

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Paulo Miguel Coelho Alves

MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
INTEGRAÇÃO DE RENOVÁVEIS PARA
AUTOCONSUMO NUM EDIFÍCIO PÚBLICO

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Eletrotécnica e de Computadores, na área de Energia, orientada
pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge e
apresentada ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores

Outubro de 2021



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
INTEGRAÇÃO DE RENOVÁVEIS PARA
AUTOCONSUMO NUM EDIFÍCIO PÚBLICO**

Candidato: Paulo Miguel Coelho Alves

Júri:

Presidente: Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

Vogal: Professora Doutora Ana Raquel Gonçalves Soares

Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Coimbra, outubro de 2021

"Uma visão que não é executada, é só uma alucinação."

Thomas Edison

Agradecimentos

Gostaria de deixar aqui um sentido agradecimento à minha família, muito em especial e por sempre me terem apoiado, incentivado e encorajado incondicionalmente a prosseguir este percurso, à minha mãe Cerzelina Acúrcio e ao meu pai Franquelim Acúrcio, que infelizmente já não pode testemunhar este momento, mas que tenho a certeza que, onde quer que ele esteja, estará a rejubilar de alegria, da mesma forma que o faria se ainda cá estivesse, por me ver concluir esta etapa, não esquecendo o meu irmão Rui Alves e a minha irmã Carla Tomáz pelo seu incansável apoio.

Não posso deixar de dar também um agradecimento especial ao meu filho, Diogo Alves, que ainda em tenra idade, foi muitas vezes privado da minha presença para eu poder continuar esta caminhada, assim como à sua mãe, Milena Luís, avó, Teresa Ventura e em especial ao seu avô, Júlio Luís, que muitas vezes me veio trazer ao Departamento para eu poder assistir às aulas, por me encontrar debilitado fisicamente e não me poder deslocar pelos meus próprios meios. Nessa altura eram também os meus pais que, no fim, me levavam a casa.

Um forte agradecimento ao meu orientador, Professor Doutor Humberto Jorge, que acreditou em mim desde o primeiro momento em que lhe falei na possibilidade de desenvolver o tema desta dissertação e que me incentivou até ao fim para a conclusão da mesma, assim como a todos os professores que fizeram parte do meu percurso escolar.

Agradeço também com grande apreço, ao Engenheiro Pedro Mota Santos, da Câmara Municipal de Coimbra, por sempre ter colaborado comigo neste trabalho, com grande vontade e alegria e por também sempre me ter dado um forte incentivo para prosseguir e concluir este percurso. Igualmente para o Engenheiro Ulisses e ao Engenheiro Valdemar pela confiança demonstrada.

Quero também agradecer a todos os funcionários da Câmara Municipal que colaboraram comigo para a realização deste estudo, em especial aos eletricitistas que me acompanharam para o levantamento de toda a instalação do edifício.

Um forte agradecimento aos meus colegas de curso, que me acompanharam ao longo destes anos e que muitas vezes foram um grande suporte e incentivo em longas horas de estudo, de dia e de noite, em especial ao Tiago Roia, pelo seu forte contributo nesta reta final.

Por último, mas não menos importantes, e esperando que não levem a mal quem eu não conseguir aqui mencionar, quero agradecer a todos os meus amigos de uma vida, muito em especial, aos meus grandes amigos Bruno Carvalho e Pedro Oliveira, por me terem sempre apoiado e estarem sempre a meu lado ao longo destes anos.

Um grande bem-haja a todos!

Resumo

A presente dissertação tem como objetivo principal sugerir medidas de eficiência energética a serem aplicadas num edifício público, tendo em conta a redução dos encargos com o consumo de energia elétrica, assim como o panorama atual das alterações climáticas e a problemática da redução dos Gases com Efeito de Estufa no Planeta.

Sendo trabalhador da Câmara Municipal de Coimbra, e estando consciente da necessidade de redução dos encargos públicos em geral e do Município em particular, decidi propor ao Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge a utilização de um edifício municipal para a concretização desta dissertação.

Através de contactos com responsáveis da Câmara Municipal, foi identificado o edifício da Casa Municipal da Cultura, como sendo um edifício pertinente para a realização deste trabalho.

O estudo foi efetuado tendo em conta a legislação aplicável para o efeito, que incentiva a melhoria energética dos serviços, edifícios e equipamentos públicos, nomeadamente o Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública (ECO.AP), aplicável ao Estado, mas cujas orientações e boas práticas podem ser aplicadas à Administração Local.

Por outro lado, o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), tendo como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), que, não sendo o caso do edifício da Casa Municipal da Cultura por ter um consumo anual inferior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep), podem também ser aplicadas as suas normas voluntariamente, com o objetivo de cumprir as novas exigências ao nível da emissão de gases de efeito de estufa e promover utilização racional de energia.

Durante o estudo foi efetuada uma auditoria energética, procedendo à análise das faturas do fornecedor de energia, efetuando visitas ao edifício para levantamento da instalação elétrica, efetuadas medidas de consumo de energia e verificados hábitos de utilização do edifício.

Foi decidido centrar os esforços no estudo dos equipamentos de iluminação, pela sua elevada potência instalada e forte utilização, assim como a possibilidade de integração de energias renováveis.

Foram identificadas seis formas possíveis de tornar o consumo de energia elétrica mais eficiente no edifício, nomeadamente, fazer a alteração do período horário de faturação da energia, efetuar uma campanha de sensibilização dos seus utilizadores, proceder à instalação de sensores

crepusculares e de presença em vários locais do edifício em geral e nos silos de arquivo, em particular e por fim, a instalação de painéis solares fotovoltaicos.

Espera-se assim, permitir a redução do consumo e a redução de custos com a energia elétrica no edifício, possibilitando também a integração de energias renováveis, assim como incentivar a adoção de boas práticas na utilização da energia elétrica e que as mesmas possam ser aplicadas também a outros edifícios públicos.

Palavras Chaves:

- Eficiência Energética;
- Redução de Consumos;
- Energias Renováveis;
- Edifícios Públicos.

Abstract

The main goal of this dissertation is to suggest energy efficiency measures to be applied in a public building, considering the reduction of charges with the consumption of electricity, as well as the current panorama of climate change and the problem of reducing Gases with Effect of Greenhouse on the Planet.

As a worker in the Municipality of Coimbra and being aware of the need to reduce public costs in general and in the Municipality in particular, I decided to propose to Professor Dr. Humberto Manuel Matos Jorge the use of a municipal building to carry out this dissertation.

Through contacts with those responsible for the City Council, the building of the Municipal House of Culture was identified as a relevant building for this work.

The study was carried out considering the applicable legislation for the purpose, which encourages the energy improvement of public services, buildings and equipment, namely the Energy Efficiency Program for Public Administration (ECO.AP), applicable to the State, but whose guidelines and good practices can be applied to Local Administration.

On the other hand, the Intensive Energy Consumption Management System (SGCIE), with the objective of promoting energy efficiency and monitoring the energy consumption of Intensive Energy Consumer installations (CIE), which, not being the case of the Municipal House of Culture building, as it has an annual consumption of less than 500 tons of oil equivalent (tep), its standards can also be applied voluntarily, in order to comply with the new requirements in terms of the emission of greenhouse gases and promote rational use of energy.

During the study, an energy audit was carried out, analyzing the energy supplier's invoices, visiting the building to survey the electrical installation, carrying out energy consumption measures and verifying the building's usage habits.

It was decided to focus efforts on the study of lighting equipment, due to its high installed capacity and strong use, as well as the possibility of integrating renewable energies.

Six possible ways were identified to make the consumption of electricity more efficient in the building, namely, changing the hourly period for energy billing, carrying out an awareness campaign for its users, installing twilight and presence sensors in various building sites in general and in archive silos in particular, and finally, the installation of photovoltaic solar panels.

It is expected, therefore, to allow the reduction of consumption and the reduction of costs with electrical energy in the building, also enabling the integration of renewable energies, as well as

encouraging the adoption of good practices in the use of electrical energy and that they can be applied also to other public buildings.

Keywords:

- Energy Efficiency;
- Reduction of Consumption;
- Renewable Energy;
- Public Buildings.

Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
Índice.....	xi
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas.....	xv
Lista de abreviaturas.....	xvii
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento.....	3
2.1. Política energética nacional.....	3
2.2. Legislação.....	5
2.2.1. Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia.....	5
2.2.2. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.....	6
2.3. Auditoria energética.....	7
Tipos de auditoria.....	7
Fases da auditoria.....	8
2.4. Plano de Racionalização do Consumo de Energia.....	11
2.5. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético.....	13
Conceito base.....	13
Elaboração do plano de M&V.....	15
Fronteiras de medição.....	15
Períodos de medição.....	16
Tipo de Ajustes.....	17
Opções do IPMVP.....	17
Plano de M&V.....	19
3. Consumo de Energia Elétrica e Envolvente.....	21

3.1. Edifício da Casa Municipal da Cultura	21
Caracterização	21
Sistemas de iluminação do edifício:	23
3.2. Faturação da Energia Elétrica	24
3.3. Consumos de Energia Elétrica	26
4. Medidas de racionalização e redução de custos de energia	33
4.1. Alteração da opção de período horário de faturação de eletricidade	33
4.2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos	34
4.3. Controlo de Iluminação no edifício.....	35
4.4. Controlo de Iluminação nos Silos do Arquivo	37
4.5. Tecnologia de Iluminação obsoleta.....	39
4.6. Instalação de Painéis Fotovoltaicos.....	40
5. Conclusão.....	47
Referências	49
Apêndice A.....	51
1. Alteração do período horário de faturação.....	53
2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos.....	55
3. Controlo de iluminação no edifício.....	57
4. Controlo de Iluminação no Silos do Arquivo	59
5. Instalação de luminárias com tecnologia LED	61
6. Instalação de Painéis Fotovoltaicos	65

Lista de figuras

Figura 1 Exemplo de histórico de consumo de energia. [13].....	14
Figura 2 Silo de arquivo de livros e outras publicações.....	22
Figura 3: Ciclo semanal para todos os fornecimentos de energia elétrica em Portugal Continental. [14]	24
Figura 4: Energia ativa faturada no ano de 2016.	25
Figura 5: Consumo médio diário, por mês, nos anos de 2014, 2015 e 2016 calculado através dos dados obtidos por telecontagem.	25
Figura 6: Custo mensal com a energia ativa consumida.	26
Figura 7: Consumo de energia elétrica acumulado, dos anos 2014, 2015 e 2016.	27
Figura 8: Consumo semanal de energia elétrica nos anos de 2015 e 2016.	28
Figura 9: Gráfico que representa a sazonalidade normalizada do consumo de energia elétrica. ..	29
Figura 10: Energia consumida por período horário no ano de 2016.	30
Figura 11: Potência elétrica registada, em horário de Super Vazio.	30
Figura 12: Diagrama de Carga e energia consumida no período horário de Super Vazio, durante a última semana de junho de 2016.	31
Figura 13:Ciclos semanais para fornecimentos de energia elétrica em Portugal Continental - comparação [14].....	33
Figura 14: Instalações da Fonoteca, situadas no piso -3.	35
Figura 15: Circuitos de iluminação de um silo de arquivo.	37
Figura 16: Produção, Autoconsumo e Injeção na Rede, para vários níveis de potência instalada dos Painéis Fotovoltaicos.....	41
Figura 17: Percentagem de energia elétrica produzida pelos Painéis Fotovoltaicos, injetada na rede;	42
Figura 18: Preços da energia elétrica no Mercado Ibérico de Energia Elétrica, nos últimos anos. [16]	42
Figura 19: Preços da energia elétrica no Mercado Ibérico de Energia Elétrica, em 2021. [16]....	43
Figura 20: Variação dos preços da energia no Mercado Ibérico de Energia Elétrica – MIBEL. [16]	43
Figura 21: Valor do Euro por Watt Pico para um período de retorno de 6 anos.....	44
Figura 22: Diagrama de carga do edifício, do mês de janeiro e produção de energia elétrica fotovoltaica (100kWp).	45

Figura 23: Diagrama de carga do edifício, do mês de Maio e produção de energia elétrica fotovoltaica (100kWp).	45
Figura 24: Diagrama de carga do edifício, do mês de agosto e produção de energia elétrica fotovoltaica (100kWp).	45
Figura 25: Percentagem da energia produzida, injetada na rede elétrica.	46
Figura 26: Variação da Energia Elétrica, por Período Horário de Faturação.	53
Figura 27: Cobertura do edifício da Casa Municipal da Cultura. [18].....	66

Lista de tabelas

Tabela 1: Tecnologia presente nas luminárias do edifício.	23
Tabela 2: Luminárias dos silos de arquivo.	23
Tabela 3: Luminárias fluorescentes, presentes no edifício.	24
Tabela 4: Estimativa para a redução de consumos na Fonoteca com a aplicação de interruptores crepusculares com deteção de presença.	36
Tabela 5: Estimativa para a redução de consumos nas escadas dos elevadores, com a aplicação de detetores de presença.	36
Tabela 6: Estimativa dos custos com circuitos de iluminação num silo de arquivo.	38
Tabela 7: Estimativa dos custos com circuitos de iluminação num silo de arquivo.	38
Tabela 8: Resultados com a colocação de tecnologia LED da iluminação, com um período de retorno inferior a 3 anos.	39
Tabela 9: Resultados com a colocação de tecnologia LED da iluminação, com um período de retorno igual ou superior a 3 anos e inferior a 5.	40
Tabela 10: Resumo dos resultados obtidos para a instalação de uma unidade de produção Fotovoltaica com uma potência instalada de 100 kWp.	46
Tabela 11: Custos anuais com a Energia Ativa, com a alteração do ciclo de faturação;	54
Tabela 12: Lista de medidas para redução de tempo de funcionamento da iluminação no edifício em geral.	58
Tabela 13: Lista de medidas para redução de tempo de funcionamento da iluminação nos silos de arquivo.	60
Tabela 14: Lista das medidas para instalação de luminárias LED.	62
Tabela 15: Resultados obtidos pela aplicação das medidas de racionalização de energia com um período de retorno do investimento inferior a 3 anos.	63

Lista de abreviaturas

- AVAC** – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
- BCS** – Boletim Climatológico Sazonal
- C** – Horas de Cheio
- C P** – Horas de Ponta
- CAPC** – Centro de Artes Plásticas de Coimbra
- CEE** – Consumo Específico de Energia
- CIE** – Consumidoras Intensivos de Energia
- CMCC** – Casa Municipal da Cultura
- CMVP** – Certified Measurement and Verification Professional
- DC** – Diagrama de Carga
- ECO.AP** – Eficiência Energética para a Administração Pública
- ERSE** – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
- ESE** – Empresas de Serviços Energéticos
- EVO** – Efficiency Valuation Organization
- GEE** – Gases de Efeito de Estufa
- IC** – Intensidade Carbónica
- IE** – Intensidade energética
- IEE** – Indicador de Eficiência Energética de um edifício
- IPMA** – Instituto Português do Mar e da Terra
- IPMVP** – International Performance Measurement & Verification Protocol
- M&V** – Planos de Medição e Verificação
- MIBEL** – Mercado Ibérico de Energia Elétrica
- MRE** – Medidas de Racionalização de Consumo de Energia
- MT** – Media Tensão
- ORC** – Oportunidades de Racionalização de Consumo
- PNAEE** – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
- PNAER** – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
- PNEC** – Plano Nacional Energia e Clima
- PREn** – Plano de Racionalização do Consumo de Energia
- RECS** – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
- REH** – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
- RGCE** – Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia

RNC – Roteiro para a Neutralidade Carbónica

SCE – Sistema de Certificação Energética dos Edifício

SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

SV – Horas de Super Vazio

V – Horas de Vazio

VBA – Visual Basic for Applications

1. Introdução

Dentro do panorama que a humanidade enfrenta na atualidade, são colocados desafios aos quais jamais estivemos sujeitos.

A vida na terra enfrenta desafios terríveis em que a sua sobrevivência está condicionada à alteração dos hábitos humanos e da reformulação de todo um paradigma que vivemos até hoje, e que se não for alterado rapidamente e de uma forma sustentada, todos enfrentaremos grandes dificuldades num futuro próximo.

As alterações climáticas a que hoje estamos sujeitos, estão, segundo os cientistas, amplamente influenciadas pelos hábitos humanos e pela poluição por eles criada.

A emissão de Gases de Efeitos de Estufa para a atmosfera, é um dos fatores que está a impulsionar o aquecimento global do planeta e a produção de energia elétrica é uma das atividades que mais contribui para este problema.

Assim, torna-se imperioso que a aposta na redução dos consumos de energia elétrica, na eficiência energética e na produção de energia elétrica por fontes renováveis de energia seja o foco principal de todos os cidadãos, para que se possa minimizar os efeitos causados pela atividade humana no futuro do Planeta.

Este estudo foi proposto no sentido de dar o contributo para a melhoria energética de um edifício público, assim como para a redução dos consumos e custos com a energia no setor público, mais concretamente, neste caso, na Câmara Municipal de Coimbra, proporcionando também a sua participação para o bem global na redução da pegada ecológica, no âmbito da necessidade da diminuição, direta ou indireta, das Emissões de Gases de Efeitos de Estufa.

Foi estabelecido contacto com os responsáveis da Câmara Municipal de Coimbra, nomeadamente com o Diretor do Departamento, Engenheiro Ulisses, com o Chefe do Gabinete Engenheiro Valdemar e com o Engenheiro Pedro Mota Santos, no sentido de identificar um edifício para aplicação prática do estudo, assim com de apurar as necessidades existentes para a sua concretização.

O edifício da Casa Municipal da Cultura foi indicado como uma estrutura com potencial e com necessidade de uma intervenção a nível da eficiência energética, tendo sido efetuadas várias visitas ao local para levantamento da instalação e conhecimento dos hábitos de utilização do mesmo, com a colaboração dos funcionários locais e dos eletricitas do município.

Por fim, dentro das normas legalmente aplicáveis, foram identificadas algumas formas para concretização dos objetivos previstos.

2. Enquadramento

2.1. Política energética nacional

A problemática das alterações climáticas, a nível mundial, levou a que fosse celebrado o Acordo de Paris, em 2015, por forma a que fossem tomadas medidas para que a temperatura média global não sofresse um aumento superior a 2°C, relativamente à que se verificava na época pré-industrial. Foi assumido o compromisso para esse valor não ultrapasse os 1,5°C, definidos cientificamente como sendo o limite para que as alterações climáticas sejam suportáveis para a vida na Terra. Para atingir este objetivo, é necessário reduzir a emissão de Gases com Efeitos de Estufa (GEE), tendo Portugal assumido, em 2016, na Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, o compromisso de atingir a Neutralidade Carbónica até 2050, estabelecendo as linhas orientadoras e medidas a tomar no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050) [1].

Com base nos compromissos assumidos pela União Europeia, os Estados Membros uniram esforços a fim de adotar medidas que possibilitem a melhoria do desempenho no sector da energia. Em Portugal, em termos de eficiência energética, foi estabelecido como objetivo geral, a redução do consumo de energia primária¹, tendo sido definidas duas ideias fundamentais em termos de política energética:

- i. Racionalidade;
- ii. Sustentabilidade.

Neste sentido, foram tomadas medidas de eficiência energética e utilização de fontes endógenas de energia renovável, assim como de redução de custos que oneram os preços da energia.

Os objetivos gerais da política definida são reduzir significativamente, e de uma forma sustentável, as emissões dos Gases de Efeito de Estufa, aumentar a segurança do País reforçando a diversificação das fontes de energia primária, contribuir para a redução da despesa, em particular no sector público, aumentando a eficiência energética, permitindo, por outro lado, aumentar a

¹ A energia primária encontra-se disponível na natureza, sem ainda ter sofrido qualquer transformação, sob a forma de recursos naturais, tais como, minerais, vegetais, animais, água, sol ou vento. As principais fontes de energia primária são o petróleo, o gás natural, o carvão mineral, os vegetais, resíduos animais, energia solar, eólica, hídrica, entre outras. A energia primária é sujeita a um processo de transformação, a fim de a converter em energia secundária, como por exemplo, a gasolina, o gasóleo ou a eletricidade. Posteriormente esta é convertida na energia final para poder ser utilizada no dia a dia, sob a forma de calor, iluminação, movimento, entre outros.

competitividade da economia, através da redução dos custos associados à fatura energética das empresas e particulares.

Para implementar a política definida, foram desenvolvidos programas e planos por forma a realizar as medidas necessárias e atingir determinados objetivos, nomeadamente, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER), instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis, assim como o Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública (ECO.AP), que constitui um instrumento de execução do PNAEE de forma a estabelecer uma política de eficiência energética, nomeadamente, nos serviços, edifícios e equipamentos da Administração Pública [2].

A contratação de Empresas de Serviços Energéticos (ESE) é uma das medidas prevista pelo Programa ECO.AP, que tem como objetivo a alteração de comportamentos e a promoção de uma gestão racional dos serviços energéticos, fornecidos pelas mesmas, que por sua vez devem também estabelecer medidas para a melhoria da eficiência energética nas instalações do consumidor final. A remuneração dos serviços prestados pelas ESE, é condicionada pela melhoria de critérios de desempenho e eficiência energética, que possam ser estabelecidos em termos contratuais.

Deve ser indicado um gestor local de energia, responsável pela dinamização e verificação das medidas para a melhoria da eficiência energética.

As entidades que representem, em conjunto, pelo menos 20% do consumo de um ministério de que dependam, e que tenham consumos superiores a 100 MWh/ano, individualmente ou agrupadas, devem celebrar contratos de gestão de eficiência energética. Devem ser alvo da adoção e implementação de um plano de ação de eficiência energética as entidades ou serviços que não se enquadrem dentro destas condições.

Outras medidas estabelecidas no ECO.AP são a promoção de um programa que vise o aumento da eficiência na iluminação pública, assim como a criação de um barómetro de eficiência energética, destinado a comparar e a tornar público o desempenho energético dos serviços da Administração Pública [3].

O Programa ECO.AP aplica-se ao Estado, podendo, no entanto, as suas orientações e boas práticas ser adotadas pela Administração Local [4].

A década de 2021-2030 é crucial para alcançar os compromissos assumidos, tendo sido elaborado o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) onde se encontram definidas metas que permitam a adaptação da atividade económica para uma redução das emissões de GEE face a 2005,

entre 45% e 55%, a integração de 47% de energias renováveis no consumo final de energia e a redução de 35% de energia primária.

O Programa ECO.AP tinha como objetivo aumentar a eficiência energética em 20% até 2020 nos serviços, edifícios e equipamentos da Administração Pública.

No sentido do cumprimento das metas e objetivos definidos no PNEC 2030, foi criado o Programa ECO.AP 2030, adaptando e renovando a promoção das políticas de eficiência energética, a utilização de fontes de energia renovável e a otimização de recursos [5].

2.2. Legislação

2.2.1. Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

O Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), regulamentado pelo Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de abril, no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 15 de outubro, que prevê a revisão do Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia (RGCE), tem como objetivo promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), tendo em conta as novas exigências ao nível da emissão de gases de efeito de estufa, a revisão da fiscalidade no sector energético e a necessidade de promover acordos para a utilização racional de energia.

Em termos legais, é imposta a aplicação do SGCIE a instalações CIE, com consumos superiores a 500 toneladas equivalentes de petróleo no ano civil imediatamente anterior (500 tep/ano).

No caso de edifícios que não se encontrem na área de uma instalação CIE, devem-se aplicar os regimes previstos no Decreto-Lei 101-D/2020, de 7 de dezembro .

No entanto, é também possível, sendo considerada inclusivamente uma boa prática, a aplicação do SGCIE a instalações que, tendo consumos inferiores aos exigidos, pretendam de forma voluntária, promover um aumento da sua eficiência energética.

Torna-se obrigatória a realização de auditorias energéticas periódicas por parte dos operadores de instalações CIE, com vista à verificação de todos os aspetos que levem à melhoria da eficiência das instalações e à redução da fatura energética.

O SGCIE determina a periodicidade de seis anos, das auditorias energéticas obrigatórias para instalações CIE com consumo igual ou superior a 1000 tep/ano, realizando a primeira delas, até quatro meses após o registo. Para instalações com consumos igual ou superior a 500 tep/ano e inferior a 1000 tep/ano, as auditorias obrigatórias deverão ser realizadas com periodicidade de oito anos e a primeira, realizada no prazo de um ano após o registo. Podem ainda ser realizadas as auditorias que se considerarem necessárias, para além das consideradas obrigatórias, com vista a promoção da eficiência energética da instalação [6].

A conversão de energia elétrica em toneladas equivalentes de petróleo é definida por despacho da DGEG, sendo utilizada a seguinte fórmula [7]:

$$\text{Energia elétrica (tep / kWh)} = \frac{\eta_{\text{elétrico}}}{86 \times 10^{-6}} \quad (1)$$

Considera-se o valor do rendimento elétrico médio ($\eta_{\text{elétrico}}$) igual a 0,4 pelo que se deve considerar:

$$1kWh = 215 \times 10^{-6} \text{ tep} \quad (2)$$

2.2.2. Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

O Decreto-Lei n.º 101-d/2020, de 7 de dezembro, regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e estabelece os requisitos aplicáveis à conceção e renovação de edifícios, com o objetivo de assegurar e promover a melhoria do respetivo desempenho energético através do estabelecimento de requisitos aplicáveis à sua modernização e renovação.

Vem assim transpor para a ordem jurídica nacional a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, sobre a eficiência energética. Transpõe ainda, parcialmente, para a ordem jurídica nacional, a Diretiva (UE) 2019/944 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de junho de 2019, relativa a regras comuns para o mercado interno da eletricidade, e que altera a Diretiva 2012/27/EU, a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018, relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis. Procede à terceira alteração ao Decreto - Lei n.º 56/2012, de 12 de março, alterado pelos Decretos-Leis n.ºs 55/2016, de 26 de agosto, e

108/2018, de 3 de dezembro, que aprova a orgânica da Agência Portuguesa do Ambiente, I. P. e procede ainda, à segunda alteração ao Decreto -Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, alterado pelo Decreto -Lei n.º 64/2020, de 10 de setembro, que estabelece disposições em matéria de eficiência energética e produção em cogeração, transpondo a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética.

Assim, os edifícios novos ficam sujeitos ao cumprimento dos requisitos de comportamento térmico e desempenho energético, definidos no referido Decreto-Lei, por forma a alcançarem níveis de desempenho energético elevados, sendo estes revistos periodicamente com intervalos não superiores a cinco anos [8].

2.3. Auditoria energética

A auditoria energética é uma ferramenta essencial para que se possam identificar e implementar, da forma mais correta, oportunidades de racionalização de consumo (ORC), através da caracterização das condições de geração, distribuição e utilização da energia, tendo por base a possibilidade da redução de custos, através do aumento da eficiência energética e/ou da diminuição do consumo de energia elétrica.

É necessário proceder à caracterização detalhada das condições de utilização da energia, identificando e quantificando as formas de energia e os consumos energéticos utilizados, tendo em conta as fontes de energia e formas de utilização final, sectores ou equipamentos importantes em termos de consumo. Por outro lado, a auditoria deve avaliar o estado de conservação e segurança da instalação elétrica, equipamentos elétricos existentes e estrutura do edifício.

Com base nos dados e informações recolhidas, devem ser formuladas medidas de otimização de consumos e elaborados planos de racionalização de consumos técnico-economicamente viáveis, considerando os cenários mais adequados, bem como a sua posterior verificação [9].

Tipos de auditoria

O alcance de uma auditoria energética pode atingir vários níveis, dependendo do que seja solicitado pelos responsáveis da instalação. O estudo poderá incidir sobre um sistema ou equipamento, como por exemplo, iluminação ou climatização, quer num determinado sector, uso final da energia, ou toda a instalação.

O nível de detalhe poderá variar de auditoria para auditoria, ou até na mesma auditoria, podendo ser necessário apenas uma síntese dos consumos ou uma caracterização detalhada por uso final, sector, circuito ou equipamento.

Neste sentido, poder-se-ão considerar os seguintes tipos de auditoria:

- i. Auditoria sintética: síntese dos consumos, com recurso a faturas energéticas, por forma a obter um panorama geral da utilização da energia;
- ii. Auditoria genérica/deambulatória: inspeção das instalações por forma a verificar as condições de utilização da energia;
- iii. Auditoria analítica: análise de dados dos consumos por equipamento, tendo em conta padrões de operação;
- iv. Auditoria tecnológica: alteração da forma de utilização de energia, que poderão permitir decidir alternativas de operação [10].

Fases da auditoria

- i. Preparação:

Reconhecimento das instalações, equipamentos e formas de utilização da energia elétrica, assim como sensibilização e responsabilização dentro da organização quer ao nível dos utilizadores finais de energia, quer da própria administração, tendo em conta a obtenção objetiva de resultados.

Esta fase é essencial para delinear estratégias para a otimização de consumos, tal como para a implementação de medidas de racionalização de consumos e assim sensibilizar os responsáveis a tomar a decisão de aplicação de uma estratégia, considerando que serão seleccionadas medidas que apresentem um retorno do investimento num curto prazo [10].

- ii. Análise de dados documentais:

Numa fase inicial, procede-se à análise das faturas energéticas por forma a obter uma caracterização geral sobre a utilização de energia num determinado período de tempo. Desta forma torna-se possível ter conhecimento dos encargos anuais e tipo de utilização da energia, bem como o modo como é feito o consumo ao longo do tempo.

A caracterização dos consumos pode ser efetuada através da análise de faturas ou registo de dados de consumo de equipamentos identificados como maiores consumidores de

energia, utilizando, por exemplo, diagramas de carga, ciclos de funcionamento e rendimento [10].

iii. Visita às instalações:

Na visita às instalações procede-se à recolha detalhada das condições de utilização de energia, adquirindo um conhecimento pormenorizado acerca da instalação, área envolvente e formas de utilização da energia, assim como dos sistemas maior consumidores de energia e caracterização da utilização de equipamentos e espaços do edifício. Deverá ser efetuada a desagregação de consumos, por tipo de utilização, nomeadamente, iluminação, AVAC (Aquecimento, ventilação e Ar Condicionado), força motriz, processos e outros equipamentos. Será também possível verificar a necessidade de monitorizar determinados sectores, circuitos ou equipamentos a fim de proceder à respetiva recolha de dados, bem como a verificação do estado geral da instalação, área envolvente e equipamentos. Por outro lado, devem-se ter em conta possíveis consumos desnecessários, má utilização de equipamentos ou falta de manutenção das instalações, fatores estes que poderão levar a uma mais correta identificação de ORC [10].

iv. Recolha automática de dados

Depois da identificação dos sectores, circuitos ou equipamentos a monitorizar, procede-se à recolha dos dados de consumo das principais cargas, através de equipamentos adequados, de modo a proceder à sua caracterização detalhada [10].

v. Compilação e análise de dados

Com os dados recolhidos sobre os consumos, efetua-se um estudo analítico, recorrendo possivelmente a ferramentas de tratamento de dados, a fim de obter um conhecimento mais profundo acerca a utilização da energia na instalação [10].

vi. Identificação de ORC

A identificação de oportunidades de racionalização de consumo será efetuada com base no conhecimento adquirido através das visitas às instalações, assim como da análise dos dados recolhidos.

Os custos associados a cada ORC, assim como as poupanças obtidas e consumos evitados serão essenciais para a elaboração de propostas de intervenção através de Medidas de

Racionalização de Consumo de Energia (MRE), que permitam aumento da eficiência energética e a consequente diminuição de custos com a compra de energia.

Como medidas de racionalização de consumo de energia elétrica, podemos referir como exemplo:

- Sensibilização dos utilizadores para as questões da utilização racional da energia (como por exemplo, não manter equipamentos ligados quando não estão a ser utilizados);
- Escolha adequada do tarifário para o padrão de consumos verificado;
- Controlo automático da operação de determinados equipamentos (como por exemplo, iluminação);
- Separação de circuitos por tipo de utilização, facilitando o controlo de operação;
- Sempre que possível, privilegiar a utilização de sistemas passivos, nomeadamente de iluminação, ventilação ou climatização (Como por exemplo, utilização de estores para permitir ou impedir a iluminação natural ou ventilação natural para climatização ou renovação do ar);
- Utilização de sistemas AVAC centralizado, por forma a permitir um melhor controlo;
- Geração local, através da utilização de energias renováveis;
- Correção do fator de potência;
- Manutenção programada;
- Substituição de equipamento por outros mais eficientes [10].

2.4. Plano de Racionalização do Consumo de Energia

Após a elaboração dos relatórios das auditorias obrigatórias, deve ser elaborado um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn), onde estarão presentes as MRE, ordenadas da mais simples e económica, para a mais complexa e dispendiosa. O tempo de retorno do investimento será, em termos económicos, uma das principais características a ter em conta na avaliação às medidas elaboradas.

As medidas identificadas devem ser implementadas no prazo de três anos, consoante os seguintes casos [6]:

Período de retorno do investimento das medidas	Instalações com Consumo anual
≤ 3 anos	< 1000 tep/ano
≤ 5 anos	≥ 1000 tep/ano

Devem ser estabelecidas metas relativas a determinados indicadores energéticos, nomeadamente:

- i. Intensidade energética (IE) [6]:

$$IE = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{\text{Valor Acrescentado Bruto}} \left[\frac{\text{kgep}}{\text{€}} \right] \quad (3)$$

Kgep – quilograma equivalente de petróleo.

- ii. Consumo Específico de Energia (CEE) [6]:

$$CEE = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{\text{Volume de Produção}} \left[\frac{\text{kgep}}{\text{unidade de produção}} \right] \quad (4)$$

- iii. Indicador de Eficiência Energética de um edifício (IEE) [11]:

Para o caso de edifícios, não sendo possível calcular os indicadores energéticos IE e CEE, é utilizado o Indicador de Eficiência Energética, calculado através da energia primária consumida pela instalação durante um ano, expressa em quilowatt hora (*kWh*) ou tonelada equivalente de petróleo (*tep*), por metro quadrado.

$$IEE = \frac{\text{Consumo Total de Energia}}{\text{Área interior útil de pavimento}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \right] \text{ ou } \left[\frac{\text{tep}}{\text{m}^2 \cdot \text{ano}} \right] \quad (5)$$

iv. Intensidade Carbónica (IC) [6];

$$IC = \frac{\text{Emissões de Gases de Efeito de Estufa}}{\text{Consumo Total de Energia}} \left[\text{kgCO}_2\text{e/tep} \right] \text{ ou } [GJ] \quad (6)$$

kgCO₂e – Valor referido a quilogramas de CO₂ equivalente.

O fator de emissão de Gases de Efeito de Estufa, associado ao consumo de eletricidade é de 0,47 kgCO₂e/kWh [7].

Os cálculos devem ter por base, dados relativos ao ano civil anterior à realização da auditoria [9].

As metas relativas aos indicadores energéticos devem, no mínimo, cumprir uma melhoria de [6]:

i. IE e CEE:

Consumo anual da instalação	Melhoria de
< 1000 tep/ano	4% em 8 anos
≥1000tep/ano	6% em 6 anos

Nota: o IE e o CEE não são aplicáveis a edifícios de serviços.

ii. IC: manter os valores históricos.

Ao longo do período de aplicação do PREn, deve ser efetuado um acompanhamento a fim de verificar se as metas estão a ser cumpridas e tomar novas medidas caso os objetivos não estejam a ser alcançados [6].

2.5. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético

No âmbito do Plano de Racionalização do Consumo de Energia, devem ser elaborados Planos de Medição e Verificação (M&V) para que seja possível constatar a eficácia das medidas adotadas, em termos de poupança e eficiência energética.

Um dos requisitos, em termos da qualificação das ESE (Empresas de Serviços Energéticos), no âmbito dos contratos de desempenho por parte do Estado, qualificadas a projetos de edifícios ou equipamentos com consumo anual superior a 3 *GWh*, é dispor de um técnico habilitado como *Certified Measurement and Verification Professional* (CMVP), no âmbito do *International Performance Measurement & Verification Protocol* (IPMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético), para ESE nível 2 [12].

Trata-se de um protocolo desenvolvido pela *Efficiency Valuation Organization* (EVO – Organização para a Avaliação de Eficiência), sociedade privada sem fins lucrativos, que tem como objetivo quantificar e gerir os riscos e benefícios relativos a investimentos em eficiência energética, energias renováveis e consumo eficiente de água.

O IPMVP não é mais do que um conjunto de práticas comuns para a medição, cálculo e informação da poupança, desenvolvidas essencialmente por voluntários, que pretendem de uma forma sólida, clara e fiel permitir a obtenção de informação para a realização de relatórios de poupança num projeto de eficiência energética e consumo eficiente de água, para umas determinadas instalações. Não sendo formalmente uma norma, a realização de relatórios de poupança com base no IPMVP não obedece a um mecanismo de conformidade formal, mas deve, no entanto, ser consistente com a terminologia nele definida, referir as opções de M&V a serem utilizadas, dentro das quatro disponíveis (descritas mais à frente), os métodos de medição e análise utilizados, os procedimentos de garantia de qualidade a serem seguidos e as pessoas responsáveis pela M&V [13].

Conceito base

A poupança real, ou consumo de energia evitado, obtida após a implementação das Medidas de Racionalização de Energia (MRE) numa instalação, não é possível medir diretamente, uma vez que o consumo de energia está associado a diversos fatores, sujeitos a variações aleatórias, como por exemplo variações climatéricas, variação na produção ou variações na afluência de utilizadores de um determinado serviço.

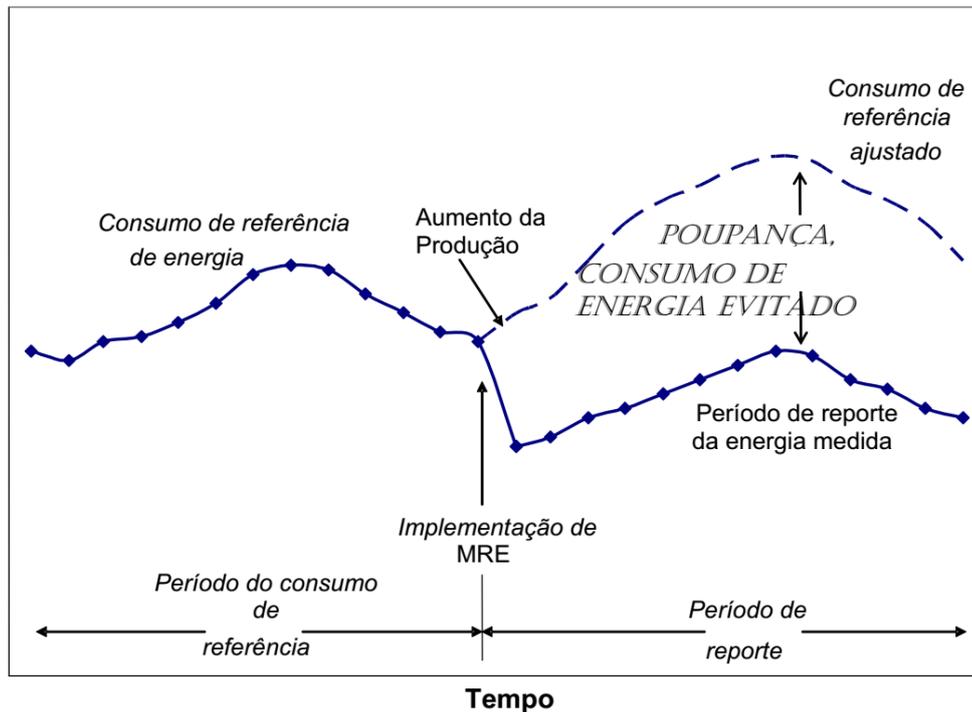


Figura 1 Exemplo de histórico de consumo de energia. [13]

Ao período em que são efetuadas as medições, antes da implementação das MRE, dá-se o nome de período de referência, no qual é medido o consumo de referência.

Após a implementação das medidas, inicia-se o período de reporte, onde é medido o respetivo consumo de energia na instalação. É também calculado o consumo de referência ajustado, que tem por base o consumo de referência, assim como os respetivos ajustes que possam existir, devido a eventuais alterações às condições iniciais, e que representa o consumo neste período se não tivessem sido aplicadas as MRE.

A poupança pode então ser calculada através da diferença entre consumo de referência ajustado e o consumo medido no período de reporte. O cálculo da poupança deve também refletir eventuais alterações durante o período de reporte.

$$Poupança = (Consumo de Referência - Consumo do Período de Reporte) \pm Ajustes \quad (7)$$

O termo Ajustes da equação (7) contempla a diferença entre as condições no período de referência e o período de reporte, por forma a distinguir um relatório de poupança real, de uma simples diferença de custos ou consumos, entre períodos com ou sem MRE. [13]

Elaboração do plano de M&V

A elaboração das M&V e reporte de informação, segue em paralelo com a elaboração e implementação das MRE, devendo-se ter em conta o seguinte:

- i. Planear relatórios de M&V tendo em conta as pretensões do utilizador, nomeadamente se a sua intenção for a poupança no custo global da fatura energética ou se as MRE forem específicas para um determinado equipamento ou setor da instalação;
- ii. Selecionar a opção do IPMVP mais adequada ao objetivo das MRE e ter em conta a necessidade de precisão, assim como o orçamento para a M&V;
- iii. Decidir se os ajustes a serem efetuados nos consumos de energia serão efetuados no período de reporte ou noutra conjunto de condições;
- iv. Definir a duração do período de referência e do período de reporte;
- v. Registrar os dados relevantes de energia e funcionamento no período de referência para consulta futura;
- vi. Com a informação obtida nos pontos anteriores, elaborar um Plano de M&V e definir os passos seguintes;
- vii. Instalar, calibrar e colocar em funcionamento equipamentos de medição necessários para executar o Plano M&V;
- viii. Após a instalação das MRE, rever os seus procedimentos de funcionamento e proceder à inspeção dos equipamentos instalados, a fim de verificar se estão em conformidade com o que se encontra planeado;
- ix. Durante o período de reporte, registar os dados de energia;
- x. Calcular e reportar a poupança obtida de acordo com o Plano M&V [13].

Fronteiras de medição

A fronteira de medição não é mais do que o ponto de colocação dos instrumentos de medida na instalação, que vão permitir registar os dados necessários ao cálculo da energia e respetiva poupança.

Ao estabelecer o Plano M&V, deve-se definir a fronteira de medição mais adequada à determinação da poupança, podendo estar incluída toda a instalação, parte dela ou apenas o equipamento alvo das medidas.

Numa medição isolada, a fronteira de medição é estabelecida em torno de um equipamento ou parte da instalação, de modo a verificar o registo energético apenas nesse ponto.

No caso de se pretender verificar o desempenho energético de toda a instalação, a fronteira de medição é estabelecida no Ponto de Entrega de energia, podendo ser aí colocados aparelhos de medida ou utilizados, caso estejam disponíveis, os registos efetuados pela Empresa Fornecedora de Serviços Energéticos.

Os dados recolhidos no período de consumo de referência ou de reporte, poderão não ser consistentes ou estar mesmo em falta. Nestes casos, esses dados poderão ser gerados através de simulação calibrada, sendo a fronteira de medição definida para toda a instalação, parte dela ou em torno apenas de um equipamento.

Por vezes, os efeitos energéticos produzidos pelas MRE, pode-se fazer sentir fora das fronteiras de medição, sendo denominados de Efeitos Interativos. O resultado desses efeitos não deve ser desconsiderado, devendo ser alvo de medição, caso o seu efeito seja considerado significativo. Nos restantes casos, a influência do Efeitos Interativos pode ser estimada de modo a poder ser determinada a poupança ou ignorada, caso em que deve ser incluída no Plano de M&V a importância de cada efeito.

Um exemplo de Efeitos Interativos, é o resultado de uma MRE de iluminação, que poderá reduzir significativamente o efeito de aquecimento produzido pelas luminárias. Esta situação poderá influenciar as necessidades de aquecimento ou arrefecimento nas instalações, não sendo, no entanto, de fácil medição. O seu resultado poderá ter de ser estimado ou ignorado, caso não seja significativo [13].

Períodos de medição

Ao estabelecer o Período de Consumo de Referência, assim como o Período de Reporte, deve-se ter algum cuidado, tendo em conta as seguintes considerações:

- **Período de Consumo de Referência:**
Deve ser definido um período de consumo, antes da aplicação das MRE, de modo a representar um ciclo completo de funcionamento da instalação que permita registar o seu consumo máximo e consumo mínimo de energia.
- **Período de Reporte:**
O Período de Reporte deve ser definido pelo utilizador e deve representar, pelo menos, um ciclo normal de funcionamento da instalação ou equipamento alvo das MRE [13].

Tipo de Ajustes

Todas as situações que influenciem o consumo de energia dentro da Fronteira de Medição e que alterem o resultado da Poupança de energia são consideradas Ajustes.

Os Ajustes são incluídos no cálculo real da Poupança, como referido na equação (7) e podem ser dos seguintes tipos:

- **Ajustes Periódicos:**
São devidos a fatores que alteram de forma regular o consumo de energia (variáveis independentes), dentro do período de reporte, como por exemplo volumes de produção ou condições climatéricas.
- **Ajustes Não-Periódicos:**
São devidos a fatores cuja sua alteração é imprevisível (fatores estáticos), como por exemplo as dimensões e estrutura da instalação e da envolvente, a quantidade ou as características de funcionamento dos equipamentos instalados, o tipo de ocupantes ou o regime semanal de turnos de produção [13].

Assim, a equação (7) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Poupança} = & (\text{Consumo de Referência} - \text{Consumo do Período de Reporte}) \\ & \pm \text{Ajustes periódicos} \pm \text{Ajustes Não_Periódicos} \end{aligned} \quad (7a)$$

Opções do IPMVP

A energia consumida na instalação pode ser medida por várias técnicas, nomeadamente, de entre outros, através de faturas de energia ou da leitura do contador do fornecedor de energia; medições contínuas ou periódicas, através de aparelhos de medida que permitam isolar parte da instalação, da restante, ou monitorizar uma determinada MRE; medição separada de parâmetros usados nos cálculos do consumo de energia, como por exemplo, tensão ou corrente elétrica tempo de funcionamento de um equipamento; ou, inclusivamente, a simulação por *software* do desempenho energético de um sistema ou de uma instalação.

Aquando do desenvolvimento das MRE, deve ser escolhida uma opção, das quatro disponíveis no IPMVP (A, B, C e D), tendo em conta o seu objetivo, a necessidade de precisão e o orçamento para a M&V.

Opção A. Medição Isolada da MRE – Medição dos parâmetros chave:

Com a opção A, são efetuadas medições pontuais ou contínuas, diretamente na instalação, de parâmetros chave do desempenho energético que define o consumo de energia dos sistemas afetados pela MRE, a fim de obter as quantidades de energia necessárias na equação (7), para o cálculo da poupança.

Os parâmetros, que não são medidos, são estimados com base em dados históricos, como por exemplo, o regime de funcionamento dos equipamentos registado no período de referência, especificações do fabricante, testes laboratoriais ou dados climatológicos.

Opção B. Medição isolada da MRE – Medição de todos os parâmetros:

Exige a medição direta, pontual ou contínua, de todos os parâmetros necessários ao cálculo da poupança, produzindo um resultado mais preciso em relação à opção A. Este resultado está associado um aumento da complexidade de medição, que se traduz num superior grau de dificuldade e consequente aumento final de custos.

Opção C. Toda a instalação:

Nesta opção, a medição do consumo de energia, efetuado de forma contínua, em toda a instalação ou grande parte dela, utilizando os contadores da Empresa Fornecedora de Energia ou sub-contadores, é a base do cálculo da poupança.

A poupança reflete o efeito de todas as MRE incluídas dentro da instalação, assim como todos os ajustes efetuados, não relacionados com as mesmas.

Opção D. Simulação calibrada:

A opção D permite calcular o efeito, de uma ou de todas as MRE, na poupança no consumo de energia, através da simulação informática do consumo de energia de toda a instalação ou parte dela.

A simulação tem por base os dados de faturação fornecidos pela Empresa Prestadora de Serviços Energéticos, tipicamente referentes a 12 meses, e que servem para calibrar os modelos do *software* simulação.

Considerações:

Numa medição isolada, a fim de caracterizar os fluxos de energia numa instalação, são normalmente instalados, durante a fase da auditoria energética, aparelhos de medida especiais, por forma a obter consumos de referência e realizar as MRE mais adequadas para cada situação.

Os parâmetros a serem monitorizados, assim como as fronteiras de medição, podem ser os mais variados, de modo a que, no final, se possa obter um resultado de poupança mais preciso.

A medição da energia elétrica na instalação com equipamentos de medida instalados para o efeito, deve utilizar a mesma resolução temporal, registo em intervalos de 15 minutos, utilizada pela telecontagem da Empresa Fornecedora de Serviços Energéticos. Assim será possível analisar de forma coerente os dados adquiridos, e estabelecer uma comparação com os dados obtidos pela telecontagem da Empresa Fornecedora de Energia.

Os aparelhos de medida devem ser calibrados segundo as recomendações do fabricante e seguindo os procedimentos das entidades competentes [13].

Plano de M&V

É recomendada a prévia elaboração de um Plano de M&V, de forma a que, com um custo razoável, estejam disponíveis todos os dados necessários à determinação da poupança real, após a implementação das MRE.

Por outro lado, torna-se necessário o registo para consulta futura, de todos os dados obtidos no Período de Referência, assim como dos pormenores de todas as MRE, implementadas na instalação, caso as condições se alterem ou as medidas não surtam o efeito esperado.

O plano de M&V deve conter:

1. Objetivo da MRE com:
 - a. Descrição completa da medida;

- b. Resultado esperado;
 - c. Procedimentos para colocação em funcionamento;
 - d. Identificação de todas as alterações previstas às condições relativas ao Consumo de Referência, após a implementação da MRE;
2. Referir a opção do IPMVP escolhida para a determinação da poupança para cada MRE;
3. Consumo de referência:
 - a. Identificação do Período de Referência;
 - b. Dados relativos ao consumo de energia;
 - c. Condições do consumo de referência (Variáveis Independentes e Fatores Estáticos);
4. Identificar o Período de Reporte;
5. Definir as condições em que terão de ser efetuados Ajustes na determinação da poupança;
6. Discriminar todos os métodos de análise de dados a serem utilizados;
7. Declarar os preços da energia utilizados para calcular a poupança;
8. Descrever as especificações dos aparelhos de medida e os detalhes da metodologia das medições;
9. Atribuir a responsabilidade da colocação em prática do Plano de M&V, no período de reporte;
10. Especificar a precisão pretendida dos dados obtidos;
11. Definir os custos associados à determinação da poupança;
12. Definir o formato do relatório de poupança;
13. Especificar os procedimentos de garantia de qualidade para a realização dos relatórios de poupança.

3. Consumo de Energia Elétrica e Envolvente

3.1. Edifício da Casa Municipal da Cultura

Caracterização

O edifício da Casa Municipal da Cultura caracteriza-se por ser um edifício de serviços, com 8 pisos, uma área total útil de cerca de 8775 m², 134 divisões e que alberga várias instituições, distribuídas pelos vários pisos, entre as quais:

- Divisão de Cultura da Câmara Municipal de Coimbra (piso 1);
- Biblioteca Municipal (piso 0);
- Ludoteca – Biblioteca Infantil (piso -2);
- Teatro (piso -2);
- Fonoteca (piso -3)
- Cantina dos Serviços de Ação Social da Universidade de Coimbra (piso -3).

Tem cerca de 50 funcionários, em permanência, afetos diretamente à Câmara Municipal, e um número aleatório de ocupantes temporários.

Na parte sul do edifício, entre o piso -2 e o piso 3, estão situados seis silos de arquivo onde se encontram armazenados livros e outras publicações, perfazendo uma área total útil de 2950 m², representado 34% da área total do edifício, sendo que nos pisos -2 e -1, os silos têm a área e configuração respeitante à parte da Figura 2 Silo de arquivo de livros e outras publicações. identificada como Silo A. Nos pisos 0, 1 e 2, os silos têm as duas áreas, Silo A e Silo B. No piso 3, o silo tem a área representada na Figura 2 Silo de arquivo de livros e outras publicações., como Silo B.

No piso -3, com 815 m² de área, representando 9 % da área total do edifício, de entre as 10 divisões, fica localizado o Centro de Artes Plásticas de Coimbra (CAPC), numa área de 372 m², 46% da área total do piso e a Fonoteca, numa área de 353 m², 43% da área total deste piso.

Em termos de área, as divisões com maior relevância no piso -2, o piso com maior área útil do edifício, totalizando 2419 m², 28% do total, são o silo, com 383 m², a cantina, com 228 m² e a garagem com 222 m², que representam, 16% no caso da primeira e cerca de 9% da área total do piso, no caso das seguintes. Neste piso, estão localizadas 37 divisões.

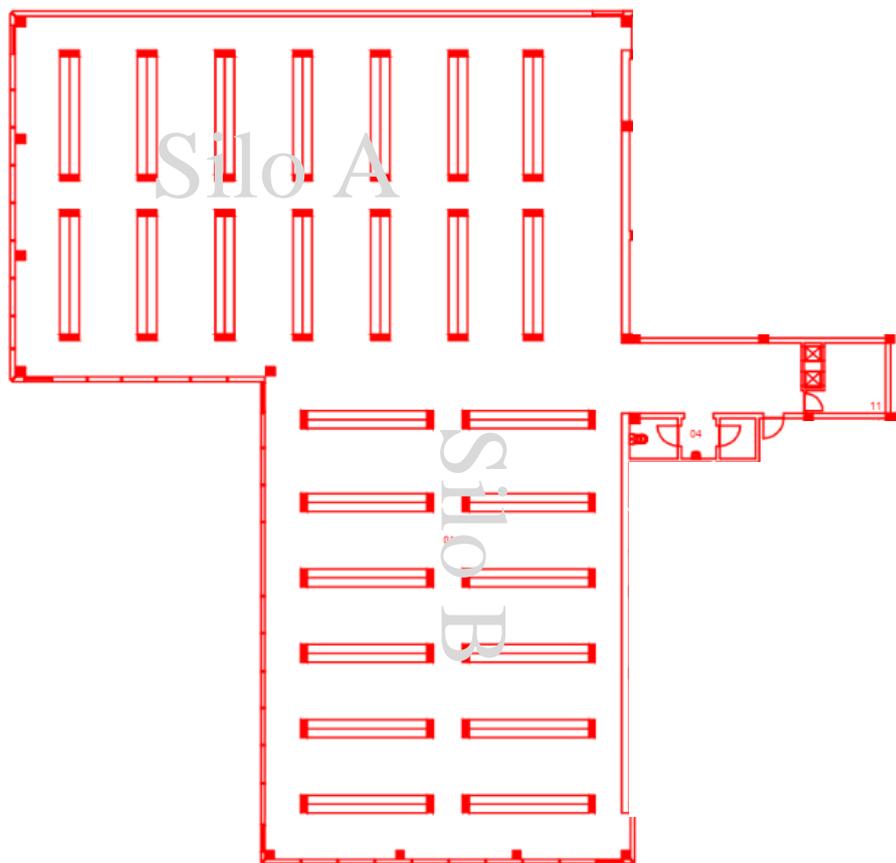


Figura 2 Silo de arquivo de livros e outras publicações.

O piso -1 (piso intermédio), conta com 444 m², 5% do edifício e, dentro das suas 7 divisões, tem o silo como a divisão com maior relevância em termos ocupação, representando 86% da sua área total, com 383 m².

O piso 0, é o piso da entrada principal do edifício. Conta com 30 divisões nos seus 2219 m² de área útil, 25% do total do edifício. O silo, com 631 m², 28% da área do piso, é a divisão com maior expressão, seguida pela biblioteca, com 407 m², 18% do piso, a sala de leitura, com 356 m², 16% do piso e o hall de entrada, com 219 m², 10% da área total útil deste piso.

O silo do piso 1, com 631 m², representa 37% da área total do piso, com um total de 1685 m², 19% do edifício. No entanto, neste piso encontra-se instalada a Divisão de Cultura da Câmara Municipal de Coimbra, contando com diversos gabinetes que representam no total, cerca de 53% da sua área útil total, com 894 m².

Nos pisos 2 e 3, com 734 m² e 368 m², respetivamente, contemplam 9 e 8 divisões e representam 8% e 4% da área total do edifício. As divisões com maior expressão são novamente os silos, com 631 m² e 288 m², 86% e 78% de cada piso relativamente a cada um dos mesmos.

No piso 4, com apenas 3 divisões, a casa das máquinas dos elevadores, com 46 m², é a divisão com maior expressão. Este piso representa apenas 1 % da área total do edifício.

Sistemas de iluminação do edifício:

Os sistemas de iluminação do edifício da Casa Municipal da Cultura são, na sua grande maioria, de uma tecnologia obsoleta, tendo como característica principal, um superior consumo de energia elétrica, em relação a tecnologias mais atuais, como a tecnologia LED.

Tabela 1: Tecnologia presente nas luminárias do edifício.

Tecnologia	Total	%	Simple	Dupla	Quadrupla
Incandescente	5	0%	-	-	-
Halogénio	18	1%	-	-	-
Fluorescente Tubular	1224	88%	889	333	2
Fluorescente Compacta	120	9%	82	38	-
LED	27	2%	-	-	-
Total	1394				

Por outro lado, o elevado número de luminárias, faz com que a potência instalada em iluminação no edifício seja considerável, cerca de 110 kW, destacando-se a Sala de Leitura da Biblioteca Municipal, com um total de 170 luminárias simples, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares, do tipo T8 58 W e balastro eletrónico, com uma potência instalada de cerca de 10 kW. Nos 6 silos de arquivo, a quantidade de luminárias também se destaca, perfazendo um total de 621 do tipo T8 58 W, com balastro eletrónico e com uma potência instalada de cerca de 40 kW.

Tabela 2: Luminárias dos silos de arquivo.

Piso	Forma	Luminárias	Quantidade	W
-2	Silo A	T8 58W BE	79	4 977
-1	Silo A	T8 58W BE	80	5 166
0	Silo A e B	T8 58W BE	134	8 568
1	Silo A e B	T8 58W BE	134	8 568
2	Silo A e B	T8 58W BE	134	8 568
3	Silo B	T8 58W BE	60	3 906

A tecnologia mais presente nos sistemas de iluminação do edifício é claramente a fluorescente com balastro eletrónico, do tipo T8, de 36 W ou 58 W a equiparem luminárias de um ou dois elementos.

Na Tabela 3, estão discriminadas as luminárias fluorescentes presentes no edifício, que representam uma potência instalada de cerca de 70 kW, sendo que as luminárias simples T8 58 W, representam 61% do total de luminárias do edifício, com uma potência instalada de cerca de 49 kW.

Tabela 3: Luminárias fluorescentes, presentes no edifício.

Luminárias	Quantidade		W
T8: 1x58W BE	851	61%	49 358
T8: 2x58W BE	275	20%	15 950
T8: 1x36W BE	77	6%	2 772
T8: 2x36W BE	66	5%	2 376

3.2.Faturação da Energia Elétrica

O fornecimento de energia elétrica ao edifício da Casa municipal da Cultura é assegurado pela EDP Comercial, através de um contrato de fornecimento de Media Tensão (MT), com uma potência contratada de 292,95 kW, com o período tarifário tetra-horário FER - Ciclo Semanal com Feriados, verificando-se uma potência instalada de 630,0 kVA.

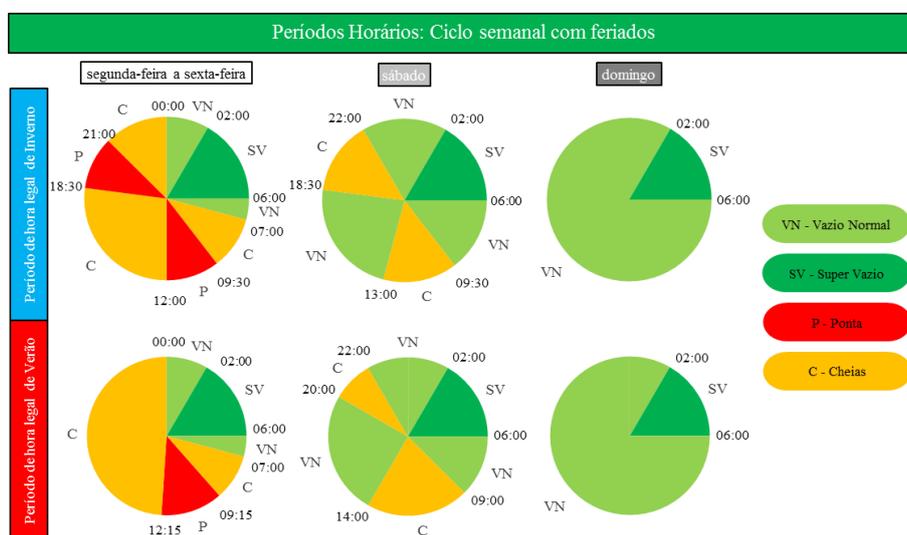


Figura 3: Ciclo semanal para todos os fornecimentos de energia elétrica em Portugal Continental. [14]

No ano de 2016, o consumo de energia ativa total faturado atingiu o valor de 457 499 kWh, tendo-se verificado o valor mais elevado no mês de fevereiro, registando um consumo de 47 051 kWh, sendo o valor mais baixo verificado no mês de agosto, com 25 732 kWh.

No mês de fevereiro, tipicamente um mês em que a temperatura ambiente atinge valores baixos, assim como uma superior afluência ao edifício, poderão justificar o maior consumo de energia elétrica, devido essencialmente à utilização mais intensa de aparelhos de climatização.

Segundo o Boletim Climatológico Sazonal (BCS) emitido pelo Instituto Português do Mar e da Terra (IPMA), o mês de fevereiro de 2016 foi um mês cujo valor médio da temperatura do ar foi próximo do normal para os valores registados nesta altura do ano. [15]

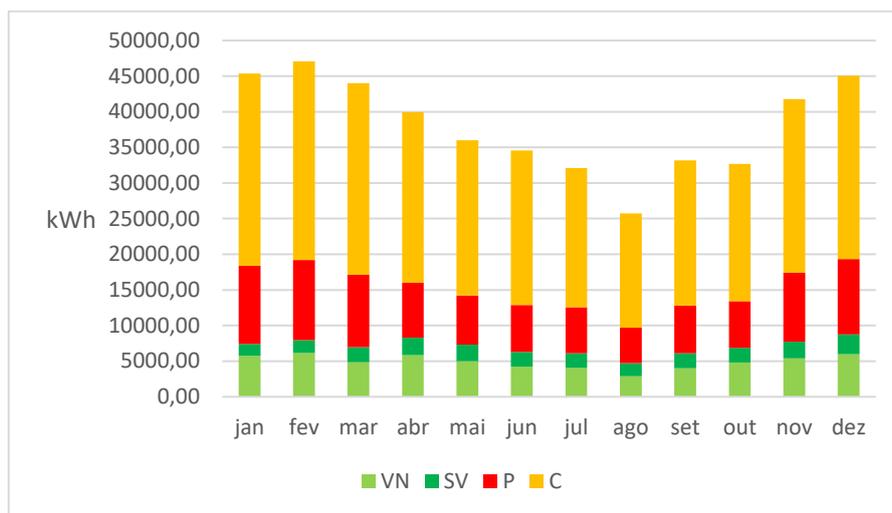


Figura 4: Energia ativa faturada no ano de 2016.

O mês de agosto caracteriza-se por ser o mês em que um maior número de funcionários, ocupantes permanentes do edifício, se encontra de férias, assim como, de um modo geral, o número de utilizadores é mais reduzido, tendo em conta que abrange o principal período de férias escolares, verificando-se uma menor ocupação do edifício e consequente redução dos consumos de energia elétrica.

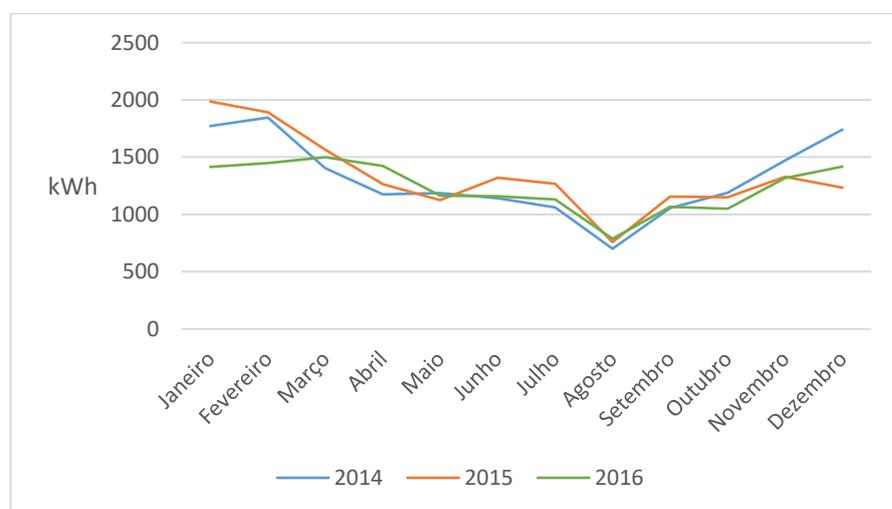


Figura 5: Consumo médio diário, por mês, nos anos de 2014, 2015 e 2016 calculado através dos dados obtidos por telecontagem.

O custo relativo à energia ativa constante nas faturas, é composto por três parcelas: o custo efetivo da energia ativa consumida, o custo relativo ao acesso às redes e o custo relativo à potência requerida à rede, que contempla um custo associado à potência contratada e um custo sobre a potência ativa requerida à rede nas horas de ponta, calculado com base no consumo de energia ativa nesse período horário.

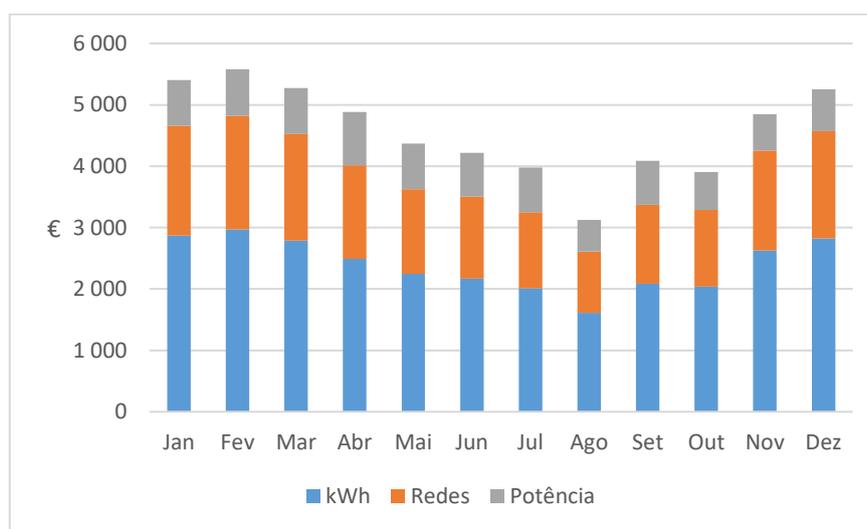


Figura 6: Custo mensal com a energia ativa consumida.

No ano de 2016 verificou-se um custo anual associado a cada parcela de 28 733,58 €, 17 17 764,63 € e 9 430, 09 €, respetivamente, perfazendo um total de 54 929,09 €.

3.3. Consumos de Energia Elétrica

Com os registos de telecontagem obtidos através da plataforma eletrónica da EDP Distribuição, foi possível efetuar uma análise comparativa sobre o consumo de energia elétrica nas instalações da Casa Municipal da Cultura.

Os dados obtidos dizem respeito ao período de referência, que no âmbito da presente auditoria energética se trata do ano completo de 2016, tendo sido ainda recolhidos os dados correspondentes aos anos de 2015 e de 2014.

A potência ativa requerida diariamente pela instalação no ponto de entrega, registada com intervalos de 15 minutos, é arquivada mensalmente, na forma matricial, em ficheiros com o formato xls. De modo a mais facilmente proceder à análise dos mais de 35000 registos efetuados anualmente, foi elaborado numa folha de cálculo Microsoft Excel, um script na linguagem *Visual*

Basic for Applications (VBA), a fim de transformar automaticamente em apenas um vetor, as matrizes com os dados obtidos em cada mês.

Após posterior manipulação dos dados, podemos verificar pelo consumo acumulado anual que existe uma variação no consumo de energia nos três anos em análise, tendo-se observado um maior consumo de energia no ano de 2015.

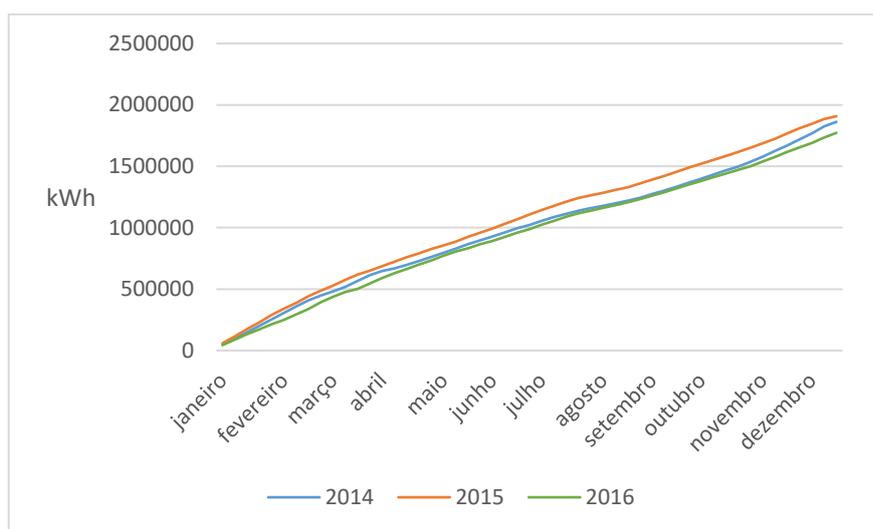


Figura 7: Consumo de energia elétrica acumulado, dos anos 2014, 2015 e 2016.

Nos meses de inverno, nomeadamente, dezembro, janeiro e fevereiro, verifica-se tipicamente um maior consumo de energia elétrica, devido ao facto da diminuição dos valores médios da temperatura do ar.

Podemos verificar que no mês de dezembro de 2014, ocorre um aumento considerável no consumo de energia, mantendo-se essa tendência nos meses de janeiro e fevereiro de 2015.

O ano de 2015 foi considerado muito frio nos meses de inverno e muito quente nos meses de verão. O consumo superior de energia elétrica pode ser explicado pelas condições climatéricas, registadas no BCS, emitido pelo IPMA, que classifica o Inverno 2014/2015 como tendo sido o 3º inverno com menor valor de temperatura média do ar, desde o ano 2000. A situação começou a ser verificada no mês de dezembro de 2014, que registou o valor médio da temperatura do ar mais baixo dos anteriores 13 anos. Os meses de janeiro e fevereiro de 2015, registaram os 2º e 3º valores mais baixos da temperatura mínima e média do ar, respetivamente, desde o ano 2000, tendo inclusivamente, no caso do primeiro, sido o 11º valor mais baixo desde 1931 e no segundo caso, o 19º mais baixo nos últimos 85 anos. [15]

Já o mesmo período, correspondente ao inverno de 2015/2016, foi considerado muito quente, tendo-se verificado um menor consumo de energia elétrica, devido à menor necessidade de utilização de aparelhos de aquecimento. [15]

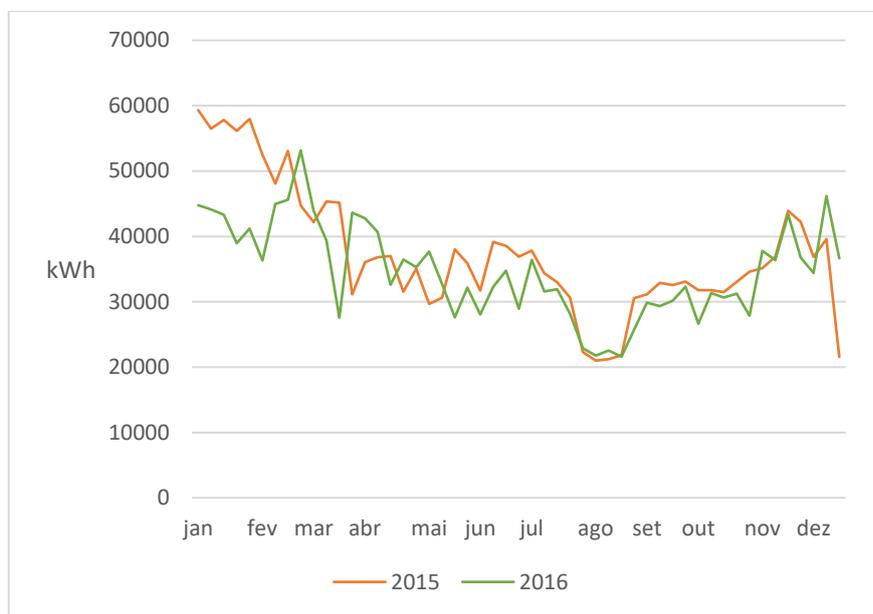


Figura 8: Consumo semanal de energia elétrica nos anos de 2015 e 2016.

Em épocas de férias, como acontece tipicamente na Páscoa (dias 5 de abril de 2015 e 27 de março de 2016), Natal e no mês de agosto, nota-se claramente uma forte redução do consumo de energia elétrica, devido essencialmente a uma menor ocupação do edifício.

Nos meses de março a maio, verifica-se um decréscimo do consumo de energia, coincidindo com o normal aumento do valor médio da temperatura do ar, verificando-se tipicamente, um novo aumento do consumo de energia nos meses de junho e julho.

Os meses de junho de 2015 e 2016, foram considerados extremamente quente e muito quente, respetivamente, segundo o BCS, tendo o primeiro sido o mais quente dos 10 anos anteriores e o 5º mais quente desde 1931 e o segundo, o 12º valor médio da temperatura máxima mais alto desde 1931.

Julho de 2015 foi um mês quente, tendo a temperatura média do ar sido superior ao mesmo, em apenas 15% dos anos. No final deste mês, 79% do território estava em situação de seca severa a extrema. O mês homólogo de 2016, foi considerado extremamente seco, com o valor da temperatura máxima registado o valor mais alto desde 1931 e o valor médio, o 2º mais alto.

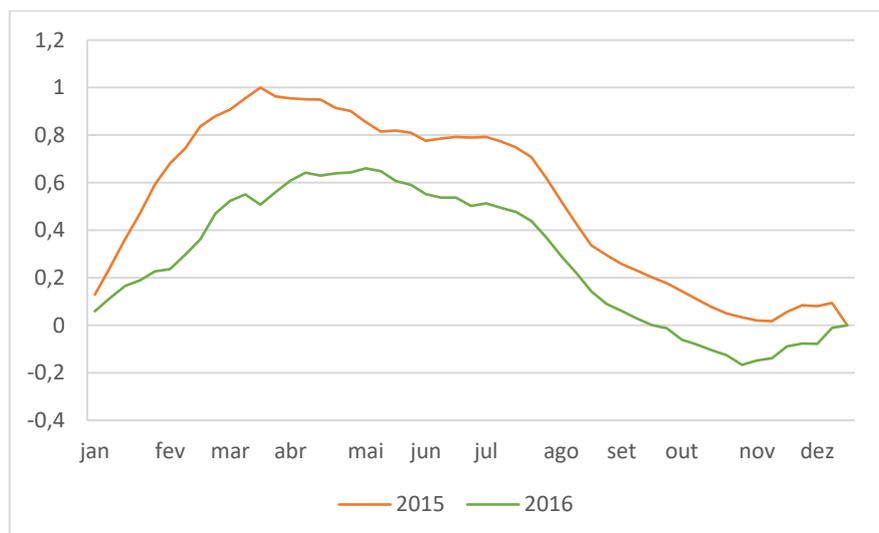


Figura 9: Gráfico que representa a sazonalidade normalizada do consumo de energia elétrica.

O gráfico de sazonalidade normalizado é tanto mais irregular quanto maior forem os efeitos da sazonalidade nos consumos. Comparando os dois gráficos é evidente que em 2016 o efeito da sazonalidade no consumo é menor que em 2015, ano em que o inverno foi mais rigoroso.

A partir do mês de setembro, o regresso à atividade da generalidade da população, nomeadamente o regresso ao trabalho dos ocupantes regulares do edifício da CMCC, assim como o regresso às aulas por parte dos estudantes, reflete um aumento do consumo de energia, acentuando-se à medida que os meses de inverno se aproximam e conseqüentemente a temperatura média do ar vai diminuindo.

Podemos verificar pela Figura 10 que, durante o período horário de faturação da energia, horas Cheias (C), se dá o maior consumo de energia elétrica no edifício da Casa municipal da Cultura, representando mais de metade da energia consumida, seguido do período de horas de Ponta (P), no qual se consome cerca de um quarto da energia total.

Esta situação deve-se ao facto do maior afluxo às suas instalações se verificar dentro do horário de expediente, tendo o edifício um período normal de funcionamento entre as 9h00 e as 19h00.

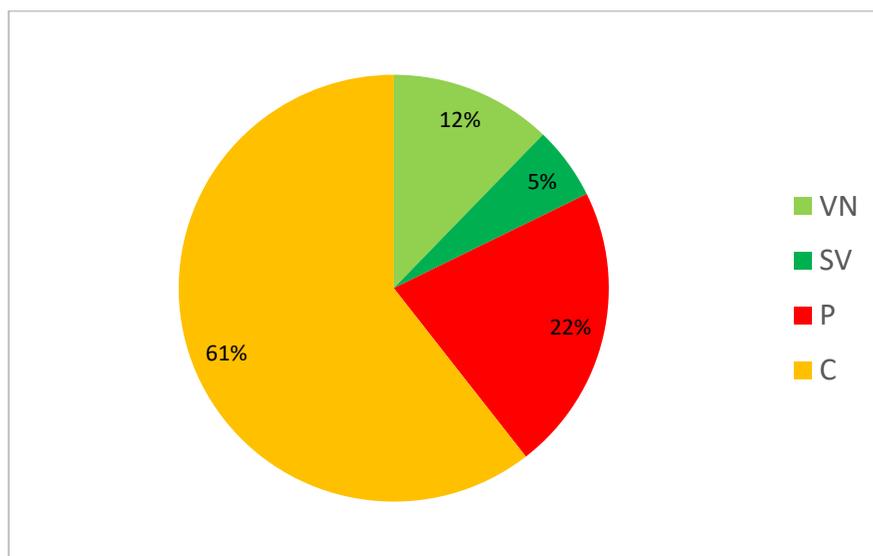


Figura 10: Energia consumida por período horário no ano de 2016.

No entanto, podemos constatar que, no período de Super Vazio (SV), período de não funcionamento do edifício, entre as 02:00 e 06:00, existe um consumo considerável de energia elétrica, com maior relevância nos meses de abril a julho e nos meses de novembro e dezembro, com uma potência média requerida de cerca de 17 kW e uma ponta de 30 kW, representando cerca de 25000 kWh, 5% da energia consumida anualmente.

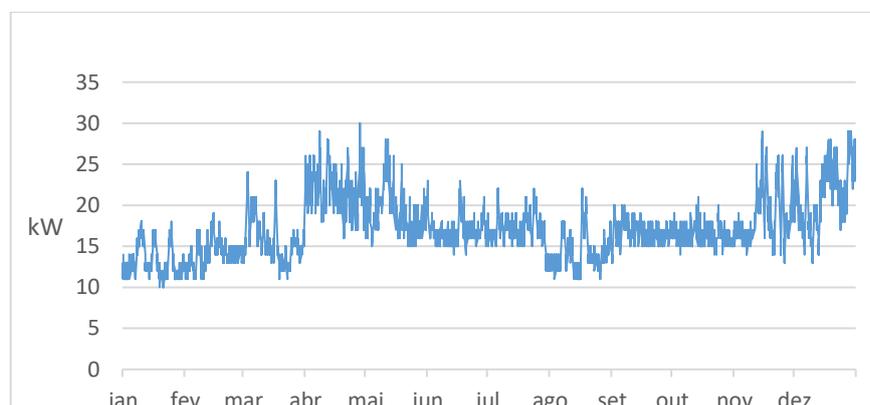


Figura 11: Potência elétrica registada, em horário de Super Vazio, no ano de 2016.

No edifício da Casa Municipal da Cultura encontra-se a funcionar uma cantina dos Serviços Sociais da Universidade de Coimbra, alimentada eletricamente pelo Quadro Geral de Entrada do edifício.

Foram efetuadas medições no circuito de alimentação da cantina, no período de uma semana, podendo-se verificar que a potência requerida em período de SV apresenta uma forma

relativamente constante, sendo o seu Diagrama de Carga (DC) característico de sistemas de refrigeração.

O valor da energia consumida pela cantina, nesse período, é bastante inferior em relação aos dados obtidos pela telecontagem, que apresenta a potência requerida pela instalação no Ponto de Entrega do fornecedor de Energia Elétrica.

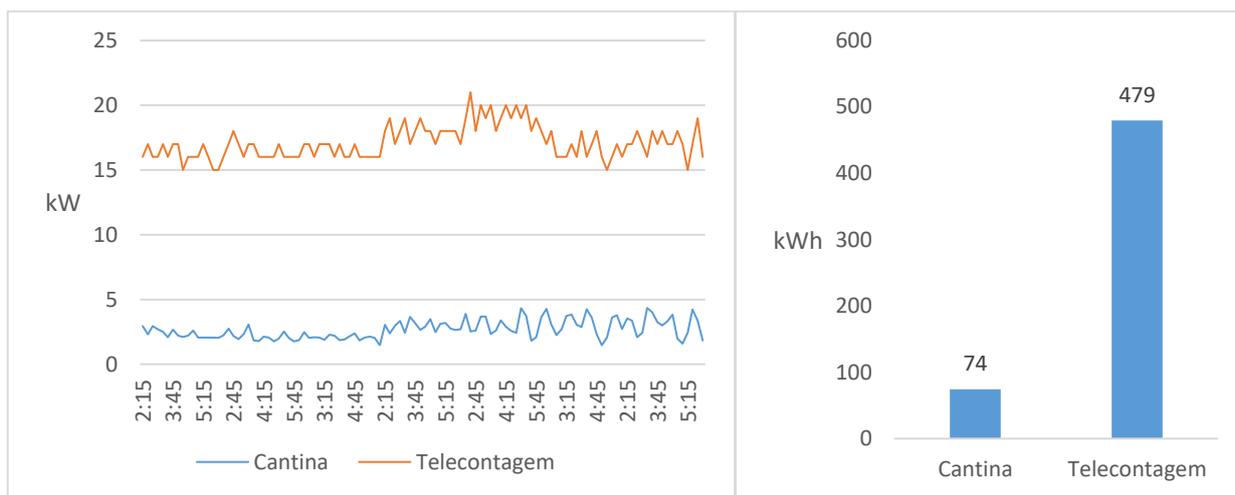


Figura 12: Diagrama de Carga e energia consumida no período horário de Super Vazio, durante a última semana de junho de 2016.

Neste sentido, tendo em conta os dispositivos elétricos que se encontram em toda a instalação do edifício da CMCC e atendendo aos DC da mesma, o facto de existir um consumo considerável de energia em SV deve-se aos sistemas que permanecem ligados fora do período normal de funcionamento do edifício, nomeadamente sistemas ar condicionado, aquecimento e equipamento informático.

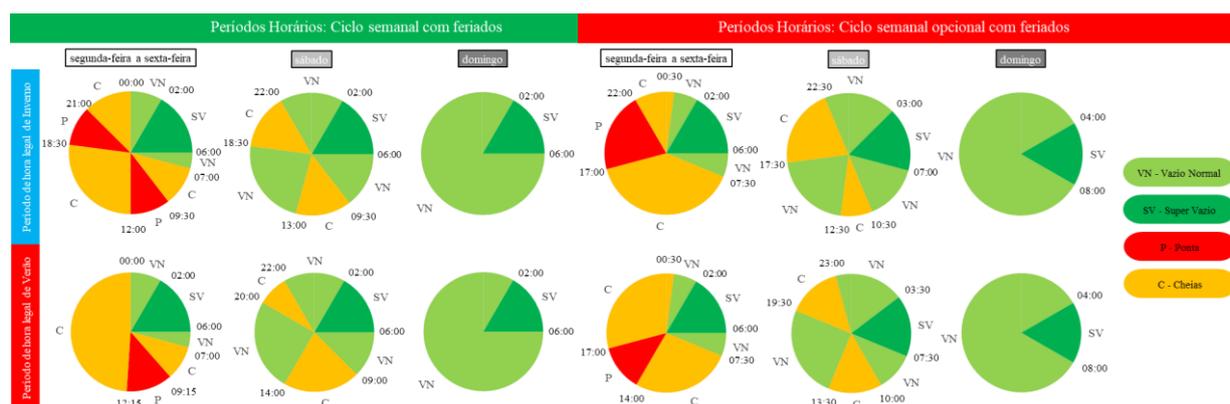
4. Medidas de racionalização e redução de custos de energia

Tendo em vista o aumento da eficiência e a redução dos consumos de energia elétrica no edifício em estudo, foram detetadas algumas Oportunidades de Racionalização de Consumo de Energia Elétrica (ORC), essencialmente relativas à iluminação. As Medidas de Racionalização de Consumo de Energia (MRE) foram organizadas de forma sequencial, tendo em conta o custo/benefício e o período de retorno do investimento de cada medida, nomeadamente:

1. Alteração da opção de período horário para a faturação de eletricidade
2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos
3. Controlo de Iluminação no edifício
4. Controlo de Iluminação nos Silos do Arquivo
5. Tecnologia de Iluminação obsoleta
6. Instalação de painéis fotovoltaicos

4.1. Alteração da opção de período horário de faturação de eletricidade

Após uma análise detalhada às faturas emitidas pelo comercializador de energia, para o edifício da Casa Municipal da Cultura, foi verificado que o período horário de faturação contratualizado, corresponde ao Ciclo Semanal com Feriados cujos períodos de faturação se encontram representados na seguinte figura:



Procedendo à alteração do período horário de faturação para Ciclo Semanal Opcional com Feriados, conseguimos constatar que, tendo em conta os consumos obtidos por telecontagem através do fornecedor de energia, iremos obter uma redução no custo anual com a Energia Ativa superior a 2%, representando um valor de poupança superior a 1000€ anuais, em relação ao período de referência.

Esta é uma medida de fácil implementação, sem custos de investimento, bastando solicitar a alteração do período de faturação, junto do comercializador de energia, produzindo efeitos imediatos.

4.2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos

Uma das principais formas de poupança de energia é a não utilização dos equipamentos elétricos quando não estão a ser necessários, sendo de extrema importância a constante sensibilização dos utilizadores do edifício, para a utilização regrada dos equipamentos elétricos, e assim se consigam enraizar hábitos de forma a que os mesmos se mantenham desligados quando não estão a ser utilizados.

Grande parte dos equipamentos que se verificaram ativos, mas não estando a ser utilizados, foram os sistemas de iluminação, os sistemas informáticos e sistemas de aquecimento portáteis.

O resultado da implementação desta medida, torna-se muito difícil de estimar, pois depende da aderência à campanha, por parte dos utilizadores. No entanto, tendo em conta a quantidade de equipamentos existente no edifício, espera-se que o impacto tenha algum significado na poupança de energia.

No edifício encontram-se instaladas a Divisão de Cultura da Câmara Municipal de Coimbra, Ludoteca, a Fonoteca e a Biblioteca Municipal, entre outros serviços, com cerca de 50 funcionários em permanência diária, com diversos computadores e aquecedores elétricos com radiador a óleo instalados nas salas.

As luminárias simples ou duplas, equipadas com lâmpadas fluorescentes tubulares são os principais sistemas de iluminação, com um total de 1224 unidades, representado 88 % do total de lâmpadas do edifício.

Destas, 1126 são do tipo T8, de 58 W, que representam um total de 81% das lâmpadas presentes no edifício. Se considerarmos que 10% destas reduzem o seu funcionamento em apenas uma hora por dia, iremos obter uma poupança anual de cerca de 372€. Mas se conseguirmos reduzir o seu tempo de funcionamento para metade, iremos obter uma poupança anual de cerca de 1267€.

Neste sentido, torna-se de crucial importância, sensibilizar os utilizadores do edifício a fim de criar hábitos de poupança de energia, repercutindo esses atos na redução do consumo e conseqüente diminuição dos custos com o consumo de energia elétrica.

4.3. Controlo de Iluminação no edifício

Seguindo em linha com o ponto anterior e tendo em conta que, por mais que se possa sensibilizar os utilizadores para uma correta utilização dos equipamentos, por vezes, estes são mantidos ligados, uma vez que a sua utilização é efetuada com alguma regularidade, o que leva a que os utilizadores não se lembrem de os desligar quando não estão a ser necessários, levando a um consumo desnecessário de energia.

Para contornar esta situação, podem ser utilizados automatismos para garantir que os equipamentos não permanecem ligados indefinidamente, nomeadamente, sensores de presença e interruptores crepusculares.

Dando como exemplo a Fonoteca, que utiliza um espaço situado no piso -3, virada a sul/oeste, com muito boa exposição solar numa das salas, em que a lateral virada a oeste é totalmente preenchida com portadas de vidro, torna-se um local apropriado para a utilização de interruptores crepusculares com sensores de presença. Esta divisão, possui dois circuitos de iluminação com um total de 13 luminárias duplas, equipadas com lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 58 W, com balastro eletrónico. Considerando também o balastro, obtemos uma potência instalada de 1,638 kW. Mantendo-se ativo em apenas metade do tempo de funcionamento do edifício, este circuito representa um consumo anual de cerca de 2 150 kWh e um custo de cerca 516€.

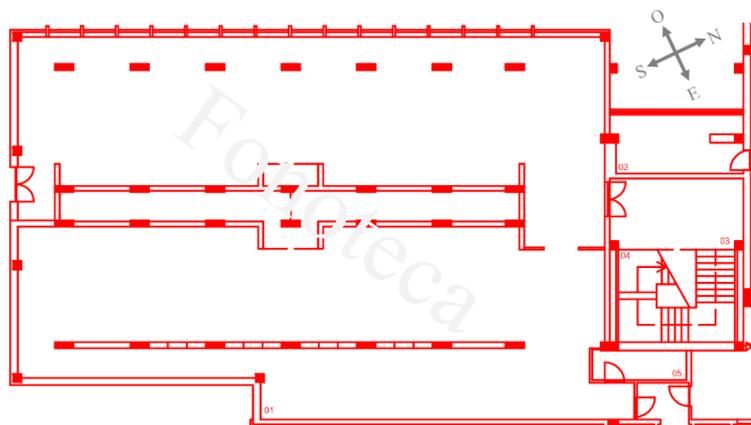


Figura 14: Instalações da Fonoteca, situadas no piso -3.

Utilizando interruptores crepusculares, com sensores de presença, tendo em conta a exposição solar e a afluência às instalações, estima-se uma redução do consumo para cerca de 1 155 kWh por ano, com um custo de cerca de 276€, o que representa uma poupança anual de cerca de 240€.

Tabela 4: Estimativa para a redução de consumos na Fonoteca com a aplicação de interruptores crepusculares com deteção de presença.

Local	Luminárias	Tecnologia	Período de referência			MRE	Período de reporte		
			Potência [W]	Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]		Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [kWh]	Poupança Anual [€]
Fonoteca	13	T8: 2x58W BE	1 638	2 158	516 €	Redução do período de funcionamento	1 154	276 €	240 €

As escadas junto aos elevadores, que acompanham os 8 pisos do edifício, desde o -3 ao piso 4, possuem um único circuito de iluminação com 13 luminárias, equipadas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W e balastro eletrónico, já com sensores de presença instalados. Considerando o balastro, cada luminária representa uma potência de 82 W, o que significa uma potência instalada no circuito de 1066 W. Tendo os sensores de presença sido programados com um tempo de ativação de 8 minutos, considerando que são acionados 50 vezes por dia normal de funcionamento do edifício, as luminárias estarão ativas cerca de 6 horas e 40 minutos por dia, consumindo cerca de 2 000 kWh por ano, com um custo de 336€.

Tabela 5: Estimativa para a redução de consumos nas escadas dos elevadores, com a aplicação de detetores de presença

Local	Luminárias	Tecnologia	Período de referência			MRE	Período de reporte		
			Potência [W]	Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]		Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [kWh]	Poupança Anual [€]
Escadas Elevadores	13	T8: 2x36W BE	1 066	2 003	336 €	Redução do período de funcionamento	501	84 €	252 €

Reduzindo o tempo de ativação dos sensores para 2 minutos que, por experiência no local, é o suficiente para subir as escadas na totalidade, num andamento descontraído, prevê-se uma redução do consumo para cerca de 500 kWh por ano, com um custo de cerca de 85€, gerando uma poupança de cerca de 250€ anuais.

4.4. Controlo de Iluminação nos Silos do Arquivo

Entre o piso -2 e o piso 3, encontram-se situados seis Silos de Arquivo onde se encontram armazenados livros e outras publicações, descritos na secção 3.1.

Em cada silo encontram-se várias estantes de armazenamento, dispostas no centro, em duas filas paralelas, em que cada lado de cada estante, possui um circuito com duas luminárias simples, equipadas com lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 58 W e balastro eletrónico, correspondendo a uma potência instalada, por circuito, de 126 W, considerando a potência do balastro simples de 5 W. No caso da área correspondente ao Silo A, encontram-se 52 luminárias e ao Silo B, 40 luminárias, correspondendo, no total, a uma potência instalada de 3 276 W e 2 520 W, respetivamente.

À volta das estantes, encontram-se dois circuitos com luminárias equipadas também com lâmpadas fluorescentes do tipo T8 de 58 W e balastro eletrónico, perfazendo, no Silo A, 13 lâmpadas com 819 W de potência instalada por circuito e no Silo B, 7 lâmpadas com 441 W de potência instalada por circuito.

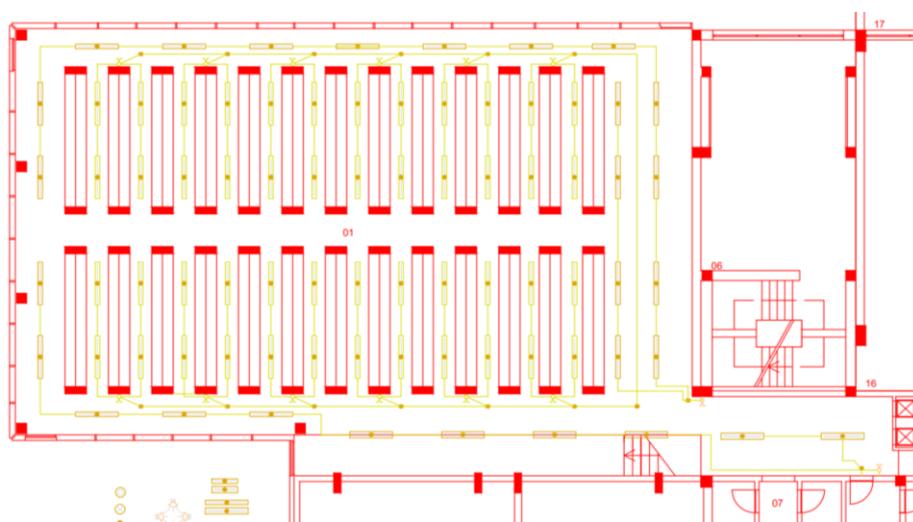


Figura 15: Circuitos de iluminação de um silo de arquivo.

Tomando como exemplo o Silo A, caso as luminárias do corredor principal permaneçam ativas durante todo o período de funcionamento do edifício, ao final do ano representam um consumo de 2193 kWh e um custo de cerca de 368€. Instalando sensores de presença neste circuito, considerando 100 acionamentos diários, com uma duração de 3 minutos, prevê-se uma redução do consumo anual de cerca de 810 kWh (37%) do consumo, obtendo assim uma poupança anual de cerca de 136€.

Tabela 6: Estimativa dos custos com circuitos de iluminação num silo de arquivo.

Local	Tecnologia	Luminárias	Período de referência			MRE	Período de reporte		
			Potência Instalada [W]	Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [€]		Consumo Anual [kWh]	Custo Anual [kWh]	Poupança Anual [€]
Silo A Corredor Principal	T8: 1x58W BE	13	819	2 193	368 €	Redução do período de funcionamento	1 154	194 €	174 €

Pondo por hipótese o cenário, no caso dos silos com acesso menos frequente, em que possa haver o esquecimento de circuitos de iluminação ativos, considerando os circuitos de iluminação de cada estante de arquivo, mantendo-se ativo durante 24 horas, tem um custo estimado em cerca de 50 Cêntimos, o que não justifica a aplicação de um sensor de presença, tendo em conta o valor do investimento.

Já no caso do circuito de iluminação do corredor principal, devido à potência neste instalada, em 24 horas, o custo com este circuito ativo é de cerca de 3,30€. Ao final de uma semana é de cerca de 23€. Tendo em conta o valor do investimento num sensor de presença, que é cerca de 10€, justifica-se claramente a sua instalação, podendo levar a uma poupança significativa ao final do ano, com um período de retorno bastante curto.

Tabela 7: Estimativa dos custos com circuitos de iluminação num silo de arquivo.

Circuitos	Luminárias		Potência Instalada [W]	Horas	Dias	Consumo [kWh]	Custo [€]
1	2	T8: 1x58W BE	126	24	1	3	0,51 €
					7	21	11
1	13	T8: 1x58W BE	819	24	1	20	3,30 €
					7	138	23,09 €

4.5. Tecnologia de Iluminação obsoleta

Uma das medidas que pode levar a um enorme aumento da poupança anual é a substituição de equipamentos obsoletos, por novos equipamentos mais eficientes, baixando assim o consumo de energia.

Foi simulada a substituição dos vários tipos de luminárias existentes no edifício, por novos equipamentos com tecnologia LED, e de equivalente fluxo luminoso, considerando dois cenários, tendo em conta o tempo de vida dos equipamentos, de um período de retorno do investimento até 3 anos e outro de 3 a 5 anos.

Relativamente ao primeiro cenário, consegue-se um período de retorno do investimento até 3 anos, na substituição de 744 elementos de iluminação, com um investimento total de cerca de 14 621 €, obtendo assim uma redução no consumo anual de energia elétrica de cerca de 88 000 kWh, gerando uma poupança anual de cerca de 15 200 €.

Tabela 8: Resultados com a colocação de tecnologia LED da iluminação, com um período de retorno inferior a 3 anos.

Payback < 3 anos			
Total de Elementos	Consumo anual total evitado [kWh]	Investimento Total	Poupança Anual Total
744	88 193	14 621,31 €	15 229,37 €

Uma das ações que leva a um impacto tão forte na poupança com a adoção desta medida é a substituição de 170 luminárias com a tecnologia T8: 1x 58 W, com balastro eletrónico, presentes na sala de leitura, no Piso 0, por luminárias T8: 1x24 W LED, que irá proporcionar um impacto de cerca de 2 246 € na poupança anual, cerca de 20% do valor total e com um período de retorno de cerca de um ano e nove meses.

A outra ação que poderá ter maior impacto é a substituição de 12 projetores de halogénio de 500 W, presentes na Sala de Exposições do Piso 0, por projetores LED de 100 W, permitindo uma poupança anual estimada de cerca de 1 626€, representando cerca de 14% do valor da poupança anual total, com a aplicação desta medida.

Em relação ao segundo cenário, com um período de retorno do investimento igual ou superior a 3 anos e inferior a 5, conseguem-se substituir 111 elementos, correspondendo a um investimento de cerca de 1 790 €, reduzindo o consumo anual em cerca de 2 590 kWh e uma poupança anual de cerca de 454€.

Tabela 9: Resultados com a colocação de tecnologia LED da iluminação, com um período de retorno igual ou superior a 3 anos e inferior a 5.

3 =< Payback < 5 anos			
Total de Elementos	Consumo anual total evitado [kWh]	Investimento Total	Poupança Anual Total
111	2 590	1 790,65 €	454,49 €

4.6. Instalação de Painéis Fotovoltaicos

Tendo em conta o contexto global no que diz respeito às alterações climáticas e à utilização de energias renováveis com vista a diminuição das emissões de Gases com Efeito de Estufa, a instalação de Painéis Solares Fotovoltaicos é uma solução possível, permitindo assim a redução da fatura energética através do autoconsumo de eletricidade produzida e com uma rentabilização do investimento garantida, injetando o excedente da produção na rede elétrica nacional.

Considerando as variações dos valores de mercado em relação às matérias primas, devido à conjuntura económica atual, optou-se por efetuar este estudo em relação ao preço final por W_p (Euro por Watt pico, €_{W_p}) da instalação dos painéis fotovoltaicos, de modo a obter um determinado período de retorno pretendido, conforme a equação (8).

$$\text{€}_{W_p} = \frac{R * PB}{W_p} \quad (8)$$

R – Rentabilidade [€];

PB – Período de retorno do investimento [Anos];

W_p – Potência instalada [W].

O cálculo foi efetuado considerando a rentabilidade (R) da instalação, que tem em conta o autoconsumo e a injeção na rede da energia elétrica excedentária produzida pelos painéis fotovoltaicos e que, somados estes valores e subtraídos ao valor gasto em energia elétrica, caso não houvesse produção local, representa uma poupança na fatura com a eletricidade.

Para o efeito foi considerado como investimento rentável, o que conduzisse a um período de retorno de 6 anos.

Assim, para vários níveis de potência instalada, foi simulada a produção de energia, utilizando o perfil de produção dos painéis fotovoltaicos instalados numa instalação para autoconsumo em Coimbra, não muito distante do edifício da Casa Municipal da Cultura de Coimbra e que assim, pode conferir um suporte fiável para a realização da simulação.

No gráfico em baixo podemos verificar que, com o aumento da capacidade instalada para produção de energia elétrica, o autoconsumo vai aumentando, mas com um declive cada vez menor, ao contrário da injeção na rede, que aumenta, com um declive cada vez mais acentuado.

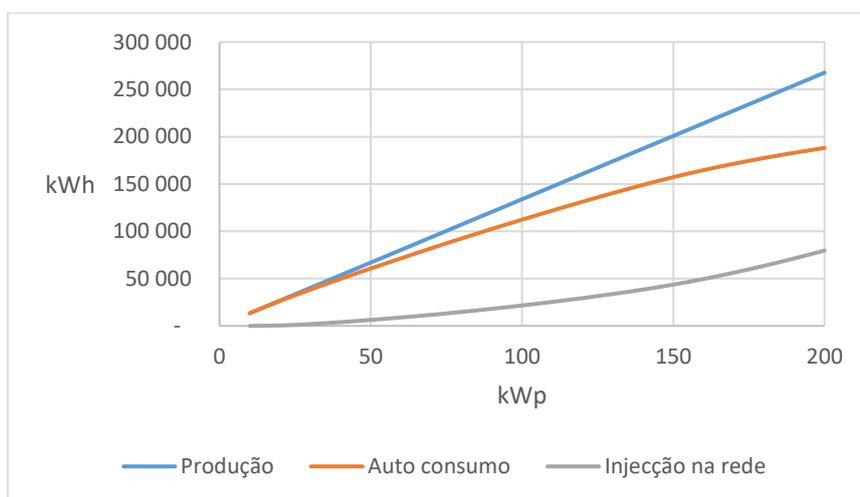


Figura 16: Produção, Autoconsumo e Injeção na Rede, para vários níveis de potência instalada dos Painéis Fotovoltaicos.

Podemos também verificar através do gráfico da percentagem da energia produzida pelos Painéis Fotovoltaicos que é injetada na rede, apresentado na Figura 17, que, sensivelmente entre os 15 e os 20%, a curva sofre uma estabilização, voltando a acentuar o declive a partir deste ponto.

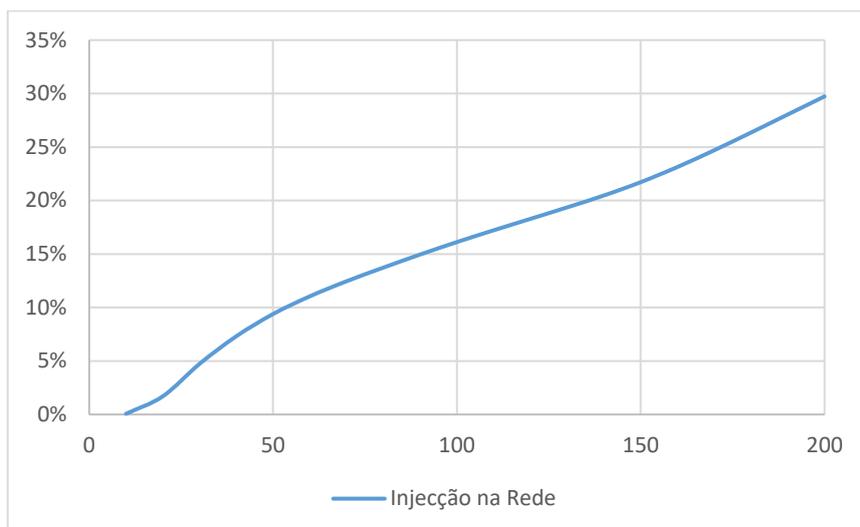


Figura 17: Percentagem de energia elétrica produzida pelos Painéis Fotovoltaicos, injetada na rede;

Considerou-se como razoável, que a injeção de energia na rede deveria ser inferior a 20%, de modo a que o investimento nesta solução se mantenha rentável, tendo em conta os valores de venda por *kWh* de energia elétrica, pagos em condições de estabilidade no mercado de comercialização de energia, se situam em cerca de 0,05€ por *kWh*, tendo em conta um valor médio por *MWh* rondam os 50€, no Mercado Ibérico de Energia Elétrica (MIBEL), tendo sido, em 2019, ano de pré-pandemia, o custo da energia transacionado, em média, por 47, 87€/MWh, cerca de 0,0479€/kWh, como podemos verificar no gráfico da Figura 18.

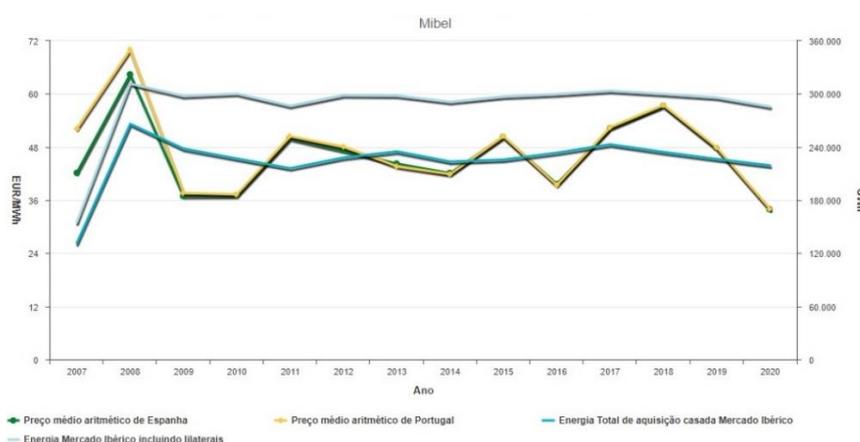


Figura 18: Preços da energia elétrica no Mercado Ibérico de Energia Elétrica, nos últimos anos. [16]

Devido a vários fatores, nomeadamente à transição energética e a toda a conjuntura económico-social que se vive no momento, provocada pela pandemia do coronavírus SARS-CoV 2, fez-se elevar os preços da energia no mercado para valores nunca antes vistos.

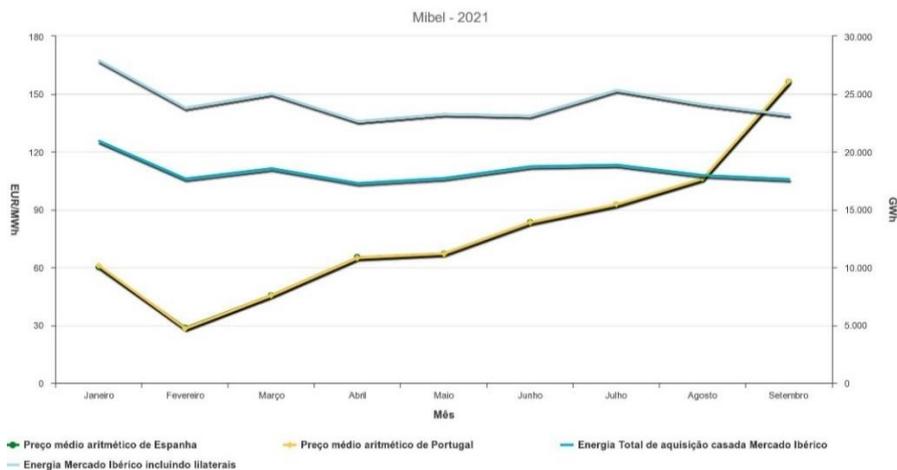


Figura 19: Preços da energia elétrica no Mercado Ibérico de Energia Elétrica, em 2021. [16]

No passado dia 7 de outubro de 2021, o valor da transação da energia elétrica atingiu um máximo histórico, 288,53€/MWh no Mercado Ibérico de Energia Elétrica – MIBEL, levando o preço de compra da eletricidade aos 0,2885€ por kWh. [17]

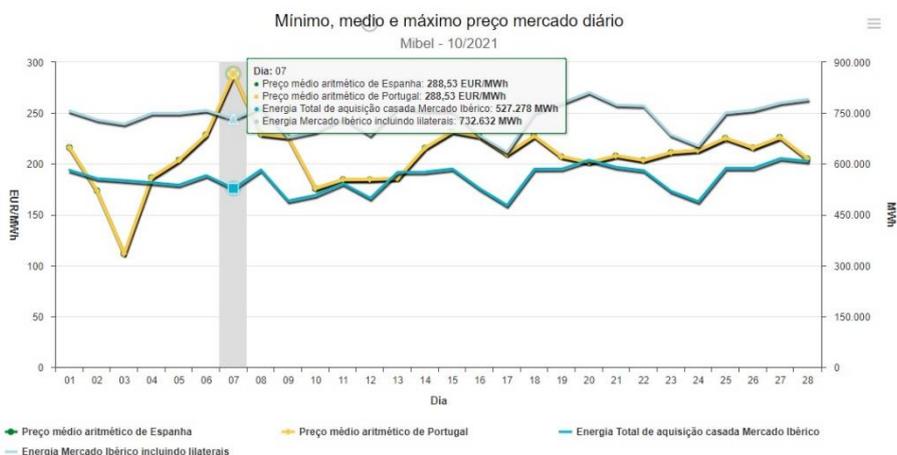


Figura 20: Variação dos preços da energia no Mercado Ibérico de Energia Elétrica – MIBEL. [16]

Estando o preço de venda da tarifa simples da energia ativa, do mercado regulado, fixada pela ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, a partir de 1 de outubro de 2021, em 0,1580€ por kWh, não é espetável que os valores da compra se mantenham nos níveis atuais, em que o valor da compra pelos comercializadores de energia é superior ao da venda, sendo a tendência em voltar aos valores praticados em tempos de estabilidade.

Assim, neste caso de estudo, o valor de compra, pago pelo comercializador de energia, pela injeção de energia na rede, foi considerado de 0,05€/kWh.

Considerando um período de retorno razoável, neste caso de 6 anos, o investimento deixa de ser rentável para uma instalação em que o valor do €_{Wp} seja superior ao que é apresentado no gráfico da Figura 21, que representa a evolução do valor máximo a pagar em €_{Wp} , para uma instalação, em função da potência instalada, de modo a se obter um retorno do investimento em 6 anos e onde se pode verificar que devido ao aumento da energia injetada na rede, que é pouco valorizada, o valor máximo de Watt pico (W_p) vai diminuindo.

isto é, para uma instalação com uma determinada Potência Instalada, não seria viável o investimento caso o valor a pagar por €_{Wp} esteja acima da linha do gráfico.

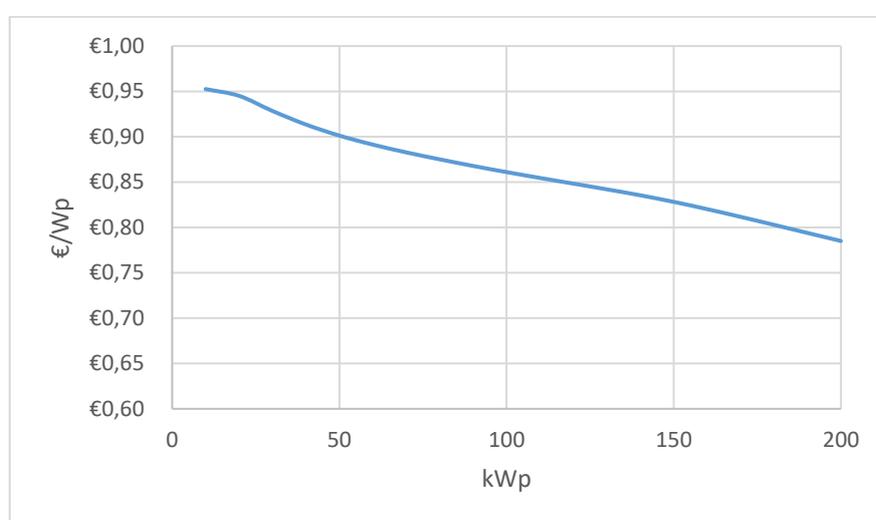


Figura 21: Valor do Euro por Watt pico para um período de retorno de 6 anos.

Fazendo uma análise aos Diagramas de Carga do edifício, comparando com a produção de Energia Elétrica de uma instalação de Painéis Solares Fotovoltaicos, com uma potência instalada de 100 kWp , verificamos que, se tivermos em conta o mês de agosto, tipicamente um mês de férias, em que a ocupação do edifício é menor e por consequência, também menor o consumo de energia elétrica. Por outro lado, sendo um mês de verão, verifica-se uma maior produção de energia elétrica fotovoltaica, a que corresponde uma maior injeção de energia produzida.

Já no mês de janeiro verifica-se precisamente o contrário, um grande consumo de energia, não só devido à grande ocupação do edifício, mas essencialmente devido às baixas temperaturas que se fazem sentir nesta altura do ano, e uma baixa produção de eletricidade devido a uma menor exposição solar, fazendo com que a discrepância entre o consumo e a produção seja mais elevada. No mês de maio, verifica-se uma situação intermédia, com um maior equilíbrio entre a produção, o consumo e consequentemente, com a injeção de Energia Elétrica na rede.

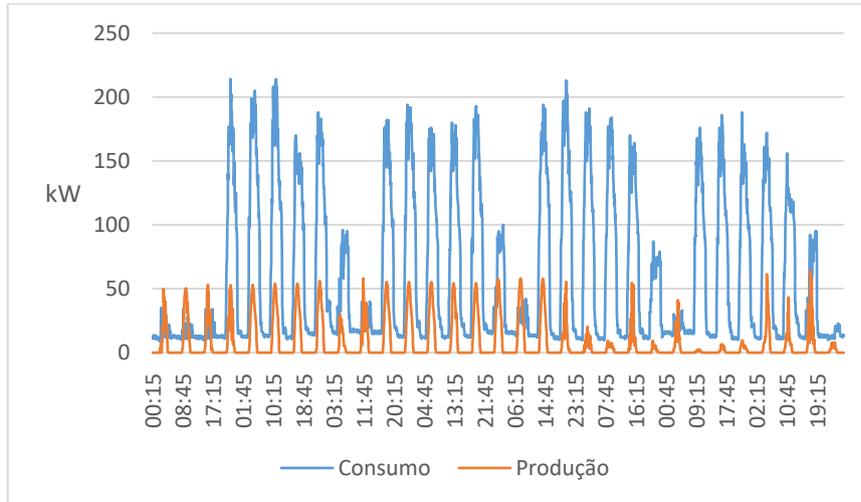


Figura 22: Diagrama de carga do edifício, do mês de janeiro e produção de energia elétrica fotovoltaica (100 kWp).

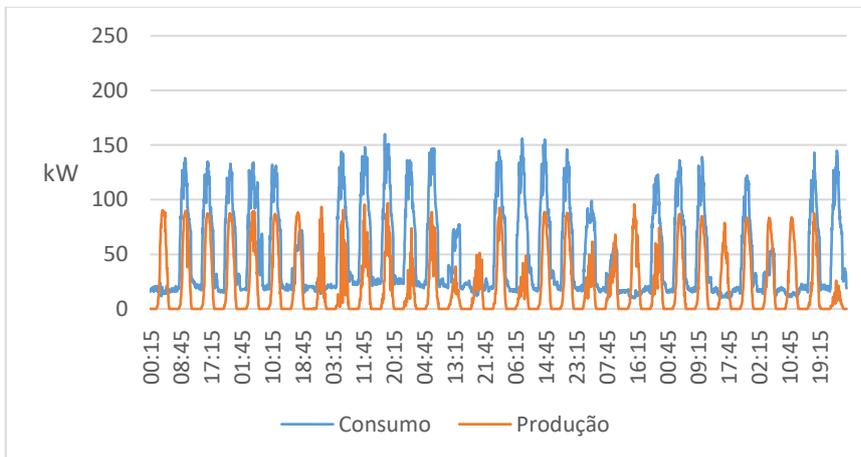


Figura 23: Diagrama de carga do edifício, do mês de Maio e produção de energia elétrica fotovoltaica (100 kWp).

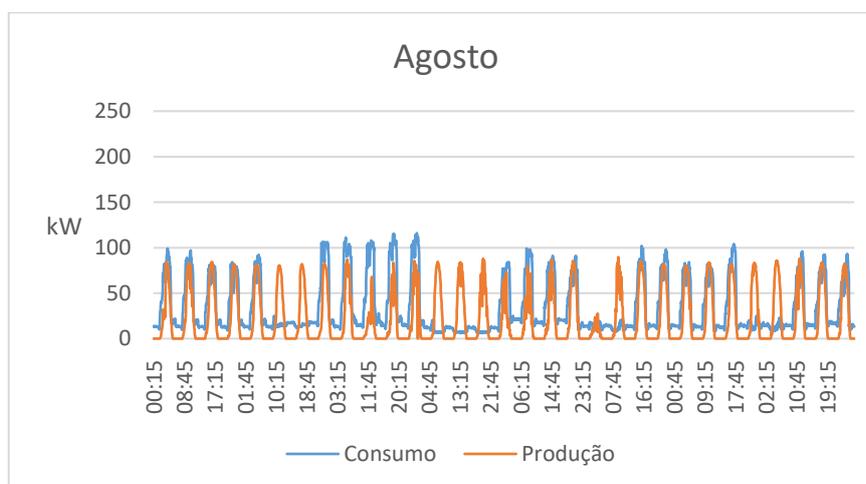


Figura 24: Diagrama de carga do edifício, do mês de agosto e produção de energia elétrica fotovoltaica (100 kWp).

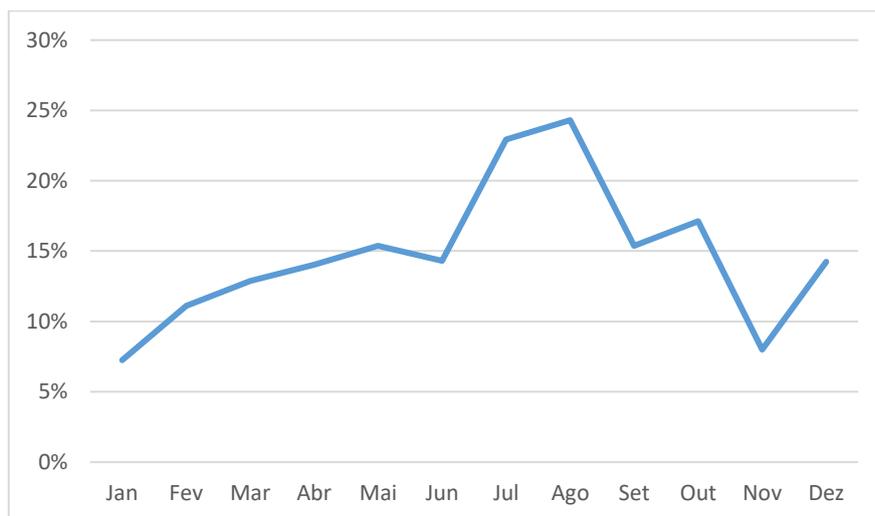


Figura 25: Percentagem da energia produzida, injetada na rede elétrica (100 kW_p).

No caso de estudo, optando por uma instalação de painéis solares fotovoltaicos, com uma potência instalada de 100 kW_p, a produção injetada na rede irá ser cerca de 16% e o valor por W_p não deverá ultrapassar os 0,86€, que corresponderia a um total de investimento até 86 100€, de forma a que o período de retorno seja realizado em 6 anos.

Tabela 10: Resumo dos resultados obtidos para a instalação de uma unidade de produção Fotovoltaica com uma potência instalada de 100 kW_p.

Potência Instalada [kW _p]	€/W _p	Produção [kWh]	Autoconsumo [kWh]	Injeção na rede [kWh]	Injeção na rede [%]	Autossuficiência [%]	Compra [kWh]	Compra [€]
100	0,86€	133 839	112 268	21 571	16%	6%	341 755	37 764,88€

5. Conclusão

O panorama atual, no que diz respeito às alterações climáticas, leva a uma necessidade urgente na diminuição do consumo de energia elétrica, tendo em conta a redução da emissão de Gases com Efeito de Estufa, um dos principais fatores do aquecimento global é ainda fortemente influenciado pela produção de Energia Elétrica, apesar do aumento de utilização de recursos renováveis para a sua produção.

A utilização racional dos equipamentos elétricos e a utilização de equipamentos mais eficientes conduzem a poupanças de energia e conseqüentes reduções de custos. A produção de energia elétrica, recorrendo a fontes renováveis de energia para autoconsumo, leva à redução da necessidade de compra de energia e à conseqüente redução de custos. Ambos os fatores, redução de consumo e produção própria, contribuem para o cumprimento das metas definidas pela União Europeia, no âmbito da Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, que levou à celebração do Acordo de Paris em 2015, tendo em vista a Neutralidade Carbónica até 2050.

Com o objetivo de atingir os compromissos assumidos, através do Programa ECO.AP, o Estado Português pretende aplicar à administração pública, um conjunto de medidas para que os consumos de energia elétrica sejam reduzidos nos seus serviços, edifícios e equipamentos públicos.

Sendo uma estratégia de aplicação essencialmente na Administração Pública do Estado, as suas orientações e boas práticas também podem ser adotadas na Administração Local.

Neste sentido, este estudo foi efetuado com a intenção de identificar formas de melhorar a eficiência energética e a integração de renováveis num edifício público, tomando por base o edifício da Casa Municipal da Cultura de Coimbra e incluir produção integrada de energia a partir de fonte renovável, permitindo assim, não só a redução dos encargos com a fatura energética, mas também dar a possibilidade do Município de Coimbra contribuir para a redução da Pegada Ecológica através da redução das Emissões de Gases com Efeito de Estufa pela diminuição do consumo de Energia Elétrica.

Apesar do edifício da Casa Municipal da Cultura não ser considerado uma instalação Consumidora Intensiva de Energia (CIE), i.e., instalações com consumo superior a 500 tep/ano, segundo o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), definido no Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril, nas quais é obrigatória a aplicação deste sistema, é considerada uma boa prática a aplicação nas normas nele definidas, de forma voluntária, com vista a promover a melhoria da sua eficiência energética.

Assim, considerando a normas aplicáveis a instalações CIE, com um consumo entre as 500 e as 1000 tep/ano, com as medidas propostas neste estudo, espera-se uma redução de 4% no IEE do edifício, num período de 8 anos.

Tendo em conta a legislação aplicável, foi definido como Indicador de Desempenho Energético, o Indicador de Eficiência Energética (IEE), por forma a que possam ser estabelecidas metas com vista à melhoria do desempenho energético do edifício e à redução dos consumos de energia, sendo o seu valor de referência de 52 kWh/m^2 .

Foi efetuada uma Auditoria energética ao edifício, tendo sido realizada uma análise exaustiva às faturas do fornecedor de energia elétrica, obtidos os registos efetuados pelo operador, referentes efetuados à telecontagem dos consumos de energia elétrica, assim como um levantamento dos equipamentos existentes no edifício.

O resultado deste estudo levou à sugestão de algumas medidas de eficiência energética de forma a que seja possível reduzir os consumos de energia, assim como a possibilidade de integração de energias renováveis no consumo do edifício, nomeadamente:

1. Alteração da opção de período horário para a faturação de eletricidade
2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos
3. Controlo de Iluminação no edifício
4. Controlo de Iluminação nos Silos do Arquivo
5. Tecnologia de Iluminação obsoleta
6. Instalação de painéis fotovoltaicos

Com a aplicação das medidas de eficiência energética identificadas prevê-se um investimento de cerca de 15 400€, com um período de retorno de menos de 1 ano, conseguindo assim uma poupança anual de cerca de 17 300€. Por outro lado, prevê-se que o Indicador de Eficiência Energética passe para 40 kWh/m^2 , obtendo uma melhoria de cerca de 22%.

A instalação de uma unidade de produção de energia elétrica recorrendo a painéis fotovoltaicos, com uma potência instalada de 100 kWp irá permitir uma rentabilidade anual de cerca de 14 350€, com um investimento que não deve ser maior que 86 100€ para se obter um período de retorno de 6 anos.

Referências

- [1] “PNEC 2030, Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030,” *Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 7 de outubro.*
- [2] “ADENE - Agência para a Energia,” ADENE, [Online]. Available: <http://www.adene.pt/>. [Acedido em 09 06 2016].
- [3] “ECO.AP - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública,” *Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011 de 12 de janeiro.*
- [4] Unidade de Missão Eco.AP, “ECO.AP - Programa de Eficiência Energética na Administração Pública,” ADENE - Agência para a Energia, [Online]. Available: <http://ecoap.pnaee.pt/>. [Acedido em 19 01 2017].
- [5] “ECO.AP 2030, Programa de Eficiência de Recursus da Administração Pública,” *Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2020, de 24 de novembro.*
- [6] “SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia,” *Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril.*
- [7] Direcção-Geral de Energia e Geologia, “Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho,” *Publicação dos fatores de conversão para tonelada equivalente petróleo (tep).*
- [8] “SCE - Sistema de Certificação Energética de Edifícios,” *Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro.*
- [9] Direcção-Geral de Energia e Geologia, “Despacho n.º 17449/2008, de 27 de junho,” *Define os elementos a considerar na realização de Auditorias Energéticas e elaboração dos Planos de Racionalização do Consumo de Energia.*
- [10] António Gomes Martins, “Auditorias energéticas,” *Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores.*
- [11] Ministérios do Ambiente Ordenamento do Território e Energia e da Solidariedade Emprego e Segurança Social, “Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro,” *Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.*
- [12] “Regulamento do Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços Energéticos,” *Despacho normativo n.º 15/2012 de 3 de julho.*

- [13] EVO - Efficiency Valuation Organization, “IPMVP - Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético,” vol. 1, 2009.
- [14] “Portal ERSE,” Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, [Online]. Available: <http://www.erse.pt>. [Acedido em 15 12 2016].
- [15] “Boletim Climatológico Sazonal,” *IPMA - Instituto Português do Mar e da Terra*.
- [16] “OMIE - Operador de mercado elétrico designado,” OMIE, [Online]. Available: <https://www.omie.es/pt>. [Acedido em 10 2021].
- [17] “Mibel - Mercado Ibérico de Eletricidade,” [Online]. Available: <https://www.mibel.com/>. [Acedido em 10 2021].
- [18] “Google Maps,” Google, [Online]. Available: <https://www.google.pt/maps/>. [Acedido em 10 2021].
- [19] “Climate strategies & targets,” European Commission, [Online]. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/index_en.htm. [Acedido em 16 06 2016].

Apêndice A

Medidas de Racionalização de Energia

1. Alteração do período horário de faturação

Objetivo

Esta medida tem como objetivo principal, a redução da faturação com o consumo de energia elétrica, apenas com a alteração da modalidade do período de faturação.

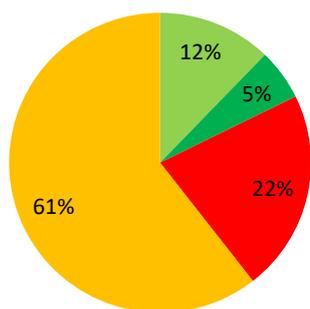
Vantagens

A principal vantagem desta medida é não ter custos de implementação, sendo apenas necessário um pedido de alteração do ciclo tarifário a aplicar à desagregação de consumos, para Ciclo Semanal Opcional, permitindo assim uma redução na faturação.

Descrição

Com a análise prévia às faturas da eletricidade emitidas pelo fornecedor de energia foi verificado que o período horário de faturação contratualizado com o fornecedor de energia, corresponde ao Ciclo Semanal com Feriados.

Ciclo Semanal com Feriados



Ciclo Semanal Opcional

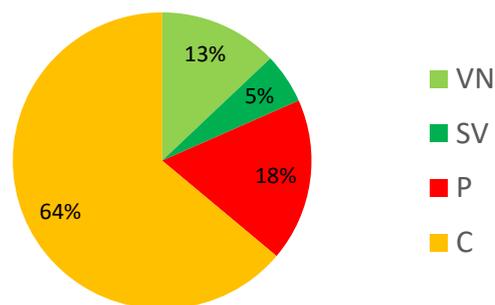


Figura 26: Variação da Energia Elétrica, por Período Horário de Faturação.

Fazendo uma simulação para os mesmos valores de consumo, alterando o período horário de faturação para o Ciclo Semanal Opcional, constatamos que a variação mais significativa se verifica no período de faturação em Horas de Ponta, período em que o valor cobrado pela energia é mais elevado.

Tabela 11: Custos anuais com a Energia Ativa, com a alteração do ciclo de faturação;

Horário	Ciclo Semanal com Feriados		Ciclo Semanal Opcional		
	<i>kWh</i>	Valor final	<i>kWh</i>	Valor final	Variação
VN	55 367,00	3 936,59 €	58 422,75	4 153,86 €	6%
SV	25 007,00	1 740,49 €	24 844,00	1 729,14 €	-1%
P	98 599,25	19 255,02 €	80 541,75	16 263,99 €	-16%
C	274 459,50	29 092,71 €	289 624,25	30 700,17 €	6%
Total	453 432,75	54 024,80 €	453 432,75	52 847,16 €	-2%

O cálculo do valor final foi efetuado a soma das parcelas respeitantes à Energia Ativa, ao Acesso às Redes e à Potencia Consumida em Horas de Ponta, que são obtidas multiplicando o consumo verificado em cada período horário das duas primeiras pelo seu custo unitário correspondente, cobrado pelo fornecedor, e na última parcela, multiplicando o número de dias de cada mês e pelo custo unitário correspondente e por um fator que é obtido pela divisão do consumo em Horas de Ponta e pelo número de Horas de Ponta desse mês.

Período de retorno do investimento

Não existindo investimento, o período de retorno é imediato.

Perante os registos de telecontagem fornecidos, efetuando os cálculos necessários, podemos verificar que, fazendo a alteração para o Ciclo Semanal Opcional, ainda que não obtendo redução no consumo de energia elétrica, permite obter uma poupança anual de 1 177,64€, que significa uma redução de cerca de 2% na fatura energética.

2. Campanha de sensibilização para a utilização regrada dos equipamentos elétricos

Objetivo

Esta medida tem como objetivo principal, a redução da utilização dos equipamentos elétricos em geral, fazendo com que sejam criados hábitos de desativação dos mesmos, quando não estão a ser utilizados.

Vantagens

As vantagens principais desta medida são:

- Diminuir o consumo desnecessário de energia elétrica;
- Diminuir a emissão de Gases de Efeito de Estufa;
- Diminuir os custos com o consumo de eletricidade;
- Diminuir a necessidade de manutenção dos aparelhos elétricos;
- Aumentar a durabilidade dos aparelhos elétricos;

Descrição

A aplicação desta medida é feita com a distribuição de folhetos informativos de sensibilização aos utilizadores do edifício, de forma a que estes alterem os seus comportamentos sobre o uso de energia e os sensibilize para as questões de poupança energética e correspondente redução dos custos associados, assim como para os benefícios para o meio ambiente e para o futuro da vida no Planeta.

Também deverá ser efetuada a afixação junto dos equipamentos elétricos, de painéis informativos com mensagens a lembrar os utilizadores de os desativarem no fim da sua utilização.

Período de retorno do investimento

O investimento necessário para a aplicação desta medida prende-se com a elaboração dos folhetos e painéis informativos, prevendo-se um investimento inferior a 100€.

O período de retorno é impossível de calcular, uma vez que o resultado da medida depende da ação de cada utilizador, não sendo possível calcular a redução de consumos por ela motivada.

3. Controlo de iluminação no edifício

Objetivo

Esta medida tem como objetivo principal, a diminuição do consumo de energia elétrica pela desativação das luminárias quando o espaço não está a ser utilizado.

Com esta medida pretende-se que, ainda que por esquecimento, não permaneçam ligadas luminárias por períodos excessivamente longos, causando consumos de energia desnecessários.

Vantagens

As vantagens principais desta medida são:

- Diminuir o consumo desnecessário de energia elétrica;
- Diminuir os custos com o consumo de eletricidade;
- Aumentar a durabilidade dos aparelhos elétricos;

Descrição

Deverão ser colocados interruptores crepusculares e sensores de presença, em locais estratégicos, de forma a que, quando for detetada uma presença, as luminárias sejam ativadas e assim se mantenham até o espaço ser desocupado, mantendo-se ainda ativas pelo período mínimo determinado.

Na Tabela 12, na página seguinte, estão identificados os locais onde se poderá proceder ao controlo do tempo de iluminação por interruptores crepusculares e sensores de presença, com uma poupança anual considerável, em relação ao consumo de referência.

Período de retorno do investimento

O período de retorno desta medida depende do número de sensores a utilizar, sendo que, no caso de ser apenas preciso um por circuito, tendo um custo unitário de cerca de 10€ no mercado, o período de retorno máximo que se tem com estas medidas é de cerca de dois meses e meio.

Tabela 12: Lista de medidas para redução de tempo de funcionamento da iluminação no edifício em geral.

Localização	Piso	Descrição sumária da medida	Circuitos	Duração do temporizador	Período referência		Consumo evitado		Investimento	
					[kWh]	€	[kWh]	€	Total	Payback
Sala de Exposições	0	Instalação de sensores de presença	1	5	16 068	2 696,36 €	9 021	1 513,75 €	10,00 €	0,0
Hall de entrada Norte (Principal)	0	Interruptor crepuscular, liga circuito a partir das 17h em Horário de	1	2	8 436	1 415,59 €	5 476	918,89 €	10,00 €	0,0
Sala de Exposições	0	Instalação de sensores de presença	1	5	6 074	1 019,22 €	3 410	572,20 €	10,00 €	0,0
Varanda interior Biblioteca	1	Instalação de sensores de presença	1	2	4 721	792,28 €	3 065	514,29 €	10,00 €	0,0
Varanda interior Gabinetes	1	Instalação de sensores de presença	1	2	3 210	585,27 €	1 553	283,10 €	10,00 €	0,0
Escadas Elevadores	-3 ao 4	Regulação do temporizador para 2 min (atual: 8 min)	1	2	2 003	336,18 €	1 502	252,13 €	- €	0,0
Fonoteca	-3	Interruptor crepuscular - Exposição solar intensa entre as 11h e as 18h	2	5	2 158	515,64 €	1 003	239,79 €	20,00 €	0,1
Fonoteca	-3	Instalação de sensores de presença	1	5	1 788	365,39 €	1 077	220,19 €	10,00 €	0,0
Escadas - Sul Oeste (Fonoteca - Exposição)	-3 ao 0	Instalação de sensores de presença	1	2	1 867	313,23 €	1 212	203,32 €	10,00 €	0,0
Corredor - Mini Auditório	-2	Instalação de sensores de presença	1	5	1 743	292,46 €	1 166	195,61 €	10,00 €	0,1
Corredor - Mini Auditório	-2	Instalação de sensores de presença	1	5	785	131,77 €	525	88,13 €	10,00 €	0,1
Fonoteca	-3	Instalação de sensores de presença	1	5	670	137,02 €	404	82,57 €	10,00 €	0,1
Hall da entrada Sul	0	Instalação de sensores de presença	1	2	616	103,36 €	400	67,09 €	10,00 €	0,1
Corredor Gabinetes	1	Instalação de sensores de presença	1	2	688	125,42 €	333	60,66 €	10,00 €	0,2
Hall - Elevadores	1	Instalação de sensores de presença	1	2	493	82,69 €	320	53,67 €	10,00 €	0,2
Entrada Sul	0	Instalação de sensores de presença	1	2	402	67,41 €	261	43,76 €	10,00 €	0,2

4. Controle de Iluminação no Silos do Arquivo

Objetivo

Esta medida tem o mesmo propósito que a medida anterior, mas aplicada em concreto aos silos de arquivo.

Tem como objetivo principal, a diminuição do consumo de energia elétrica pela desativação das luminárias quando o espaço não está a ser utilizado.

Com esta medida pretende-se que, ainda que por esquecimento, não permaneçam ligadas luminárias por períodos excessivamente longos, causando consumos de energia desnecessários.

Vantagens

As vantagens principais desta medida são:

- Diminuir o consumo desnecessário de energia elétrica;
- Diminuir os custos com o consumo de eletricidade;
- Aumentar a durabilidade dos aparelhos elétricos;

Descrição

No caso dos silos, deverão ser colocados interruptores crepusculares e sensores de presença, em locais estratégicos, de forma a que, quando for detetada uma presença, as luminárias sejam ativadas e assim se mantenham até o espaço ser desocupado, mantendo-se ainda ativas pelo período mínimo determinado.

Os silos mais frequentados não os do piso 0 e do piso 1, sendo que o do piso 2 também é bastante frequentado. Os restantes raramente são visitados, o que pode colocar um problema, que é o esquecimento de algum circuito ligado.

Nos silos, os circuitos com maior potência instalada são os dos corredores principais e os dos corredores laterais.

Tabela 13: Lista de medidas para redução de tempo de funcionamento da iluminação nos silos de arquivo.

Localização	Piso	Descrição sumária da medida	Circuitos	Duração do temporizador	Período referência		Consumo evitado		Investimento	
					[kWh]	€	[kWh]	€	Total	Payback
Silo A - Corredor principal	0	Instalação de sensores de presença	1	3	2 193	368,05 €	1 039	174,34 €	10,00 €	0,1
Silo A - Corredor principal	1	Instalação de sensores de presença	1	3	2 193	368,05 €	1 039	174,34 €	10,00 €	0,1
Silo A - Entrada	0	Instalação de sensores de presença	1	3	675	113,25 €	320	53,64 €	10,00 €	0,2
Silo A - Entrada	1	Instalação de sensores de presença	1	3	675	113,25 €	320	53,64 €	10,00 €	0,2

Período de retorno do investimento

O período de retorno também no caso desta medida depende do número de sensores a utilizar, sendo que, no caso de ser apenas preciso um por circuito, tendo um custo unitário de cerca de 10€ no mercado, o período de retorno máximo que se tem com estas medidas é de cerca de dois meses e meio.

5. Instalação de luminárias com tecnologia LED

Objetivo

Esta medida tem como objetivo principal, a diminuição do consumo de energia elétrica pela utilização de tecnologia de iluminação mais eficiente.

Para tal, é necessário a substituição de lâmpadas existentes com tecnologia obsoleta, como Lâmpadas Fluorescentes tubulares, ou lâmpadas Fluorescentes Compactas, por outras com tecnologia mais eficiente, no caso, lâmpadas com tecnologia LED.

Com esta medida pretende-se a diminuição dos consumos da energia elétrica com a utilização dos sistemas de iluminação.

Vantagens

As vantagens principais desta medida são:

- Diminuir o consumo desnecessário de energia elétrica;
- Diminuir os custos com o consumo de eletricidade;
- Durabilidade superior das lâmpadas com tecnologia LED;

Descrição

A aplicação desta medida, pressupõe a substituição das lâmpadas existentes em determinados locais, por lâmpadas com tecnologia LED do mesmo formato, mas mais eficientes do que as existentes no local.

Os locais identificados para substituição das lâmpadas existentes, foram selecionados tendo em conta o menor período de retorno do investimento e em função da maior poupança gerada.

Foram identificados 148 locais onde se torna rentável a substituição das lâmpadas, tendo sido ordenados por decrescente de poupança. Esses locais encontram-se identificados na Tabela 14, mais abaixo.

A substituição das lâmpadas pode ser efetuada pelos funcionários técnicos da Câmara municipal, não sendo necessária contratação externa.

Tabela 14: Lista das medidas para instalação de luminárias LED.

Localização	Piso	Qt	Equipamento		Período referência		Consumo evitado		Investimento		
			Antigo	Novo	kWh	€	kWh	€	Individual	Total	PB
Sala de leitura	0	170	T8: 1x58W BE	T8: 1x24W LED	28 681,38	4 813,01 €	17 755,14	2 979,48 €	23,23 €	3 949,90 €	1,3
Sala de Exposições	0	12	Halog 500W	Proj LED: 100W	16 068,00	2 696,36 €	12 854,40	2 157,09 €	39,36 €	592,32 €	0,3
Hall de entrada Norte (Principal)	0	25	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	8 435,70	1 415,59 €	5 757,70	966,20 €	25,56 €	638,99 €	0,7
Biblioteca	0	34	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	7 466,26	1 252,91 €	4 370,50	733,41 €	19,80 €	673,30 €	0,9
Sala de Exposições	0	36	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	6 073,70	1 019,22 €	4 145,54	695,66 €	12,78 €	460,07 €	0,7
Sala Francisco de Sá Miranda (Poeta)	1	24	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	5 503,68	1 003,32 €	3 756,48	684,81 €	25,56 €	613,43 €	0,9
Sala A	0	24	T8: 2x58W BE	T8: 2x24W LED	5 503,68	1 003,32 €	3 407,04	621,10 €	46,47 €	1 115,27 €	1,8
Varanda interior Biblioteca	1	43	T8: 1x36W BE	T8: 1x17W LED	4 721,31	792,28 €	2 763,70	463,77 €	9,90 €	425,76 €	0,9
Varanda interior Gabinetes	1	14	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	3 210,48	585,27 €	2 191,28	399,47 €	25,56 €	357,83 €	0,9
Fonoteca	-3	13	T8: 2x58W BE	T8: 2x24W LED	2 157,80	515,64 €	1 335,78	319,21 €	46,47 €	604,10 €	1,9
Silo A - Corredor principal	0	13	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	2 193,28	368,05 €	1 497,00	251,21 €	12,78 €	166,14 €	0,7
Silo A - Corredor principal	1	13	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	2 193,28	368,05 €	1 497,00	251,21 €	12,78 €	166,14 €	0,7
Silo A - Corredor principal	2	13	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	2 193,28	368,05 €	1 497,00	251,21 €	12,78 €	166,14 €	0,7
Silo A	2	13	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	2 193,28	368,05 €	1 497,00	251,21 €	12,78 €	166,14 €	0,7
Fonoteca	-3	16	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	1 787,62	365,39 €	1 220,12	249,39 €	12,78 €	204,48 €	0,8
Corredor - Mini Auditório	-2	13	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	1 742,83	292,46 €	1 189,55	195,62 €	12,78 €	166,14 €	0,8
Escadas Elevadores	-3 ao 4	13	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	2 003,33	336,18 €	1 172,68	196,79 €	19,80 €	257,44 €	1,3
Escadas - Sul Oeste (Fonoteca - Exposição)	-3 ao 0	17	T8: 1x36W BE	T8: 1x17W LED	1 866,57	313,23 €	1 092,62	183,35 €	9,90 €	168,33 €	0,9
Gabinete da Vereadora	1	6	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	1 375,92	250,83 €	939,12	171,20 €	25,56 €	153,36 €	0,9
Catálogo de Publicações Periódicas	1	6	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	1 375,92	250,83 €	939,12	171,20 €	25,56 €	153,36 €	0,9
Sala Ferrero Correia (Galeria)	-2	21	T8: 1x58W BE	T8: 1x24W LED	1 455,30	265,30 €	900,90	164,23 €	23,23 €	487,93 €	3,0
Arquivo Municipal	-2	6	T8: 2x58W BE	T8: 2x24W LED	1 375,92	250,83 €	851,76	155,28 €	46,47 €	278,82 €	1,8
SAA - Sala de Apoio Administrativo	1	6	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	1 164,24	212,24 €	794,64	144,86 €	25,56 €	153,36 €	1,1
Silo B	2	7	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	1 181,00	198,18 €	806,08	135,27 €	12,78 €	89,46 €	0,7
Silo B	2	7	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	1 181,00	198,18 €	806,08	135,27 €	12,78 €	89,46 €	0,7
Bibliotecários	1	4	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	917,28	167,22 €	626,08	114,13 €	25,56 €	102,24 €	0,9
Catálogo de Monografias	1	4	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	917,28	167,22 €	626,08	114,13 €	25,56 €	102,24 €	0,9
Biblioteca	0	6	T8: 1x58W BE	T8: 1x24W LED	1 012,28	169,87 €	626,65	105,16 €	23,23 €	139,41 €	1,3
Fonoteca	-3	6	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	670,36	137,02 €	457,54	93,52 €	12,78 €	76,68 €	0,8
Imagoteca	1	3	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	687,96	125,42 €	469,56	85,60 €	25,56 €	76,68 €	0,9
Corredor Gabinetes	1	3	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	687,96	125,42 €	469,56	85,60 €	25,56 €	76,68 €	0,9
Gabinete do Director	1	3	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	687,96	125,42 €	469,56	85,60 €	25,56 €	76,68 €	0,9
Fonoteca	-3	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	674,86	113,25 €	460,62	77,30 €	25,56 €	51,12 €	0,7
Silo A	0	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	674,86	113,25 €	460,62	77,30 €	25,56 €	51,12 €	0,7
Silo A	1	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	674,86	113,25 €	460,62	77,30 €	25,56 €	51,12 €	0,7
Silo A	2	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	674,86	113,25 €	460,62	77,30 €	25,56 €	51,12 €	0,7
Corredor - Mini Auditório	-2	9	T8: 1x36W BE	T8: 1x17W LED	785,23	131,77 €	459,65	77,13 €	9,90 €	89,11 €	1,2
Hall da entrada Sul	0	5	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	615,94	103,36 €	401,70	67,41 €	14,44 €	72,20 €	1,1
Hall de entrada Norte (Principal)	0	3	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	658,79	110,55 €	385,63	64,71 €	19,80 €	59,41 €	0,9
Imagoteca	1	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	458,64	83,61 €	313,04	57,07 €	25,56 €	51,12 €	0,9
Imagoteca	1	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	458,64	83,61 €	313,04	57,07 €	25,56 €	51,12 €	0,9
Imagoteca - Gabinete	1	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	458,64	83,61 €	313,04	57,07 €	25,56 €	51,12 €	0,9
Gabinete da Adjunta da Vereadora	1	2	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	458,64	83,61 €	313,04	57,07 €	25,56 €	51,12 €	0,9
Hall - Elevadores	1	4	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	492,75	82,69 €	321,36	53,93 €	14,44 €	57,76 €	1,1
Sala do Livro Antigo	0	3	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	447,72	81,62 €	262,08	47,78 €	19,80 €	59,41 €	1,2
Silo B	0	7	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	414,39	69,54 €	282,83	47,46 €	12,78 €	89,46 €	1,9
Silo B	1	7	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	414,39	69,54 €	282,83	47,46 €	12,78 €	89,46 €	1,9
Recepção - PBX	0	2	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	439,19	73,70 €	257,09	43,14 €	19,80 €	39,61 €	0,9
Biblioteca	0	8	FLC: 2x18W	LED E27: 2x12W	771,26	129,43 €	235,66	39,55 €	5,26 €	42,12 €	1,1
Entrada Sul	0	10	FLC: 1x15W	LED E27: 1x7W	401,70	67,41 €	214,24	35,95 €	1,49 €	14,90 €	0,4
Corredor - Exposições	-2	3	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	287,28	48,21 €	196,08	32,90 €	12,78 €	38,34 €	1,2
Biblioteca	0	10	FLC: 1x20W	LED E27: 1x12W	535,60	89,88 €	187,46	31,46 €	2,63 €	26,32 €	0,8
Gabinete ACAPO	0	3	T8: 1x36W BE	T8: 1x17W LED	291,51	53,14 €	170,64	31,11 €	9,90 €	29,70 €	1,0
Escadas - Norte 1 (Gab Panorâmico)	0	3	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	251,16	45,79 €	163,80	29,86 €	14,44 €	43,32 €	1,5
Escadas - Norte 1 (Gab Panorâmico)	1	3	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	251,16	45,79 €	163,80	29,86 €	14,44 €	43,32 €	1,5
Serviço de Leitura para Deficientes Visuais	1	1	T8: 2x58W BE	T8: 2x20W LED	229,32	41,81 €	156,52	28,53 €	25,56 €	25,56 €	0,9
Hall de entrada Norte (Principal)	0	2	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	246,38	41,34 €	160,68	26,96 €	14,44 €	28,88 €	1,1
Hall da entrada Sul	0	1	T8: 4x18W BE	T8: 4x8W LED	246,38	41,34 €	160,68	26,96 €	28,88 €	28,88 €	1,1
Hall - Elevadores	2	4	T8: 1x18W BE	T8: 1x8W LED	246,38	41,34 €	160,68	26,96 €	7,22 €	28,88 €	1,1
Catálogo de Doações	1	2	T8: 1x58W BE	T8: 1x24W LED	229,32	41,81 €	141,96	25,88 €	23,23 €	46,47 €	1,8
Recepção - Bengaleiro	0	1	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	219,60	36,85 €	128,54	21,57 €	19,80 €	19,80 €	0,9
Biblioteca	0	1	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	219,60	36,85 €	128,54	21,57 €	19,80 €	19,80 €	0,9
Hall da entrada Sul	0	1	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	219,60	36,85 €	128,54	21,57 €	19,80 €	19,80 €	0,9
Escadas - Sul Este (Entrada Sul)	1	1	T8: 2x36W BE	T8: 2x17W LED	219,60	36,85 €	128,54	21,57 €	19,80 €	19,80 €	0,9
Gabinete	-2	1	T8: 2x58W BE	T8: 2x24W LED	191,52	32,14 €	118,56	19,90 €	46,47 €	46,47 €	2,3
Arrumos	-2	1	T8: 2x58W BE	T8: 2x24W LED	191,52	32,14 €	118,56	19,90 €	46,47 €	46,47 €	2,3
Entrada Sul	0	1	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	168,71	28,31 €	115,15	19,32 €	12,78 €	12,78 €	0,7
Ludoteca	-2	12	FLC: 1x11W	LED E27: 1x7W	280,90	47,14 €	102,14	17,14 €	1,49 €	17,88 €	1,0
WC Senhoras	1	1	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	134,06	22,50 €	91,50	15,36 €	12,78 €	12,78 €	0,8
Gabinete da Adjunta da Vereadora	1	1	T8: 1x58W BE	T8: 1x20W LED	114,66	20,90 €	78,26	14,27 €	12,78 €	12,78 €	0,9
Escadas - Sul Este (Entrada Sul)	1	1	T8: 2x18W BE	T8: 2x8W LED	123,19	20,67 €	80,34	13,48 €	14,44 €	14,44 €	1,1
Recepção - Corredor	0	1	T8: 1x36W BE	T8: 1x17W LED	109,80	18,43 €	64,27	10,79 €	9,90 €	9,90 €	0,9
Atelier	-2	1	T8: 1x58W BE	T8: 1x24W LED	95,76	16,07 €	59,28	9,95 €	23,23 €	23,23 €	2,3
WC Homens	1	5	FLC: 1x15W	LED E27: 1x10W	159,60	26,78 €	53,20	8,93 €	2,08 €	10,39 €	1,2
WC Silos	0	3	Incandescente 40W	LED E27: 1x7W	56,38	9,46 €	46,51	7,81 €	1,49 €	4,47 €	0,6
WC Apoio	0	2	Incandescente 40W	LED E27: 1x7W	48,64	8,16 €	40,13	6,73 €	1,49 €	2,98 €	0,4
WC Senhoras	1	2	FLC: 1x15W	LED E27: 1x10W	63,84	10,71 €	21,28	3,57 €	2,08 €	4,16 €	1,2
Gabinete da Vereadora	1	2	FLC: 1x15W	LED E27: 1x10W	54,60	9,95 €	18,20	3,32 €	2,08 €	4,16 €	1,3
WC Silos	1	3	FLC: 1x15W	LED E27: 1x7W	21,14	3,55 €	11,28	1,89 €	1,49 €	4,47 €	2,4
WC	-3	2	FLC: 1x18W	LED E27: 1x7W	16,42	2,75 €	10,03	1,68 €	1,49 €	2,98 €	1,8
Escadas - Norte 1 (Gab Panorâmico)	1	1	FLC: 1x11W	LED E27: 1x7W	20,02	3,65 €	7,28	1,33 €	1,49 €	1,49 €	1,1

Período de retorno do investimento

O período de retorno total do investimento nesta medida é sensivelmente igual a um ano, sendo que, no geral, em todos eles é inferior a 3 anos.

Com a substituição das lâmpadas existentes, por outras com tecnologia mais eficiente, devido ao seu elevado número e ao conseqüente elevado consumo, devido ao tempo de utilização, iram gerar o retorno do investimento num curto período de tempo.

Na tabela em baixo, podemos verificar os resultados obtidos, pela adoção desta medida.

Tabela 15: Resultados obtidos pela aplicação das medidas de racionalização de energia com um período de retorno do investimento inferior a 3 anos.

Medidas com período de retorno individual inferior a 3 anos:	
Investimento:	14 621 €
Consumo anual evitado [<i>kWh</i>]:	88 193
Poupança anual:	15 229 €
Período de retorno [Anos]:	1,0
IEE [<i>kWh/m</i> ²]:	42
	-19%

6. Instalação de Painéis Fotovoltaicos

Objetivo

Esta medida tem como objetivo principal, a geração de energia elétrica com recurso a fontes renováveis de energia, permitindo assim diminuir a fatura com a eletricidade e contribuir para a redução das emissões de Gases com Efeito de Estufa e para a sustentabilidade do Planeta.

Vantagens

As vantagens principais desta medida são:

- Diminuir os custos com a energia elétrica;
- Utilizar fontes de energia renovável;
- Contribuir para a diminuição da emissão de Gases de Efeito de Estufa;
- Diminuir os custos com o consumo de eletricidade;

Descrição

A implementação de Painéis Solares Fotovoltaicos, pretende dotar o edifício da Casa Municipal da Cultura de uma solução de microprodução de energia elétrica recorrendo a fontes de energia renovável.

A escolha deve recair sobre uma unidade com uma potência instalada de 100 *kWp*, tendo em conta os registos de consumo do edifício, disponibilizados pelo fornecedor de energia elétrica, fazendo com que os níveis de injeção na rede rondem os 15/16% da energia produzida. Considerando o valor tipicamente pago no mercado, pela energia que é injetada na rede, este é um nível considerado aceitável relativamente ao valor do investimento.

Esta capacidade de produção, irá permitir um Autoconsumo de cerca de 112 *MWh*/ano e uma injeção na rede de cerca de 21 *MWh*/ano.

O edifício possui na zona da cobertura uma área ideal para a sua implementação, permitindo uma boa exposição solar, tirando o máximo rendimento possível da capacidade de geração de energia elétrica por parte dos painéis.



Figura 27: Cobertura do edifício da Casa Municipal da Cultura. [18]

Período de retorno do investimento

O período de retorno do investimento desta medida foi calculado para um período de 6 anos, tendo em conta um valor máximo por W_p de 0,86 €.

Neste caso, para uma unidade de produção fotovoltaica com uma potência instalada de 100 kW_p , levaria a um investimento de 86 100 €.

Esta instalação, considerando um valor normal de mercado para venda, de 0,05 €/kWh, permitiria ter um rendimento anual em termos de autoconsumo e injeção na rede de cerca de 14 350 € anuais.