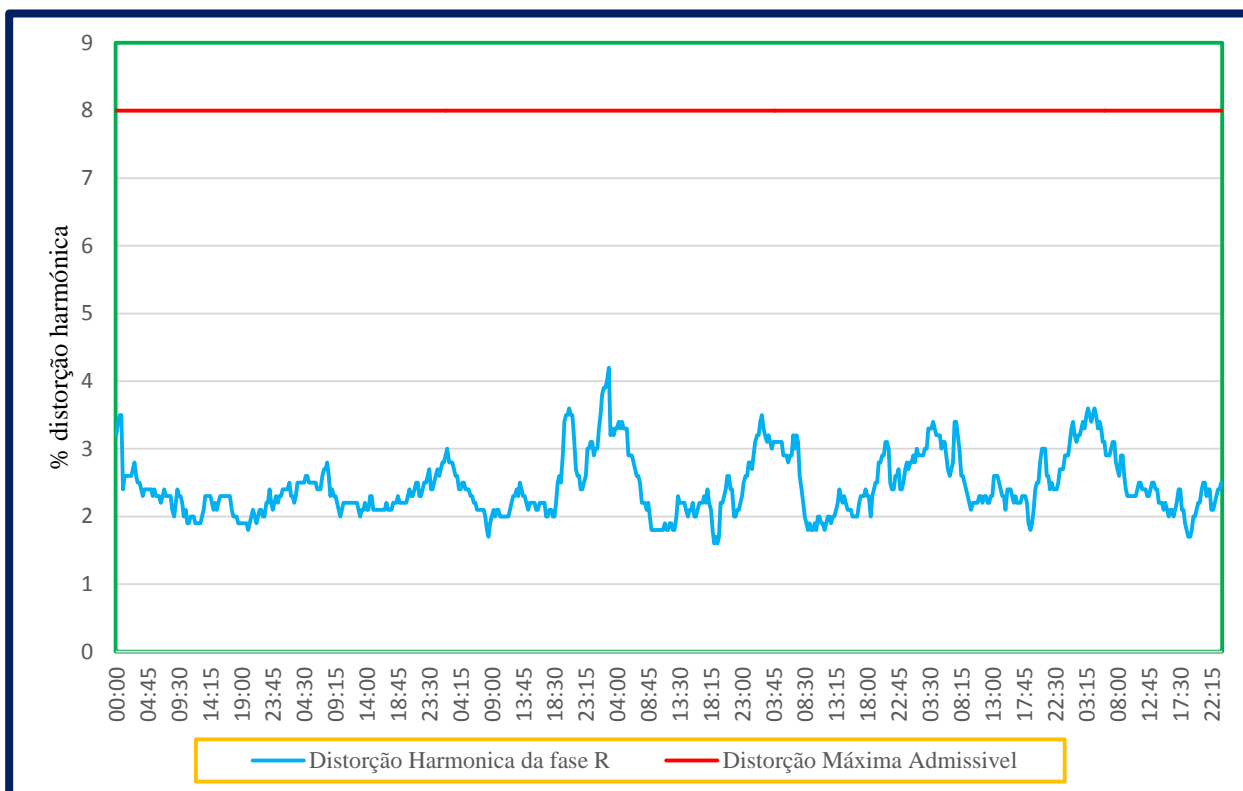
A figura 37 permite observar que os picos máximos de distorção ocorrem durante a semana e os mínimos ao fim de semana e sexta ao fim do dia, já a distorção média é superior em dias úteis.

Durante esta semana os valores de distorção não apresentaram sequer uma amostra abaixo do máximo de 8% admissível, daí a distorção média de cada fase ser tão elevada, o que faz com que as amostras com distorção reduzida fossem casos pontuais.



**Figura 37-** Distorção da onda de tensão da zona desportiva entre dia 16 (Sábado) e 22 (sexta) de junho de 2013

A distorção em 2014 é muito inferior nunca atingindo valores superiores a 4,2% nesta semana e 4,8% nas monitorizações.



**Figura 38-** Distorção harmónica da tensão da fase R de alimentação da zona desportiva entre 8 (sábado) e 14 (sexta) de fevereiro de 2014.

**Tabela 21-** Distorção média, máxima e mínima de cada fase de alimentação da zona desportiva

	Distorção Média (%)	Distorção Máxima (%)	Distorção Mínima (%)
Fase R	2,37	4,80	1,20
Fase S	2,13	4,40	1,00
Fase T	2,23	4,50	1,00

Regista-se então um decréscimo significativo de 4,93% de distorção harmónica média, tendo o máximo de distorção reduzido para menos de metade do seu antigo valor e a mínima é um terço do que era em 2013.

É claro que a zona dos lacticínios tem uma distorção da onda de tensão muito superior à da zona desportiva no ano de 2014, sendo a distorção média dos lacticínios cerca de 3% superior à da zona desportiva.



## 5.4-Medidas para redução de consumos e custos em energia elétrica

Ao analisar a faturação da ESAC constatou-se que têm sido pagos valores de consumo de energia reativa nos anos mais recentes, em vários meses da estação quente. Visto a ESAC já ter instalada uma bateria de condensadores, este custo não deveria existir, portanto, ou a capacidade da bateria está subdimensionada, ou não está a funcionar convenientemente.

A tendência tem sido a de aumentar bastante os custos, estimando-se o custo em de cerca de 2000€ anuais (com IVA incluído) ao fim de 2014, ou seja, cerca de 1,48% dos custos totais da faturação prevista para este ano (previstos seguindo a tendência até junho de 2014).

Ao estudar os diagramas de carga anuais e analisando o efeito da sazonalidade nos consumos, constatou-se que haverá muita utilização de equipamentos de aquecimento elétrico ambiente elétrica, muito provavelmente do tipo resistivo e disperso pela instalação, com grande impacto nos consumos utilizado por alunos e funcionários têm grande impacto nos consumos. O impacto é de tal maneira grande que as curvas do diagrama de sazonalidade têm alto declive positivo e a potência média em meses de inverno chega a ser quase o dobro da potência média no verão.

Uma recomendação que se pode deixar à gestão da ESAC é que se possível aumente os raios de locais climatizados com o sistema central de aquecimento a gás e/ou invista em aparelhos com um COP bastante superior ao aquecimento por efeito de Joule ( $COP=1$ ) para instalar em certas divisões em que seja mais frequente o uso de aquecedores elétricos.

A redução da utilização do aquecimento resistivo levaria a uma redução bastante significativa nos custos, pois os efeitos da sazonalidade terem sido muito mais sentidos em horas de maior custo.

No que toca a aquecimento e arrefecimento, é de notar que muitos dos aparelhos elétricos em funcionamento já têm uma certa idade e já se tornaram pouco eficientes. Assim, a troca destes por outros mais eficientes traria alguma poupança à fatura mensal (mais reduzida que a poupança com substituição de aquecimento resistivo).

No que toca à iluminação, esta já é bastante eficiente pois foi celebrado um contrato com o estado português de ajuda para instalação de iluminação fluorescente eficiente em todas as salas e corredores, neste caso lâmpadas fluorescentes T5.

As lâmpadas são eficientes mas, a falta de sistemas de controlo faz com que existam gastos desnecessários, tornando o sistema de iluminação global menos eficiente.

Para aumentar a eficiência global do sistema de iluminação devem ser instalados sensores de movimento e luminosidade (em áreas envidraçadas ou com claraboias) nos corredores, na

esplanada e área com mesas junto ao bar do corredor do AE, na Biblioteca (junto às estantes de livros) e nas casas de banho.

Durante as visitas ao Campus observou-se que nos laticínios e na zona desportiva existem cargas com grandes consumos, os laticínios com 2 bombas de 3 kW cada usadas no processo de osmose, um frizador, assim como 2 compressores, um de grande porte não muito utilizado e um com potência ligeiramente menor utilizado a maioria do dia (sendo este último muito antigo). Na zona desportiva existe um motor de rega de maior potência.

Olhando para este caso, é aconselhável verificar casos como estas cargas que trabalham por vezes em períodos de pontas e cheias e verificar se existe possibilidade de os seus acionamentos poderem ser adiados ou adiantados para horas de menor custo de energia, ou casos como os exaustores das cantinas que também trabalham sempre ao fim de semana sem se justificar.

Com o decorrer dos anos, muita da maquinaria utilizada em regime quase permanente (como o compressor bastante antigo nos laticínios) já não tem eficiência na utilização da energia. Estudando quais dessas máquinas com consumo razoável de energia e com maior idade, é possível dizer quais seriam as mais apropriadas para serem retiradas de serviço em troca por uma mais eficiente.

## 6. Conclusão

Esta dissertação vem trazer um estudo da evolução dos consumos e custos nos diferentes períodos horários, conseguindo-se medir os impactos que as ações da ESAC surtiram na redução de consumos e custos, sendo a redução de consumos superior em períodos de horas de ponta e cheias. Os custos aumentaram bastante a partir de fim de 2011 devido à carga fiscal e ao aumento do custo da energia.

Vimos que, nos dois últimos anos, os custos já têm tendência para diminuir existindo ainda espaço de manobra para os reduzir ainda mais, visto existirem gastos desnecessários com energia reativa, aquecimento resistivo intenso, mau controlo de utilização da iluminação, entre outros.

Com as monitorizações feitas a várias secções da ESAC foi possível fazer uma divisão de consumos por cada PT, assim como desagregar os consumos dos postos de transformação, de modo a especificar os consumos e os seus horários em cada secção.

Com essa informação vimos, também, que, das zonas com maior consumo do PT1, as duas com maior percentagem de consumo de energia (pavilhão e bar do corredor da AE) têm consumos bastante superiores em horas de vazio, estando a base dos diagramas situadas em horas de cheias. As restantes zonas que foram consideradas de maior consumo apresentam consumos bastante superiores em horas de ponta e cheias o que é normal visto ser o horário normal de funcionamento da ESAC.

Já nas zonas do PT2, o bloco J apresenta semelhanças com os blocos do PT1 visto que foram registados maiores consumos em horas cheias e pontas, mas a potência média encontrada nas monitorizações é bastante inferior. O edifício dos lacticínios apresentou um consumo superior em horas cheias e pontas, mas o seu consumo depende do acionamento de grandes cargas, logo, é muito oscilatório. Os consumos na zona desportiva são superiores ao fim do dia, havendo apenas um pequeno pico de consumo entre 10 e 12 horas da manhã.

Olhando para todos estes diagramas de carga é possível averiguar onde os impactos de medidas para redução de consumo originariam maiores reduções nos custos.

Conclui-se na análise de distorção harmónica que os problemas existentes nos lacticínios e na zona desportiva em 2013 deixaram de existir em 2014.

Não foram notados grandes desequilíbrios de tensão apesar de se suspeitar, que a zona da casa do bispo e casas nas zonas florestais esteja com um abaixamento de tensão na alimentação dessas infraestruturas, mas como não existem cargas muito sensíveis nesses

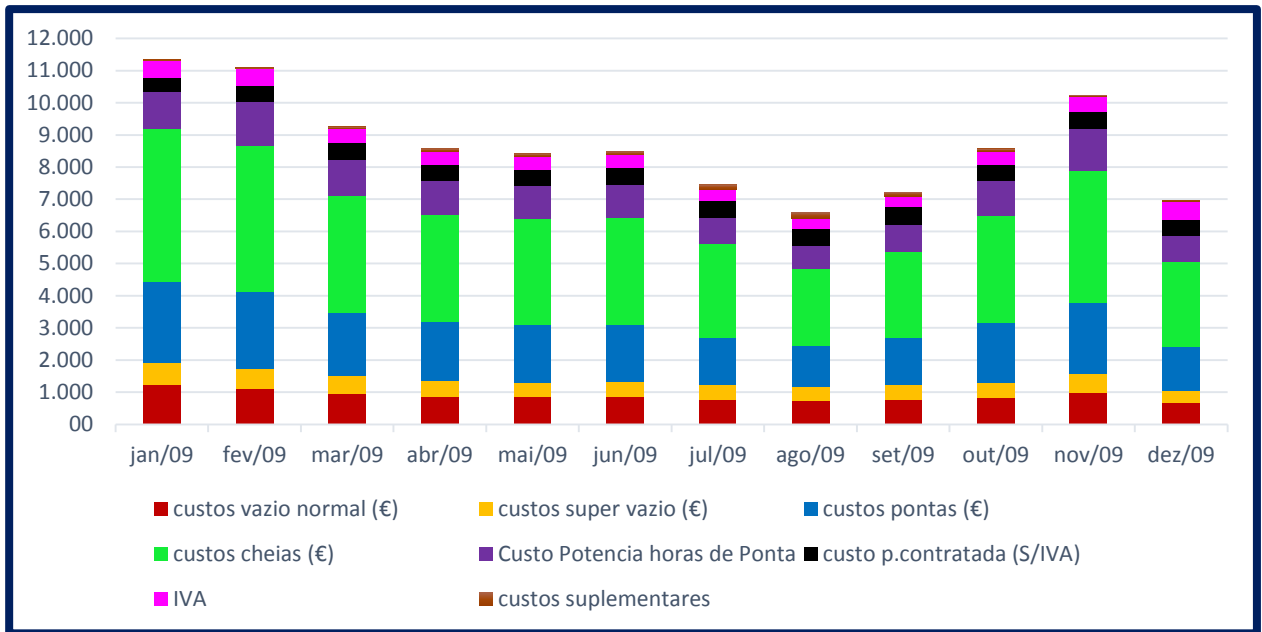
locais não foram feitas monitorizações a essas construções (também registam pouco consumo).

A ESAC deve continuar os esforços para reduzir custos, para isso é recomendável que sejam feitas monitorizações às zonas não monitorizadas do PT2, pois estas abrangem 41% dos consumos, com intuito de completar a desagregação de consumos feita ao PT2. Aconselha-se também a que seja feita uma monitorização ao bloco J mais prolongada, porque tive à minha disposição dados relativos a apenas um dia útil (diminuindo assim a precisão da desagregação).

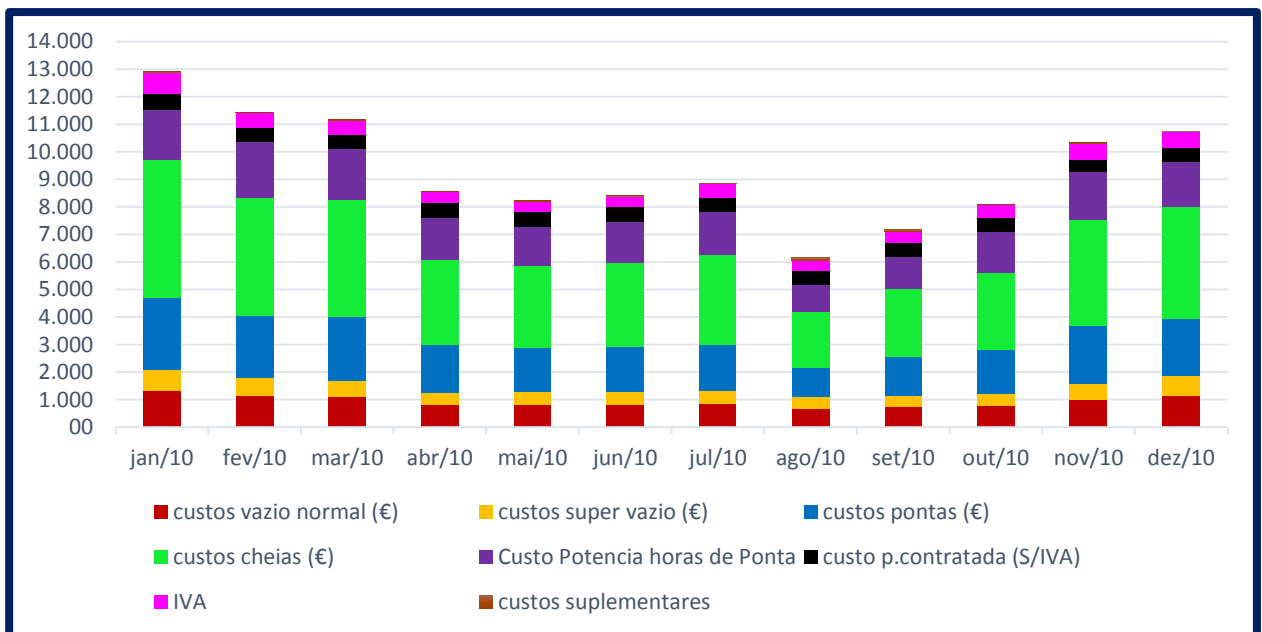
## 7. Bibliografia

- (1) ADENE, “Guia de Eficiência Energética”
- (2) Almeida, Aníbal Traça Carvalho de, Álvaro; Patão, Carlos; Ferreira Fernando; Marques, (3)Lino; Fonseca, Paula; Behnke, Rayner, Manual Técnico de Gestão de Energia. Coimbra: DEEC-FCTUC.
- (3) Jorge, Humberto; Qualidade de Energia – Harmónicas, DEEC-FCTUC.
- (4) Portal da ESAC. Escola Superior Agrária de Coimbra, Apresentação.
- (5) Gomes, Álvaro, Apontamentos da disciplina de Gestão de Energia e na Indústria, DEEC-FCTUC.
- (6) Oliveira, Afonso, Seminário “Energia e Qualidade do Ar Interior, Aplicabilidade, Questões e soluções”.
- (7) AREAM, “Guia para a eficiência energética e a qualidade do ar interior na escola”
- (8) Decreto-Lei N.º 29/2011
- (9) Leal, André, Dissertação de mestrado “Auditoria Energética ao Campus da ESAC”

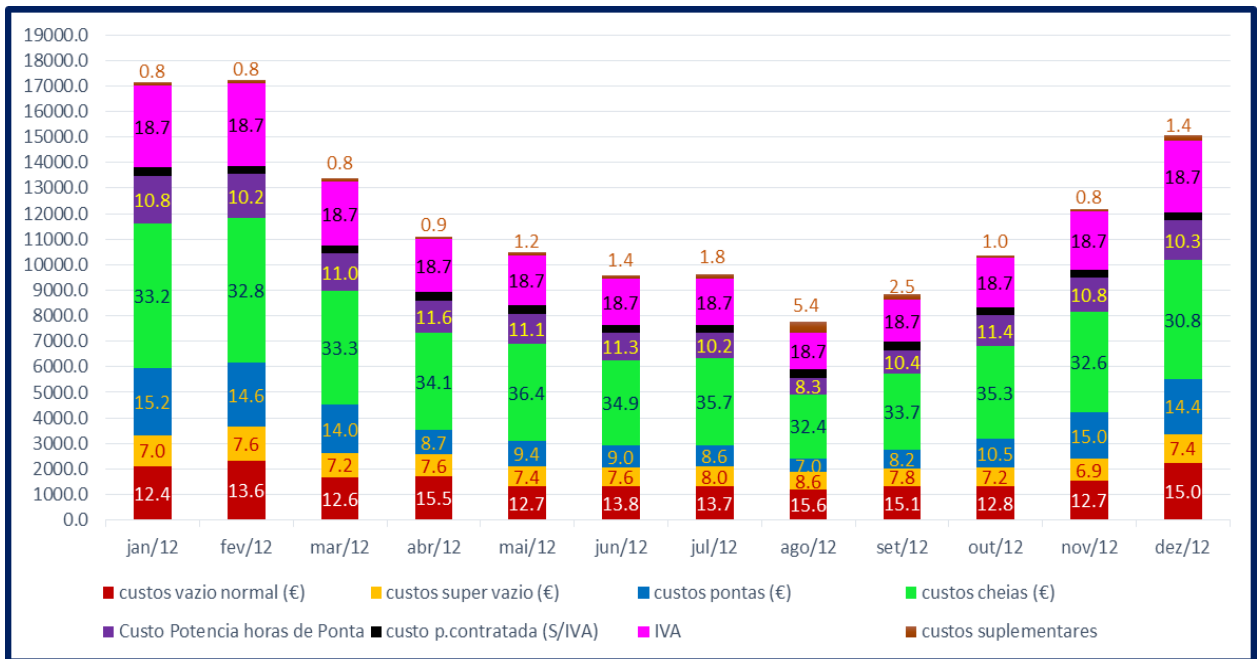
## Anexos



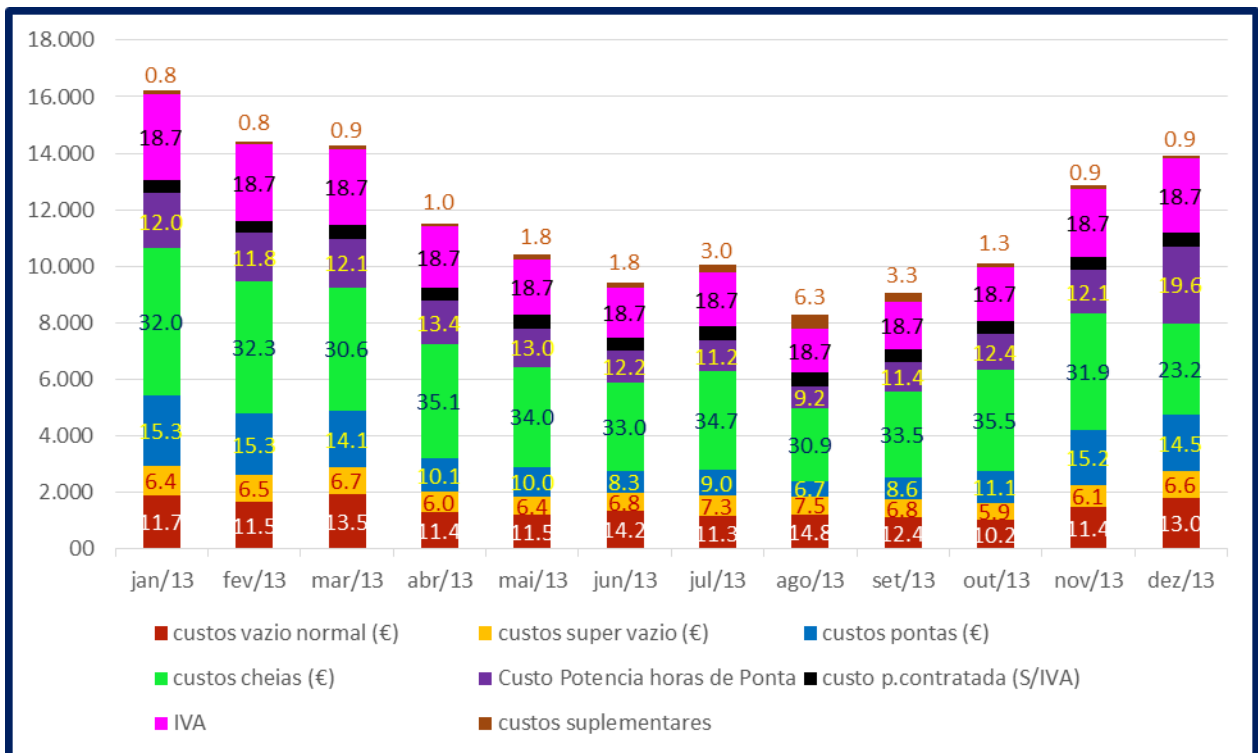
Anexo1- custos mensais de 2009



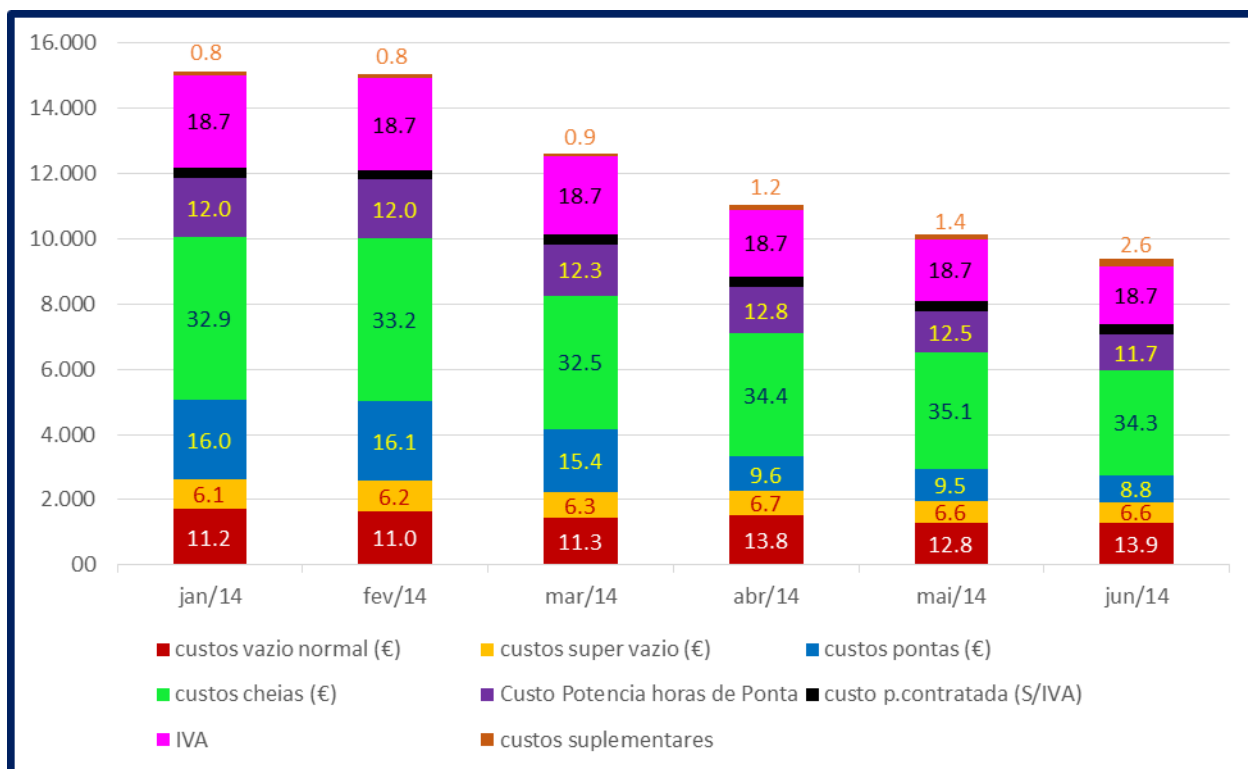
Anexo – Custos mensais 2010



Anexo 4 – Custos mensais 2012

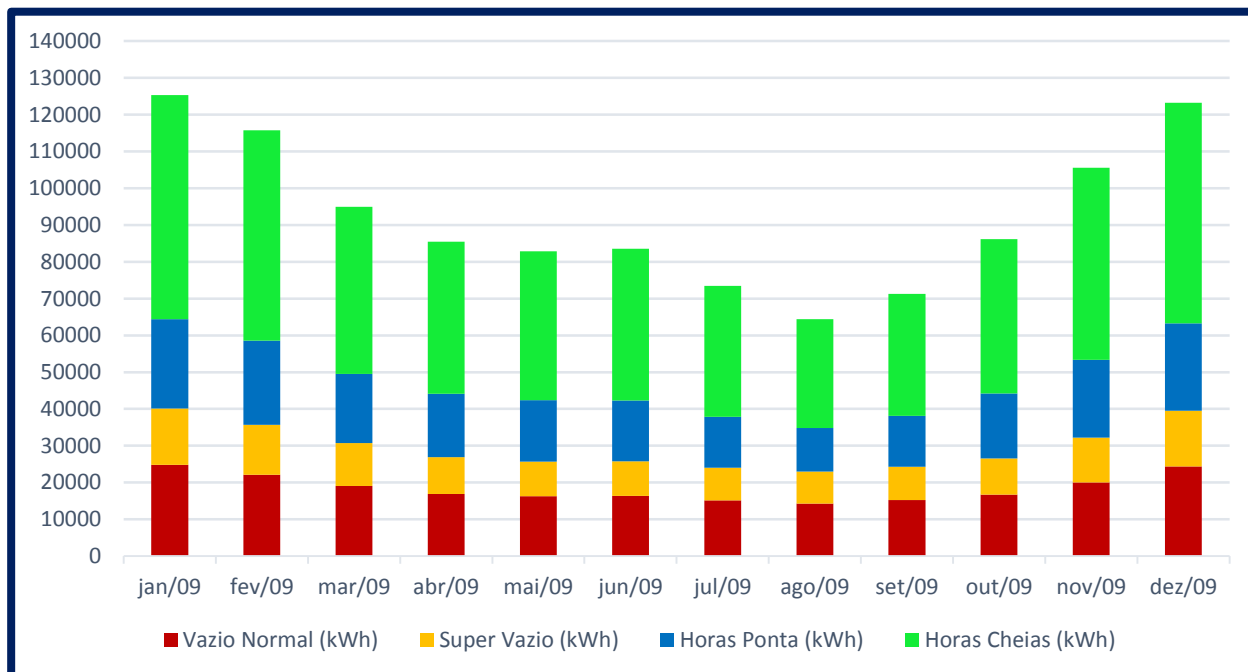


Anexo 5- Custos mensais 2013



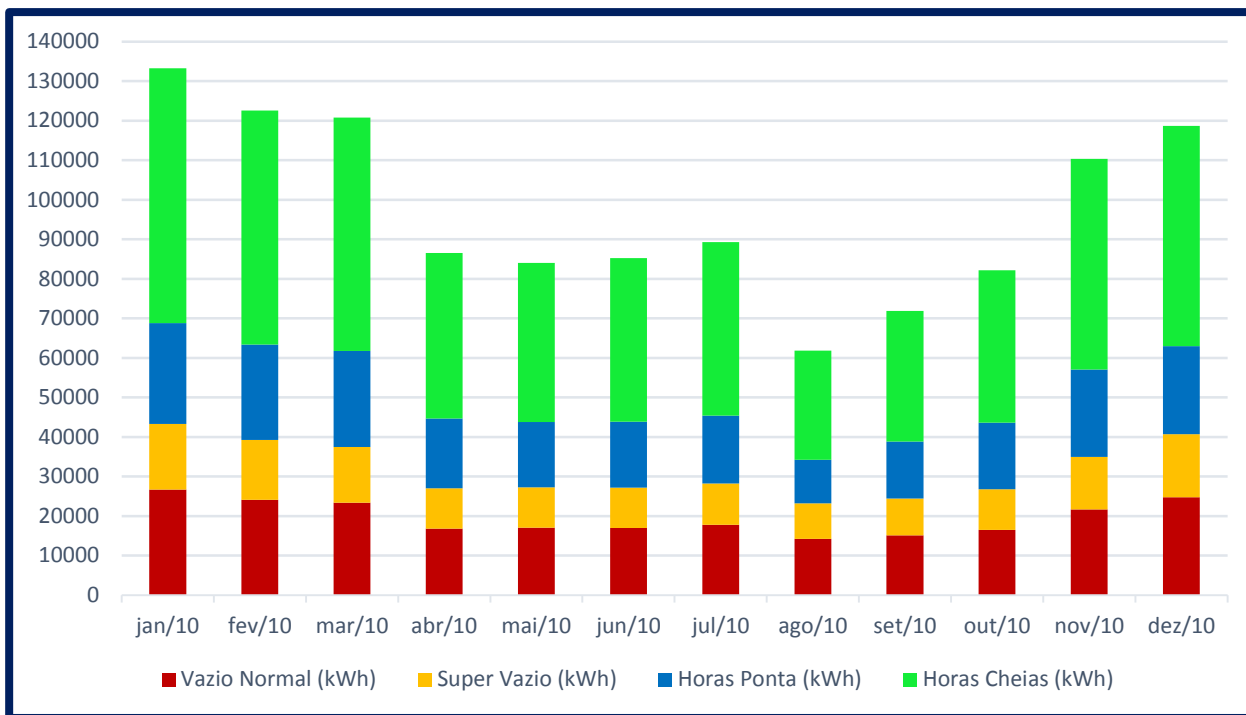
Anexo 6- Custos mensais 2014

### Consumos mensais de Energia Ativa

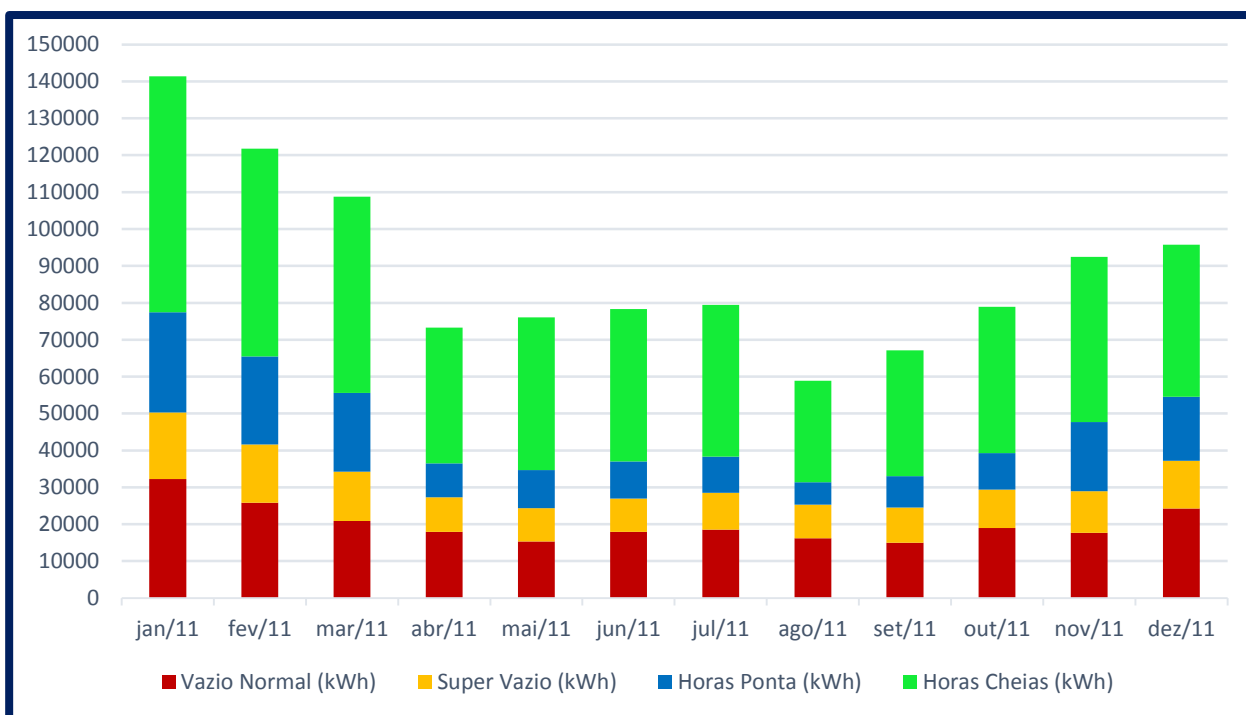


Anexo 7 – Consumos mensais de 2009

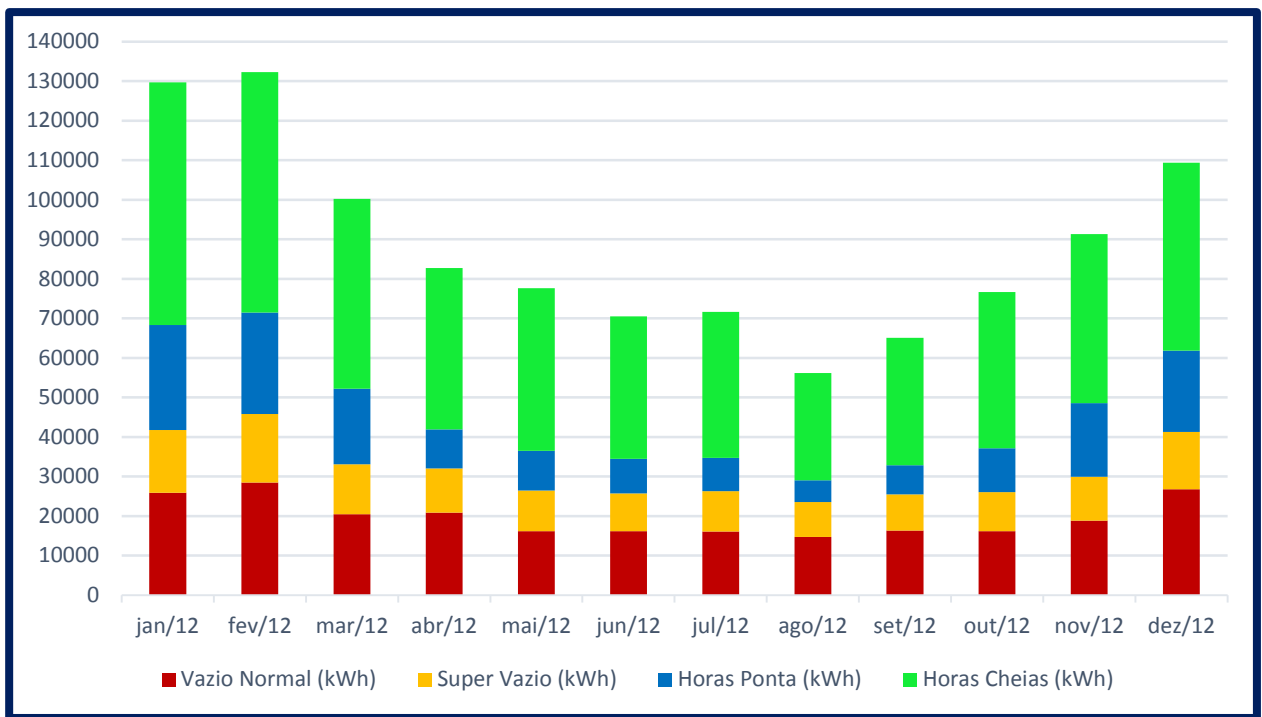




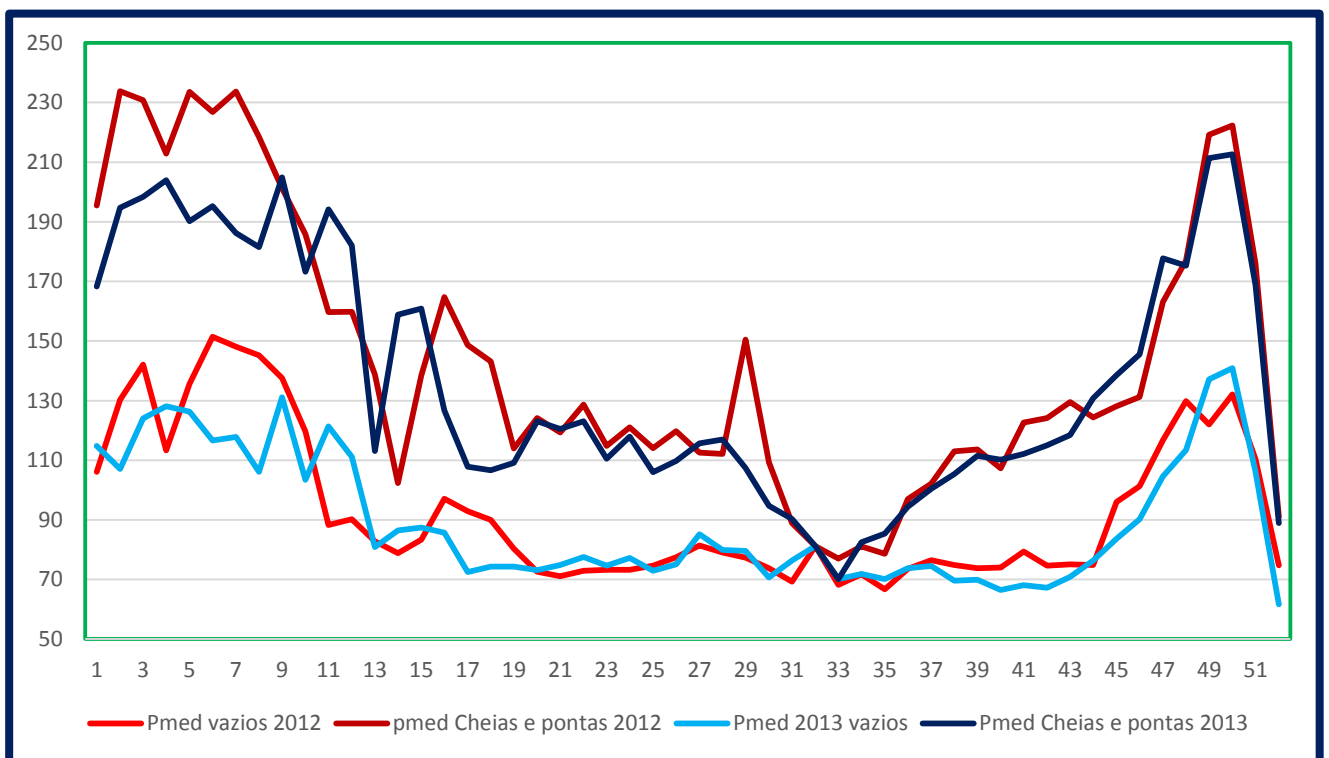
Anexo 8 – Consumos mensais de 2010



Anexo 9- consumos mensais em 2011



Anexo 10- Consumos mensais em 2012



Anexo 11-diagramas de carga de 2012 e 2013 separado por horários de vazios e alto custo da energia