

Caracterização dos Consumos Energéticos e Estudo
do Potencial de Melhoria da Eficiência Energética em
Edifícios de Escritórios

Inês da Costa Mamede Albuquerque

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

1 de Abril de 2013

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado
em Energias Sustentáveis

Candidato: Inês Albuquerque, Nº 1101616, 1101616@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Professor Eng.º Luís Castanheira, LCC@isep.ipp.pt

Empresa: EDP Distribuição

Supervisão: Eng.º Luís Vale Cunha, luís.cunha@edp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



1 de Abril de 2013

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer os meus orientadores, Professor Eng.º Luís Castanheira e Eng.º Luís Vale Cunha, por todo o apoio e disponibilidade prestado ao longo da elaboração deste trabalho, mesmo nos momentos mais complicados.

À empresa Energias de Portugal (EDP) Distribuição, em especial ao departamento de Direcção e Gestão de Energia, que me proporcionou a oportunidade de realizar este trabalho final em ambiente empresarial, onde obtive algum contacto directo com o mundo do trabalho.

Ao Eng.º João Hormigo, pela disponibilidade de dados e interesse demonstrado.

À Susana, Duarte e Sara pela ajuda e ambiente agradável que me proporcionaram.

A todos os amigos que de uma maneira ou outra me auxiliaram mais uma vez neste etapa, em especial ao Johnny e ao Sérgio, por proporcionarem um excelente ambiente de trabalho e de entre ajuda, durante este dois últimos anos que passei no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Aos meus queridos pais, pelo apoio, carinho e paciência, revelados durante estes anos e pelos conselhos úteis que me foram prestando ao longo de toda a vida e que me ajudaram a chegar até aqui.

Ao Tiago pela ajuda, compreensão e por estar do meu lado em mais uma fase das nossas vidas.

A todos, o meu sincero agradecimento...

Resumo

A forte preocupação ambiental, nomeadamente a emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE), aliada à constante ameaça do esgotamento dos combustíveis de origem fóssil, leva à necessidade de consumir energia de forma mais eficiente. Neste sentido, surge a promoção da eficiência energética nos diversos sectores consumidores de energia em todo o Mundo.

Sabendo que passamos mais de 80% do nosso tempo dentro de edifícios, e que cerca de 40% da energia mundial é consumida nos mesmos [ADENE], é importante operar no sentido de promover a utilização racional de energia e incentivar ao consumo eficiente da mesma nos edifícios. Apesar do esforço que tem sido realizado a nível nacional, no sentido de melhorar a eficiência energética em edifícios de serviços, através da implementação de legislação diversa e de vários programas de incentivo, existem ainda várias lacunas a serem colmatadas e muito trabalho a fazer nesse sentido.

Por tudo isto, e principalmente por ter constantemente em mente premissas como “a energia mais barata é aquela que não se consome” ou “não podemos gerir aquilo que não medimos”, surgiu a ideia de realizar esta dissertação, onde inicialmente através de dados provenientes de telecontagem se desenvolve uma tentativa de padronização/tipificação do consumo eléctrico em seis edifícios de escritórios, identificando-se assim algumas situações anómalas em diversos diagramas de carga construídos. Relaciona-se também o consumo eléctrico dos seis edifícios com algumas variáveis exógenas, de modo a perceber a influência das mesmas no consumo eléctrico de cada edifício. Numa vertente mais prática, foram identificadas e quantificadas potenciais medidas de melhoria, comportamentais e técnicas, num dos edifícios em estudo, de modo a poder contribuir para a redução do consumo energético do mesmo.

Espera-se que este trabalho, possa eventualmente constituir uma ajuda na caracterização de consumos e detecção de medidas de melhoria em edifícios de escritórios, alcançando a eficiência energética neste tipo de instalações e facilitando assim o trabalho de vários profissionais do sector. Pretende-se igualmente demonstrar a importância da eficiência energética na gestão do uso da energia eléctrica em edifícios, e efectuar um paralelo entre a

energia economizada por meio da implementação de medidas/acções de uso racional e eficiente, com a redução da queima de combustíveis fósseis na geração de energia eléctrica e a sua consequente redução nas emissões de dióxido de carbono (CO₂), com o objectivo final de melhorar a qualidade de vida no nosso planeta.

Palavras-Chave

Consumo, Edifícios de Escritórios, Eficiência Energética, Energia Eléctrica, Telecontagem, Medidas de Melhoria.

Abstract

The major environmental concern, specifically the Greenhouse Gas (GHG) emission, allied to the constant threat of the exhaustion of fossil fuels, leads to the need to use energy more efficiently. Therefore, the promotion of energy efficiency in several sectors of worldwide energy consumers arises.

Taking into account that we spend more than 80% of our time inside buildings, and about 40% of the world's energy is spent on it [ADENE], it is important to work towards the promotion of rational consumption and encourage an efficient use of energy in buildings. Despite the effort that has been done nationally, in order to improve the energy efficiency in service buildings, thru the implementation of many laws and several encouraging programs, there are still many flaws to be corrected and lot of work to be done.

For the mentioned reasons and for the constant assumptions made, such as “the most economic energy is the one that is not consumed” or “we cannot manage what we do not measure”, the idea of performing this thesis occurred. Initially, via the data obtained from smart metering, it is developed an attempt to standardize the electric consumption in six office buildings, identifying some anomalous situations in several load profiles. Some exogenous variables were related to the electric consumption of the six office buildings, to understand their influence on the electric consumption of each building. On the practical side, there were identified and quantified potential improvement measures, behavioral and technical as well, in one of the analyzed buildings, in order to contribute to the reduction of the energy consumption of the building.

It is expected that this work can eventually provide some guidance in the characterization of consumptions and the detection of improvement measures in office buildings, reaching the energy efficiency in these kind of buildings and simplifying the job of other professionals in the area. Moreover, it is also meant to demonstrate the importance of energy efficiency in the management of electric energy in buildings, and to make a comparison between the energy saved by implementing measures of rational and efficient use of energy, with the reduction of fossil fuels consumption in an age of electric energy

and the following reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions, with the final goal of improving the life quality of our planet.

Keywords

Consumption, Office Buildings, Energy Efficiency, Electric Energy, Smart Metering, Improvement Measures.

Résumé

Une grande préoccupation environnementale, comme la question de l'émission des Gaz à Effet de Serre (GES), associée à une constante menace de l'épuisement des énergies fossiles, conduit à la nécessité de consommer l'énergie de une façon plus efficace. De cette façon, l'efficacité énergétique émerge dans divers secteurs des consommateurs d'énergie dans le monde entier.

Une fois que nous passons plus de 80% de notre temps à l'intérieur des édifices, et qu'environ 40% de l'énergie mondiale est consommée dans les mêmes [ADENE], il est important de promouvoir l'utilisation correcte de l'énergie et encourager l'utilisation efficace de ces mêmes dans les édifices. Malgré les efforts qui ont été faits au niveau national pour améliorer l'efficacité énergétique dans les édifices à bureau, grâce à la mise en œuvre de diverses lois et divers programmes d'incitation, il a encore des nombreux problèmes à contourner et beaucoup de travail à faire dans ce sens.

L'idée de réaliser cette dissertation, est venu à cause toutes ces raisons et surtout pour avoir constamment des suppositions comme "l'énergie moins chère est celle qui n'est pas consommée" ou «nous ne pouvons pas gérer ce qu'on ne mesure pas». Initialement, il s'est développé une tentative de normalisation/caractérisation de la consommation d'énergie dans six édifices à bureau, à travers les données de télémessure, identifiant ainsi certaines anomalies dans des différents diagrammes de charge construits. La consommation d'énergie des six édifices à bureau avec des variables exogènes, se concerne également, afin de comprendre l'influence de celle-ci sur la consommation électrique de chaque édifice. En pratique, des potentielles mesures d'amélioration, comportementales et technique, ont été identifiées et quantifiées dans un des édifices de étude, afin de contribuer pour la réduction de la consommation énergétique de celui-ci.

Il est espère éventuellement, que ce travail pourra aider dans la caractérisation de la consommation et exploration des mesures d'amélioration dans des édifices à bureaux, pour obtenir l'efficacité énergétique dans ce type d'installation et pour faciliter le travail de nombreux professionnels. Il est également désiré de montrer l'importance de l'efficacité énergétique dans la gestion de la consommation d'énergie électrique dans les édifices, et de

faire un parallèle entre l'énergie économisée grâce à la mise en œuvre de mesures / actions de utilisation rationnelle et efficace, en réduisant la consommation de combustibles fossiles dans la production d'électricité et la conséquente réduction des émissions de dioxyde de carbone (CO₂), dans le but d'améliorer la qualité de vie sur notre planète.

Mots-clés

Consommation, Édifices à Bureau, Efficacité Énergétique, Énergie Électrique, Télémessure, Mesures d'Amélioration.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
RÉSUMÉ	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
NOMENCLATURA	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS – ESTADO DA ARTE	7
2.1. A EVOLUÇÃO DOS EDIFÍCIOS DAS SUAS TECNOLOGIAS E O SEU IMPACTO ECONÓMICO	7
2.2. A ENERGIA E OS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS.....	9
2.3. ENQUADRAMENTO POLÍTICO-LEGAL / FERRAMENTAS APLICADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS	12
2.3.1. <i>O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)</i>	19
2.3.2. <i>Sistemas de avaliação e certificação da construção sustentável</i>	22
2.3.2.1 BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method	24
2.3.2.2 LEED- Leadership in Energy and Environmental Design.....	25
2.3.2.3 LiderA – Sistema Voluntário para Avaliação da Construção Sustentável	27
2.4. SISTEMAS DE UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS.....	29
2.4.1. <i>Sistemas de iluminação</i>	29
2.4.1.1 Sistemas de controlo de iluminação interior.....	32
2.4.2. <i>Equipamentos</i>	38
2.4.3. <i>Climatização</i>	39
3. GESTÃO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS	43
3.1. O GESTOR DE ENERGIA.....	43
3.2. SISTEMAS DE GESTÃO TÉCNICA.....	45
3.3. REDE ELÉCTRICA INTELIGENTE (SMART GRID) E DOMÓTICA.....	46
3.4. O PROCESSO DE BENCHMARKING E A ANÁLISE DE INDICADORES ENERGÉTICOS EM EDIFÍCIOS	48
3.5. NECESSIDADE DE CARACTERIZAÇÃO DE CONSUMOS	51
3.5.1. <i>Auditorias energéticas</i>	51
3.5.2. <i>Sistemas de contagem inteligente e Telecontagem</i>	54
3.5.2.1 Benefícios da telecontagem.....	56

4. CARACTERIZAÇÃO DE CONSUMOS ENERGÉTICOS E RELAÇÃO COM VARIÁVEIS EXÓGENAS	59
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS DIAGRAMAS DE CONSUMO DE ELECTRICIDADE NUM EDIFÍCIO	59
4.2. PADRONIZAÇÃO DE CONSUMOS ELÉCTRICOS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	63
4.2.1. <i>Breve descrição dos edifícios em análise</i>	65
4.2.2. <i>Representação gráfica dos diagramas de carga</i>	66
4.2.2.1 Perfis diários.....	66
4.2.2.1.1 Conclusão.....	77
4.2.2.2 Perfis semanais	78
4.2.3. <i>Relação dos consumos eléctricos com variáveis exógenas</i>	80
4.2.3.1 Balanço energético dos edifícios	81
4.2.3.2 Temperatura média exterior.....	82
4.2.3.2.1 Cálculo da correlação entre a temperatura média mensal exterior e o consumo eléctrico total mensal durante um ano.....	87
4.2.3.2.2 Cálculo da variação do consumo eléctrico diário em relação à temperatura média diária exterior.....	91
4.2.3.3 Ocupação diária.....	94
5. ESTUDO DO POTENCIAL DE MELHORIAS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO NUM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS - CASO DE ESTUDO.....	97
5.1. INTRODUÇÃO.....	97
5.2. CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO INICIAL - VISITA AO EDIFÍCIO.....	98
5.2.1. <i>Utilização de energia</i>	99
5.2.1.1 Climatização.....	100
5.2.1.2 Sistema de iluminação.....	103
5.2.1.3 Equipamentos	104
5.3. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS MEDIDAS DE MELHORIA	106
5.3.1. <i>Medida 1: Hibernação nocturna dos computadores</i>	106
5.3.2. <i>Medida 2: Instalação de LED`s de sinalização nas zonas de circulação</i>	107
5.3.3. <i>Medida 3: Ajuste do horário de funcionamento dos equipamentos de geração de energia térmica</i>	108
5.3.4. <i>Medida 4: Implementação de um sistema mais eficiente para a climatização da sala do data-center/bastidores</i>	110
6. CONCLUSÃO	113
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	119
ANEXO A. CARACTERÍSTICAS DOS VÁRIOS EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO EXISTENTES NO EDIFÍCIO VISITADO	125

Índice de Figuras

Figura 1	Representação gráfica da evolução do consumo das várias fontes primárias de 1980 a 2030 tendo como base o cenário referência [IEA08]	2
Figura 2	Consumos de energia eléctrica por tipo de sector em 1998 e 2008 [INE11]	3
Figura 3	Consumo de energia eléctrica por tipo de sector consumidor em Portugal e na União Europeia-27 [POR10].....	4
Figura 4	Desagregação dos consumos em energia eléctrica em edifícios de escritórios [RUI06].....	10
Figura 5	Factores que influenciam o consumo de energia num edifício [ABR10 e ENE08]	11
Figura 6	Consumos energéticos em edifícios de serviços [DGEG].....	12
Figura 7	Representação dos consumos de energia associados aos objectivos da estratégia 2020 [UE11].....	15
Figura 8	Âmbitos de aplicação dos regulamentos RSECE e RCCTE (adaptado de [ADE10])..	21
Figura 9	Exemplo de um certificado de desempenho energético e qualidade do ar interior em Portugal [ADE11]	22
Figura 10	Estrutura de avaliação BREEAM 2008 [BRE08]	25
Figura 11	Níveis de certificação do sistema LEED [USGBC, 2011]	26
Figura 12	Esquema dos indicadores e parâmetros do sistema LiderA [PIN11]	28
Figura 13	Níveis de desempenho atribuídos pelo sistema LiderA [PIN11]	28
Figura 14	Características de alguns tipos de lâmpadas para utilização interior [ILM].....	31
Figura 15	Exemplo de um interruptor crepuscular [ESYLUX].....	35
Figura 16	Regulação a 1% dos níveis de iluminação artificial [PHILIPS].....	37
Figura 17	Regulação a 100% dos níveis de iluminação artificial [PHILIPS].....	37
Figura 18	Metodologia de execução de indicadores energéticos [MIG10]	50
Figura 19	EDP Box instalada no projecto <i>InovCity</i> [EDPD].....	56
Figura 20	Acessos <i>online</i> aos clientes com telecontagem [EDPD]	57
Figura 21	Construção de diagramas por tipo de consumidor e por tecnologias de consumo [MON06].....	61
Figura 22	Interpretação dos diversos índices. Adaptado de [MAT05]	62
Figura 23	Perfil de ocupação nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSE06].....	63
Figura 24	Perfil de iluminação nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSE06].....	63
Figura 25	Perfil de equipamentos nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSE06].....	64
Figura 26	Imagem de acesso ao programa de recolha de dados por telecontagem [EDPD]	65

Figura 27	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício A.....	66
Figura 28	Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício A	67
Figura 29	Situação actual da potência activa de um dia útil e de um dia não útil no Edifício A..	68
Figura 30	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício B.....	69
Figura 31	Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício B.....	70
Figura 32	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício C.....	71
Figura 33	Representação da potência activa de um dia útil e dois dias não úteis no Edifício C ..	72
Figura 34	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício D.....	73
Figura 35	Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício D	74
Figura 36	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício E.....	75
Figura 37	Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício E.....	76
Figura 38	Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício F	76
Figura 39	Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício F	77
Figura 40	Varição típica do diagrama de cargas semanal nos diversos edifícios em análise	79
Figura 41	Balço térmico de um edifício [GRA04].....	82
Figura 42	Consumo anual total com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício A	83
Figura 43	Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício B	84
Figura 44	Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício C	85
Figura 45	Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício D	85
Figura 46	Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício E	86
Figura 47	Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício F.....	87
Figura 48	Interpretação dos valores do coeficiente de correlação [SAN07]	89
Figura 49	Correlação existente entre o consumo eléctrico total mensal e a temperatura exterior média mensal, para cada um dos edifícios durante um ano.....	90
Figura 50	Varição do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício A	92
Figura 51	Varição do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício B	92
Figura 52	Varição do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício C	93
Figura 53	Varição do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício D	93
Figura 54	Varição do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício F.....	94

Figura 55	Representação do consumo anual em cada edifício em estudo e o respectivo número de ocupantes.....	95
Figura 56	Representação gráfica do resultado de cálculo do indicador caracterizado pela razão entre o consumo total anual (kWh) e o número de ocupantes totais em casa edifício em análise.....	95
Figura 57	Repartição do consumo de energia pelos principais consumidores do edifício	99
Figura 58	<i>Chiller</i> (esquerda) e Bomba de calor (direita).....	101
Figura 59	Exemplo dos <i>splits</i> existentes.....	101
Figura 60	UTAN A (esquerda) e UTAN B (direita).....	102
Figura 61	UTAN Auditório (esquerda) e UTAN A2 (direita).....	102
Figura 62	Características dos elevadores.....	105
Figura 63	Características do grupo de emergência	105
Figura 64	Unidade ininterrupta de energia	105
Figura 65	Corredores de circulação comum do edifício.....	107
Figura 66	Imagem da GTC do edifício, com a programação do sistema de produção de energia térmica (<i>Chiller</i> /Bomba de Calor).....	109
Figura 67	Sala do <i>data-center</i> / bastidores	110
Figura 68	Solução de climatização para salas de bastidores do tipo <i>in-row</i> da APC [APC12]..	110
Figura 69	Características do <i>Chiller</i> e Bomba de Calor	125
Figura 70	Características das UTAN´s	125
Figura 71	Características das bombas do circuito Primário do <i>Chiller</i> e Bomba de Calor	126
Figura 72	Características bombas de distribuição do <i>Chiller</i> e Bomba de Calor	126
Figura 73	Características dos <i>Splits</i>	126

Índice de Tabelas

Tabela 1	Documentos políticos europeus referentes à eficiência energética dos edifícios	13
Tabela 2	Tempo de ocupação e desperdício de energia em vários ambientes [CRA94]	35
Tabela 3	Principais funções de um gestor de energia [ENE08] [CAS11].....	44
Tabela 4	Número de instalações com telecontagem até Dezembro de 2012 [EDPD]	55
Tabela 5	Resumo das características gerais dos 6 edifícios em análise	65
Tabela 6	Quadro resumo dos resultados obtidos através do cálculo do coeficiente de correlação... ..	90
Tabela 7	Resumo dos resultados obtidos com a implementação das medidas propostas	116

Nomenclatura

Abreviaturas

ADENE	– Agência para a Energia
AE	– Auditoria Energética
AEA	– Agência Europeia do Ambiente
AQS	– Água Quente Sanitária
AT	– Alta Tensão
AVAC	– Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BREEAM	– <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
BT	– Baixa Tensão
BTE	– Baixa Tensão Especial
BTN	– Baixa Tensão Normal
CASBEE	– <i>Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i>
CE	– Comunidade Europeia
CEE	– Comunidade Económica Europeia
CO ²	– Dióxido de Carbono
COP	– <i>Coefficient of Performance</i>

CPV	– <i>Concentrated Photovoltaic</i>
CSP	– <i>Concentrated Solar Power</i>
DALI	– <i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
DDC	– Diagrama de Carga
DGEG	– Direcção Geral de Energia e Geologia
EDP	– Energias de Portugal
EE	– Eficiência Energética
EER	– <i>Energy Efficiency Ratio</i>
EIB	– <i>European Installation Bus</i>
EPBD	– <i>Energy Performance in Buildings Directive</i>
ERSE	– Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EUA	– Estados Unidos da América
FER	– Fontes de Energias Renováveis
GEE	– Gases com Efeito de Estufa
GBC	– <i>Green Building Challenge</i>
HQE	– <i>Haute Qualité Environnementale</i>
IA	– Instituto do Ambiente
ISO	– <i>International Standard Organization</i>
LED	– <i>Light Emitting Diode</i>

LEED	– <i>Leadership in Energy & Environmental Design</i>
LiderA	– Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção
Monitor CRT	– <i>Cathode Ray Tube</i>
Monitor LCD	– <i>Liquid Crystal Display</i>
MAT	– Muito Alta Tensão
MT	– Média Tensão
NABERS	– <i>National Australian Built Environment Rating System</i>
ORC	– Oportunidade de Racionalização de Consumo
PNAEE	– Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
PNAER	– Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
PREn	– Plano de Racionalização do consumo de Energia
REN	– Rede Energética Nacional
RCCTE	– Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RSECE	– Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
SBTool	– <i>Sustainable Building Tool</i>
SCE	– Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SEN	– Sistema Eléctrico Nacional
SGCIE	– Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SGT	– Sistema de Gestão Técnica

UE	– União Europeia
URE	– Utilização Racional de Energia
USGBC	– <i>United States Green Building Council</i>
UPS	– <i>Uninterruptible Power Supply</i>
UTA	– Unidade de Tratamento de Ar
UTAN	– Unidade de Tratamento de Ar Novo

Unidades

lm/W	– Lumen por Watt
ton/ano	– Tonelada por ano
r	– Coeficiente de correlação
kg/ano	– Kilograma por ano
kgep/VAB	– Kilograma equivalente de petróleo por Valor Acrescentado Bruto
kW	– Kilowatt
kWh	– Kilowatt hora
kWh/ano	– Kilowatt hora por ano
kWh/m ²	– Kilowatt hora por metro quadrado
kHz	– Kiloherz
€/ano	– Euros por ano

μm _ Micrómetros (10^{-6} m)

W _ Watt

1. Introdução

A gestão dos recursos de energia é hoje um dos principais desafios que, a nível mundial, a sociedade moderna enfrenta. O desenvolvimento económico mundial das últimas décadas caracterizou-se pela utilização intensa de energia, proveniente de recursos de origem fóssil, a um preço acessível e com produção de energia centralizada. [UE10]. A natureza finita desses recursos naturais e o impacto ambiental da sua produção e consumo, alertaram o mundo para a necessidade de mudança. Neste sentido, o petróleo e os demais combustíveis fósseis como o carvão mineral têm relevância inegável na modernidade e no desenvolvimento, por constituírem grande parte da produção. Representam actualmente uma considerável parcela da matriz energética na nossa sociedade, e constituem motivo de preocupação, entre outros, por não serem renováveis. Há ainda o problema do aquecimento global, directamente relacionado com a queima destes combustíveis [IPC08].

O desafio é enorme, e a solução de longo prazo está longe de ser conhecida mas, no curto e médio prazo, a acção tem de passar pela procura de fontes alternativas de energia, com ênfase especial para as renováveis e pelo aumento da eficiência na utilização das energias disponíveis. O repto que se coloca aos governos, às instituições e às empresas não se pode limitar à identificação de uma necessidade de mudança de rumo no paradigma energético. Tem necessariamente de passar pela definição do modo como essa mudança pode e deve ser realizada, garantindo o progresso social, o equilíbrio ambiental e o sucesso económico.

“O mundo não suporta mais esse padrão de consumo” – palavras de um dos mais conceituados professores em estudos ambientais dos Estados Unidos da América (EUA), *Dan Perlman*, com as quais crítica o modelo económico dos países ricos e põe em causa o desenvolvimento sustentável [PER07]. Os combustíveis fósseis são recursos naturais que possuem taxas de formação muito lentas em relação à escala temporal do Homem. Devido ao desenvolvimento das energias renováveis como a biomassa, os biocombustíveis, a energia eólica, solar, hídrica, fotovoltaica, das marés, entre outras, e devido às sanções impostas pelo protocolo de Quioto, aos países industrializados para diminuir a libertação de dióxido de carbono para a atmosfera, começam a recorrer às energias alternativas como um novo modelo de produção de energia com menor geração de CO₂ para o meio ambiente. O consumo de energia pode reflectir tanto o grau de industrialização de um país, como o grau de desenvolvimento e o bem-estar da sua população em termos médios.

A Figura 1 evidencia a evolução da dependência energética do Mundo, mostrando o elevado protagonismo dos combustíveis fósseis [IEA08].

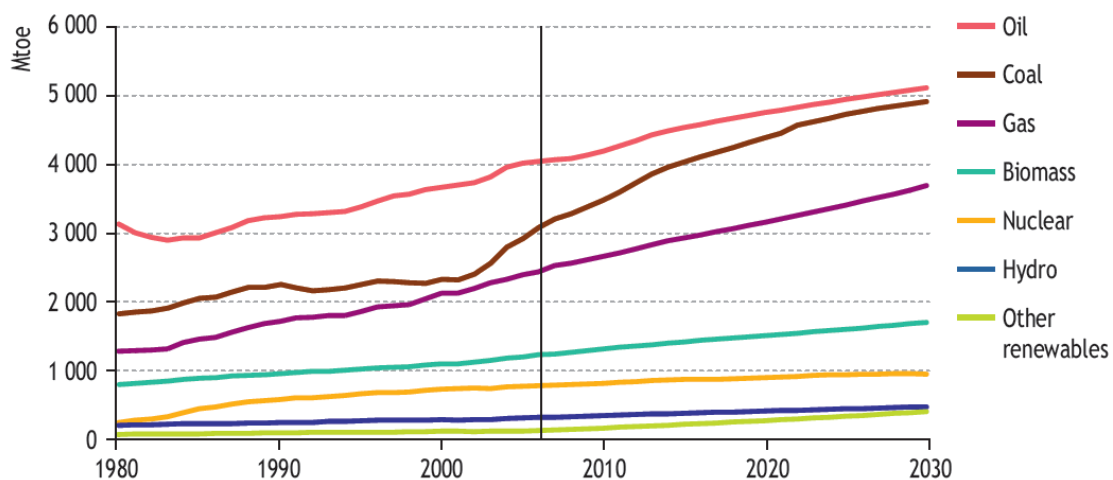


Figura 1 Representação gráfica da evolução do consumo das várias fontes primárias de 1980 a 2030 tendo como base o cenário referência [IEA08]

Perante este cenário, o desperdício de energia é algo que não deve ocorrer e é algo com que nos devemos preocupar diariamente. Nesta fase, a Eficiência Energética (EE) é frequentemente associada ao termo “Utilização Racional da Energia” (URE), que pressupõe a adopção de medidas que permitem uma melhor utilização da mesma, tanto no sector doméstico, como no sector de serviços e industrial.

Por meio da escolha, aquisição e utilização adequada dos equipamentos, é possível alcançar poupanças significativas de energia, manter o conforto e aumentar a produtividade das actividades dependentes de energia, com vantagens do ponto de vista económico e ambiental. Enquanto que a eficiência energética durante a fase de transformação da energia depende apenas de um número restrito de factores, no momento do consumo, depende de todos nós.

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa [ADENE]. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, quase a totalidade do compromisso da União Europeia (EU) no âmbito do Protocolo de Quioto [ADENE]. Relativamente à energia eléctrica consumida em Portugal em 2008, importa realçar que 23% foi consumida pelo sector dos serviços, conforme indica a Figura 2 e que comparativamente ao ano de 1998, este consumo aumentou dois pontos percentuais [INE11].

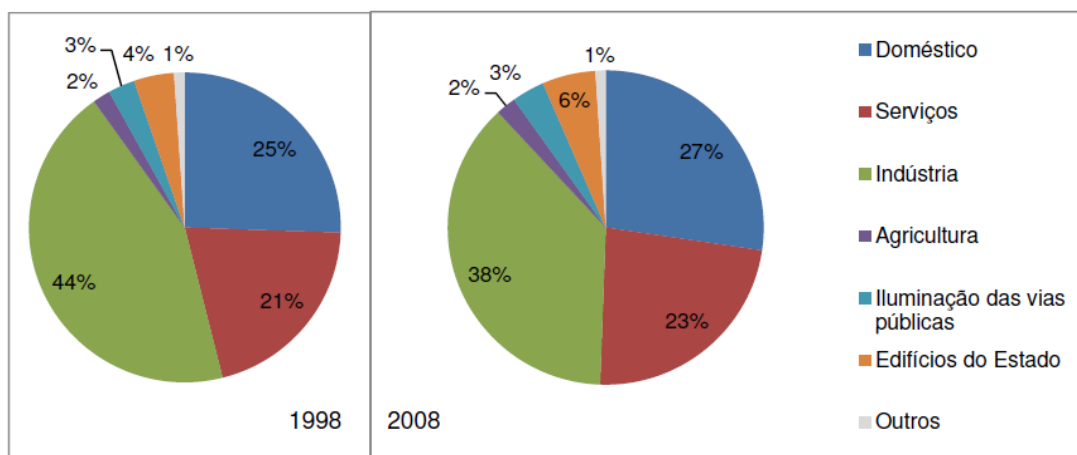


Figura 2 Consumos de energia eléctrica por tipo de sector em 1998 e 2008 [INE11]

Na Figura 3 é representado o consumo de energia eléctrica por tipo de sector consumidor em Portugal e na União Europeia -27. Onde é visível o relevante consumo de energia eléctrica referente ao sector dos edifícios, tanto edifícios de serviços como domésticos e industriais.

tep (tonelada equivalente de petróleo) - Milhares

Ano	Sector consumidor									
	Indústria		Transportes		Agregados domésticos		Agricultura		Serviços	
	UE27	Portugal	UE27	Portugal	UE27	Portugal	UE27	Portugal	UE27	Portugal
2007*	98645	1547	5835	43	69743	1192	4193	88	65929	1342
2008	96948	1515	5891	43	70134	1156	4452	80	67997	1356
2009	83323	1391	5712	42	70636	1220	4345	85	68554	1373
2010	88964	1502	5806	41	72456	1249	4316	83	71721	1410

Figura 3 Consumo de energia eléctrica por tipo de sector consumidor em Portugal e na União Europeia-27 [POR10]

O Plano de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) da Comissão Europeia (CE), aspira que até 2020 se consiga obter uma poupança de 20% no consumo de energia primária (comparando com as previsões de consumo de energia para 2020), o que corresponde a uma poupança de cerca de 1,5% por ano até 2020 [CE10]. Assim, tendo em conta a relevância dos edifícios no consumo de energia primária, importa centrar as atenções para estes no que respeita a medidas de eficiência energética.

A diversa legislação em vigor, os programas de incentivo e os sistemas de certificação energética existentes, têm ajudado à implementação de medidas de eficiência energética nos edifícios e à promoção de boas práticas neste sector. Mas infelizmente, os sistemas de certificação nacional têm algumas fragilidades, onde por vezes o resultado da certificação não reflecte a realidade, pois na verdade estes sistemas privilegiam a qualidade dos equipamentos que estão instalados, mas não têm em conta o modo como estes são parametrizados e operados. No entanto, o aparecimento de algumas ferramentas de mérito ambiental, como o Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) e o Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) vieram de alguma forma contornar esta lacuna, onde são contemplados os modos de operação dos diferentes sistemas existentes. Mas apenas isso não basta, é necessário que haja um esforço em prol do nosso futuro, que contribua para a eficiência energética e a utilização racional de energia, que passa principalmente pela consciencialização dos utilizadores, pelo desenvolvimento das redes eléctricas inteligentes, pela monitorização dos consumos e promoção de sistemas mais eficientes.

A estrutura deste trabalho é baseada no objectivo que o mesmo tem, de poder ser utilizado como informação de auxílio na caracterização dos consumos energéticos em edifícios de escritórios, para futura utilização em processos de identificação de medidas/acções de eficiência energética neste sector. A referida estrutura está dividida em 6 capítulos, apresentando-se em seguida uma breve descrição de cada um, excluído o Capítulo 1 que corresponde a esta Introdução.

Capítulo 2

Consumo Energético em Edifícios – “Estado da Arte”

Nesta parte do trabalho, são efectuadas algumas considerações sobre os consumos energéticos em edifícios, mais concretamente em edifícios de escritórios, onde se faz um enquadramento político-legal acerca da eficiência energética em edifícios tanto na Europa como em Portugal e uma breve descrição de algumas ferramentas de mérito ambiental aplicadas aos edifícios. Ainda neste capítulo, serão abordadas algumas apreciações acerca dos vários sistemas de utilização de energia utilizados em edifícios de escritórios.

Capítulo 3

Gestão de Energia em Edifícios

No terceiro capítulo, é abordada a temática da gestão de energia em edifícios, abrangendo o papel do gestor de energia, a utilidade das redes eléctricas inteligentes (*smart grids*), a importância da utilização de indicadores energéticos e processos de *benchmarking* em edifícios, a realização de auditorias energéticas e por fim os sistemas de contagem inteligente e os seus benefícios.

Capítulo 4

Caracterização dos Consumos Energéticos e Relação com Variáveis Exógenas

Neste capítulo é retratada a caracterização dos diagramas de consumo de electricidade num edifício e da padronização dos consumos em edifícios de escritórios, onde apenas recorrendo a valores recolhidos por telecontagem, é realizada a caracterização e análise dos perfis de carga em 6 edifícios de escritórios, dispostos por vários locais do país, tentando estereotipar o diagrama de carga típico desta tipologia e identificando situações anómalas neste tipo de edifícios. É também analisado o comportamento do consumo eléctrico com a alteração de variáveis exógenas (temperatura média exterior/ocupação), apenas com base em dados recolhidos por telecontagem.

Capítulo 5

Estudo do Potencial de Melhoria do Desempenho Energético num Edifício de Escritórios - Caso de Estudo

Durante este capítulo é realizado um caso prático, onde é visitado um dos edifícios de escritórios analisados, de modo a identificar e quantificar algumas medidas de melhoria comportamentais e técnicas que promovam a redução de consumos energéticos e as emissões de poluentes para a atmosfera.

Capítulo 6

Conclusões e perspectivas futuras

Nesta última parte, são apresentadas as principais conclusões do trabalho elaborado, as limitações do mesmo, e algumas perspectivas futuras.

2. Consumo Energético em Edifícios – Estado da Arte

2.1. A evolução dos edifícios das suas tecnologias e o seu impacto económico

Desde que o Homem se tornou sedentário que as habitações foram usadas como meio de abrigo e de protecção. Com os avanços da civilização surgiram os edifícios onde grupos de pessoas se reúnem e comunicam, onde são estabelecidas relações de colaboração formais e informais, onde são realizadas tarefas em grupo e onde são mantidos repositórios de informação. Os edifícios tornaram-se, assim, o cerne das actividades de negócio e constituem hoje a base da vida urbana.

À medida que os edifícios foram evoluindo nas suas múltiplas vertentes, foram-se destacando as suas instalações técnicas, cuja complexidade tem vindo sempre a aumentar. Os vários equipamentos técnicos eram, inicialmente, controlados individualmente, foi no

início dos anos 60 do século passado, que sugeriram os primeiros sistemas de controlo centralizado nos edifícios, com especial incidência sobre os equipamentos de climatização.

No princípio da década de 70, a divulgação dos microprocessadores alargou o domínio de aplicação dos sistemas de controlo, os quais passaram a permitir a automação e a supervisão de equipamentos mais sofisticados e em maior número. A crise petrolífera de meados da década de 70 contribuiu decisivamente para a implantação destes sistemas, colocando em primeiro plano todos os aspectos relacionados com uma gestão energética mais racional.

Já nos anos 80 surgem novos requisitos de conforto, de segurança, de flexibilidade dos locais de trabalho, e novas e maiores necessidades de serviços de telecomunicações e de processamento de informação. Isso deu origem ao aparecimento, nos edifícios, de três sistemas fundamentais:

-O sistema de automação e gestão de edifícios, responsável pelo controlo das instalações técnicas, pela detecção de incêndios, pela gestão energética, pelo controlo da iluminação, pela climatização, etc;

-O sistema de telecomunicações, envolvendo comunicações de voz e de dados, a comunicação com o exterior dos edifícios, etc;

-O sistema computacional, que inclui sistemas de informação, escritório electrónico, sistemas de apoio à decisão, automação de procedimentos administrativos, etc.

Neste ambiente, caracterizado por uma constante evolução, existem aspectos económicos que importa realçar. O custo dos edifícios é muito grande, a comprová-lo aponta-se o custo das construções novas que, em 1992 nos EUA, rondava os 10 a 13% do produto interno bruto [MIL92], sendo ainda maior o custo associado à renovação de edifícios já existentes. Adicionalmente, os custos de exploração de um edifício eram, em média, a segunda maior despesa de uma empresa, logo a seguir aos salários dos seus trabalhadores, ainda de acordo com a mesma fonte. Em termos de gastos energéticos, os edifícios são um sector em elevado crescimento, sendo em Portugal responsáveis por quase um terço da energia consumida, já no que respeita à energia eléctrica 62% é consumida nos mesmos, 33% em edifício de serviços e 29% em edifícios residenciais [DGE05]. De notar ainda que, um edifício corresponde a um investimento de muito longo prazo, dado que o seu período de

vida útil ronda os 40 anos. Na verdade, até 2025, o sector dos edifícios irá utilizar mais energia do que qualquer outro sector consumidor. (Já actualmente, nos Estados Unidos, representam 70% do consumo de energia). Actualmente 40% da produção mundial de matérias-primas tem como destino os edifícios [IBM].

Os factos indicados, apontam para a necessidade premente de gerir bem o dispendioso património que os edifícios representam, e de tirar o máximo proveito deles e dos recursos que disponibilizam. Foram todos os aspectos referidos e também a própria transformação da sociedade industrial na sociedade informática dos nossos dias, a necessidade de oferecer flexibilidade, de se adaptar a novas tecnologias e a novos requisitos, que deram origem ao aparecimento do conceito de Edifício Inteligente [IBI87].

2.2. A energia e os edifícios de escritórios

A Agência Europeia do Ambiente (AEA), refere a energia como sendo sinónimo de conforto pessoal, mobilidade, sendo essencial para a produção da maior parte da riqueza. Sem energia não há desenvolvimento económico nem melhoria da qualidade de vida. Esta pode transformar-se em calor, frio, movimento ou luz [AEA10].

Os edifícios de escritórios são edifícios de serviços com um ambiente de trabalho particular. Geralmente, o horário de funcionamento inicia-se de manhã cedo e termina no final da tarde. No entanto, não existe uma utilização regular de algumas divisões (*e.g.*, instalações sanitárias, salas de reuniões, gabinetes, copa/cafetaria). O uso eficiente da energia nestes edifícios, está dependente de uma gestão correcta das instalações e de uma manutenção qualificada. Além disso, os factores nos quais esta eficiência se deve basear são a estrutura do edifício, a iluminação, o modo de utilização dos equipamentos, os sistemas de aquecimento e arrefecimento e a densidade ocupacional. Neste tipo de edifícios o mais importante é a produtividade dos empregados, a qual depende em grande parte do ambiente de trabalho.

De acordo com o sistema de certificação de edifícios, que será abordado mais à frente neste capítulo, os edifícios são obrigados a uma certificação energética. Tal medida implica

estudos meticolosos do desempenho energético e identificação de um conjunto de medidas de racionalização de energia.

Na Figura 4, estão identificados os principais consumos de energia num edifício de escritórios típico, e como se pode constatar, a climatização e a iluminação representam a maior proporção dos custos de energia eléctrica neste tipo de edifícios.

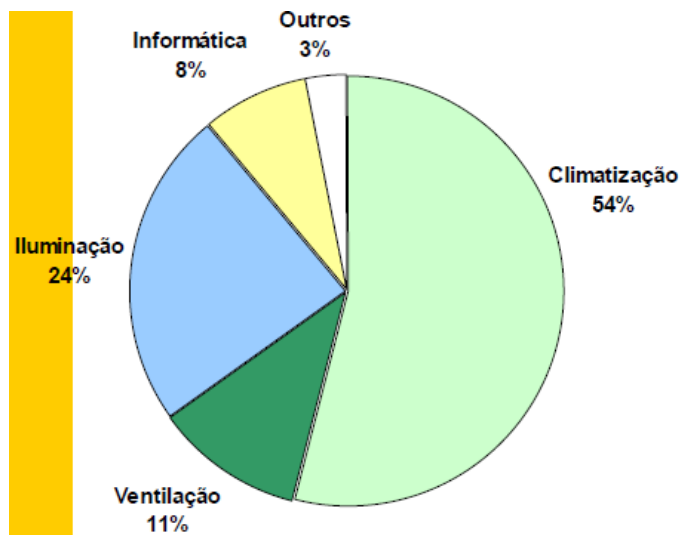


Figura 4 Desagregação dos consumos em energia eléctrica em edifícios de escritórios [RUI06]

O sector dos edifícios é responsável por cerca 40% do consumo de energia e 36% das emissões de CO₂ da União Europeia, sendo ainda um dos principais responsáveis pela ineficiência energética [CE10]. Além disso, o consumo de energia nos edifícios de escritórios tem vindo a aumentar ao longo dos últimos anos, devido à melhoria da qualidade de vida relacionada com uma maior utilização de equipamentos electrónicos e de climatização.

Tendo em conta o conceito de pegada carbónica, é possível avaliar a pegada de um edifício através do seu impacte em termos de consumo de recursos e materiais, bem como das fontes de energia utilizadas. O consumo de recursos de energia ao longo da vida de um edifício apresenta a seguinte proporção [RNA11]:

Construção, Reabilitação e Demolição: 15%.

Utilização (aquecimento, ventilação, aquecimento de água e electricidade): 85%.

Quanto ao consumo de energia ao longo da utilização de um edifício, este depende de diversos factores, entre os quais:

Construtivos	Humanos	Outros
Forma	Comportamento dos ocupantes	Sistemas de consumo de energia final
Orientação	Manutenção	Idade
Sombreamento	Temperatura interior ideal estipulada	Tipo de edifício
Rácio entre altura e área dos pisos	Horários de ocupação do edifício	Climáticos
Rácio entre área de janelas e parede	Número de ocupantes	
Níveis de insolação e propriedades das janelas	Monitorização e processo de aquisição de dados de consumos	
Área de envidraçados		
Isolamento térmico		
Impermeabilização		
Área Útil		

Figura 5 Factores que influenciam o consumo de energia num edifício [ABR10 e ENE08]

Existe uma grande heterogeneidade no sector dos serviços, que vai desde a pequena loja até um grande hotel ou grande superfície, assim como, dentro da mesma actividade, existem unidades eficientes e outras grandes consumidoras. A distribuição dos consumos energéticos finais e a sua utilização no sector dos edifícios de serviços, está relacionada com o tipo de serviço prestado. Na Figura 6, de acordo com o “Manual de boas práticas ecoeficientes para edifícios de serviços”, citando dados da Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG) verifica-se que neste sector, o tipo de edifício que apresenta um maior consumo específico em energia é o tipo “restaurante”, com valores perto dos 830 kWh/m².ano, as piscinas e hipermercados, seguem-se na lista com perto de 460 kWh/m².ano e 320 kWh/m².ano, respectivamente. Quanto aos edifícios de escritórios, estes apresentam um consumo específico na ordem dos 230 kWh/m².ano [MAR].

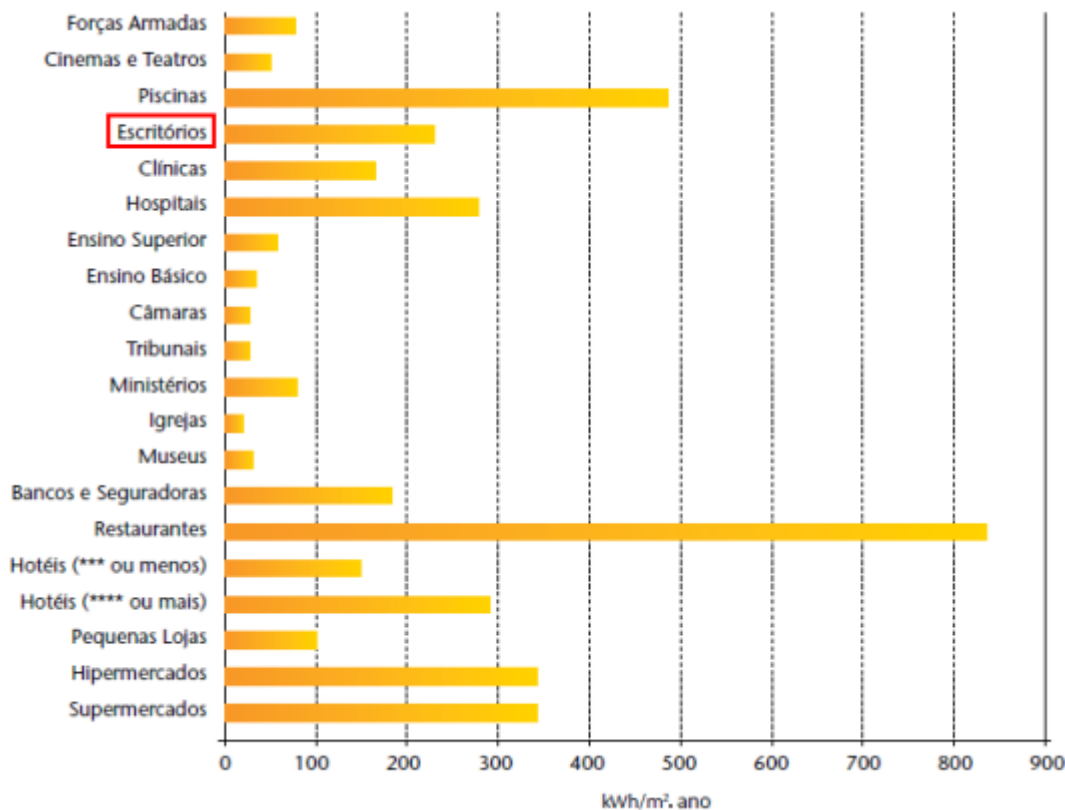


Figura 6 Consumos energéticos em edifícios de serviços [DGEG]

2.3. Enquadramento político-legal / Ferramentas aplicadas à eficiência energética em edifícios

Na União Europeia, os processos de regulamentação e orientação da estratégia comunitária e dos estados membros têm uma dimensão muito importante no sector da energia. A evolução na regulação e liberalização dos mercados tem levado a uma maior eficiência no lado da oferta de energia. No entanto, no que respeita ao lado da procura, continuam a existir inúmeras barreiras ao aumento da eficiência no consumo de energia, nomeadamente quanto à participação das empresas em actividades de eficiência energética. Adicionalmente, a existência de diversas barreiras à adopção de equipamentos e hábitos de consumo mais eficientes por parte dos consumidores, bem como a eventual existência de externalidades ambientais não reflectidas nos preços, justifica a implementação de medidas de promoção da eficiência no consumo. Estas barreiras/falhas de mercado dificultam/impedem a tomada de decisões eficientes pelos agentes económicos [ERSE].

A UE é o segundo maior mercado mundial de energia, com mais de 450 milhões de consumidores [CE12]. Existe um crescente número de projectos, iniciativas e programas que têm como temática a promoção de eficiência energética, de forma a atingir as metas 20/20/20, na Europa. Os mecanismos criados pelo protocolo de Quioto, como o Comércio Europeu de Licenças de Emissão são instrumentos que visam a redução de emissões de GEE, e que também incentivam mercados de energias renováveis e eficiência energética.

Representando os compromissos assumidos no âmbito do protocolo de Quioto, uma preocupação evidente por parte da UE, os Estados Membros têm vindo a implementar um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. Foi neste contexto que surgiu a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

No Outono de 2009, a UE apresentou um rascunho do seu plano de acção para a eficiência energética, que mostrava a intenção da comissão em propor aos estados membros a definição de metas com vínculo legal.

De seguida serão apresentados os principais documentos políticos europeus referentes à eficiência energética dos edifícios:

Tabela 1 Documentos políticos europeus referentes à eficiência energética dos edifícios

Directivas / Planos de Acção da EU	Objectivos	Propostas
Directiva 89/364/CEE - Decisão do Conselho, de 5 de Junho de 1989, relativo à adopção de um programa de acção comunitário com vista a melhorar a eficácia da utilização de electricidade [DRT89]	-Adopção de acções com vista a melhorar a eficácia da utilização da electricidade.	- Criação de um programa comunitário que influencie o consumidor de electricidade no sentido da utilização eficiente de aparelhos e equipamentos de elevado rendimento eléctrico; - Incentivo ao aperfeiçoamento da eficácia dos equipamentos e aparelhos eléctricos.
Directiva 91/565/CEE - Decisão do Conselho, de 29 de Outubro de 1991, relativa à promoção do rendimento energético na Comunidade (programa Save) [DRT91]	-Aprovação do primeiro programa SAVE (com duração de 5 anos) programa para a promoção do rendimento energético na comunidade.	- Fixação de objectivos sectoriais de rendimento energético e acompanhamento da evolução nestes sectores; - Criação de medidas para incentivar actividades de formação e informação sobre eficiência energética.

<p>Directiva 93/76/CEE- Decisão do Conselho, de 13 de Setembro de 1993, relativa à limitação das emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficácia energética (Save) [DRT93]</p>	<p>-Limitação das emissões de CO² através do aumento da eficiência energética.</p>	<p>-Certificação energética dos edifícios; -Facturação das despesas de aquecimento, ar condicionado e águas quentes sanitárias (AQS) com base no consumo real; -Isolamento térmico de edifícios novos; -Financiamento por terceiros dos investimentos em eficiência energética no sector público; -Inspecção periódica das caldeiras; -Auditorias energéticas nas empresas com elevado consumo de energia.</p>
<p>Plano de acção para melhorar a eficiência energética na Comunidade Europeia(2000) [PNA00]</p>	<p>-Recentrar a atenção na promoção da eficiência energética e mobilizar as partes interessadas; -Apresentar, para aprovação, políticas e medidas comuns e coordenadas a aplicar à luz do Protocolo de Quioto; -Concretizar o potencial económico disponível para melhoria da eficiência energética em harmonia com o objectivo proposto de redução anual de um ponto percentual da intensidade energética.</p>	<p>-Isolamento de novos edifícios, que devem incluir sistemas de aquecimento e outros sistemas instalados de modo a permitir a utilização de energias renováveis; -Imposição de normas de eficiência na concessão ou renovação de licenças; - Aumento das exigências de Certificação em matéria de energia (alteração da Directiva 93/76/CEE); -Formação e certificação de instaladores.</p>
<p>Directiva 2002/91/CE - 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios [DRT02]</p>	<p>-Promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios da comunidade, sendo resultado do plano de acção para melhorar a eficiência energética na Comunidade Europeia.</p>	<p>- Enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado nos edifícios; -Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios; -Aplicação de requisitos mínimos para o desempenho energético dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação; -Certificação energética dos edifícios; -Inspecção regular de caldeiras e de instalações de ar condicionado nos edifícios.</p>
<p>Directiva 2006/32/CE - 5 de Abril de 2006 relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Directiva 93/76/CEE do Conselho [DRT06]</p>	<p>-Revogar a Directiva 93/76/CEE; -Incrementar a relação custo-eficácia na melhoria da eficiência na utilização final de energia.</p>	<p>-Aquecimento e arrefecimento mais eficientes; -Aumentar o isolamento térmico e os sistemas de ventilação natural (sistemas passivos); - Instalação de dispositivos de aquecimento de águas quentes sanitárias mais eficientes; - Instalação de lâmpadas mais eficientes; -Utilização de sistemas de recuperação de calor e de electrodomésticos mais eficientes.</p>

<p>Comunicado da Comissão “Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial” 19/10/2006 [CE06]</p>	<p>-Delinear um quadro de políticas e medidas, com vista a intensificar o processo de concretização do potencial, estimado em mais de 20%, de poupança no consumo anual de energia primária da EU até 2020. Este objectivo corresponde a uma poupança de cerca de 1,5% por ano até 2020.</p>	<p>-Controlar e reduzir a procura de energia, incidindo no consumo e no abastecimento;</p>
<p>Proposta de Directiva relativa à eficiência energética (Iniciativa 20/20/20) [CE11]</p>	<p>-Concretização da estratégia de eficiência energética definida no projecto “Europa 2020: Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo”; -Reduzir as emissões de GEE em pelo menos 20 % relativamente aos níveis de 1990; aumentar para 20 % a quota de energias renováveis no nosso consumo final energético e aumentar em 20 % a eficiência energética.</p>	<p>-Tornar os edifícios energeticamente mais eficientes, baixando consideravelmente o consumo energético, recorrendo, essencialmente, a sistemas passivos; -Propor requisitos energéticos mínimos mais exigentes.</p>

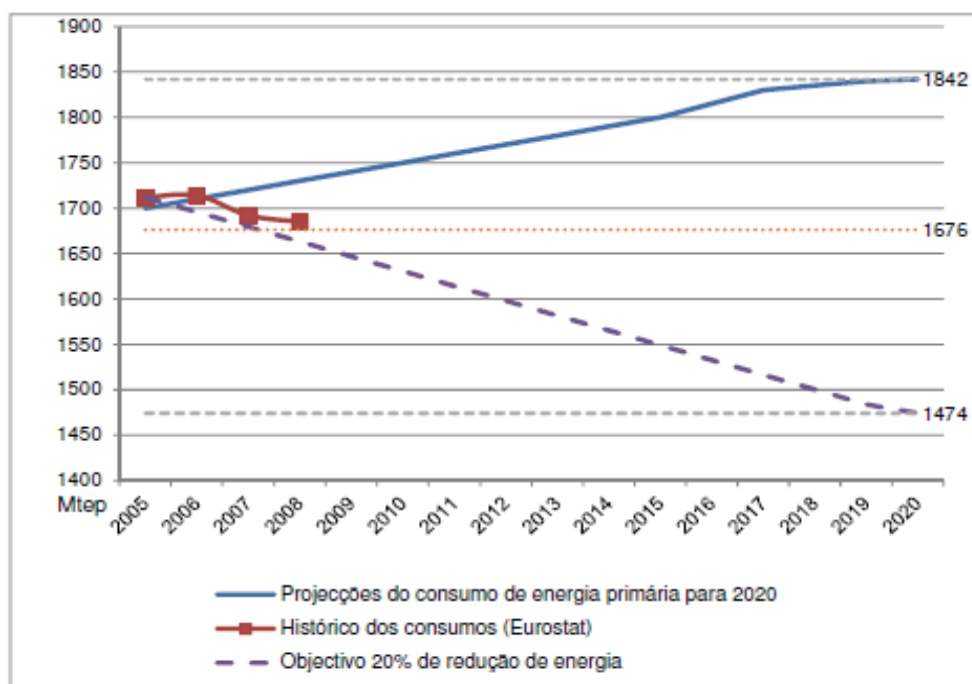


Figura 7

Representação dos consumos de energia associados aos objectivos da estratégia 2020

[UE11]

Relativamente às medidas nacionais do âmbito da eficiência energética dos edifícios, são de destacar a Directiva n.º 2006/32/CE relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, que foi transposta para legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 319/2009. Existem também outros diplomas em vigor na área da eficiência energética, que incluem já disposições importantes no campo de aplicação da Directiva n.º 2006/32/CE, designadamente, o Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril, que criou o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) [SGC08].

Na resolução do conselho de ministros n.º 80/2008, foi aprovado o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015 (2008-2015) [PNA08], que integra as políticas e medidas de eficiência energética a desenvolver, de modo a reduzir a taxa de crescimento da factura energética em cerca de 10% até 2015. Em Julho de 2011, foi publicada a revisão do PNAEE onde, tendo por base a execução do plano ao longo do período 2008-2010, foram projectados novos objectivos e metas para 2016 com base na confirmação de exequibilidade de medidas em curso, na substituição de medidas sem impacto previsível e na inclusão de novas acções, perspectivando-se atingir uma economia no consumo de energia final de 2.239.973 tep, equivalente a 12,1% face ao mesmo período de referência do PNAEE inicial (2001-2005) [PNA11]. Esta revisão veio reforçar substancialmente a meta da eficiência energética nacional, para 2020, passando-a de 20% para 25% de redução do consumo [PNA11]. Relativamente a algumas actividades desenvolvidas no âmbito do PNAEE, são de destacar o Fundo de Eficiência Energética, o Programa ECO.AP, o Barómetro da Eficiência Energética e Prémios "*Energy Efficiency Awards*" Portugal-2010, o Programa Solar Térmico 2010 e o Programa Solar Térmico 2009 [PNA11].

Em concretização do programa do governo e das grandes opções do plano para 2013, na parte respeitante ao “Mercado de energia e política energética”, foi recentemente publicada a resolução do conselho de ministros n.º 20/2013, de 28 de Fevereiro de 2013, que aprova o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 (Estratégia para a Eficiência Energética - PNAEE 2016) e o Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis para o período 2013-2020 (Estratégia para as Energias Renováveis - PNAER 2020). O Governo pretende assim prosseguir os objectivos de assegurar a continuidade das medidas para garantir o desenvolvimento de um modelo energético com racionalidade económica, que assegure custos de energia sustentáveis, que não

comprometam a competitividade das empresas nem a qualidade de vida dos cidadãos, bem como assegurar a melhoria substancial na eficiência energética do País, através da execução do PNAEE 2016 e do PNAER 2020. É estabelecido para Portugal para o horizonte de 2020, de acordo com as metas europeias fixadas, um objectivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e um objectivo específico para a Administração Pública de redução de 30% [PNA13] [PNE13].

O principal objectivo do PNAEE 2016 passa, em suma, por projectar novas acções e metas para 2016, em articulação com o referido PNAER 2020, integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020 constantes da Nova Directiva Eficiência Energética, com base em três eixos de actuação: i) acção, através da adequação das medidas ao actual contexto económico financeiro, tendo em vista a redução do custo global do programa nacional de eficiência energética; ii) monitorização, através da revisão dos métodos de monitorização de resultados e criação de uma visão macro do impacto do programa nacional de eficiência energética; e iii) governação, através da redefinição do modelo de governação do PNAEE. A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501 ktep, correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2% relativamente à média do consumo verificada no período entre 2001 e 2005, o que se aproxima da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016. Pretende-se que o PNAEE 2016 seja executado mediante a implementação de medidas regulatórias (entre outros, imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética, obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas), mecanismos de diferenciação fiscal (entre outros, discriminação positiva em sede de IUC, ISV e ISP) e apoios financeiros provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de eficiência energética [PNA13].

As linhas de acção do PNAER 2020 centram-se no cumprimento da meta de 10% no eixo dos Transportes e na identificação das tecnologias que devem ter prioridade de entrada no sistema, caso seja necessária potência adicional para a produção de energia eléctrica proveniente de Fontes de Energia Renováveis (FER), tendo em conta os novos regimes remuneratórios previstos no Decreto-Lei n.º 215-B/2012, de 8 de Outubro. Logo, atento o cenário de consumo revisto, e face ao PNAEE 2016, várias medidas que constam do PNAER de 2010 são objecto de revisão, nomeadamente, aquelas que se relacionam com os

incentivos à instalação de potência adicional FER, sobretudo em tecnologias ainda pouco competitivas: a) redefinição dos mecanismos de apoio associados às tecnologias emergentes ou menos maduras, consideradas ainda numa fase de investigação/demonstração; b) reavaliação dos objectivos associados às centrais concentrated solar power (CSP) e concentrated photovoltaics (CPV), em virtude do seu ainda elevado custo na geração de electricidade; c) revisão das metas e objectivos da micro e mini-produção de electricidade; d) substituição de medidas de elevado investimento no sector do Aquecimento e Arrefecimento (tipicamente, medidas de subsidiação) por medidas de carácter regulatório; e) continuação do esforço de promoção das medidas no sector dos Transportes, nomeadamente as associadas à incorporação de biocombustíveis e outros combustíveis renováveis; f) estímulo ao desenvolvimento da utilização energética da biomassa, sobretudo florestal, em particular no apoio aos equipamentos de biomassa para aquecimento ambiente e AQS nos sectores doméstico e nos serviços públicos, devendo ser encontradas fontes de financiamento adequadas, nomeadamente junto dos fundos de apoio existentes e no âmbito da negociação do futuro quadro de programação para 2014 -2020 [PNE13].

O projecto “Barómetro da Eficiência Energética Portugal – 1ª Edição”, tem sido significativamente importante no campo dos edifícios de escritórios, uma vez que se trata de um projecto pioneiro em Portugal, que tem como objectivo avaliar e premiar o desempenho de eficiência energética das empresas. A cerimónia de apresentação do estudo Barómetro da Eficiência Energética Portugal e entrega dos prémios “*Energy Efficiency Awards*”, decorreu em Abril de 2011, com uma amostra focalizada nas 2.500 maiores empresas de Portugal (por volume de facturação), o barómetro analisou o modo como as empresas utilizam a energia nos seus processos, instalações e actividades. Este barómetro conta ainda com o apoio institucional da Agência de Energia (ADENE), da Direcção Geral de Energia e Geologia e do Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável [ADENE].

Também no campo de acção dos edifícios de escritórios e não só, a resolução do conselho de ministros nº 2/2011, de 12 de Janeiro, lançou o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, denominado ECO.AP que visa criar condições para o desenvolvimento de uma política de eficiência energética na Administração Pública,

designadamente nos seus serviços, edifícios e equipamentos, de forma a alcançar um aumento da eficiência energética na ordem dos 30 % até 2020 [ECO11].

O Decreto-Lei n.º 29/2011, de 28 de Fevereiro de 2011, estabelece o regime jurídico aplicável à formação e execução dos contratos de desempenho energético, que revistam a natureza de contratos de gestão de eficiência energética, a celebrar entre entidades públicas e empresas de serviços energéticos, com vista à implementação de medidas de melhoria da eficiência energética nos edifícios públicos e equipamentos afectos à prestação de serviços públicos.

Para as indústrias e edifícios de serviços, a ISO (*International Organization for Standardization*) publicou recentemente a norma ISO 50001:2011 “*Energy management systems – Requirements with guidance for use*” (Sistemas de gestão de energia – requisitos e orientações para utilização), em linha com as já conhecidas ISO 9001 para a qualidade e ISO 14001 para o ambiente. A ISO 50001 fornece uma base para as organizações demonstrarem que implementam um sistema eficaz, não só para atingir melhorias no seu próprio desempenho energético, como também para comprar produtos e serviços energeticamente eficazes e incorporar desenvolvimentos para a melhoria do desempenho energético. Também estão a ser criadas normas para os serviços de eficiência energética nos organismos de normalização [SCH].

Instalar equipamentos energeticamente eficientes, apostar numa construção sustentável e efectuar planos de melhoria de eficiência energética já não é mais uma opção, mas sim, uma obrigação. Cada país terá de implementar legislação local e esquemas de incentivos com impactos financeiros os quais não poderão ser ignorados.

2.3.1. O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)

De entre os instrumentos comunitários fundamentais actualmente existentes, a Directiva de Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) é o principal instrumento que prevê uma abordagem holística para a utilização eficiente da energia no sector dos edifícios. Abrange as necessidades de energia para aquecimento, fornecimento de água quente, ar

condicionado, ventilação e iluminação. Esta Directiva n.º 2002/91/CE (EPBD), de 16 de Dezembro relativa ao desempenho energético dos edifícios, estabelece que os Estados membros da UE devem implementar um sistema de certificação energética, de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, durante a construção, venda ou arrendamento dos mesmos. Obriga também que o sistema de certificação abranja, igualmente, todos os grandes edifícios públicos e edifícios visitados frequentemente pelo público [DRT02].

Em Portugal, a directiva anterior foi transposta no ano 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei:

- Decreto-Lei n.º 78/2006 - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SEC) [SCE06];
- Decreto-Lei n.º 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) [RSE06];
- Decreto-Lei n.º 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [RCC06].

Em particular, o SCE tem por objectivos [SCE06]:

- Identificar as medidas correctivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e, respectivos sistemas energéticos, no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior;
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de eficiência energética, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas no RCCTE e no RSECE.

O RCCTE, estabelece objectivos de qualidade para novos edifícios de habitação e pequenos serviços sem sistemas de climatização, por exemplo no que diz respeito a isolamento de paredes e pavimentos, tipo de coberturas e superfícies envidraçadas, limitando perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Existe a obrigatoriedade da instalação (sempre que possível) de sistemas de energia solar bem como é incentivado o recurso a outras fontes de energia renovável [RCC06].

O RSECE, destina-se a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, onde além de parâmetros para a qualidade da envolvente, a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização, é imposta a obrigatoriedade de auditorias e inspeções periódicas e a garantia da qualidade do ar interior [RSE06].

Em relação aos regulamentos técnicos (RCCTE e RSECE), o âmbito de aplicação pode ser sintetizado na seguinte Figura 8.

Novos edifícios		Regulamentos aplicáveis	Requisitos
Habitação	sem sistemas de climatização ou $P \leq 25 \text{ kW}$	RCCTE	Energéticos
	com sistemas de climatização $P > 25 \text{ kW}$	RCCTE+RSECE	Energéticos e de Qualidade do Ar Interior
Serviços	todos os pequenos edifícios sem sistemas de climatização ou $P \leq 25 \text{ kW}$	RCCTE	Energéticos
	Pequenas áreas: $< 1000 - 500 \text{ m}^2$ todos os edifícios com $P > 25 \text{ kW}$	RSECE	Energéticos e Qualidade do ar
	Grandes áreas: $> 1000 - 500 \text{ m}^2$ todos os edifícios	RSECE	Energéticos e Qualidade do ar
Edifícios Serviços Existentes		Procedimentos	Requisitos
Grandes: Áreas $> 1000 \text{ m}^2$ ou $> 500 \text{ m}^2$		Auditoria Energética e QAI	Energéticos e Qualidade do ar

P - potência nominal de aquecimento ou arrefecimento

Figura 8 Âmbitos de aplicação dos regulamentos RSECE e RCCTE (adaptado de [ADE10]).

Estão abrangidos por este regulamento os novos edifícios, assim como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação e os edifícios de serviços existentes, que estão sujeitos a auditorias periódicas, conforme especificado no RSECE. Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contractos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, também se inserem no âmbito de aplicação do SCE [SCE06]. A aplicação destes regulamentos é verificada ao longo do tempo de vida de um edifício por peritos qualificados. A emissão de certificados é feita através da ADENE, e a supervisão é da responsabilidade da DGEG e do Instituto do Ambiente (IA).

Em 19 de Maio de 2010, a Directiva 2010/31/EU, veio fazer a reformulação (*recasting*) da EPBD original, através da clarificação de reforço de disposições existentes e criação de novas disposições com importantes desafios. No que respeita à situação de Portugal face

aos requisitos da nova EPBD está ainda em situação de aperfeiçoamento, a actual regulação técnica e o SCE já incluem ou prevêm a maior parte dos requisitos da nova EPBD, mas a adopção de alguns aspectos tem ainda de ser considerada [ADE12].



Figura 9 Exemplo de um certificado de desempenho energético e qualidade do ar interior em Portugal [ADE11]

2.3.2. Sistemas de avaliação e certificação da construção sustentável

Devido à complexidade do tema relacionado com a actividade de construção de edifícios e o seu contributo para as problemáticas ambientais já referidas, surgiram, em todo o mundo, ferramentas de avaliação e certificação do desempenho ambiental de edifícios. Estas têm como objectivo garantir a sustentabilidade dos edifícios durante a totalidade do seu ciclo de vida, concepção, construção, operação, manutenção e demolição, promovendo e

tornando possível uma melhor integração nos parâmetros ambientais, sociais, funcionais, económicos e noutros critérios convencionais.

Apesar de existirem diferentes sistemas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável, há certos pontos em comum em todos eles. Estes sistemas e ferramentas diferem quanto à metodologia de avaliação mas, geralmente, analisam as mesmas categorias de projecto e desempenho, nomeadamente, o local da construção, o uso eficiente de água e energia e a qualidade do ar interior.

Diversos países desenvolveram o seu próprio sistema de avaliação da sustentabilidade, de modo a poderem contemplar a legislação local, regulamentos e soluções construtivas com base nos materiais e técnicas locais. Alguns sistemas de avaliação existentes, actualmente, são:

- *Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM)*, desenvolvido no Reino Unido;
- *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE)*, desenvolvido no Japão;
- *Green Building Challenge (GBC)*, desenvolvido inicialmente no Canadá (com implementação através do SBTool);
- *Haute Qualité Environnementale des Bâtiments (HQE)*, desenvolvido em França;
- *Leadership in Energy & Environmental Design (LEED)*, desenvolvido nos Estados Unidos da América;
- *National Australian Built Environment Rating System (NABERS)*, desenvolvido na Austrália;
- Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção (LiderA), desenvolvido em Portugal.

Contudo, os sistemas de avaliação e certificação mais relevantes e com maior aplicabilidade a nível mundial são o BREEAM e o LEED. É também importante referir o LiderA por se tratar de um sistema de avaliação desenvolvido em Portugal. São estes três sistemas que se apresentam de seguida mais detalhadamente.

2.3.2.1 BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

O BREEAM surge no início da década de 1990, no Reino Unido, como o primeiro método de avaliação de desempenho ambiental de edifícios. Este método foi desenvolvido por investigadores do *Building Research Establishment* e do sector privado, com o objectivo da especificação e avaliação do desempenho de um edifício, promovendo não só a orientação para minimizar os efeitos negativos dos edifícios nos locais onde se inserem, como visa fomentar o conforto ambiental interno. Este sistema é actualizado a cada 3 a 5 anos de modo a corresponder aos avanços tecnológicos e às alterações da regulamentação e do mercado [AMA09].

A popularidade do BREEAM deve-se particularmente ao seu desempenho de referência (*benchmark*), à cobertura de aspectos abrangentes como a energia, impacte ambiental, saúde e produtividade, e à identificação de oportunidades realistas e aplicáveis para a melhoria do desempenho ambiental, assim como de potenciais vantagens financeiras [AMA09].

A avaliação do BREEAM decorre de forma distinta em função do tipo de edifício estudado. Existem versões BREEAM para tribunais, escolas, edifícios industriais, hospitais e clínicas, escritórios, edifícios dedicados ao comércio, prisões e edifícios habitacionais [BRE08]. O sistema também faz distinção entre construções novas e edifícios em uso. Para edifícios novos, ou submetidos a alterações, são analisados os parâmetros de desempenho ambiental em conjunto com questões relacionadas com as fases de projecto e execução. No caso do estudo de edifícios em uso são considerados os critérios básicos de desempenho, bem como os itens referentes à operação e gestão do edifício [AMA09].

A metodologia adoptada pelo BREEAM contempla um conjunto de dez indicadores de sustentabilidade, dentro dos quais analisa uma série de parâmetros, com diferentes ponderações. A aplicação do BREEAM é feita com base numa lista de verificação (*checklist*) que detalha os requisitos específicos de cada parâmetro. A análise de dados de avaliação deste sistema contém itens com carácter obrigatório e outros classificatórios. O cumprimento dos itens obrigatórios e de um número mínimo de itens classificatórios irá corresponder à classificação do edifício num dos níveis de desempenho possíveis e que

variam entre Sem Classificação, Aprovado, Bom, Muito Bom e Excelente (Nível Adicional). A pontuação mínima e os níveis de desempenho variam consoante a versão do método [BRE08].

Categoria	Área
Gestão	Aspectos globais de política
	Procedimentos ambientais
Saúde e Conforto	Ambiente interior
	Ambiente externo
Uso de Energia	Energia utilizada
	Emissões de CO2
Transporte	Localização do edifício
	Emissões de gases relacionados com o transporte
Uso de Água	Consumo
	Descargas
Uso de Materiais	Implicações ambientais
Gestão de Lixos (Desperdícios)	Lixos da construção e reciclagem
Ocupação do Solo e Ecologia Local	Estruturação
	Desenvolvimento Urbano
	Valor ecológico local
Inovação	Uso controlado de recursos
Poluição	Poluição da água
	Poluição do ar

Figura 10 Estrutura de avaliação BREEAM 2008 [BRE08]

2.3.2.2 LEED- Leadership in Energy and Environmental Design

Com a formação, em 1993, nos Estados Unidos, do *United States Green Building Council* (USGBC) houve uma consciencialização para a necessidade de criar um sistema que permitisse definir e avaliar a construção sustentável. Nesse contexto, começou a ser desenvolvido um sistema que foi lançado em 1998, sob o nome LEED [USG11].

Outro dos incentivos para a sua criação foi o exemplo de sistemas desenvolvidos noutros países e que foram bem sucedidos, como é o caso do BREEAM (Reino Unido). Este sistema demonstra um desenvolvimento na consciencialização e no critério de selecção dos consumidores, estimulando os proprietários e construtores a construir edifícios ambientalmente avançados. Estes incentivos foram a base para a criação do LEED, com intuito da classificação e certificação ambiental de edifícios para os profissionais e para a indústria de construção. Assim, o LEED pretende incentivar a criação de edifícios ambientalmente responsáveis e eficientes, bem como lugares saudáveis para viver e trabalhar.

O sistema LEED divide-se em dois tipos de avaliação consoante o tipo de ocupação a que o edifício se destina (*LEED Commercial Interiors/Renovations* e *LEED Residential*). A avaliação baseia-se numa lista de verificação que apresenta sete indicadores: Localização Sustentável, Utilização Eficiente da Água, Energia e Atmosfera, Recursos e Materiais, Qualidade Ambiental Interior, Inovação no Projecto e Prioridade Regional. A cada indicador estão atribuídos vários parâmetros com diferentes possibilidades de pontuação. A contabilização dos pontos é efectuada através de uma soma simples dos critérios, em que o total dos pontos atingidos leva à atribuição de um tipo de certificação: Certificado (40 a 49 pontos), Prata (50 a 59 pontos), Ouro (60 a 79 pontos) e Platina (80 ou mais pontos) [USG11].



Figura 11 Níveis de certificação do sistema LEED [USG11]

2.3.2.3 LiderA – Sistema Voluntário para Avaliação da Construção Sustentável

O LiderA é um sistema de avaliação e reconhecimento voluntário de construção sustentável e ambiente construído, desenvolvido em Portugal. No ano 2000, o Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, com o apoio da Inovação e Projectos em Ambiente, Lda. (IPA) começou a desenvolver vários trabalhos de apoio técnico à construção sustentável, dos quais se destaca o projecto LiderA, acrónimo de Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade na construção. Actualmente, o sistema LiderA é uma marca registada portuguesa e tem como objectivos apoiar o desenvolvimento de planos e projectos que procurem a sustentabilidade; avaliar o nível de sustentabilidade nas várias fases do ciclo de vida do edifício; suportar a gestão na fase de construção e operação e certificar através de uma avaliação independente [PIN11].

A primeira versão do LiderA foi disponibilizada em 2005, destinada ao edificado e ao respectivo espaço envolvente. Mais tarde foi desenvolvida uma nova versão que permite o alargamento da aplicação do sistema, ou seja, o sistema pode ser aplicado não apenas ao edificado, mas também ao ambiente construído, espaços exteriores e aos seus utentes numa óptica de comunidades sustentáveis.

O sistema LiderA é organizado com base em seis princípios para a procura da sustentabilidade [PIN11]:

- Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;
- Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

A concretização destes princípios é feita através da avaliação de seis indicadores, pelos quais se distribuem 22 parâmetros, tal como demonstrado na Figura 12.

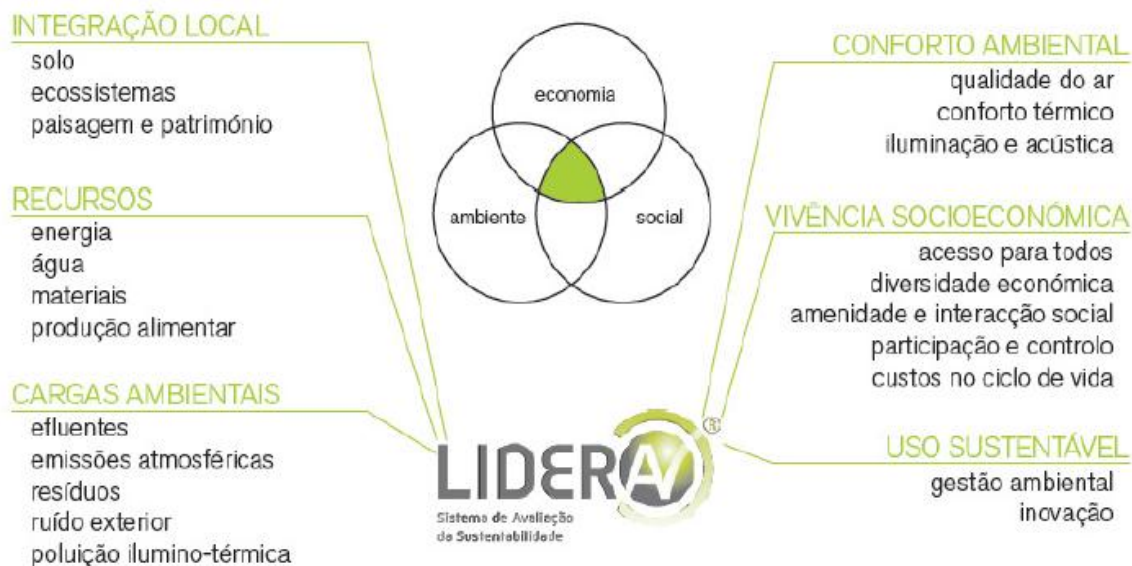


Figura 12 Esquema dos indicadores e parâmetros do sistema LiderA [PIN11]

No sistema de avaliação, existe um conjunto de critérios que operacionalizam os aspectos a considerar dentro de cada parâmetro. Estes critérios pretendem ajudar a seleccionar a solução que melhore o desempenho existente, quer do ponto de vista ambiental quer económico. Os critérios têm igual importância dentro de cada parâmetro sendo que a classificação final conjugada é obtida através da ponderação dos 22 parâmetros. No conjunto, a contabilização por indicadores atribui maior relevância aos recursos (32%), seguido da vivência socioeconómica (19%), conforto ambiental (15%), integração local (14%), cargas ambientais (12%) e por fim a gestão ambiental (8%) [PIN11].

Para o sistema LiderA, o grau de sustentabilidade é mensurável em classes de bom desempenho crescentes (desde a classe G até A++), tendo como classe de referência de utilização mais usual a classe E (Figura 13).



Figura 13 Níveis de desempenho atribuídos pelo sistema LiderA [PIN11]

2.4. Sistemas de utilização de energia em edifícios de escritórios

O sistema de climatização geralmente denominado com as siglas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado), os sistemas de iluminação e os equipamentos são os três principais consumidores de energia num edifício de escritórios. De seguida, irão abordar-se de forma genérica esses três sistemas, não se pretendendo realizar uma descrição exaustiva dos equipamentos/tecnologias existentes no mercado, mas sim perceber onde se poderá actuar para promover a eficiência energética em cada um destes sistemas.

2.4.1. Sistemas de iluminação

A iluminação é uma das utilizações finais em que a introdução de soluções energeticamente eficientes é mais vantajosa, em termos de economia de energia e (ou) de conforto. Ao nível da iluminação existem várias medidas de melhoria da eficiência energética, que proporcionam, para além de uma poupança de energia, melhores condições de iluminação dos espaços interiores e exteriores dos edifícios [ENE08].

Os sistemas de iluminação são uma das necessidades energéticas mais importantes em qualquer edifício, representando cerca de 20% do consumo eléctrico. Para conseguir uma boa iluminação, há que analisar as necessidades de luz de cada uma das divisões, já que nem todos os espaços requerem a mesma luminosidade, nem durante o mesmo tempo, nem com a mesma intensidade [ADE10]. Torna-se portanto fundamental esclarecer os conceitos da quantidade de luz que uma lâmpada emite e a potência eléctrica necessária para a produzir. Por exemplo, de uma lâmpada de 60 watts como sinónimo de lâmpada que produz uma certa luminosidade, quando na realidade, o "watt" é uma medida de potência eléctrica e a luz tem a sua própria unidade de medida: "o lúmen".

A iluminação assume 22%, em média, do consumo total de um edifício de escritórios, podendo chegar mesmo a superar os 30% [RUI06]. O guia 90.1-2004 da ASHRAE estabelece requisitos mínimos para um desempenho energético eficiente em edifícios, onde existem tabelas que ilustram valores típicos de *Lighting Power Density* (LPD) permitidos para cada tipologia [IMP07]. A norma europeia 12464-1 sobre a iluminação interior, estabelece valores de iluminância média mantida para o local de trabalho, de acordo com a

área, tarefa ou actividade a realizar. A norma, não é de seguimento obrigatório pelos Estados membros, contudo, estes são obrigados a ter normas nacionais que obriguem à eficiência energética da iluminação a ser incluída nos parâmetros de avaliação da eficiência energética global dos edifícios [DGEG].

A concepção e instalação de uma iluminação de qualidade, e adequada ao local ou tarefa a iluminar, é influenciada por vários factores, mas como iluminar com conforto visual fazendo um uso racional da energia é a questão essencial. Tendo em atenção o conhecimento profundo do local a iluminar (tipo do local a que se destina), em associação com instalação de unidades de iluminação, e conhecendo os tipos de iluminação disponíveis (directa, semi-directa, indirecta, etc.) bem como os diferentes tipos de aparelhos de iluminação que podem ser usados, dever-se-á, na elaboração de um projecto de iluminação, ter em conta o seguinte:

- Tonalidade de cor da fonte de luz ou das diferentes fontes de luz a usar.
- Índice de restituição cromática da fonte ou fontes de luz a usar.
- Luminância e encadeamentos permitidos.
- Nível ou níveis de iluminação adequados.

Quanto às lâmpadas, um dos componentes mais importantes do sistema de iluminação, a diferenciação das mesmas é feita, não apenas pelos diferentes fluxos luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las é necessário saber qual a eficiência luminosa (lúmen/watt) gerada por cada lâmpada. A grandeza que melhor permite avaliar a eficiência energética das lâmpadas é a eficiência luminosa (lm/W), pois dá-nos a quantidade de luz produzida por cada watt consumido [DGEG]. Relativamente à eficiência das lâmpadas de interior, as de menor eficiência são as de tecnologia incandescente clássica, que a partir do passado dia 1 de Setembro de 2012, deixaram de ser fabricadas na União Europeia, depois de mais de 130 anos da sua descoberta por Thomas Alva Edison. A directiva Ecodesign 2009/125/CE fixou a eliminação progressiva, entre 2009 e 2012, das lâmpadas incandescentes em toda a União Europeia. As primeiras a desaparecer do mercado foram as de 100 W, em 2009, seguindo-se as de 75 W, no ano seguinte, e continuou com as de 60W, até à eliminação total em 2012. A medida pretende reduzir o consumo energético mas também os resíduos gerados por estes dispositivos, prevê-se que a iniciativa possa resultar numa poupança de cinco a

dez milhões de euros em toda a UE, para além da redução de um milhão de toneladas no CO₂ emitido para a atmosfera [CIE09].

Por ordem crescente de eficiência, apresentam-se as diversas tecnologias existentes de lâmpadas, a começar pela tecnologia incandescente, de menor eficiência, terminando na tecnologia fluorescente com balastro electrónico, que corresponde à tecnologia mais eficiente.

Características	Lâmpadas incandescentes		Lâmpadas fluorescentes	
	Clássica	Halógeno	Tubular	Compacta
Potência (W)	15-2.000	20-2.000	15-58	9-23
Eficiência Luminosa (lumen/W)	8-15	15-25	58-93	55-65
Duração (h)	1.000	2.000	12.000-18.000	6.000-15.000

Figura 14 Características de alguns tipos de lâmpadas para utilização interior [ILM]

Para os edifícios de serviços é importante também referir que os *Light Emitting Diode* (LED), ainda não são uma solução eficaz para iluminar postos de trabalho [MAR]. Os LED's têm realmente um consumo muito baixo, mas dão origem a um fluxo luminoso também muito baixo quando comparado com as lâmpadas fluorescentes. A grande vantagem de utilização do LED, reside na sua longevidade o que o torna ideal para sinalização, ou no caso de edifícios de serviços em locais de circulação comum por exemplo, e não para iluminação de postos de trabalho. A tecnologia está a evoluir muito rapidamente e prevê-se que num futuro próximo ultrapassem o fluxo luminoso (por watt consumido) de uma lâmpada fluorescente. Até lá, a sua utilização deverá ser cuidadosamente ponderada.

A etiquetagem energética das lâmpadas estabelecida pelo Decreto-Lei nº 18/2000, tal como a que existe para os electrodomésticos, permite ao consumidor uma escolha racional na perspectiva de uma utilização mais eficiente da energia e também e menos dispendiosa [DGEG].

Ao nível da iluminação interior uma das principais recomendações é a substituição das já extintas no mercado lâmpadas incandescentes, por lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares, sobretudo, em locais com períodos diários de utilização de pelo menos 2 horas, esta medida pode atingir economias de energia na ordem dos 75%. A substituição de balastros ineficientes por balastros electrónicos na iluminação fluorescente tubular permite obter economias de energia da ordem dos 20%. Outras medidas que proporcionam poupanças de energia consideráveis e maiores níveis de conforto em edifícios no campo da iluminação são [ENE08]:

- A utilização de luminárias equipadas com superfícies reflectoras que permitem aumentar o rendimento das lâmpadas em 25%;
- Utilização de sensores de presença nos corredores e nos quartos de banho;
- Aplicação de equipamentos de regulação do fluxo luminoso, particularmente úteis em locais onde as condições de iluminação natural sejam favoráveis;
- Adopção de cores claras sobretudo nos tectos e nas paredes interiores;
- Efectuar com regularidade a limpeza das lâmpadas, reflectores e difusores;
- Manter as entradas de luz natural devidamente desobstruídas.

2.4.1.1 Sistemas de controlo de iluminação interior

As necessidades de evitar os desperdícios de energia eléctrica, seja mantendo lâmpadas acesas em ambientes desocupados ou em ambientes onde a luz natural supre as necessidades durante alguns períodos ou durante todo o dia, tornou necessária a evolução e o aperfeiçoamento de alguns mecanismos de controlo. A opção por sistemas de controlo apropriados pode permitir alcançar importantes economias de energia, com reduções entre 30% e 50% do consumo de energia para iluminação em escritórios e períodos de retorno do investimento de 2 a 4 anos [TEI06].

Os equipamentos de controlo são dispositivos que regulam o funcionamento dos sistemas de iluminação em resposta a um sinal externo (contacto manual, ocupação, relógio, nível de iluminação natural, etc.), destacando-se os seguintes:

- Interruptor manual localizado;
- Controlo da ocupação de espaços;
- Controlo horário em função da utilização dos espaços;

- Controlo em função da iluminação natural;

O impacto do accionamento automático ou manual é normalmente negligenciável, sendo largamente compensado pelas economias de energia associadas. A escolha de um sistema de iluminação equipado com balastos electrónicos de alta qualidade tornará mesmo insignificante este impacto.

Os sistemas de controlo de iluminação podem combinar várias estratégias. Para além dos detectores de ocupação de espaço, as luminárias podem ser equipadas com sensores/reguladores da iluminação natural. Esta solução pode resolver o problema de espaços com determinadas configurações ou de outros onde o controlo centralizado seja de difícil implementação. É importante que os utilizadores de um determinado espaço estejam conscientes da existência de um sistema de controlo da iluminação, do seu modo de funcionamento e de como poderão com ele interagir. Tal facto é particularmente relevante em instalações que foram ou venham a ser objecto de reabilitação já que se podem gerar grandes resistências se os respectivos utilizadores não forem consultados e integralmente informados acerca do novo sistema.

➤ **Principais tipos de controlo de iluminação de interior**

Os sistemas de controlo de iluminação permitem economizar uma considerável quantidade de energia. Não só garantem que a energia não seja desnecessariamente consumida, como também permitem que os níveis de iluminância de um determinado local sejam homogéneos ao longo da variação das horas dos dias em função da presença de luz natural. Para se fazer uso da iluminação natural controlando a iluminação artificial, podem-se utilizar diversos métodos, entre os quais:

- **On/Off manual**

A utilização do simples sistema "on /off" é a estratégia mais primitiva de regulação do fluxo das lâmpadas em função da luz natural disponível. Não há economia de energia nos edifícios bem iluminados com luz natural se não se pensar em apagar a luz quando ela não é necessária. A probabilidade de se ligar a iluminação artificial quando se entra num dado

local está directamente ligada à disponibilidade de luz natural nesse momento. É um sistema pouco eficiente pois depende do bom senso dos ocupantes.

- **Controlo manual do fluxo**

Através do controlo do fluxo luminoso, evita-se alterações abruptas no nível de iluminação e permite melhorar a adaptação visual. No entanto, o controlo ainda depende do bom senso do ocupante.

- **Sistemas automáticos de controlo**

Por muito rígida que seja a implementação de procedimentos manuais, o recurso a sistemas automáticos de controlo é, na maioria dos casos, a forma mais eficiente de gerir os circuitos de iluminação. Estes sistemas permitem otimizar a utilização das instalações de iluminação, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto visual necessários em cada local.

Os sistemas de comando automático dividem-se em tipos “tudo ou nada”, isto é, a iluminação ou está ligada e à potência máxima ou está desligada. Os sistemas de controlo por regulação do fluxo luminoso, embora de maior custo, constituem muitas vezes a solução mais eficiente, quer do ponto de vista energético, quer da produtividade e até da própria segurança. Dentro dos sistemas ”*On/Off*” existem os interruptores horários, os interruptores crepusculares e os detectores de presença e de movimento. Nos sistemas de regulação de fluxo tem-se a associação de reguladores de fluxo com sensores de luz natural.

- **Liga desliga automático: interruptores horários**

Os interruptores horários permitem comandar circuitos de iluminação num horário pré-determinado. Existem interruptores horários analógicos e digitais, estes últimos são mais caros, mas permitem guardar o programa em memória, com 1 ou mais canais, permitindo comandar mais do que um circuito.

- **Interruptores crepusculares**

Os interruptores crepusculares, permitem comandar circuitos de iluminação a partir de um dado nível de iluminância medido com uma célula fotoelétrica. Estes dispositivos permitem fazer um aproveitamento da luz natural e devem ser usados em conjunto com interruptores horários nas situações em que o horário de trabalho não coincida com as horas em que a iluminação é suficiente.



Figura 15 Exemplo de um interruptor crepuscular [ESYLUX]

- **Sensores de presença**

Os sensores de presença são detectores de movimento que desligam as lâmpadas automaticamente em ambientes desocupados, acendendo-as, da mesma forma, quando o ambiente é ocupado o que se traduz numa poupança de energia. O tempo de ocupação e o desperdício de energia por ambiente encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 Tempo de ocupação e desperdício de energia em vários ambientes [CRA94]

Ambiente	Tempo de ocupação (%)	Desperdício (%)
Salas particulares	55	45
Salas de descanso	35	65
Salas de reunião	50	50
Corredores	60	40
Salas de computação	40	60
Salas de aula	60	40
Salas de refeições	50	50

- **Sensores passivos de infravermelhos**

Este sensor reage à energia do calor infravermelho emitida pelos corpos das pessoas. São considerados passivos porque apenas detectam radiação, não a emitem. São extremamente

sensíveis a objectos que emitem radiação em comprimento de onda à volta de 10 μm , aproximadamente, o mesmo valor do comprimento de onda de calor emitido pelo corpo humano. A sua sensibilidade diminui com o afastamento; o movimento de mãos é percebido a uma distância de 3,5 metros, o movimento do braço e do tronco até 7 metros e o movimento de todo o corpo até 14 metros. Os sensores de embutir substituem directamente o interruptor de parede ou o de tecto e são os mais indicados para pequenos ambientes. Em ambientes com ar condicionado, deve ser tomado algum cuidado para que o ar não incida directamente sobre o sensor [TEI06].

- **Sensores ultra-sónicos**

Os sensores de ocupação ultra-sónicos activam um cristal de quartzo que emite ondas ultra-sónicas em frequências superiores ao limite da percepção humana (entre 25 e 45Khz), por meio do espaço, para detectar a presença de ocupantes. Este sinal em alta frequência é comparado com a frequência do sinal reflectido (efeito Doppler) e qualquer diferença é interpretada como a presença de alguém no espaço de cobertura. Este tipo de sensor é o mais indicado para uso em espaços abertos, espaços com obstáculos de superfície dura e para altura de montagem inferior a 5 metros [TEI06].

- **Sensores híbridos**

Um outro sensor encontrado no mercado é o que utiliza as duas tecnologias, infravermelho e ultra-som. Neste caso, o sistema de iluminação é activado somente quando ambos detectam a presença de pessoas, o que aumenta a fiabilidade do sistema, evitando que o sistema de iluminação se acenda ou apague desnecessariamente. Por terem um custo maior, são indicados para ambientes em que é necessário um alto grau de detecção, como em salas de aula, salas de conferência, entre outros [TEI06].

- **Sensores microondas**

Existem ainda outros tipos de sensores, os sensores a microondas, que trabalham de maneira muito parecida com os de ultra-som e os de detecção de ruído (apropriados para

ambientes industriais), na medida em que emitem, recebem e comparam alterações da frequência [TEI06].

- **Sensores de luz natural e reguladores de fluxo “dimming”**

Neste sistema os níveis de iluminância provenientes da iluminação natural são detectados por uma foto célula que ajusta e controla o fluxo da iluminação artificial em função deste nível de iluminância de forma a ter o nível de iluminância desejado. Neste caso o sistema de iluminação artificial é desligado de forma contínua à medida que os níveis de iluminação natural aumentam como se pode visualizar nas Figuras 15 e 16. Com este procedimento evitam-se os problemas dos sistemas “liga/desliga”.

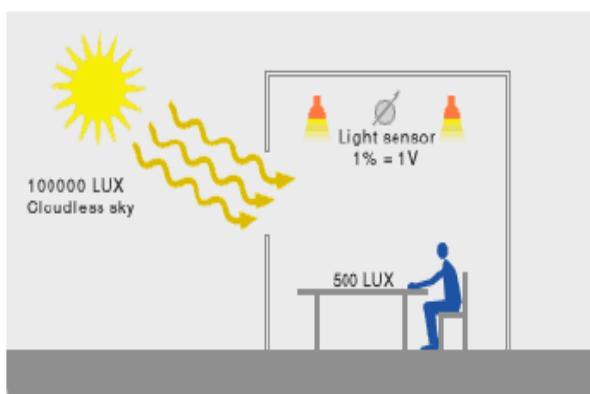


Figura 16 Regulação a 1% dos níveis de iluminação artificial [PHILIPS]

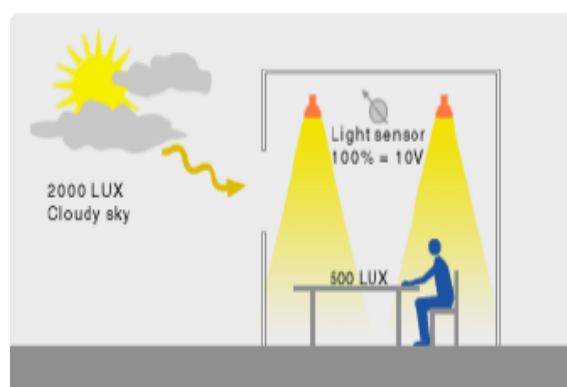


Figura 17 Regulação a 100% dos níveis de iluminação artificial [PHILIPS]

- **Sistemas de gestão de iluminação**

Os sistemas de domótica, como o *Digital Addressable Lighting Interface* (DALI) e o *European Installation Bus* (EIB), permitem combinar as tecnologias atrás referidas, como o ajuste da iluminação pela quantidade de luz natural que chega ao local, o controlo por sensores de movimento e a programação horária, com a vantagem de ser o utilizador a escolher o método de controlo. Apresenta ainda novas funcionalidades como a possibilidade de criação e memorização de cenários, isto é, o utilizador tem a possibilidade de adaptar a iluminação de um local à actividade a realizar no momento. Este tipo de tecnologias pode ser usado em grandes edifícios de serviços como escolas, hospitais,

escritórios, edifícios comerciais mas também em edifícios industriais e residenciais [DAL09].

2.4.2. Equipamentos

Computadores, máquinas de fax, impressoras e fotocopiadoras são indispensáveis para executar o trabalho diário na maioria dos escritórios. Na verdade, o equipamento informático é a carga eléctrica de maior crescimento no mundo empresarial. Num edifício típico de escritórios estas cargas são responsáveis, em média, por 13% do uso da electricidade [STAR].

Os computadores de mesa, geralmente denominados *desktops*, consomem cerca de 40 a 50 Watts quando estão em funcionamento, ao que se soma ainda o consumo dos monitores, cerca de 50 a 100 Watts. Os computadores portáteis são mais eficientes em termos energéticos, consumindo tipicamente 15 a 30 Watts durante o seu funcionamento [STAR]. A substituição de computadores de mesa por computadores portáteis pode conduzir a economia de energia até 80%. Assim, sempre que possível, é preferível a utilização de computadores portáteis face aos de mesa [ENE08]. Os monitores consomem energia sempre que estão ligados a exibir qualquer texto ou imagem, incluindo os protectores de ecrã ou ecrãs de início de sessão, devem-se portanto desligar sempre que possível. A substituição de monitores CRT convencionais por monitores LCD conduz a economias de energia de cerca de 50% [ENE08].

A empresa *Glantt Energy*, lançou recentemente o *PC Saving*, um *software* que otimiza a energia utilizada pelos computadores com grandes reduções dos consumos e custos de electricidade. O *software PC Saving*, monitoriza a actividade do computador, colocando-o num estado de baixo consumo nos períodos de inactividade. Os longos períodos de inactividade de um computador, por razão de reuniões, atendimento ao público, telefonemas, refeições, ausências prolongadas, representam ao fim de um dia um grande desperdício de energia. De instalação fácil e rápida, o *software* reduz entre 30 e 60 por cento os consumos médios de energia, o que representa uma redução de custos entre 10 a 30 Euros anuais por posto de trabalho, quando o custo de instalação em cada computador é de 17 euros. O sistema, que pode integrar a “*Cloud Computing*”, permite um controlo

centralizado dos consumos na organização, a geração de relatórios e a monitorização gráfica dos consumos [GLINTT].

Quanto às fotocopiadoras e impressoras, estas são responsáveis por um consumo elevado de energia. Este tipo de equipamentos de escritório, têm de manter as suas superfícies internas quentes para o funcionamento correcto da impressão, mas para manter estes componentes "em espera" também se consome energia eléctrica. Assim, quando existem estações de trabalho com estes equipamentos partilhados devem definir-se rotinas de utilização, tentando agendar períodos de funcionamento, de modo a diminuir os períodos de "espera". A substituição de dispositivos monofunção por dispositivos centralizados multifunções pode ainda conduzir a economias de energia até 50% [ENE08].

A selecção adequada dos equipamentos a adquirir tendo presente os critérios de eficiência energética (produtos *Energy-Star*, dimensionamento correcto, inibidores de consumo energético no modo desligado, etc.), a gestão de energia em todos os dispositivos informáticos e a redução dos consumos em *standby* (modo de espera) constituem algumas medidas que conduzem a poupanças energéticas. No entanto, a aplicação de algumas destas medidas não é tão linear, algumas actividades laborais exigem um determinado tipo de equipamento pelo que, apesar de poderem existir equipamentos mais eficientes, a sua troca não é viável [ENE08]. No final, a utilização consciente do equipamento existente assume sempre especial importância.

2.4.3. Climatização

Quando se analisa um edifício, o consumo do sistema de climatização pode representar mais de 50% do consumo total de energia do edifício. Os sistemas de climatização de aquecimento e arrefecimento devem estar devidamente dimensionados para o controlo das condições ambientais no interior dos edifícios e deverão apresentar as condições necessárias para um desempenho eficiente [ENE08].

AVAC é a sigla que significa "Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado", referindo-se às três funções principais dos sistemas de climatização. O projecto destes sistemas é um dos principais campos de actividade da engenharia mecânica, utilizando os princípios da termodinâmica, da mecânica dos fluidos e da transferência de calor [RNA11]. Existem inúmeras soluções no mercado do AVAC, contudo o mais importante é utilizar as

ferramentas de simulação computacional disponíveis no mercado para simular as diversas opções, concluindo qual a que se irá adaptar melhor ao edifício e aos utilizadores do mesmo. Este método é particularmente vantajoso em edifícios de média e grande dimensão, pois os custos de simulação computacional são bastante elevados. Quanto aos equipamentos, devem usar-se os equipamentos de alto rendimento disponíveis no mercado e estes devem estar correctamente dimensionados [ENE08].

Sempre que possível deve integrar-se a recuperação de calor para reduzir os gastos em aquecimento e utilizar técnicas de ventilação passivas para reduzir os gastos em arrefecimento nos edifícios. A escolha dos “*set-points*” adequados, deve ser efectuada com sensibilidade e após conhecer o comportamento da inércia térmica do edifício. Para além disto, o pessoal responsável pela operação e manutenção deve analisar periodicamente o desempenho dos equipamentos face à parametrização escolhida, que pode ter que sofrer alterações ao longo do ano de forma a responder adequadamente às diferentes necessidades de aquecimento e arrefecimento do edifício [RNA11]. A monitorização remota e o controlo inteligente devem existir, de modo a evitar o funcionamento do sistema de climatização durante os períodos não ocupados. Para além disso auxiliam na identificação de problemas nestes sistemas, embora não devam substituir as acções de inspecção locais aos equipamentos. A regulação das caldeiras na temperatura adequada, evitando o aquecimento excessivo, e a regulação da temperatura de armazenamento de águas quentes a 60°C, são também processos importantes de poupança de energia nos sistemas de climatização. Outro recurso energético que deverá ser explorado é a radiação solar que pode ser convertida em energia térmica através da utilização de colectores solares para aquecimento de água [ENE08].

Os equipamentos de arrefecimento devem ser seleccionados com base no critério de eficiência energética, devendo os equipamentos de ar condicionado possuir um coeficiente de performance elevado. Estes equipamentos encontram-se etiquetados pelo que se recomenda a análise atenta da informação constante na etiqueta energética [ENE08]. Os comportamentos verificados no uso dos equipamentos de climatização também desempenham um papel muito relevante no consumo de energia. Assim, actos simples como o evitar ter o aquecimento/arrefecimento ligado com as janelas abertas ou limitar a climatização aos espaços efectivamente ocupados permite a economia de energia. A realização de acções de formação interna sobre boas práticas na utilização da energia de

forma a sensibilizar os utilizadores dos espaços, pode levar também a uma maior poupança energética. A utilização de motores eficientes é também um objectivo que deverá estar presente na concepção dos sistemas que deles fazem uso. Ao escolher um simples ventilador de extracção ou insuflação de ar num espaço é necessário que o projectista passe a ter em conta um equipamento altamente eficiente [ENE08].

3. Gestão de Energia em Edifícios

3.1. O gestor de energia

O conceito de gestão pode ser definido como a optimização do funcionamento das organizações através de decisões racionais e fundamentadas, de forma a atingir objectivos pré-determinados. Este conceito pode ser aplicado à área da energia.

A gestão da energia deve ser suportada através da elaboração sistemática de auditorias energéticas às instalações consumidoras, e apoiada por programas de actuação e de investimento que têm por objectivo a redução dos consumos e consequentemente a redução da factura energética. Em qualquer circunstância, o método e o nível de gestão deverá poder dar sempre satisfação às questões fundamentais [CAS11]:

- Conhecer os consumos de energia;
- Contabilizar os consumos de energia;
- Dispor de dados para decidir.

A complexidade da gestão de energia em edifícios públicos e de serviços, torna recomendável a nomeação de um técnico especializado para fazer a promoção e gestão da utilização racional de energia, o Gestor de Energia. Este deve ter conhecimento das tecnologias e acções a empreender para poupar energia, integrando os pontos de vista técnico, energético e financeiro de todos os edifícios e instalações que esteja a gerir. Deve ter também um comportamento imparcial, independente e sem interesses próprios [ENE08]. Entre as suas funções estão:

Tabela 3 Principais funções de um gestor de energia [ENE08] [CAS11]

1. Análise dos contractos de fornecimento de energia	<p>Contractos assinados com os fornecedores de energia (electricidade, gás ou combustíveis). Existindo um mercado liberalizado, é importante verificar se os contractos satisfazem as necessidades específicas dos edifícios.</p> <p>O gestor de energia é envolvido na verificação e monitorização dos termos dos contractos, seleccionando as tarifas mais convenientes e adaptando os contractos quando as condições tarifárias se alteram.</p>
2. Auditoria ao consumo energético	<p>Analisar as facturas de electricidade e gás, verificar padrões de consumo e fazer uma análise de consumos por sectores. Serve de base para delinear possíveis estratégias de optimização e detectar as áreas mais relevantes de consumos.</p>
3. Auditoria ao estado do equipamento	<p>Acompanhar as acções de manutenção em cooperação com o departamento de manutenção.</p>
4. Localização de consumos anómalos ou evitáveis	<p>Eliminar ou minimizar encargos associados a situações anómalas que derivam de avaria, fuga ou desconhecimento e má utilização de recursos</p>
5. Planeamento de intervenções	<p>De forma a otimizar consumos e custos, com a consequente redução do custo da factura energética a curto, médio e longo prazo.</p>
6. <i>Benchmarking</i>	<p>Comparar consumos, custos e resultados com outras localizações ou delegações da empresa (quando existem) ou entre edifícios que tenham um perfil e utilização semelhante, permitindo uma rápida identificação, divulgação e adopção das melhores medidas testadas e práticas adoptadas.</p>

7. Promover uma cultura de eficiência energética	Divulgar, motivar e sensibilizar os utilizadores e/ou funcionários para uma atitude racional de forma a reduzir consumos.
8. Avaliar o sucesso ou insucesso das medidas propostas	Promover a melhoria contínua e reconhecer sucessos ou falhanço das suas políticas de gestão de forma a obter melhores resultados no futuro

3.2. Sistemas de gestão técnica

Os Sistemas de Gestão Técnica (SGT), são sistemas que controlam, gerem e tomam decisões sobre tarefas necessárias ao funcionamento de uma instalação (ex.: equipamentos, iluminação, AVAC, etc), servem essencialmente para poupança de energia, libertação de recursos humanos, permitindo alterações ao sistema de uma forma simples e expedita, proporcionam a optimização de espaços, entre outras funções. Os SGT são constituídos por três componentes base: instrumentação, automação e supervisão técnica [DGTA].

A Gestão Técnica nasce da necessidade de gerir a informação dos sistemas que integram o edifício, e tem como objectivo principal a monitorização e controlo dos sistemas e equipamentos associados. É considerada como uma “ferramenta” de exploração, manutenção e gestão. Os principais objectivos destes sistemas são:

- Controlo dos diferentes sistemas (AVAC, iluminação, instalações eléctricas, centrais de bombagem, elevadores e escadas rolantes, etc...);
- Optimização dos sistemas/sub-sistemas;
- Controlo de pontas;
- Rapidez na identificação e reparação de alarmes / avarias;
- Redução dos tempos de paragens;
- Controlo de custos de exploração e distribuição pelos diferentes “centros de custo”;
- Redução dos custos energéticos sem prejuízo do conforto e de outras funcionalidades / exigências do edifício;
- Controlo dos Custos de manutenção;
- Melhora o conforto dos ocupantes;

- Evita que os sistemas estejam em funcionamento indevidamente;
- Assegura que os serviços são fornecidos no nível correcto;
- Minimiza os requisitos de manutenção, elegendo a manutenção preventiva em detrimento da reactiva;
- Reduz consumo energético, custos de operação e minimiza as emissões para a atmosfera;
- Permite efectuar *benchmarking* entre as diferentes instalações da empresa ou entre secções na mesma instalação;
- Fornece as ferramentas necessárias para a tomada de decisões.

A disponibilização de informação aos utilizadores induz normalmente uma essencial alteração dos comportamentos que pode gerar significativas poupanças, relativamente ao consumo total. Esta alteração de comportamento tem por base a informação dada ao pessoal técnico, encarregue da manutenção do edifício, que lhe permite tomar medidas de redução de desperdício, mas também ao utilizador comum que ao ser confrontado com o consumo real do complexo e com a evolução do mesmo ao longo do tempo tende normalmente a agir de forma mais eficiente, por exemplo apagando luzes desnecessárias, desligando equipamentos que não estão a ser utilizados e reduzindo os gastos com a climatização.

É fundamental que o SGT seja planeado e implementado ao mesmo tempo que os sistemas de AVAC e instalações eléctricas, para que não haja incompatibilidades técnicas entre sistemas já implementados e o SGT. Os sistemas de gestão de energia são obrigatórios a partir de um determinado limiar de potência do sistema de climatização a instalar, que está definido no DL 79/2006 [RSE06].

3.3. Rede eléctrica inteligente (Smart Grid) e Domótica

Segundo definição baseada na comissão europeia “SmartGrids - European Technology Platform”, trata-se de “uma rede de distribuição de electricidade que consegue, de uma forma inteligente, integrar as acções de todos os utilizadores ligados a ela (produtores, consumidores ou ambos) para que de uma forma eficiente sejam disponibilizados bens e serviços de electricidade” [SMART]. Nos últimos anos, as telecomunicações, a banca e a

administração pública disponibilizaram redes inteligentes para acesso directo aos seus clientes. No entanto, e apesar dos desenvolvimentos nas centrais eléctricas, nas energias renováveis, a rede eléctrica continuou limitada pelo contador instalado nas nossas casas, que se cingia a indicar o consumo de energia eléctrica [LOP10].

O conceito de rede eléctrica inteligente, está relacionado com o salto tecnológico gradual de uma rede eléctrica obsoleta para a era digital. Em termos gerais é a aplicação de tecnologia da informação para o sistema eléctrico de potência, integrada aos sistemas de comunicação e infra-estrutura de rede automatizada. Especificamente, envolve a instalação de sensores nas linhas da rede de energia eléctrica, o estabelecimento de um sistema de comunicação confiável em duas vias com ampla cobertura com os diversos dispositivos de automação [LOP10].

Existem inúmeros benefícios com a implementação de uma rede eléctrica inteligente, esta detecta quando os dispositivos de uma rede estão a falhar ou estão com desempenho em declínio, identifica-os para poderem ser reparados ou substituídos antes que haja uma interrupção de energia real. A rede inteligente também detecta uma falha e localiza-a com precisão, permitindo agir com maior rapidez. A *smart grid*, possibilita isolar o impacto de uma falha aos clientes, de modo a que menos clientes sejam afectados quando há uma falha de energia. Permite ainda a integração de ponta, que pode ser por exemplo, a leitura de um medidor inteligente para interagir com o sistema de gestão do cliente em casa, para painéis solares, para veículos eléctricos, que vai exigir a interacção com a rede para ser bem sucedido.

Aliado à temática de redes eléctricas inteligentes, está o conceito de domótica, que resulta da junção das palavras *domus* (casa) com robótica. Um sistema domótico é planeado e instalado à medida do desejado e de acordo com os recursos que se pretendem gerir. Assim, conforme a complexidade do sistema a instalar é possível escolher uma ou mais funcionalidades que a domótica oferece:

Automação – permite programar de forma automática as tarefas diárias de um equipamento ou de um conjunto de equipamentos através de tomadas “inteligentes”, evitando os consumos em modo *stand-by*.

Climatização – permite programar o horário para ligar/desligar os equipamentos de ar condicionado, aquecimento e/ou ventilação. É possível ligar os equipamentos algum tempo

antes de se chegar ao local de trabalho, em empresas, ou programar o seu funcionamento de acordo com um determinado horário, presença de pessoas ou temperatura exterior. Permite ainda o controlar os estores, aproveitar a luz solar ou manter os níveis de sombreamento.

Iluminação – permite regular a activação e a intensidade das lâmpadas interiores e exteriores. Pode-se ainda, e de forma programada, ligar e desligar lâmpadas em determinadas divisões para simular que o edifício está habitado durante uma ausência.

3.4. O processo de benchmarking e a análise de indicadores energéticos em edifícios

Nos últimos anos, em resposta à necessidade de estabelecer metas nacionais de redução de emissões de CO₂, tem sido direccionado um esforço considerável para a análise de potencial de eficiência energética nos vários sectores nacionais. A credibilidade de tais esforços é questionável, uma vez que em vários países os dados para cada sector individual são ainda bastante escassos ou mesmo inexistentes. Os dados disponíveis para as administração local e central, referentes aos consumos energéticos dos edifícios públicos são muitas vezes escassos, não são recolhidos de forma apropriada, ou estão dispersos por vários departamentos e locais. A recolha de dados, disponibilidade e cobertura precisam de ser melhoradas. O processo de *benchmarking* e a análise de indicadores, desempenham um papel importante neste processo e podem fornecer dados valiosos sobre os potenciais de eficiência energética em edifícios [UNI10]. De uma forma geral, um *benchmarking* energético consiste na comparação de consumos de energia de um determinado edifício com outros que tenham o mesmo fim [BEN09]. —*It's much easier to save energy when you can see how you're using it*” (*Energy Lens*®).

Um processo de *benchmarking* deve servir de referência para uma busca de soluções mais eficientes por parte de todos os actores e informar os consumidores no momento de consumir serviços e produtos. Também ajuda os agentes políticos no momento de hierarquizar candidatos a programas de incentivos ou contractos de fornecimento [DGO08]. A gestão e avaliação de desempenho são importantes para a responsabilização

das organizações e dos indivíduos de forma a prestar melhores serviços. Assim, *benchmarking* de energia pode ser definido como uma ferramenta de gestão de energia que constitui uma base de dados rica para comparação. Nos edifícios em particular, o *benchmarking* de energia deve ser normalizado para características que não são geridas [ASH06]:

- Área do edifício;
- Finalidade do edifício;
- Nível de utilização (horas de utilização, conforto, volume de ar exterior, etc.).

Os indicadores de consumo ou indicadores energéticos são o resultado do cruzamento de informações físicas ou administrativas, com as grandezas eléctricas medidas/registadas ou custos/gastos da energia de determinado país, região, ramo de actividade, unidade ou usos finais. Os indicadores podem ser definidos e classificados de várias formas, como [ANE99] que define os indicadores, baseados em alguns critérios, como sendo “...instrumentos de comunicação de informações quantitativas sobre a sustentabilidade de sistemas energéticos para tomadores de decisões e o grande público...”. Em [FER95] os indicadores são estabelecidos através de relações e de variáveis que podem ser usadas ao nível macro e micro com o objectivo de monitorar as variações e desvios na eficiência energética dos sistemas e, classifica-os como macroindicadores, nos casos em que são utilizados dados de um país, região, ramo de actividade ou uso final e microindicadores, nos casos de aplicações em edifícios, indústrias ou residências. De forma geral, os indicadores podem ser classificados em dois grandes grupos de indicadores, globais e específicos, levando em consideração as informações físicas das unidades ou sectores a serem caracterizados. Porém, há também os indicadores financeiros, que podem ser associados aos globais e específicos, demonstrando os custos de acordo com a utilização da energia eléctrica.

Relativamente ao modo de como se devem definir os indicadores de consumo energético em edifícios, é importante reter que devem ser avaliados parâmetros simples, mas representativos do edifício e do seu consumo energético. Para isso é necessário estruturar, à priori, um caminho a seguir para avaliar indicadores, ou seja, deve-se começar com uma análise mais simples e posteriormente avançar para análises um pouco mais aprofundadas.

A definição de indicadores deve ter em conta o tipo de espaço do edifício, ou seja, um bom indicador num edifício de escritórios, poderá não ser o melhor indicador de um hotel, por

exemplo. Como tal é necessário definir certos parâmetros a avaliar tendo em consideração o tipo de espaço do edifício.

A seguir é apresentado um exemplo de uma lista de parâmetros e requisitos de entrada para um tipo específico de edifício, tratando-se neste caso de um escritório. É óbvio que se um edifício possuir diversos tipos de espaços, é importante que cada espaço seja analisado individualmente.

- Área útil;
- Porcentagem de área que é climatizada;
- Taxa de ocupação;
- Número de unidades de climatização;

Na Figura 18, é representado um esquema da forma como devem ser executados os indicadores de eficiência energética.



Figura 18 Metodologia de execução de indicadores energéticos [MIG10]

Em todo o mundo têm vindo a ser realizados diversos estudos que pretendem usufruir da capacidade das técnicas de *benckmarking* e da utilização dos diversos indicadores energéticos, nomeadamente o estudo denominado “*Consultancy Study on the Development of Energy Consumption Indicators and Benchmarks for Selected Energy-consuming Groups in Hong Kong*”, desenvolvido em Hong Kong, o “*Establishing Energy Consumption Benchmarks of Office Buildings in Bangkok*” efectuado na cidade de Bangkok, o “*Development of a California Commercial Building Energy Benchmarking Database*” realizado na Califórnia, o “*Energy Benchmarking In Commercial Office Buildings*” executado num edifício comercial dos EUA, o estudo designado por “*Energy Performance Benchmarking (EPB): A system to measure building energy efficiency*” efectuado em Bahrein, entre outros.

3.5. Necessidade de caracterização de consumos

A eficiência energética e o cumprimento da legislação em vigor, constitui-se como uma valiosa ocasião para as empresas se afirmarem como parte da solução, do problema social e ambiental que se vive em todo o mundo, colocando em prática medidas de utilização racional de energia e implementando medidas de eficiência energética. No âmbito destas temáticas é fundamental falar sobre Auditorias Energéticas (AE) que são a forma de identificar e quantificar as formas de energia utilizadas num edifício, assim como, propor um plano de racionalização para as acções e investimentos em medidas de eficiência energética. Torna-se, portanto, um processo imprescindível para o cumprimento da legislação e melhoria da EE. Assim, assume particular importância a caracterização de consumos no contexto da AE: o processo de gestão começa necessariamente pelo conhecimento da situação energética da instalação [CMFG].

3.5.1. Auditorias energéticas

Uma AE consiste basicamente, em efectuar uma “radiografia” ao conjunto das instalações e equipamentos consumidores de energia, de modo a conhecer os maiores fluxos de energia, com o objectivo de determinar as soluções mais adequadas, tendo em vista a redução de custos energéticos [URE12].

A decisão da realização de uma AE é motivada maioritariamente por preocupações económicas e/ou legais, e tem como função apoiar o responsável da instalação na selecção tecnológica mais adequada, para possíveis investimentos (ou não), visando uma utilização racional de energia. Trata-se de procurar identificar oportunidades de diminuir os encargos com a factura energética mantendo o mesmo nível de produção e/ou de conforto.

A auditoria energética incide sobre a concepção e o estado das instalações, devendo ser recolhidos os elementos necessários à elaboração do Plano de Racionalização do consumo de Energia (PREn), bem como à subsequente verificação do cumprimento deste. A auditoria deverá [DR08]:

- a) Quantificar os consumos energéticos (por instalação global e principais secções e ou equipamentos) e a sua importância no custo final do(s) produto(s);
- b) Efectuar uma inspecção visual dos equipamentos e ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- c) Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- d) Efectuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer eléctrica, quer térmica;
- e) Obter Diagramas De Carga (DDC) eléctricos dos sistemas considerados grandes consumidores de electricidade;
- f) Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes, pelos métodos das perdas ou directo;
- g) Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de Energia;
- h) Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- i) Realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;
- j) Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e detecção de eventuais variações sazonais;
- k) Determinar o quociente entre o consumo energético total e o Valor Acrescentado Bruto(VAB) da actividade empresarial directamente ligada à instalação consumidora intensiva de energia, bem como, o consumo específico de energia;
- l) Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detectadas e medições efectuadas;
- m) Definir intervenções com viabilidade técnico -económica, conducentes ao aumento da eficiência energética e ou à redução da factura energética;
- n) Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia.

Uma AE pode ser dividida em quatro fases principais, nomeadamente, em primeiro lugar a preparação da intervenção, seguindo-se a intervenção local ou “trabalho de campo”, o tratamento dos dados que inclui a identificação de Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC’s) e por fim a elaboração do relatório da auditoria.

No que diz respeito à fase inicial da preparação da intervenção, é onde usualmente se faz a recolha e análise de informação documental (facturas energéticas; dados de produção; *layout*; VAB;...), a análise do processo produtivo e energético, a recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado e a preparação da intervenção em campo (plano). Os dados recolhidos relativos aos consumos e produções/serviços deverão corresponder a um período (anos completos) de funcionamento da instalação e numa base mensal, de modo a permitir detectar variações sazonais. Para além das medições, devem ser recolhidas outras informações importantes para a caracterização do edifício e dos seus consumos [URE12]:

- Identificação do edifício e características construtivas;
- Utilização/função do edifício e dos diferentes espaços;
- Características físicas (áreas das janelas, dos tectos e das paredes; materiais de construção, etc.). Estado do isolamento.
- Idade;
- Consumos e custos com a energia;
- Dados dos sistemas de energia (tipo e capacidade dos sistemas de distribuição de ar, calor ou frio; temperaturas do ar quente e frio);
- Características do equipamento de controlo para os sistemas de AVAC;
- Dados sobre a ocupação do edifício por períodos diferenciados: dias úteis, feriados e fins-de-semana).

Relativamente à segunda fase, ou seja, a intervenção local ou “trabalho de campo” é onde é realizada a recolha de informação energética do edifício, através da análise do processo produtivo, do estabelecimento dos fluxos de energia, da medição de grandezas energéticas e da produção/serviço. Onde é executada a instalação de equipamentos de registo em contínuo (monitorização) e onde se faz um registo fotográfico da instalação e equipamentos. O objectivo desta fase é obter uma imagem desagregada das utilizações finais do consumo de energia eléctrica, para facilitar a identificação de ORC’s.

A fase de tratamento dos dados, consiste na análise dos dados recolhidos durante o período de auditoria, permitindo desta forma obter uma caracterização detalhada do comportamento da instalação. Os dados recolhidos durante a auditoria devem ser comparados com os dados recolhidos na preparação da intervenção para verificar eventuais

desvios e/ou existência de consumidores não analisados (a parcela outros não deverá exceder os 10%) [URE12].

A identificação das ORCs dará origem a um conjunto de propostas de actuação que deverão ser avaliadas do ponto de vista técnico-económico, como referido anteriormente. Existem ORC's sem investimento (auditoria sintética/deambulatória) que se traduzem essencialmente em alterações na manutenção e correcta utilização de equipamentos, e ORC's com investimento (auditoria analítica/tecnológica) que correspondem maioritariamente a modificações em equipamentos e processos [URE12].

Por último a fase de elaboração do relatório de auditoria, deverá fornecer aos responsáveis da instalação o historial de consumos, os maiores fluxos de energia, identificação de ORCs, etc...Nesse relatório deverão ser apresentadas todas as oportunidades de diminuir os encargos com a factura energética, bem como a sua respectiva avaliação técnico-económica (tempo de retorno do investimento, etc..). A informação deverá ser clara e de fácil interpretação mas sem perder valências técnicas. Deverão ser apresentadas todas as evidências necessárias (fotografias, documentos, etc.) para a boa compreensão e demonstração do trabalho apresentado, devendo ainda ser indicada a equipa técnica que o realizou bem como as datas de intervenção, o relatório deve ser assinado pelo técnico colocando em anexo a sua identificação [THU08].

3.5.2. Sistemas de contagem inteligente e Telecontagem

Um sistema de telecontagem constitui o suporte de base para a recolha e processamento de dados associados aos fluxos de energia, necessários entre os vários intervenientes no Sistema Eléctrico Nacional (SEN), por exigência da Entidade Reguladora do Sector Energético (ERSE). O sistema tem por base um conjunto de equipamentos colocados nos consumidores, que efectuem a contagem de energia consumida e que asseguram a memorização dos respectivos valores em períodos de integração determinados pela ERSE. Esses equipamentos têm a capacidade de comunicar com unidades centrais, que efectuem a recepção da informação vinda dos equipamentos de contagem e, conseqüentemente, o tratamento dessa informação com a finalidade de facturação [ERSE].

Presentemente, a telecontagem é vista como suporte essencial ao mercado liberalizado de energia eléctrica, permitindo a gestão da energia adquirida e comercializada pelos diversos comercializadores.

A telecontagem está disponível para todo o segmento empresarial, instalações de produção e várias outras da rede de distribuição. Existem também diversas iniciativas que, gradualmente, vão abrangendo o segmento residencial. Este serviço enquadra-se no âmbito das actividades reguladas da EDP Distribuição e é independente de qualquer tipo de relacionamento entre o comercializador e o cliente [EDPD].

A nível nacional, no fornecedor EDP, já se encontra implementada a telecontagem em diversos tipos de instalações, como se pode verificar pela Tabela 4:

Tabela 4 Número de instalações com telecontagem até Dezembro de 2012 [EDPD]

Tipo de Instalação	
Injectores REN	63
Instalações Próprias	1.500
Produtores em Regime Especial, micro e mini produtores	23.000
Clientes – MAT	67
Clientes – AT	273
Clientes – MT	23.500
Clientes – BTE	33.000
Clientes – BTN	40.000

Em 2007 a EDP Distribuição lançou o programa *InovGrid*, um projecto inovador que dota a rede eléctrica de informação e equipamentos inteligentes capazes de automatizar a gestão da energia, melhorando assim a qualidade do serviço diminuindo os custos, e aumentando a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental. Com o *InovGrid*, o cliente pode analisar com mais detalhe os seus consumos, aproximando a oferta da procura da energia. Além de tudo isto garante-se uma maior segurança no abastecimento, diversificando ainda mais as fontes renováveis e aumentando a capacidade de integração da geração distribuída no sistema - uma microprodução mais eficaz e mais fácil de controlar. Por fim, a própria renovação das redes e a sua operação fica mais fácil, já que a fiabilidade e a eficiência aumentam com a sua automação e controlo remoto [EDPD].

Em Abril de 2010, a cidade de Évora foi a pioneira do projecto *InovCity* em Portugal, sendo considerada uma das primeiras cidades *Smart Cities* Ibéricas. Este projecto deu o arranque ao processo de instalação de redes inteligentes de energia, em que se visa alterar a rede energética nacional de forma a permitir uma maior interacção entre as empresas de distribuição de energia e o consumidor final, e a potenciar a eficiência energética, a microprodução e a mobilidade eléctrica, colocando sistemas de telecontagem em vários locais da cidade. Foi nessa altura que começaram a entrar em casa dos consumidores as *EDP Boxes*: um equipamento inteligente que, para além das funções de contagem de energia consumida, funciona como um gestor doméstico de consumos e cujos sistemas foram concebidos e montados, inteiramente em Portugal. Com as *EDP Boxes*, cada consumidor tem acesso a informações que possibilitam gerir consumos e corrigir hábitos menos correctos, aumentando a eficiência energética e, simultaneamente, gerando uma poupança na factura de electricidade [INESC]. Actualmente, existem já outros projectos implementados e em fase de execução.



Figura 19 EDP Box instalada no projecto *InovCity* [EDPD]

3.5.2.1 Benefícios da telecontagem

A contagem inteligente não é um fenómeno específico da energia eléctrica, mas parte de uma tendência global em direcção à economia digital e à sociedade da informação. O impacto destes equipamentos, é factor crucial para o funcionamento eficiente dos mercados de electricidade, para envolvimento dos consumidores, bem como para a execução de

políticas europeias relacionadas com a eficiência energética, energias renováveis e segurança do abastecimento.

Alguns dos benefícios destes equipamentos, podem ser listados e são os seguintes [CAR09]:

- Incentivo aos consumidores para melhor gestão dos consumos de energia;
- Ganhos de eficiência na energia;
- Acréscimo da eficiência dos preços e da inovação na formação de preços;
- Gestão das redes eléctricas melhorada, pela informação em linha, sobre trânsitos de energia;
- Maior rigor no processo de acerto de contas no mercado, logo acréscimo de eficiência destes;
- Os consumidores/clientes podem transferir cargas/consumos para períodos de preços mais baixos, o que permitirá:
 - Evitar custos/diferir no sistema de geração;
 - Evitar custos na capacidade no transporte e distribuição, produção distribuída;
 - Potenciar reduções de preços de operação do Sistema.

Os consumidores/clientes uma vez que têm acesso a Diagramas De Carga (DDC) diários, que lhes dão informação *online* sobre o consumo, podem fazer escolhas mais informadas sobre quando consumir energia. Actualmente a EDP Distribuição, disponibiliza os consumos de energia eléctrica *online* aos clientes com telecontagem, de modo a que estes possam ter conhecimento do seu histórico de consumo de energia eléctrica. Com o acesso a este sistema, o cliente passa a dispor de informação que lhe indica quanto está a gastar nos vários períodos do dia, permitindo-lhe gerir e otimizar com facilidade os seus consumos.



Figura 20 Acessos *online* aos clientes com telecontagem [EDPD]

O acesso aos diagramas de carga da rede permite melhor planeamento das redes e melhor operação das mesmas, de onde resultam [CAR09]:

- Aumento de vida útil dos activos;
- Redução de perdas;
- Redução da probabilidade de avarias;
- Obtenção de dados rigorosos, em alternativa aos perfis de carga tipo, permitindo melhor locação dos desvios.

Posto isto, só com uma rede energética inteligente dispendo em tempo real da informação sobre os recursos energéticos disponíveis, por um lado, e sobre os recursos requisitados, por outro, será capaz de se gerir as necessidades de produção e de condicionar os consumos, por forma a aumentar a eficiência de toda a rede e de promover uma utilização racional dos recursos. Tornando-se portanto, indispensável a introdução de sistemas de telecontagem, para monitorização de consumos parciais, com o correspondente aumento da eficiência energética e a construção de sistemas de decisão em tempo real, capazes de efectuar escolhas inteligentes de estratégias de consumo e produção, tendo em conta as tarifas, as necessidades de consumo, o potencial de produção e a possibilidade de diferimento temporal de consumos.

4. Caracterização de Consumos Energéticos e Relação com Variáveis Exógenas

4.1. Caracterização dos diagramas de consumo de electricidade num edifício

A energia eléctrica é uma grandeza destinada a satisfazer as necessidades de consumo, medida em kWh. As características do consumo impõem a modulação da energia consumida no tempo através de uma função - **o Diagrama De Cargas**, que traduz a variação desse consumo ao longo das horas do dia e dos dias do ano. Os diagramas de carga de uma instalação são normalmente muito variáveis ao longo das 24 horas do dia, assim como o dia da semana ou com a semana do ano. Normalmente um DDC é influenciado por:

- Época do ano (Verão, Inverno);
- Dia da semana (dia útil, feriado, fim de semana);
- Hora do dia;
- Ocupação:
- Condições atmosféricas (temperatura, humidade, luminosidade);
- Acontecimentos especiais (férias, feriados).

Geralmente, para se construir um DDC de uma instalação, era, e na maioria dos casos ainda é, necessário monitorizar as instalações/equipamentos, implicando a instalação de analisadores de energia em cada local e durante o período de tempo que se pretende fazer a medição. Esta tarefa é algo dispendiosa a nível de tempo e custo, pelo que nem sempre é fácil monitorizar as instalações/equipamentos, sobretudo por períodos alargados de tempo. Contudo, neste trabalho, as instalações analisadas posteriormente dispõem já de contadores eléctricos inteligentes que fazem o registo das leituras para uma plataforma electrónica, onde é possível aceder às medições quase em tempo real e com horizontes temporais significativos. Isto permitiu ter uma amostra significativa de instalações monitorizadas, promovendo analogias mais robustas entre as instalações da mesma tipologia e ainda ter horizontes temporais alargados de monitorização, contribuindo para uma análise eficaz dos dados.

A caracterização detalhada dos consumos torna possível a identificação de eventuais acções ou medidas a implementar, com vista a uma utilização mais eficiente e racional da energia [ALM07]. Os diagramas de carga representam a potência utilizada ao longo do tempo e referem-se tanto a países, centrais, edifícios ou, até mesmo, equipamentos. A necessidade da energia eléctrica não é constante ao longo do tempo, a sua procura varia ao longo do dia, dos meses (estações de ano), em função do tipo de dia (Feriado, Sábado, Domingo ou dia útil) ou consoante a actividade do ser humano [DEE09]. Desta forma, a construção dos diagramas pode ser feita das seguintes formas, como indica a Figura 21:

□ Por tipo de consumidor:

- o Efectuar medições para um vasto conjunto de consumidores e dias;
- o Formar grupos de diagramas típicos e relacioná-los com informação comercial;
- o Identificar o diagrama típico e a incerteza partindo da informação comercial;

o Agregar consumidores pelos seus diagramas típicos e correspondentes incertezas.

□ Por tecnologia de consumo:

o Caracterizar o diagrama de consumo típico de cada tecnologia de consumo;

o Estimar a potência instalada para cada tecnologia e prever o correspondente diagrama;

o Agregar os diagramas resultantes de cada tecnologia para cada consumidor;

o Agregar os diagramas para todos os consumidores.

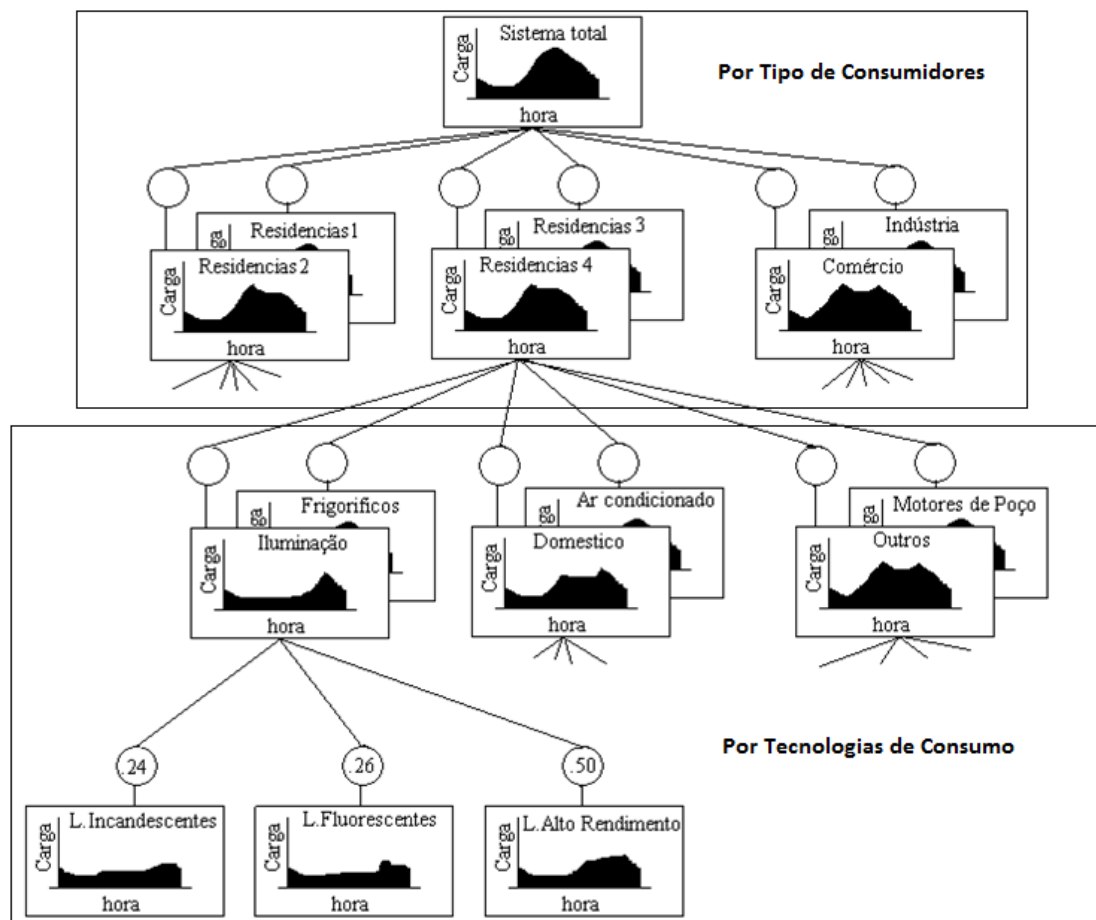


Figura 21 Construção de diagramas por tipo de consumidor e por tecnologias de consumo [MON06]

Existem dois factores essenciais à caracterização dos diagramas: a forma e a energia. O primeiro, ou seja, a forma do DDC, diz respeito ao tipo de consumidor (doméstico, serviços, indústria, etc.) e ao período de tempo (semana, fim-de-semana, feriado). Estes parâmetros influenciam a forma do diagrama, na medida em que cada um tem um padrão de consumo diferente. Neste trabalho pretende-se caracterizar diversos diagramas de carga

quanto à sua forma. Para se caracterizar numericamente os diagramas podem calcular-se alguns índices, tais como [MAT05]:

$$\text{Energia : } W = \int_0^t P(t)dt = P \times \Delta t \quad (1)$$

$$\text{Potência _ média : } P_{med} = \frac{W}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t)dt \quad (2)$$

$$\text{Factor _ de _ vazio : } f_0 = \frac{P_{min}}{P_{max}} \quad (3)$$

$$\text{Factor _ de _ carga : } fc = \frac{P_{med}}{P_{máx}} \quad (4)$$

$$\text{Utilização _ da _ ponta(h) : } hc = \frac{W}{P_{máx}} = \frac{P_{med} \times T}{P_{máx}} = fc \times T \quad (5)$$

$$\text{Factor _ de _ ponta _ relativo _ ou _ instalado : } f_{pt} = \frac{P_{máx}}{P_i} \quad (6)$$

Onde:

- P_i - Potência instalada;
- $P_{máx}$ - Potência máxima;
- $P_{méd}$ - Potência média;
- P_{min} - Potência mínima.

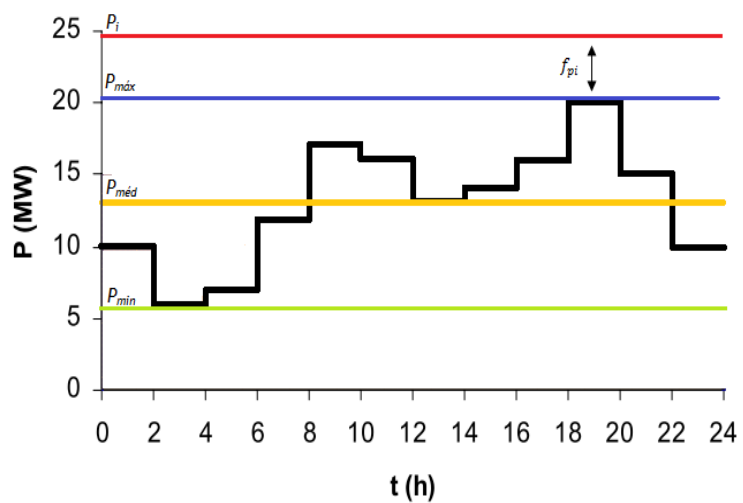


Figura 22 Interpretação dos diversos índices. Adaptado de [MAT05]

4.2. Padronização de consumos eléctricos em edifícios de escritórios

Os padrões de consumo de electricidade servem para, de certa forma, caracterizar o consumo de um edifício tendo em conta o tipo de consumidor, as tecnologias de consumo, os níveis de ocupação e a diferenciação de períodos de consumo. O Decreto-Lei n.º 79/2006 indica alguns padrões de referência da utilização de edifícios. São perfis que mostram a variação da potência dos sistemas de iluminação e equipamentos e os níveis de ocupação do edifício, tendo em conta o período de consumo [RSEC06]. De seguida serão apresentados os perfis de ocupação, iluminação e utilização de equipamentos em edifícios de escritórios que constam no Decreto-Lei n.º 79/2006:

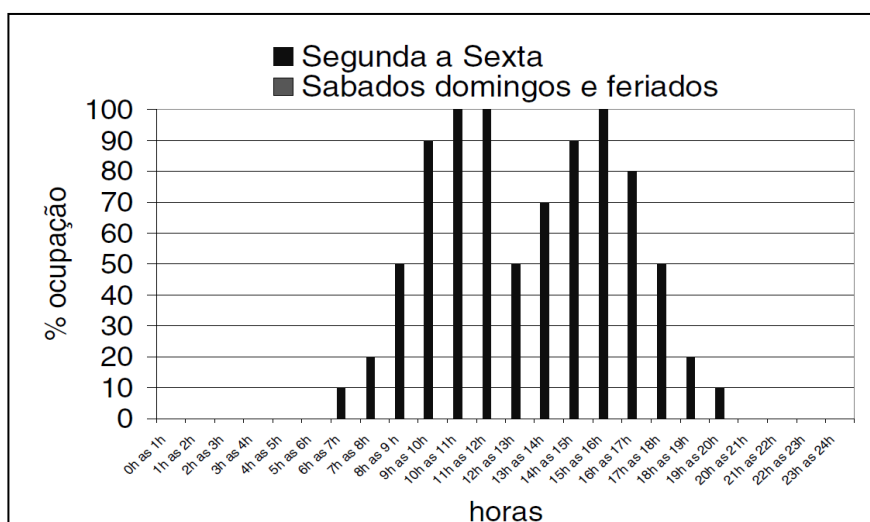


Figura 23 Perfil de ocupação nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSEC06]

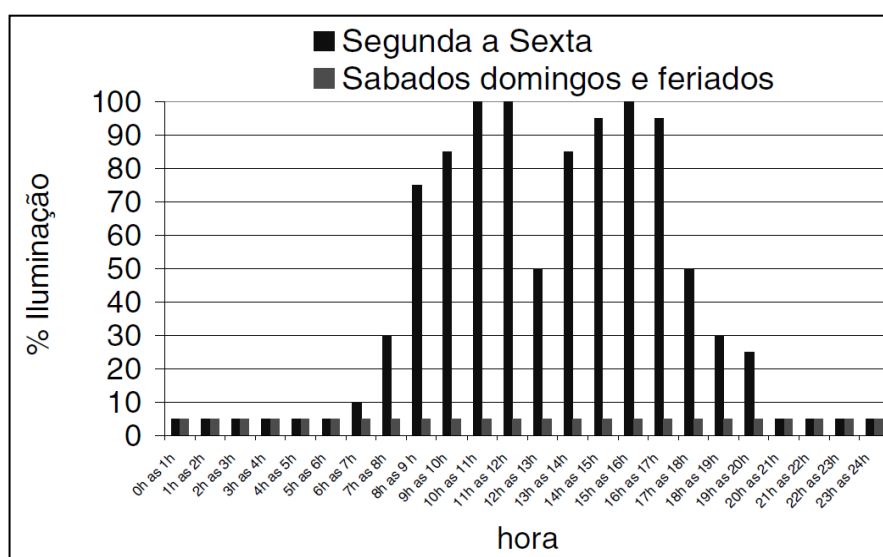


Figura 24 Perfil de iluminação nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSEC06]

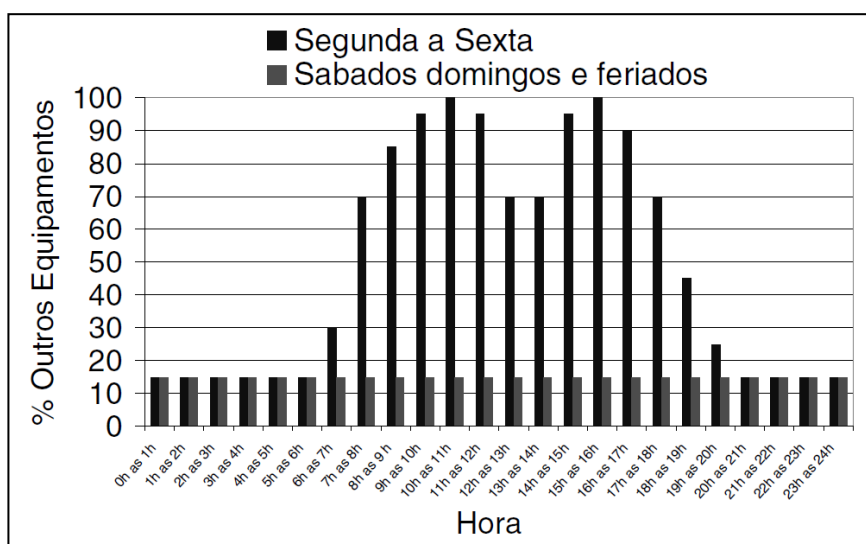


Figura 25 Perfil de equipamentos nominal para edifícios de escritórios em diferentes períodos [RSE06]

Como se pode verificar pela análise das Figuras anteriores nº 23, 24 e 25, existe uma grande variação nos consumos de electricidade ao longo do tempo, que variam consoante as horas do dia e o dia da semana. Este facto deve-se, essencialmente, às especificidades de cada tipologia de edifício. Através de uma visão geral das figuras em cima ilustradas, é possível perceber que existe uma grande diferença entre o consumo em dias úteis e durante os fins-de-semana em edifícios de escritórios. Quanto à percentagem de ocupação espectável num edifício de escritórios ao fim de semana, é visível pela Figura 23 que esta tende a ser nula. Já no que respeita à percentagem de consumo de iluminação e outros equipamentos, é normal que estas cargas tenham um valor constante mas não nulo durante o fim-de-semana, como se pode comprovar através das Figuras 24 e 25, sendo que a percentagem de iluminação é inferior à de outros equipamentos.

Um dos objectivos deste subcapítulo, será a realização de uma análise à forma dos diagramas de carga de 6 edifícios de escritórios com características distintas, distribuídos por vários pontos do país, de modo a tentar padronizar/tipificar o consumo de energia em edifícios de escritórios durante um ano de dados, tentando detectar também algumas situações anómalas. Para isso, foram construídos diversos diagramas de carga (diários, semanais e anuais) que permitem visualizar e constatar diversos casos distintos.

4.2.1. Breve descrição dos edifícios em análise

Por uma questão de confidencialidade de dados, não será divulgada qualquer informação que possa identificar os edifícios em análise, sendo estes retratados nesta dissertação apenas por letras de A a F. Os mesmos estão dispostos por diversos locais de Norte a Sul de Portugal.

Os dados obtidos para esta análise, foram recolhidos por telecontagem com um intervalo de tempo de 15 em 15 minutos, recorrendo ao servidor *EIServer* disponível na empresa EDP.



Figura 26 Imagem de acesso ao programa de recolha de dados por telecontagem [EDPD]

De seguida é apresentada uma tabela com as principais características inerentes a cada edifício em análise:

Tabela 5 Resumo das características gerais dos 6 edifícios em análise

Edifício	Localização	Ano de Construção	Classe Energética	Área útil	Nº médio de trabalhadores
A	Interior Centro	2003	B	9465,4 m ²	138
B	Sul	1996	C	3415,51 m ²	53
C	Litoral Centro	1927	B ⁻	10135 m ²	331
D	Litoral Centro	1987	A	7370,14 m ²	194
E	Litoral Norte	2011	A	10000 m ²	590
F	Interior Norte	1986	B ⁻	2317,7 m ²	57

Para todos os edifícios foram analisados os dados relativos a um ano de medições correspondente ao ano de 2011, ou seja, desde Janeiro a Dezembro de 2011. Excepto para o Edifício E, onde os dados em análise serão desde Maio de 2011 até Abril de 2012, uma vez que o edifício ainda não se encontrava ocupado no início do ano 2011.

4.2.2. Representação gráfica dos diagramas de carga

4.2.2.1 Perfis diários

De seguida serão apresentados os perfis diários típicos dos edifícios em análise, tendo sido representados pela potência activa média em todas as quartas-feiras (excepto feriados) durante um ano de dados. Optou-se por representar as quartas-feiras, uma vez que, é o dia útil central da semana, de modo a minimizar alguma influência da proximidade do fim-de-semana.

➤ EDIFÍCIO A

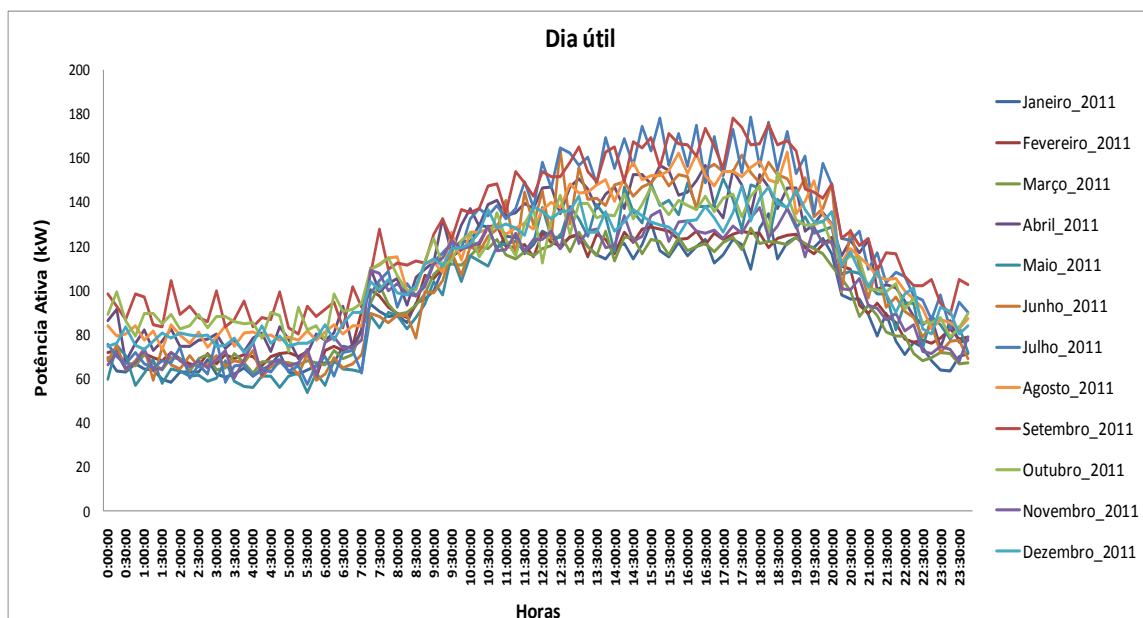


Figura 27 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício A

Através do gráfico referente ao comportamento de um dia útil típico do edifício A ao longo de um ano, é possível perceber que o período de ocupação da instalação corresponde aproximadamente ao intervalo das 8h às 20h. Os meses que apresentam maior consumo no período de funcionamento são: Setembro e Janeiro. Quanto ao período de almoço, onde é habitual que devido ao decréscimo da ocupação do edifício, ocorra uma diminuição do consumo neste período, este facto não é visível através do diagrama de cargas do Edifício A, podendo significar que este período não é coincidente entre os ocupantes ou que não existem políticas para a redução do consumo neste período, desligando equipamentos/iluminação por exemplo.

Para uma melhor percepção do comportamento diário típico do Edifício A, segue-se a representação de um dia útil e de um dia não útil no mês de Abril. Optou-se por representar dias referentes ao mês de Abril por se tratar de um mês geralmente com temperaturas mais amenas, minimizando assim de alguma forma a influência da temperatura nos consumos eléctricos.

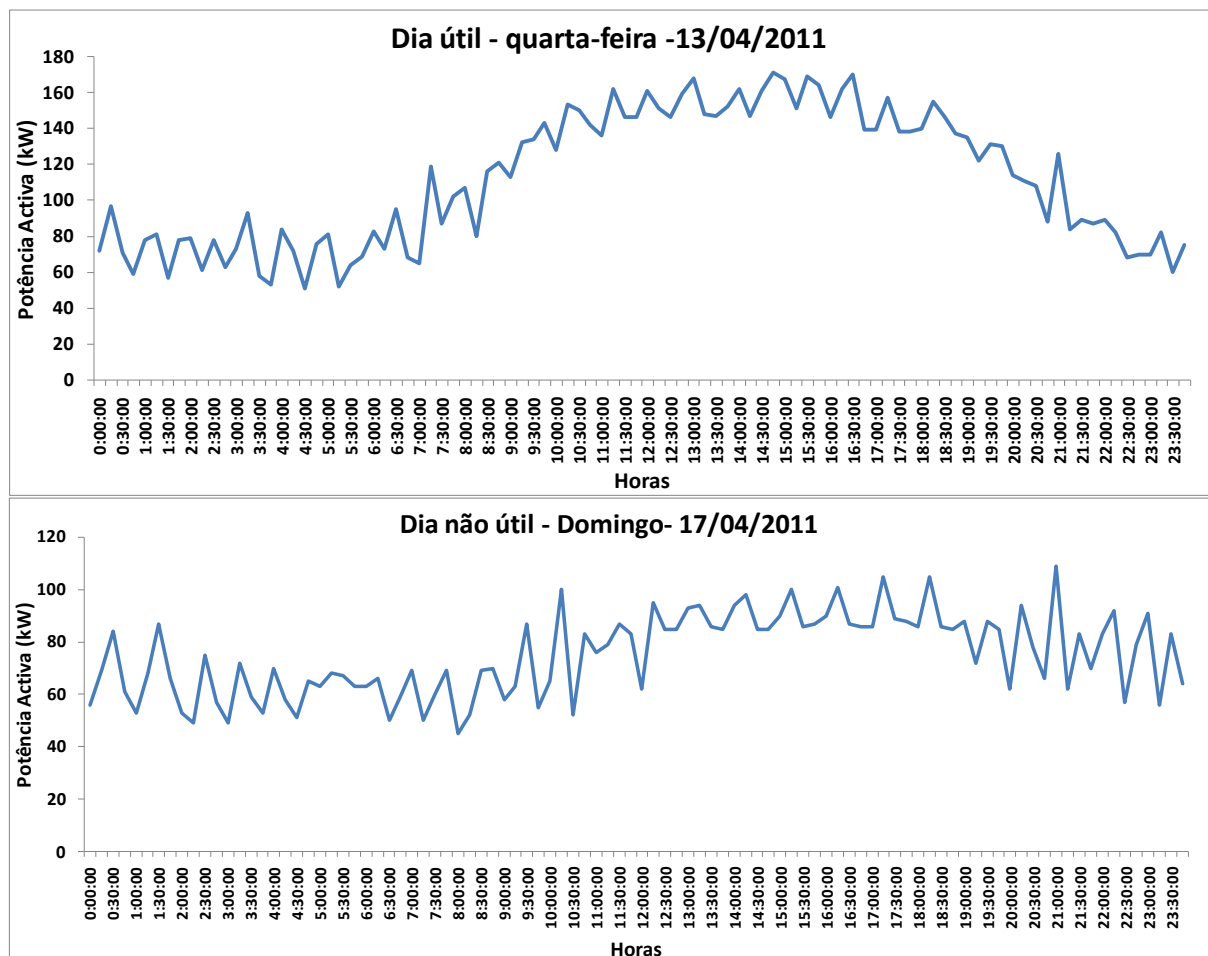


Figura 28 Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício A

Como se pode constatar pela Figura 28, existe uma situação anómala durante o dia não útil, uma vez que existe constantemente uma variação do consumo ao longo do Domingo, sugerindo que serão equipamentos de AVAC ligados (ciclos de funcionamentos não constantes). Como este edifício foi o seleccionado para o estudo de medidas de melhoria, (Capítulo 5) constatou-se que esta situação anómala era, de facto, a central térmica que estava ligada durante o fim-de-semana. Após conversa com o gestor de energia do edifício, onde foi reportada esta situação, foi seguidamente alterada a programação da central térmica na Gestão Técnica Centralizada (GTC) do edifício, estando neste momento apenas habilitada durante os dias úteis, como se pode constatar através dos diagramas de carga da Figura 29, e através da Figura 66, que mostra a programação actual da GTC do edifício:

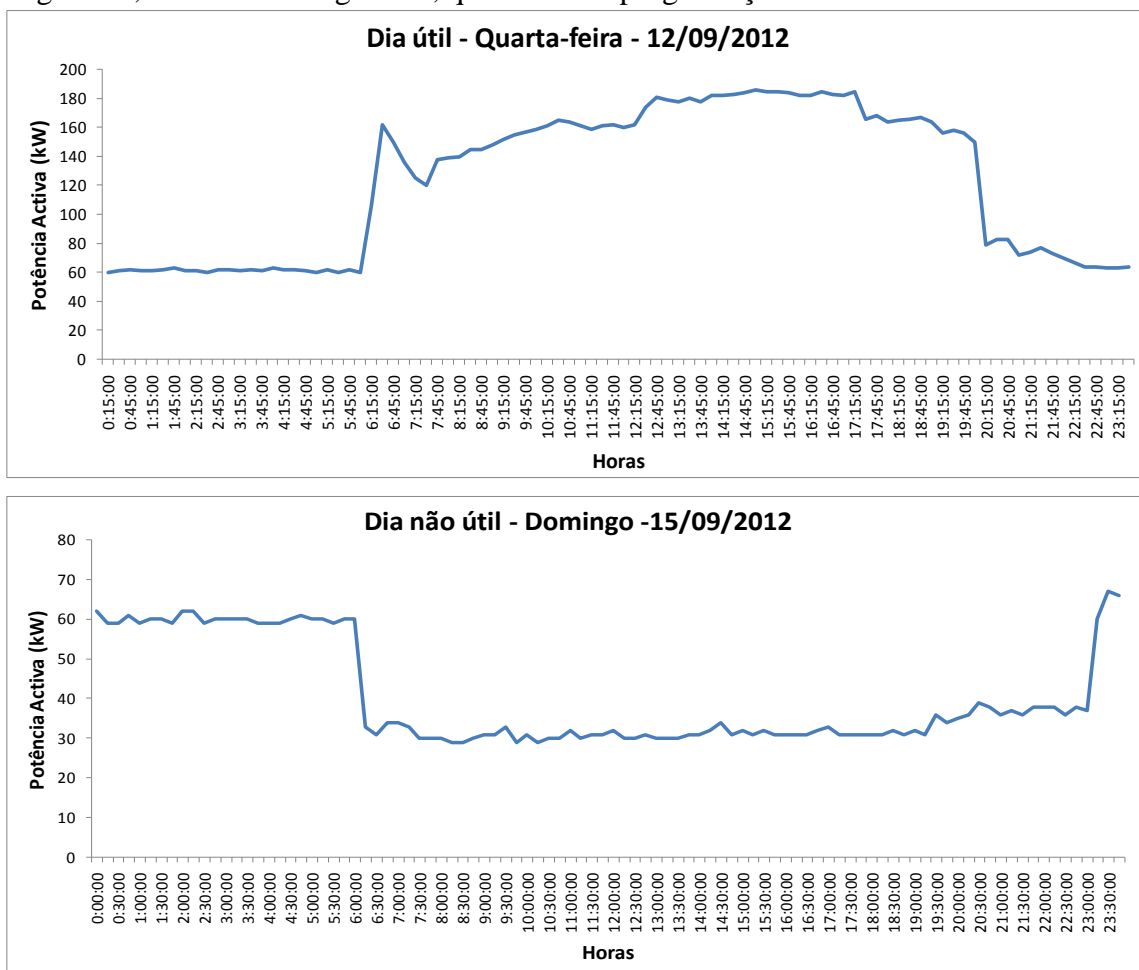


Figura 29 Situação actual da potência activa de um dia útil e de um dia não útil no Edifício A

Com esta alteração meramente comportamental, houve uma redução de 40 % no consumo eléctrico do edifício durante os fins-de-semana, correspondendo a uma redução global de 11% no consumo total do edifício.

➤ EDIFÍCIO B

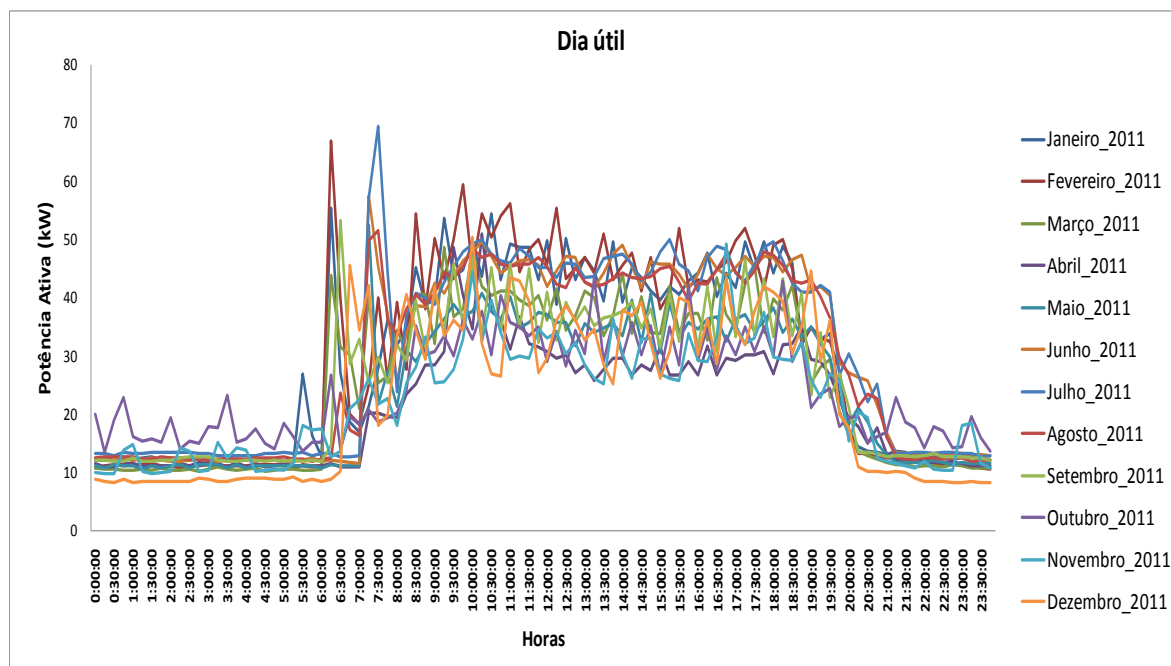


Figura 30 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício B

Relativamente ao gráfico referente ao Edifício B, é possível perceber que o período de actividade do edifício corresponde normalmente ao intervalo das 7h às 21h. Os meses que apresentam maior consumo no período de ocupação são Fevereiro e Janeiro, e os que apresentam menor consumo durante o mesmo período são os meses de Abril e Dezembro. Neste edifício, nota-se uma ligeira descida do consumo na hora de almoço dos utilizadores, o que poderá indicar que existem boas práticas para reduzir o consumo de energia, desligando os equipamentos/iluminação neste período.

É ainda possível destacar o facto, de existir uma variação do consumo no período de *baseload* nos meses de Outubro e Novembro, podendo indicar que ficam equipamentos de ar condicionado ligados fora do período de ocupação. Existe ainda a ocorrência de um pico de consumo por volta das 07h, que deveria ser controlado, por forma a diminuir a potência tomada.

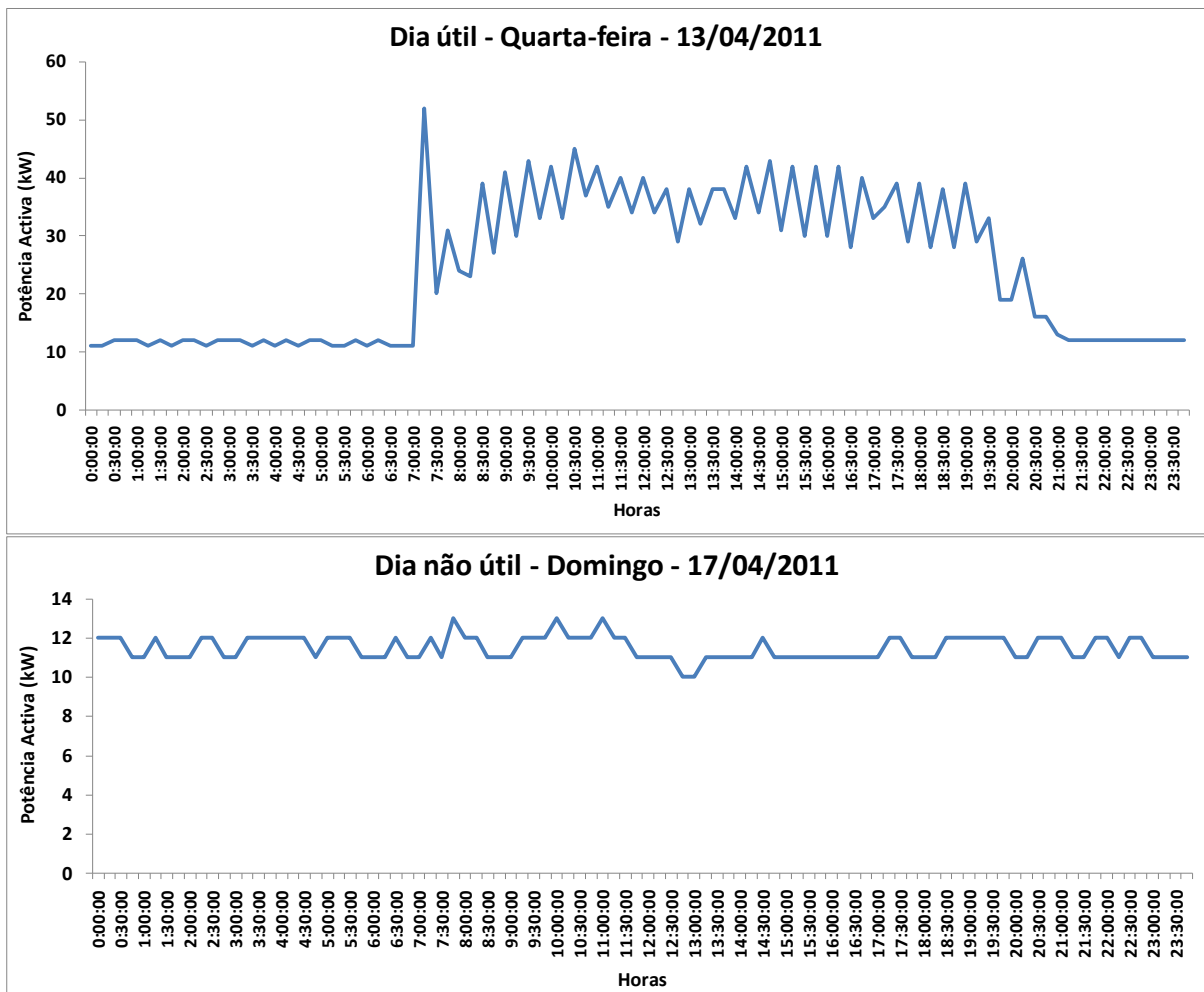


Figura 31 Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício B

Quanto à Figura 31, constata-se que durante o dia não útil, não existe praticamente variação do consumo, o que deveria ser normal neste tipo de edifícios de escritórios. Relativamente ao dia útil, é de destacar novamente o facto de haver um pico de consumo por volta das 07h, que deveria ser minimizado como se tinha já referido anteriormente.

➤ EDIFÍCIO C

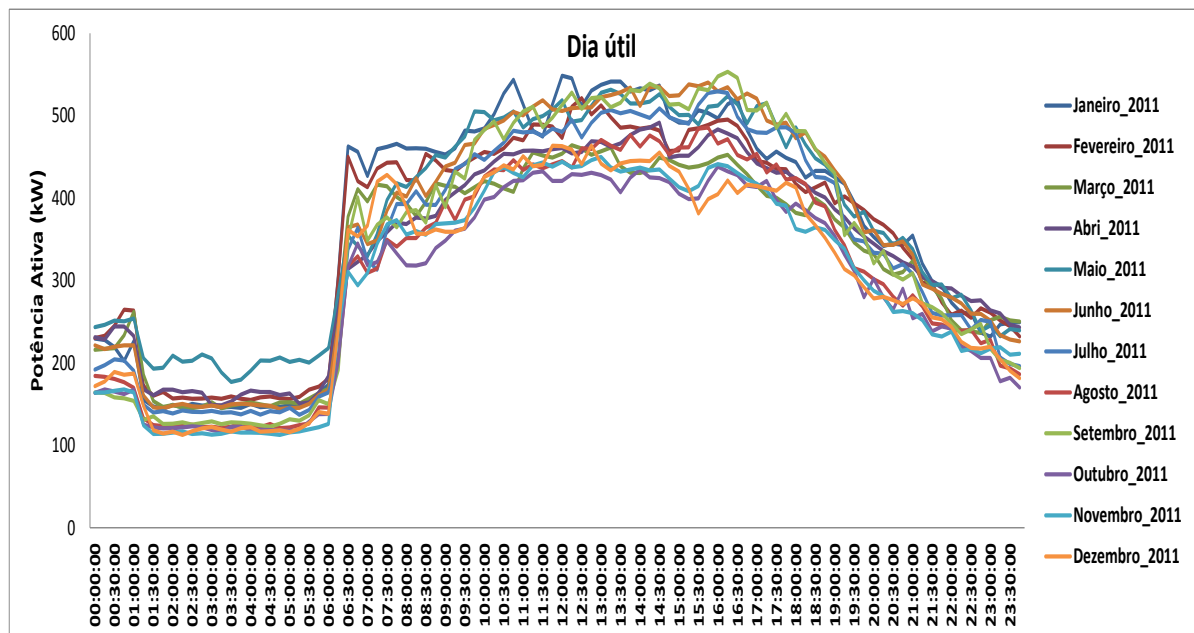


Figura 32 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício C

No que diz respeito ao gráfico referente ao Edifício C, é possível perceber que o período de ocupação é sensivelmente das 7h às 20h. Os meses que apresentam maior consumo no período de laboração são Janeiro, Julho e Maio e os que apresentam menor consumo durante o mesmo período são os meses de Agosto, Abril e Novembro. Neste edifício, não é notória a redução de consumo no período de almoço dos ocupantes, para além de existir um período de consumo anormal até sensivelmente à 1h da madrugada.

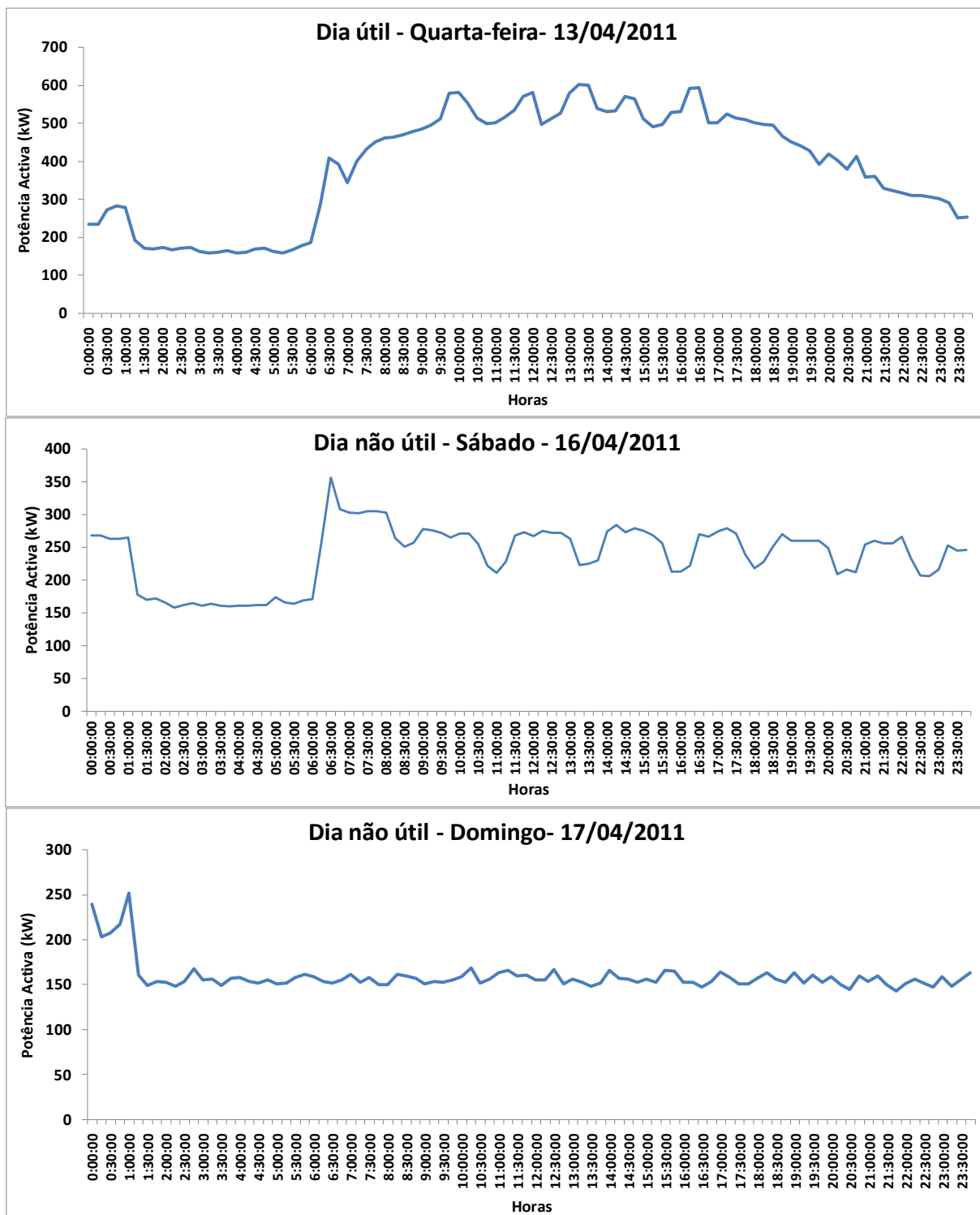


Figura 33 Representação da potência activa de um dia útil e dois dias não úteis no Edifício C

Como se pode verificar pela Figura 33, o consumo anormal que existe sensivelmente até à 1h da manhã mantém-se também durante os dias não úteis, tanto no Sábado como no Domingo, correspondendo provavelmente ao funcionamento de equipamentos informáticos, como por exemplo servidores. Neste edifício, durante o Sábado, também existe variação do consumo entre o período nocturno e diurno, embora durante o dia o consumo seja menor que nos dias úteis, devido provavelmente à menor ocupação do mesmo.

➤ EDIFÍCIO D

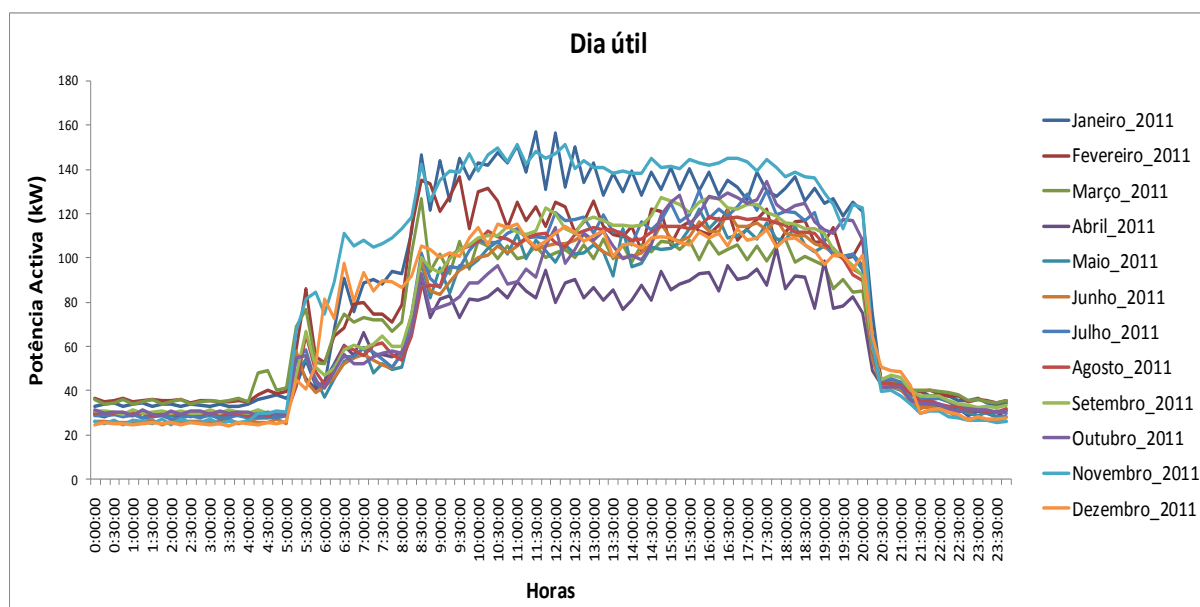


Figura 34 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício D

No que diz respeito ao gráfico referente ao Edifício D, é possível perceber que o período de ocupação corresponde geralmente ao intervalo das 8h às 20h. Porém, por volta das 5h existe provavelmente um período de limpeza, onde são ligados alguns sistemas de iluminação e de AVAC. Neste edifício, existe uma grande variação da potência activa durante o período de ocupação de alguns meses analisados, os meses que apresentam maior consumo são Novembro e Janeiro, sendo o mês de Abril aquele que apresenta menor consumo. Neste edifício, é ainda notória uma ligeira redução de consumo na hora de almoço dos ocupantes.

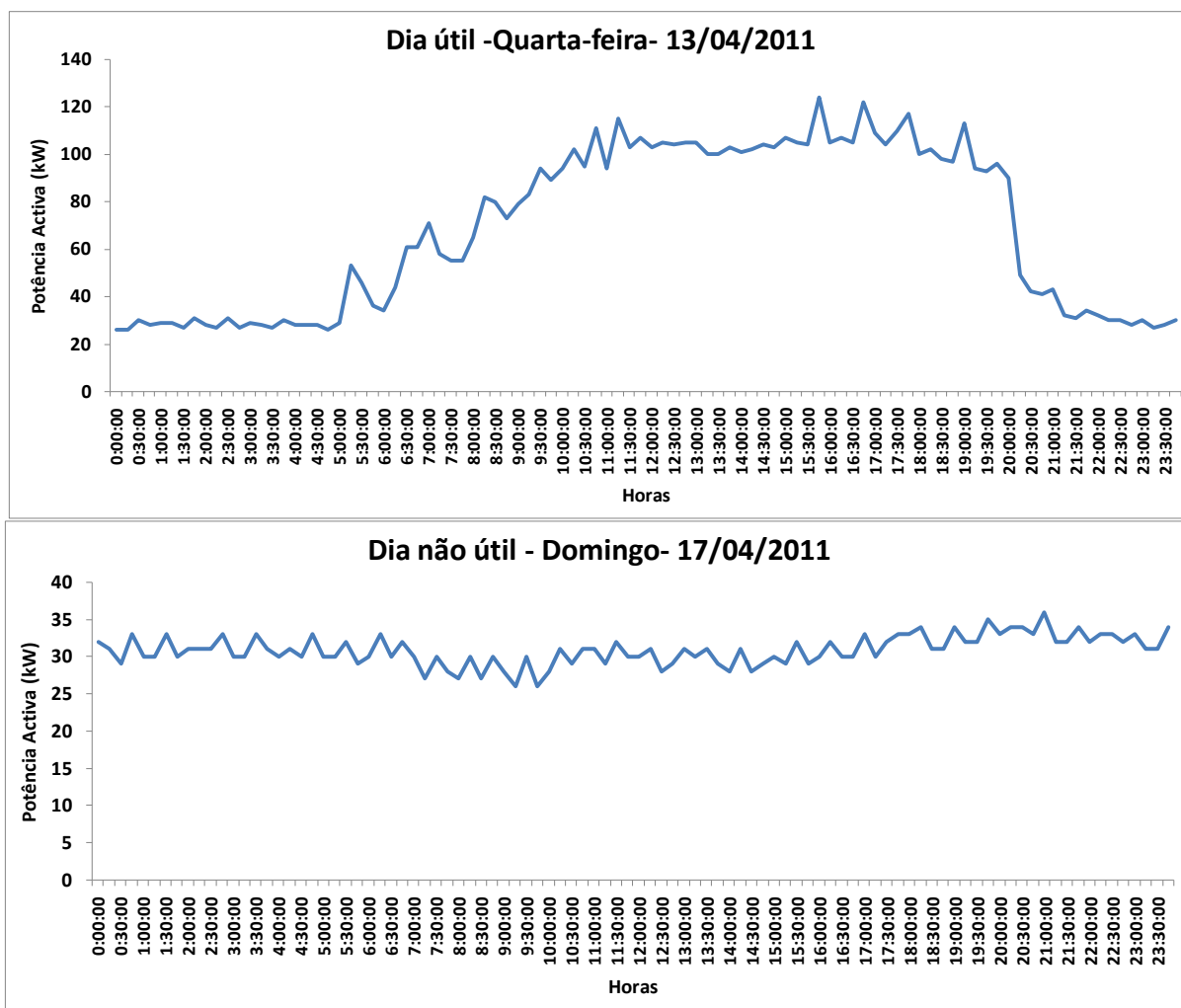


Figura 35 Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício D

Quanto ao dia útil tipo, no Edifício D, existem alguns picos ao longo do período de ocupação que deveriam ser minimizados, mas no geral o consumo diário é normal para um edifício de tipologia escritório. No que diz respeito ao dia não útil típico deste edifício, o perfil mantém-se mais ou menos constante ao longo de todo o dia, com pequenas variações insignificantes, uma vez que não existe qualquer ocupação ao fim de semana.

➤ EDIFÍCIO E

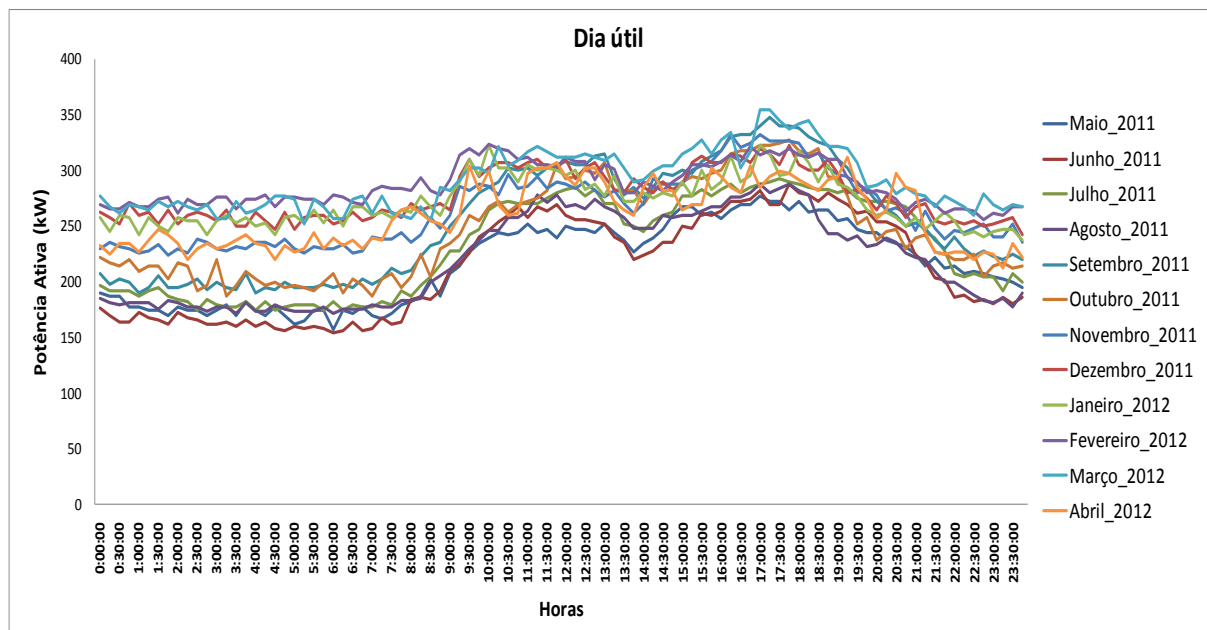


Figura 36 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício E

Relativamente ao gráfico referente ao edifício E, é possível perceber que o período de ocupação corresponde sensivelmente ao horário entre as 9h e as 21h. Os meses que apresentam maior consumo no período de funcionamento são Março, Setembro, Novembro e Fevereiro e os que apresentam menor consumo, devido principalmente à menor taxa de ocupação são Maio, Julho e Agosto. Neste edifício, é bastante notória a redução do consumo durante o período de almoço dos ocupantes, podendo traduzir a consciencialização da necessidade de poupar energia, ou de haver dispositivos que desligam automaticamente na ausência dos ocupantes, como por exemplo, sensores de ocupação no sistema de iluminação. Para além disso, o *baseload* deste edifício é particularmente elevado, indiciando que eventualmente fiquem cargas ligadas fora do período de ocupação.

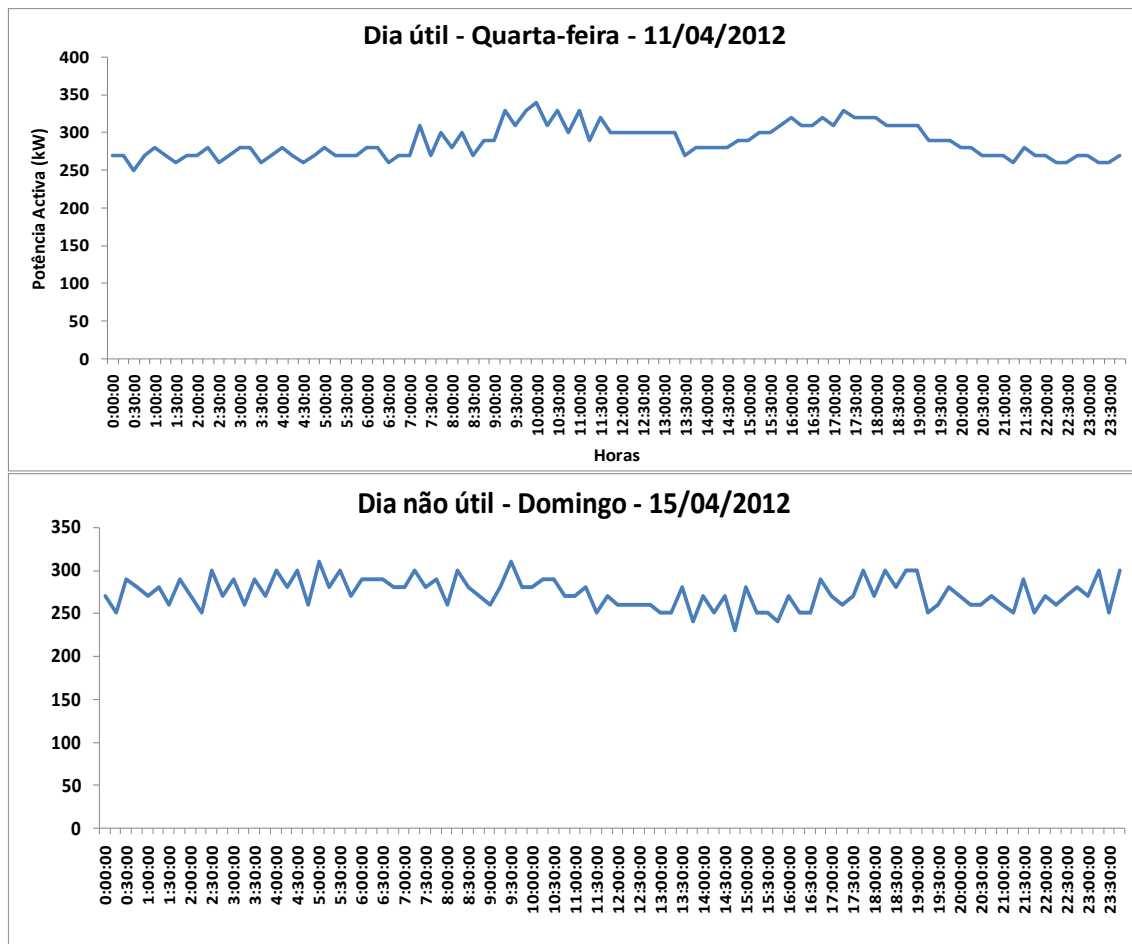


Figura 37 Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício E

➤ EDIFÍCIO F

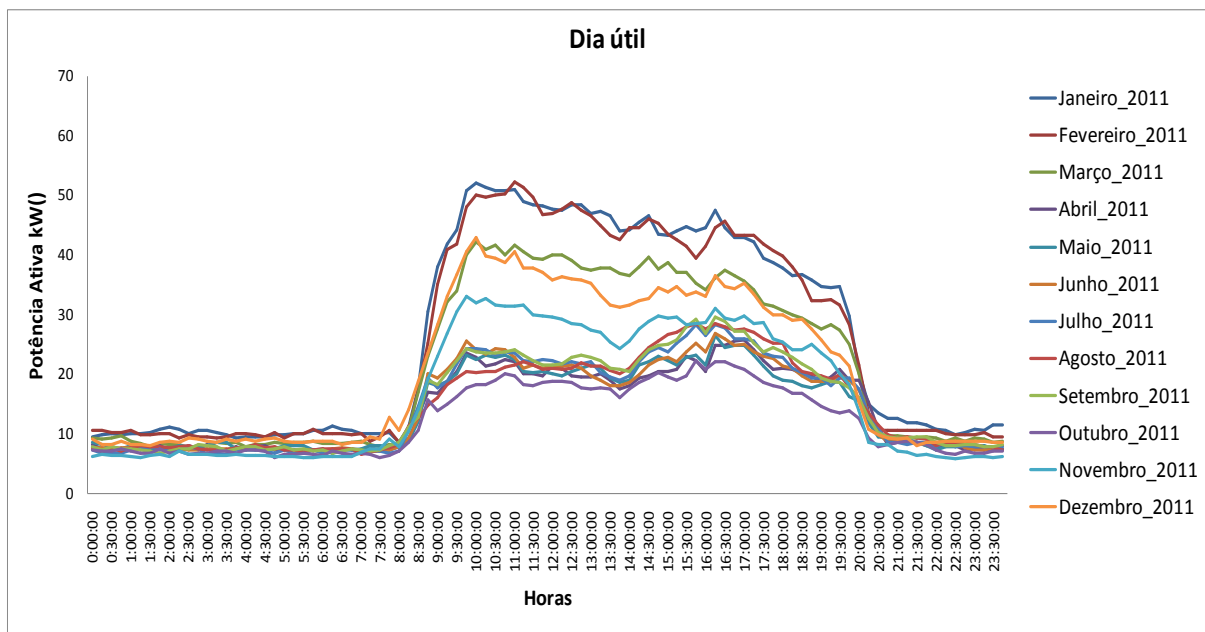


Figura 38 Diagrama de cargas de um dia útil (quarta-feira) durante um ano no Edifício F

No que diz respeito ao gráfico referente ao edifício F, é possível perceber que o período de ocupação corresponde normalmente ao período das 8h às 20h. Os meses que apresentam maior consumo no período de funcionamento são Janeiro, Fevereiro e Março, quanto os que apresentam menor consumo são os meses de Outubro, Agosto e Maio. Neste edifício, também existe uma ligeira redução do consumo no período de almoço, tal como acontece em alguns edifícios anteriores.

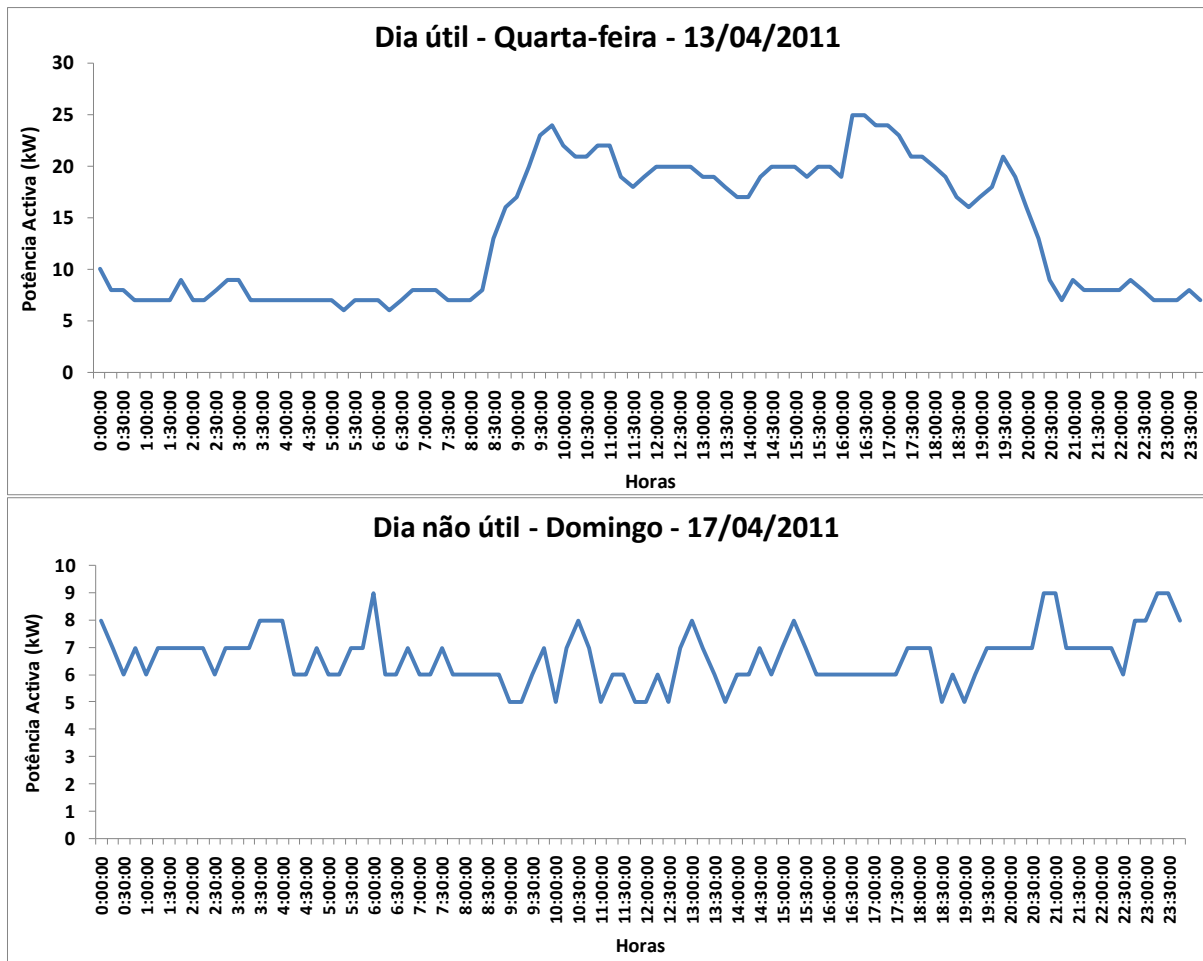


Figura 39 Representação da potência activa de um dia útil e um dia não útil no Edifício F

4.2.2.1.1 Conclusão

No geral, foi possível visualizar através dos diversos diagramas de carga diários anteriormente apresentados, que o período de ocupação nos dias úteis dos edifícios em

análise, é tipicamente entre as 7/8h e as 20h. No que diz respeito aos meses de maior e menor consumo no período laboral, estes, como seria de esperar, são diferentes de edifício para edifício, devido essencialmente à diferenciação na ocupação, na localização e nas características dos sistemas de cada edifício estudado. No entanto, foi possível verificar que os meses com maior consumo são no geral Janeiro, Fevereiro e Novembro, devido provavelmente às maiores necessidades de aquecimento nestes meses do ano. Os meses que apresentaram menor consumo durante o período de funcionamento são Agosto e Abril, devido hipoteticamente ao período de menor ocupação. Durante esta análise, foi também possível constatar, que em 4 dos 6 edifícios em estudo, é visível uma redução da potência consumida na hora de almoço, o que poderá revelar alguma preocupação com os gastos de energia por parte dos colaboradores nesta altura do dia de menor ocupação em relação ao período laboral. Ao longo da análise, foram detectadas algumas situações anómalas em diversos edifícios, maioritariamente *baseloads* não constantes tanto em dias úteis como em dias não úteis. e picos de consumo que poderão ser mitigados com uma gestão inteligente das cargas, não ligando todas em simultâneo, uma vez que a taxa aumenta quanto maior for a potência tomada.

4.2.2.2 Perfis semanais

Seguidamente são apresentados os perfis semanais típicos dos edifícios em análise, representados pela segunda semana do mês de Abril de 2011 excepto para o edifício E, onde foi analisada a semana homóloga de 2012 por não existir ocupação neste edifício em Abril de 2011:

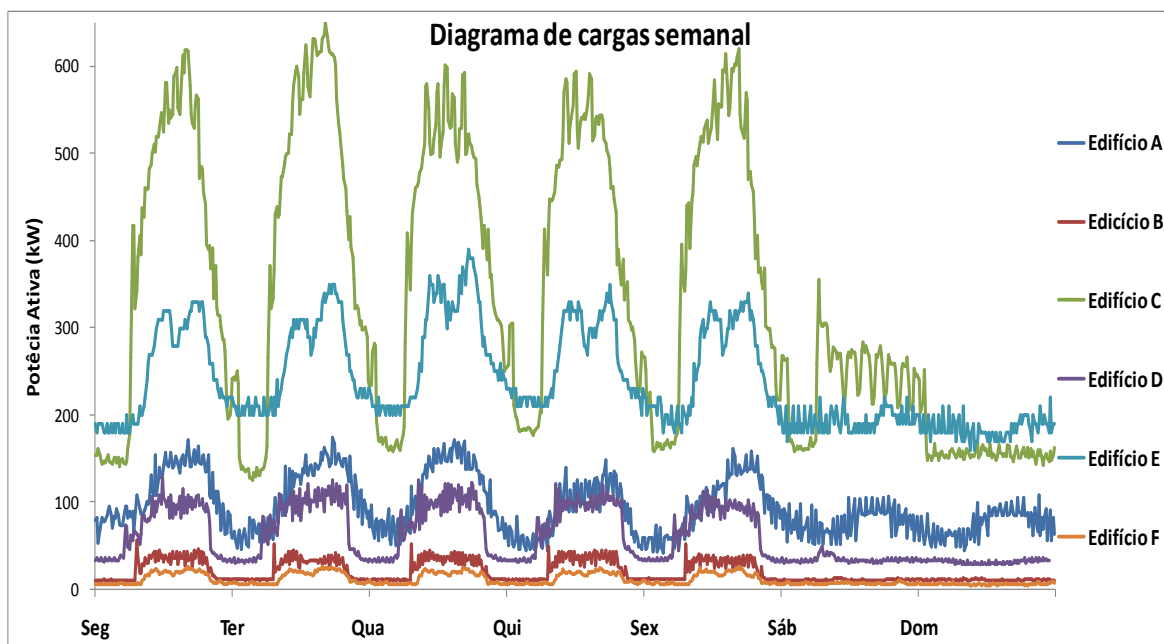


Figura 40 Variação típica do diagrama de cargas semanal nos diversos edifícios em análise

No que diz respeito ao diagrama de cargas semanal, é visível uma repercussão da forma do perfil nos dias úteis em todos os edifícios em estudo, onde no Edifício E é notória uma maior redução do consumo no período de almoço. Quanto ao perfil dos fins-de-semana (Sábado e Domingo), é de referir que este varia em alguns edifícios, nomeadamente no Edifício C, onde existe ocupação durante o dia de Sábado, e no Edifício A, onde o consumo não é constante tanto no Sábado como no Domingo, situação que já está mitigada actualmente, tendo sido desabilitado o funcionamento da central térmica durante o fim-de-semana. Quanto aos restantes edifícios, o perfil dos dias não úteis mantém-se praticamente constante. Relativamente à potência activa no período de *baseload*, esta é maior ou menor consoante o número de ocupantes do edifício, devido essencialmente ao número de estações de trabalho existentes e consequentemente equipamento informático (servidores, etc.) permanentemente alimentado. Quanto à potência de pico (máxima), esta é bastante superior no Edifício C, que apesar de não ser o edifício com maior número de ocupantes é o edifício que apresenta uma área útil mais elevada, facto que poderá justificar esta circunstância.

4.2.3. Relação dos consumos eléctricos com variáveis exógenas

Variáveis exógenas – São variáveis independentes, ou seja, que têm liberdade/capacidade de mudar a sua magnitude ao longo do tempo, o que acarreta impactos nos consumos energéticos e respectivas facturas. Tais impactos são mensuráveis e é possível estabelecer metodologias de cálculo desses impactos, quer a nível de consumos energéticos, quer a nível de facturas de energia [SAN07].

Já foi referido que grande parte dos consumos energéticos da tipologia escritórios se destina ao AVAC (cerca de 50%), desprezando os efeitos de eficiência ou degradação dos sistemas AVAC, os consumos energéticos apenas estarão relacionados com duas variáveis não controláveis: o clima e o nível de ocupação. Existem consumos energéticos, como no caso da iluminação por exemplo, que não estão dependentes do clima, mas sim da ocupação. Embora os dias sejam maiores no período de Verão e como tal seja necessária menos iluminação, esta influência não deriva directamente do clima, mas sim da época do ano. Visto que, existem consumos que dependem apenas de uma das variáveis e que existem outros consumos que são influenciados pelas duas variáveis, estas duas variáveis devem ser correlacionadas em conjunto.

Uma vez identificadas as variáveis mais relevantes no consumo de energia de um edifício, importa inferir sobre as características de cada uma delas. O clima e nível de ocupação devem ser relacionados com o consumo de energia, de modo a avaliar correlações válidas, que expliquem a variação no consumo. Poderá ser expectável, por exemplo, que com o aumento da temperatura exterior na estação de Verão, os sistemas de arrefecimento consumam mais energia para manter as mesmas condições de temperatura interior. Do mesmo modo, na estação de Inverno, com a diminuição da temperatura exterior, é normal que os sistemas de aquecimento sejam mais solicitados. Relativamente à ocupação, quanto maior for o número de ocupantes de um edifício, é provável que hajam também mais equipamentos ligados, consumindo assim mais energia. Com o aumento da ocupação é também esperado um incremento dos ganhos internos, que irão aumentar o consumo dos sistemas de arrefecimento, sendo estes mais solicitados de modo a garantir as mesmas condições no interior.

O parâmetro que avalia o nível de ocupação é, geralmente a percentagem de ocupação face à capacidade máxima de ocupação do edifício, ou seja a taxa de ocupação. Uma vez que neste trabalho não foi possível obter a taxa de ocupação dos 6 edifícios em análise, e que estes têm quase sempre a mesma ocupação diária, foi apenas calculada a razão entre o consumo total anual e a ocupação média diária dos diversos edifícios em estudo que irá ser evidenciada mais adiante. Em relação ao clima, o parâmetro climático escolhido para a análise, foi a temperatura exterior média diária de cada local onde estão implementados os edifícios.

4.2.3.1 Balanço energético dos edifícios

Com as crescentes exigências de conforto térmico que se têm verificado nos últimos anos, fruto de um maior desenvolvimento económico e social, torna-se cada vez mais importante o estudo pormenorizado das perdas e ganhos térmicos que ocorrem através da envolvente dos edifícios, de forma a aumentar a fiabilidade dos métodos de previsão das necessidades de energia de climatização [GRA04]. A equação de equilíbrio entre os ganhos e as perdas energéticas, designa-se por balanço energético. Este balanço, efectuado em regime de temperatura do ar interior constante (regime permanente), permite obter as necessidades de aquecimento ou arrefecimento dos espaços de forma a garantir as exigências de conforto térmico dos seus ocupantes.

Para a realização do balanço energético de um edifício, consideram-se normalmente os ganhos de calor relativos à energia solar e à ocupação interna, as perdas e os ganhos por infiltração e por condução através da envolvente, a energia fornecida para aquecimento/arrefecimento, entre outros factores como a inércia térmica da construção [GRA04]. Na Figura 40 pode observar-se um esquema geral das trocas de energia que ocorrem entre um edifício e o exterior. De notar que, consoante o período climático, pode interessar maximizar ou minimizar os diferentes tipos de ganhos e perdas apresentados na Figura 41.

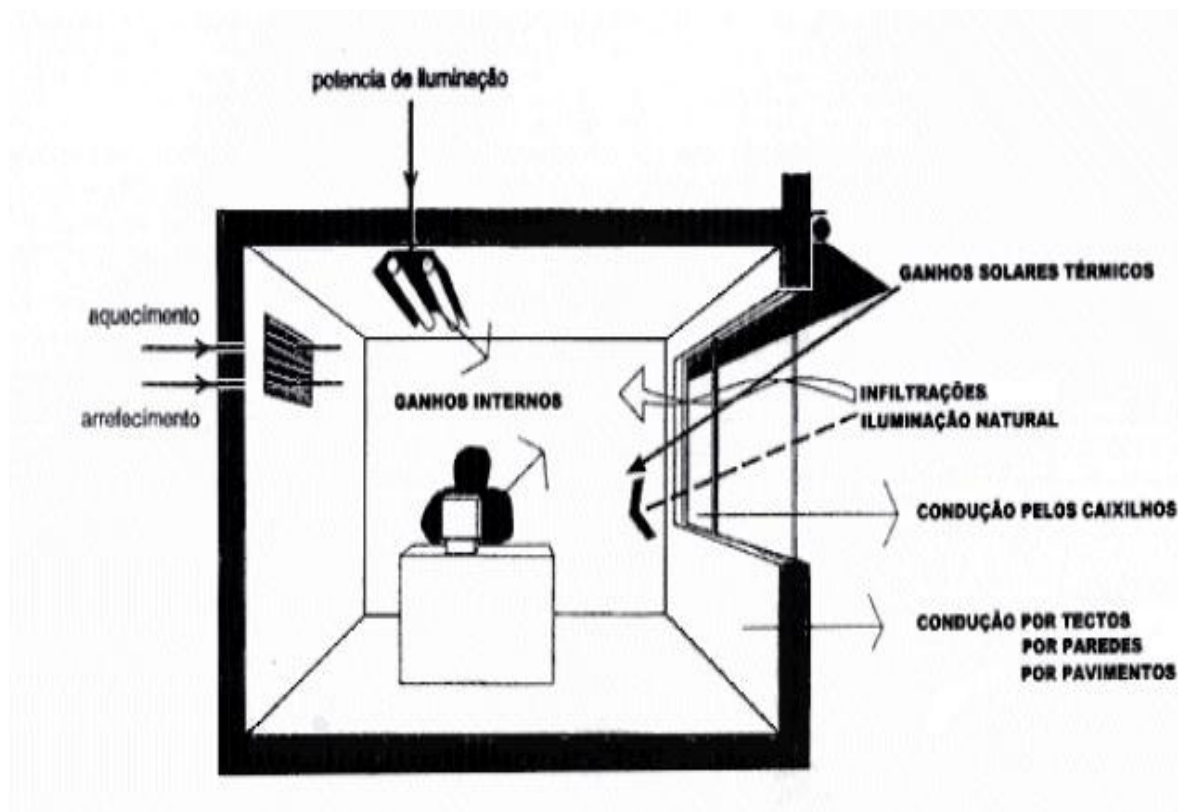


Figura 41 Balanço térmico de um edifício [GRA04]

4.2.3.2 Temperatura média exterior

De modo a analisar a influência da temperatura média exterior no consumo eléctrico, foi necessário recolher todos os valores de temperatura média diária do período em análise, nas diferentes localizações dos edifícios, através da plataforma de histórico das temperaturas, no endereço *www.wundegroud.com*. De seguida, são apresentados os perfis de carga anuais dos edifícios em análise e a respectiva temperatura exterior média mensal:

▪ **EDIFÍCIO A**

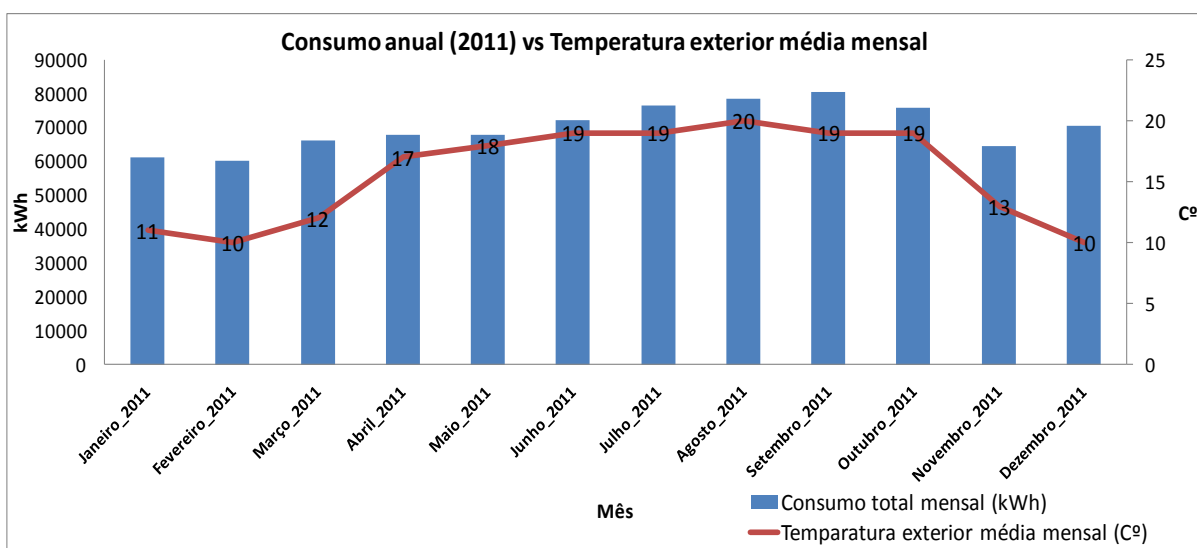


Figura 42 Consumo anual total com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício A

Para o Edifício A, é possível destacar que, na maioria dos meses, quanto maior é a temperatura exterior média mensal, maior é o consumo de energia eléctrica, sugerindo que as necessidades de arrefecimento sejam superiores às de aquecimento, contribuindo ainda mais para este facto o superior rendimento dos sistemas de aquecimento (COP: 2,98) face ao rendimento dos sistemas de arrefecimento (EER:2,4).

▪ **EDIFÍCIO B**

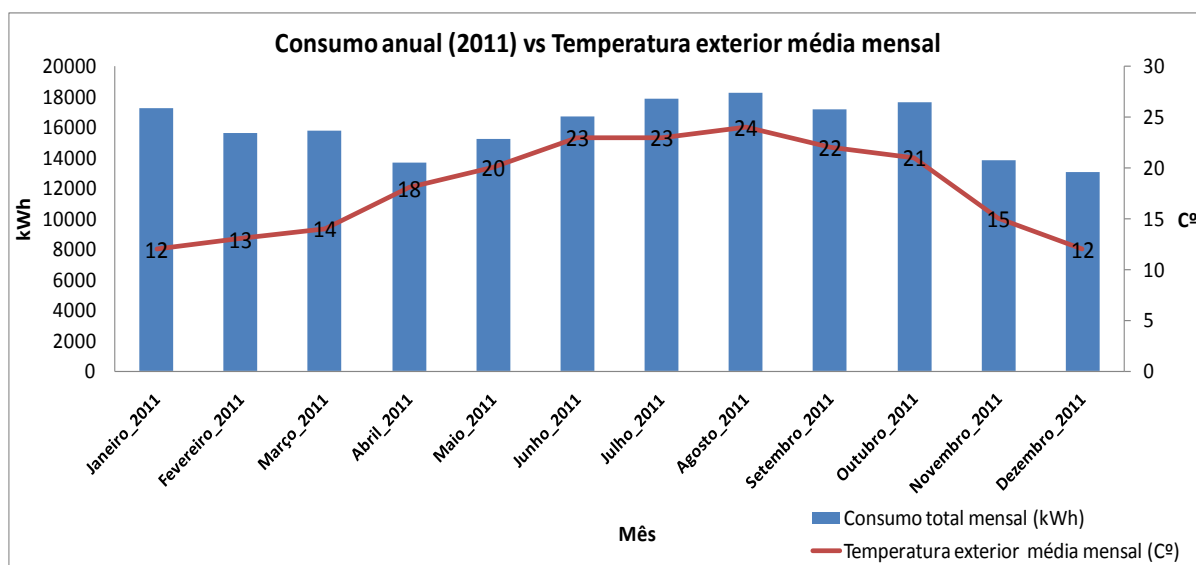


Figura 43 Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício B

Com excepção dos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, verifica-se que existe um maior consumo eléctrico nos meses da estação de arrefecimento, ou seja, quando as temperaturas exteriores são mais elevadas, o que faz algum sentido, visto que a instalação B está situada no Sul do país, onde as necessidades de arrefecimento são geralmente maiores. O rendimento dos sistemas de arrefecimento e aquecimento são praticamente semelhantes (EER: 2,8 *versus* COP: 3).

▪ **EDIFÍCIO C**

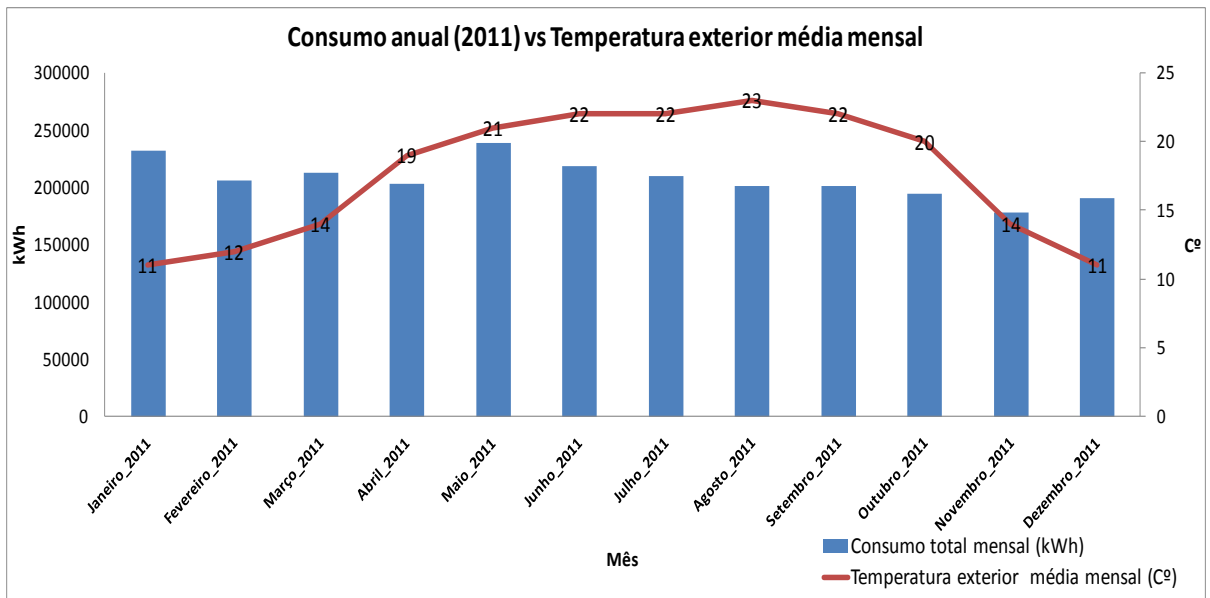


Figura 44 Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício C

Quanto à Figura 44, não é perceptível visualmente uma relação do consumo eléctrico com a temperatura exterior durante todo o ano.

▪ **EDIFÍCIO D**

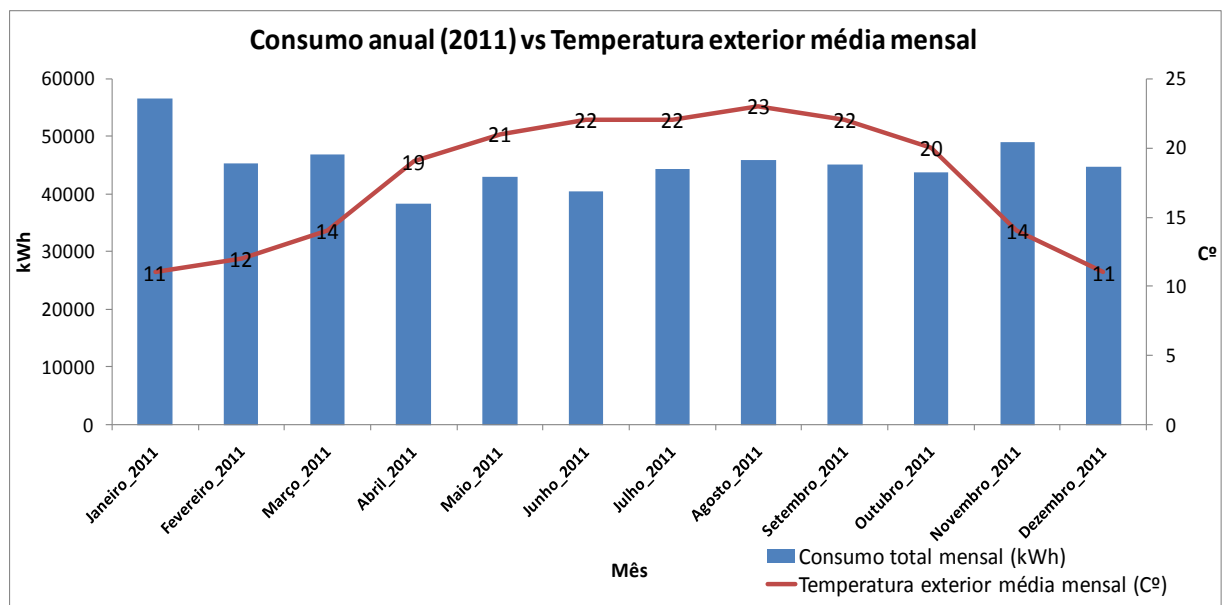


Figura 45 Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício D

No que diz respeito à Figura 45, é ligeiramente visível que existe igualmente um maior consumo nos meses correspondentes a estação de aquecimento, ou seja, quanto menor é a temperatura média exterior. O rendimento dos sistemas de arrefecimento e aquecimento são praticamente semelhantes (EER: 2,64 versus COP: 2,59).

▪ EDIFÍCIO E

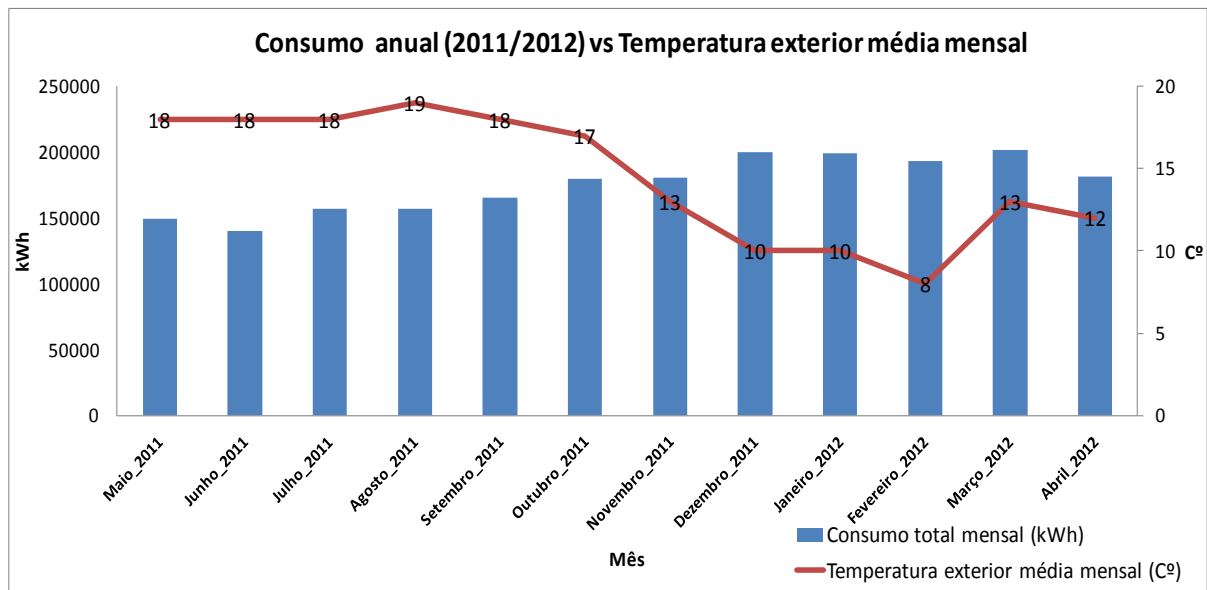


Figura 46 Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício E

Relativamente ao Edifício E, não se verifica uma relação entre os consumos eléctricos e a temperatura média exterior. Uma vez que o edifício começou a ser ocupado em Maio de 2011 e a sua ocupação só estabilizou em Novembro de 2011, foi existindo um aumento progressivo do consumo eléctrico até essa data, que se deve maioritariamente ao aumento do número de ocupantes do edifício.

▪ **EDIFÍCIO F**

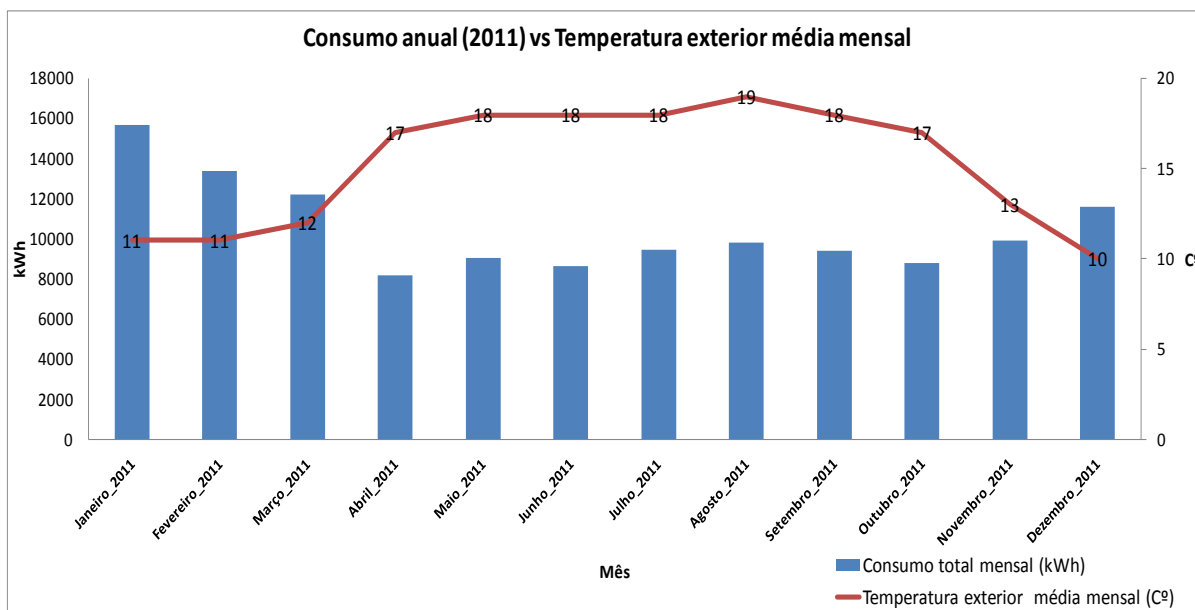


Figura 47 Consumo total durante um ano com representação da temperatura exterior média mensal para o Edifício F

Quanto à Figura 47, é perceptível um aumento do consumo nos meses correspondentes à estação de aquecimento, ou seja, quanto menor a temperatura média exterior maior o consumo eléctrico do Edifício F, o que indicia que este edifício necessita maioritariamente de aquecimento, possivelmente pela sua localização na zona Interior Norte do país, onde as necessidades de aquecimento são vulgarmente maiores. O rendimento dos sistemas de arrefecimento e aquecimento são praticamente semelhantes (EER: 2,75 versus COP: 3,25), dando robustez às conclusões anteriores.

4.2.3.2.1 Cálculo da correlação entre a temperatura média mensal exterior e o consumo eléctrico total mensal durante um ano

De modo a apresentar valores concretos da relação existente entre o consumo eléctrico e a temperatura exterior nos edifícios analisados, é de seguida calculado, o valor da correlação entre o consumo eléctrico total mensal (kWh) e a temperatura exterior média mensal (°C),

para cada um dos edifícios em estudo, durante o período de um ano. O conceito de correlação, visa explicar o grau de relacionamento verificado no comportamento de duas ou mais variáveis. Quando se trata unicamente de duas variáveis, tem-se a correlação simples, quando se relacionam mais de duas variáveis, tem-se a correlação múltipla. Neste caso será estudada apenas a correlação simples, ou seja, o relacionamento entre duas variáveis.

A correlação entre duas variáveis indica a maneira como elas se movem em conjunto. A quantificação desse relacionamento é obtida estatisticamente por meio do coeficiente de correlação ($r_{x,y}$), que pode variar de $+1$ a -1 . Quando o coeficiente de correlação for igual a -1 , diz-se que as variáveis em estudo estão inversamente correlacionadas, isto é, quando a variável Y diminui, a variável X tende a elevar-se, na mesma proporção. Quanto mais próximo de -1 se situar o coeficiente de correlação, mais negativa será a correlação entre as variáveis. Quando o coeficiente de correlação for igual a $+1$, conclui-se que as variáveis em estudo apresentam-se perfeitamente correlacionadas, na mesma proporção, ou seja, um crescimento de X leva também a um aumento correspondente de Y , e vice-versa. Quanto mais próximo de $+1$ estiver o coeficiente de correlação, mais perfeita será a correlação positiva entre as variáveis. Podem ser encontradas, ainda, variáveis que se comportam de maneira totalmente independentes entre si, ou seja, sem relação alguma entre os valores. Neste caso, o coeficiente de correlação é igual a zero.

Utiliza-se o coeficiente de correlação para determinar, por exemplo, a relação entre duas propriedades, a temperatura média de um local e a utilização dos aparelhos de ar condicionado [SAN07]. Neste caso não é a utilização de aparelhos de ar condicionado, mas sim do consumo elétrico mensal de vários edifícios de escritórios.

Em resumo, o valor de r , que sempre pertencerá ao intervalo $[-1;1]$, representa uma medida de intensidade do inter-relacionamento entre duas variáveis. Se $r = 1$, há uma perfeita correlação positiva entre as variáveis, isto é, se os valores de uma variável aumentam (ou diminuem), em correspondência os valores da outra variável também aumentam (ou diminuem) na mesma proporção. Se, por outro lado, $r = -1$, há uma perfeita correlação negativa entre as variáveis, ou seja, os valores de uma variável variam em proporção inversa aos valores de outra variável. Se, entretanto, $r = 0$, não há correlação entre as variáveis [ASS99].

A fórmula matemática para o cálculo do coeficiente de correlação é a seguinte:

$$r_{X,Y} = \frac{\sum (x - x_{med}) \times (y - y_{med})}{\sqrt{\sum (x - x_{med})^2 \times \sum (y - y_{med})^2}} \quad (7)$$

A seguinte figura fornece um guia de como podemos descrever uma correlação por palavras dado o seu valor numérico. As interpretações dependem de cada contexto em particular:

Coeficiente de correlação	Correlação
$r = 1$	Perfeita positiva
$0,8 \leq r < 1$	Forte positiva
$0,5 \leq r < 0,8$	Moderada positiva
$0,1 \leq r < 0,5$	Fraca positiva
$0 < r < 0,1$	Ínfima positiva
0	Nula
$-0,1 < r < 0$	Ínfima negativa
$-0,5 < r \leq -0,1$	Fraca negativa
$-0,8 < r \leq -0,5$	Moderada negativa
$-1 < r \leq -0,8$	Forte negativa
$r = -1$	Perfeita negativa

Figura 48 Interpretação dos valores do coeficiente de correlação [SAN07]

De seguida, são apresentados os dados do consumo total mensal e a temperatura exterior média mensal, durante um ano de dados para 5 edifícios em estudo, sendo apresentados os respectivos resultados do cálculo do coeficiente de correlação.

Edifício A			Edifício B			Edifício C		
Mês	Consumo total mensal (kWh)	Temperatura exterior média mensal (C°)	Mês	Consumo total mensal (kWh)	Temperatura exterior média mensal (C°)	Mês	Consumo total mensal (kWh)	Temperatura exterior média mensal (C°)
Janeiro_2011	61258,5	11	Janeiro_2011	17282,25	12	Janeiro_2011	232845,75	11
Fevereiro_2011	60411,25	10	Fevereiro_2011	15651	13	Fevereiro_2011	205967,5	12
Março_2011	66330,75	12	Março_2011	15761,25	14	Março_2011	213603,5	14
Abril_2011	67901,5	17	Abril_2011	13696	18	Abril_2011	203632,25	19
Mai_2011	67929,25	18	Mai_2011	15260	20	Mai_2011	239331,5	21
Junho_2011	72178,25	19	Junho_2011	16770	23	Junho_2011	218698,75	22
Julho_2011	76700,5	19	Julho_2011	17861,25	23	Julho_2011	210359,25	22
Agosto_2011	78662,25	20	Agosto_2011	18325,5	24	Agosto_2011	201185,75	23
Setembro_2011	80781,25	19	Setembro_2011	17171,75	22	Setembro_2011	201417	22
Outubro_2011	76008,5	19	Outubro_2011	17631,75	21	Outubro_2011	195087,75	20
Novembro_2011	64656,25	13	Novembro_2011	13863	15	Novembro_2011	178717	14
Dezembro_2011	70642	10	Dezembro_2011	13099,75	12	Dezembro_2011	190678,5	11
Correlação	0,79		Correlação	0,60		Correlação	0,12	

Edifício D			Edifício F		
Mês	Consumo total mensal (kWh)	Temperatura exterior média mensal (C°)	Mês	Consumo total mensal (kWh)	Temperatura exterior média mensal (C°)
Janeiro_2011	56458,5	11	Janeiro_2011	15695,5	11
Fevereiro_2011	45234,25	12	Fevereiro_2011	13373,5	11
Março_2011	46804,25	14	Março_2011	12243	12
Abril_2011	38357,75	19	Abril_2011	8201,25	17
Mai_2011	42960,5	21	Mai_2011	9033,25	18
Junho_2011	40389,75	22	Junho_2011	8639,25	18
Julho_2011	44408	22	Julho_2011	9468,25	18
Agosto_2011	45776,25	23	Agosto_2011	9836,75	19
Setembro_2011	45123	22	Setembro_2011	9399,25	18
Outubro_2011	43700	20	Outubro_2011	8786,25	17
Novembro_2011	48965,5	14	Novembro_2011	9897	13
Dezembro_2011	44727,5	11	Dezembro_2011	11589	10
Correlação	-0,57		Correlação	-0,80	

Figura 49 Correlação existente entre o consumo eléctrico total mensal e a temperatura exterior média mensal, para cada um dos edifícios durante um ano

Tabela 6 Quadro resumo dos resultados obtidos através do cálculo do coeficiente de correlação

Edifício	Correlação
A	0,79
B	0,60
C	0,12
D	-0,57
F	-0,80

Sendo que se aceita como uma boa relação, valores em módulo acima de 0,5, constata-se que os Edifícios A e F são os que apresentam uma melhor correlação entre o consumo eléctrico e a temperatura média exterior, sendo o Edifício C o que apresenta a menor correlação entre o consumo eléctrico e a temperatura.

Alguns resultados da correlação entre o consumo total mensal e a temperatura média mensal, são bastante distintos, revelando a diversidade das características de cada um dos edifícios estudados, principalmente no que diz respeito à localização, tipo de sistemas de climatização, equipamentos instalados e aspectos construtivos dos edifícios analisados.

4.2.3.2.2 Cálculo da variação do consumo eléctrico diário em relação à temperatura média diária exterior

Com o intuito de compreender melhor a variação do consumo eléctrico diário em relação à temperatura média diária exterior, calculou-se a variação do consumo eléctrico nos dias com temperaturas diárias médias exteriores iguais, excepto para os fins-de-semana e feriados. Foram seleccionados 3 temperaturas para ter uma amplitude de amostra significativa, tendo sido escolhidas as três temperaturas que se repetiam mais vezes ao longo de dois meses considerados de aquecimento (Janeiro, Fevereiro) e de dois meses considerados de arrefecimento (Junho, Julho) nos cinco edifícios analisados. Não foi considerado o mês de Agosto, por ser um mês onde normalmente existe um número significativo de trabalhadores que se encontram de férias, podendo contribuir para o enviesamento da análise relativamente à temperatura média exterior. O Edifício E, como teve uma taxa de ocupação crescente até Novembro de 2011 não foi incluído nesta análise, pelas razões já referidas anteriormente.

-As 3 temperaturas seleccionadas para os meses de aquecimento foram:

(elevada=12°C, média=10°C e baixa=9°C)

-As 3 temperaturas escolhidas para os meses de arrefecimento foram:

(elevada=24°C, média=20°C e baixa=17°C).

Para cada uma das três temperaturas escolhidas, na estação de aquecimento e na estação de arrefecimento, foi registado o número de ocorrências para cada temperatura, ou seja, quantas vezes essas temperaturas se repetiam ao longo dos dois meses escolhidos, excepto fins-de-semana e feriados. Foi ainda registado para cada edifício, o valor máximo, médio e mínimo do consumo diário dos dias com a mesma temperatura média exterior, e calculada a variação entre o consumo máximo e mínimo para cada temperatura escolhida.

De seguida são apresentados os resultados para cada edifício analisado:

EDIFÍCIO A						
Meses de Inverno			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas médias diárias exteriores (Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	12	7	2408,25	2350,05	2206,75	4%
Temperatura média DU=	10	6	2449,25	2369,98	2167,5	6%
Temperatura baixa DU=	9	2	2260,5	2280,93	2225,25	1%
Média						4%
Meses de Verão			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas médias diárias exteriores (Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	24	2	3106,5	3085,00	3063,5	1%
Temperatura média DU=	20	7	3026,5	2661,78	2321,25	13%
Temperatura baixa DU=	17	6	2905,75	2599,15	2095	16%
Média						10%

Figura 50 Variação do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício A

EDIFÍCIO B						
Meses de Inverno			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	12	10	843	703,83	635	14%
Temperatura média DU=	10	3	842,75	735,5	713	8%
Temperatura baixa DU=	9	4	752,25	739,31	711,5	3%
Média						8%
Meses de Verão			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	24	11	789	725,34	653,25	9%
Temperatura média DU=	20	2	718,5	700,38	682,25	3%
Temperatura baixa DU=	17	2	604,75	592,25	579,75	2%
Média						5%

Figura 51 Variação do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício B

EDIFÍCIO C						
Meses de Inverno			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	12	10	9070,75	8655,82	7844	7%
Temperatura média DU=	10	4	9306,25	9005,67	8935,25	2%
Temperatura baixa DU=	9	4	9874,5	9059,95	8627,25	7%
Média						5%
Meses de Verão			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	24	5	9415,25	8342,35	8219	7%
Temperatura média DU=	20	5	8466,25	8462,42	7577,5	6%
Temperatura baixa DU=	17	2	8475	8352,38	8229,75	1%
Média						5%

Figura 52 Variação do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício C

EDIFÍCIO D						
Meses de Inverno			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	12	10	3005	2158,67	1710	27%
Temperatura média DU=	10	4	2986	2583,10	2283	13%
Temperatura baixa DU=	9	4	2926,25	2521,66	2195	14%
Média						18%
Meses de Verão			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	24	5	1921	1703,19	1682	7%
Temperatura média DU=	20	5	1710	1762,09	1562	5%
Temperatura baixa DU=	17	2	1502	1501,00	1500	0%
Média						4%

Figura 53 Variação do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício D

EDIFÍCIO F						
Meses de Inverno			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	12	4	629,75	623,82	436,75	18%
Temperatura média DU=	10	4	653,75	626,30	465	17%
Temperatura baixa DU=	9	4	605,75	631,81	511,75	8%
Média						14%
Meses de Verão			TOTAL diário (kWh)			Variação (±)
	Temperaturas diárias exteriores médias(Cº)	Nº de ocorrências	Consumo máximo	Consumo médio	Consumo mínimo	
Temperatura elevada DU=	24	3	451,5	440,08	431,75	2%
Temperatura média DU=	20	9	442,5	356,43	324,5	15%
Temperatura baixa DU=	17	2	361,75	335,88	310	8%
Média						8%

Figura 54 Variação do consumo eléctrico em relação a 3 temperaturas médias exteriores no Edifício F

4.2.3.3 Ocupação diária

A energia decorrente dos ganhos solares não é, especialmente durante o Inverno, suficiente para a satisfação das exigências de conforto térmico. Além desta fonte indispensável, podemos ainda contar com os ganhos de energia decorrentes da ocupação interna, ou seja, com o calor produzido pelo corpo humano e por alguns dispositivos sem função directa de aquecimento. Estes ganhos de calor são, no entanto, em muitas situações, residuais no Inverno e excessivos durante o Verão.

Em linha com o descrito, é facilmente compreensível que os ganhos internos podem variar bastante de edifício para edifício e de hora para hora. Esta variação ocorre em função do número de pessoas que ocupam o edifício e das suas rotinas, uma vez que se reflecte, em grande medida, na energia consumida. Os ganhos decorrentes da ocupação interna são, por isso, difíceis de quantificar, recorrendo-se na maioria dos casos a estudos estatísticos existentes para a obtenção de valores de cálculo.

Uma vez que não foi possível obter a taxa de ocupação diária de cada edifício, optou-se por representar os consumos anuais totais de cada edifício analisado e o respectivo número de ocupantes médio diário, tal como ilustra a Figura 55.

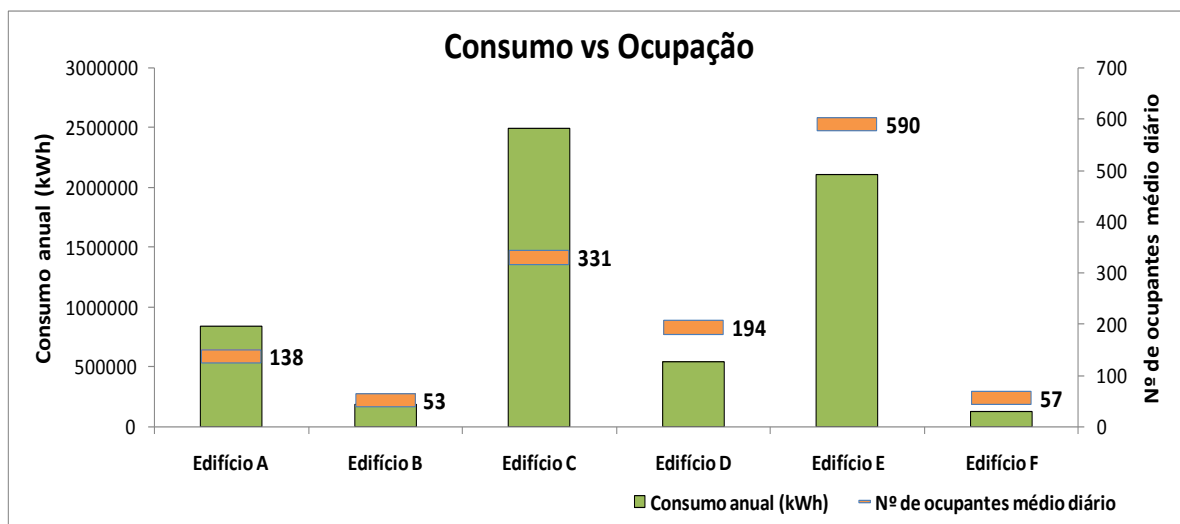


Figura 55 Representação do consumo anual em cada edifício em estudo e o respectivo número de ocupantes

Pode destacar-se o facto de que o edifício que manifesta um maior consumo anual, não corresponde necessariamente ao edifício com um maior número de ocupantes. Quanto ao edifício com menor número de ocupantes total, ou seja, o Edifício B, também não corresponde forçosamente à instalação com menor consumo eléctrico anual, o Edifício F.

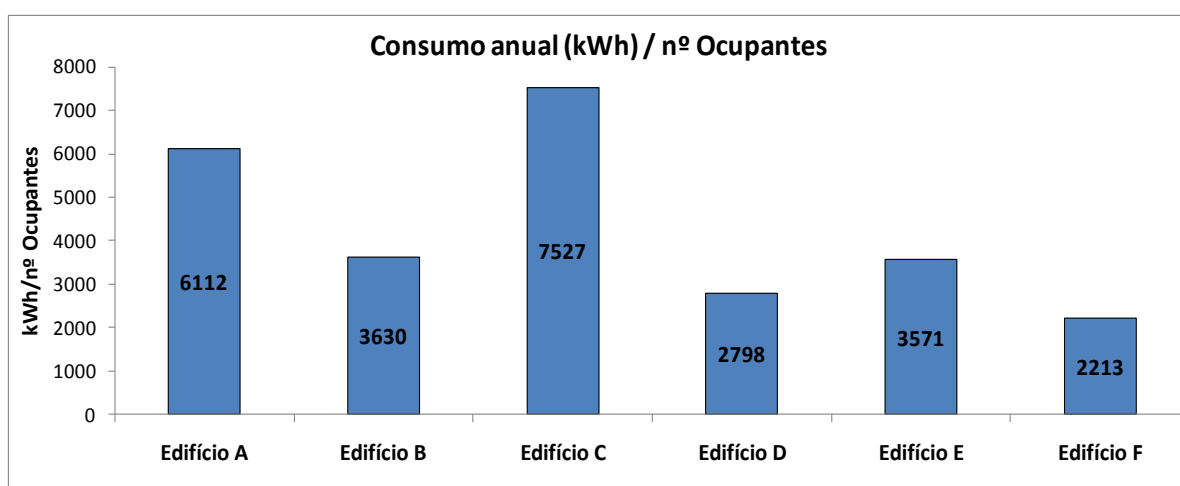


Figura 56 Representação gráfica do resultado de cálculo do indicador caracterizado pela razão entre o consumo total anual (kWh) e o número de ocupantes totais em casa edifício em análise

Relativamente à Figura 56, onde é representada a razão entre o consumo total anual (kWh) e o número de ocupantes total em cada edifício, é possível perceber que quanto a este indicador de consumo, a instalação C é a que apresenta um maior valor, e o edifício F o menor. É de realçar o facto do Edifício E ser o segundo edifício com maior consumo total anual (Figura 55) e que quanto ao indicador calculado (Figura 56) situa-se no quarto lugar, sendo que, em segundo ficou o Edifício A, que na Figura 55 se encontrava em terceiro lugar.

Através dos factos evidenciados anteriormente é possível concluir que o nº de ocupantes, neste tipo de edifícios, não é o único factor determinante no consumo energético, existindo outros factores que influenciam o consumo eléctrico global.

5. Estudo do Potencial de Melhorias de Desempenho Energético num Edifício de Escritórios - Caso de Estudo

5.1. Introdução

Numa vertente mais prática, pretende-se com este capítulo estudar o potencial de melhoria ao nível do consumo de energia eléctrica no edifício de escritórios denominado com a letra A, situado na zona interior centro do país. Mais uma vez, por motivos de confidencialidade de dados, não será possível identificar o edifício em questão.

Inicialmente, para caracterizar o estado inicial do edifício, foi analisada a informação existente sobre o mesmo, nomeadamente os consumos energéticos recolhidos através de telecontagem, plantas de arquitectura, telas finais dos sistemas de climatização e iluminação instalados, fichas técnicas dos equipamentos e informação sobre a parametrização dos horários de funcionamento de todos os sistemas, etc... Depois desta fase de análise, foi preparada uma visita de carácter técnico a todo o edifício de modo a conhecer as instalações e perceber o funcionamento real dos sistemas instalados, através de entrevista ao responsável da manutenção e pela inspecção visual dos controladores existentes.

5.2. Caracterização do cenário inicial -Visita ao edifício

O edifício em estudo é constituído por dois corpos, A e B, cada um composto por sete pisos: cinco pisos acima do solo (pisos 0 a 4) e dois pisos abaixo do solo (pisos -1 e -2).

Os espaços existentes são:

- Garagem, Armazéns e Zonas Técnicas – Pisos -1 e -2
- Auditórios, Gabinetes e Recepção – Pisos 0 e 1
- Salas de Reuniões e *OpenSpace* – Pisos 2 e 3
- Copa e Gabinetes – Piso 4

Os horários de funcionamento estipulados para os diversos espaços são:

Recepção: Segunda-feira a Sexta-feira, das 07:00 às 22:00.

Escritórios: Segunda-feira a Sexta-feira, das 08:30 às 12:30 e das 14:00 às 17:30.

A área total do edifício corresponde a 9465,4 m², divididos pelas seguintes tipologias:

- Escritórios (4758,4 m²)
- Armazéns (235 m²)
- Estacionamento (4472 m²).

O edifício não se encontra isolado, sendo confinante com outras edificações em alguns pisos. Possui fachadas com orientação Norte, Sul, Este, Oeste, Noroeste e Sudeste. A fachada principal do edifício está orientada a Sul.

5.2.1. Utilização de energia

O edifício utiliza apenas electricidade como forma de energia. O fornecimento de energia eléctrica é efectuado a partir da alimentação em Baixa Tensão Especial (BTE). A facturação de energia eléctrica é feita pela EDP, enquadrando-se na opção tri-horária até Abril de 2007, altura em que foi alterada para a opção tetra-horária.

Repartição dos consumos de energia

Numa auditoria energética realizada ao edifício no ano de 2009, no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE) foram identificados os principais sectores consumidores de energia neste edifício:

- Iluminação – interior e exterior;
- AVAC – para climatizar o ambiente e zonas dedicadas como sala de servidores;
- Equipamentos – computadores, impressoras, servidores, sistemas de transporte vertical, etc.

Na figura seguinte apresenta-se a desagregação dos consumos pelas três utilizações anteriormente apresentadas:

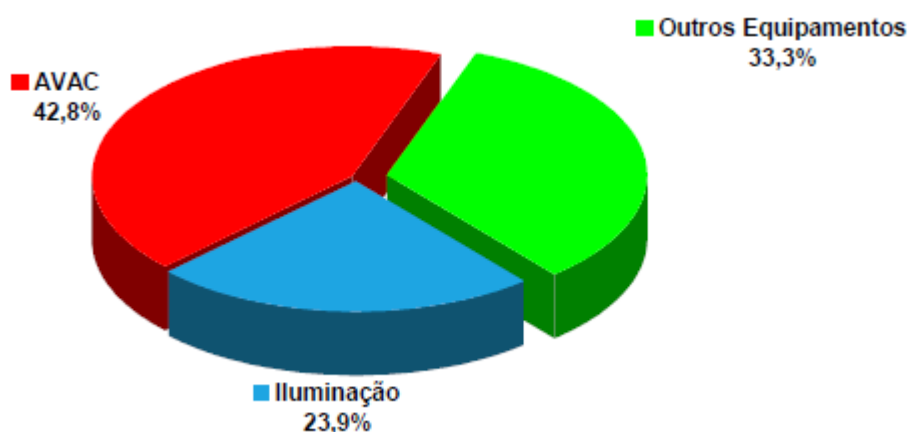


Figura 57 Repartição do consumo de energia pelos principais consumidores do edifício

-O consumo de iluminação foi determinado a partir dos levantamentos de iluminação efectuados e tendo em conta o regime de funcionamento real.

-O consumo eléctrico dos equipamentos foi determinado a partir dos levantamentos efectuados e do regime de funcionamento.

-O consumo do AVAC foi determinado por simulação dinâmica tendo como referência a diferença entre o consumo global do edifício e o somatório do consumo de iluminação e dos equipamentos.

5.2.1.1 Climatização

O sistema de climatização existente no edifício possibilita arrefecimento e aquecimento, garantindo assim as condições de conforto, tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento. O sistema está parametrizado para responder às seguintes temperaturas no interior:

- Estação de aquecimento: 22°C
- Estação de arrefecimento: 24°C

Este sistema é prioritariamente centralizado, existindo pontualmente unidades de climatização individuais em locais específicos, como a sala de servidores. A geração de energia térmica é garantida por um *chiller* e por uma bomba de calor. A distribuição de água arrefecida/aquecida é feita por um sistema a 4 tubos. A difusão nos espaços desta energia está a cargo de ventiloconvectores, unidades de tratamento de ar (UTA) e unidades de tratamento de ar novo (UTAN). As UTAs, o *chiller* e a bomba de calor estão localizados na cobertura do corpo B.



Figura 58 Chiller (esquerda) e Bomba de calor (direita)

A introdução de ar novo nos pisos é assegurada pelas diferentes UTAN's, distribuídas pelo edifício. Todos os pisos são climatizados, sendo que existem ainda algumas salas não climatizadas pelo sistema centralizado mas através de unidades de expansão directa do tipo *split*.



Figura 59 Exemplo dos *splits* existentes



Figura 60 UTAN A (esquerda) e UTAN B (direita)

A UTAN A (Corpo A) e UTAN B (Corpo B), são iguais e possuem recuperador de calor do tipo roda térmica. Ambos os ventiladores destas UTAN (insuflação e extracção) têm motor de transmissão por correias.



Figura 61 UTAN Auditório (esquerda) e UTAN A2 (direita)

Quanto ao circuito de distribuição, este é composto pelo circuito primário e pelo circuito secundário. O circuito primário é alimentado por duas bombas de circulação no circuito primário de água arrefecida, comum ao *chiller* e à bomba de calor. Existem ainda duas bombas no circuito de água aquecida da bomba de calor.

Quanto ao circuito secundário, existem duas bombas para o circuito de frio e mais duas para o circuito de quente. Todas as bombas do circuito secundário são controladas electronicamente por um variador de frequência, permitindo uma variação do caudal com eficiência energética. No anexo A estão indicadas as características dos vários equipamentos de climatização existentes.

Para o controlo de alguns parâmetros dos equipamentos de produção de energia térmica, dos equipamentos da rede aerólica e da rede hidráulica, existe um Sistema de Gestão Técnica (SGT). No SGT é feito o seguinte controlo:

- Estado de funcionamento do *chiller*, da bomba de calor, das bombas do circuito primário e das bombas de circuito secundário;
- Estado de abertura das válvulas de modelação associadas;
- Valores de temperatura da água nos vários circuitos de água, nomeadamente: entrada e saída de cada *chiller* e nos colectores de água fria e água quente;
- *Set point* de temperatura da água de retorno às Bombas de Calor no Inverno e verão;
- Horário de funcionamento do *chiller*, da bomba de calor, das bombas e dos ventiladores;
- Visualização dos valores de temperatura do ar de insuflação, extracção e ar novo;
- Visualização das temperaturas interiores nos vários espaços;
- Estado de funcionamento dos ventiladores e das rodas térmicas das unidades de tratamento de ar.

No SGT é possível ainda visualizar mensagem de erros, com indicação das anomalias ocorridas.

5.2.1.2 Sistema de iluminação

O tipo de iluminação existente é constituído maioritariamente por lâmpadas fluorescentes tubulares e lâmpadas fluorescentes compactas com balastros electrónicos. Toda a iluminação é comandada pelo sistema de gestão técnica, sendo que os horários de funcionamento da iluminação possuem um período um pouco mais alargado quando comparado ao regime de funcionamento dos escritórios, que tem início por volta das 08h00 até às 17h00/18h00, sendo que o sistema de gestão tem estipulado um regime que tem início das 7h00 até cerca das 22h00 de 2.^a a 6.^a feira.

Ressalva-se entretanto a existência de sensores de presença o que leva a que a iluminação se aproxime mais do regime do funcionamento de escritório do que o do SGT. A iluminação durante as 20h e as 22h está habilitada para ser ligada localmente em cada gabinete, sendo que é desabilitada às 22h como já referido. Cada sala possui um sensor de luminosidade, regulado para 7000 lux, onde acima deste valor a iluminação desliga.

5.2.1.3 Equipamentos

Neste subcapítulo incluem-se todos os equipamentos existentes para além dos equipamentos de climatização. Os equipamentos podem ser agrupados em três grupos:

- Sistemas informáticos e de telecomunicações: computadores, monitores, impressoras, servidores, equipamentos activos dos bastidores, entre outros;
- Movimentação de pessoas: elevadores;
- Restantes equipamentos: ventiladores de extracção dos sanitários, zonas técnicas e estacionamento, máquinas de distribuição de comida/bebida (máquinas de *vending*), electrodomésticos das copas (máquinas de café, frigoríficos, microondas), bombagem de incêndio, entre outros.

➤ Sistemas informáticos e audiovisuais

Existe um pólo informático com servidores e bastidores no piso 0, alimentados através de uma unidade ininterrupta de energia, UPS. Para além deste sistema centralizado existem os equipamentos de informática e audiovisuais individuais, nomeadamente, computadores, monitores, impressoras, faxes, etc.

➤ Elevadores

Existem 6 elevadores que, para além das escadas, garantem a comunicação entre os pisos. São todos de tracção eléctrica, possuindo variador electrónico de velocidade e motores de elevada eficiência.

Elevadores			
Local	Corpo A (Norte)	Corpo A (Sul)	Corpo B
Pisos	P-2 a P4	P-2 a P4	P-2 a P4
Marca	Thyssen	Thyssen	Thyssen
Modelo	ZU160FE-4/160	AZ 160 E-71	AZ 160 E-71
Quantidade (un)	2	2	2
Potência (kW)	6,7	5,2	5,2
Frequência (Hz)	50	50	50

Figura 62 Características dos elevadores

➤ **Unidade ininterrupta de energia**

Os sistemas informáticos existentes no edifício, em virtude das suas especificidades e aplicações críticas, necessitam de uma alimentação de energia eléctrica com qualidade e fiabilidade, sem eventuais falhas de energia, variações de tensão, sobrecargas, picos de tensão, variações de frequência e transitórios.

As condições mencionadas são asseguradas com recurso a uma unidade ininterrupta de energia, UPS.

UPS	
Pisos	-1
Marca	Socomec Sicon
Modelo	n.d.
Quantidade (un)	1
Potência (kVA)	50
Frequência (Hz)	50

Figura 63 Características do grupo de emergência



Figura 64 Unidade ininterrupta de energia

5.3. Identificação e quantificação de possíveis medidas de melhoria

Depois da visita técnica ao edifício, e de analisada toda a informação obtida, foram estudadas algumas medidas de melhoria passíveis de aplicar e estimadas as poupanças afectas a cada uma.

Para o cálculo das poupanças associadas a cada medida, considerou-se uma tarifa de electricidade de aproximadamente 0,12 €/kWh, sendo este o preço aproximado do kWh em período de cheia, na tarifa regulada da ERSE de 2013. Para os cálculos do CO₂ evitado, utilizou-se o valor de 470 g CO₂/kWh consumido, segundo a Portaria n.º 63/2008 de 21 de Janeiro.

5.3.1. Medida 1: Hibernação nocturna dos computadores

Nos edifícios desta tipologia é usual existirem diversas estações de trabalho que nem sempre são desligadas no final do dia, ficando a consumir energia desnecessária durante o período nocturno. Para evitar este facto, sugere-se que exista uma rotina de hibernação remota executada através da rede local (LAN).

A hibernação pode ser programada, por exemplo, para as 21h, horário em que não é expectável existir ocupação, contudo antes de ser efectuada a rotina aparecerá uma mensagem de confirmação no ecrã do utilizador, que permite que o mesmo iniba essa rotina caso assim o deseje. Além disso, o último estado do ambiente de trabalho e os ficheiros não guardados ficarão sempre salvaguardados com esta rotina de hibernação.

➤ Calculando agora as poupanças associadas a esta medida:

Pressupostos

- Potência estimada de um computador de secretária: 69 W, segundo [ASH11];
- Período de funcionamento nocturno em que seria activada a hibernação (21h às 8h) = 11 horas;
- Investimento inicial: não aplicável.

- ❖ **Consumo evitado (por computador)** = (Potência estimada de um computador × Período de funcionamento nocturno × nº de dias úteis por semana × nº de semanas por ano) ÷ 1000
- ❖ **Consumo evitado (por computador)** = (69 W × 11 h × 5 dias × 52 semanas) ÷ 1000 = **197,3 kWh/ano**
- **Custo evitado (por computador)** = 197,3 kWh/ano × 0,12 €/kWh = **24 €/ano**
- ✓ **CO₂ evitado (por computador)** = (470g CO₂/kWh × 197,3 kWh/ano) ÷ 1000 = **93 kg/ano**

5.3.2. Medida 2: Instalação de LED's de sinalização nas zonas de circulação

Constatou-se que a iluminação das circulações permanece ligada durante a noite, por questões de segurança. Contudo, os níveis de iluminação poderiam ser reduzidos, pois neste período só se pretende que seja garantida a sinalização destas zonas.

Foi estudada a implementação de luminárias LED adicionais para sinalização das circulações e ainda sensores de movimento, que estariam habilitados somente no período nocturno, para controlar a iluminação existente. Assim, no período nocturno estariam as luminárias LED acesas a garantir a sinalização das circulações, acendendo a iluminação existente somente em caso de movimento.



Figura 65 Corredores de circulação comum do edifício

➤ **As poupanças associadas a esta medida seriam:**

Pressupostos

-Potência actual instalada em circulações: 13,93 kW;

-Potência a instalar em LED`s: 4,6 kW;

-Período de tempo em que a iluminação actual ficaria desligada, ficando a sinalização a cargo dos LED`s: (22h às 8h) =10 horas;

-Investimento inicial: cerca de 15480 €, segundo [LIG12].

❖ **Consumo evitado** = ((Potência actual instalada em circulações – Potência a instalar em LED`s) × Período de tempo em que a iluminação actual ficaria desliga, ficando a sinalização a cargo dos LED`s × n° de dias por semana × n° de semanas por ano) ÷ 1000

❖ **Consumo evitado** = ((13,93 kW - 4,6 kW) x 10 h x 5 dias x 52 semanas) ÷ 1000 = **24145,33 kWh/ano**

• **Custo evitado** = 24145,33 kWh/ano × 0,12 €/kWh = **2897 €/ano**

▪ **Período de retorno do investimento** = 15480 € ÷ 2897 €/ano = **5,3 anos**

✓ **CO₂ evitado** = (470g CO₂/kWh × 24145,3 kWh/ano) ÷ 1000000 = **11,3 ton/ano**

5.3.3. Medida 3: Ajuste do horário de funcionamento dos equipamentos de geração de energia térmica

O edifício possui um sistema centralizado para climatização, estando a geração de energia térmica a cargo de um *chiller*/bomba de calor. Este equipamento está habilitado das 6h às 20h. Será interessante verificar se a inércia térmica do edifício consegue garantir as condições de conforto interior se o *chiller*/bomba de calor for desligado 1 hora antes do horário actual.

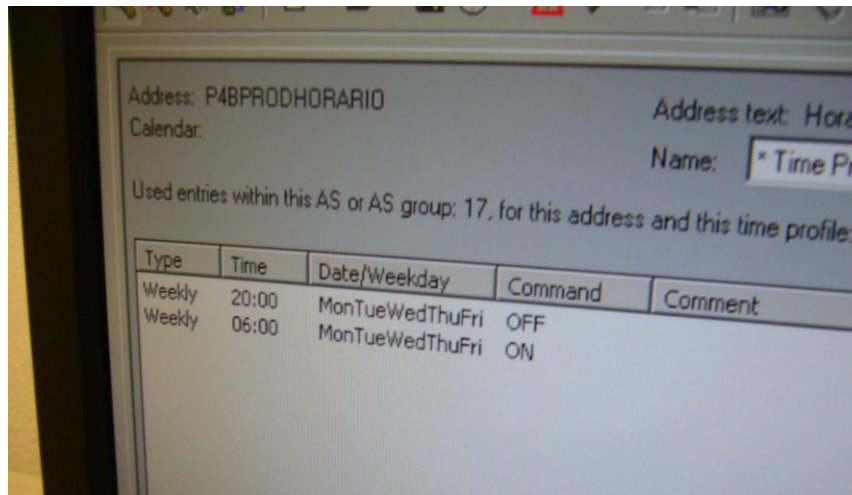


Figura 66 Imagem da GTC do edifício, com a programação do sistema de produção de energia térmica (*Chiller/Bomba de Calor*)

➤ **Com esta medida conseguir-se-ia poupar:**

Pressupostos

- Potência no modo de arrefecimento: 72 kW;
- Potência no modo de aquecimento: 46 kW;
- Duty-cycle*: 60%, segundo [VIN12];
- Período de tempo em que o *chiller*/bomba de calor desligaria mais cedo: 1 hora;
- Considerou-se que os equipamentos actuam em modo de arrefecimento durante meio ano e actuam em modo de aquecimento durante a outra metade do ano, ou seja 6 meses;
- Investimento inicial = não aplicável.

- ❖ **Consumo evitado** = (Potência no modo de arrefecimento × *Duty-cycle* × Período de tempo em que o *chiller*/bomba de calor desligaria mais cedo × nº de dias úteis por semana × (nº de semanas por ano ÷ 2) + (Potência no modo de aquecimento × *Duty-cycle* × Período de tempo em que o *chiller*/bomba de calor desligaria mais cedo × nº de dias úteis por semana × (nº de semanas por ano ÷ 2))
- ❖ **Consumo evitado** = (72 kW × 60% × 1 h × 5 dias × 26 semanas) + (46 kW × 60% × 1 h × 5 dias × 26 semanas) = **9204 kWh/ano**
- **Custo evitado** = 9204 kWh/ano × 0,12 €/kWh = **1104 €/ano**

✓ $\text{CO}_2 \text{ evitado} = (470\text{g CO}_2/\text{kWh} \times 9204 \text{ kWh/ano}) \div 1000000 = 4,32 \text{ ton/ano}$

5.3.4. Medida 4: Implementação de um sistema mais eficiente para a climatização da sala do data-center/bastidores

Verificou-se que a zona dedicada ao *data-center* deste edifício, tinha uma grande área livre sem equipamentos, o que é prejudicial para o sistema de climatização, que tem uma maior área para difusão.



Figura 67 Sala do *data-center*/ bastidores

A difusão do ar climatizado neste espaço é promovida por ventiloconvectores, onde existe uma mistura de fluxos de ar frio e quente, tornando menos eficiente o arrefecimento dos equipamentos. Deveria portanto, estudar-se por exemplo, uma solução de climatização para este espaço do tipo *in-row* da APC, onde existe uma difusão local directamente nas zonas críticas, como se pode visualizar através da Figura 67 [APC12].

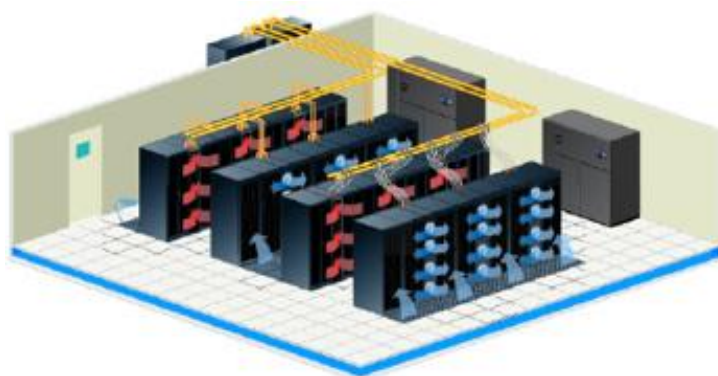


Figura 68 Solução de climatização para salas de bastidores do tipo *in-row* da APC [APC12]

Nesta medida, não foi possível calcular as poupanças associadas, uma vez que não era conhecido o consumo da climatização apenas desta zona, sendo necessário recorrer ou a medições eléctricas ou a simulação dinâmica, mas também porque o fabricante necessitaria de uma visita à instalação para estimar com mais certeza o consumo do cenário alternativo, de entre as múltiplas opções que tem disponíveis.

O investimento desta solução, também é bastante variável tendo em conta os equipamentos informáticos instalados, pelo que se optou por não apresentar valores concretos, indicando apenas a solução como medida de eficiência energética.

6. Conclusão

Antes de mais importa recordar a finalidade primordial desta dissertação que acabou por determinar a metodologia de desenvolvimento adoptada, ou seja, a de constituir algum auxílio na caracterização de consumos e detecção de medidas de melhoria em edifícios de escritórios, de modo a promover a eficiência energética neste tipo de instalações e facilitar assim o trabalho de vários profissionais do sector. Pretendeu-se igualmente demonstrar a importância da eficiência energética na gestão do uso da energia eléctrica em edifícios, e efectuar um paralelo entre a energia economizada por meio da implementação de algumas medidas/acções de uso racional e eficiente, com a redução da queima de combustíveis fósseis na geração de energia eléctrica e, a sua consequente redução nas emissões de CO₂, melhorando por sua vez a qualidade de vida no nosso planeta. A interacção entre os conceitos essenciais nesta dissertação: caracterização, eficiência energética, edifícios de escritórios, medidas de melhoria, apresentou-se como uma tarefa desafiadora, ambiciosa e dinâmica.

A primeira lição a retirar após a realização desta dissertação, é o facto da eficiência energética em edifícios ser muito mais do que um conjunto de boas intenções, defendida por ambientalistas e algumas figuras na área do ambiente e energia. Essas boas intenções podem e devem, de facto, passar à prática através de diversas medidas e soluções abordadas ao longo do estudo, que são essenciais para se ter um futuro sustentável, no

combate às alterações climáticas, redução da dependência e défice externo e vulnerabilidade aos preços dos recursos fósseis. Uma das soluções abordadas, e talvez uma das mais importantes, é o acesso à informação dos consumos eléctricos por telecontagem, que permite por si só, detectar e adoptar medidas de racionalização de energia sem quaisquer custos económicos, levando idealmente ao envolvimento e consciencialização de todos os consumidores intervenientes.

Da necessidade de responder à questão central deste trabalho: “Onde existe potencial de melhoria em edifícios de escritórios?”, foram inicialmente caracterizados e analisados os perfis de carga de 6 instalações desta tipologia. Para a construção destes perfis, recorreu-se apenas aos dados existentes no servidor de telecontagem da EDP Distribuição, que veio contribuir em muito para a eficácia, robustez e rapidez na obtenção dos dados, permitindo analisar um conjunto significativo de edifícios num horizonte temporal bastante significativo. Com esta mais-valia, evitou-se assim a instalação de dispositivos de aquisição de dados de consumo nas instalações em estudo, minimizando os custos deste trabalho. Depois de obter a “matéria-prima” para construção dos diversos diagramas de carga e da sua posterior análise, onde foi possível detectar visualmente algumas possíveis medidas de melhoria a custo zero, foram ainda efectuadas algumas correlações entre o consumo eléctrico e variáveis exógenas (temperatura média exterior, ocupação). Quanto ao caso prático deste trabalho, o mesmo foi efectuado num edifício da zona Interior Centro do país, onde para além da análise aos diagramas de carga, foi realizada uma visita técnica ao local, de modo a caracterizar os sistemas instalados e tentar perceber as rotinas e comportamentos existentes, com foco sempre no potencial de melhoria da eficiência energética. Existiram algumas dificuldades nesta etapa, uma vez que o edifício visitado era relativamente recente (2003), apresentando sistemas já bastante eficientes e possuindo uma classificação energética B. Estes factos, dificultaram de certa forma, a existência de um maior potencial para medidas de melhoria a nível técnico. Após a visita ao edifício e análise dos dados recolhidos por telecontagem, foi realizado o tratamento dos dados, de modo a examinar a aplicabilidade do estado da arte desta área na instalação, através do estudo de algumas medidas práticas.

Depois de apresentada a metodologia do trabalho e passando às conclusões propriamente ditas, poderá referir-se que todas as instalações analisadas seguem de algum modo o perfil típico da tipologia escritórios, reforçando que a análise do padrão nominal é uma boa

figura para identificar possíveis desperdícios ou más práticas de controlo dos sistemas instalados, ajudando na decisão de implementação de medidas de cariz maioritariamente comportamental. Através da análise visual aos vários perfis, averiguou-se uma redução do consumo em alguns edifícios durante o período de almoço, revelando a sensibilidade de alguns ocupantes.

Quanto ao cálculo das correlações entre o consumo eléctrico e algumas variáveis exógenas (temperatura média exterior, ocupação), foi possível constatar que estas têm, de certa forma, alguma repercussão no comportamento dos consumos eléctricos dos edifícios estudados. Os Edifícios A e F foram os edifícios que apresentaram um melhor coeficiente de correlação entre o consumo eléctrico e a temperatura média exterior (0,79 e -0,80 respectivamente), e o Edifício C o que revelou um valor com menor correlação. Quanto à influência da ocupação, uma vez que apenas se teve acesso ao valor total dos ocupantes de cada edifício, foi mais difícil estudar a sua correlação com os consumos eléctricos, tendo sido apenas calculada a razão entre o consumo eléctrico total anual (kWh) pelo número de ocupantes total em cada edifício. Através dessa razão foi possível perceber que a instalação C foi a que apresentou a maior taxa de consumo por ocupante, sendo o Edifício F aquele que ostentou a menor taxa de consumo por ocupante. Com estes cálculos foi possível demonstrar que o nº de ocupantes, nos edifícios de escritórios, não é o único factor determinante no consumo energético dos mesmos, existindo outros factores que influenciam o consumo eléctrico global, nomeadamente a temperatura exterior, a área útil do mesmo, entre outro.

O caso prático deste trabalho, serviu para constatar que um dos edifícios estudados têm, na pratica, algum potencial de redução dos seus consumos eléctricos com a implementação de medidas de melhoria energética, quer seja ao nível da modernização dos sistemas e/ou de boas práticas na operação e manutenção dos equipamentos. Apesar de algumas dificuldades encontradas, foi possível detectar quatro medidas de melhoria no edifício visitado, sendo duas das medidas apenas comportamentais (medida 1 e 3), ou seja, não acarretando quaisquer custos iniciais, e duas medidas técnicas (medida 2 e 4), que já obrigariam a algum investimento inicial, nomeadamente:

Medida 1: Hibernação nocturna dos computadores;

Medida 2: Instalação de LEDs de sinalização nas zonas de circulação;

Medida 3: Ajuste do horário de funcionamento dos equipamentos de geração de energia térmica;

Medida 4: Implementação de um sistema mais eficiente para a climatização da sala do *data-center*/bastidores.

O resumo de cada uma destas medidas encontra-se na tabela seguinte, quanto à Medida 4, não foi possível calcular as poupanças associadas, devido à falta de informação existente.

Tabela 7 Resumo dos resultados obtidos com a implementação das medidas propostas

Medidas	Consumo evitado	Custo evitado	Período de retorno	CO₂ evitado
Medida 1	197,3 kWh/ano	24 €/ano	-----	93 kg/ano
Medida 2	24145,3 kWh/ano	2897 €/ano	5,3 anos	11,3 ton/ano
Medida 3	9204 kWh/ano	1104 €/ano	-----	4,32 ton/ano
Medida 4	-----	-----	-----	-----

Perspectivas futuras:

Numa perspectiva futura, seria importante criar mais incentivos à implementação de telecontagem em todos os edifícios, de modo a informar os consumidores e deste modo poder sensibilizá-los para a redução do desperdício de energia eléctrica.

A tecnologia deverá evoluir de forma a dotar os edifícios de mecanismos que detectem as necessidades de utilização de cada edifício, e de estes se adaptarem ao estado de energia mínima para satisfazer as suas necessidades, apostando cada vez mais na customização. É nesse sentido que os equipamentos de controlo e comando de dispositivos eléctricos devem também evoluir.

Quanto à caracterização dos consumos energéticos em edifícios de escritórios, seria interessante recorrer a uma análise mais aprofundada da relação dos consumos energéticos com as variáveis exógenas, com recurso ,por exemplo, a mecanismos de inteligência artificial, baseados em redes neuronais com aprendizagem, tentando desagregar o consumo eléctrico total por sistema: iluminação, AVAC, etc. Assim, poderemos ter uma noção de onde está a ocorrer o desperdício, sem encarecer as medições com a instalação de

medidores em cada um destes sistemas. Esta desagregação do consumo, através do estudo das curvas de carga típica dos usos finais mais utilizados, contribuirá para a utilização e actualização dos indicadores de consumo de energia eléctrica, e permitirá acompanhar a evolução dos comportamentos dos utilizadores dos edifícios de escritórios e o modo de operação e eficiência dos sistemas existentes.

Relativamente à legislação existente acerca da eficiência energética em edifícios, será necessária a revisão de alguns parâmetros, particularmente no sistema de certificação energética em edifícios actual, que peca pela grande importância dada aos sistemas de climatização em detrimento dos restantes sistemas (nomeadamente iluminação e sistemas informáticos). Para além disto, deveria “premiar” os mecanismos de controlo inteligentes e a parametrização e monitorização correcta desses mesmos sistemas.

Referências Documentais

- [ABR10] ABREU, João “*Gestão Municipal e Empresarial de Energia em Edifícios Públicos e de Serviços*”, 2010
- [ADENE] Agência para a Energia, disponível em <http://www.adene.pt>, consultado em Abril 2012
- [ADE10] ADENE, ”*Guia de Eficiência Energética*”, 2010, disponível em http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/F14F853A-0C59-47AA-9F02-E0C85E4862DA/1473/low_GuiaAdene.pdf ; consultado em Abril de 2012
- [ADE11] ADENE, “*Modelo Certificado Energético para edifícios de serviços abrangido pelo RSECE*”, disponível em <http://www.adene.pt>; consultado em Maio 2012
- [ADE12] ADENE, “*EPBD (recast) e as implicações para Portugal - Net Zero Energy Buildings Conference*”, Lisboa, 26 de Julho de 2012
- [AEA10] Agência Europeia do Ambiente, “*Introdução à energia*”, disponível em <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy>; consultado em Abril de 2012
- [ALM07] ALMEIDA, L. M. Aníbal Traça, “*Manual Técnico de Gestão de Energia*”, 2007.
- [AMA09] AMADO, M., et al.- *Relatório de Candidatura à Concessão de Terrenos em Cacucaco - Angola*. Luanda, Cunhas e Irmão, S.A.R.L., 2009
- [ANE99] ANEEL/ANP – “*Eficiência Energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios*”, Brasília, p. 246, 1999
- [APC12] disponível em <http://workspace-technology.com/apc-elite-partner/apc-in-row-infrastructure-precision-cooling-systems/>
- [ASH06] *Energy Benchmarking*, 2006, disponível em http://www.cdhenergy.com/presentations/ASHRAE_Carlson_200_01_22.pdf; consultado em Maio 2012
- [ASH11] ASHRAE Journal, Christopher K. Wilkins and Mohammad H. Hosni, “*Plug Load Design Factors*”, Maio 2011
- [ASS99] ASSAF NETO, A., Mercado Financeiro, São Paulo, Editora Atlas, 1999
- [BEN09] Benke, “*The European green building programme benchmarking*”, 2009
- [BRE08] BRE Global Ltd, “*BREEAM multi-residential 2008*”, Watford, 2008

- [CAR09] CARVALHO, Domingos, “Estudo da evolução da telecontagem em MT e BT com análise do seu potencial presente e futuro”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Julho 2009
- [CAS11] CASTANHEIRA, Luís, “Gestão de Energia- M&T”, ISEP, Novembro 2011
- [CE06] Comunicado da Comissão “*Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial*”, 19/10/2006
- [CE10] Comissão Europeia, “*Energy Efficiency in Building, 2010*”, disponível em http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm; consultado em Junho 2012
- [CE11] Comissão Europeia, Proposta de Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa à eficiência energética, Bruxelas, 2011
- [CE12] Comissão Europeia, Portal da comissão sobre energia e eficiência energética, disponível em http://ec.europa.eu/energy/index_en.htm consultado em Junho 2012
- [CIE09] Revista Ciência Hoje, artigo “*O fim das lâmpadas incandescentes*”, publicado em 31/08/2009; consultado em Junho 2012
- [CMFG] CMFG- Energia e Ambiente, Lda, disponível em <http://www.cmfg.pt>
- [CRA94] Craig DiLouie, “*The lighting Management Handbook*”, 2ª edição, Fairmont Press, 1994
- [DAL09] Dali Control Online, Maio de 2009, disponível em <http://www.dalicontrol.com>, consultado em Junho 2012
- [DEE09] FEUP - Departamento de Engenharia Electrotécnica e Computadores, “*Gestão da Energia Eléctrica - Diagramas de carga*,” ed, 2009
- [DGEG] Direcção Geral de Energia e Geologia, disponível em <http://www.dgeg.pt>; consultado em Julho 2012
- [DGE05] Direcção Geral de Energia e Geologia, “*Balanço Energético de 2005*”, 2006
- [DGO08] Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU), “*Política de Cidades – Cidades Inteligentes, Governação Territorial e Tecnologias de Informação e Comunicação*”, Lisboa, 2008.
- [DGTA] Domótica Gestão Técnica e Automação, Lda,” *Projecto de instalações com utilização de autómatos: Sistemas de Gestão Técnica “Case Study”*”
- [DR08] Despacho 17449/2008, Diário da Republica, 27 de Junho de 2008

- [DRT89] Directiva 89/364/CEE, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1989/06/09
- [DRT81] Directiva 91/565/CEE, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1991/10/29
- [DRT93] Directiva 93/76/CEE, Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1993/09/22
- [DRT02] Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002
- [DRT06] Directiva 2006/32/CE, Jornal Oficial da União Europeia, 2006/04/27
- [ECO11] Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, disponível em <http://ecoap.adene.pt/> ;consultado em Julho 2012
- [EDPD] Empresa Energias de Portugal Distribuição
- [ENE08] Enerbuilding.eu, “A utilização racional de energia em edifícios públicos”, 2008, disponível em http://www.adene.pt/pt-pt/Actividades/Documents/URE_EdP%C3%BAblic_enerbuilding.pdf ; consultado em Agosto 2012
- [ERSE] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, disponível em <http://www.erse.pt/pt/Paginas/home.aspx>
- [ESYLUX] Esylux disponível em, <http://www.esylux.com/pt/pt/k/rc-280i/p/EM10015915>
- [FER95] FERREIRA, J.J., Indicadores de Eficiência Energética (Portugal): Projecto SAVE/EnR “*Cross Coutry Comparison on Energy Efficiency Indicators*”, Junho 1995, p.64
- [GLINTT] Glintt Energy, disponível em http://www.glintt.com/site/web/glianttenergy/noticias-eventos?p_p_id=56_INSTANCE_wDA6&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_count=1&showContent=true&fromTemplate=true ; consultado em Outubro 2012
- [GRA04] GONÇALVES, H.; GRAÇA, J.M., “*Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*,” INETI, Novembro de 2004, Lisboa
- [IBI87] Intelligent Buildings Institute, “*Intelligent Building Definition*”, Washington, 1987
- [IBM] IBM- International Business Machines, disponível em http://www.ibm.com/smarterplanet/pt/pt/green_buildings/ideas/index.html
- [IEA08] International Energy Agency; “*World Energy Outlook 2008*”, 2008, disponível em <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/weo2008.pdf> ; consultado em Abril 2012

- [ILM] EDP, disponível em <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/equipamentos-eficientes/iluminacao>, consultado em Julho 2012
- [IPM07] “*Improved Energy Efficiency through better lighting design*” disponível em <http://www.buildings.com/ArticleDetails/tabid/3321/ArticleID/4939/Default.aspx#desityTable> ; consultado em Agosto 2012
- [INESC] Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto, disponível em <http://www2.inescporto.pt/>, consultado em Setembro 2011
- [INE11] Instituto Nacional de Estatística e Direcção-Geral de Energia e Geologia “*Estatísticas e Preços - Indicadores Energéticos*”, 2011
- [IPC08] Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change “*Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*”, 2008
- [LIG12] Disponível em <http://www.downlightsdirect.co.uk/browse-by-brand/ecoled/ecoled-led-downlights.html>
- [LOP10] LOPES, João — “*Smart Grid – todos ganham se formos smart*”, 2010 disponível em <http://www.oje.pt/suplementos/emprego-e-formacao/opiniao/smart-grid--todos-ganham-se-formos-smart>, consultado em Junho 2012
- [MAR] Teixeira, C. & Martins, M., Ecoinside, “*Manual de boas práticas ecoeficientes para edifícios de serviços*”, BCSD Portugal
- [MAT05] MATOS, M., “*Diagramas de Carga*”, ed: in Apontamentos Sistemas Eléctricos de Energia (FEUP), 2005
- [MIG10] MIGUEL, Fábio, “*Metodologia de Correlação entre Consumos Energéticos e as Variáveis Influentes para Aplicação a Contratos de “Energy Services”*”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Junho 2010
- [MIL92] MILLER, Alan: “*Energy Efficiency*”, Future/Build 2002 Conference, Outubro 1992
- [MON06] MONTEIRO, Cláudio D. “*Caracterização de consumos - Diagramas de carga*,” ed: in Apontamentos de Distribuição de Energia II - 5º ano da LEEC - ramo de Energia (FEUP), 2006
- [PER07] PERLMAN, Dan, Revista “*Isto é*”, edição 1830
- [PHI06] Guia de iluminação Philips, 2006
- [PHILIPS] Philips, disponível em www.illuminazione.philips.it/.../actilume/.../actilume_application_direct_indirect_sp.pdf, consultado em Agosto 2012

- [PIN11] PINHEIRO, Manuel. D.- *LiderA - Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos*. Lisboa, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2011
- [PNA00] Comissão das Comunidades Europeias, Plano de acção para melhorar a eficiência energética na Comunidade Europeia, Bruxelas, 2000
- [PNA08] DGEG- Portugal Eficiência 2015 - *Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética*, 2008, disponível em http://www.renae.com.pt/_fich/22/02_ADENE.pdf, consultado em Julho 2012
- [PNA11] Ministério da Economia e do Emprego, “*Revisão do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética*” (n.º, art.º 14º da Directiva 2006/32/CE), Julho de 2011
- [PNA13] Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (Estratégia para a Eficiência Energética - PNAEE 2016), “*Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013*”, Diário da República, 1ª série – N.º 70 -10 de Abril de 2013
- [PNE13] Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (Estratégia para as Energias Renováveis - PNAER 2020), *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013*”, Diário da República, 1ª série – N.º 70 -10 de Abril de 2013
- [POR10] Eurostat, PORDATA,2010
- [RCC06] Decreto-Lei n.º 80/2006 - "*Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE), 4 de Abril de 2006."
- [RNA11] Associação das agências de energia e ambiente - rede nacional - RNAE , “*Eficiência Energética em Edifícios Públicos*”, 2011
- [RSE06] Decreto-Lei n.º 79/2006 - "*Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios* (RSECE), 4 de Abril de 2006".
- [RUI06] MONTEIRO, Rui “*Gestão Técnica de Edifícios*”, Jornadas Electrotécnicas, ISEP 2006
- [SAN07] SANTOS, Carla, “*Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*”, Lisboa, Edições Sílabo (2007)
- [SCH] *Schneider Electric*, “*Make the most of your Energy*”, Guia de soluções de Eficiência Energética, Maio de 2009
- [SCE06] Decreto-Lei n.º 78/2006 - "*Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios* (SCE), 4 de Abril de 2006".
- [SGC08] Decreto-Lei n.º 71/2008 - "*Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia*” (SGCIE), 15 de Abril de 2008

- [SMART] Smart Grids European Technology Platform, disponível em <http://www.smartgrids.eu/>, consultado em Novembro 2012
- [STAR] Energy Star, disponível em http://www.eu-energystar.org/pt/pt_014.shtml; consultado em Junho 2012
- [TEI06] TEIXEIRA, Armínio., *Iluminação Interior – Fontes luminosas*, FEUP - Porto, 2006
- [THU08] THUMANN. A., *"Handbook of energy audits"*, 7 ed. Fairmont Press, 2008
- [UE11] Pacto dos Autarcas, disponível em <http://www.eumayors.eu/>; consultado em Julho 2012
- [UNI10] United Nations Industrial Development Organization, —”*Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking: An Energy Policy Tool*”, Novembro 2010
- [URE12] Apontamentos da unidade curricular de Utilização Racional da Energia - Auditorias Energéticas, “Rede de Promoção e Eficiência no Consumo de Energia Eléctrica ”, (ano lectivo 2011/2012), ISEP – Porto
- [USG11] USGBC- “*LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System*”, Washington, DC, 2011
- [VIN12] VINCI, Daniel “*Heat Abatement in Cold Water Aquatics Labs*” ALN Magazine, publicado em 30 Outubro 2012, disponível em <http://www.alnmag.com/article/heat-abatement-cold-water-aquatics-labs>; consultado em Novembro 2012

Anexo A. Características dos vários equipamentos de climatização existentes no edifício visitado

		Chiller	Bomba de Calor
Quantidade		1	1
Marca		Climaveneta	Climaveneta
Tipo		WRAT/HT-0802	WRAQ/B-0602
Funcionamento em modo de arrefecimento			
Potência arrefecimento ¹	kW	173,0	120,0
Potência eléctrica absorvida ¹	kW	72,0	49,0
EER		2,40	2,45
Funcionamento em modo de aquecimento			
Potência aquecimento ²	kW	-	137,0
Potência eléctrica absorvida ²	kW	-	46,0
COP		-	2,98
Funcionamento em modo de arrefecimento com recuperação			
Potência arrefecimento ^{1,3}	kW	-	119
Potência eléctrica absorvida ^{1,3}	kW	-	43
Potência térmica de recuperação	kW	-	160
N.º de compressores/N.º de circuitos		2/2	2/2

1 Evaporador temperatura da água (in/out): 12/7°C; Condensador temperatura do ar (in): 35°C

2 Condensador temperatura da água (in/out): 40/45°C; Evaporador temperatura do ar (in): 7°C; 87% HR

3 Recuperador temperatura da água (in/out):40/45°C.

Figura 69 Características do *Chiller* e *Bomba de Calor*

	UTA A	UTA B	UTA A2	UTA Auditório
Localização do equipamento	Cobertura	Cobertura	Sala Técnica AVAC Piso 5	Piso -1
Zona que serve	Piso 1, 2, 3 e 4 (corpo A)	Piso 1, 2 e 3 (corpo B)	Hall do auditório (Piso 0) e Piso 1, 2, 3 e 4 (corpo A)	Auditório Piso 0
Marca	GEA	GEA	GEA	GEA
Tipo/N.º Série	ATP25.20AVBV	ATP20.20AVBV	ATP20.15IVBV	ATP20.15IVBV
Caudal de ar insuflado	m ³ /h	19 000	14 300	8 280
Caudal de ar extraído	m ³ /h	19 000	14 300	8 280
Pressão total insuflação (ΔP)	Pa	1 540	1 580	718
Pressão total extração (ΔP)	Pa	785	876	310
Capacidade de aquec.	kW	58,0	43,2	25,0
Capacidade de arref.	kW	104,0	77,7	77,4
Potência de recuperação	kW	49,8	38,2	0
Potência do motor insuflação	kW	15,0	11,0	3,0
Potência do motor extração	kW	7,5	7,5	1,5
Velocidade de rotação insuflação	min ⁻¹	1 480	1 480	1 420
Velocidade de rotação extração	min ⁻¹	1 455	1 455	1 410
Tipo de recuperador de calor	Roda Térmica	Roda Térmica	-	Roda Térmica
Ventiladores com variação velocidade	Sim	Sim	Sim	Sim

Figura 70 Características das UTAN's

Bombas Circuito Primário			
Circuito		Água Refrigerada	Água Aquecida
Quantidade	un	2	2
Marca		Grundfos	Grundfos
Modelo		MG 100LB4-28FT130-C	MGE 90SA2-24FT115-B
Localização		Cobertura	Cobertura
Potência máxima	kW	2,20	1,50
Velocidade Correspondente	rpm	1420-1440	780-2860

Figura 71 Características das bombas do circuito Primário do *Chiller* e Bomba de Calor

Bombas Distribuição			
Circuito		Água Refrigerada	Água Aquecida
Quantidade	un	2	2
Marca		Grundfos	Grundfos
Modelo		MGE 112MB2-28FT130-B	MG 90LA4-24FT115-C
Localização		Cobertura	Cobertura
Potência máxima	kW	4,00	1,50
Velocidade Correspondente	rpm	700-2860	1420-1430

Figura 72 Características bombas de distribuição do *Chiller* e Bomba de Calor

	Split	Split	Split
Marca	Mitsubishi	Mitsubishi	Sanyo
Quantidade	5	1	1
Modelo Unidade interior	PCA-P3GA	PKA-P1.6GAL	SAP-KRU96EH
Modelo Unidade exterior	PU-P3VGAA	PU-P1.6VGAA	SAP-CRV96EH
Localização da unidade interior	2 Bastidores 2 Central Telefonica 1 UPS	Bastidores	Sala de Quadros Eléctricos
Piso	Piso 0	Piso 2	Piso 4
Capacidade de arrefecimento	kW	7,45	4,45
Potência eléctrica absorvida _{arrefec}	kW	3,37	1,70
EER		2,21	2,62
Capacidade de aquecimento	kW	9,15	4,95
Potência eléctrica absorvida _{aquec}	kW	3,48	1,79
COP		2,63	2,77
Tipo de refrigerante	R407C	R407C	R410A

Figura 73 Características dos *Splits*

