



Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

DIOGO FILIPE FERREIRA CRUZ PINTO

Outubro de 2016

DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES A CONSIDERAR NUM CONTRACTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Diogo Filipe Ferreira Cruz Pinto

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS DEPENDENTES E INDEPENDENTES A CONSIDERAR NUM CONTRATO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Diogo Filipe Ferreira Cruz Pinto

1090729

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Prof.^a Doutora Olga Sobral Castro e co-orientação do Eng.^o Joaquim Guedes.

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

Prof.^a Doutora Olga Sobral Castro

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Eng.^o Joaquim Guedes

Empresa Ecoinside

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof.^ª Doutora Olga Castro (ISEP) pela disponibilidade e atenção prestada, assim como ao Eng.^º Joaquim Guedes (Ecoinside) pela oportunidade dada em estagiar na sua empresa.

Um agradecimento especial a todos os amigos e família pelo apoio incondicional dado desde o início até ao término desta dissertação e da carreira académica até ao momento.

PALAVRAS CHAVE

Eficiência Energética; ESCO; EPC; Variáveis; Indicador de Perfil Energético; Investimento.

RESUMO

Numa época marcada pelas alterações climáticas, mas também por uma maior consciência ambiental, a melhoria da eficiência energética é essencial para minimizar os impactos ambientais e reduzir emissões de dióxido de carbono (CO₂) provocados pela utilização excessiva de energia. Por isso a poupança energética tem sido um dos eixos prioritários das políticas públicas de diversos Estados, que têm tomado medidas que procuram limitar as emissões poluentes e incrementar o recurso a energias endógenas.

Com a crescente procura de energia, a atividade das empresas prestadoras de serviços energéticos (ESCO) é decisiva no novo paradigma energético, elaborando planos de eficiência energética, assumindo risco e o investimento financeiro necessário para garantir os resultados ao nível da poupança de energia eléctrica. O surgimento deste tipo de empresas foi um marco na nova forma de gestão energética de edifícios.

Com base na atividade das ESCO na implementação de contratos de desempenho, é essencial estudar as diferentes variáveis que influenciam o consumo energético do espaço em análise. Das condições climatéricas e envolventes do edifício aos hábitos comportamentais dos seus ocupantes, passando pelas mais recentes evoluções tecnológicas nos equipamentos do sector, importa analisar, cuidadosamente, essas variáveis e qualificar o seu peso no consumo energético desse espaço.

A presente dissertação tem por finalidade otimizar um “indicador de perfil energético” que é parte integrante de um contrato de desempenho energético (EPC). Por análise de uma série de dados recolhidos através da monitorização dos consumos de energia de uma organização, e juntamente com as faturas energéticas pertencentes à mesma, vão ser definidas as variáveis dependentes e independentes de um EPC e apresentadas soluções/medidas a implementar no terreno e que melhorem o desempenho energético do edifício. A solução ideal será obtida assim que, após se qualificar as variáveis, se

consiga aproximar a evolução do indicador de perfil energético com a do consumo energético real, tendo como base os casos de estudo que serão entretanto apresentados.

A otimização desta ferramenta será bastante proveitosa para as análises e realização de futuros EPC por parte da empresa desenvolvedora deste indicador, levando a que os possíveis clientes, e destinatários, destes serviços obtenham uma maior poupança energética, não alterando, no entanto, as condições de conforto dos seus ocupantes e/ou a finalidade da instalação.

KEYWORDS

Energy Efficiency; ESCO; EPC; Variables; Energy Profile Indicator; Investment

ABSTRACT

In a time of climate change, but also of greater environmental awareness, the improvement of energy efficiency is essential to minimise the environmental impacts and to reduce carbon dioxide (CO₂) emissions caused by the excessive use of energy. Therefore, energy saving has been one of the priority axes of the public policies from the different States, that have taken measures which seek to limit pollutant emissions and to increase the use of endogenous energies.

With the growing demand for energy, the activity of the energy service companies (ESCO) is decisive in the new energy paradigm, making plans of energy efficiency, assuming the risk and the financial investment needed for ensuring the results in terms of energy savings. The emergence of such companies was a milestone in the new form of energy management of buildings.

Based on the activity of the ESCO in the implementation of performance contracts, it's essential to study the different variables which determine the energy consumption of the space under consideration. From the weather conditions, to the surroundings of the buildings, to the behaviour habits of their inhabitants, to the most recent technological evolutions on the equipment of the sector, it is important to carefully analyse such variables and to evaluate their weight in the energy consumption of such space.

The purpose of this thesis is to optimise an "energy profile indicator", which is an integral part of an energy performance contract (EPC). By analysing a series of data collected by monitoring the energy consumptions of an organization, and together with the energy bills of such organisation, the dependent and independent variables of one EPC will be defined and will be presented the solutions/measures to be implemented on the ground, and improve the energy performance of the building. The ideal solution will be

achieved as soon as, after the evaluation of the variables, we can align the evolution of the energy profile indicator with the actual energy consumption, having as basis the case studies that will be presented in the meantime.

The optimisation of this tool will be very useful for the analysis and implementation of future EPC by the developer of this indicator, making that possible customers, and beneficiaries, from these services get a greater energy saving, without changing, however, the conditions of comfort of its occupants and/or the final purpose of the installation.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

<Termo>	<Designação>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CO ₂	Representação química do dióxido de carbono
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
EMS	<i>Energy Management Systems</i>
EPC	<i>Energy Performance Contract</i>
ESCO	<i>Energy Service Company</i>
ESE	Empresas de Serviços de Energia
EU	<i>European Union</i>
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
IDE	Indicador de Desempenho Energético
IPMVP	<i>International Performance Measurement & Verification Protocol</i>
M&V	Medição e Verificação
MRE	Medidas de Racionalização Energética
NAESCO/LBNL	<i>Nacional Association of Energy Service Companies</i>
OCDE	Organização da Cooperação e Desenvolvimento Económico
ONG's	Organizações Não-Governamentais
ORC's	Oportunidades de Racionalização de Consumo
PDCA	Plan-Do-Check-Act
PE	Planeamento Estratégico

PME	Pequena Média Empresa
PNAC	Programa Nacional para as Alterações Climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Acção em Eficiência Energética
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação
RAESCO	Retail Energy Service Companies
RGGE	Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
VAL	Valor Actual Líquido

Lista de Unidades

<Termo>	<Designação>
°C	Unidade de temperatura (grau Celsius)
h	Unidade de tempo (hora)
kWh	Kilowatt-hora
m	Unidade de comprimento
m ²	Unidade de área

Lista de Símbolos

<Termo>	<Designação>
€	Euro
€/ano	Euros por ano
CA	Custos da auditoria
CM	Custos de monitorização

Co	Valor do investimento inicial
CRH	Custo com recursos humanos
CSC	Custos de subcontratação
i	Taxa de juro (anual efectiva)
Ka	Taxa de crescimento do preço da água m ³
Ke	Taxa de crescimento do preço da energia elétrica
Ki	Taxa de inflação
M€	Milhões de Euros
n	Períodos de capitalização de crédito
na	Períodos de capitalização anual
P	Poupança monetária
PE	Valore de pagamento à ESCO
Pk	Preço do kWh
PW	Poupança em kWh
R	Prestação anual
Tex	Temperatura exterior
Ti	Temperatura interior

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<Termo>	<Designação>
1 - Intensidade Energética	Indicador energético que relaciona o consumo final de energia de uma determinada área socio-económica com o seu produto interno bruto.
2 - <i>win-win</i>	Situação ou resultado que é benéfico para todas as partes envolvidas.
3 - <i>know-how</i>	Conjunto de conhecimentos práticos adquiridos por uma empresa ou profissional e que traz vantagens competitivas.
4 - <i>baseline</i>	Modelo ou linha de base planeado e que um determinado projecto deve acompanhar.
5 - <i>payback</i>	Tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento em que o lucro líquido acumulado se iguala ao valor do investimento.
6 - <i>cash-flow</i>	Variação dos valores monetários resultantes da exploração corrente e correspondente à diferença entre receitas e despesas.
7 - <i>lobby</i>	Actividade de pressão de um grupo organizado sobre políticos e poderes políticos, visando exercer sobre estes qualquer influência ao seu alcance.
8 - <i>benchmarking</i>	Processo de comparação de produtos, serviços e práticas, sendo um instrumento de gestão importante das empresas.
9 - <i>Upgrade</i>	Actualização ou melhoria.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - CONSUMO DE ENERGIA À ESCALA GLOBAL, POR REGIÃO [1]	33
FIGURA 1.2 - EVOLUÇÃO DO CUSTO DO PETRÓLEO NOS MERCADOS INTERNACIONAIS [2].	34
FIGURA 2.1 - DISTRIBUIÇÃO DE PROVEITOS DE UMA EMPRESA TIPO ESCO [16].	45
FIGURA 2.2 - DURAÇÃO DO CONTRACTO DE PERFORMANCE FACE ÀS POUPANÇAS [17]	45
FIGURA 2.3 - COMPONENTES DE UM EPC AO LONGO DO TEMPO [18].	46
FIGURA 2.4 - EPC MODELO DE NEGÓCIO – <i>SHARED SAVINGS</i> AND <i>GUARANTEED SAVINGS</i> [18].	47
FIGURA 2.5 - PRECISÃO DA PREVISÃO DE POUPANÇA [20]	50
FIGURA 3.1 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA AJUDA À DECISÃO [27]	66
FIGURA 5.1 - DISTRIBUIÇÃO DE CONSUMOS DE ENERGIA ELÉCTRICA DO BANCO A	80
FIGURA 5.2 - DIAGRAMA DE CARGA POR DIA DA SEMANA	80
FIGURA 5.3 - DIAGRAMA DE CARGA POR FIM-DE-SEMANA	81
FIGURA 5.4 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA, POR TRIMESTRE, DO ANO 2012	81
FIGURA 5.5 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA, POR TRIMESTRE, DO ANO 2013	82
FIGURA 5.6 - VARIAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA, POR TRIMESTRE, DO ANO 2015	82
FIGURA 5.7 - GRÁFICO DOS CONSUMOS REAIS DE 2012 VS CONSUMOS PREVISTOS	83
FIGURA 5.8 - GRÁFICO DOS CONSUMOS REAIS DE 2013 VS CONSUMOS PREVISTOS	83
FIGURA 5.9 - GRÁFICO DOS CONSUMOS REAIS DE 2015 VS CONSUMOS PREVISTOS	84
FIGURA 5.10 - INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO	84
FIGURA 5.11 - TEMPERATURAS EXTERIORES MÉDIAS REGISTAS EM LISBOA, NO ANO DE 2012 [29].	85
FIGURA 5.12 - TEMPERATURAS EXTERIORES MÉDIAS REGISTAS EM LISBOA, NO ANO DE 2013 [27].	85
FIGURA 5.13 - TEMPERATURAS EXTERIORES MÉDIAS REGISTAS EM LISBOA, NO ANO DE 2015 [27].	86
FIGURA 5.14 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO 2012 VS PREVISTO	87
FIGURA 5.15 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO 2013 VS PREVISTO	87
FIGURA 5.16 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO 2015 VS PREVISTO	87
FIGURA 5.17 - RELAÇÃO DA TEMPERATURA INTERIOR (TI) COM A TEMPERATURA EXTERIOR (TE)	88
FIGURA 5.18 - VALORES DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O ANO DE 2012, 2103 E 2105	89
FIGURA 5.19 – VALORES DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO PARA O ANO DE 2012, 2103 E 2105	90
FIGURA 5.20 - DIFERENÇA DE TEMPERATURAS VS INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO	90

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS <i>GUARANTEED SAVINGS</i> E <i>SHARED SAVINGS</i> [19].	48
TABELA 2.2 - MERCADO PORTUGUÊS DAS ESCO [21].	52
TABELA 3.1 - RECOMENDAÇÕES PARA A ELABORAÇÃO DE UM CONTRACTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO [4]	62

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	33
1.1	Enquadramento	33
1.2	Apresentação Ecoinside®	36
1.2.1	Proposta de valor	37
1.2.2	Actividade Chave	38
1.3	Objectivos da dissertação	38
1.4	Estrutura da dissertação	39
2	ESTADO DA ARTE	43
2.1	Breve história sobre as ESCO	43
2.2	Definição de ESCO	44
2.3	Definição de Contractos de Desempenho Energético (EPC)	45
2.4	Modelos Financeiros das ESCO	46
2.5	Principais categorias associadas às ESCO	49
2.6	Evolução do mercado e sua análise	50
2.6.1	Empresas ESCO em Portugal	51
2.7	Principais entraves às ESCO	52
2.8	Factores de sucesso	53
2.9	Monitorização de uma ESCO	54
3	CONTRACTOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO	61
3.1	Introdução	61

3.2	Estrutura de um EPC	61
3.3	Planeamento estratégico das MRE	63
3.4	Processo de implementação	63
3.5	Análise e parâmetros financeiros	63
3.5.1	Vários cenários de poupança	65
3.5.2	Decisão multicritério	65
3.5.3	Variáveis financeiras	66
4	METODOLOGIA PAR A CRIAÇÃO DE UMA BASELINE	70
4.1	Protocolos e Normas	70
4.1.1	IPMVP	70
4.1.2	Norma ISO 5001	72
4.2	Enquadramento da Baseline no Projecto	73
4.3	Definição de Baseline Energia	75
5	CASOS DE ESTUDO	79
5.1	Caso de Estudo – Banco “A”	79
5.1.1	Desagregação de Consumos de Energia	79
5.1.2	Diagrama de Cargas	80
5.1.3	Faturação energética	81
5.1.4	Gráficos do Consumo Energético e Real	82
5.1.5	Indicador de Perfil Energético – Variáveis de Temperatura	84
5.1.6	Análise Trimestral do Indicador de Perfil Energético	86
5.1.7	Análise Anual do Indicador de Perfil Energético	89
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
8	ANEXOS	105
ANEXOS I		105

ANEXOS II	106
ANEXOS III	107
ANEXOS IV	108
ANEXOS V	109

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 APRESENTAÇÃO ECOINSIDE®

1.2.1 PROPOSTA DE VALOR

1.2.2 ACTIVIDADE CHAVE

1.3 OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objectivos principais: o enquadramento da eficiência energética nos panoramas nacional e internacional e apresentação da empresa onde foi realizada a dissertação e a sua estrutura.

1.1 Enquadramento

A eficiência está rapidamente a tornar-se numa ferramenta essencial em todo o mundo para atender a um crescimento substancial da procura de energia.

A procura global de energia está a abrandar, no entanto, esta irá aumentar a uma média de 1,5% ao ano até 2035, sendo que o crescimento deve ser moderado ao longo deste período, escalando a uma média de 2% até 2020 e posteriormente 1,2% até ao ano de 2035 (**Figura 1.1**). Nesse ano, é expectável que o consumo global de energia seja 41% maior do que é actualmente.

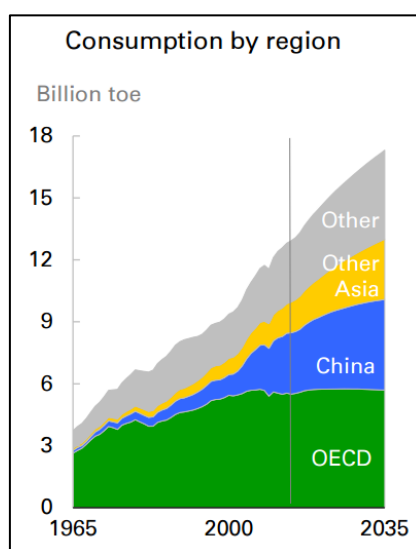


Figura 1.1 - Consumo de energia à escala global, por região [1]

As economias emergentes devem ser responsáveis por 95% do crescimento da procura de energia, com a China e a Índia a representarem mais de metade desse incremento. Até 2035 está previsto que a utilização de energia nas economias de países não-membros da Organização Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) seja 69% superior à que é utilizada actualmente. As economias da América do Norte, Europa e Ásia devem crescer a um ritmo muito lento, prevendo-se um crescimento de apenas 5% na utilização de energia.

Prevê-se um aumento de 29% nas emissões de carbono até 2035, este crescimento terá origem, principalmente, em países não membros da OCDE (cerca de 72%), com as emissões da OCDE a diminuírem cerca de 9% [1].

A fim de se amenizar a procura nos combustíveis fósseis, é necessário encontrar fontes de energia alternativa e ao mesmo tempo que a energia seja economizada através de uma boa gestão. A eficiência energética e os seus programas, numa lógica de "win-win" tem um papel preponderante na poupança de recursos naturais, na redução da poluição e emissões de carbono, assim como na dependência de um país em relação aos combustíveis fósseis. Para além de que proporcionam retornos positivos para governos, consumidores e meio ambiente.

Mais do que questões ambientais, para as organizações destaca-se o problema económico, visto que as reservas de combustíveis são cada vez mais difíceis de alcançar, levando a que os seus custos de exploração e preços finais aumentem (**Figura 1.2**).



Figura 1.2 - Evolução do custo do petróleo nos mercados internacionais [2].

Desta forma, a redução dos custos operacionais apresenta-se como uma alternativa de assegurar a sustentabilidade das empresas, melhorando a competitividade industrial e comercial, num mercado cada vez mais competitivo.

Hoje em dia, torna-se fundamental ter conhecimento dos consumos energéticos, nomeadamente onde, quando, quanto, como e porque se consome energia. Nesse aspecto, a eficiência energética é, neste âmbito, uma filosofia de gestão que encoraja o mundo empresarial a procurar melhorias ambientais que potenciem, simultaneamente, benefícios económicos. Incentiva a inovação, o crescimento e a competitividade, concentrando-se em oportunidades de negócio e permitindo às empresas tornarem-se mais responsáveis do ponto de vista ambiental e lucrativo [3].

Têm vindo a ser desenvolvidos alguns mecanismos, como Energy Management Systems (EMS) e Empresas de Serviços Energéticos (ESCO), visto que persiste alguma dificuldade para alcançar ganhos de eficiência energética em diversos países, devido à relutância institucional em aceitar este tipo de projectos. Apesar das vantagens promissoras, estes

projectos são de difícil implementação, para além da complexidade em financiar os mesmos. No entanto, tem vindo a ser demonstrado que estes devem ser desenhados com muita precisão e completamente adaptados a cada instalação e às necessidades da mesma [4].

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. Os Estados-Membros, para contornar esta situação, têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto do edifício. É neste contexto que surge a Directiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 16 de Dezembro, relativo ao desempenho energético dos edifícios. Com base neste Decreto-Lei, surge, em Portugal, o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior no Edifícios (SCE), que veio assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita às condições de garantia da qualidade do ar interior, à utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, às condições de garantia da qualidade do ar interior, isto de acordo com as exigências e disposições contidas nos Regulamentos que já não estão em vigor – o Regulamento das Características de Comportamento dos Edifícios (RCCTE) e o Regulamento do Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) [5].

A 20 de Agosto de 2013, surge o Decreto-Lei nº 118/2013, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e Transpõe a Directiva nº 2010/31/EU, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2012, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Este Decreto-Lei gerou a oportunidade de melhorar a sistematização e o âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respectivos regulamentos, bem como de alinhar os requisitos nacionais às imposições. Assegurou também uma revisão da legislação nacional, que se consubstancia em melhorias ao nível da sistematização e âmbito de aplicação ao incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), atendendo, simultaneamente, aos interesses inerentes à aplicabilidade integral e utilidade deste quadro legislativo, e aos interesses de simplificação e clareza na produção legislativa de carácter predominantemente técnico [6].

No âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, foi publicado o Decreto-Lei nº 71/2008, de 15 de Abril, que veio regulamentar o SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, aplicado às instalações consumidores intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano, resultando da revisão do RGCE – Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia, uma das medidas constantes do PNAEE – Plano Nacional de Acção em Eficiência Energética [7]. Este Decreto-Lei, que regula o SGCIE, tem como objectivo a promoção da eficiência energética e monitorização dos consumos energéticos das instalações consumidoras de energia [8].

Apesar da melhoria recente da intensidade energética¹, Portugal regista valores superiores à média europeia. Por isso e de forma a estimular a economia no sector das empresas de serviços energéticos, em 2011 foi apresentado pelo governo Português o programa “ECO.AP”. Esta iniciativa foi lançada através da presente resolução, em desenvolvimento com o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) e da ENE 2020, que tem como objectivo obter um nível de eficiência energética na ordem dos 30% nos organismos da administração pública até 2020, sem aumentar a despesa pública. O “ECO.AP” é um programa evolutivo que se traduz num conjunto de medidas de eficiência energética para a execução a curto, médio e longo prazos nos serviços, organismos e equipamentos públicos e que visa alterar comportamentos e promover uma gestão racional dos serviços energéticos, nomeadamente através de empresas ESCO. A abordagem deste programa contribuirá também pra a concretização dos objectivos estabelecidos no Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), uma vez que, a redução do consumo de energia, vai consequentemente permitir a redução da emissão de gases com efeito de estufa [9].

Para aumentar os investimentos na eficiência energética e consumo eficiente de água, gestão do consumo e projectos de energia renovável em todo o mundo, foi publicado o *International Performance Measurement & Verification Protocol* (IPMVP). Este protocolo fornece métodos, com diferentes níveis de custo e exactidão, para que seja possível determinar poupanças para toda a instalação ou para medidas individuais de racionalização de energia, contribuindo para o procedimento formal de verificação de contractos de eficiência energética [10].

Por último, foi estudada a Norma ISO 50001, que é baseada em elementos comuns das normas ISO 9001, ISSO 14001 e do SGCIE, e que tem como objectivo permitir que as organizações estabeleça, os sistemas e processos essenciais para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo de energia. Esta norma ajuda a promover a transparência, facilita a comunicação sobre a gestão dos recursos energéticos e enquadra a promoção da eficiência energética em toda a cadeia de fornecimento [11].

1.2 Apresentação Ecoinside®

A empresa Ecoinside® desenvolve, desde a sua criação, duas áreas de negócios mutuamente complementares nas quais possui já um vasto *know-how*³ reconhecido: a eco-eficiência e a biodiversidade.

O comportamento desta empresa com a sociedade é o de assumir internamente no seu funcionamento do dia-a-dia, atitudes, comportamentos e políticas estratégicas aplicas, revolucionárias e de referência em termos de inovação que contribuam para o desenvolvimento económico sustentável e inteligente. A empresa tem o seu âmbito de

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

actuação integralmente focado na oferta e prestação de serviços e produtos de referência ao mercado de todos os aspectos relacionados com as suas áreas de negócio.

A filosofia de base assenta também no estabelecimento de uma relação inovadora com os seus clientes. Assim, ultrapassa uma ligação meramente comercial e pontual, apostando numa relação de parceria dinâmica, em que é visto como mais uma unidade funcional, integrada na estrutura empresarial dos clientes, e proporcionando soluções para a globalidade das questões relacionadas com as mais exigentes normas de desenvolvimento sustentável, da eco-eficiência empresarial e da conservação e valorização da biodiversidade [12].

Foi elaborado um modelo de negócio por forma a descrever a ideia de negócio desta empresa, de onde se retiram os pontos fulcrais e que serão descritos nos subcapítulos seguintes.

1.2.1 Proposta de valor

Dos serviços que a Ecoinside oferece aos seus clientes, e pelos quais se compromete a criar valor, destacam-se os seguintes: a redução e racionalização dos consumos energéticos (iluminação, aquecimento/arrefecimento ou funcionamento), a optimização dos consumos de água, a gestão e valorização dos desperdícios e resíduos produzidos e, ainda, a redução das emissões gasosas – nomeadamente de gases que contribuem para o aquecimento global e gases depletos de camada de ozono.

Esta empresa apresenta soluções “chave-na-mão” com uma clara definição do tempo de retorno de investimento, onde assume a partilha deste risco com os clientes, o que faz com que a política de remunerações seja elaborada em função das poupanças obtidas. As empresas clientes da Ecoinside® melhoram a sua imagem perante o mercado, ganhando assim uma boa reputação a nível ambiental, conjugando-a com a de uma empresa assente num negócio com uma base sustentável. Esta proposta de valor só é possível porque a metodologia da Ecoinside® tem por base uma abordagem holística sobre a eco-eficiência, ou seja, tem uma visão transversal e estrutura, que inclui todas as áreas do processo produtivo/serviço, e adequa as suas soluções às particularidades/exigências dos vários clientes [12].

Para concluir, é de salientar que cada novo projecto, é encarado como um desafio, onde se põe à prova todo o *know-how* técnico, criatividade e flexibilidade da equipa Ecoinside®.

1.2.2 Actividade Chave

O sucesso de algumas actividades chave reflectem-se no seu próprio modelo de negócio. A primeira abordagem ao cliente, a clareza com que é transmitida a ideia de negócio e o seu potencial valor, assim como o *feedback* do cliente, é fundamental para suscitar o interesse em ambas as partes e avançar para os processos seguintes. Depois de uma abordagem inicial, é importante que na primeira visita às instalações se identifiquem todos os pontos-chave, para que a reunião de apresentação da proposta de trabalho, seja preparada da melhor maneira possível. É essencial que a auditoria seja realizada com tanta precisão, quanto aquele que é necessário para atingir os objectivos propostos. Um bom nível de detalhe vai permitir realizar um melhor relatório do estado actual dos consumos, e conseqüentemente um bom plano de acção. A boa implementação e manutenção das Medidas de Racionalização Energética (MRE) são importantes para se garantir resultados de acordo com o planeado. Por último, é essencial que se faça um ajuste do consumo de referência, para se calcular as poupanças e remunerações da empresa. Este ajuste tem de ser o mais preciso e fundamentado possível, para não descurar a credibilidade dos resultados e da própria empresa.

1.3 Objectivos da dissertação

Foram delineados os seguintes objectivos no desenvolvimento desta dissertação:

- Análise de dados resultantes da monitorização de consumos energéticos, no seguimento de auditorias realizadas em conjunto com a equipa Ecoinside® a um determinado edifício de serviços;
- Estudo da evolução dos consumos de energia eléctrica anual, durante 4 anos, para determinado edifício de serviços;
- Estudo da evolução de um indicador de perfil energético anual, obtido durante 4 anos, para um determinado edifício de serviços;
- Determinação das variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho, em edifícios e na indústria.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em 6 Capítulos:

- O capítulo 1, sendo a introdução, pretende enquadrar o tema abordado no contexto político e económico actual, assim como apresentar os objectivos que são propostos para esta dissertação.
- No capítulo 2, encontra-se o estado da arte relativo ao tema abordado.
- No capítulo 3, estará descritos todos os elementos que fazem parte de um contracto de desempenho energético.
- No capítulo 4, será apresentada a metodologia de monitorização e bases para a criação de uma *baseline*⁴.
- No capítulo 5, será feita a análise a alguns casos de estudo e onde será feita uma avaliação qualitativa, por forma a concluir se corresponderam aos resultados esperados.
- No capítulo 6, estarão apresentadas as conclusões finais relativas ao trabalho e tendo em conta os resultados obtidos.

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

ESTADO DA ARTE

2.1 BREVE HISTÓRIA SOBRE AS ESCO

2.2 DEFINIÇÃO DE ESCO

2.3 DEFINIÇÃO DE CONTRACTOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO (EPC)

2.4 MODELOS FINANCEIROS DAS ESCO

2.5 PRINCIPAIS CATEGORIAS ASSOCIADAS ÀS ESCO

2.6 EVOLUÇÃO DO MERCADO E SUA ANÁLISE

2.6.1 EMPRESAS ESCO EM PORTUGAL

2.7 PRINCIPAIS ENTRAVES ÀS ESCO

2.8 FACTORES DE SUCESSO

2.9 MONITORIZAÇÃO DE UMA ESCO

2 ESTADO DA ARTE

O estado da arte representa uma das partes fundamentais na abordagem deste projecto, visto que documenta a actualidade de projectos já semelhantes, fazendo referência ao que já foi descoberto sobre o assunto a ser tratado. Auxíla também na melhoria e desenvolvimento de novos conceitos e modelos.

2.1 Breve história sobre as ESCO

O aparecimento original da poupança de energia como modelo de negócio deu-se no final dos anos 70 e inícios de anos 80, durante a crise petrolífera, quando os preços de energia subiram drasticamente, dando oportunidade a que fosse criado um modelo de negócio que tivesse como objectivo reduzir os crescentes custos de energia dos clientes. É por isso expectável que o conceito ESCO tenha surgido pela primeira vez por essa altura [13].

A empresa Time Energy, sediada no Texas, terá sido uma das primeiras empresas a aplicar o conceito ESCO, quando colocou no mercado um aparelho automático e temporizado para a regulação de sistemas de iluminação e outros sistemas consumidores de electricidade. No entanto, a desconfiança dos consumidores face às poupanças prometidas e ao retorno do investimento, foi o primeiro obstáculo que a empresa enfrentou na entrada deste aparelho no mercado. A empresa decidiu então instalar aparelhos livres de custos, ficando com uma percentagem das poupanças atingidas, com isto a empresa atingiu ganhos superiores do que conseguira pela venda simples dos aparelhos. Esta foi a base para a definição do modelo ESCO conhecido actualmente.

Este modelo está dependente dos preços da energia eléctrica, quanto maiores forem estes, mais oportunidades de negócio surgirão para as ESCO. Durante os anos 80, a economia deixou de estar pressionada pelo preço do petróleo, o que diminuiu o número de oportunidades para este tipo de empresa.

Nos anos 90, com a constante subida do preço do petróleo e da energia eléctrica, a oportunidade para as empresas ESCO voltou a surgir, entram então em uso mais frequente as palavras “eficiência” e “redução de consumo”, tendo o conceito ESCO evoluído em todas as vertentes que hoje conhecemos [14].

2.2 Definição de ESCO

As empresas designadas por Energy Service Companies (ESCO), também conhecidas como Empresas de Serviços de Energia (ESE), fornecem serviços de energia e/ou eficiência energética, partilhando quer os riscos financeiro, quer os de exploração com o cliente. Estas empresas assumem a responsabilidade por uma série de tarefas, por forma a concretizar um projecto de eficiência energética, oferecendo normalmente os seguintes serviços:

- Identificar e desenvolver o projecto de eficiência energética;
- Providenciar ou prestar o financiamento do projecto;
- Instalar e manter a eficiência energética nos equipamentos envolvidos;
- Medir, monitorizar e verificar a poupança de energia do projecto;
- Garantir a poupança de energia ou de custo.

O modelo de negócio de uma empresa ESCO agrupa o desempenho de todos estes serviços em custos do projecto, sendo que o reembolso e o lucro advêm dos benefícios financeiros produzidos, a remuneração da empresa, e muitas vezes o financiamento de projectos, estão directamente ligadas à quantidade de energia que efectivamente se poupa. As ESCO empregam uma ampla gama de medidas economicamente viáveis para alcançar poupanças de energia, estas medidas são, maioritariamente, implementadas na alta eficiência da iluminação e aquecimento/ar condicionado, nos motores eficientes e variadores de velocidade e nos sistemas centralizados de gestão de energia [15].

O que diferencia uma empresa ESCO de outras empresas que de serviços energéticos (como por exemplo de consultoria), é a existência de um contracto de desempenho (EPC), que rege a relação entre o proprietário do activo/operador, o financiador do projecto e a ESCO, especificando o desempenho do projecto e assunção de risco de eventuais diferenças de expectativas contratuais [13].

Na **Figura 2.1**, pode-se verificar como se processa a distribuição dos proveitos resultantes do investimento nas medidas de eficiência energética, durante e após o período do contracto estabelecido entre a ESCO e o cliente.

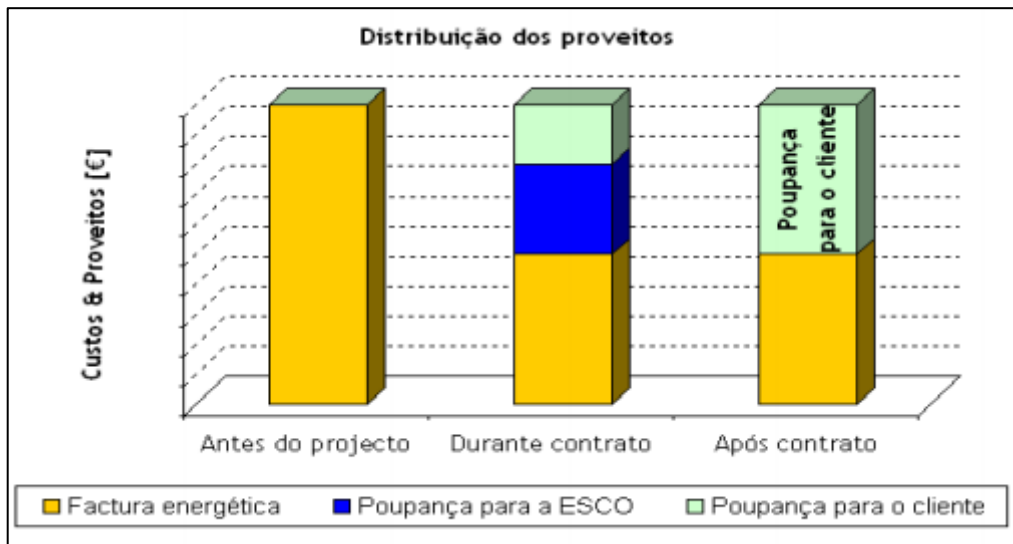


Figura 2.1 - Distribuição de proveitos de uma empresa tipo ESCO [16].

Facilmente se percebe que o tempo de retorno do projecto depende da evolução das poupanças verificadas face às poupanças calculadas, isto é, se as poupanças verificadas forem superiores às calculadas, o tempo de retorno é inferior ao calculado, podendo nesse caso existir um reajuste da duração do contracto. Caso contrário, o período do contracto pode ser estendido por mais anos [16], como exemplifica a **Figura 2.2**.

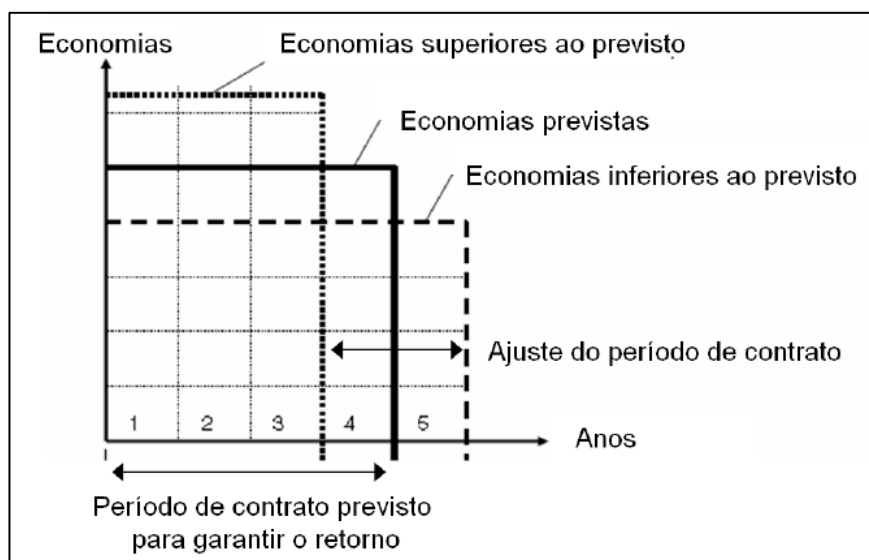


Figura 2.2 - Duração do contracto de performance face às poupanças [17]

2.3 Definição de Contractos de Desempenho Energético (EPC)

Os contractos de Desempenho Energético (EPC) constituem um acordo entre os beneficiários e os fornecedores ao redor de uma visão partilhada de melhoria da eficácia energética. Neste tipo de contractos, os investimentos são entendidos com a finalidade

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

de alcançar um nível de melhoria da eficácia energética que é contratualmente definido. Trata-se, portanto, de um contrato *win-win* nos quais os signatários partilham as economias realizadas nas poupanças energéticas. Define-se como um contrato em que o executor é o responsável pelo projecto, sua implementação, manutenção e obtenção do financiamento necessário para a sua eficiência energética. O executor recebe da entidade receptora uma percentagem das mais-valias geradas, garantindo um valor mínimo de mais-valias geradas pela solução energética à entidade receptora e é responsável por este, ressarcindo a entidade receptora da diferença. No final do EPC, a propriedade do projecto e os equipamentos, que até então se mantinham na posse do executor, passam a fazer parte (integral) da entidade receptora [14], na **Figura 2.3** está ilustrado o que foi supramencionado.

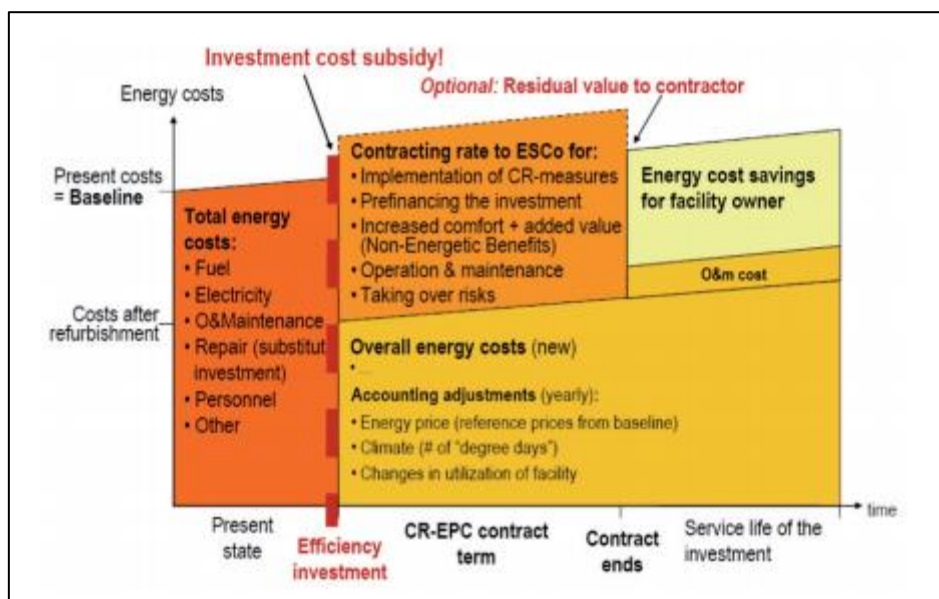


Figura 2.3 - Componentes de um EPC ao longo do tempo [18].

2.4 Modelos Financeiros das ESCO

Para a realização dos Contractos de Desempenho Energético, as empresas ESCO recorrem a dois tipos de acordo: *Guaranteed Savings* e *Shared Savings*. Em ambos os casos são as próprias ESCO, as responsáveis pela implementação das medidas de racionalização energética.

A diferença está na forma como o projecto é financiado (**Figura 2.4**) e como as poupanças são avaliadas, no modelo *Guaranteed Savings* a ESCO garante um certo nível de poupança de energia, protegendo desta forma o cliente de qualquer risco de desempenho e a garantia da boa execução de projecto, tem por isso em conta, a

quantidade de energia que é poupada, enquanto no *Shared Savings* é avaliado o custo de energia que é economizada.

No caso do modelo *Guaranteed Savings*, as ESCO garantem a realização de certos parâmetros e desempenho (tais como a eficiência, economia de energia ou redução de custos), o pagamento às ESCO é realizado consoante o desempenho destes parâmetros, o acordo de poupança garantido, oferece a estas empresas um forma de pagamento fixa ou mediante a satisfação da garantia de execução, pode também oferecer às ESCO um pagamento de incentivos se o desempenho real exceder o que fora inicialmente expectado.

Por outro lado, se as poupanças não atingem os níveis esperados, a ESCO é obrigada a reembolsar o cliente até que as poupanças voltem ao nível estipulado.

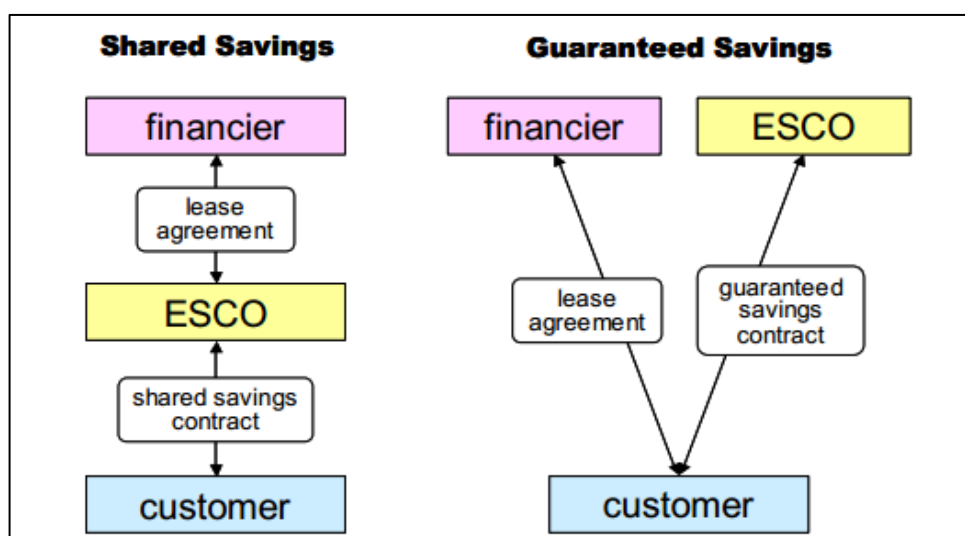


Figura 2.4 - EPC modelo de negócio – *Shared Savings* and *Guaranteed Savings* [18].

Neste modelo, é provável que o regime de poupança só funcione em países com uma estrutura bancária bem estabelecida, elevado grau de familiaridade com financiamento de projectos e conhecimentos técnicos suficientes no sector bancário, para que se entendam melhor os projectos de eficiência energética.

O conceito deste modelo é difícil de aceitar nos mercados menos desenvolvidos, porque exige que os clientes assumam o risco do *payback*⁵ do investimento, no entanto, este promove o crescimento a longo prazo das ESCOs e das suas finanças, uma vez que as ESCOs recém-criadas, sem histórico de crédito de capital próprio, estão limitadas a fazer este tipo de investimento, podendo apenas entrar no mercado se garantirem as poupanças ao cliente, e se este realizar o financiamento por conta própria [19].

Na **Tabela 2.1**, podemos ver as principais diferenças entre estes dois modelos utilizados pelas ESCO.

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho energético

Tabela 2.1 - Comparação entre os modelos *Guaranteed Savings* e *Shared Savings* [19].

Guaranteed Savings	Shared Savings
<ul style="list-style-type: none"> - Desempenho relacionado com o nível de energia economizado - Valor da energia poupada é garantido para cumprir as obrigações do serviço; - ESCO fica com o risco de desempenho e o cliente com o risco do crédito; - Extensa M&V (Medição e Verificação); - ESCO pode fazer mais projectos sem ficar altamente endividada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desempenho referente ao custo de energia economizada; - Valor dos pagamentos à ESCO está ligada ao preço de energia, o que poderá ser uma aposta arriscada; - ESCO fica com os riscos de desempenho e crédito; - Equipamento M&V pode ser alugado; - Favorece grandes ESCOs, as pequenas podem tornar-se demasiado endividadas para novos projectos; - Favorece projectos com <i>payback</i> curto.

No modelo *Shared Savings*, a ESCO assume tanto o desempenho do projecto como o risco financeiro, o que leva à retirada deste passivo do balanço financeiro do cliente. A ESCO financia-se para ser capaz de levar a cabo a implementação do projecto, o que pode por em causa a liquidez financeira desta caso o cliente abandone o contracto, sendo por isso necessário definir bem estas questões no contracto. A ESCO especifica a percentagem de poupanças remuneradas a contratualizar entre ela e o cliente durante o contracto e no caso de as poupanças superarem as expectativas, esta situação também deve estar prevista no contracto, para que não surjam eventuais situações conflituosas entre a ESCO e o cliente.

Este tipo de contractos normalmente tem uma duração de 3 a 10 anos e, durante este tempo, a ESCO tem de estruturar bem os pagamentos, para que além de recuperar o investimento, consiga uma percentagem de lucro aceitável. O cliente geralmente não faz nenhum investimento no projecto, mas ainda assim recebe uma percentagem das poupanças para que os custos operacionais do projecto não se reflectam nas contas da empresa, mantendo assim o *cash-flow*⁶ positivo.

Este modelo é um bom conceito, principalmente para os clientes que estão poucos familiarizados com este tipo de serviço, porque este não assume qualquer risco financeiro. Todavia, esta abordagem cria barreiras para as pequenas ESCOs, uma vez que podem rapidamente endividar-se e ficarem bloqueadas a novos projectos. As empresas recentes e inexperientes podem não ter a mesma facilidade de acesso a financiamento, comparativamente a outras com maior presença no mercado e experiência, prejudicando desta forma a competitividade entre ESCOs. Existe uma alternativa a este modelo, chamada *first out*, que consiste no pagamento a 100% das

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

poupanças de energia até aos custos do projecto, incluindo o lucro da ESCO, serem totalmente pagos. A duração exacta deste tipo de contracto vai depender directamente do nível de poupança alcançando. Quanto maior for a poupança, menor será o tempo de contracto.

O contracto pode incluir um tempo livre para ajustar os pagamentos em consequência das diferenças entre as poupanças reais e as poupanças calculadas. Esse tempo pode ser, por exemplo, de um ano.

2.5 Principais categorias associadas às ESCO

Sendo a definição de ESCO suficientemente abrangente, surgiram vários modelos de negócio que podem ser associados a esta. Os principais modelos que têm vindo a ser evoluídos e que se assemelham com o modelo original são os seguintes:

- ESCO tradicionais

São empresas que se remuneram através de contractos de performance EPC, em que o seu modelo de negócio consiste na execução de todas as fases de um Projecto de Eficiência Energética, começando estas por detectar as Oportunidades de Racionalização de Consumo (ORC's) e acabando na implementação física do Projecto. Estas empresas são responsáveis pela solução técnica e proprietárias da mesma, sendo deste modo igualmente responsáveis pelo investimento e eventual manutenção dos equipamentos instalados.

- Retail Energy Service Companies (RESCO)

Este tipo de empresas é uma evolução das ESCO tradicionais e nasceram da regulamentação de produção independente, cogeração e microgeração de energia eléctrica. A liberalização do mercado da energia, no âmbito da política de distribuição de política, levou ao aparecimento das RESCO, este tipo de empresas aplicam o conceito ESCO, embora adaptado ao mercado produtos se energia, estas aliam-se a empresas que cumprem os requisitos de licenciamento como produtores de energia e disponibilizam as condições logísticas para a instalação de equipamentos produtores de energia, assumindo as RESCO os encargos do projecto, financiamento e instalação dos equipamentos produtores de energia e dividindo as mais-valias geradas pela venda da energia eléctrica e outros subprodutos com a empresa parceira.

- Empresas similares às ESCO

Estas empresas são, geralmente, empresas de engenharia ou empresas produtoras de equipamento de controlo e racionalização de consumo de energia que colocam os seus equipamentos no cliente, garantindo as poupanças previstas. A responsabilidade do investimento é do cliente, embora esta possa ser partilhada, ficando assim a empresa instaladora comprometida a ressarcir o cliente da diferença, se as poupanças atingidas forem inferiores às previstas e protocoladas. Em alguns casos e dependendo do contracto celebrado, a empresa instaladora pode ser bonificada se as poupanças atingidas ultrapassarem as previstas e protocoladas.

2.6 Evolução do mercado e sua análise

O mercado das ESCO evoluiu em diversos sentidos ao longo dos anos, sendo adaptado pelas diversas entidades da maneira que mais convinha ao seu modo de operação. Diversos modelos foram evoluindo visto o conceito ESCO ser muito abrangente, sendo que o próprio mercado colocou diversas regras para situações distintas, o que obrigou as empresas ESCO ou empresas com operações ESCO Similares a adaptarem o seu modelo de negócio para responderem às solicitações.

Segundo a base de dados norte americana NAESCO/LBNL, composta por um total de 517 projectos, cerca de 54% destes obtiveram poupanças acima do esperado, como se pode verificar na **Figura 2.5**.

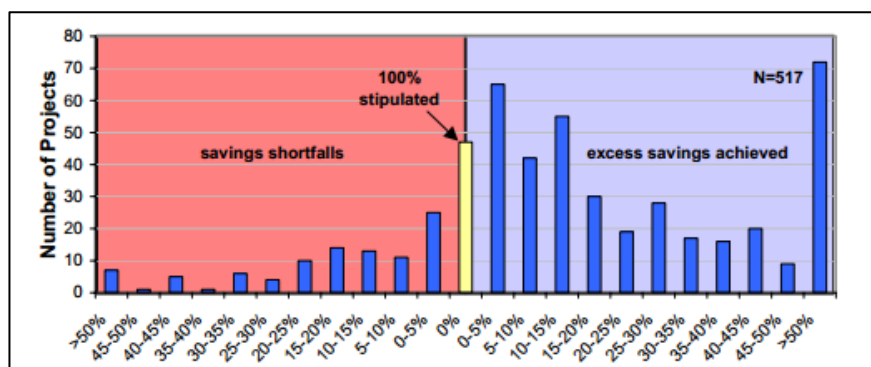


Figura 2.5 - Precisão da previsão de poupança [20]

As empresas ESCO movimentam-se em diversos segmentos de mercado e com ambientes e regras distintas, estas actuam quer no mercado composto por empresas privadas quer no mercado composto por instituições governamentais ou de cariz público.

- Mercado Privado

Neste tipo de mercado as empresas ESCO ou de operações similares, aplicam de um modo mais fiel o seu verdadeiro conceito, é definido um ESPC, sendo as ESCO as responsáveis pelo projecto, instalação, manutenção, investimento, estudo de viabilidade, elaboração de *cash-flow*⁶ e verificação de resultados.

O facto de o conceito ESCO ter surgido neste tipo de mercado, não é alheio à formatação ESCO estar adaptada às necessidades do mercado.

- Mercado Público

Mais tarde o mercado público despertou para as potencialidades das ESCO e sendo este um mercado com regras e especificidades próprias, obrigou a algumas adaptações no modelo de negócio. A entrada de empresas ESCO ou de operações ESCO Similares nos sistemas de produção e distribuição de energia demorou vários anos, devido ao regime legislativo em vigor. Hoje em dia, a legislação tem sido alterada tanto nos Estados Unidos da América como na União Europeia, de forma a facilitar a entrada destas empresas embora estas mudanças sejam lentas e feitas de avanços e recuos.

Além destas dificuldades e constrangimentos legislativos, as responsabilidades de gestão e manutenção das redes de distribuição de energia são geralmente posse de empresas públicas ou entidades governamentais. A actuação das empresas ESCO ou de operações ESCO similares neste ambiente resume-se ao projecto de soluções de eficiência energética, à apresentação do estudo de viabilidade e o firmar de um ESPC onde a ESCO é obrigada a ressarcir o cliente se os objectivos não forem atingidos ou ser bonificada se os mesmos forem ultrapassados. A instalação e consequente manutenção ficam a cargo da empresa pública ou entidade governamental já responsável pela secção da rede de distribuição de energia em questão, já o financiamento geralmente provém de pacotes governamentais ou fundos comunitários criados para o efeito [14].

2.6.1 Empresas ESCO em Portugal

Em resposta à necessidade de uma política integrada de racionalização de consumo energético, o governo português tem lançado um conjunto de pacotes legislativos. Estes incluem objectivos e apoios ambiciosos para consumidores intensivos de energia.

Os mercados para tecnologias de eficiência energética de energia renovável sofreram profundas alterações desde 2008, suportada por uma importante aposta do governo em vigor na altura.

Em 2009, existiam 10-12 empresas ESCO em Portugal. Embora a grande maioria destas empresas sejam PME e os seus projectos sejam financiados por programas de parcerias público-privadas, onde o seu negócio principal são os serviços energéticos, não existe até à altura nenhuma associação de ESCOs no país. Estes projectos são mais comuns no

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho energético

sector industrial, onde os planos de racionalização de energia são obrigatórios quando o consumo anual de energia ultrapassa os 500 tep por ano. A iluminação pública também tem vindo a ganhar importância (**Tabela 2.2** - Mercado português das ESCO).

Os EPC baseados na partilha de poupanças têm vindo a ganhar popularidade, apesar de serem mais frequentes os contractos que não são baseados na performance do serviço.

O mercado português tem registado um crescimento estável nos últimos anos, embora a um ritmo lento, porque os potenciais clientes estão mais relutantes em assinar contractos a longo prazo. Actualmente, o principal factor para o crescimento das ESCO em Portugal é o interesse público em novos projectos, promovido pelo programa ECO.AP (já supracitado). No entanto a crise financeira que se faz sentir, teve um impacto negativo no acesso ao financiamento por parte das empresas do sector energético, tendo havido muitos casos em que clientes congelaram alguns projectos já planeados.

A falta de informação devido ao baixo número de projectos implementados e a não existência de uma associação profissional de ESCOs são as principais barreiras no mercado português. Estes *handicaps* provocam alguns problemas, tais como a falta de prática ou a formação de *lobbys*⁷ que atrasam o desenvolvimento do sector. São necessárias boas práticas para mostrar aos clientes os benefícios da assinatura dos EPC. Se os apoios governamentais continuarem prevê-se um forte impulso neste sector [21].

Tabela 2.2 - Mercado português das ESCO [21].

Número de ESCOs	10 a 12 empresas
Tamanho do Mercado	10 – 30 M€
Associação de ESCOs	Não existe (ano 2014)
Tipos de ESCOs	Empresas nacionais e filiais de empresas internacionais
Desenvolvimento do mercado	Crescimento lento. Estratégia governamental de apoio à eficiência energética para ajudar novas ESCO e linha de crédito para financiar projectos de eficiência energética
Sector dos projectos ESCO e principais MRE	Edifícios, iluminação pública e indústrias envolvendo cogeração, micro cogeração, auditorias, iluminação, aproveitamento de energia e motores

2.7 Principais entraves às ESCO

Existem alguns entraves na implementação das empresas ESCO, a pouca consciencialização e escassa informação sobre este novo conceito “ESCO” é uma delas e, porventura, o principal.

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

A desconfiança e o cepticismo por parte do cliente em relação às ESCO e aos contractos de desempenho energético, aliados a um desconhecimento de oportunidades de eficiência energética, assim como um elevado nível de percepção de risco de investimento da ESCO, são outras das barreiras comuns que dificultam a entrada deste tipo de empresas no mercado.

Há também restrições a nível do investimento público e a existência de regras que são incompatíveis com investimentos em eficiência energética e existe ainda uma limitação evidente no entendimento de medidas de verificação de protocolos definidos para assegurar as performances energéticas, propondo-se por vezes o desenvolvimento de um sistema padrão neutro e viável comum.

A juntar a este a estes obstáculos, que já de si são bastante difíceis de ultrapassar por parte das ESCO, há ainda a inexistência de incentivos separados, principalmente para o sector residencial, assim como problemas com a disponibilidade de financiamentos, sendo que em alguns casos, são grandes ESCO que dominam porque conseguem elas próprias financiar o projecto [22].

2.8 Factores de sucesso

Na Europa, alguns mercados, como a Alemanha, Suécia e Áustria, assistiram a um desenvolvimento estratégico das ESCO, enquanto noutros foram precisas medidas específicas ou o ambiente tornou-se susceptível para estas empresas (Espanha ou República Checa). Entre os factores de sucessos estão:

- Subida dos preços da energia, regulamentação ambiental mais apertada e a remoção ou racionalização de subsídios (aumentando o interesse em Energia Eléctrica);
- Apoios governamentais mais benéficos para as ESCO, derivados possivelmente da implementação das várias directivas europeias e da liberalização do mercado da electricidade;
- Propagação de informação e estabelecimento de documentos *standard*, elaborados por entidades isentas (agências de energia ou ONG's), que facilitem as empresas e que lhes concedem confiança junto dos consumidores;
- Aparecimento de soluções para contrariar projectos, tais como o estabelecimento de auditorias energéticas obrigatórias;
- Acreditação das empresas ESCO;
- Desenvolvimento de incentivos do estado em alguns países (ex. Hungria) e do quadro legislativo e do contexto regulamentar.

2.9 Monitorização de uma ESCO

Para as empresas ESCO garantirem os níveis de eficiência e as economias previstas durante o contracto, é necessário recorrer a um método chamado “Medição e Verificação” (M&V). Este método é suportado por um protocolo internacionalmente reconhecido, chamado Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP) e com este procedimento os clientes podem ter a certeza que as poupanças garantidas foram atingidas de verdade, mesmo que ocorram mudanças no clima, no edifício, mudanças de rotinas laborais ou volumes de produção [23].

Para verificar se o projecto atinge a performance contratualizada, as ESCOs monitorizam e verificam o projecto. A monitorização é realizada através da instalação de equipamentos para efectuar medidas pontuais ou contínuas nos circuitos em análise. Este procedimento serve de base à justificação da performance da instalação e operação dos equipamentos, podendo, ainda, envolver ferramentas de análise das facturas energéticas.

Uma vez que exige uma recolha contínua de dados durante o período do contracto acordado, a monitorização do projecto pode ser dispendiosa e os custos da monitorização do projecto devem ser incluídos nos custos do projecto [17]. A M&V é uma metodologia em desenvolvimento, embora as práticas comuns de M&V se encontrem fundamentadas em protocolos como:

- IPMVP
- ASHRAE Guideline 14
- ISO 50001 - Energy Management Standard

Geralmente são necessários documentos e guias específicos com procedimentos mais detalhados e adaptados à situação. Existem diversos factores que influenciam os custos da medição e verificação, são eles: a complexidade da medição, a quantidade e a duração do contracto de performance. O rigor e precisão também influenciam de forma substancial os custos da medição e verificação. Existem, também, vários factores que aumentam os riscos, tais como: as incertezas e a complexidade dos projectos, a experiência e o bom relacionamento entre as partes, que se afiguram como factores que reduzem o risco. A execução da medição e verificação tanto pode ser da responsabilidade exclusiva da ESCO, como pode ser de uma assessoria, sendo que esta pode ser contratada pelo cliente, pela ESCO ou por ambos. Se a medição e verificação for da responsabilidade de uma assessoria, as medidas têm maior credibilidade para o cliente e à partida facilita a resolução de eventuais conflitos entre ambas as partes, para além de poder ter a vantagem de diminuir os custos fixos para a ESCOs [16].

Em certas situações, monitorizar e medir energia pode ser um processo bastante complexo e dispendioso. Como alternativa comprovada a este método, pode ser usado

o método de *benchmarking*⁸ e modelação através do uso de redes neuronais. Para isso, é necessária a recolha de dados de instalações de características idênticas, para se construir um modelo de consumo energético, ajustando nele, características importantes da própria instalação, clima, entre outros factores. Para fazer a validação deste método, pode ser usada uma rede neuronal, prevendo-se assim os consumos após as medidas de racionalização energética e, conseqüentemente, as poupanças. De acordo com o autor, este método revelou-se uma ferramenta bastante útil e intuitiva para identificar picos de consumo (comparando instalações similares), identificar os parâmetros que causam esse alto consumo, assim como, prever o comportamento da instalação depois das medidas de poupança aplicadas, o que ajuda numa rápida análise de quais medidas a implementar. Apesar destas capacidades, e quando comparado com métodos de simulação computacional, este método revela-se menos preciso, devido a algumas limitações, tais como: o número de amostras insuficiente, o comportamento dos ocupantes e a estrutura do edifício. No entanto, algumas destas lacunas podem ser preenchidas através de questionários e auditorias [24].

Outra metodologia é a monitorização dos consumos de energia remotamente e em tempo real da instalação. Usando uma ferramenta que permita esta recolha de dados, é possível, juntamente com esta, integrar um interface de controlo automático ou manual, que permita minimizar o consumo de energia. Nos últimos anos, este método tem-se tornado mais popular, porque contribui para uma contínua gestão da energia, possibilitando desta forma obter poupanças e reduções de custos. Estes sistemas de gestão de energia são normalmente aplicados no controlo de sistemas activos, como por exemplo, no aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC). Desenvolvimentos recentes neste tema seguiram os avanços da área de informática, telecomunicações e processamento de informação. Para otimizar o controlo computacional destes sistemas de gestão de energia, vários autores propõe métodos como: algoritmos genéticos, algoritmos de *Fuzzy Power Flow*, optimização por simulação, controlo adaptativo, previsão de ocupação e como já foi referido anteriormente - as redes neuronais. Usando um sistema de monitorização autónomo, já é possível englobar monitorização em tempo real de sistemas AVAC, iluminação, entre outras, assim como fornecer dados organizados estatisticamente, analisar os pontos fracos que sugiram possíveis intervenções e comparar o perfil de consumo actual com outros períodos similares já ocorridos, permitindo também ao mesmo tempo, construir cenários optimizados da operação do sistema que minimizam o consumo da instalação e enviar comandos para as unidades individuais, a fim de alterar o seu funcionamento [25].

Quando se pretende aplicar medidas de baixo custo, sem investimento em novos equipamentos, ou quando uma instalação é recente o suficiente para não justificar investimento - visto que os actuais equipamentos e materiais são de última geração - é possível obter poupanças através da recalendarização do funcionamento dos mesmos. Auditorias comprovaram que no caso de edifícios mais modernos, apesar de todo o equipamento estar a funcionar da maneira prevista, mantendo todos os parâmetros dentro dos limites regulamentares, a operação encontra-se, muitas vezes, longe dos

⁸ Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

requisitos dos seus ocupantes. Este hiato, entre as previsões de operação no momento do projecto e a utilização real, resulta em desperdícios, que quando quantificados podem traduzir-se em poupanças muito significativas. O método para identificar esta lacuna começa por analisar o estado actual de funcionamento da instalação, fazendo o levantamento dos espaços e funções, detalhes técnicos, assim como, de equipamentos de energia com os respectivos horários de funcionamento.

De seguida, são realizados inquéritos aos ocupantes e aos operadores da instalação, para traçar um cenário estatístico sobre a utilização das instalações, e ter conhecimento do grau de satisfação das mesmas. A partir destes inquéritos, é possível concluir que certas zonas do edifício podem ser usadas de forma indevida, o que leva ao uso inadequado de equipamentos. Incluindo estes novos dados, num dado modelo de simulação ou previsão de consumos, é possível calibrar e avaliar se as medidas de reagendamento de funcionamento dos aparelhos conduzirão, efectivamente, a poupanças [26].

CONTRACTOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

3.1 INTRODUÇÃO

3.2 ESTRUTURA DE UM EPC

3.3 PLANEAMENTO ESTRATÉGICO DAS MRE

3.4 PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO

3.5 ANÁLISE E PARÂMETROS FINANCEIROS

3.5.1 VÁRIOS CENÁRIOS DE POUPANÇA

3.5.2 DECISÃO MULTICRITÉRIO

3.5.3 VARIÁVEIS FINANCEIRAS

3 CONTRACTOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Neste capítulo serão descritos os elementos que integram um contrato de desempenho energético, assim como os métodos, os tipos de contrato e quem os elabora, tentando ir de encontro às linhas gerais propostas pelo programa ECO.AP.

3.1 Introdução

As empresas ESCO fornecem serviços energéticos e outras medidas de melhoria da eficiência energética nas instalações de um utilizador, assumindo um certo grau de risco financeiro, uma vez que a sua remuneração pelos serviços prestados se baseia, total ou parcialmente, no grau de concretização da melhoria da eficiência energética e na satisfação de outros critérios de desempenho energético, que possam ser fixados contratualmente.

Existem quatro parâmetros que devem ser considerados no início da implementação deste tipo de contratos, que são: o preço de implementação, o interesse público do projecto, o crescente ganho de poupanças ao longo do tempo e a percentagem de remuneração sobre as poupanças alcançadas. A análise financeira é parte fundamental na realização de um contrato de desempenho energético e pode ser traduzida num balanço onde estão descritas as receitas do projecto (que advém das poupanças energéticas espectáveis), custos de projecto (através de débito ou empréstimo) e a descrição da M&V para justificar com credibilidade as previsões de poupança. Nesta análise, são usadas técnicas simples de engenharia económica para determinar custos e receitas futuras. O projecto será considerado economicamente viável se o fluxo de receitas for suficiente para financiar as medidas implementadas e amortizar o investimento no período definido [3].

3.2 Estrutura de um EPC

Um contrato de desempenho energético deve especificar:

- Definição do âmbito condições e interpretação;
- Especificação da solução técnica;
- Prazo do contrato;
- Especificações da solução e financiamento;
- Especificação de obrigações e responsabilidade;

- Plano de execução do projecto e engenharia;
- Plano de Medição e Verificação (M&V) e critérios de avaliação;
- Periodicidade relevante para monitorização do cumprimento do contracto;
- Protocolo de partilha de poupança e responsabilidades;
- Protocolo para a resolução de litígios, activação de seguros e alterações de contracto;

Na **Tabela 3.1** - Recomendações para a elaboração de um contracto de desempenho energético [4], são descritas algumas recomendações para a elaboração de um contracto de desempenho energético, de acordo com o perfil do cliente e da própria ESCO.

Tabela 3.1 - Recomendações para a elaboração de um contracto de desempenho energético [4]

Auditoria	Financiamento	Modelo	Contrato
Prescritiva	Comercial	Alto risco para ESCO	Baseados na performance
Auditoria detalhada	Crédito bancário para financiar EPC	Serviço completo - <i>Shared Savings</i>	Contrato com pagamentos periódicos baseados na M&V
Auditoria detalhada de uma instalação similar	Financiamento pela parte da ESCO	Financiamento por terceiros - <i>Guaranteed Savings</i>	Contratos com termos variáveis
Auditoria visual	Crédito ou garantia de risco	Contratos com termos variáveis - contratos <i>first out</i>	Pagamentos parciais sobre comissionamento e balanço de pagamentos entre 3 e 6 meses
Auditoria institucional - sem custos	Financiamento através de parceria público-privada (PPP)	Aluguer de equipamentos	Pagamentos fixos com M&V periódica, garantia de equipamentos e atribuição de bónus
Inventário de equipamento/resumo de faturas	Fundo de manei público	Pagamento de consultoria baseados em performance	Pagamento integral no comissionamento com ajustamentos para a nos finais
Nenhuma auditoria inicial	Orçamento público para projectos de eficiência energética	Pagamentos de consultoria fixos	Pagamento integral no comissionamento
Flexível	Público	Baixo risco para ESCO	Tradicional

Um Contracto de Desempenho Energético poderá envolver um maior ou menos risco para as ESCO, baseado na performance ou ser um contracto mais “tradicional”. Tudo isto depende das opções e necessidades escolhidas pelo cliente e pela empresa ESCO aquando a realização do contracto.

3.3 Planeamento estratégico das MRE

Dentro da estrutura do contracto deve estar inserido o planeamento estratégico que se pretende adoptar na instalação alvo. Este planeamento deve conter, detalhadamente, todas as medidas de racionalização energética (MRE) a implementar.

Para tal é necessário um levantamento exaustivo de todos os dados de instalação, desde o levantamento de todas as potências nominais dos equipamentos, registo de horários de funcionamento, distribuição de questionários comportamentais e, caso se justifique, a instalação de equipamentos de monitorização, contínua ou pontual.

Com base na informação recolhida e na desagregação de consumos será efectuada a descrição detalhada da agência e será possível identificar pontos de actuação com potencial de redução e/ou melhoria do conforto dos ocupantes.

3.4 Processo de implementação

O processo inicia-se com uma reunião, para que ambas as partes apresentem os seus objectivos para o projecto e seja dada uma visão geral da instalação e qual a parte que a ESCO deve considerar.

Finda a reunião, a ESCO realiza uma auditoria e um plano preliminar para determinar se existe viabilidade e interesse em realizar o projecto. De seguida, é apresentado este mesmo plano ao cliente e, se este se mostrar interessado com o desenvolvimento geral do projecto, é dada ordem para avançar para a fase seguinte. Com isto, a ESCO inicia uma auditoria mais aprofundada às instalações, para avaliar o grau de investimento necessário de acordo com as medidas de poupança. Na proposta final, deverá ser realizada uma descrição completa do projecto, incluindo os preços de todas as medidas a implementar e as respectivas estimativas de poupança que serão garantidas, assim como um plano de pagamentos que o cliente deverá realizar à ESCO durante o período de contracto. O cliente deverá rever e analisar a proposta final e, após as negociações contractuais, deverá ser dada ordem para a ESCO implementar os projectos e quem os elabora. Nesta fase inicia-se a fase de implementação, que engloba o planeamento, instalação e gestão do projecto. Quando se justificar pode ser iniciado o processo de M&V.

3.5 Análise e parâmetros financeiros

A viabilidade do projecto realizado por uma empresa ESCO depende de alguns parâmetros chave. O primeiro é o custo de implementação do projecto, que deve incluir

todos os custos de trabalho, materiais e equipamentos necessários, assim como, a percentagem de poupança cobrada pela ESCO. Em alguns casos e, em particular no sector público, a administração pública pode contribuir com pagamentos auxiliares, cujas verbas estariam destinadas a outros projectos. Estes pagamentos auxiliares resultam de projectos que a ESCO tornou desnecessários. Por exemplo, suponhamos que estava previsto por parte do cliente realizar um *upgrade*⁹ de uma caldeira. Se no projecto da ESCO estiver previsto a instalação de bombas de calor no solo que permitam o desmantelamento da caldeira existente, os fundos do cliente estavam previstos para o *upgrade* da caldeira podem ser revertidos em pagamentos auxiliares para a ESCO, reduzindo os custos gerais do projecto.

Visto que a empresa não recebe qualquer pagamento até às medidas e equipamentos estarem instalados, verifica-se um endividamento extra. Este endividamento, chamado financiamento de procedimentos, poderão estar os custos de subcontacto a outros profissionais necessários ao arranque do projecto. Caso o montante inicial seja acedido por via de financiamento, deverá ser definida uma taxa de juro fixa durante o período de empréstimo.

Para estimar e avaliar as poupanças durante toda a fase do projecto, usa-se o preço actual da energia e assume-se uma taxa de crescimento constante deste valor ao longo dos anos. Deverão ser consideradas taxas diferentes para cada tipo de energia ou recurso. Esta taxa de crescimento deverá ter como base o seu histórico, assim como, previsões e inflação.

Uma vez implementado o projecto, e a partir do momento que a ESCO começa a receber os pagamentos, estas verbas podem ser usadas para amortizar o investimento inicial, como também realizar a M&V das medidas implementadas, para garantir que as poupanças ocorreram. Caso no relatório anual de M&V se verifique que as poupanças corresponderam ao esperado, o cliente pode então reduzir os pagamentos. Os pagamentos que o cliente atribui à ESCO podem assumir três vertentes: pagamentos auxiliares, custos de energia evitados e custos de manutenção evitados.

Analisando os parâmetros financeiros de um projecto, é possível chegar à conclusão que a fase negocial que antecede a implementação das medidas é bastante importante, isto porque pequenas reduções no montante inicial investido podem significar importantes reduções no período de retorno do investimento. Outro parâmetro importante é a evolução do preço da energia e do recurso, porque um eventual aumento deste parâmetro, significa maiores pagamentos para a ESCO ao longo do contracto.

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contracto de desempenho energético

3.5.1 Vários cenários de poupança

Ao elaborar um projecto de eficiência energética, normalmente são desenhados vários cenários de poupança. O papel da empresa é apresentar vários cenários possíveis de serem implementados, cabendo ao cliente a decisão, sempre com a ajuda de todos os esclarecimentos técnicos por parte da empresa. Estes cenários distinguem-se pelo tipo de solução, custo, níveis de eficiência atingidos e pelo seu *payback*.

Quando se obtém o quadro de cenários possíveis, é necessário tomar uma decisão, tendo em conta vários critérios, mais precisamente:

- Identificar alternativas, opções ou hipóteses de decisão;
- Verificar a viabilidade das alternativas (eliminando as que não satisfazem certos critérios eliminatórios, a que se chama restrições), destacando-se, por exemplo, cenários cujo custo ultrapassa a disponibilidade financeira;
- Definimos os critérios de avaliação, aspectos relevantes ou pontos de vista a ter em conta quando comparamos duas alternativas em termos de preferência. Por exemplo, o custo (é sempre preferível uma alternativa com menor custo do que outra), poupanças energéticas alcançadas (geralmente um cenário com maiores poupanças é o escolhido), a inovação e qualidade técnica (preferimos um cenário com maior inovação e qualidade técnica);

Em muitas circunstâncias da vida corrente estes passos estão interligados e de certa forma misturados, sendo que a decisão acaba por surgir de um modo relativamente informal. No entanto, em situações mais complexas ou quando as decisões são tomadas num ambiente organizacional, onde têm que ser justificadas ou, pelo menos, explicadas, há vantagem em seguir um procedimento formal que garanta a consistência do processo global.

3.5.2 Decisão multicritério

O processo inicia-se com uma reunião, para que ambas as partes apresentem os seus objectivos para o projecto, e seja dada uma visão geral da instalação e qual a parte da instalação que a ESCO deve considerar.

Uma vez estabelecido o conjunto de alternativas viáveis, caracterizadas pelos seus atributos, é necessário incorporar as preferências do agente de decisão (cliente), de modo a chegar à solução preferida. Havendo somente dois atributos, por exemplo, custo de investimento e poupanças alcançadas, é possível realizar uma representação gráfica, como exemplifica a **Figura 3.1**. Este tipo de representação cartesiana permite formar, desde logo, uma ideia global sobre o conjunto das alternativas. Identificam-se logo as alternativas dominantes e dominadas segundo os critérios definidos.

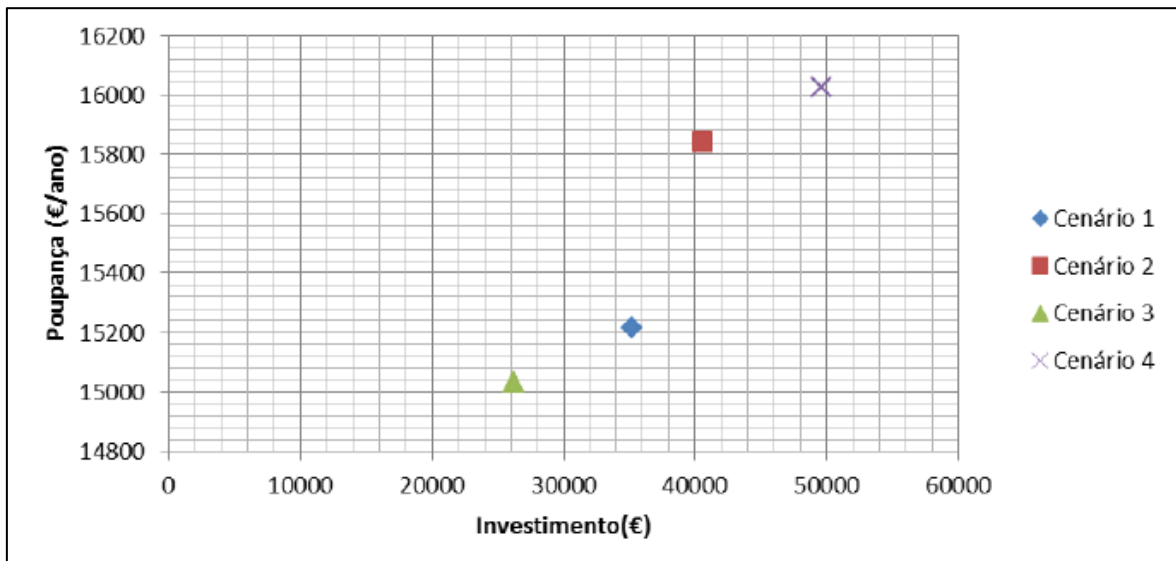


Figura 3.1 - Representação gráfica da ajuda à decisão [27]

Rapidamente se percebe que a alternativa não tem que ser melhor em todos os critérios, mas apenas num deles, desde que nunca seja pior. Este conceito de dominação permite eliminar, nos problemas de escolha, todas as alternativas, designando-se as que restam por não-dominadas, ou eficientes [28].

3.5.3 Variáveis financeiras

Depois de definidos os cenários, é possível calcular parâmetros de avaliação financeira, para o panorama escolhido pelo cliente ou para todos os cenários.

A base para a construção dos diferentes cenários financeiros, assenta na poupança em kWh produzida pelo cenário de poupança escolhido. Depois de obtido este valor é necessário definir vários parâmetros para mais tarde introduzir na folha de cálculo, como:

- Valor do investimento inicial – C_0
- Taxa de Juro (anual efectiva) – i
- Períodos de capitalização de crédito – n
- Períodos de capitalização anual – n_a
- Taxa de crescimento do preço da energia eléctrica (kWh) – K_e
- Taxa de crescimento do preço da água m^3 – K_a
- Taxa de inflação – K_i
- Custos com recursos humanos – CRH
- Custos da auditoria – CA
- Custos de monitorização – CM
- Custos de subcontratação – CSC

- Poupança kWh – PW
- Preço do kWh – Pk

Com estes *inputs*, é possível calcular os seguintes parâmetros:

1. Prestação anual (R)

$$R = Co \frac{i}{(1-(1+i)^{-n})} \quad (3.1)$$

onde Co é o valor do investimento inicial, i a taxa de juro e n o número de períodos de capitalização do crédito.

2. Montante da dívida

Montante em dívida será o valor restante a amortizar do total financiado em cada ano.

3. Montante de juros pagos

Montante de juros será a componente de juros do total da prestação anual.

4. Amortização

Amortização será a componente da prestação anual sem o valor do juro.

5. Poupança monetária

$$P = PW \times Pk \times Ke \quad (3.2)$$

onde PW é a poupança em kWh, Pk é o preço do kWh no ano de implementação do projecto e Ke é a taxa de crescimento do preço do kWh.

6. Pagamento à ESCO

$$PE = P \times \text{Percentagem de Remuneração} \quad (3.3)$$

onde P é a poupança monetária.

7. Resultado anual líquido cliente

$$RLEa = Poupança (\text{€}) - R - PE \quad (3.4)$$

onde R é a prestação anual e PE é o valor do pagamento à ESCO.

8. Resultado anual líquido ESCO

$$RLESCOa = PE - CRH - CA - CM - CSC \quad (3.5)$$

onde PE é o valor do pagamento à ESCO, CRH é o valor dos custos de recursos humanos, CA é o custo da auditoria, CM é o custo de monitorização e CSC é o custo de subcontratações.

9. TIR (taxa interna de rentabilidade) empresa e cliente

10. VAL (valor actual líquido) empresa e cliente

METODOLOGIA PARA A CRIAÇÃO DE UMA BASELINE

4.1 PROTOCOLOS E NORMAS

4.1.1 IMPVP

4.1.2 NORMA ISSO 5001

4.2 ENQUADRAMENTO DA *BASELINE* NO PROJECTO

4.3 DEFINIÇÃO DA *BASELINE ENERGIA*

4 METODOLOGIA PAR A CRIAÇÃO DE UMA BASELINE

Este capítulo serve para explicar quais os métodos de análise e os procedimentos necessários para calcular as poupanças permitidas por alterações no perfil de consumo de recursos de um edifício de serviços, tendo em linha de conta as etapas de construção da *Baseline*, a informação que se pretende retirar, quais as implicações do modelo EVO em especial o Protocolo Internacional de Medição e Verificação da Performance (IPMVP) dos projectos, utilizado pelas empresas prestadoras deste tipo de serviços, e como se pode calcular poupanças ajustadas à realidade.

4.1 Protocolos e Normas

Neste subcapítulo serão descritas as bases em que a ferramenta em desenvolvimento assenta e as várias fases do método de medição e verificação - como se avalia, como se mede e como se verifica a eficiência energética. Para uma correcta monitorização é necessário processar e analisar dados recolhidos por meio dos mais variados métodos de medição. “Medição & Verificação (M&V) é um procedimento de utilização de medições para determinar correctamente a poupança real conseguida numa instalação individual resultante da aplicação de Medidas de Racionalização de Energia” [9].

4.1.1 IPMVP

A *Efficiency Valuation Organization* (EVO) publicou o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP) para aumentar os investimentos na eficiência energética e consumo eficiente de água, gestão do consumo e projectos de energia renovável em todo o mundo.

O IPMVP especifica o conteúdo de um Plano de Medição e Verificação (Plano de M&V). Este Plano de M&V adere aos princípios fundamentais de M&V aceites em todo o mundo e deve produzir relatórios de poupança verificáveis. A utilização internacional do IPMVP traz as seguintes vantagens a programas que aderem as suas recomendações:

- Justificação dos pagamentos para o desempenho energético. Quando os pagamentos financeiros se baseiam em poupanças demonstradas de energia ou de água, a adesão ao IPMVP garante que as poupanças seguem boas práticas. Um relatório de poupança, que adere ao IPMVP permite a um cliente, a um utilizador de energia ou a uma empresa do sector energético, aceitar com prontidão o desempenho energético reportado. Empresas de Serviços

Energéticos (ESCO) cujas facturas são suportadas por um relatório de poupança, que adere ao IPMVP, garante os pagamentos com maior facilidade;

- Redução dos custos de transacção num Contracto de Desempenho Energético. As especificações do IPMVP, como base para a concepção de M&V de um projecto podem simplificar as negociações para um EPC;
- Credibilidade internacional para relatórios de poupança de energia, aumentando assim o valor para um comprador de poupança de energia associada;
- Ajudar organizações nacionais e industriais a promover e a obter o uso eficiente dos recursos e a alcançar os objectivos ambientais. O IPMVP poderá ser largamente adoptado por agências governamentais nacionais e regionais e por organizações industriais para ajudar a gerir os seus programas e a aumentar a credibilidade dos resultados reportados.

A poupança de energia, água ou procura não pode ser medida directamente, uma vez que a poupança representa a ausência do consumo de energia/água ou da procura. Em vez disso, a poupança é determinada comparando consumo medido ou consumo antes e depois da implementação de um programa, fazendo ajustes adequados às alterações nas condições.

A poupança, ou “consumo de energia evitado” é a diferença entre o consumo de referência e a energia que foi realmente contada durante o período de reporte, mais ou menos ajustes. O termo ajustes deve ser calculado a partir de fatos físicos identificáveis acerca das características que regem a energia do equipamento dentro do limite de medição. São possíveis dois tipos de ajuste:

- **Ajustes periódicos** – para quaisquer factores que rejam a energia, e se espera que mudem periodicamente durante o período de reporte, tais como o clima ou o volume de produção. Podem ser utilizadas uma variedade de técnicas para definir a metodologia de ajuste. As técnicas podem ser tão simples como um valor constante (sem ajuste) ou tão complexa como várias equações não-lineares, de parâmetros múltiplos cada uma correlacionando energia com uma ou mais variáveis independentes. Devem ser usadas técnicas matemáticas válidas para obter o método de ajuste para cada Plano de M&V.
- **Ajustes não-periódicos** – para aqueles factores regidos pela energia, que não se espera que mudem habitualmente, tal como: o tamanho da instalação, a concepção e o funcionamento do equipamento instalado, o número semanal de turnos de produção ou o tipo de ocupantes. Estes factores estáticos devem ser monitorizados para ver se há alguma alteração durante o período de reporte.

O IPMVP pretende agregar as várias variáveis que influenciam os consumos numa fórmula matemática (*Baseline*) que represente com rigor os resultados alcançados. Este protocolo internacional identifica quatro opções (A, B, C e D) de medição e verificação:

As opções A e B são indicadas para determinar os resultados em projectos de alterações em equipamentos e cujas medições podem ser realizadas antes e depois das intervenções de forma isolada do resto do edifício. Uma boa aplicação para a opção A é a alteração de iluminação num determinado espaço, por seu lado um bom exemplo para a opção B é os projectos de instalação de Variadores electrónicos de velocidade em motores indutivos.

Já as opções C e D são indicadas para projectos mais abrangentes de intervenção em edifícios no seu todo e onde não é possível isolar as diversas intervenções. A opção C é a mais utilizada internacionalmente pelas empresas de Serviços Energéticos e contempla várias fases de intervenção planeada, efectuando-se uma auditoria e medição inicial das instalações e posteriormente a sua nova medição com a implementação das medidas de optimização preconizadas. Por seu lado a opção D, é menos usada pois é baseada nos mesmos princípios da opção anterior, no entanto, recorrendo a programas informáticos de simulação.

Em suma, a escolha entre as opções implica muitas considerações incluindo o local do limite de medição. Se for decidido determinar a poupança ao nível da instalação, a Opção C ou D podem ser favorecidas. No entanto, se apenas é de ter em consideração o desempenho energético da própria MRE, uma técnica de medição isolada da MRE pode ser mais adequada (opção A,B ou D) [10].

4.1.2 Norma ISO 5001

A presente Norma aplica-se a todas as variáveis que afectem o desempenho energético e que pode ser monitorizado e influenciado pela organização. É aplicável a qualquer organização que queira garantir conformidade com a sua declaração de política energética, e que deseje demonstrá-la a terceiros, sendo tal conformidade a ser demonstrada por meio de auto-avaliação e autodeclararão de conformidade, ou pela certificação do sistema de gestão de energia por uma organização externa. Esta Norma é baseada em elementos comuns das normas do sistema de gestão ISO, garantindo um elevado nível de compatibilidade com a ISSO 9001 e ISO 14001. Estima-se que a norma poderá influenciar até 60% da utilização de energia à escala global.

Esta Norma assenta no conceito de abordagem *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), que pode ser descrito da seguinte forma:

- **Plan** – realizar a avaliação energética e estabelecer a linha de base, os IDEs, objectivos, metas e planos de acção necessários para produzir resultados que vão melhorar o desempenho energético de acordo com a política de energia da organização;
- **Do** – implementar os planos de acção de gestão de energia;
- **Check** – monitorizar e medir os processos e as características chave das operações que determinam o desempenho energético face à política energética e aos objectivos, e relatar resultados;
- **Act** – empreender acções que visem melhorar continuamente o desempenho da SGE [11].

4.2 Enquadramento da Baseline no Projecto

A definição de *Baseline* é num projecto de eco-eficiência baseado num contracto de desempenho, parte fundamental para que todas as partes consigam de uma forma rápida, eficaz e transparente apurar os resultados obtidos.

A *Baseline* que será apresentada nesta dissertação, tem por base as instruções do IPMVP e o contracto que se pretende celebrar entre a empresa ESCO e o cliente no âmbito de um projecto de eco-eficiência.

No contexto do presente projecto a opção do IPMVP considerada é a opção C, por ser a que mais se adequa à situação. De facto esta é a opção que serve ao desenvolvimento de todo o projecto, pois contempla um conjunto de acções planeadas e sequenciadas no tempo, que permitem com certeza, a definição de uma *Baseline* matemática e que representa o teor dos trabalhos a desenvolver.

As diferentes fases planeadas consideradas são:

1. **Auditoria** – Levantamento dos consumidores energéticos e das condições de operação, levantamento de comportamentos dos utilizadores dos espaços, medições pontuais dos consumos energéticos para a situação real, desagregação de consumos;

2. **Medições** – Instalação de equipamentos de medida em diferentes pontos (quadros gerais de baixa tensão; equipamentos grandes consumidores de energia como AVAC, iluminação, elevadores, etc.);
3. **Factor comportamental** – desenvolvimento de uma estratégia de comunicação eficaz e direccionada, capaz de sensibilizar todos os *stakeholders*, desenvolvimento de um plano comportamental de actuação e respectivos planos de formação adequados;
4. **Planeamento estratégico** – Desenvolvimento de um plano estratégico de intervenção, identificando o conjunto de soluções tecnológicas e comportamentais que permitam o real aumento da eficiência energética nas instalações, bem como a sua análise custo/benefício;
5. **Gestão de eco-eficiência** – desenvolvimento de um conjunto de rotinas de aferição e controlo do projecto e cálculo dos benefícios decorrentes.

4.3 Definição de Baseline Energia

Recorrendo ao IPVMP e ao conhecimento de experiência feita em projecto similares, serão consideradas como representativas do perfil energético do edifício para definição da *Baseline*, as seguintes variáveis:

1. **Consumo de energia em kWh** – unidade de granulometria mais fina e usada para quantificar os consumos de energia;
2. **Área do edifício em m²** – unidade métrica de quantificação de áreas e que normalmente é uma constante, é considerada uma variável fundamental para efectuar *Benchmarking* entre instalações com a mesma actividade;
3. **Número de ocupantes** – corresponde ao número de utilizadores de cada espaço, que são grandes responsáveis pelos perfis de consumo das instalações;
4. **Potência Instalada em kW** – corresponde à soma das potências nominais de todos os equipamentos existentes numa instalação, variável fundamental na correcção da *Baseline* aquando de mudanças ou acréscimo de equipamentos, bem como factor crucial na avaliação da eficiência das instalações. Um equipamento é tanto mais eficiente quanto menor for a sua potência para o mesmo “trabalho” desenvolvido.
5. **Temperatura em °C** – Um dos maiores consumidores de energia de um edifício é o sistema de AVAC e o seu coeficiente de performance (COP) é tanto mais eficiente quanto menor for o diferencial de temperaturas interior e exterior.

Após a identificação das variáveis que influenciam o perfil energético para o presente projecto, desenvolveu-se a fórmula matemática que representa esse perfil:

$$f(K) = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Área} \times \text{NrOcupantes} \times \text{potência instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_{ex}|}{T_i}\right) \quad (3.6)$$

Onde:

F (K) – representa a variação ao longo do tempo do indicador de perfil energético K;

Consumo de energia – representa o consumo de energia em kWh em cada momento da análise;

Área – representa o espaço existente em m²;

Nrº de ocupantes – quantifica o número de utilizadores existentes em cada momento da análise;

Potência Instalada – define a soma das Potências nominais de trabalho de todos os equipamentos existentes na instalação durante o período de análise;

Ti - representa a temperatura média interior do espaço em análise durante o período de análise;

Tex - representa a temperatura média exterior do espaço em análise durante o período de análise;

$(1 - \frac{|T_i - T_{ex}|}{T_i})$ - Esta parcela da função representa o módulo da diferença relativa de temperaturas interior e exterior e que é fundamental para justamente dar o peso real do COP dos sistemas de AVAC e as cargas térmicas existentes no edifício por comparação com o exterior.

CASOS DE ESTUDO

5.1 CASO DE ESTUDO – BANCO “A”

5.1.1 DESAGREGAÇÃO DE CONSUMOS DE ENERGIA

5.1.2 DIAGRAMA DE CARGAS

5.1.3 FATURAÇÃO ENERGÉTICA

5.1.4 GRÁFICOS DO CONSUMO ENERGÉTICO E REAL

5.1.5 INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO – VARIÁVEIS DE TEMPERATURA

5.1.6 ANÁLISE TRIMESTRAL DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO

5.1.7 ANÁLISE ANUAL DO INDICADOR DE PERFIL ENERGÉTICO

5 CASOS DE ESTUDO

Durante o período disponível para realização desta dissertação foram analisados os consumos energéticos de um determinado edifício de serviços (a partir daqui designado por “Banco A”),

Aproveitando o contrato de desempenho energético em vigência com este banco e analisando três anos (2012, 2013 e 2015) não consecutivos, foi realizado um estudo da evolução do indicador de perfil energético durante cada trimestre desses três anos, indo ao encontro do objetivo principal desta dissertação – Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho energético.

O fator que levou a que não se fizesse uma análise em anos consecutivos, deve-se ao simples facto de no decorrer do estágio/dissertação não conseguir obter ou ter acesso às faturas de energética esse edifício referentes ao ano de 2014.

5.1 Caso de Estudo – Banco “A”

O edifício de serviços “A”, sito em Lisboa, tem uma área de 777 m² distribuída por 2 pisos. No piso 1, trabalham diariamente 48 colaboradores e no piso 2, o que se será alvo de análise a seguir, 55 colaboradores.

O horário normal de funcionamento de 2^a a 6^a feira é, na generalidade, das 08h30 às 19h30, havendo o horário especial de uma pessoa até às 22h. Aos fins-de-semana, só se encontram 4-5 colaboradores no edifício, das 10h00 às 14h00 de sábado, sendo que aos domingos o edifício encontra-se desocupado.

5.1.1 Desagregação de Consumos de Energia

Os equipamentos e componentes que integram este edifício e que têm um peso maior na fatura energética deste, fazem parte da climatização, seguidos dos equipamentos informáticos e da iluminação, como podemos verificar na **Figura 5.1**, estes valores foram obtidos após ter sido realizada uma auditoria energética ao edifício.

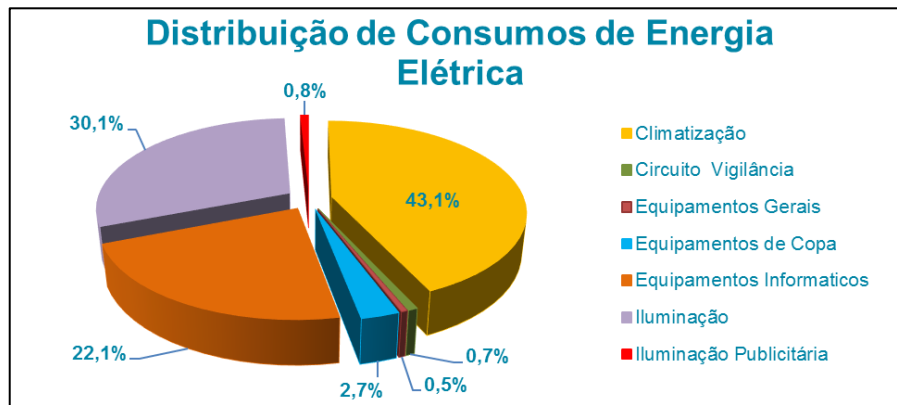


Figura 5.1 - Distribuição de Consumos de Energia Elétrica do Banco A

5.1.2 Diagrama de Cargas

Nas figuras apresentadas abaixo, estão os diagramas de carga, onde consta a evolução das potências debitadas ao longo do dia, por cada equipamento. Tal como o diagrama de distribuição de consumos de energia elétrica, os valores foram obtidos no seguimento de uma auditoria energética realizada no edifício

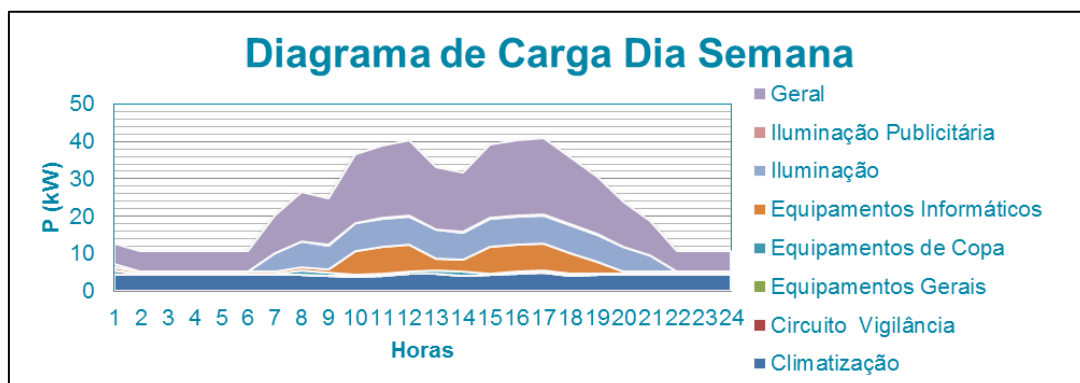


Figura 5.2 - Diagrama de Carga por Dia da Semana

De salientar, que durante o fim-de-semana a potência debitada é constante e substancialmente menor, visto que, aos sábados, existe um menor número de colaboradores presente e não está ninguém presente no edifício aos domingos.

Há, no entanto, registo de potência debitada, proveniente dos equipamentos que se encontram em *stand by* no fim-de-semana.

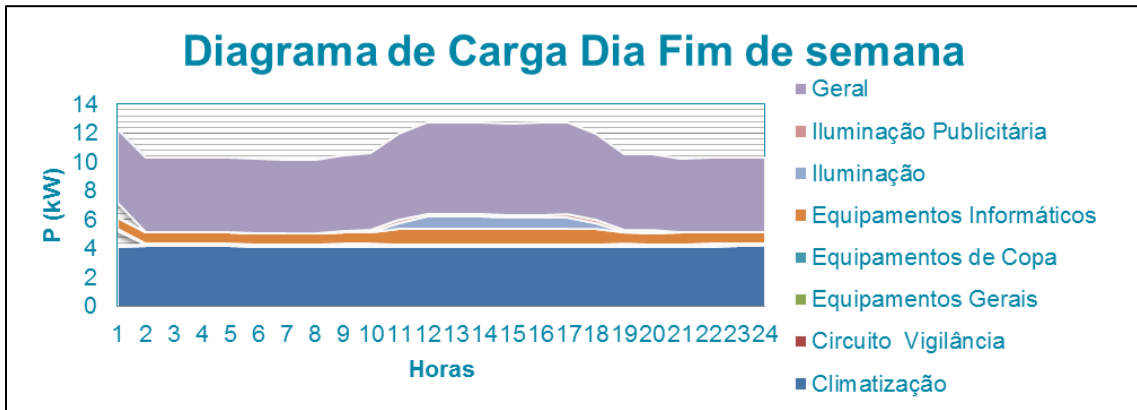


Figura 5.3 - Diagrama de Carga por Fim-de-Semana

5.1.3 Faturação energética

Para a aplicação do indicador de perfil energético - *baseline*, que está em estudo, realizou-se um levantamento do consumo total de energia [kWh] para os três anos em estudo (2012, 2013 e 2105).

Decidiu-se então agrupar os consumos que constam na fatura de energia, pertencentes ao edifício em questão, por trimestre. Sendo que o consumo de energia elétrica para os três anos, foram:

- Para o ano de 2012

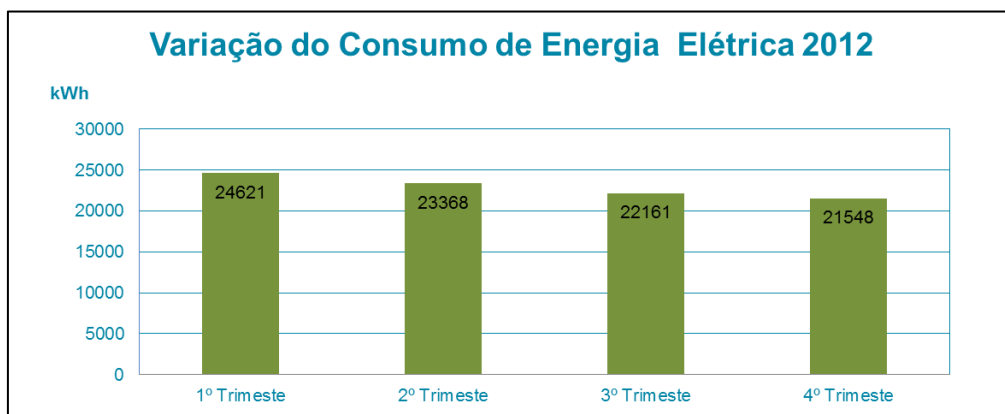


Figura 5.4 - Variação do Consumo de Energia Elétrica, por trimestre, do ano 2012

- Para o ano de 2013

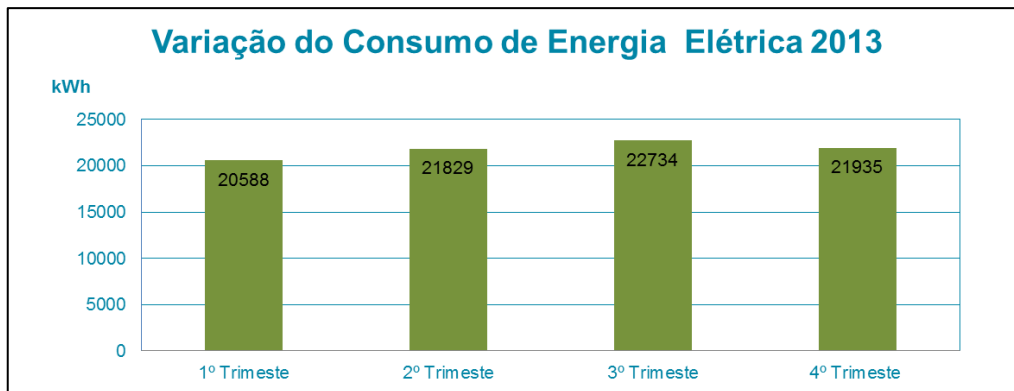


Figura 5.5 - Variação do Consumo de Energia Elétrica, por trimestre, do ano 2013

- Para o ano de 2015

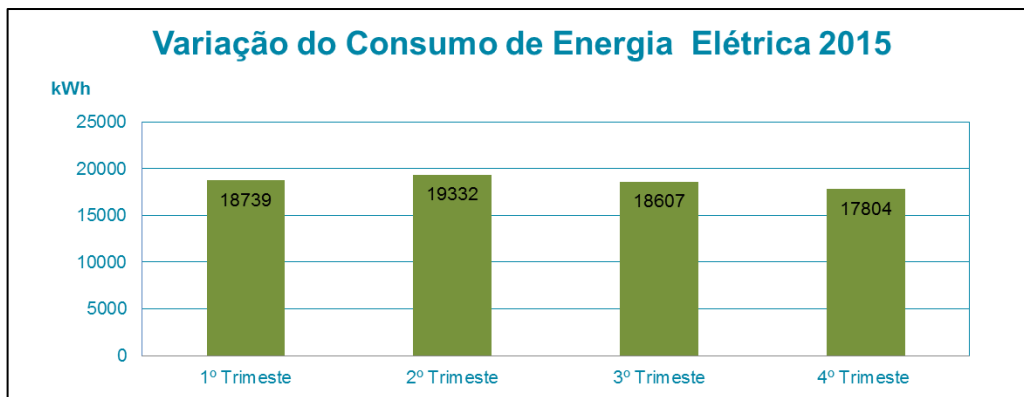


Figura 5.6 - Variação do Consumo de Energia Elétrica, por trimestre, do ano 2015

5.1.4 Gráficos do Consumo Energético e Real

Após a recolha dos dados presentes na fatura energética de cada ano e cruzando com os dados obtidos nas auditorias energéticas, realizados em cada um dos anos de estudo, é usual para as ESCO fazer uma explanação do estado atual do Edifício no que se refere a consumos de energia, onde são identificados os pontos críticos que serão analisados nesse Planeamento Estratégico (PE). Nessa análise são apresentadas soluções que visam atuar sobre as situações onde é possível uma redução de consumos de energia, promovendo um melhor desempenho global da instalação.

Neste caso de estudo em específico, e na sequência da auditoria realizada, foi elaborado um PE para cada um dos anos, onde se previa uma poupança energética na ordem dos 39%, implementando as medidas presentes nesse planeamento.

Visto que o aprofundar da metodologia que levou a que se obtivesse este valor sai do objetivo principal desta dissertação, não será abordado. No entanto, esse valor foi tido em conta nos cálculos e gráficos apresentados nos capítulos subsequentes.

Para o ano de 2012, 2013 e 2015, os Gráficos do Consumo Energético Real vs Previsto, aplicando as medidas de poupança energética, foram os seguintes:

- Ano de 2012

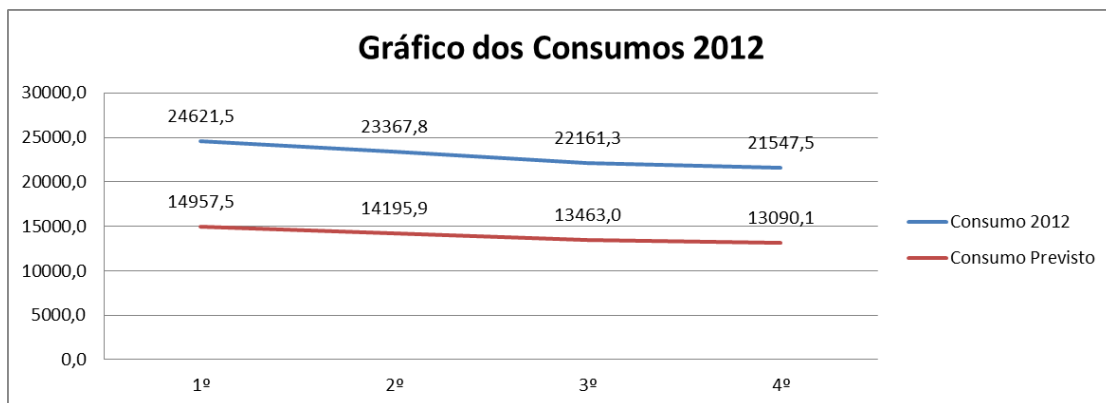


Figura 5.7 - Gráfico dos Consumos Reais de 2012 vs Consumos Previstos

Houve, claramente, um decréscimo ao nível do consumo de Energia Eléctrica, no decorrer deste ano, não sendo normal que se atinga o pico de consumo de energia eléctrica no 1º trimestre. Podemos explicar esta anormalidade, com a necessidade de uma maior utilização de equipamentos destinados a produzir calor, a substituição para equipamentos mais eficientes na transição do 1º para o 2º trimestre, aplicação de práticas/comportamentos de poupança de energia ou outros fatores de índole energética que não conseguimos ter acesso.

- Ano de 2013

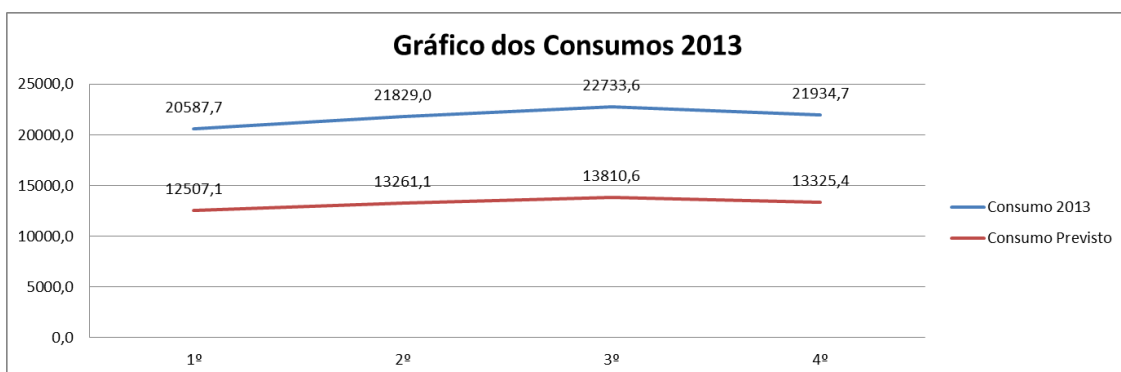


Figura 5.8 - Gráfico dos Consumos Reais de 2013 vs Consumos Previstos

Ao contrário do ano anterior, houve um acréscimo no consumo de energia nos primeiros 3 trimestres do ano. Sendo que os equipamentos de AVAC são os maiores consumidores de energia eléctrica neste edifício, leva-nos a crer que houve a maior necessidade de recorrer a estes equipamentos para a produção de frio.

- Ano de 2015

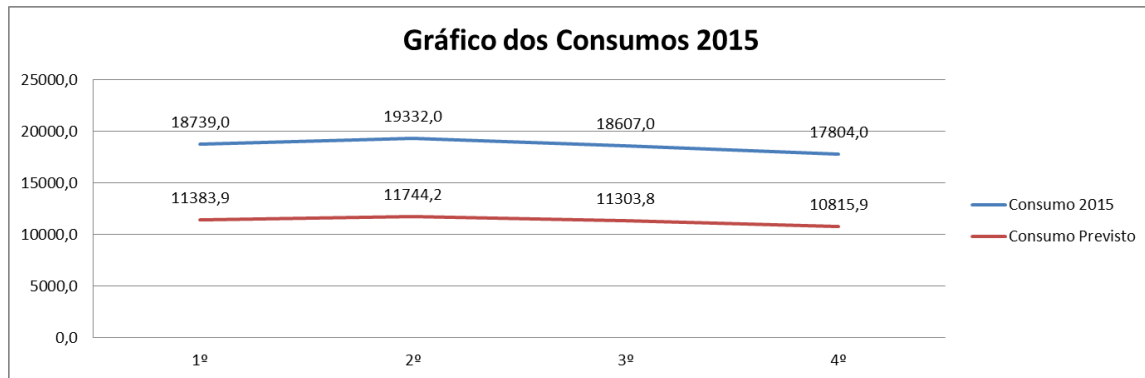


Figura 5.9 - Gráfico dos Consumos Reais de 2015 vs Consumos Previstos

Analisando o ano de 2015, podemos verificar que o período onde o consumo de energia eléctrica foi maior, foi no decorrer dos meses de Abril, Maio e Junho. As temperaturas médias atingidas nesses meses, foram superiores comparativamente a anos transactos, sendo que a diferença entre as temperaturas médias do 2º e 3º trimestre foi também menor que em anos anteriores - 2,6 °C.

5.1.5 Indicador de Perfil Energético – Variáveis de Temperatura

Para a aplicação do Indicador de Perfil Energético neste caso de estudo, foi necessário realizar um levantamento das Temperaturas Exteriores Médias Mensais, registadas nesse ano, pela Estação Meteorológica que monitoriza as temperaturas na região onde está situado o edifício.

$$f(K) = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Área} \times \text{NrOcupantes} \times \text{potência instalada}} \times \left(1 - \frac{|T_i - T_{ex}|}{T_i}\right)$$

Figura 5.10 - Indicador de Perfil energético

Recorrendo aos boletins climatológicos disponibilizados pelo sítio do IPMA[®], foi efetuado um levantamento das temperaturas máximas e mínimas atingidas para cada mês e em cada ano. Posteriormente foi efetuado o cálculo das temperaturas médias para cada mês e conseqüentemente para cada trimestre. Aquando o cálculo do indicador de perfil energético foram inseridos essas temperaturas.

- Temperaturas Exteriores Médias 2012

Temperaturas Exteriores Médias 2012					
Trimestre	Mês	Máx.	Mín	Média	
1º	Jan	15,75	8,11	11,9	13,0
	Fev	15,78	6,62	11,2	
	Mar	20,74	11,26	16,0	
2º	Abr	18	10,92	14,5	18,6
	Mai	23,7	14,99	19,3	
	Jun	26,68	17,06	21,9	
3º	Jul	27,87	17,64	22,8	23,2
	Ago	28,56	18,5	23,5	
	Set	28,16	18,69	23,4	
4º	Out	22,81	14,72	18,8	15,2
	Nov	17,15	11,01	14,1	
	Dez	15,84	9,81	12,8	

Figura 5.11 - Temperaturas Exteriores Médias registadas em Lisboa, no ano de 2012 [29].

- Temperaturas Exteriores Médias 2013

Temperaturas Exteriores Médias 2013					
Trimestre	Mês	Máx.	Mín	Média	
1º	Jan	15,4	9,9	12,7	12,7
	Fev	15,2	8,6	11,9	
	Mar	16,5	10,4	13,5	
2º	Abr	20	12	16,0	18,2
	Mai	22,1	12,7	17,4	
	Jun	26	16,4	21,2	
3º	Jul	29,6	18,7	24,2	24,0
	Ago	30,3	19,1	24,7	
	Set	27,6	18,4	23,0	
4º	Out	22,5	16,4	19,5	14,8
	Nov	17,2	10,8	14,0	
	Dez	14,9	7,2	11,1	

Figura 5.12 - Temperaturas Exteriores Médias registadas em Lisboa, no ano de 2013 [27].

- Temperaturas Exteriores Médias 2015

Temperaturas Exteriores Médias 2015				
Trimestre	Mês	Máx.	Mín	Média
1º	Jan	14,4	7,8	11,1
	Fev	14,8	8	11,4
	Mar	18,7	9,6	14,2
2º	Abr	21,3	12,7	17,0
	Mai	25,5	15,4	20,5
	Jun	28,3	17,2	22,8
3º	Jul	28,6	18	23,3
	Ago	28,8	18,2	23,5
	Set	26,4	16,3	21,4
4º	Out	22,2	15,5	18,9
	Nov	19,5	12,4	16,0
	Dez	16,5	9,7	13,1

Figura 5.13 - Temperaturas Exteriores Médias registas em Lisboa, no ano de 2015 [27].

No que diz respeito às temperaturas interiores assumidas e para o cálculo do indicador de perfil energético, foram assumidas as seguintes temperaturas (reguladas pelo termostato instalado no piso em estudo):

2012 – Temperatura interior de 20 °C

2013 – Temperatura interior de 21 °C

2015 – Temperatura interior de 20 °C

5.1.6 Análise Trimestral do Indicador de Perfil Energético

Numa primeira fase, foi realizado um estudo do Indicador de 3 em 3 meses (Trimestral) para as temperaturas já supramencionadas e para os 3 anos, de seguida foi realizada uma comparação com os gráficos dos consumos de energia elétrica para os mesmos anos.

- Indicador de Perfil Energético de 2012

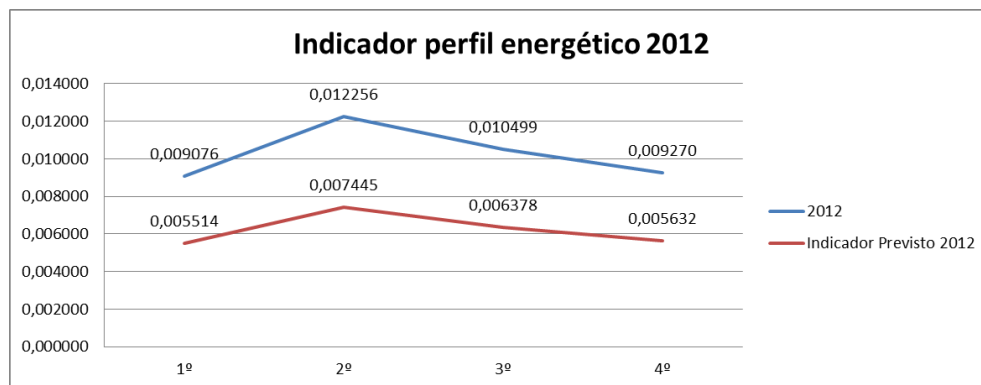


Figura 5.14 – Evolução do Indicador de Perfil Energético 2012 vs Previsto

- Indicador de Perfil Energético de 2013

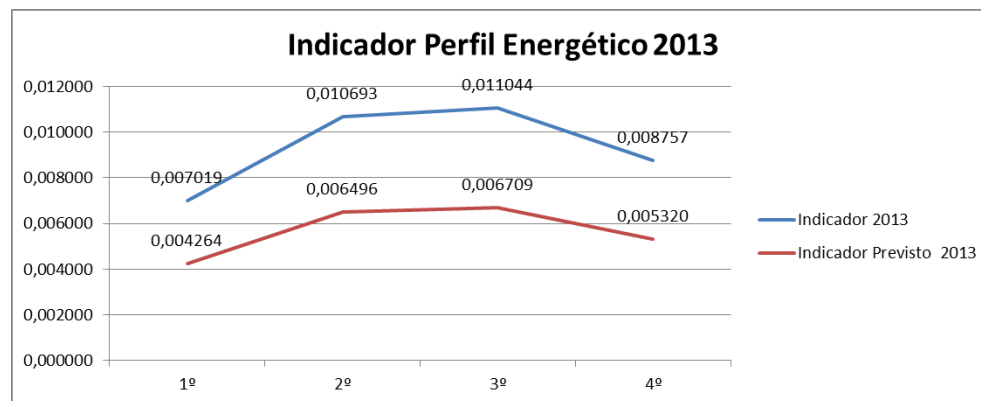


Figura 5.15 – Evolução do Indicador de Perfil Energético 2013 vs Previsto

- Indicador de Perfil Energético de 2015

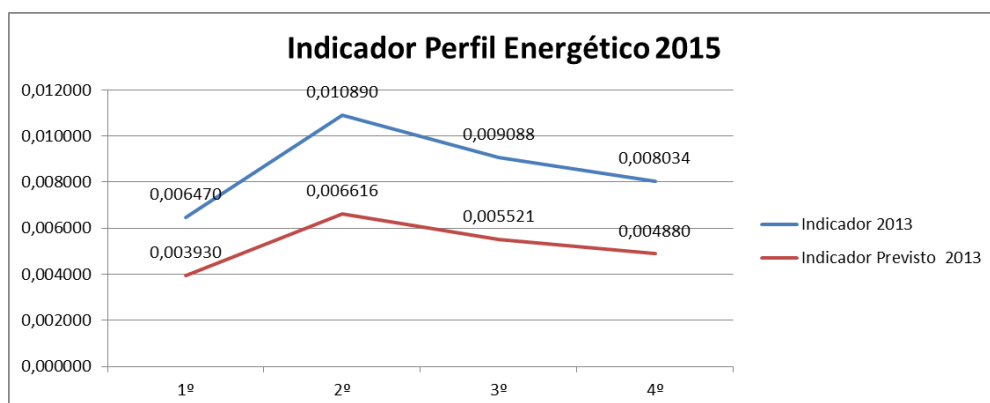


Figura 5.16 – Evolução do Indicador de Perfil Energético 2015 vs Previsto

Se a Evolução do Indicador de Perfil Energético, obtido nos anos de 2013 é semelhante ao gráfico de consumos para esse ano (**Figura 5.8 e Figura 5.9**), para o ano de 2012 e de 2015 e analisando a evolução dos indicadores, tal não se verifica (**Figura 5.7 e Figura 5.9**).

Para o ano de 2012, o valor do Indicador obtido para o 1º trimestre desse ano (0,09734) é, significativamente mais baixo que o do 2º trimestre (0,01314), o que não vai ao encontro do que se verifica no gráfico dos consumos de 2012, visto que o consumo de energia no 1º trimestre (24621,5 kWh) foi superior ao do 2º (23367,8 kWh).

Já em relação ao ano de 2015, o trimestre onde se obteve o 2º maior consumo de energia elétrica foi o 1º trimestre (18739,0 kWh), no entanto, analisando o gráfico do Indicador para esse ano, isso verificou-se no 3º trimestre (0,009088).

Uma explicação para o supramencionado, está na maneira como se correlacionam as variáveis de temperatura que integram o indicador de perfil energético e a sua influência sobre as restantes variáveis do Indicador.

A parcela que representa a relação Temperatura Interior com a Exterior e que está presente no Indicador de Perfil Energético tem um grande peso quando estamos a analisar este Indicador, sendo fundamental para dar o peso real do COP dos Sistemas AVAC e das cargas térmicas existentes no edifício, em comparação com o exterior.

Na **Figura 5.17**, podemos ver de que forma se relacionam as variáveis supramencionadas:

$$1 - \frac{|T_i - T_e|}{T_i}$$

Te \ Ti	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
10	0,58823529	0,55555556	0,52631579	0,5	0,47619	0,454545	0,434783	0,416667	0,4	0,384615
11	0,64705882	0,61111111	0,57894737	0,55	0,52381	0,5	0,478261	0,458333	0,44	0,423077
12	0,70588235	0,66666667	0,63157895	0,6	0,571429	0,545455	0,521739	0,5	0,48	0,461538
13	0,76470588	0,72222222	0,68421053	0,65	0,619048	0,590909	0,565217	0,541667	0,52	0,5
14	0,82352941	0,77777778	0,73684211	0,7	0,666667	0,636364	0,608696	0,583333	0,56	0,538462
15	0,88235294	0,83333333	0,78947368	0,75	0,714286	0,681818	0,652174	0,625	0,6	0,576923
16	0,94117647	0,88888889	0,84210526	0,8	0,761905	0,727273	0,695652	0,666667	0,64	0,615385
17	1	0,94444444	0,89473684	0,85	0,809524	0,772727	0,73913	0,708333	0,68	0,653846
18	0,94117647	1	0,94736842	0,9	0,857143	0,818182	0,782609	0,75	0,72	0,692308
19	0,88235294	0,94444444	1	0,95	0,904762	0,863636	0,826087	0,791667	0,76	0,730769
20	0,82352941	0,88888889	0,94736842	1	0,952381	0,909091	0,869565	0,833333	0,8	0,769231
21	0,76470588	0,83333333	0,89473684	0,95	1	0,954545	0,913043	0,875	0,84	0,807692
22	0,70588235	0,77777778	0,84210526	0,9	0,952381	1	0,956522	0,916667	0,88	0,846154
23	0,64705882	0,72222222	0,78947368	0,85	0,904762	0,954545	1	0,958333	0,92	0,884615
24	0,58823529	0,66666667	0,73684211	0,8	0,857143	0,909091	0,956522	1	0,96	0,923077
25	0,52941176	0,61111111	0,68421053	0,75	0,809524	0,863636	0,913043	0,958333	1	0,961538
26	0,47058824	0,55555556	0,63157895	0,7	0,761905	0,818182	0,869565	0,916667	0,96	1
27	0,41176471	0,5	0,57894737	0,65	0,714286	0,772727	0,826087	0,875	0,92	0,961538
28	0,35294118	0,44444444	0,52631579	0,6	0,666667	0,727273	0,782609	0,833333	0,88	0,923077
29	0,29411765	0,38888889	0,47368421	0,55	0,619048	0,681818	0,73913	0,791667	0,84	0,884615
30	0,23529412	0,33333333	0,42105263	0,5	0,571429	0,636364	0,695652	0,75	0,8	0,846154
31	0,17647059	0,27777778	0,36842105	0,45	0,52381	0,590909	0,652174	0,708333	0,76	0,807692
32	0,11764706	0,22222222	0,31578947	0,4	0,47619	0,545455	0,608696	0,666667	0,72	0,769231

Figura 5.17 - Relação da Temperatura Interior (Ti) com a Temperatura Exterior (Te)

De salientar que quanto mais próximas forem as Temperaturas Interiores e Exteriores, menor será a influência da parcela da Temperatura sobre as restantes variáveis do indicador.

Ou seja, a parcela que relaciona a Energia Consumida, com a Área, o Número de Ocupantes e a Potência Instalada, está dependente da diferença entre as Temperaturas Médias (Interiores e Exteriores) do espaço.

Analisando o 1º trimestre do ano de 2012, foi assumida uma temperatura exterior média de 13°C e uma temperatura interior de 20°C. Esta diferença de 7°C, e olhando para a **Figura 5.17** influencia do valor do indicador obtido para esse período.

Para os restantes trimestres, a diferença entre as temperaturas é menor, pelo que a parcela de temperatura tenderá para um valor aproximado de 1.

Após esta análise, podemos concluir que não é de todo aconselhável comparar a evolução do Indicador de Perfil de Energético com a evolução do Consumo de Energia Elétrica ao longo de um determinado ano. Isso pode-nos levar a deduções erradas e que não demonstram a poupança de energia elétrica que realmente estamos a ter num determinado espaço/edifício.

5.1.7 Análise Anual do Indicador de Perfil Energético

Numa tentativa de potenciar esta ferramenta, foi então realizado o estudo da evolução do Indicador de Perfil, ao longo dos anos. Para temperaturas exteriores médias anuais de 17,5°C, 17,4°C e 17,7°C, para os anos de 2012, 2013 e 2015, respectivamente. Foram obtidos os seguintes gráficos:

- Evolução do Consumo de Energia Elétrica Anual

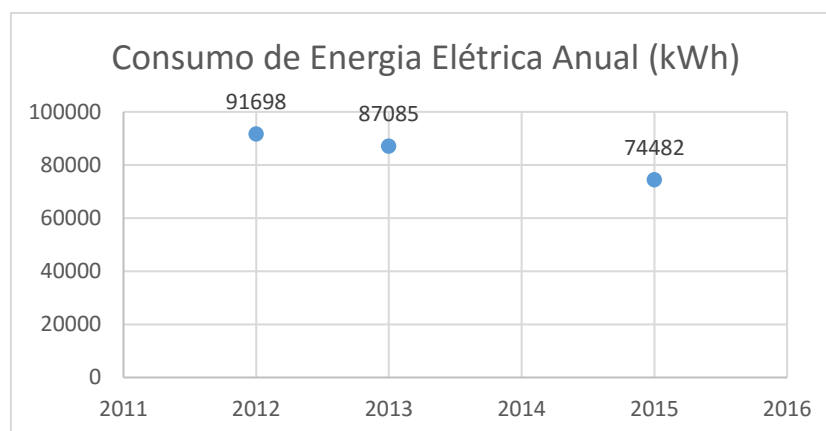


Figura 5.18 - Valores do Consumo de Energia Elétrica para o ano de 2012, 2103 e 2105

Ao nível das poupanças, podemos verificar que houve uma redução do Consumo de Energia Elétrica Anual de 5% entre o ano de 2012 e 2013 e uma redução de 14,5% entre o ano de 2013 e 2015.

- Evolução do Indicador de Perfil Energético Anual

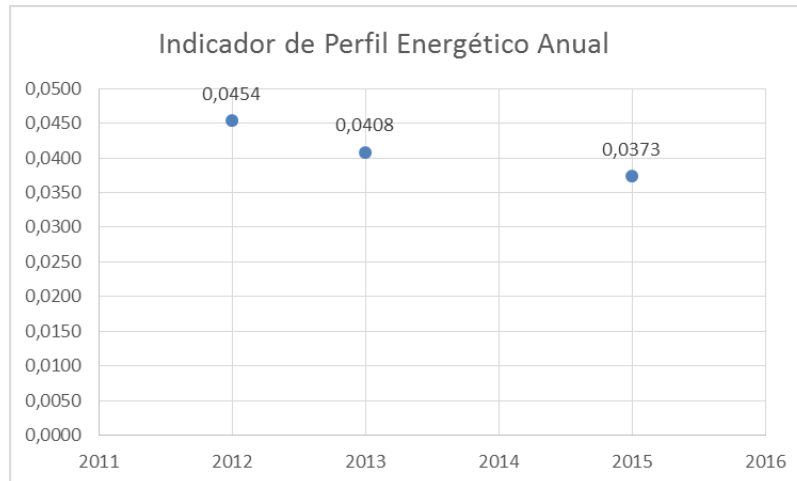


Figura 5.19 – Valores do Indicador de Perfil Energético para o ano de 2012, 2103 e 2105

No que diz respeito ao Indicador de Perfil Energético Anual, verificamos que existiu uma redução de 10% entre 2012 e 2013 e de 9% entre o ano de 2013 e 2015.

- Evolução do Indicador de Perfil Energético vs Diferença entre Temperaturas

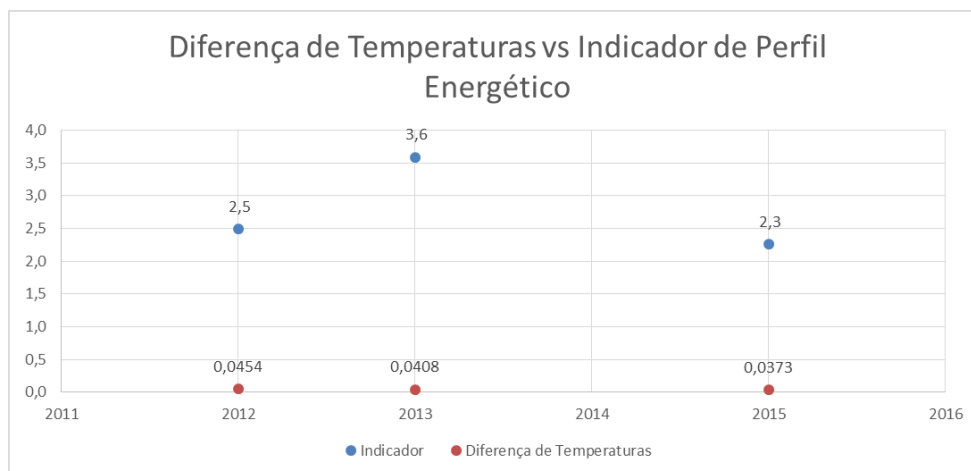


Figura 5.20 - Diferença de Temperaturas vs Indicador de Perfil Energético

para o ano de 2012, 2103 e 2105

Analisando os 3 Gráficos anteriores (**Figura 5.18, Figura 5.19 Figura 5.20**), podemos concluir que a Temperatura Interior e consequentemente a diferença entre esta e a Temperatura Média Exterior tem influência no valor obtido para o Indicador de Perfil Energético e por conseguinte no Contrato de Desempenho Energético.

Se para uma Diferença de Temperaturas de 2,5°C para o ano de 2012 ($T_i = 20^\circ\text{C}$ nos termostatos) se obteve uma redução do Indicador na ordem dos 10%, para o ano de 2013, e com uma Temperatura Interior definida nos termostatos de 21°C (Diferença de Temperaturas maior), o valor do Indicador apenas baixou 9% (comparativamente ao ano de 2015).

Ainda que não consigamos obter dados (de faturação) para o ano de 2014 e que nos permitira obter uma análise mais profunda e melhores resultados, este estudo permite-nos concluir que quanto maior for a Diferença de Temperaturas entre o Exterior e o Interior, mais alto será o valor do Indicador, isto poderá ser explicado pelo facto dos equipamentos de AVAC (maiores consumidores de Energia do edifício) necessitarem de mais Potência Elétrica (o que se traduz num maior Consumo de Energia Elétrica), tanto no Inverno, onde existirão maiores necessidades de aquecimento, como no Verão, ao nível do Arrefecimento.

Tudo isto influencia e terá de ser levado em conta, aquando a consumação de um Contrato de Desempenho, entre uma ESCO e o cliente final.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação insere-se num tema em voga nos dias de hoje – a eficiência energética. Cada vez mais a maioria das entidades/empresas mostram interesse em exercer actividades e aplicar doutrinas com a finalidade de poupar energia eléctrica, pelo que tem vindo a crescer a procura por empresas ESCO para a elaboração de Contratos de Desempenho Energético.

Como foi dito ao longo desta dissertação, os clientes que escolhem as ESCO, procuram, essencialmente, reduzir despesas energéticas, para tal recorrem a este tipo de empresas que através de contratos de Contratos de Desempenho Energético produzem resultados líquidos positivos para o cliente após um investimento em melhorias na eficiência, quer na substituição diretamente para equipamentos mais eficientes ou na sensibilização das pessoas (integrantes do edifício em questão) para um melhor comportamento a nível da poupança de energia. Com o intuito de perceber a metodologia de aplicação destes contratos e ter contacto com esta realidade, esta dissertação foi realizada em ambiente empresarial, na Econside[®], uma empresa que visa eliminar o desperdício de energia em edifícios e instalações, mantendo as condições de conforto e reduzindo o consumo de recursos, os custos e o impacte ambiental.

Ao longo dos anos em que esta empresa está na atividade, foi desenvolvendo uma ferramenta com o objectivo de validar cada Contrato de Desempenho Energético firmado com o cliente, não havendo dúvidas que, hoje em dia, o Indicador de Perfil Energético é um grande auxílio na análise do potencial de redução de cada instalação/edifício, assim como um excelente “valor referência” para o Cliente.

Resumidamente, esta ferramenta foi desenvolvida tendo como base modelos de *data mining* e algoritmos matemáticos, num processo de benchmarking, onde se efetuou a comparação de edifícios com as mesmas características operacionais. Rapidamente se percebeu que as variáveis climatéricas como a humidade, a temperatura, o vento e o ponto de orvalho teriam, de alguma forma, estar inseridas neste Indicador. Algo que traduzisse a influência da amplitude térmica sentida no verão (maior necessidade de arrefecimento) e no inverno (maior necessidade de aquecimento) e que tem um enorme peso no consumo de energia eléctrica dos equipamentos AVAC instalados nos edifícios. Tendo como base esta ferramenta, já estudada numa dissertação anterior, surgiu a necessidade de definir as variáveis dependentes e independentes a considerar num Contrato de Desempenho Energético – o objectivo desta tese/dissertação foi esse.

Primeiramente, foi realizada uma auditoria energética a um piso de um edifício de serviços (designado como “Banco A”), para se perceber na realidade quais as necessidades energéticas do espaço e facilitar a interpretação de alguns dados que seriam estudados à *posteriori*. De seguida, e após ter sido realizado um levantamento das faturas de energia desse piso e conseqüente tratamento dos dados, foi estudada a evolução dos consumos energéticos anual (durante 3 anos não consecutivos), assim

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho energético

como a evolução do Indicador de Perfil Energético correspondente. Facilmente se percebeu que se analisarmos “numericamente” a evolução deste Indicador podemos tirar conclusões fidedignas se houve ou não poupança energética.

Calculando o valor do Indicador ao longo dos 3 anos e fazendo uma análise trimestral, verificamos que o valor foi diminuindo consecutivamente, no entanto, se fizemos uma análise gráfica, aferimos que existe uma discrepância entre a evolução dos Consumos e a evolução do Indicador para os anos de 2012 e 2015. Facilmente concluímos que a parcela do Indicador que correlaciona as temperaturas exteriores e interiores (amplitude térmica), tem um enorme peso no cálculo do Indicador, pelo que é capital haver espírito crítico aquando a análise gráfica desta ferramenta, trimestralmente.

A conclusão de que as variáveis de Temperatura (Exterior e Interior) têm influência no valor do Indicador de Perfil e conseqüentemente num Contrato de Desempenho Energético, foi consumada após uma análise de valores anuais obtidos quer para o Indicador de Perfil Energético, quer para o Consumo de Energia Elétrica. Para uma Diferença de Temperaturas de 2,5°C e uma $T_i=20^\circ\text{C}$ (para o ano de 2012), obteve-se uma redução na ordem dos 10%, enquanto que para o ano de 2013, para uma $T_i=21^\circ\text{C}$ e uma Diferença de Temperaturas maior, o valor do Indicador baixou 9%. Desta forma, percebemos que conseguimos obter uma maior redução anual do Indicador, quanto menor for a diferença entre as Temperaturas Média Exterior e a Temperatura Interior, visto haver um menor esforço (traduzido em menor Potência e Consumo de Energia Elétrica) por parte dos equipamentos que estão instalados no edifício e que são os maiores consumidores de Energia – os equipamentos AVAC.

Em suma, e na sequência do que foi supramencionado, penso que as conclusões retiradas desta dissertação poderão ser uma mais-valia para as empresas ESCO e nas análises por elas efetuadas. Importa referir que é necessário haver espírito crítico quando se correlacionam Temperaturas, visto que estas variáveis podem influenciar os resultados obtidos.

Como sugestão para trabalhos futuro neste tema, propõe-se que se faça uma análise deste Indicador, adicionando uma parcela que correlacione as Humidades (Exteriores Médias e Interiores de Conforto), visto serem variáveis que à semelhança das Temperaturas, e inseridas num Indicador de Perfil Energético, podem ter influência na análise de um Contrato de Desempenho Energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BP, BP Energy Outlook 2030, 2013.
- [2] “Macrotrends,” 20 Março 2014. [Online]. Available: <http://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>.
- [3] M. Lehni, A Eco-eficiência, North Yorkshire: UK: WBCSD, 2001.
- [4] D. R. L. H. a. X. S. Jas Singh, *Public Procurement of Energy Efficiency Services - Lessons form International Experience*, Washington DC: The World Bank, 2010.
- [5] “Parlamento Europeu e do Conselho - Directiva 2002/91/CE,” *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 2002.
- [6] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto,” *Diário da República*, 2013.
- [7] SGIE, “ADENE,” 2012. [Online]. Available: <http://www.adene.pt/consumo-energetico-na-industria>. [Acedido em 20 Março 2014].
- [8] Ministério da Economia e da Inovação, “Decreto Lei nº71/2008 de 15 de Abril,” *Diário da República*, 2008.
- [9] “<http://ecoap.adene.pt/>,” [Online]. [Acedido em 20 Março 2014].
- [10] EVO, *Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético*, vol. 1, 2009.
- [11] Instituto Português da Qualidade, Ministério da Economia e do Emprego, *NP EN ISO 50001. Norma Portuguesa para Sistemas de gestão de energia*, 2012.
- [12] [Online]. Available: http://www.ecoinside.pt/ecoinside-conteudos.php?id_menu=10. [Acedido em 15 Março 2014].
- [13] “National Association of Energy Companies (NAESCO),” [Online]. Available: <https://www.naesco.org/resources/esco.htm>. [Acedido em 27 02 2014].
- [14] R. J. Guimarães, *Aplicação do modelo Energy Company (ESCO) em retrofitting industrial no contexto português*, *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2009.
- [15] OECD/IEA, *Energy Efficiency Governance*, 2010.
- [16] R. M. d. S. Azevedo, *Desenvolvimento de um Sistema de Ajuda à Negociação de Contractos de Performance para Medidas de Eficiência Energética*, *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, 2008.

- [17] T. M. P. S. Brandão, *Serviços de Eficiência Energética de Edifícios Públicos*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [18] A. B. Christophe Milin, *Energy refurbishment of social housing using energy performance contract*, IEE, 2011.
- [19] “E. Commission,” 2013. [Online]. Available: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/european-energy-servicecompanies/>.
- [20] C. G. J. M. Nicole Hooper, *Public and Institutional Markets for ESCO Services: Comparing Programs, Practices and Performance*, Ernest Orland Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015.
- [21] P. B. S. R. Angelica MArino, *Energy Service Companies Market in Europe - Status Report*, European Comission, 2010.
- [22] R. Ascenso, *Um novo mercado de serviços energéticos*, Edifícios e Energia.
- [23] “eu.bac ESCO,” [Online]. Available: <http://www.eu-esco.org/index.php?id=21>.
- [24] Cipriano, X., Carbonell ,J., Cipriano, J., *Monitoring and modelling energy efficiency of municipal public buildings: case study in Catalonia region*, Terrassa (Barcelona), Spain: Politechnical University of Catalonia, 2009.
- [25] Marianakis, V., Karakosta, C., Doukas, H., Androulaki, S., Psarras, J., *A building automation and control tool for remote and real time monitoring of energy consumption*, Greece: National Technical University of Athens, 2012.
- [26] Pisello, A., Bobker, M., Cotana, F., *A Building Energy Efficiency Optimization Method by Evaluating the Effective Thermal Zones Occupancy*, Italy: Department of Industrial Engineering, University of Perugia, 2012.
- [27] P. M. O. Vasconcelos, *Criação de uma Baseline para um Contrato de Desempenho Energético*, FEUP, 2013.
- [28] M. Matos, *Ajuda Multicritério à Decisão - Introdução*, Porto: FEUP, 2005.
- [29] I. P. d. M. e. d. Atmosfera, “IPMA,” [Online]. Available: www.ipma.pt.
- [30] H.-S. Park e X.-P. Dang, *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*, 2011.
- [31] S. L. Silva, “Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros,” Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

-
- [32] *Decreto Lei nº 78/2006 de 4 de Abril. Diário da República nº 67/2006 - I Série A.,*
Ministério da Economia e da Inovação. Lisboa..

ANEXOS

ANEXOS I

ANEXOS II

ANEXOS III

ANEXOS IV

ANEXOS V

8 ANEXOS

ANEXOS I

	Valor Obtido	Unidade
Energia Elétrica		kWh/ano
Área	777	m ²
Número de Colaboradores	55	Colaboradores
Potência Instalada	38,6	kW
Temperatura Média Interior	20	°C
Temperatura Média Exterior		°C
Indicador do Perfil Energético		[kWh/ano]/[m ² x
	Valor Obtido	Unidade
Energia Elétrica		kWh/ano
Área		m ²
Número de Colaboradores		Colaboradores
Potência Instalada		kW
Temperatura Média Interior		°C
Temperatura Média Exterior		°C
Indicador do Perfil Energético		[kWh/ano]/[m ² x Colaboradores X kWh]

ANEXOS II

Trimestre	Temperaturas Exteriores Médias 2012				Poupança 39,25% - Balanço de mediç. Assumindo os consumos de 2012			
	Mês	Máx.	Min	Média	Consumo 2012	Consumo Previsto	Indicador 2012	Indicador Previsto 2012
1º	Jan	15,75	8,11	11,9				
	Fev	15,78	6,62	11,2	24621,5	14957,5	0,009076	0,005514
	Mar	20,74	11,26	16,0				
	Abr	18	10,92	14,5				
2º	Mai	23,7	14,99	19,3	23367,8	14195,9	0,012256	0,007445
	Jun	26,68	17,06	21,9				
	Jul	27,87	17,64	22,8				
3º	Ago	28,56	18,5	23,5	22161,3	13463,0	0,010499	0,006378
	Set	28,16	18,69	23,4				
	Out	22,81	14,72	18,8				
4º	Nov	17,15	11,01	14,1	21547,5	13090,1	0,009270	0,005632
	Dez	15,84	9,81	12,8				
	Total			17,5	91698,0	52905,2		0,04539

Definição de variáveis dependentes e independentes a considerar num contrato de desempenho energético

Diogo Pinto

ANEXOS III

		Temperaturas Exteriores Médias 2013				Balanço das medidas. Poupança de 39,25%				
Trimestre	Mês	Máx.	Mín	Média	Consumo 2013	Consumo Previsto	Indicador 2013	Indicador Previsto 2013		
1º	Jan	15,4	9,9	12,7	20587,7	12507,1	0,007019	0,004264		
	Fev	15,2	8,6	11,9					12,7	
	Mar	16,5	10,4	13,5						
2º	Abr	20	12	16,0	21829,0	13261,1	0,010693	0,006496		
	Mai	22,1	12,7	17,4					18,2	
	Jun	26	16,4	21,2						
3º	Jul	29,6	18,7	24,2	22733,6	13810,6	0,011044	0,006709		
	Ago	30,3	19,1	24,7					24,0	
	Set	27,6	18,4	23,0						
4º	Out	22,5	16,4	19,5	21934,7	13325,4	0,008757	0,005320		
	Nov	17,2	10,8	14,0					14,8	
	Dez	14,9	7,2	11,1						
				Total	87085,0	52905,2	0,040813			

ANEXOS IV

Trimestre	Temperaturas Exteriores Médias 2015				Consumo 2015	Consumo Previsto	Indicador 2015	Indicador Previsto 2015
	Mês	Máx.	Mín	Média				
1º	Jan	14,4	7,8	11,1	18739,0	11388,9	0,006470	0,003930
	Fev	14,8	8	11,4				
	Mar	18,7	9,6	14,2				
2º	Abr	21,3	12,7	17,0	19332,0	11744,2	0,010890	0,006616
	Mai	25,5	15,4	20,5				
	Jun	28,3	17,2	22,8				
3º	Jul	28,6	18	23,3	18607,0	11303,8	0,009088	0,005521
	Ago	28,8	18,2	23,5				
	Set	26,4	16,3	21,4				
4º	Out	22,2	15,5	18,9	17804,0	10815,9	0,008034	0,004880
	Nov	19,5	12,4	16,0				
	Dez	16,5	9,7	13,1				
	Total			17,7	74482,0	52905,2	0,0373	

Balço das medidas. Poupança de 39,25%

ANEXOS V

