

Metodologia de Correlação entre Consumos Energéticos e as Variáveis Influentes para Aplicação a Contratos de “Energy Services”

Edifícios Saudáveis – Consultores

Fábio Rafael Parreira Miguel

Dissertação do MIEM

Orientador na Edifícios Saudáveis: Eng.º Ricardo Sá

Orientador na FEUP: Prof. Armando Oliveira



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Junho 2010

Aos meus pais, ao meu grande irmão e à minha

Namorada por sempre me apoiarem...

Resumo

A forte preocupação ambiental, nomeadamente a emissão de gases com efeito de estufa, aliada à constante ameaça do esgotamento de combustíveis de origem fóssil, leva à necessidade de consumir energia de forma mais eficiente. Surge então um mercado de serviços energéticos, com vista à implementação de medidas de eficiência energética, que encontra muitas das vezes determinadas barreiras, principalmente obstáculos financeiros.

É no seguimento deste tipo de obstáculos, que ganham relevância Empresas de Serviços Energéticos (*Energy Services Companies – ESCO*). Estas empresas possuem capacidade de desenvolver todo um projecto de eficiência energética, desde a fase inicial até à fase de monitorização e verificação das poupanças alcançadas, isto sem esquecer a garantia do financiamento.

Uma das fases mais importantes da metodologia destas empresas é a avaliação do potencial de redução energética do cliente. Nesta fase inicial é necessário dispor de indicadores sobre os consumos de energia dos seus clientes, de modo a investir apenas em clientes com maior potencial.

As ESCO apoiam o seu modelo de negócio em contratos de performance energética (*Energy Performance Contract – EPC*), instrumento através do qual garantem o desempenho das soluções a implementar, trazendo vantagens, tanto para o cliente que obtém um serviço/produto mais eficiente, como para o financiador que obtém retorno do seu investimento.

A remuneração deste tipo de empresas é função do nível de economias alcançadas, sendo que estas são calculadas face a um valor de referência do custo com energia (*Baseline*). Deste modo, é vital que estejam disponíveis técnicas e ferramentas capazes de melhorar o cálculo das economias, garantindo maior fiabilidade ao contrato.

Os consumos de energia, e consequentemente os custos com energia, são influenciados por determinadas variáveis. É necessário então garantir que o *Baseline* é ajustado às condições de cada período do contrato, de modo a não serem calculadas falsas economias.

No âmbito deste trabalho foram desenvolvidas técnicas e metodologias para avaliar o impacto de determinadas variáveis sobre os custos com energia. Para isso foi estudado um edifício em concreto (hotel), sendo definido um valor de *Baseline* e desenvolvidas técnicas para ajustar o impacto de diversas variáveis consideradas relevantes.

Abstract

The strong environmental concern, including the issue of greenhouse gases, coupled with the constant threat of depletion of fuel fossil origin, leads to the need to consume energy more efficient. Then comes an energy services market, with a view to implementation of energy efficiency measures, which finds many times of certain barriers, especially financial obstacles.

It is following this type of obstacles, which gain relevance ESCO (Energy Service Companies - ESCO). These companies have the capacity to develop an entire energy efficiency project, from the initial phase until the phase of monitoring and verification of savings achieved, not forgetting the guarantee of funding.

One of the most important phases of the methodology of these companies is to assess the potential for reducing energy customer. At this early stage is necessary to have indicators on energy consumption of its customers, to invest only in more potential customers.

The ESCO support its business model in energy performance contracts (Contract Energy Performance - EPC), an instrument through which guarantee the performance of the solutions to implement and provided benefits for both the customer gets a product / service more efficient, as to the bidder that gets return on your investment.

The remuneration of such firms is the level of savings achieved, and these are calculated against a benchmark cost of energy (Baseline). Thus, it is vital that available techniques and tools to improve the calculation of savings, ensuring greater reliability to the contract.

Energy consumption and thus energy costs are influenced by certain variables. You must then ensure that the baseline is adjusted to the conditions of each contract period, so not false savings are calculated.

In this work, techniques and methodologies were developed to assess the impact of certain variables on energy costs. For this was studied in a concrete building (hotel) and set a value for Baseline and developed techniques to adjust the impact of several variables deemed relevant.

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Professor Armando Oliveira e Eng.º Ricardo Sá.

A todo o pessoal da Edifícios Saudáveis, pela sua simpatia, boa disposição e pela sua enorme disponibilidade.

A toda a minha família, namorada, e a todos os meus amigos, que sempre acreditaram em mim.

Aproveito também para agradecer à Maria Ana, ao Zé Adriano e à sua prima pelo apoio prestado ao longo desta etapa.

Thanks guys, see you around...

A todos o meu sincero obrigado...

“Live as if you were to die tomorrow. Learn as if you were to live forever”

M. K. Gandhi

Índice

RESUMO	III
ABSTRACT	V
AGRADECIMENTOS	VII
ÍNDICE.....	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XV
ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	XVII
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	1
1.2. ENQUADRAMENTO	1
1.3. MOTIVAÇÃO	4
1.4. OBJECTIVOS	6
1.5. ESTRUTURA	7
CAPÍTULO 2	
ESTADO DA ARTE	9
2.1. NECESSIDADES DOS CLIENTES E DO MERCADO	9
2.2. AS ESCO	10
2.3. TIPOS DE EMPRESAS ESCO	11
2.4. FINANCIAMENTO.....	12
2.5. A M&V NO CONCEITO ESCO.....	13
2.6. COMPARAÇÃO COM OUTRO TIPO DE EMPRESAS.....	15
2.6.1. Vantagens	15
2.6.2. Desvantagens	16
2.7. MERCADO ESCO	16
2.7.1. Situação Nacional.....	17
2.8. POTENCIAIS CLIENTES.....	17
2.9. PRÓXIMOS PASSOS E TENDÊNCIAS DO MERCADO.....	18
CAPÍTULO 3	
OPERACIONALIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO INICIAL.....	19
3.1. METODOLOGIA ESCO.....	19
3.2. IMPORTÂNCIA DO DIAGNÓSTICO INICIAL	22
3.3. COMO DEFINIR INDICADORES.....	23
3.4. INDICADORES	24
3.4.1. Aplicação a casos de estudo.....	24
Consumo anual de energia	24
Custo específico de energia	26

Potência tomada em período nocturno.....	28
Custo específico.....	30
Consumo específico de energia.....	34
Área Climatizada por Quarto	36
Indicador de eficiência energética.....	40
Síntese.....	41

CAPÍTULO 4

CONTRATO DE PERFORMANCE ENERGÉTICA.....43

4.1. O CONTRATO	43
4.2. TIPOS DE CONTRATO EFECTUADO.....	44
4.2.1. Shared Savings.....	45
4.2.2. Guaranteed Savings.....	45
4.2.3. Build-Own-Operate-Transfer (BOOT).....	46
4.2.4. First Out	46
4.3. PERÍODO DE CONTRATO	47
4.4. BASELINE.....	48
4.4.1. Aplicação a caso de estudo.....	49
4.5. CÁLCULO DAS ECONOMIAS	52
4.5.1. Exemplo ilustrativo	53
4.6. VARIÁVEIS.....	54

CAPÍTULO 5

AJUSTE AO BASELINE 57

5.1. VARIÁVEIS INDEPENDENTES OU EXÓGENAS	57
5.1.1. Tarifas de energia	57
Electricidade.....	57
Gás	59
5.1.2. Clima e Nível de ocupação.....	59
5.2. AJUSTE AO BASELINE.....	61
5.2.1. Tarifas de energia	61
5.2.2. Clima e nível de ocupação	62
5.3. APLICAÇÃO A CASOS DE ESTUDO	67
5.3.1. Tarifas de electricidade.....	67
5.3.2. Tarifas de gás	68
5.3.3. Total.....	69
5.3.4. Clima e nível de ocupação	70
Consumo de gás	70
Consumo de electricidade	73
Metodologia a aplicar	76
5.4. SÍNTESE.....	77

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS 79

REFERÊNCIAS 83

ANEXOS 85

Lista de Figuras

<i>Figura 1 – Previsão das emissões de CO₂ até ao ano de 2030 segundo dois cenários [37].</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2 - Intensidade energética [2].</i>	<i>3</i>
<i>Figura 3 - Resumo das áreas e medidas abrangidas pelo Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.</i>	<i>4</i>
<i>Figura 4 - Consumo de energia final por sector na União Europeia a 27 em 2007 [36].</i>	<i>5</i>
<i>Figura 5 - Elementos financeiros mais importantes num contrato ESCO.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 6 - Exemplo de um projecto ESCO financiado por uma terceira parte.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7 - Esquema da metodologia usada habitualmente no modelo ESCO.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8 - Metodologia de execução de indicadores energéticos.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 - Consumo de energia eléctrica no hotel H2.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10 - Consumo de gás natural no hotel H2.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11 - Custo específico de electricidade para vários hotéis (H1 a H6).</i>	<i>27</i>
<i>Figura 12 - Custo específico de gás para os hotéis H1 a H6.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 13 - Perfil diário de potência tomada no hotel H2.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 14 - Potência tomada em regime nocturno nos hotéis H1 a H6.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 15 - Consumo de energia por utilização final típico em hotéis [19].</i>	<i>31</i>
<i>Figura 16 - Custo com energia por área climatizada nos hotéis H1 a H6.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 17 - Custo com energia por quarto ocupado nos hotéis H1 a H6.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18 - Desagregação do consumo energético por fonte nos hotéis considerados (H1 a H6).</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19 - Consumo de energia final por área climatizada e comparação com Benchmark.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20 - Consumo de energia final por quarto ocupado e comparação com Benchmark.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 21 - Consumo de energia final por área climatizada organizada por área climatizada por quarto.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 22 - Consumo de energia final por quarto ocupado organizado por área climatizada por quarto.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 23 - Valor do IEE para os hotéis e comparação com o limite legal existente.</i>	<i>40</i>
<i>Figura 24 - Evolução cronológica dos custos com energia.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 25 - Esquemas típico das relações num contrato do tipo "Shared Savings".</i>	<i>45</i>
<i>Figura 26 - Esquemas típico das relações num contrato do tipo "Guaranteed Savings".</i>	<i>46</i>
<i>Figura 27 - Flexibilidade de ajuste do período de contrato [3].</i>	<i>47</i>
<i>Figura 28 - Método de cálculo do valor de referência do custo com energia (Baseline).</i>	<i>48</i>
<i>Figura 29 - Desagregação do Baseline por fonte de energia para o caso do hotel H2.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 30 - Custo com energia, Baseline e Baseline ajustado antes e durante o contrato.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 31 – Graus-dias de aquecimento.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 32 - Comparação de dois modelos de regressão com diferentes inclinações [31].</i>	<i>65</i>
<i>Figura 33 - Consumo de gás em função do nível de ocupação.</i>	<i>71</i>
<i>Figura 34 - Consumo de gás em função dos graus dia de aquecimento.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 35 - Consumo de electricidade em função no nível de ocupação.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 36 - Consumo de electricidade em função dos graus dias de arrefecimento.</i>	<i>75</i>

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Tabela resumo das ESCO na Europa.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 2 - Tabela resumo das taxas de ocupação médias dos hotéis em estudo.</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 3 - Valores típicos de consumo de energia para diferentes tipos de hotéis [23].</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 4 - Tabela resumo do cálculo da área climatizada por quarto para os vários hotéis.</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 5 - Cálculo do consumo médio mensal de energia do hotel H2.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 6 - Cálculo do custo específico mensal de energia do hotel H2 para o ano de 2009.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 7 - Cálculo do Baseline para o hotel H2.</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 8 - Comparação das tarifas eléctricas no período I e IV para clientes em Média Tensão (anos de 2009 e 2010) [42].</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 9 - Comparação das tarifas eléctricas no período II e III para clientes em Média Tensão (anos de 2009 e 2010) [42].</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 10 - Comparação das tarifas de gás natural para clientes em baixa pressão e com consumo anual superior a 10000m³ (anos 2009 e 2010) [42].</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 11 - Comparação dos valores de R2 e CV(RMSE) para regressões lineares de diferente inclinação [31].</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 12 - Comparação dos custos com energia eléctrica entre o período de referência e o ano de 2010 para o hotel H2.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 13 - Ajuste a efectuar ao baseline por influência da mudança da tarifa eléctrica para o hotel H2.</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 14 - Comparação dos custos com gás entre o período de referência e o ano de 2010 para o hotel H2.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 15 - Ajuste a efectuar ao baseline por influência da mudança da tarifa de gás para o hotel H2.</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 16 - Ajuste a efectuar ao baseline por influencia das tarifas de energia (gás e electricidade).</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 17 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando as duas variáveis exógenas.</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 18 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável ocupação.</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 19 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável clima.</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 20 – Tabela resumo das regressões efectuadas para o consumo de gás.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 21 - Exemplo da tabela a usar para o ajuste ao baseline.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 22 - Tabelas da regressão linear para o consumo de electricidade, considerando as duas variáveis exógenas.</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 23 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável ocupação.</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 24 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável clima.</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 25 - Tabela resumo das regressões efectuadas para o consumo de electricidade.</i>	<i>75</i>

<i>Tabela 26 - Exemplo da tabela a usar para o ajuste ao baseline.</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 27 - Tabela de ajuste ao baseline (influencia do clima e do nível de ocupação) após implementação de sub-metering.....</i>	<i>77</i>

Abreviaturas e Símbolos

Abreviaturas

AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
Baseline	Custo anual de referência com energia
Benchmarks	Valores de referência
CDD	<i>Cooling Degree Days</i>
EPC	<i>Energy Performance Contract</i>
ESCO	<i>Energy Services Company</i>
EU	União Europeia
EUROSTAT	<i>European Statistics</i>
GEE	Gases de Efeito de Estufa
HDD	<i>Heating Degree Days</i>
IEE	Indicador de Eficiência Energética
IPMVP	<i>International Performance Measurement and Verification Protocol</i>
IVA	Imposto de Valor Acrescentado
M&V	Medição e Verificação
NAESCO	<i>National Association of Energy Services Company</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PNAEE	Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
TPF	<i>Third Party Financing</i>
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

Símbolos

CO ₂	Dióxido de Carbono
CV(RMSE)	Coeficiente de variação do erro padrão da estimativa
Kgep	Kilograma equivalente de petróleo
KW	KiloWatt
kWh	KiloWatt Hora
MWh	MegaWatt Hora
R ²	Coeficiente de determinação
t	Valor associado à estatística-t

Capítulo 1

Introdução

1.1. Apresentação da Empresa

A presente dissertação foi executada e orientada em ambiente empresarial, no ramo da gestão de energia, numa empresa denominada: *Edifícios Saudáveis – Consultores*.

A Edifícios Saudáveis foi criada em 1996 como um “spin-off” da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Inicialmente orientada para colaboração em projectos Europeus de Investigação e Desenvolvimento em que era necessário apoio técnico especializado, rapidamente alargou a sua área de intervenção a um mercado mais vasto na área da sustentabilidade em edifícios. Até então, a empresa tem crescido, continuando a prestar serviços de consultoria especializada nas áreas de sustentabilidade ambiental em edifícios, com especial destaque na utilização de energia, nomeadamente eficiência energética e integração de fontes renováveis e na qualidade do ambiente interior, sem esquecer outras vertentes do tema (água, materiais, resíduos, impactos locais, etc.) [35].

Hoje as áreas de intervenção da Edifícios Saudáveis estão relacionadas com serviços de auditoria, simulação, certificação e consultoria especializada, nomeadamente:

-  Auditorias de qualidade do ambiente interior;
-  Auditoria energética;
-  Simulação energética;
-  Certificação energética;
-  Consultoria especializada.

1.2. Enquadramento

Um dos tópicos mais abordado pela sociedade actual depreende-se com a problemática das alterações climáticas. Com a intenção e a necessidade de combate às alterações climáticas, foi tomado em 2005, com a entrada em vigor do Protocolo de Quioto, um importantíssimo passo no combate ao aumento das emissões de gases causadores de efeito de estufa e no combate ao

aquecimento global. O compromisso assumido por parte de diversos países levou à implementação e desenvolvimento de políticas internas, favorecendo tecnologias e práticas que impõem a eficiência energética como um tópico urgente e actual na ajuda ao combate das alterações climáticas.

Apesar das actuais preocupações e de inúmeras medidas de incentivo a tecnologias mais eficientes e ao uso de fontes renováveis de energia pelos governos, com o objectivo de mitigar os poluentes atmosféricos, em especial os gases com efeito de estufa (GEE), temos assistido nos últimos anos a um escalar nas emissões de GEE. O caminho a percorrer é ainda longo e como tal todas as iniciativas tomadas que visem a diminuição no consumo de combustíveis fósseis terão impacto directo nas emissões de CO₂.

Na figura 1 é visível a previsão esperada até ao ano de 2030 na redução das emissões de CO₂ segundo dois cenários. A vermelho apresenta-se a previsão das emissões de CO₂, caso não sejam adoptadas e desenvolvidas mais medidas de eficiência energética do que as actualmente implementadas. A azul é demonstrada a evolução das emissões caso sejam adoptadas políticas energéticas mais eficientes que as actuais [37].

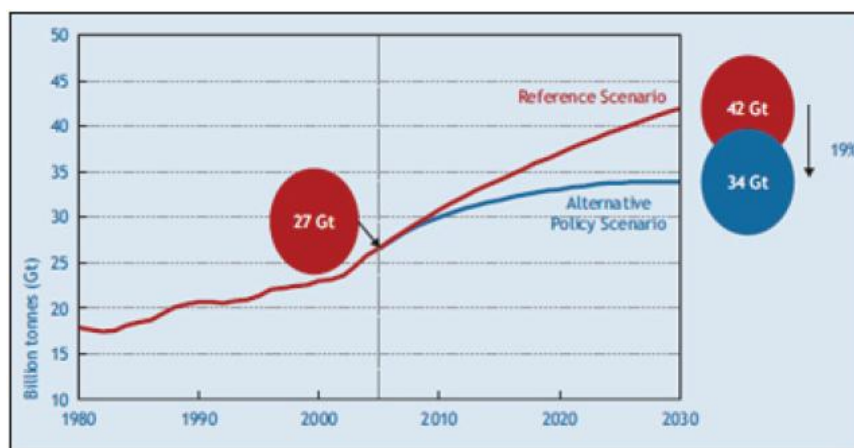


Figura 1 – Previsão das emissões de CO₂ até ao ano de 2030 segundo dois cenários [37].

Embora esteja associada alguma incerteza a estas previsões, a diferença é notória, cerca de 19% de redução na emissão de CO₂ até 2030. Há portanto uma necessidade de investir na eficiência energética como uma ajuda útil e eficaz na redução das emissões de CO₂.

A grande instabilidade vivida actualmente no sector energético, torna necessário o estabelecimento de novos padrões de consumo, de racionalização dos consumos, a redefinição de políticas de transporte e um aumento na eficiência no consumo e na transformação de energia.

A eficiência energética é pois uma questão importante para o futuro da humanidade, uma vez que é insustentável manter os actuais níveis de desperdício de energia. A não racionalização na utilização de energia eléctrica proporciona um desperdício das fontes primárias implicando um consumo desnecessário de combustíveis fósseis, o que pode implicar a criação de danos irreversíveis no meio ambiente. Para evitar tais danos a comunidade internacional tem vindo a reunir esforços para a eficiência energética.

As fontes de energia renovável são também fundamentais para garantir fornecimento sustentável de energia para as gerações futuras. É imprescindível o contributo das energias provenientes de fontes renováveis para alteração do factor de emissão de gases nocivos associados à produção de energia eléctrica, actualmente está fixado em 0,470 kg CO₂/kWh, no caso da energia eléctrica [22].

A Sustentabilidade pode ser entendida como uma pirâmide. Na base desta teremos a racionalização e a conservação de energia com hábitos de consumo mais racionais. Não poderá existir sustentabilidade se este ponto falhar. Depois teremos a eficiência energética com o desenvolvimento de tecnologias e formas mais eficientes de utilização de energia. Uma diminuição na utilização de energia associada a uma forma de consumo mais eficiente torna mais fácil satisfazer a procura de energia com recurso a fontes de energia renovável que estão no topo da pirâmide. A interacção conjunta destes três factores completa a pirâmide da Sustentabilidade.

O plano de Acção para a Eficiência Energética da Comissão Europeia aspira que até 2020 se consiga obter uma poupança de 20% no consumo de energia primária (comparando com as previsões de consumo de energia para 2020), o que corresponde a uma poupança de cerca de 1,5% por ano até 2020 [38].

Em 2007, segundo dados da REN [1], o consumo de electricidade em Portugal aumentou 1,8%. Se a análise for feita através da intensidade energética (energia necessária para produzir uma unidade de produto interno bruto – PIB), verifica-se que no ano de 2002, Portugal apresentava um valor de 209 kgep/1000€, enquanto a Europa a 27 apresentava um valor de 185 kgep/1000€ - ver figura 2. Embora se tenha verificado em 2007, e pela primeira vez desde 2003, uma diminuição da intensidade energética, com os consumos a crescerem menos que o PIB, a situação continua a ser preocupante [2].

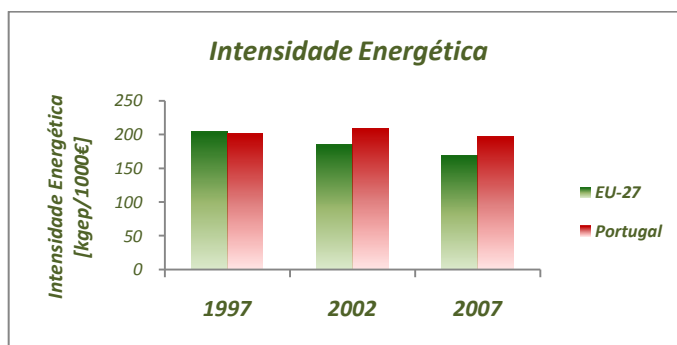


Figura 2 - Intensidade energética [2].

Em Portugal, a Resolução de Concelho de Ministros nº 80/2008 aprovou o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), na sequência do documento que lhe dá enquadramento, a Directiva nº 2006/32/CE relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. A referida Directiva estabelece como objectivo obter uma economia anual de energia de 1% até ao ano de 2016 (tomando como base a média de consumos de energia final registados entre 2001-2005) [17].

Uma das medidas visadas neste plano é a dinamização de empresas de serviços de eficiência energética, através de incentivos à sua criação. A figura 3 ilustra a tabela resumo das áreas e medidas abrangidas pelo PNAEE.

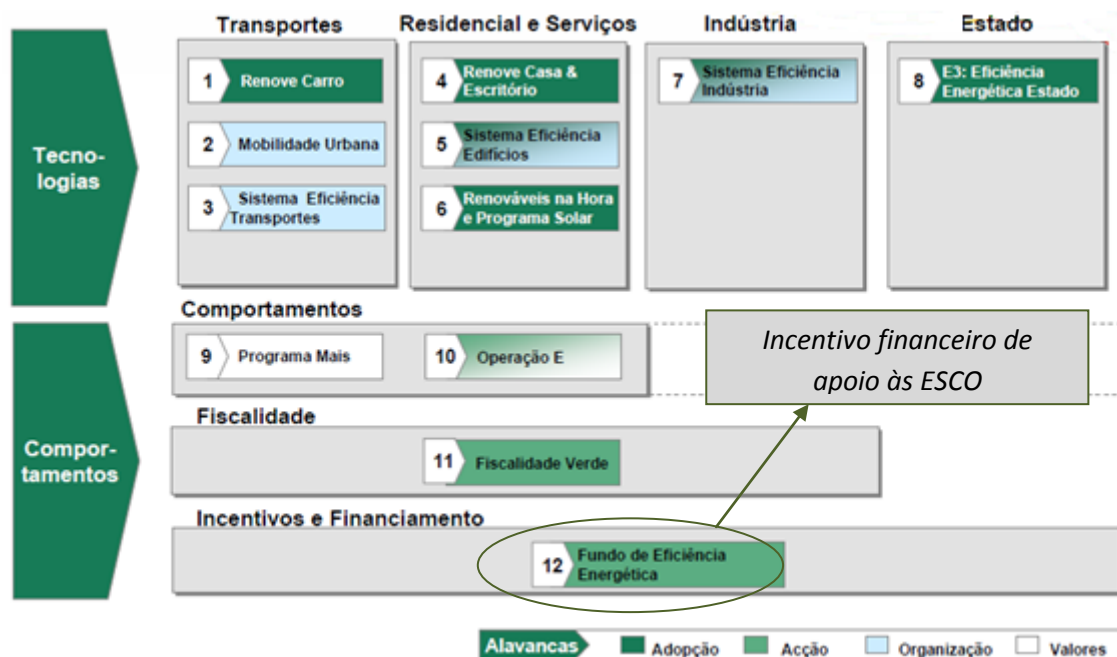


Figura 3 - Resumo das áreas e medidas abrangidas pelo Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética.

1.3. Motivação

A fatia de consumos destinada aos edifícios, quer em termos de energia primária quer de consumo eléctrico é relevante, justifica-se por isso a aplicação de medidas e investimentos neste sector que possibilitem uma maior eficiência energéticas.

De facto se pensarmos que os edifícios e a indústria são os grandes consumidores de energia eléctrica, recordando que a energia eléctrica é de todas as fontes de energia aquele que se situa no topo da pirâmide energética, cada unidade de energia eléctrica poupada significa uma importante poupança dos recursos primários. O sector dos edifícios deve ser aproveitado de forma eficaz pois a racionalização de consumo energéticos, principalmente a da energia eléctrica, por ser de todas as fontes a mais nobre, é a base da eficiência energética e consequentemente da sustentabilidade.

Na figura 4 é apresentada a divisão de consumo de energia final por sector para a zona da União Europeia a 27.

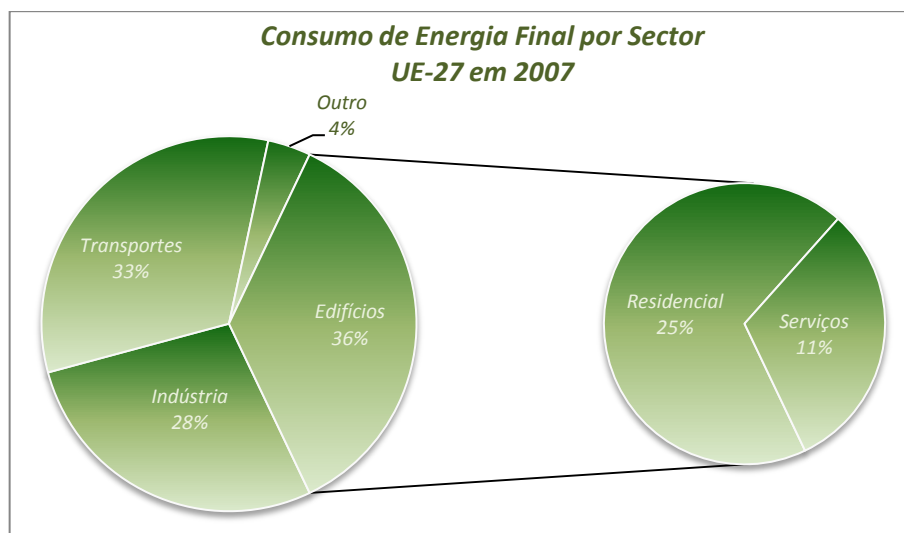


Figura 4 - Consumo de energia final por sector na União Europeia a 27 em 2007 [36].

Pela avaliação da figura 4 é visível que os edifícios têm claramente um enorme potencial de redução energética, e embora esteja bem identificado, é ainda vasto. Cerca de 36% do consumo de energia final da Europa a 27 é destinada aos edifícios.

Com as medidas de eficiência energética prevê-se que se consiga obter uma poupança de 27% em edifícios residenciais e de 30% em edifícios para uso comercial, enquanto nas indústrias transformadoras se prevê que as poupanças possam chegar aos 25%. Com estas poupanças espera poupar-se na União Europeia cerca de 390 milhões de toneladas equivalentes de petróleo anuais, o que corresponde a diminuir as emissões de CO₂ em 780 milhões de toneladas por ano e permitiria uma economia de 100 mil milhões de euros por ano até 2020 [38].

No entanto, para que as empresas ou os proprietários dos edifícios tomem medidas de eficiência energética é necessário, na maior parte dos casos a recorrer a investimentos que podem ser avultados dependendo dos casos, e nem sempre existe capacidade financeira ou técnica para realizarem este tipo de investimentos. Até porque não será viável para a maior parte das empresas ter colaboradores especializados e material adequado para a identificação e implementação de medidas de melhoria de eficiência energética. Existe então caminho aberto para um novo tipo de negócio, relacionado com a economia de energia e eficiência energética. Trata-se então da introdução no mercado de empresas do tipo ESCO.

Uma ESCO tem o mesmo nível de conhecimento técnico que uma qualquer empresa de consultoria em energia, mas está disposta a arriscar a sua remuneração com as poupanças de energia geradas pelos projectos que implementa. Assim uma ESCO identifica desperdícios de energia nas instalações dos clientes, estuda a viabilidade técnica e económica de implementar medidas para aumentar a eficiência no uso de energia, financia o projecto e será remunerada pelo fluxo de ganhos obtidos.

O sucesso do modelo ESCO está directamente associado ao bom desempenho do contrato de performance e ao seu grau de precisão. Como tal, uma boa estimativa do potencial do edifício e das economias geradas será a base para o sucesso do contrato e do próprio modelo ESCO. Para que o contrato tenha sucesso e seja viável torna-se necessário o estudo de dois parâmetros fundamentais.

Primeiro é de enorme importância ter indicadores de eficiência energética que sejam capazes de fornecer informação útil sobre quais os clientes com maior potencial de redução energética.

Em segundo lugar, o cálculo das economias, uma vez que a remuneração deste tipo de empresas está dependente do nível de poupanças alcançadas com o projecto. Sendo assim este será um tópico que deverá ser avaliado com enorme precisão, nomeadamente a avaliação do impacto de variáveis, que não são controladas nos consumos energéticos.

1.4. Objectivos

A preocupação com a crescente procura energética leva ao surgimento de metodologias e ferramentas para otimizar a utilização de energia e alteração de hábitos de consumo. Este trabalho procura dar apoio na resposta a uma solicitação específica do mercado de serviços energéticos, a vertente ESCO.

As ESCO baseiam o seu negócio em contratos de performance, garantindo a sua remuneração pela diferença entre um baseline de referência e o custo com energia ao longo do contrato. Desta forma a definição do baseline e o seu ajuste, assim como a metodologia para verificação das economias constitui a base para o bom sucesso de um contrato.

Com este trabalho procura-se:

-  Estabelecimento do estado da arte do negócio ESCO;
-  Metodologia típica de trabalho da ESCO e a normal operacionalização;
-  Identificação e caracterização de indicadores de eficiência energética para uma tipologia específica;
-  Caracterização dos contratos de performance;
-  Modo de definição do baseline;
-  Identificação dos vários variáveis que poderão influenciar o baseline;
-  Procedimentos de ajuste do baseline.

Procura-se ainda atingir para um edifício em particular, através da construção de uma ferramenta de cálculo:

-  Folha de cálculo para caracterizar a influência da mudança de tarifa de energia nos custos com energia e o respectivo ajuste a efectuar ao valor de referência dos custos;
-  Correlacionar a influência do clima e do nível de ocupação com o consumo de energia.

1.5. Estrutura

A presente dissertação é composta por 6 secções distintas e tem a seguinte estrutura, da qual esta secção constitui a introdução:

-  Secção 2: Estado da Arte;
-  Secção 3: Operacionalização e Diagnóstico Inicial;
-  Secção 4: Contrato de Performance Energética;
-  Secção 5: Ajuste ao Baseline;
-  Secção 6: Conclusões e Perspectivas Futuras.

Capítulo 2

Estado da Arte

Assiste-se actualmente a uma necessidade de eficiência energética por parte de todos os sectores de actividade, não só por motivos ambientais, visto ser esta uma forte ferramenta de ajuda na redução de emissões, mas também por motivos económico-financeiros, uma vez que a eficiência energética tem impacto directo nos custos dos edifícios ou instalações.

Com o objectivo de combater entraves à implementação da eficiência energética, têm vindo a desenvolver-se incentivos e mecanismos de promoção de um mercado da eficiência energética, onde as empresas tipo ESCO ganham especial relevo pelo modelo de negócio que promovem.

Este capítulo pretende efectuar uma caracterização deste tipo de empresas e evidenciar as razões pelas quais é necessário um desenvolvimento deste sector. São ainda referidas as mais-valias destas empresas quando comparadas com outras do ramo da eficiência energética.

2.1. Necessidades dos clientes e do mercado

Existe actualmente uma necessidade de melhoria da eficiência na utilização final de energia, de gestão da procura de energia e de promoção de energia proveniente de fontes renováveis de energia. Dado que existe uma margem relativamente limitada para exceder outro tipo de influência nas condições de aprovisionamento e distribuição de energia a curto e médio prazo, quer através da criação de novas capacidades, quer através da melhoria das redes de transporte e distribuição, a eficiência na utilização final de energia é o caminho a seguir.

As principais preocupações dos clientes e do mercado prendem-se substancialmente com a redução de custos financeiros. Cada vez mais as exigências do mercado impõem uma gestão financeira muito mais apertada, provocando uma enorme necessidade de controlar custos. Uma das possíveis formas de economia prende-se com a economia de energia. Se é possível poupar recursos financeiros reduzindo e racionalizando consumos, a gestão financeira deverá impor a eficiência energética como tópico importantíssimo na contenção de custos.

As necessidades energéticas básicas do mercado relacionam-se com o seguinte:



Usar menos energia;

-  Reduzir o custo de energia;
-  Estabilizar custos de energia;
-  Reduzir falhas de energia;
-  Substituição de infra-estruturas;
-  Capital disponível.

Salienta-se também a necessidade que os clientes e o mercado têm de cumprir as responsabilidades ambientais. Embora não seja uma necessidade de âmbito financeiro, é imperativo que se consiga consumir os recursos naturais de forma equilibrada, preservando o ecossistema natural.

2.2. As ESCO

Acontece muitas vezes que, após a realização de uma auditoria são identificadas medidas de eficiência energética que na maioria dos casos não são implementadas. As barreiras mais comuns para a realização e implementação destas medidas estão relacionadas com o financiamento do projecto e com o conhecimento e competência na avaliação das medidas a tomar para implementação do projecto por parte do cliente. Por um lado, os investimentos em eficiência energética têm que competir com outros investimentos que são necessários à organização do cliente e ao seu âmbito de trabalho. Por outro lado, planear e implementar medidas de eficiência energética é sempre algo que se situa fora das rotinas normais de funcionamento de uma empresa e do seu pessoal, e que por isso requer atenção e recursos extra. Como tal, a implementação de medidas propostas fica apenas no papel. Surge então a necessidade de ultrapassar tais barreiras. Uma das formas que as empresas têm de combater estes problemas está na aplicação do conceito ESCO (“*Energy Service Company*”) [3] [34].

O princípio ESCO começou a ser aplicado na América do Norte há mais de 20 anos. Anos mais tarde começou a ser conhecido na Europa, sendo adoptado como caminho de negócio por alguns países. Desde então tem-se verificado um crescimento no mercado por parte destas empresas, sendo elas também apoiadas pela União Europeia, uma vez que as ESCO são vistas também como um importante instrumento na ajuda ao combate às alterações climáticas [3].

Apesar de a noção de ESCO ser geralmente entendida de forma diferente, de país para país, têm-se desenvolvido esforços para encontrar e promover uma definição comum para que se fale a mesma língua em relação a este tipo de negócio.

Um passo importante para a expansão deste sector foi a directiva 2006/32/CE, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos, que veio promover a uniformização das definições principais, relativamente ao mercado ESCO e à eficiência energética.

Segundo esta directiva, uma ESCO é entendida como: “*uma pessoa singular ou colectiva que fornece serviços energéticos e/ou outras medidas de melhoria da eficiência energética nas instalações de um utilizador e que, ao fazê-lo, aceita um certo grau de risco financeiro. O pagamento dos serviços prestados deve basear-se (quer total, quer parcialmente) na consecução da melhoria da eficiência energética e na satisfação dos outros critérios de desempenho acordados*” [17].

A directiva 2006/32/CE define ainda os contratos de desempenho acordados entre cliente e ESCO como: “*um acordo contractual celebrado entre o beneficiário e o fornecedor (geralmente, uma empresa de serviços energéticos) relativo a uma medida de melhoria da eficiência em que os investimentos nessa medida são pagos por contrapartida de um nível de melhoria da eficiência energética, definido contratualmente*” [17].

A NAESCO (National ESCO Association of the U.S.) define as ESCO como um negócio que desenvolve, instala e financia projectos de eficiência energética durante um período de tempo variável de sector para sector. Tipicamente elas oferecem os seguintes serviços [5]:

-  Desenvolvimento, projecto e financiamento de eficiência energética;
-  Instalação e manutenção de equipamento envolvido;
-  Medição, monitorização e verificação das economias de energéticas produzidas;
-  Assunção do risco de garantia de economia de energia.

Existem diversas empresas ligadas ao sector energético e de gestão de energia. A principal diferença das ESCO relativamente a uma empresa que presta serviços energéticos ou de gestão de energia, reside no grau de risco financeiro associado ao trabalho realizado, que a empresa assume. Assim, uma ESCO tem capacidade de conseguir aliar aptidões na área da engenharia com a capacidade de financiamento dos projectos que promove. Este financiamento poderá ser total ou parcial. Poderá também intervir uma terceira parte no processo, caso a ESCO não tenha capacidade de encaixe financeiro do projecto, conceito definido como “*Third-Party Financing*” como mais adiante se verá.

O conceito ESCO favorece a implementação de soluções inteligentes e medidas que melhoram o rendimento energético das empresas e a eficiência dos edifícios, através da detecção e eliminação dos desperdícios de energia. É de extrema importância garantir uma taxa de retorno do investimento aceitável, já que o projecto deverá ser auto-sustentável, garantindo a remuneração dos investimentos com as economias obtidas através da implementação do projecto. Estes contratos devem ser aplicados em situações que o cliente não tenha capital necessário para realizar o investimento ou em clientes que não pretendam correr o risco dos investimentos sozinhos [6].

Deve ser também referido que a forma de actuação das ESCO não se fica apenas pela substituição de equipamentos antigos e pouco eficientes por equipamentos de maior eficiência. O conceito ESCO pode também ser aplicado em edifícios novos ou mesmo na adição de equipamentos de controlo que diminuam consideravelmente as perdas [5].

2.3. Tipos de empresas ESCO

Para a implementação de um projecto ESCO são necessárias diversas capacidades, tais como o conhecimento teórico sobre tecnologias e sistemas de energia, experiência em projectos de poupança energética, engenharia de custos, entre outras. Para além destas, é necessário também possuir conhecimento sobre engenharia financeira, capacidade de administração de projectos e ainda capacidade e experiência de instalação. Não é, no entanto, extremamente necessário que uma ESCO tenha todas estas capacidades, pois pode perfeitamente

subcontratar outras ESCO ou empresas de instalação de equipamentos para realizar o projecto ou pelo menos parte dele. Contudo apenas uma ESCO celebra um contrato de performance com o cliente, e será esta empresa que terá de realizar a administração do projecto e das questões financeiras.

Há várias formas de identificar diferentes tipos de ESCO. Uma delas é a forma como as ESCO executam o projecto, se autonomamente ou se tem necessidade de subcontratar serviços extra [3]. São então apresentados quatro tipos de ESCO [3]:

- ✚ *Broker-ESCO* que subcontrata toda a parte de engenharia, instalação e equipamentos a outras empresas externas;
- ✚ *Consulting-ESCO* que tem capacidade de desenvolver os projectos de engenharia mas que não tem experiencia na instalação dos equipamentos.
- ✚ *Full-scale ESCO* que consegue agrupar todas as capacidades essenciais de projecto.
- ✚ *SuperESCO*, conceito que foi introduzido nos Estados Unidos, que significa uma companhia com capacidade de fornecimento de energia aliada a todas as capacidades de uma *full-scale ESCO*.

2.4. Financiamento

O financiamento de projectos ESCO talvez seja uma das maiores barreiras para a expansão deste tipo de negócio. Apesar de muitas instituições financeiras internacionais poderem dar um considerável apoio às actividades ESCO, há necessidade de desenvolver capacidade de financiamento local por parte de certas instituições, com o objectivo de facilitar o processo de financiamento.

Nos contratos de performance de energia, os critérios de pagamento à ESCO têm que ser negociados consoante o custo de implementação e a verificação das poupanças obtidas pelo projecto.

Num contrato ESCO, existem então três factores que terão de ser ajustados de forma a serem compatíveis com os interesses de cada parte do contrato. Na figura 5 exemplificam-se tais factores.

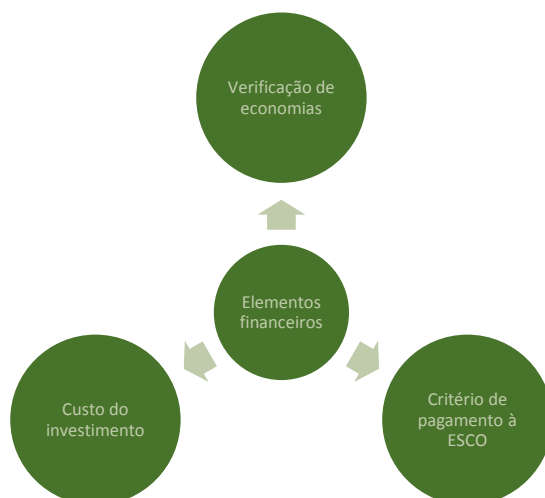


Figura 5 - Elementos financeiros mais importantes num contrato ESCO.

Geralmente os projectos ESCO têm um investimento alvo elevado, o que torna difícil a cada uma dos intervenientes suportar o investimento sozinho. Uma das formas de combater este factor é recorrer a uma terceira parte para financiar o projecto, em parte ou na totalidade, de forma a repartir os riscos financeiros. Este tipo de financiamento denomina-se de “*Third Party Financing*” (TPF). Como o projecto deve ser auto sustentável, o financiamento vai sendo liquidado automaticamente pelas economias energéticas produzidas.

A Directiva 2006/32/CE promove e incentiva o recurso a financiamento por terceiros, visto ser esta uma prática inovadora que deve ser estimulada. Recorrendo a contratos financiados por terceiros, o beneficiário evita custos de investimento, utilizando parte do valor financeiro das economias de energia resultantes do investimento de um terceiro para reembolsar o investimento e os encargos com juros [17].

A referida Directiva incentiva também os Estados-Membros à criação de fundos de apoio à eficiência energética, de modo a facilitar o acesso a projectos deste tipo e à promoção do desenvolvimento de um mercado de medidas de melhoria da eficiência energética. Este tipo de financiamento poderá ser uma outra forma de acesso à eficiência energética [17].

Na figura 6 é apresentado o esquema de um possível financiamento de um projecto ESCO com recurso a financiamento de uma terceira parte, exemplificando as relações que estabelecem entre os principais intervenientes.

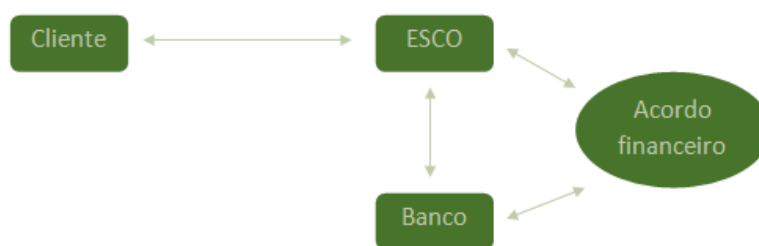


Figura 6 - Exemplo de um projecto ESCO financiado por uma terceira parte.

Existem basicamente duas formas para remuneração da ESCO: um preço fixo, ou um preço variável. A remuneração com taxa fixa é uma forma de pagamento em que a ESCO, como o próprio nome indica, recebe um valor fixo. Este valor pode ser definido através de cálculos efectuados antes da realização do investimento ou através de uma medida efectuada depois de realizar o investimento. A remuneração variável depende das economias atingidas com o projecto. É necessário neste caso que sejam efectuadas medições frequentes, de modo a poder avaliar os consumos. Em qualquer um dos casos pode ser garantida uma recompensa para a ESCO caso as economias produzidas sejam superiores ao estimado.

2.5. A M&V no conceito ESCO

Para as ESCO, a Medição e Verificação (M&V) tem como objectivo a verificação de ganhos e economias decorrentes das medidas de eficiência energética introduzidas aos sistemas ou à sua operação. Um projecto com ganhos estimados de uma forma mais segura, é certamente uma grande vantagem e uma mais-valia para a negociação de contratos ESCO.

A existência de procedimentos e protocolos estabelecidos de M&V garante uma ferramenta de fiabilidade de resultados para as ESCO. Quando as empresas investem em eficiência energética, naturalmente deseja-se verificar o quanto é economizado com o projecto. A determinação das economias em energia requer medição precisa e metodologia reproduzível. A necessidade de M&V torna-se então mais clara, tendo pela frente o desafio de equilibrar custos com retorno económico.

Com o crescimento e sofisticação de planos de M&V, as garantias financeiras para projectos de eficiência serão melhoradas e terão uma menor incerteza associada, auxiliando assim o desenvolvimento do mercado de eficiência energética.

O sucesso do projecto pode muitas vezes estar dependente da existência de uma concordância num plano preciso e rigoroso de medição e verificação. A existência de um protocolo estável e aceite por entidades internacionais, como é o caso do IPMVP (*“International Performance Measurement & Verification Protocol”*), pode suportar e funcionar de alavanca ao sucesso de negociações entre promotores, financiadores e cliente de eficiência energética.

A M&V surge, para um projecto de eficiência energética, em dois momentos distintos.

Numa primeira fase, é um dos instrumentos de auxílio para produzir o diagnóstico energético que permitirá apresentar uma proposta final ao cliente. Esta fase tem como finalidade a determinação de um cenário de referência de consumos energéticos. Assim, este cenário de referência pretende aferir os seguintes aspectos:

- ✚ Consumo de energia e diagramas de carga, através da instalação de analisadores de energia e outros equipamentos e da análise de facturas;
- ✚ Tipo e taxas de ocupação da instalação;
- ✚ Descrição e caracterização dos consumidores de energia (iluminação, caldeiras, chillers, motores, UTA's, equipamentos, etc.);
- ✚ Regimes de funcionamento desses equipamentos (horário, factor de carga, etc.)
- ✚ Anomalias encontradas nos equipamentos;
- ✚ Condições da instalação (níveis de iluminação, qualidade do ar, etc.).

Numa segunda fase, os procedimentos de M&V terão como principal finalidade a verificação dos ganhos decorrentes das medidas implementadas, parte essencial num contrato de performance. Nesta fase há necessidade de desenvolver um plano eficaz de controlo das economias geradas. Como tal, um bom plano deverá descrever todos os aspectos relacionados com a metodologia empregue, tais como:

- ✚ Plano de recolha de dados e medições a efectuar, que inclua a abordagem analítica utilizada (equações e suposições relevantes);
- ✚ Periodicidade e duração das monitorizações;
- ✚ Dados específicos sobre as mesmas, ou seja, os diversos pontos de medida e os objectivos de cada um deles, entre outros.

2.6. Comparação com outro tipo de empresas

Em comparação com outras empresas do sector energético, as ESCO podem financiar ou conseguir financiamento para a implementação dos projectos de eficiência energética. As ESCO conseguem também aliar serviços de manutenção de equipamentos, dando garantias de desempenho e economia de energia, um factor muito atractivo para a maioria dos clientes [9].

As ESCO providenciam contratos de performance que garantem que os custos do projecto são cobertos através das economias energéticas que se conseguem com as medidas implementadas. Se por algum motivo não são atingidas as metas de economia previstas, as ESCO são forçadas a compensar o cliente pelo valor em falta, excepto se for verificado que o cliente não está a colaborar de forma eficaz na implementação das medidas adoptadas e descritas no contrato de performance [9].

Por outro lado, outras empresas do sector de eficiência energética que não sejam ESCO promovem apenas técnicas de análise energética, projectos de engenharia e por vezes constroem serviços de gestão. Elas raramente financiam um projecto deste tipo, ou pelo menos não é esse o seu âmbito de negócio. Não costumam dar garantia de desempenho e economia ou manutenção de equipamento [9].

2.6.1. Vantagens

O modelo ESCO é de extrema utilidade para qualquer projecto de engenharia. Podem então referir-se as seguintes vantagens:

- ✚ Deixa de existir a necessidade de investimento inicial por parte do cliente, que é geralmente, o maior entrave ao avanço deste tipo de projectos;
- ✚ É fornecida uma variada gama de serviços, desde a concepção, financiamento, instalação, operação, manutenção e monitorização dos projectos, permitindo ao cliente centrar a sua atenção no seu negócio principal;
- ✚ Garantia dos serviços prestados, por exemplo garantindo níveis de produção e/ou níveis de poupança durante a duração dos contratos;
- ✚ Os riscos técnicos e financeiros presentes nas medidas a implementar deixam de estar inteiramente do lado do cliente;
- ✚ Existe uma abordagem mais personalizada e comprometida a cada projecto, uma vez que o sucesso financeiro da operação depende do bom desempenho das soluções implementadas;
- ✚ Há um número limitado de pessoas envolvidas nos contratos realizados entre o cliente e as ESCO, o que simplifica os procedimentos e aumenta os níveis de confiança de ambas as partes.

2.6.2. Desvantagens

Do ponto de vista do cliente, podem salientar-se as seguintes desvantagens em contratar um serviço ESCO:

- ✚ O cliente tem que partilhar os proveitos do projecto com a ESCO;
- ✚ Mesmo que já tenha sido efectuada uma auditoria ao edifício, terá que ser realizada outra por parte da ESCO;
- ✚ As ESCO podem ser apenas experientes numa determinada tecnologia, ou recomendarem apenas o seu próprio equipamento, e esta situação pode comprometer o objectivo da análise técnica;
- ✚ São adicionados custos ao projecto para suprir a necessidade de monitorização e risco de garantia de poupanças de energia.

2.7. Mercado ESCO

Não é possível saber de forma exacta o número de empresas do tipo ESCO no Mercado e a dimensão desse mesmo mercado na Europa [10]. O sector ESCO é difícil de quantificar, pois muitas vezes são confundidas com empresas da área do sector energético. Ainda assim, o negócio está longe do seu máximo de potencial.

Na tabela 1 representa-se a tabela resumo das ESCO na Europa.

Tabela 1 - Tabela resumo das ESCO na Europa

Indicador	Descrição
Número de ESCOs	Desconhece se o numero total de ESCOs existentes na EU. O número de ESCO por país situa-se entre as 0 e as 50
Tipo de ESCOs	Públicas e multinacionais privadas, muitas companhias que começaram por ser retalhistas de material de aquecimento, de construção e material de controlo.
Associação de ESCOs	Existe a EFIEES ¹
Dimensão do mercado	5 a 10 biliões de € /ano
Mudanças nos últimos anos	Aumentaram e diversificaram-se entrando em novos mercados nacionais
Tecnologias mais populares	Cogeração, iluminação de ruas e aquecimento

¹ European Federation of Intelligent Energy Efficiency Services; <http://www.efiees.org/>.

2.7.1. Situação Nacional

Em Portugal pode dizer-se que o negócio não está ainda totalmente dominado. Existem empresas de consultadoria que estão orientadas para auditoria, preparação de planos de racionalização de consumos de energia, instalação de equipamentos de eficiência energética, como resultado das obrigações associadas à racionalização eficiente do uso de energia. Por vezes, estas empresas são confundidas com o negócio ESCO.

Apesar da pequena dimensão do mercado no nosso país, recentemente o conceito tem ganho mais popularidade e prevê-se o seu desenvolvimento, devido à crescente obrigação de conseguir poupanças de energia. Pensa-se que a liberalização completa do mercado eléctrico em 2006 também contribuirá para tal desenvolvimento. Não existem números exactos, mas sabe-se que Portugal não está a aproveitar a totalidade do seu potencial ESCO. Actualmente, os principais clientes são sobretudo indústrias de média e grande dimensão e grandes edifícios de serviços (centros comerciais, hospitais, hotéis, etc.). A maioria dos projectos existentes contempla a cogeração e a energia eólica [10].

O sector público tem um enorme potencial e está desaproveitado. A aplicação do modelo ESCO nos edifícios públicos poderia servir como elemento motivador para os restantes sectores. Estima-se que 30% de custos municipais com energia poderiam ser poupados com um pequeno tempo de retorno de capital [10]. No entanto, neste sector existem vários factores que estão a limitar a entrada de contratos de performance energética, entre estes a necessidade de um número mínimo de candidatos que têm que apresentar propostas.

Embora existam várias instituições financeiras nacionais e internacionais interessadas em financiar e apoiar projectos ESCO, existem ainda algumas barreiras, sendo que é de enorme interesse que sejam desenvolvidos documentos legais que possam servir de guias às empresas.

2.8. Potenciais clientes

Em Portugal e na Europa, o âmbito de uma possível aplicação do conceito ESCO é bastante vasto e contempla uma ampla gama de sectores desde edifícios a instalações industriais, passando pelos empreendimentos turísticos ou centros comerciais.

Como principais clientes do mercado ESCO podem destacar-se os seguintes:

- ✚ Condomínios residenciais, quintas e vivendas;
- ✚ Hotéis, Resorts turísticos e centros de congressos;
- ✚ Iluminação pública exterior (ex: estradas, monumentos, etc.);
- ✚ Edifícios de escritórios;
- ✚ Centros comerciais e lojas de retalho;
- ✚ Edifícios escolares e campus universitários;
- ✚ Edifícios hospitalares e centros de saúde;
- ✚ Edifícios municipais e estatais, incluindo museus e palácios;
- ✚ Restaurantes e cafetarias, com dimensão relevante;
- ✚ Centros desportivos e de lazer (ex: piscinas, SPA's, parques de campismo, estádios, teatros, cinemas, etc.)
- ✚ Complexos industriais (com análise caso a caso).

2.9. Próximos passos e tendências do mercado

O sector energético está imerso num processo de liberalização que afectará o conteúdo e orientação dos negócios. De entre as tendências previstas e já constatadas em vários países, podem destacar-se as seguintes:

-  Multiplicação da oferta disponível ao cliente;
-  Integração de um conjunto de serviços na oferta das companhias;
-  Orientação para o cliente;
-  Desintegração da cadeia de valor (aprovisionamento, transporte, distribuição, comercialização, etc.);
-  Redução das margens do serviço tradicional. Aposta no serviço do tipo ESCO.
-  Aposta na microgeração e no modelo descentralizado de produção, mais eficiente.

A legislação aplicável aos edifícios públicos, irá exigir políticas integradas locais e regionais de eficiência energética e a análise de soluções que tenham por base energias provenientes de fontes renováveis, para permitir a redução das taxas relativas a emissões de CO₂.

A proposta de serviços de energia permite, em média, uma redução imediata de 5% do seu custo total com energia logo no primeiro ano, sem necessidade de investimento inicial. Podem ainda atingir-se outros 10% após os primeiros anos de gestão conjunta de energia.

Na Europa, as ESCO são normalmente parceiras privilegiadas dos municípios e das agências de energia, para executar as recomendações dos planos de acção municipais e de energia e desenvolvimento sustentável.

O caminho a seguir pelas ESCO passa então por acrescentar às suas actuais capacidades, a capacidade de projectar e instalar soluções de energia que combinem a produção local de base renovável com outras fontes, reduzindo além da factura energética, também a factura ambiental futura relativa às emissões de CO₂.

Capítulo 3

Operacionalização e Diagnóstico Inicial

As ESCO, como coordenadoras de uma serie de serviços técnicos têm naturalmente, que definir metodologias próprias para cada novo projecto que desenvolvam, ou que tenham ambição de desenvolver. A questão que se coloca antes de começar qualquer projecto é por onde começar e que caminho seguir de forma a minimizar tempos, recursos, e conseguir avançar apenas para projectos realmente interessantes do ponto de vista não só energético, mas também financeiro.

Uma forma de avaliar qual, ou quais são os clientes que poderão ser mais interessantes para avançar com propostas por parte da ESCO, é o recurso a indicadores de consumo e custo com energia. A primeira fase de abordagem da ESCO ao cliente tem então que ser capaz de reproduzir resultados que satisfaçam esta exigência. Se o diagnóstico inicial, executado pela ESCO, revelar resultados fiáveis, é uma garantia que esta terá de que está apenas a vocacionar os seus recursos para os clientes com maior potencial de redução energética. Isto faz com que se poupe tempo e dinheiro para a ESCO.

Este capítulo tem como objectivo evidenciar a metodologia tipicamente seguida por uma ESCO na abordagem de um novo projecto, desde a fase inicial até à conclusão do contrato. Procura-se também dar resposta à questão dos indicadores que devem ser determinados no diagnóstico inicial, para uma tipologia específica de edifício. No caso analisado trata-se da tipologia hotéis. São sugeridos alguns indicadores a usar e é descrito um exemplo real de comparação de vários hotéis.

3.1. Metodologia ESCO

Uma ESCO é, na sua essência, o coordenador de uma multiplicidade de serviços de índole técnica e financeira, sendo portanto de vital importância a sua capacidade organizacional e a sua competência técnica no sector da energia. Não significa que todas as empresas do sector tenham que seguir exactamente a metodologia que será descrita. No entanto a abordagem que se descreve retrata todos os tópicos que devem ser abordados durante todo um projecto ESCO. Assim, as ESCO têm uma metodologia de trabalho que tipicamente segue a seguinte evolução:

Contactos iniciais

Os contactos iniciais podem partir por iniciativa de qualquer uma das partes intervenientes. O cliente poderá constatar que tem necessidade de melhorar a sua eficiência energética, ou então a ESCO, no âmbito da sua estratégia comercial, poderá procurar determinados clientes e sectores alvo.

Diagnóstico Energético inicial

O objectivo deste diagnóstico inicial é identificar e quantificar o potencial do cliente para aplicação de medidas de eficiência energética, através de indicadores de potencial de redução energética, tais indicadores são alvo de estudo neste capítulo. Tipicamente este diagnóstico consiste numa visita técnica às instalações e numa análise simplista da facturação energética e outros dados relevantes tais como área ou taxas de ocupação [8].

Após diagnóstico preliminar podem ser seguidos três caminhos:

-  Caso se verifique um fraco potencial, a ESCO abandona aquele projecto.
-  Verificando-se um potencial moderado, o caminho a seguir é uma análise mais detalhada do edifício (auditoria energética) de modo a avaliar a viabilidade de implementação de medidas de eficiência energética.
-  Se o edifício possuir um potencial elevado, pode nem ser efectuada uma auditoria energética profunda, passando-se imediatamente para uma proposta final.

Proposta inicial

Mediante as conclusões obtidas, a partir da análise preliminar, no caso de se verificar que existe potencial para implementação de medidas de eficiência energética, avança-se para uma proposta inicial que contem uma breve sugestão das medidas a implementar, os seus efeitos práticos e a sua viabilidade económica. Na generalidade, até esta fase os encargos financeiros ficam a cargo da empresa ESCO, não sendo cobrada qualquer comissão ao cliente [8].

Auditoria Energética detalhada

Caso a proposta preliminar seja aceite por parte do cliente, torna-se necessário recolher uma maior quantidade de dados de forma precisa, para que se proceda a um estudo muito mais detalhado e preciso. O objectivo será então a elaboração de uma proposta final completa e rigorosa, que não ponha em causa o interesse das duas partes.

É levada a cabo então uma auditoria energética muito mais detalhada que a efectuada primariamente. Com recurso a um mecanismo de medição de consumos, são determinados perfis de utilização de energia, que posteriormente permite a identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da instalação, ou do edifício. Este mecanismo de identificação de melhorias envolve duas fases distintas, primeiro é efectuado todo o trabalho de campo, em que através de meios técnicos apropriados e metodologia definida, são efectuadas medições e são recolhidos todos os dados necessários a serem tratados na segunda fase deste processo que será a análise e tratamento destes dados e que conduzem à elaboração de um relatório final com todas as medidas de eficiência mais viáveis, do ponto de vista financeiro.

Proposta final

A partir das conclusões obtidas, enunciadas no relatório final, é então elaborada uma proposta final que define o custo com energia de referência e as metas a atingir com a implementação do projecto, ou seja é identificado o uso de energia no período anterior à intervenção, com base numa média de dois ou três anos anteriores, e são descritos todos os serviços a serem prestados pela ESCO, no âmbito das soluções a implementar, assim como as poupanças garantidas, prazos de instalação dos equipamentos, questões ligadas à manutenção dos mesmos, procedimentos de M&V (Medição e Verificação) a utilizar para avaliação do desempenho, tipo de contrato e a sua duração, entre outros pontos a serem discutidos e acordados por ambas as partes.

Por norma, a apresentação desta proposta final, implica um custo para o cliente associado principalmente à Auditoria Energética [8].

Assinatura do Contrato

A celebração do contrato pode passar por uma fase de negociação, com vista ao esclarecimento e salvaguarda dos interesses de cada uma das partes. Após esta negociação é realizada então a assinatura do documento, que validará todos os termos da intervenção a implementar na instalação ou edifício [8].

Implementação do projecto

Após a assinatura do contrato, dá-se início à instalação dos equipamentos e procede-se à execução das medidas de gestão e redução energética acordadas [8].

Monitorização e verificação / Operação e manutenção

Com o projecto devidamente implementado, há necessidade de verificar o sucesso das medidas implementadas, isto é, verificar se as poupanças estão de facto a ser as previstas e consequentemente se os termos do contrato estão de facto a ser cumpridos. Com esse objectivo entra aqui a importância dos procedimentos de M&V, pois quando bem implementados estes procedimentos são uma boa base de garantia de sucesso do projecto. Por outro lado a ESCO é responsável pela gestão da operação das instalações e poderá assegurar também a manutenção dos equipamentos [8].

Fim do contrato

Passado o período temporal contratualmente estabelecido, a ESCO abandona o projecto ou poderá eventualmente ser celebrado novo contrato.

Como já foi referido, toda esta sequência é apenas uma forma de abordagem típica de um projecto deste tipo, não significando que outras formas de abordagem não possam ser usadas. Na figura 7 é apresentada a metodologia descrita anteriormente, sob a forma de um esquema exemplificativo.

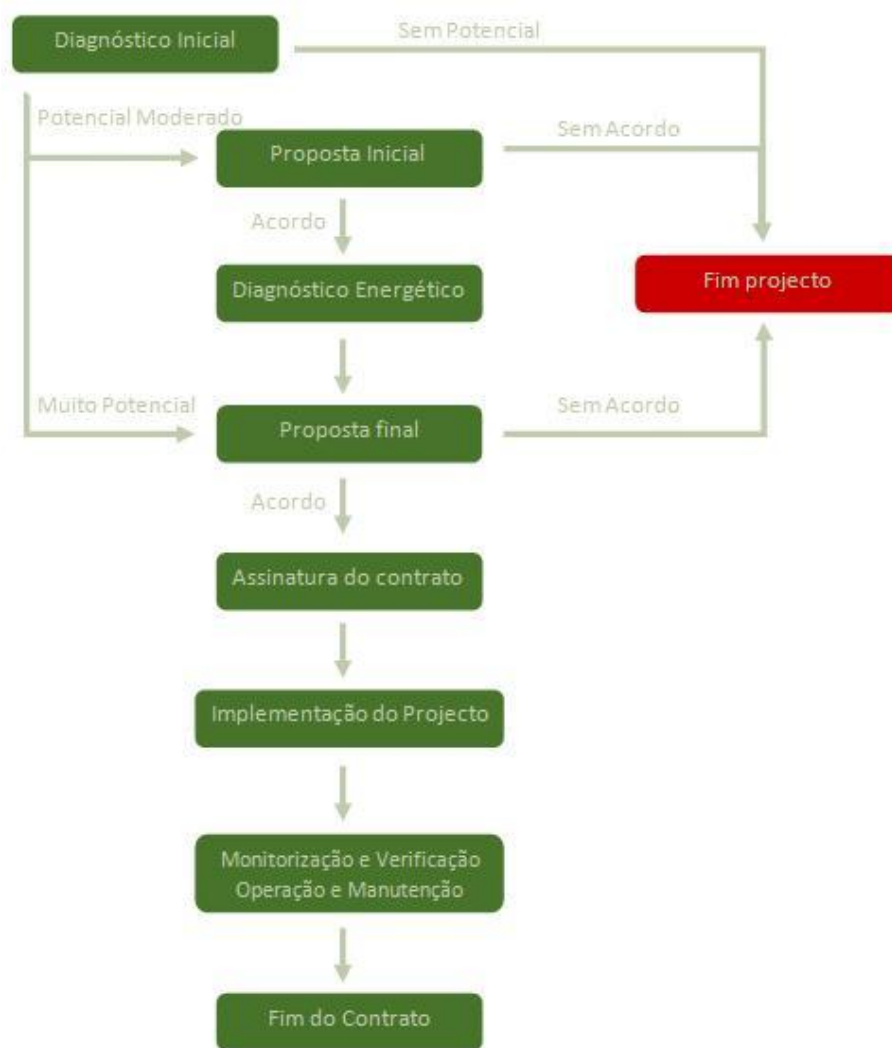


Figura 7 - Esquema da metodologia usada habitualmente no modelo ESCO.

3.2. Importância do Diagnóstico Inicial

Uma questão crucial para as ESCO, é conseguir perceber de forma rápida e viável, qual ou quais os clientes que possuem, de facto, potencial de eficiência energética. Para isso é necessário dispor de indicadores, perfeitamente adequados a cada tipologia, que sejam capazes de traduzir tal potencial. Se tais indicadores forem credíveis, a sua utilização pode traduzir-se numa poupança de recursos técnico-financeiros por parte das ESCO, pois elas apenas direccionaram os seus recursos para situações que se mostrem mais interessantes do ponto de vista de eficiência energética.

Segundo a metodologia de trabalho das ESCO, descrita no ponto anterior, a fase preliminar consiste num diagnóstico simples, mas realista, sobre os consumos do cliente. As ESCO necessitam então de uma ferramenta que consiga responder a esta exigência, para poder avaliar o estado de eficiência energética do edifício, em comparação com outros edifícios da mesma tipologia e com eventuais *benchmarks* (caso estejam ao disponíveis), de modo a vocacionar os seus recursos apenas para clientes com maior potencial.

Este diagnóstico inicial consiste na determinação de alguns indicadores de eficiência energética. Estes indicadores são rácios simples que deverão descrever de forma sucinta, mas realista, a eficiência energética do edifício ou instalação. A determinação destes rácios não deve ser morosa, pois o objectivo desta fase é obter informação útil sem utilização de muitos recursos por parte das ESCO.

3.3. Como definir indicadores

Como já foi referido, a definição de indicadores não deverá ser morosa nem dispendiosa para a ESCO. O objectivo destes indicadores não é pois o conhecimento profundo dos consumos do edifício, mas sim averiguar se, na globalidade, o edifício tem potencial de redução energética ou não, isto quando comparado com edifícios semelhantes, ou seja, da mesma tipologia. Sempre que possível devem comparar-se também os consumos energéticos do edifício com valores de referência ou Benchmarks.

Devem ser avaliados parâmetros simples, mas representativos do edifício e do seu consumo energético. Para isso é necessário estruturar, á priori, um caminho a seguir para avaliar indicadores, ou seja, deve-se começar com uma análise mais simples e posteriormente avançar para análises um pouco mais aprofundadas. Quer com isto dizer-se que numa primeira fase o que realmente importa é ter os consumos energéticos como um todo, desagregados por fonte de energia, geralmente electricidade e um combustível fóssil. Numa análise posterior deve ter-se então uma desagregação do consumo energético por tipo de utilização. Nesta fase tem que se recorrer a algum “Sub-Metering”, que não é mais do que ter medições individuais de determinados equipamentos ou de algumas zonas específicas que sejam relevantes a nível de consumo energético.

A definição de indicadores deve ter em conta o tipo de espaço do edifício, ou seja, um bom indicador num edifício de escritórios, poderá não ser o melhor indicador de um hotel por exemplo. Como tal é necessário definir certos parâmetros a avaliar tendo em consideração o tipo de espaço do edifício.

A seguir segue um exemplo de uma lista de parâmetros e requisitos de entrada para um tipo específico de edifício, tratando-se neste caso de um hotel. É obvio que se um edifício possuir diversos tipos de espaços, cada espaço terá que ser analisado individualmente.

Hotel:

-  Área útil;
-  Número de quartos;
-  Percentagem de área que é climatizada;
-  Taxa de ocupação;
-  Número de unidades de climatização;
-  Área útil de pavimento.

Na figura 8 é representado um esquema da forma como devem ser executados os indicadores de eficiência energética.



Figura 8 - Metodologia de execução de indicadores energéticos.

3.4. Indicadores

Com o objectivo de exemplificar o processo de definição de indicadores, foram definidos vários indicadores para o caso particular de hotéis. Os indicadores seleccionados para este casos são os seguintes:

- ✚ Custo específico de energia;
- ✚ Potência tomada no regime nocturno face ao período diurno;
- ✚ Custo com energia por área climatizada e por quarto ocupado;
- ✚ Consumo de energia por área climatizada e por quarto ocupado;
- ✚ Área climatizada por quarto;
- ✚ Indicador de eficiência energética.

3.4.1. Aplicação a casos de estudo

O estudo dos indicadores definidos foi complementado com exemplos reais de hotéis. Neste estudo foi escolhido um conjunto de seis hotéis e estes foram comparados através dos indicadores escolhidos.

Consumo anual de energia

Para execução deste indicador, o primeiro passo a seguir será uma análise detalhada das facturas de electricidade, de gás, ou de outra qualquer fonte de energia usada pelo edifício. Esta análise permite determinar perfis de consumo mensais para as várias fontes e energia, assim como avaliar alguma sazonalidade que possa estar inerente a estes consumos de energia, que geralmente está presente. Com esta análise definem-se também consumos energéticos anuais de electricidade e combustíveis fósseis.

Com o objectivo de exemplificar a análise que deve ser feita às facturas, nas figuras 9 e 10 é representado o perfil de consumo de energia eléctrica e de combustível fóssil - no caso gás natural - para o hotel H2. Os consumos de energia estão desagregados mensalmente para dois anos: 2008 e 2009.

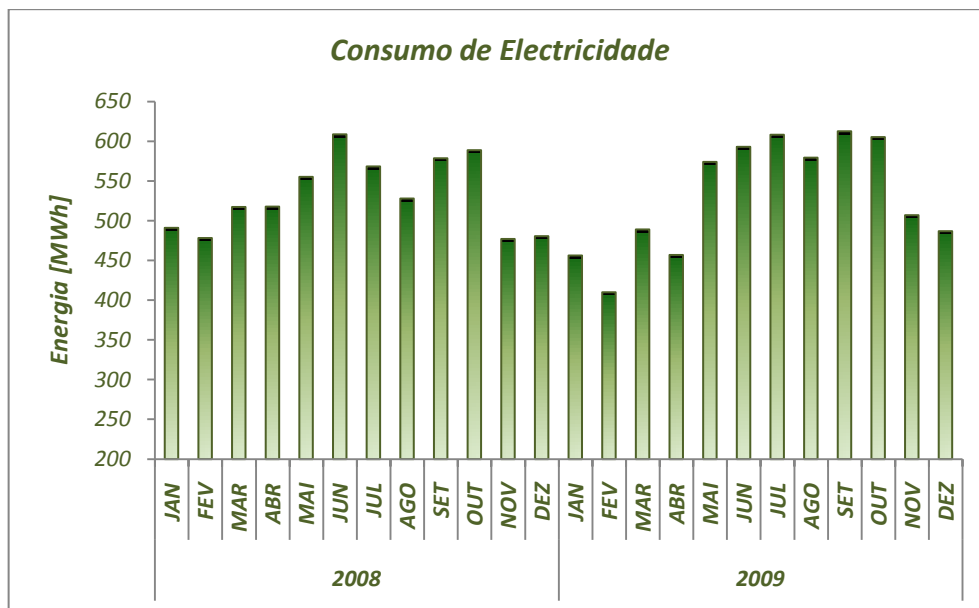


Figura 9 - Consumo de energia eléctrica no hotel H2.

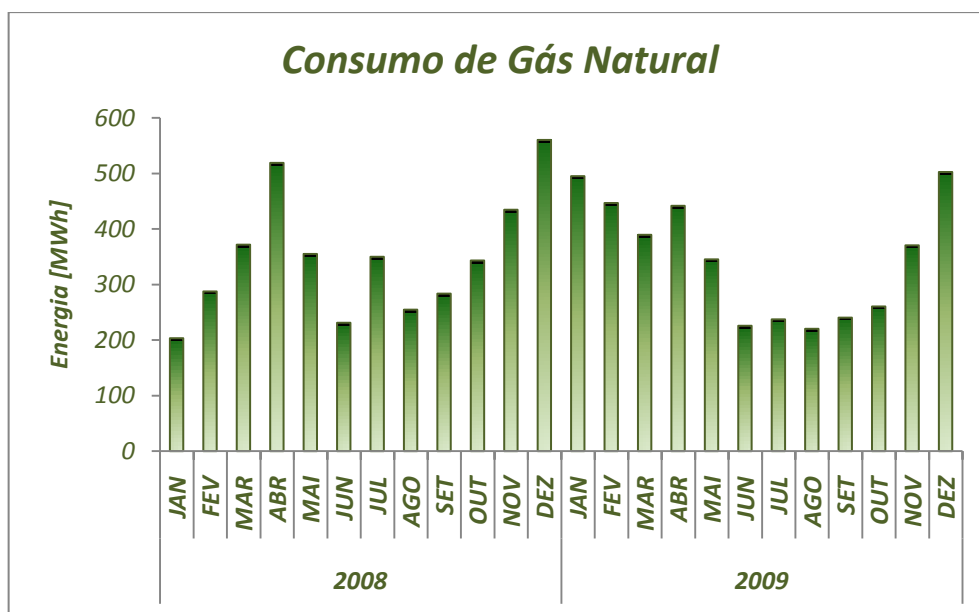


Figura 10 - Consumo de gás natural no hotel H2.

Pela análise dos gráficos representados verifica-se que de facto existe uma determinada sazonalidade nos consumos de energia, quer no consumo de electricidade, quer no consumo de gás natural. Em relação à electricidade é notório um maior consumo nos meses em que as temperaturas ambientes são mais elevadas face aos meses em que as temperaturas são mais baixas. Já no caso do gás natural a tendência é totalmente inversa: maior consumo de energia nos meses mais frios e menor consumo nos meses quentes.

De certo modo, e uma vez que se trata de um hotel citadino, em que não existe grande assimetria nas taxas de ocupação durante todo o ano, as tendências verificadas já eram esperadas, dadas as características do edifício.

Se pensarmos que durante os meses quentes é necessário arrefecimento ambiente, concluímos que o aumento do consumo de electricidade nestes meses face ao resto do ano deverá ter uma relação com a produção de frio.

Por outro lado, durante os meses de frio é necessário aquecimento ambiente. Tal facto faz com que o consumo de gás natural nestes meses seja superior ao consumo verificado durante os restantes meses.

Custo específico de energia

O resultado que a ESCO tem de mostrar ao cliente é um resultado financeiro, e não um resultado energético. Na maior parte dos casos o cliente não tem conhecimentos na área energética, e consequentemente não terá capacidade para avaliação dos impactos produzidos nos seus custos com energia, se os resultados previstos pela ESCO forem apresentados sob a forma de poupança energética. Ao contrário, se a ESCO apresentar as suas previsões de uma forma financeira - poupança monetária - o cliente terá uma percepção muito superior sobre o impacto que as medidas a implementar terão nos seus custos com energia, e consequentemente no seu orçamento.

Numa análise mais financeira, é necessário avaliar quanto se paga pela energia que é consumida. Para isso definem-se gastos anuais com energia (€/ano) que posteriormente são confrontados com o consumo anual de energia (MWh/ano), e é definido então o custo específico (€/MWh) para as várias fontes de energia do edifício. Com esta análise temos então um indicador que é o custo específico de energia, que não é mais do que aquilo que se paga por unidade de energia consumida.

Este valor poderá servir numa primeira avaliação, no caso da electricidade por exemplo, para avaliar se o cliente está, ou não, na tarifa eléctrica (potência contratada) mais adequada aos seus consumos. Por exemplo, se um cliente tem um custo específico de energia eléctrica bastante elevado, quando comparado com clientes da mesma tarifa, média tensão por exemplo, podemos desde logo concluir que o cliente em causa estará a pagar mais por unidade de energia porque terá uma potência contratada superior às suas necessidades.

O custo específico é especialmente importante quando são estudadas medidas de melhoria energética. Quando é avaliada e proposta uma medida de eficiência energética a aplicar a um edifício, aquilo que é calculado é a economia de energia. No entanto, e como o que realmente interessa ao cliente é a economia financeira que a medida a aplicar produzirá por ano e o tempo de retorno do investimento, tem que existir um elo de ligação entre a economia energética e a economia financeira associada. Tal elo de ligação é o custo específico com energia. Assim, os resultados de um estudo de medidas de eficiência energética devem ser apresentados em termo de poupanças financeiras anuais, ou mensais conforme pretendido, e tempo de retorno do investimento.

Na figura 11 mostra-se a comparação entre custos específicos de electricidade dos vários hotéis, todos eles com a mesma tarifa eléctrica (média tensão).

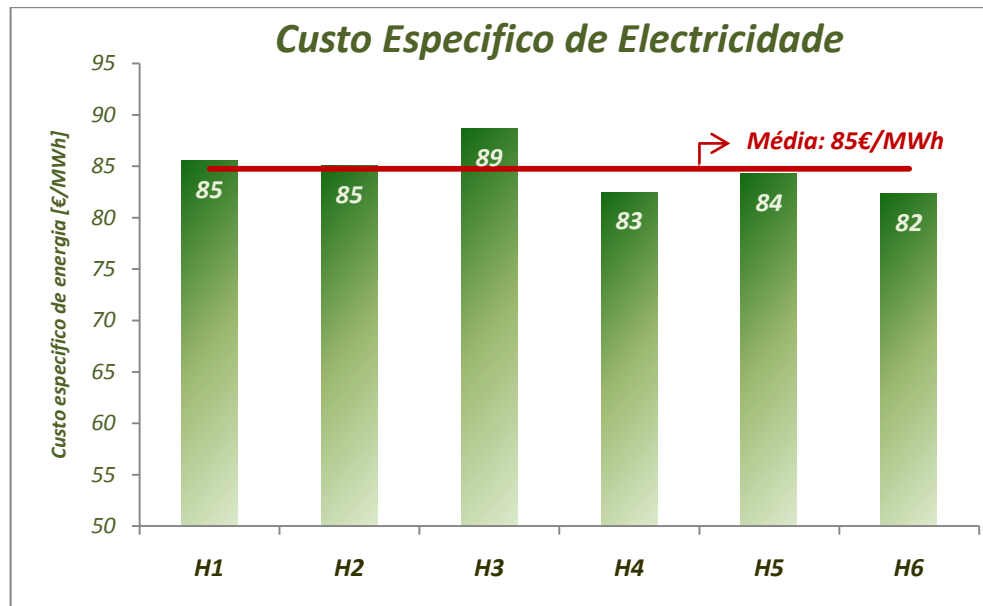


Figura 11 - Custo específico de electricidade para vários hotéis (H1 a H6).

Como se pode verificar pela figura acima, todos os edifícios têm custos específicos de electricidade bastante idênticos, não existindo uma grande discrepância em relação a um valor médio, o que permite concluir que todos os clientes estão nas tarifas eléctricas mais adequadas aos seus consumos. Como tal, não há possibilidade de tirar ilações sobre qual será o cliente com maior potencial de redução energética.

Em relação aos custos específicos de gás, a análise terá de ser mais cuidada, uma vez que podem existir vários tipos de gás consumidos consoante o cliente. Pretende-se com isto evidenciar que vários tipos de gás têm diferentes custos, pelo que nem sempre poderá ser efectuada uma análise global, como no caso da electricidade. Há necessidade de desagregar os clientes consoante o tipo de gás consumido, e posteriormente proceder-se a uma análise do custo específico de gás de cada cliente.

Na figura 12, e retomando o exemplo dos hotéis acima descritos, é apresentado o custo específico de gás para cada hotel.

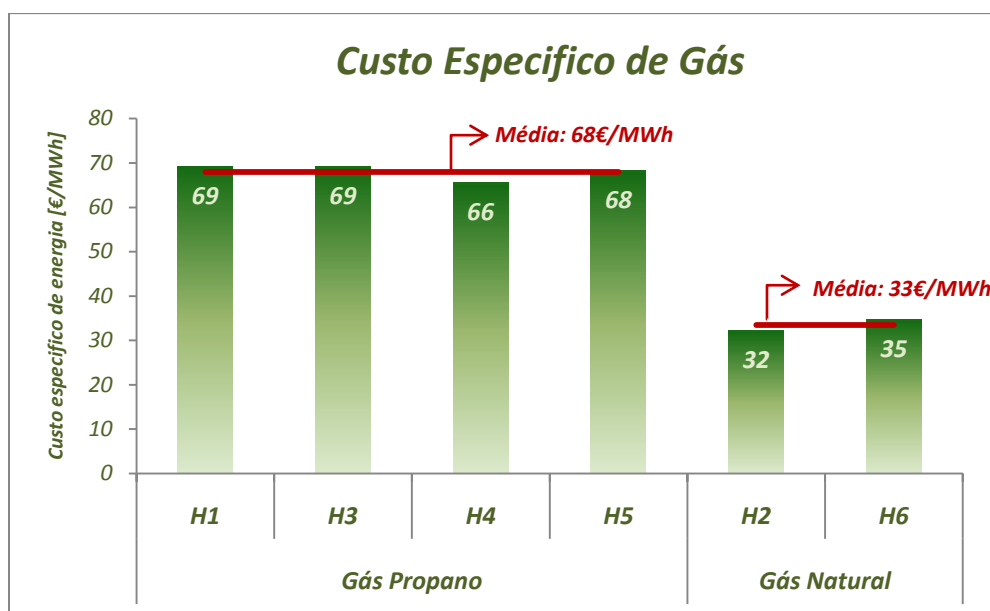


Figura 12 - Custo específico de gás para os hotéis H1 a H6.

Tal como no caso da electricidade, não existe grande variação no custo específico de gás dos vários hotéis face a um valor médio. Existe sim, uma diferença bastante acentuada dos custos específicos de gás dos hotéis H2 e H6, em relação aos restantes, que se deve apenas ao facto, já referido, do preço dos vários tipos de gás ser diferente. No caso em questão, o preço do gás propano é superior ao preço do gás natural.

Embora não se possa obter uma informação definitiva sobre a eficiência do cliente, analisando apenas este custo específico, a ESCO possui aqui um bom indicador financeiro. Se após a análise das medidas de eficiência energética a implementar, as economias energéticas previstas forem exactamente iguais em todos os hotéis, nos hotéis H2 e H6, essas mesmas economias terão um menor impacto no custo global com energia, em relação ao impacto que terão, as mesmas economias, nos restantes hotéis. Pode afirmar-se que cada unidade de energia de gás economizada nos hotéis H2 e H6 tem um menor impacto nas economias monetárias finais das medidas a implementar.

Potência tomada em período nocturno

Uma análise que também pode ser feita nesta fase, e que no caso dos hotéis é bastante interessante, é o rácio entre a potência média tomada em período nocturno e a potência média tomada em período diurno. Entenda-se aqui que o período nocturno é o período diário entre as 00:00 e as 08:00, sendo o período diurno as restantes horas do dia, das 08:00 às 24:00.

No caso deste indicador, a simples análise de facturas não é a solução mais simples, uma vez que seria necessário efectuar alguns cálculos para obter a potência tomada, sendo que também não seria possível obter um perfil diário de potência tomada. A solução a adoptar para solucionar este problema, e uma vez que a execução destes indicadores não deve ser dispendiosa nem morosa para a ESCO, é a instalação de dispositivos de medição nas instalações do cliente durante um período de tempo que se considere representativo dos consumos do edifício. Geralmente alguns dias de medição conseguem responder a esta

questão. O objectivo principal destas medições é a obtenção de um perfil diário de potência tomada.

Retomando novamente o exemplo do hotel H2, é apresentado na figura 13 o perfil diário de potência tomada que deve ser retirado das medições.

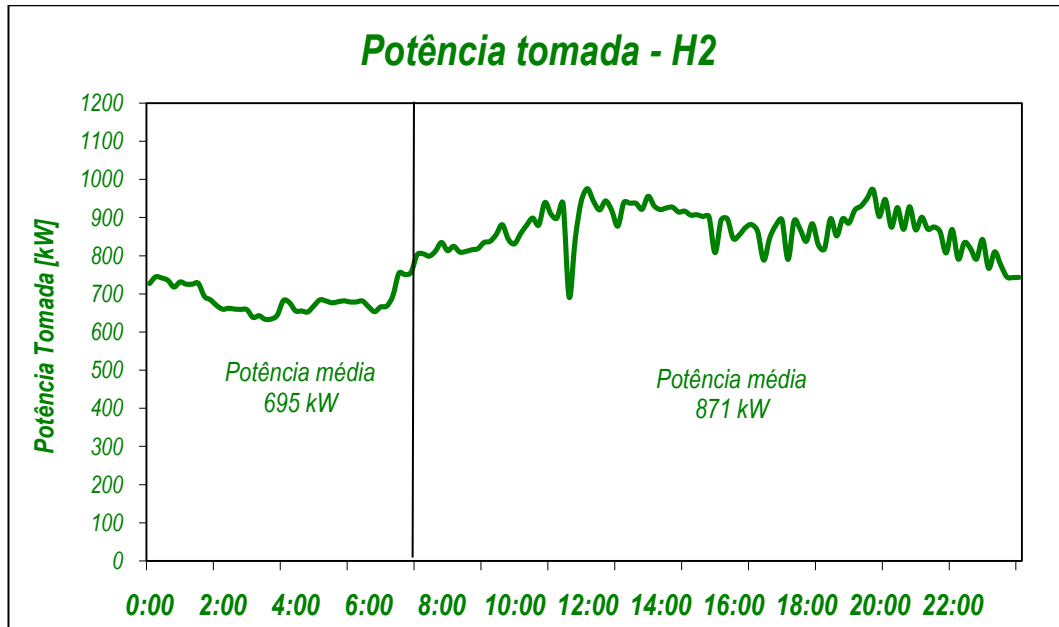


Figura 13 - Perfil diário de potência tomada no hotel H2.

Pela análise da figura 13, verifica-se que a potência tomada em regime noturno face à potência tomada em regime diurno é ligeiramente inferior, o que de certa forma é espectável que aconteça. Existem determinados serviços em hotéis consumidores eléctricos que durante a noite estão desligados, o que consequentemente faz com que a potência tomada em regime noturno seja inferior.

O que se pretende com a análise do perfil diário de potência tomada, não é propriamente o perfil em si, mas sim o rácio entre a potência média tomada em regime noturno e a potência média tomada em regime diurno. Para o caso temos então, em regime noturno, uma potência média tomada de 695 kW, e em regime diurno uma potência média tomada de 871 kW. Nesta situação tem-se um rácio de 80%.

Mais uma vez, é necessário garantir uma base de comparação para este indicador. O procedimento a seguir é a comparação de valores de vários hotéis. Na figura 14 é mostrada a comparação, assim como o valor médio deste rácio, para o conjunto de hotéis em estudo.

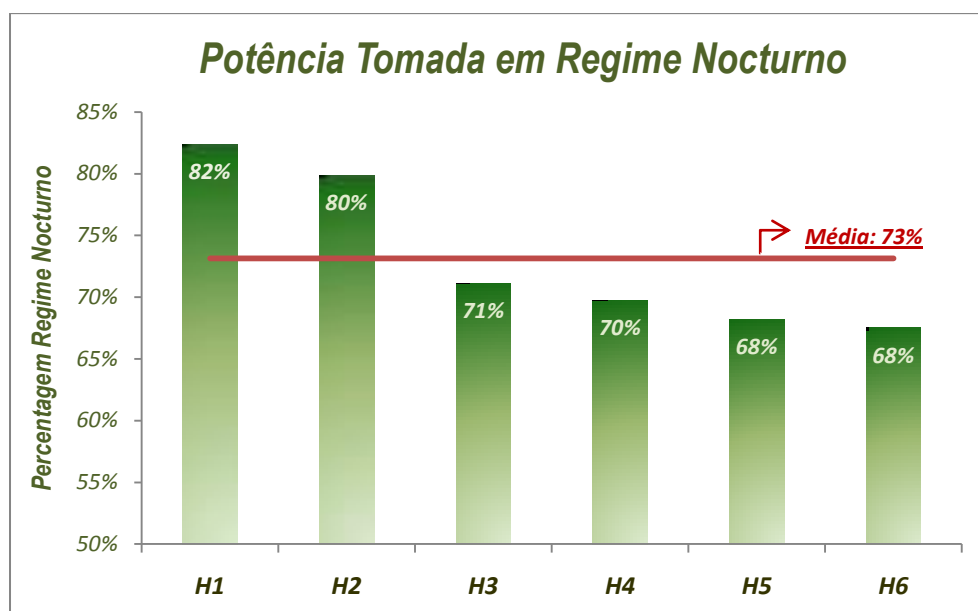


Figura 14 - Potência tomada em regime nocturno nos hotéis H1 a H6.

Ao analisar o rácio em questão para todos os hotéis disponíveis, tal qual demonstrado na figura 14, começa a ter-se uma percepção de que os hotéis H1 e H2 podem de certa forma possuir alguma ineficiência energética, o que não significa que a diferença verificada em relação ao resto dos hotéis não seja derivada de outros factores que não sejam ineficiências. Por tal facto, se salienta mais uma vez que devem ser avaliados vários parâmetros e vários indicadores de eficiência energética, para poder tirar ilações claras e representativas da eficiência do edifício.

A principal conclusão que a ESCO tira da análise deste indicador é que os hotéis H1 e H2, por possuírem um valor de potência média tomada em regime nocturno face ao período diurno superior ao resto dos hotéis, e superior à média do valor dos hotéis comparados, podem ter algumas ineficiências energéticas que deverão ser analisadas com maior detalhe, ou seja, dever-se-á analisar quais são os principais consumidores de energia eléctrica no período nocturno e avaliar se, de facto, o funcionamento destes consumidores é realmente necessário ao normal funcionamento do edifício, ou se por outro lado existe um consumo desnecessário de energia durante este período. Se tal for verificado, então há que estudar medidas a implementar de forma a combater este desperdício de energia.

Custo específico

Um outro indicador que deve ser definido pela ESCO, na abordagem específica ao caso de hotéis, deve ser o custo com energia por área climatizada e por quarto ocupado. Embora este indicador tenha um carácter muito mais financeiro que energético, é de enorme interesse pelo facto de se tratar, precisamente, de um indicador financeiro que, como já foi citado anteriormente, tem um maior impacto na percepção dos resultados previstos por parte do cliente.

Custo com energia por área climatizada

O custo com energia por unidade de área pode ser útil na abordagem inicial da ESCO. É interessante calcular este indicador, pelo facto de introduzir na abordagem efectuada um novo parâmetro, que até então não tinha sido considerado no estudo e que é uma característica de cada hotel, que está relacionado com a sua dimensão.

A área é diferente de hotel para hotel, e como tal é necessário incluir este parâmetro nos cálculos de avaliação de eficiência, uma vez que analisando apenas consumos e custos globais do edifício, estaríamos a beneficiar hotéis com área inferior, visto que estes têm, geralmente, consumos e consequentemente custos menores com energia face a hotéis de dimensão superior. Deste ponto de vista é extremamente importante ter uma noção dos custos com energia que o edifício tem por unidade de área climatizada.

A opção de efectuar este rácio por área climatizada e não por área útil de pavimento, é perfeitamente compreensível, pois está relacionada com o facto de, neste tipo de edifícios, o consumo de energia afecto ao AVAC representar a maior fatia de consumo de energia. Logo, é muito mais lógico efectuar o rácio por área climatizada ao invés de o efectuar por área útil de pavimento, muito embora a área útil de pavimento seja muito próxima da área climatizada. Na figura 15 é representada a desagregação típica do consumo de energia final por utilização final em hotéis [19].

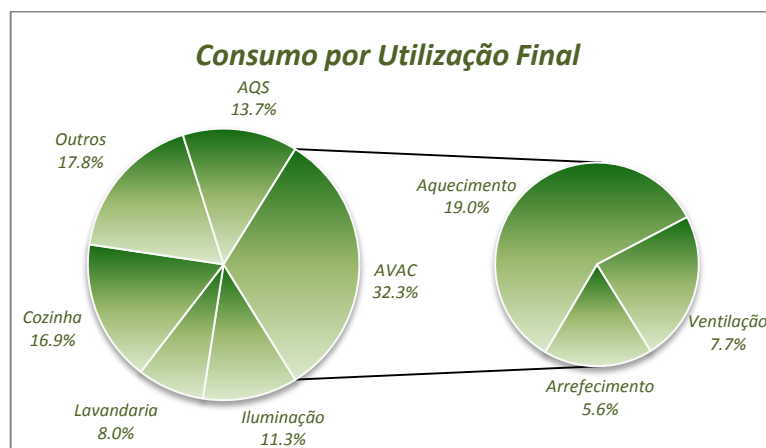


Figura 15 - Consumo de energia por utilização final típico em hotéis [19].

A figura 15 traduz perfeitamente, tal como a observação feita anteriormente, que o AVAC é o principal consumidor de energia final, no caso específico de hotéis, possuindo uma fatia que representa aproximadamente um terço do consumo total de energia final do edifício. Seguindo-se os outros consumos (17,9%), a cozinha (16,9%) e a iluminação (11,3%). Neste caso o consumo de energia referente ao AQS (13,7%) apenas contabiliza o consumo inerente ao serviço de quartos [19].

Dentro da fatia de consumo do AVAC, o principal responsável pelo grande peso deste no consumo global de energia é o aquecimento ambiente, representando aproximadamente 60% do consumo de energia destinado para AVAC, sendo a ventilação, com cerca de 25% do consumo de energia deste grupo, o segundo componente mais importante para este importante peso do AVAC no consumo global de energia do edifício.

De certa forma é compreensível que, para este tipo de edifícios, o consumo de energia para AVAC seja o principal consumidor de energia, visto que um hotel terá sempre como objectivo oferecer um espaço acolhedor, agradável e proporcionar conforto térmico aos seus clientes.

Após a obtenção dos custos anuais com energia e avaliada a área climatizada total do edifício, é calculado o indicador pretendido e são então comparados os vários edifícios em estudo, de forma a poder averiguar se existe algum ou alguns edifícios que se destaquem relativamente aos outros. Na figura 16 é apresentada essa mesma comparação de custos com energia por unidade de área climatizada, para o caso dos hotéis em estudo.

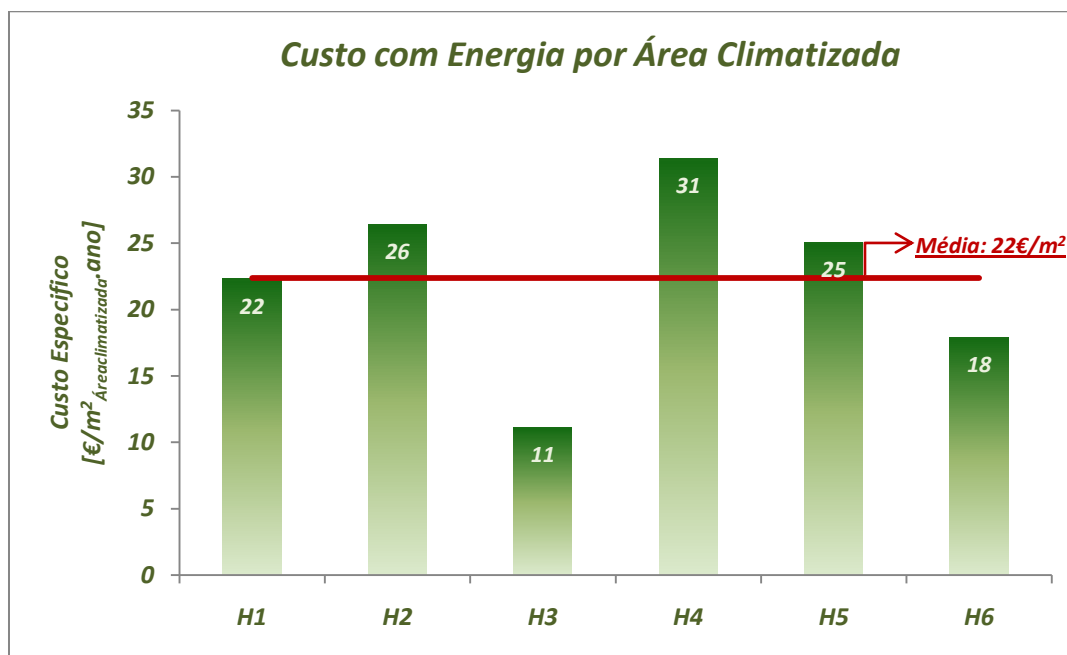


Figura 16 - Custo com energia por área climatizada nos hotéis H1 a H6.

A análise da figura 16 mostra que existem algumas variações entre os custos com energia por área climatizada dos hotéis. Claramente se evidenciam desde logo três. Dois deles, H3 e H6, por possuírem custos inferiores à média: menos 50% e menos 20%, respectivamente. No sentido inverso situa-se o hotel H4, que se destaca por possuir um custo com energia por área climatizada 40% superior ao valor médio. O hotel H2 também possui um custo acima da média, mas a diferença não é tão significativa como no caso do hotel H4.

Custo com energia por quarto ocupado

Situando ainda a análise no grupo de custos com energia, pode avaliar-se um outro parâmetro característico importante para um hotel, que está relacionado com a taxa de ocupação média dos anos em análise.

O primeiro passo a seguir pela ESCO deve ser então a avaliação da taxa média de ocupação para os vários hotéis. As taxas médias de ocupação não podem ser obtidas pela simples média das taxas de ocupação mensais. É necessária a avaliação do número total de quartos do hotel, a sua capacidade máxima anual e o número total de quartos ocupados no ano em análise. Após a obtenção deste valor é determinada a taxa média de ocupação, tal como demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Tabela resumo das taxas de ocupação médias dos hotéis em estudo.

Hotel	Nº Quartos	Nº Q. Ocupados	Taxa de Ocupação Média
H1	208	24288	32%
H2	251	37961	41%
H3	163	15875	27%
H4	67	5870	24%
H5	60	5075	23%
H6	173	26139	41%

Um indicador que se podia efectuar nesta fase de avaliação talvez fosse o custo com energia por cliente, ou por dormida. No entanto aquilo que é aconselhado é efectuar o rácio por quarto ocupado. A explicação para esta decisão é o facto de não se estar a beneficiar hotéis em que a grande maioria dos quartos ocupados sejam quartos de casal, em relação a hotéis em que os quartos ocupados sejam maioritariamente individuais.

Na figura 17 é exemplificada a comparação a efectuar para os hotéis em estudo.

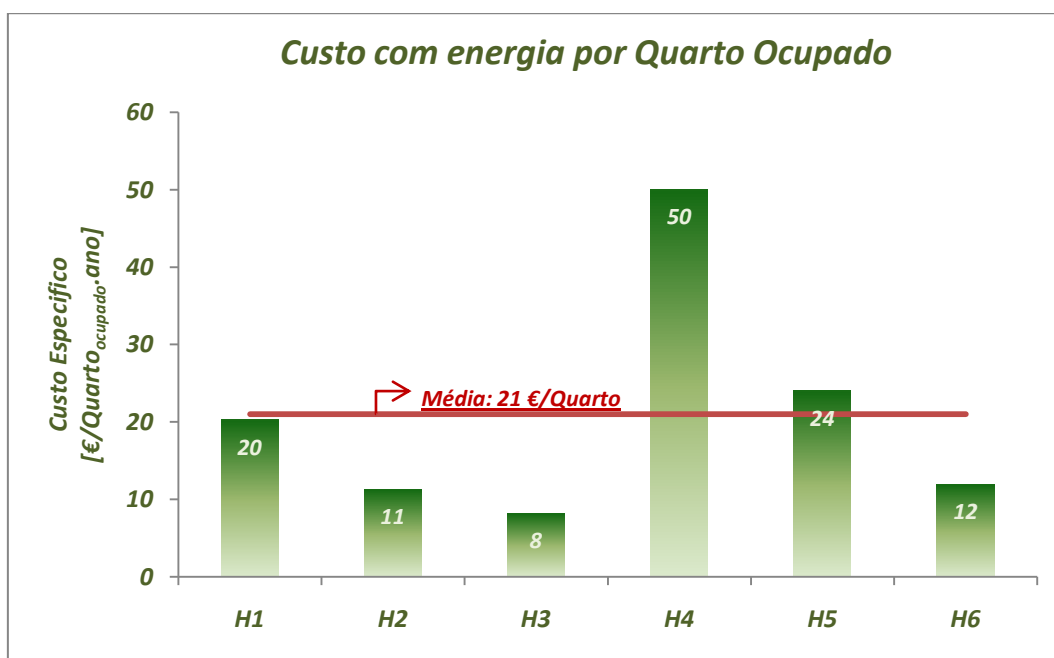


Figura 17 - Custo com energia por quarto ocupado nos hotéis H1 a H6.

A figura 17 destaca 4 hotéis, sendo que três deles, (H3, H4 e H6), já se evidenciaram no custo com energia por área climatizada exactamente pela mesma tendência. Refere-se então o hotel H4, que possui um custo com energia por quarto ocupado cerca de 130% acima da média, e o hotel H3, que gasta menos 60% face à média, em energia por quarto ocupado. Há que referir ainda os hotéis H2 e H6, que têm custos inferiores à média de 46% e 43%, respectivamente.

Consumo específico de energia

A abordagem efectuada para o custo com energia tem que ser efectuada também para o consumo de energia desagregado por forma de energia consumida. Assim, a ESCO terá que avaliar o consumo de energia por unidade de área climatizada e o consumo de energia por quarto ocupado.

Consumo de energia por área climatizada

Analizando em concreto a tipologia de hotéis, tipicamente a desagregação dos consumos por fontes energéticas é de aproximadamente 45% para electricidade e 55% para as restantes fontes de energia [19]. No caso concreto dos hotéis abordados, as restantes fontes de energia são combustíveis fósseis (gás natural e gás propano), que representam cerca de 48.7% da globalidade de consumo de energia, ficando a restante percentagem de consumo energético a cargo da energia eléctrica como é visível pela observação da figura 18.

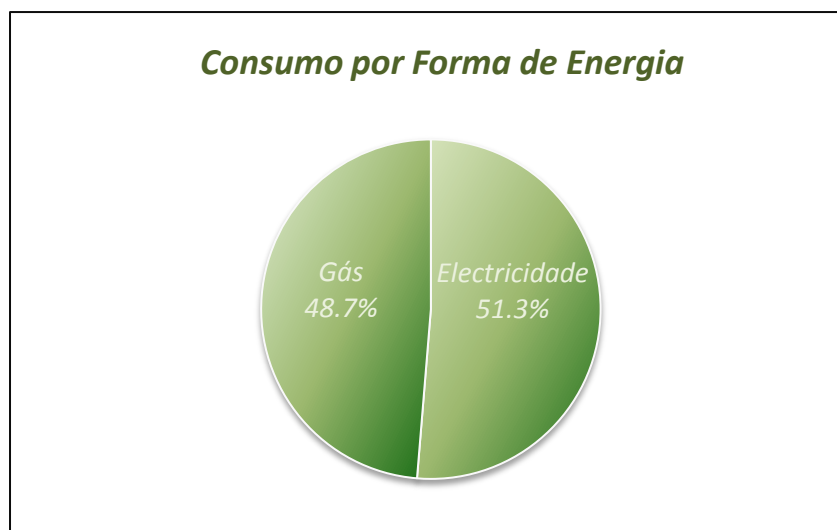


Figura 18 - Desagregação do consumo energético por fonte nos hotéis considerados (H1 a H6).

Embora, tipicamente a desagregação por fonte de energia seja 50% electricidade e 50% de combustíveis fósseis, é racional que a análise e a determinação do indicador de consumo de energia por área climatizada sejam desagregadas por fonte de energia, pois podem existir casos em que tal percentagem de desagregação não seja idêntica. Assim, o indicador consumo de energia por área climatizada deve ser definido conforme se apresenta no anexo A, desagregando o indicador por consumo de electricidade e gás.

Como vista a uma melhor percepção dos valores obtidos, o indicador deve ser comparado com valores de referência existentes (*benchmarks*).

Na figura 19 é mostrado o indicador de consumo de energia final total por área climatizada para os vários hotéis. Os valores são ainda comparados com *benchmarks*. Estes valores de referência são definidos por zona climática e portanto estão adequados às condições em que cada edifício está a operar.

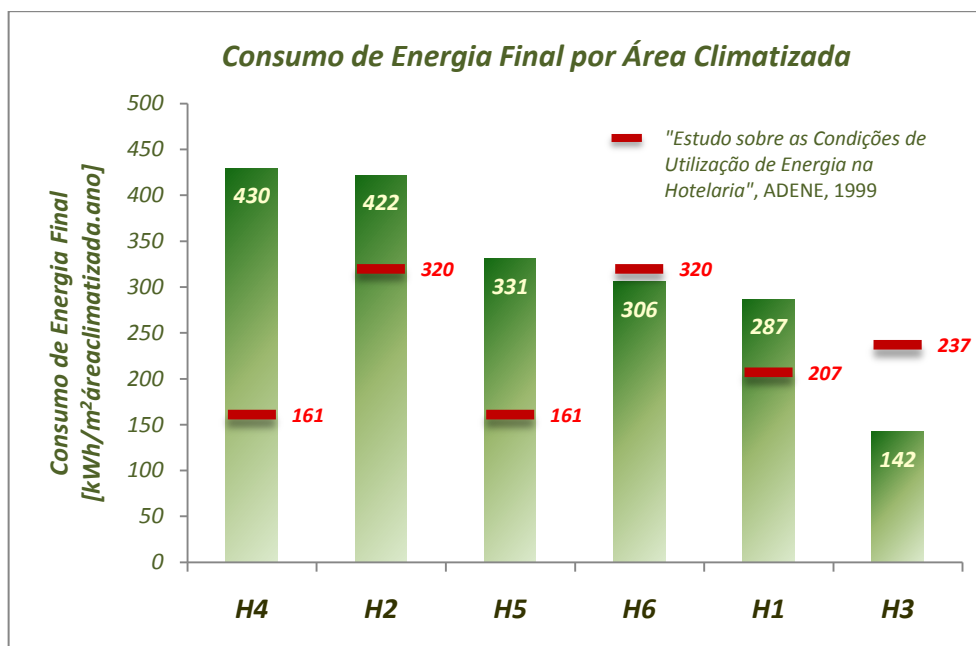


Figura 19 - Consumo de energia final por área climatizada e comparação com *Benchmark*.

Analisando a figura 19 verifica-se que existem três hotéis que se destacam pela diferença registada dos seus indicadores face aos valores de referência correspondentes.

O hotel H4 e o H5 destacam-se claramente pelo valor registado, cerca de 150% e 100%, respectivamente, acima do valor de referência. Refere-se ainda que o hotel H1 também está algo acima do valor de referência considerado, neste caso cerca de 30% acima.

O hotel H3 está em boas condições mais uma vez, por possuir um indicador cerca de 40% abaixo do valor de referência determinado para as condições climatéricas da sua área.

Refira-se que existem outros valores de referência para consumo de energia final por área em hotéis, considerando ainda outro parâmetro importante que é o caso do número de quartos do mesmo. Na tabela 3 segue um exemplo de possíveis *benchmarks* para o consumo de energia por área. Os hotéis são desagregados em três categorias conforme a sua capacidade, sendo que a nível de consumo energético são desagregados em quatro categorias [23].

Tabela 3 - Valores típicos de consumo de energia para diferentes tipos de hotéis [23].

	Consumo total de energia [kWh/m².ano]			
	Bom	Razoável	Pobre	Muito Pobre
Grandes Hotéis (Mais de 150 quartos)	<365	365-440	440-550	>550
Médios Hotéis (De 50 a 150 quartos)	<260	260-320	320-380	>380
Pequenos Hotéis (Menos de 50 quartos)	<240	240-290	290-340	>340

Consumo de energia por quarto ocupado

Tal como no caso do consumo de energia por área climatizada, a ESCO deve também definir o consumo de energia por quarto ocupado, à semelhança do que foi efectuado para o caso dos indicadores de custo com energia. Este indicador também deve ser desagregado por fonte de energia, tal como demonstrado no anexo B. Na figura 20 segue a comparação dos vários hotéis a nível de consumo de energia por quarto ocupado e respectivos valores de referência ou *benchmarks* considerados.

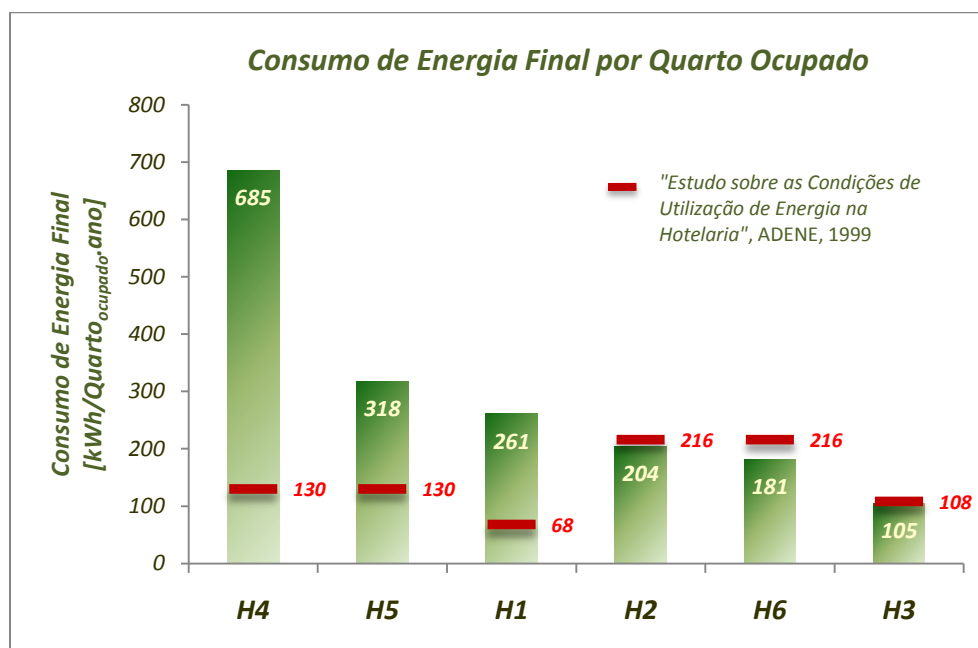


Figura 20 - Consumo de energia final por quarto ocupado e comparação com *Benchmark*.

Analisando a figura 20, e à semelhança do que aconteceu no consumo de energia por área climatizada, os valores de referência considerados são bastante inferiores aos valores obtidos para alguns dos hotéis considerados. Tal análise poderia resultar em conclusões irreais, pois o indicador de referência mais uma vez não foi definido nas mesmas condições dos valores verificados nos hotéis. O valor de referência foi calculado por dormida, e ao invés o valor dos hotéis foi calculado considerando o número de quartos ocupados, ou seja, foi calculado por quarto ocupado. Naturalmente o valor de referência está em vantagem relativamente aos valores atribuídos aos hotéis. No entanto, existem três hotéis que merecem especial destaque por estarem totalmente distanciados do valor de referência. São eles o hotel H4 com um consumo de energia final por quarto ocupado cerca de cinco vezes superior à referência, o hotel H5 cerca de duas vezes e o hotel H1 cerca de quatro vezes superior. Todos os restantes hotéis têm desvios pequenos face ao benchmark considerado.

Área Climatizada por Quarto

Os indicadores mais interessantes do ponto de vista de comparação de hotéis são, na globalidade, os dois indicadores já definidos de consumo específico de energia (consumo de energia final por área climatizada e por quarto ocupado). No entanto há um factor que pode

passar despercebido aquando da análise que está a ser efectuada: tal factor prende-se com o consumo de energia que efectivamente não é dependente da ocupação do hotel. Quer com isto dizer-se que podem existir consumos associados ao hotel que não são, ou que são muito pouco, influenciados pela taxa de ocupação do mesmo.

Se um hotel tem muitas zonas comuns, tem uma fracção significativa de área climatizada que não depende da ocupação do hotel, ou seja, mesmo que o hotel tenha uma ocupação reduzida, o consumo de energia final não irá reflectir essa mesma ocupação. Tal facto irá afectar os indicadores de consumos específicos de energia por área climatizada e por quarto ocupado.

Assim, surge a necessidade de criar um novo indicador que não é mais do que a área climatizada por quarto de hotel. Não se trata da área real dos quartos do hotel, mas sim da área total climatizada repartida pelo número total de quartos existente. O resumo do cálculo deste indicador encontra-se na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela resumo do cálculo da área climatizada por quarto para os vários hotéis.

<i>Hotel</i>	<i>Área Climatizada [m²]</i>	<i>Nº Quartos</i>	<i>Área Climatizada/Quarto [m²/Quarto]</i>
<i>H1</i>	<i>22110</i>	<i>208</i>	<i>106</i>
<i>H2</i>	<i>16300</i>	<i>251</i>	<i>65</i>
<i>H3</i>	<i>11749</i>	<i>163</i>	<i>72</i>
<i>H4</i>	<i>9964</i>	<i>67</i>	<i>149</i>
<i>H5</i>	<i>4871</i>	<i>60</i>	<i>81</i>
<i>H6</i>	<i>17460</i>	<i>173</i>	<i>101</i>

Como se constata pela tabela anterior, há áreas comuns bastante diferentes para os vários hotéis. O que comprova que de facto este indicador tem que ser tomado em consideração quando se está a proceder a uma análise de indicadores de eficiência energética, como é o caso da fase inicial de todo o processo ESCO. Então a ESCO tem necessidade de compilar a informação, já tratada, de consumo específico de energia, com a informação de área climatizada por quarto, e ainda tomar em conta a taxa de ocupação média dos hotéis. Só após a reunião destes parâmetros é que se poderá ter uma noção mais profunda do potencial de redução energética do edifício.

Para responder a esta solicitação é apresentada na figura 21, a comparação do consumo específico de energia para os vários hotéis, as taxas de ocupação respectivas, e organizados de forma decrescente de área climatizada por quarto. No anexo C, representa-se este indicador, desagregado por fonte de energia.

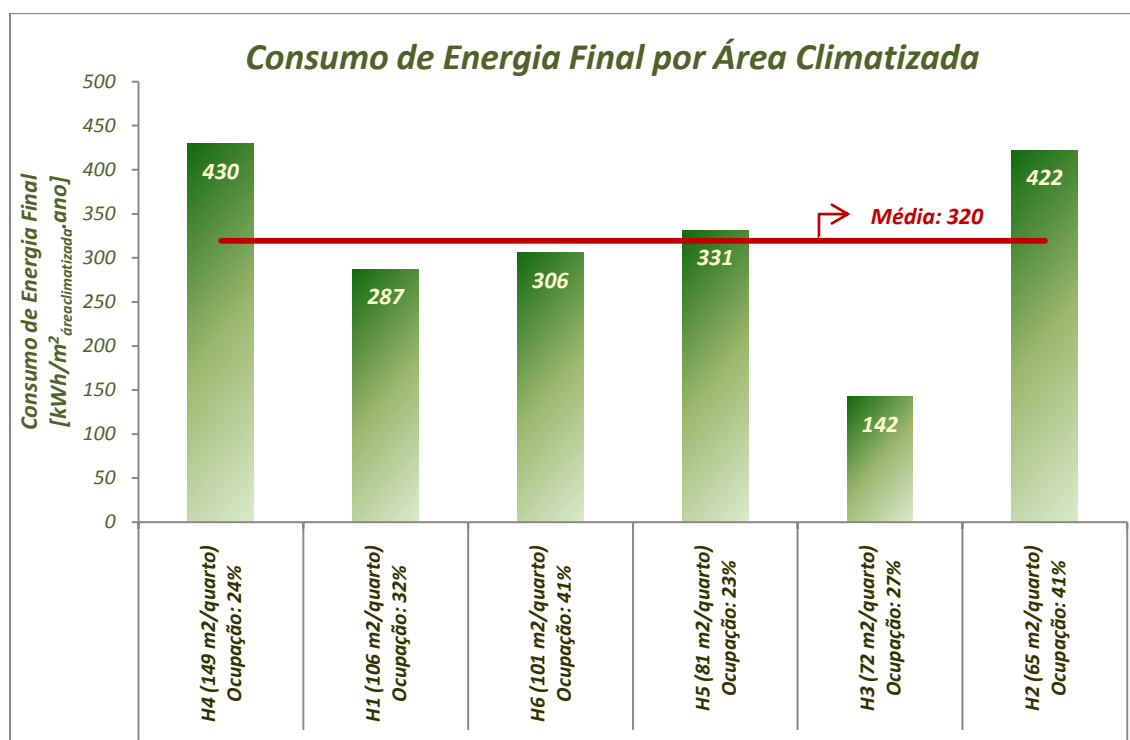


Figura 21 - Consumo de energia final por área climatizada organizada por área climatizada por quarto.

Quando analisado o consumo específico de energia por área climatizada e comparado com o valor de referência que foi adoptado para cada hotel, três hotéis se destacaram. Os hotéis H4 e H5, pelo seu excessivo consumo em relação ao *benchmark*, e o hotel H3, pelo seu consumo inferior ao *benchmark*.

Se for analisado o gráfico da figura 21, a observação que se faz é que os hotéis H4 e H5 estão acima da média de consumo de energia por área climatizada. E o hotel H3 está claramente abaixo de um valor médio. O hotel H5, neste caso encontra-se próximo de um valor médio. Esta análise justifica aquilo que foi dito anteriormente, ou seja deve fazer-se uma comparação do consumo específico de energia com as taxas de ocupação e com o rácio área climatizada por quarto.

A avaliação que a ESCO terá que efectuar ao analisar este gráfico é, desde logo, que o consumo elevado do hotel H2 pode ser justificado pela baixa área climatizada por quarto (65 m²/quarto), o que faz com que os consumos de energia dependam em muito da taxa de ocupação. Neste caso específico a taxa de ocupação é relativamente elevada (41%), quando comparada com o resto dos hotéis, o que aliada à baixa área climatizada por quarto faz com que o indicador seja algo elevado e se destaque.

No caso do hotel H4, é espectável que a elevada área climatizada por quarto, (149 m²/quarto), diminua a dependência do consumo de energia por área climatizada em relação à taxa de ocupação que neste caso é bastante reduzida (24%). No entanto, seria de esperar que o indicador fosse mais baixo, o que sugere que possam efectivamente existir ineficiências energéticas neste edifício.

Mais uma vez o hotel H3 se mostra abaixo da média, possuindo uma baixa área climatizada por quarto, sugerindo que a ocupação tivesse um peso determinante no indicador à

semelhança do que aconteceu com o hotel H2. No entanto a taxa de ocupação do hotel H4 é bastante baixa (27%).

Com a intenção de verificar a influência da ocupação no consumo de energia é efectuada, de forma análoga ao que foi feito para a área climatizada, a comparação do consumo de energia final por quarto ocupado com a taxa de ocupação e com a área climatizada por quarto ocupado, sendo que se organiza essa comparação por ordem decrescente de área climatizada por quarto. A figura 22 mostra a comparação efectuada entre os vários hotéis. No anexo D, representa-se este indicador, desagregado por fonte de energia.

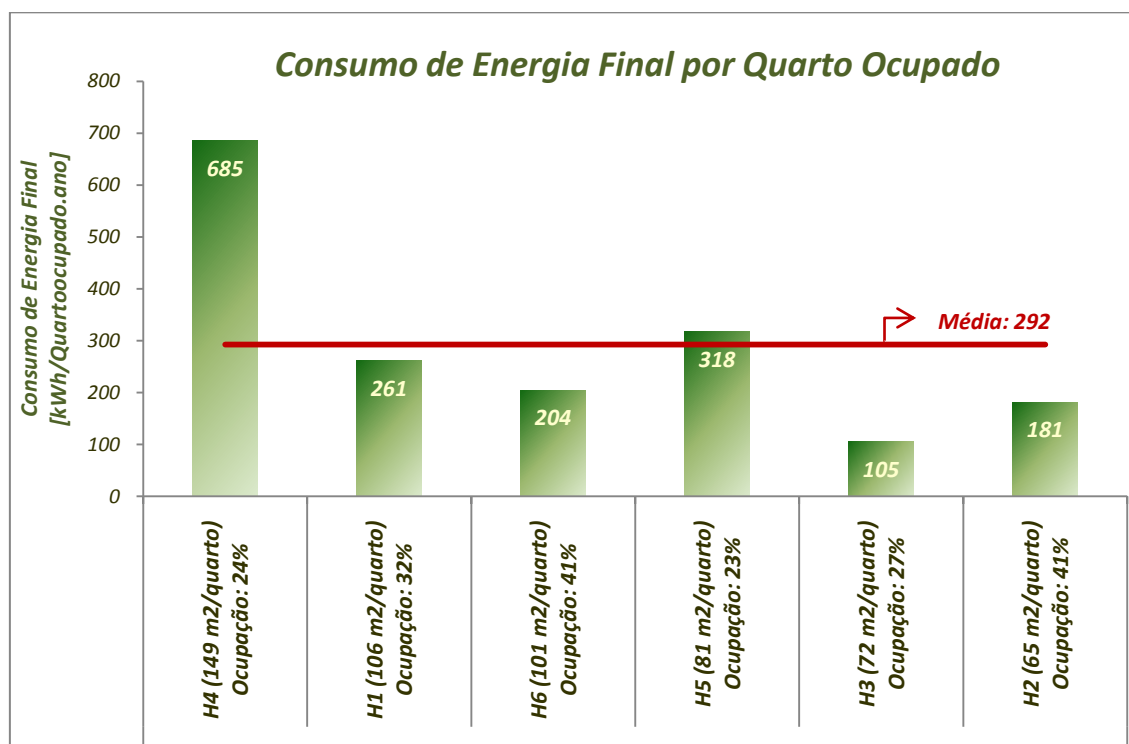


Figura 22 - Consumo de energia final por quarto ocupado organizado por área climatizada por quarto.

Analisando a figura anterior, destacam-se novamente os hotéis já referidos no ponto anterior, mas para esta situação o cenário é algo diferente. Por um lado o hotel H4, que continua claramente acima da média de consumo de energia por quarto ocupado. Em sentido inverso, os hotéis H2 e H3 que estão abaixo de um valor médio. Para os hotéis H4 e H3, a posição face à média não é diferente do que já tinha acontecido anteriormente. A diferença está no hotel H2, que neste caso está algo abaixo do valor médio, cerca de 30%. Tal facto justifica aquilo que já foi referido: que neste hotel o consumo de energia está bastante dependente da ocupação, por possuir uma área climatizada de zonas comuns reduzida.

No caso do hotel H3, o baixo indicador de consumo de energia por quarto ocupado verificado, aliado a uma taxa de ocupação também ela baixa com pouca área climatizada por quarto, sugere que o sistema de climatização deste hotel deverá estar perfeitamente adequado às condições de ocupação do mesmo.

Para o hotel H4, a situação é totalmente favorável á sua baixa ocupação, ou seja, o consumo elevado de energia por quarto ocupado está de acordo com a baixa ocupação. No entanto a elevada área climatizada por quarto sugere uma dependência fraca da ocupação. O indicador

deste hotel permanece elevado, seja por área climatizada seja por quarto ocupado. Neste caso o factor mais importante será a área climatizada e como tal deverão existir ineficiências no consumo energético deste edifício.

Indicador de eficiência energética

Em última análise, pode também ser definido um outro rácio: o indicador de eficiência energética.

Todas as formas de energia usadas não têm, de facto, qualidades iguais. Basta atender-se ao facto de os valores económicos de uma unidade de energia eléctrica e de uma unidade de gás serem bastante diferentes, como foi visto anteriormente pela análise dos custos específicos de energia.

A legislação portuguesa propõe a atribuição de um coeficiente de conversão em energia primária para cada fonte de energia usada [22], para que todas as formas de energia sejam adicionadas, contabilizando a importância e o peso que cada forma de energia tem nas fontes primárias.

No caso presente foram usados os coeficientes de 0.086 tep/MWh no caso do gás e 0.29 tep/MWh para o caso da energia eléctrica [22]. O indicador de eficiência energética (IEE) é então o consumo de energia primária por unidade de área útil de pavimento, que no caso concreto de hotéis é muito semelhante à área climatizada.

A actual legislação portuguesa impõe como limite legal, no caso de edifícios existentes da tipologia considerada nesta análise, um valor do IEE de 60 kgep/m².ano. Refere ainda o valor limite para o IEE de 15 kgep/dormida.ano [21].

Na figura 23 estão representados os vários valores de indicador de eficiência energética para os vários hotéis em análise, organizados de forma decrescente da percentagem de energia eléctrica consumida, assim como o limite legal estabelecido para edifícios existentes desta tipologia, que coincide com a média do IEE para os hotéis em questão.

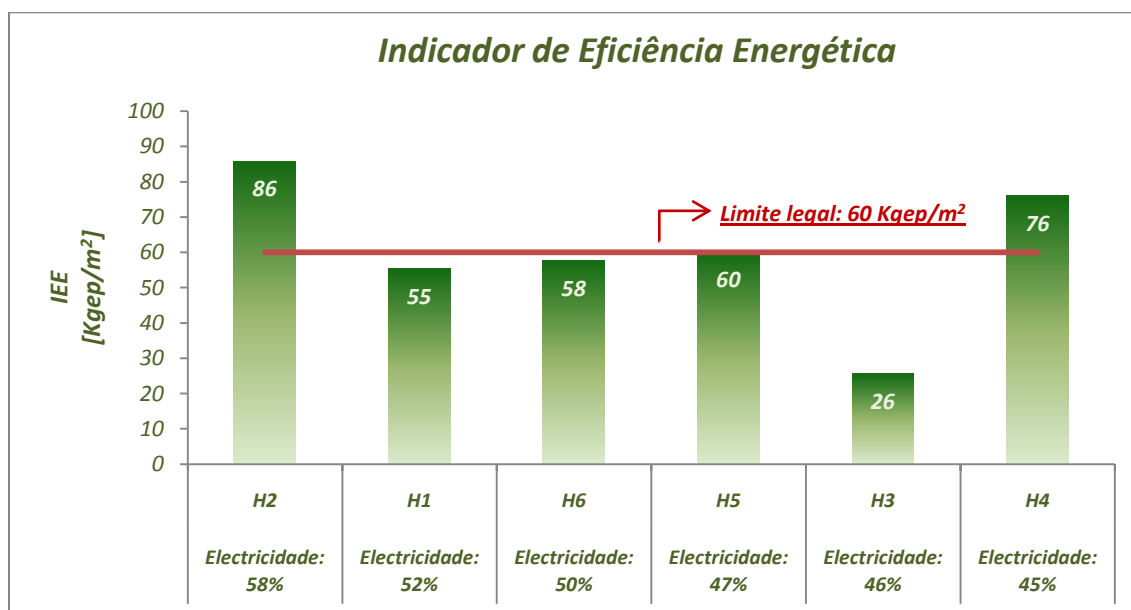


Figura 23 - Valor do IEE para os hotéis e comparação com o limite legal existente.

Mais uma vez se destacam os hotéis H2 e H4, pelo valor acima da média e do valor de limite legal estabelecido para aquela tipologia. De realçar o facto do hotel H4 ter um consumo de electricidade que representa 45% do consumo energético total do edificio, valor mais baixo que o hotel H2, em que o consumo de electricidade representa 58% do consumo de energia total. Desta constatação surge a conclusão de que o hotel H4 será mais ineficiente que o hotel H2.

O hotel H3, com um consumo de energia eléctrica responsável por 46% dos consumos de energia totais, possui um valor bastante inferior à média dos restantes hotéis e ao limite legal.

Síntese

Após análise e comparação dos indicadores dos vários hotéis em estudo, verifica-se que, na globalidade, o hotel com piores indicadores é o hotel H4. Ao invés, o hotel H3 é aquele que apresenta os melhores indicadores.

Pelos resultados verificados, o hotel H4 seria um forte candidato à implementação de um Contrato de Performance Energética. Um outro possível candidato seria o hotel H2.

Capítulo 4

Contrato de Performance Energética

As ESCO são empresas cujo negócio se prende com a eficiência energética sendo remuneradas pelos serviços prestados. Assim como existem empresas que lucram com o consumo de energia do cliente, como as empresas de venda de energia, as ESCO lucram com a poupança de energia do cliente. Para assegurar garantias, tanto para o cliente como para a ESCO, estas assentam os seus serviços num contrato de performance energética.

Um dos parâmetros fundamentais do processo, e que deve ser perfeitamente definido no contrato é a determinação de um valor de referência do custo com energia, ou simplesmente “*Baseline*”.

O contrato estabelecido entre as duas entidades deve, entre outros termos, definir a forma como as economias serão calculadas ao longo do período de contrato. As economias são calculadas como sendo a diferença entre o valor de referência do custo com energia (baseline) e os custos efectivos de energia de cada período de contrato. Este período poderá ser mensal, trimestral ou anual consoante definido por ambas as partes envolvidas no contrato.

O presente capítulo procura caracterizar os Contratos de Performance Energética, descrevendo as suas vantagens, assim como os tipos de contratos que podem ser efectuados. Descreve ainda a metodologia a usar para definição do baseline e como é efectuado o cálculo das economias.

4.1. O Contrato

O âmbito de aplicação da gestão de energia e da eficiência energética é a optimização nos consumos de energia, de modo a que o cliente poupe na factura energética. No entanto, o objectivo principal de qualquer empresa do sector, no qual estão inseridas as ESCO, será sempre o de retirar benefício económico do projecto. Ou seja, as ESCO são empresas que procuram lucrar economicamente com a implementação de medidas de eficiência energética nas instalações do cliente.

Assim, as ESCO, como qualquer outro negócio, baseiam o seu trabalho e as suas garantias num contrato designado de Contrato de Performance Energética (*EPC* – “*Energy Performance Contract*”).

O Contrato de Performance Energética é um inovador método de adquirir economia de energia em edifícios. Surge como necessidade de ultrapassar problemas de implementação de eficiência energética, tais como financiamento ou risco de performance do projecto. Um contrato de performance possui três características importantes para a ultrapassagem deste tipo de problemas [28].

- ✚ Um simples contrato, efectuado apenas por uma entidade, é usado para adquirir um conjunto de serviços tais como desenvolvimento, instalação, manutenção e operação dos equipamentos de modo a assegurar a optimização da performance do projecto;
- ✚ O conjunto de serviços incluídos no contrato inclui o financiamento de todo o projecto, na maioria dos casos suportados totalmente pela ESCO sozinha ou em conjunto com uma terceira parte;
- ✚ Um contrato de performance energética é estruturado de modo que a remuneração ESCO seja dependente do nível de economias alcançado, o que faz com que exista um grande interesse da parte da ESCO em maximizar as economias, o que proporciona um maior ganho financeiro ao cliente. Geralmente as economias produzidas por um projecto deste tipo são superiores ao seu custo, assim o projecto torna-se auto-sustentável.

A figura seguinte ilustra o modelo financeiro que sustenta o conceito ESCO, com a evolução dos custos energéticos desde a fase anterior ao contrato até á fase pós contrato.



Figura 24 - Evolução cronológica dos custos com energia.

4.2. Tipos de contrato efectuado

Existem diversos tipos de contratos que podem ser celebrados. A selecção do contrato que mais se adequa a cada caso depende das circunstâncias impostas pelas características do projecto, por exemplo, o tipo de instalação, a sua dimensão, o nível de investimento do cliente

caso exista, o grau de confiança relativamente às medidas propostas pela ESCO e o retorno financeiro necessário para o sucesso do projecto.

A ESCO toma responsabilidade pelo projecto, assumindo o risco técnico e garantindo o payback. Os contratos de performance baseiam-se no pressuposto de que as economias geradas tornam o projecto auto-sustentável. Assim as medidas de eficiência energética implementadas são pagas pelas economias que elas próprias permitem alcançar.

4.2.1. Shared Savings

Neste modelo de contrato, as poupanças obtidas são repartidas entre as partes participantes no contrato, por um período de tempo determinado e em proporções previamente estabelecidas, sendo que estas dependerão naturalmente do investimento efectuado por cada uma das partes e do grau de risco assumido. Regra geral a ESCO financia o projecto recorrendo a um esquema do tipo TPF, assumindo não só o risco pela performance do projecto mas também pelo crédito.

Este esquema de negócio destaca-se pela simplicidade do conceito e pela grande atractividade para o cliente pelos poucos riscos que corre com este tipo de contrato [3] [43] [44].

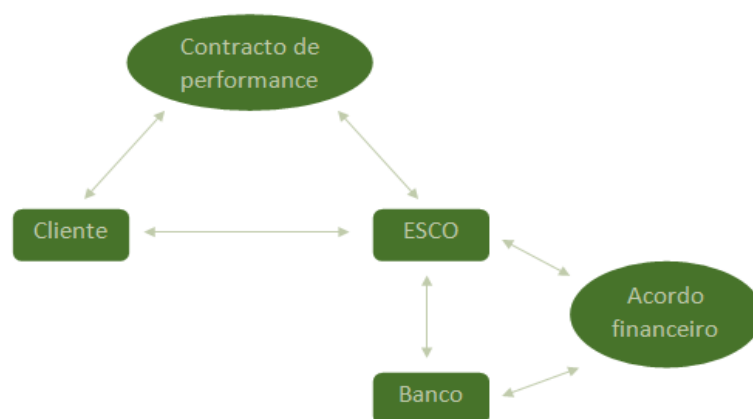


Figura 25 - Esquemas típico das relações num contrato do tipo "Shared Savings".

4.2.2. Guaranteed Savings

Este modelo garante ao cliente um certo nível de poupanças, protegendo-o de riscos de performance. A característica principal deste modelo traduz-se pela garantia, dada por parte da ESCO, que a economia de energia terá no mínimo um valor previamente estipulado. Se este valor mínimo não for atingido a ESCO paga a diferença.

Geralmente a ESCO assume o projecto e a instalação dos equipamentos bem como o risco associado á performance das medidas de eficiência implementadas. Contudo os riscos de financiamento, normalmente são partilhados com o cliente.

Do ponto de vista da ESCO, se o crédito for inteiramente assumido por uma terceira parte, este é um tipo de contrato vantajoso pois a entidade de credora avalia e assume o risco de

crédito do cliente. No entanto, se o investimento for realizado em iguais proporções, a ESCO assumirá um risco elevado pois tem que garantir o nível de economia estabelecido e ainda assumir o crédito do projecto. Este tipo de contrato é bom para situações em que a ordem de grandeza das poupanças obtidas é pequena, no entanto existe pouca motivação por parte do cliente, uma vez que os seus proveitos são reduzidos [3] [43] [44].

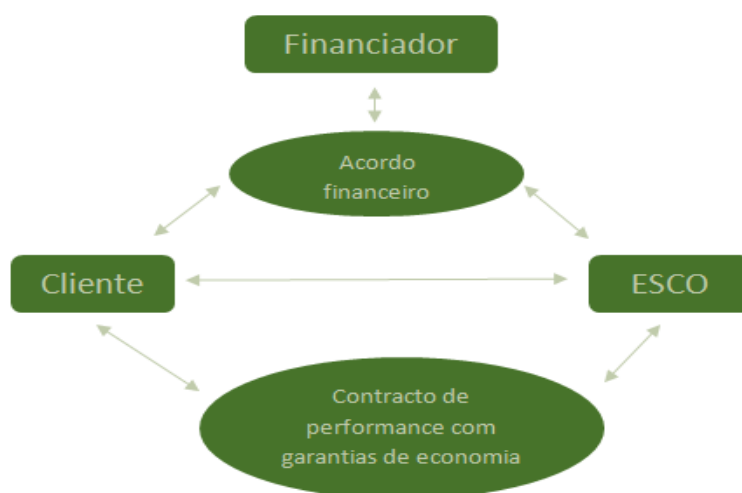


Figura 26 - Esquemas típico das relações num contrato do tipo "Guaranteed Savings".

4.2.3. Build-Own-Operate-Transfer (BOOT)

Neste tipo de modelo de negócio, a ESCO executa a concepção do projecto, implementação dos equipamentos, operação do sistema e financiamento por um período previamente definido. Após tal período, a propriedade dos equipamentos é transferida para o cliente por um valor pré estabelecido, que tem em conta o investimento feito pela ESCO, os custos operacionais e o lucro do projecto [43] [44].

4.2.4. First Out

Este modelo de negócio ESCO, deriva dos modelos "Shared Savings" e "BOOT". O investimento é totalmente coberto pela ESCO sendo remunerada em exclusivo, até recuperar o capital investido e tiver obtido um determinado nível de lucro. Após este período, as poupanças passam a ser exclusivas do cliente. A duração do contrato depende portanto do nível de economias que forem produzidas pelas medidas implementadas, ou seja, um nível de poupança maior significa um período de contrato menor.

O risco que a ESCO tem com este modelo é reduzido face a outros modelos, ficando também eliminada a fase de negociação associada à questão da partilha de proveitos, que muitas vezes é um entrave ao desenvolvimento do acordo. Por outro lado, este modelo pode não ser muito atractivo para o cliente pelo facto de não obter proveitos na fase inicial, o que pode constituir um factor de desmotivação por parte deste. De referir ainda que este tipo de modelo não é adequado a situações em que as economias produzidas sejam reduzidas, pois isso constitui períodos de retorno demasiado elevados [43] [44].

4.3. Período de contrato

O tempo de retorno do projecto depende da forma como as poupanças de energia evoluem no tempo face ao que foi estimado inicialmente. Nem sempre a previsão de economias corresponde ao que, de facto, o projecto consegue economizar. Reside então neste ponto uma grande responsabilidade para o sucesso do projecto. Há por isso uma grande necessidade de conseguir salvaguardar o interesse das duas partes envolvidas no contrato, para que se consiga diminuir os impactos da não concordância de valores, entre o que foi previsto inicialmente e aquilo que o projecto consegue na realidade produzir.

Para responder a esta solicitação tem que se ter em consideração qual deverá ser o período de contrato. Se as poupanças verificadas forem inferiores ao valor estimado, o período de retorno do investimento torna-se superior ao valor inicial. De forma análoga se a poupança for superior ao valor inicialmente previsto, o período de retorno do investimento será menor.

Em determinados contratos poderá estar definido no contrato a possibilidade de flexibilidade do período de contrato. Assim maiores economias que aquelas inicialmente previstas poderão traduzir-se numa possibilidade de redução do período de contrato. Caso as economias geradas pelo projecto sejam inferiores ao que foi inicialmente estimado, o período de contrato poderá ser aumentado.

Na figura 27 pretende-se traduzir de forma gráfica o ajuste que poderá ser efectuado ao período de contrato [3].

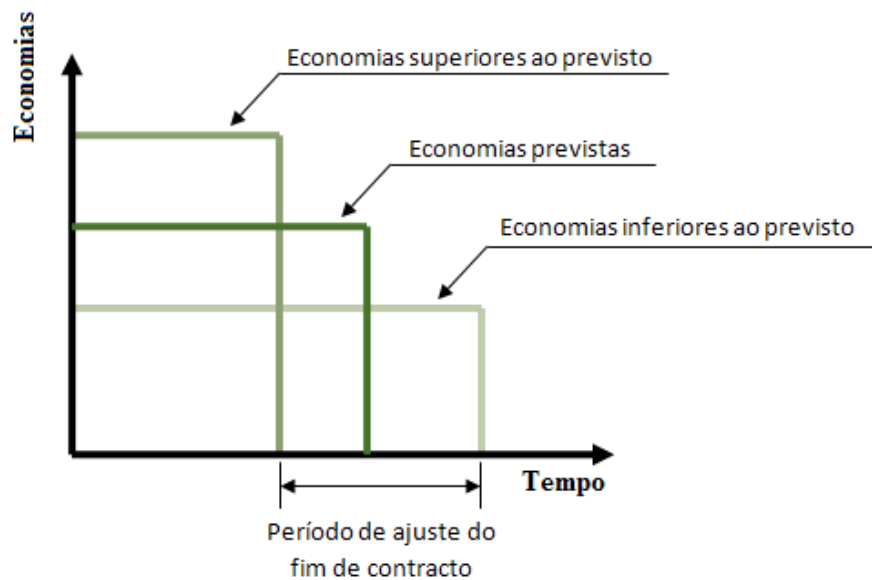


Figura 27 - Flexibilidade de ajuste do período de contrato [3].

4.4. **Baseline**

Quando se pretende executar um Contrato de Performance Energética, um dos parâmetros mais importantes a ter em consideração é a definição do custo com energia dos anos de referência, ou simplesmente *Baseline*. Esta definição deve ter em consideração o facto do preço de energia ser diferente de ano para ano.

Pode pensar-se que a definição do custo com energia de referência é simplesmente uma média dos custos com energia, dos anos de referência considerados e, portanto, que seja algo simples de definir. No entanto, a abordagem tem que ser mais crítica, ou seja, se for efectuada apenas uma média dos custos com energia dos anos de referência, o efeito da variação do preço da energia não é considerado. Desta constatação surge a necessidade de encontrar um caminho para definição do nosso valor de *baseline*.

Os anos de referência a usar na definição do *baseline* devem ser os dois ou três anos anteriores ao primeiro ano de contrato. Não devem ser utilizados mais anos na abordagem visto que, ao usar mais anos, pode-se estar a incluir no cálculo anos em que as condições de operação dos edifícios sejam algo diferentes das condições de operação mais recentes e consequentemente diferentes consumos energéticos.

Existem várias abordagens que podem ser feitas para definição do valor de referência do custo com energia ou *baseline*. Aquela que é sugerida no âmbito desta tese é um método simples, relativamente fácil de executar e que dá resposta à problemática da variação do preço de energia ao longo dos anos de referência.

Embora de carácter simples, este método reflecte plenamente um valor válido, fiável e perfeitamente ajustado às condições de operação do edifício e do custo com energia nos anos de referência.

O estabelecimento do *baseline* deverá ser efectuado em três passos.

- ✚ Média de consumo mensal de energia dos anos de referência, desagregados por fonte de energia;
- ✚ Custo específico mensal de energia do último ano de referência, para as várias fontes de energia;
- ✚ Determinação dos custos mensais com energia conjugando os dois pontos anteriormente referidos.

A figura 28 mostra a forma de cálculo do *baseline*.

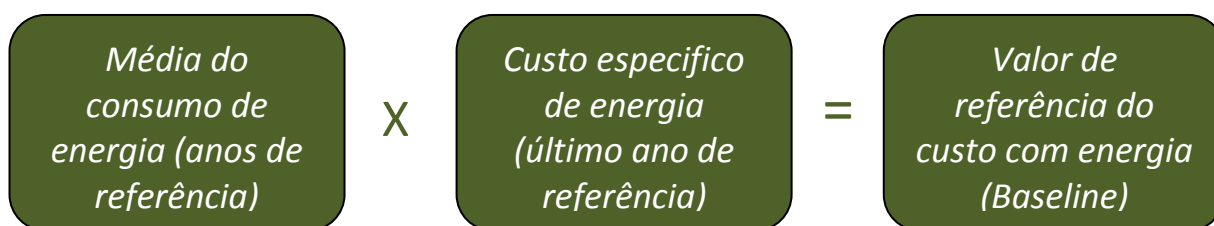


Figura 28 - Método de cálculo do valor de referência do custo com energia (*Baseline*).

O primeiro passo para definição do baseline é então o estabelecimento de um valor de referência do consumo de energia, desagregado entre fontes de energia. Neste caso uma simples média do consumo de energia para cada mês é suficiente para obtenção deste valor de referência.

Segue-se então a determinação do custo específico de energia. Este valor resulta da análise das facturas energéticas do ano de referência mais recente e reflecte aquilo que se paga pela energia que efectivamente se consome. Para essa determinação são considerados apenas os consumos de energia e os custos antes de IVA.

Por fim são multiplicados os dois pontos anteriores e é determinado o baseline.

4.4.1. Aplicação a caso de estudo

Para ilustrar a metodologia descrita para cálculo dos custos de referência com energia ou baseline, recorre-se novamente ao caso dos hotéis. É então seleccionado o hotel H2, pelo facto de ser o hotel que possui maior quantidade de informação disponível, e são seleccionados como anos de referência 2008 e 2009.

Para mostrar o primeiro ponto da metodologia, é ilustrado na tabela 5 o exemplo do cálculo do consumo mensal médio de energia para o caso do hotel H2, desagregado por electricidade e gás.

Tabela 5 - Cálculo do consumo médio mensal de energia do hotel H2.

	<i>Electricidade H2</i>			<i>Gás H2</i>		
	<i>Consumo (2008)</i>	<i>Consumo (2009)</i>	<i>Média</i>	<i>Consumo (2008)</i>	<i>Consumo (2009)</i>	<i>Média</i>
	<i>[kWh]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[MWh]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[MWh]</i>
JAN	491126	455316	473	203320	495094	349
FEV	478308	410038	444	1170895	446754	809
MAR	517400	489119	503	371735	389483	381
ABR	517862	456982	487	519015	441706	480
MAI	555293	574144	565	355041	345297	350
JUN	608835	593098	601	231140	225732	228
JUL	568434	608323	588	349935	237287	294
AGO	528032	579488	554	254733	220273	238
SET	578692	612671	596	283598	240377	262
OUT	588875	605372	597	343250	260480	302
NOV	477133	507056	492	434626	370534	403
DEZ	480645	486922	484	560301	502578	531

Após a obtenção da média de consumo de energia dos anos de referência (desagregada por fontes de energia usadas), segue-se a avaliação do custo específico de energia (também desagregado por fonte de energia) para o ano mais recente dos anos de referência. O custo específico deve ser avaliado mensalmente, uma vez que este não é um valor constante, variando mensalmente, ainda que as variações sejam pequenas.

No seguimento do exemplo demonstrado anteriormente para a média do consumo de energia, é demonstrado na tabela que se segue o cálculo do custo específico de energia para o ano mais recente dos anos de referência; no caso trata-se então do ano de 2009.

Tabela 6 - Cálculo do custo específico mensal de energia do hotel H2 para o ano de 2009.

	<i>Electricidade H2</i>			<i>Gás H2</i>		
	<i>Consumo (2009)</i>	<i>Custo (2009)</i>	<i>Custo Especifico</i>	<i>Consumo (2009)</i>	<i>Custo (2009)</i>	<i>Custo Especifico</i>
	<i>[MWh]</i>	<i>[€]</i>	<i>[€/MWh]</i>	<i>[MWh]</i>	<i>[€]</i>	<i>[€/MWh]</i>
<i>JAN</i>	455	39078	85.8	495	17706	35.8
<i>FEV</i>	410	35448	86.5	447	16594	37.1
<i>MAR</i>	489	42155	86.2	389	13862	35.6
<i>ABR</i>	457	39413	86.2	442	13581	30.7
<i>MAI</i>	574	48485	84.4	345	10974	31.8
<i>JUN</i>	593	50431	85.0	226	7502	33.2
<i>JUL</i>	608	52528	86.3	237	7419	31.3
<i>AGO</i>	579	49069	84.7	220	5571	25.3
<i>SET</i>	613	52659	86.0	240	7602	31.6
<i>OUT</i>	605	50285	83.1	260	8140	31.2
<i>NOV</i>	507	42909	84.6	371	11046	29.8
<i>DEZ</i>	487	40603	83.4	503	14587	29.0

O último passo para a definição do valor de referência do custo com energia é então a conjugação dos dois itens anteriormente demonstrados.

De referir que a abordagem poderia ter sido a nível anual, ou seja, calcular apenas a média de consumo de energia anual e o custo específico anual e com isso obter um valor de referência anual do custo com energia. No entanto, a abordagem mensal permite estabelecer valores de referência mensais ou trimestrais que serão muito mais interessantes do ponto de vista do negócio.

A tabela 7 ilustra o exemplo do passo final do cálculo do valor de referência do custo com energia, para o hotel H2.

Tabela 7 - Cálculo do Baseline para o hotel H2.

	Electricidade H2			Gás H2		
	Consumo Médio (2008/2009)	Custo Específico (2009)	Custo de Referência	Consumo Médio (2008/2009)	Custo Específico (2009)	Custo de Referência
	[MWh]	[€/MWh]	[€]	[MWh]	[€/MWh]	[€]
JAN	473	85.8	40614	349	35.8	12489
FEV	444	86.5	38399	809	37.1	30042
MAR	503	86.2	43374	381	35.6	13546
ABR	487	86.2	42038	480	30.7	14769
MAI	565	84.4	47689	350	31.8	11129
JUN	601	85.0	51100	228	33.2	7592
JUL	588	86.3	50805	294	31.3	9179
AGO	554	84.7	46891	238	25.3	6007
SET	596	86.0	51199	262	31.6	8285
OUT	597	83.1	49600	302	31.2	9433
NOV	492	84.6	41643	403	29.8	12001
DEZ	484	83.4	40342	531	29.0	15425
			543 695			149 898
			Baseline: 693 593 €			

Após o procedimento mostrado na tabela anterior, chegam-se então a valores mensais do custo de referência com energia para gás e electricidade. Para o caso concreto deste hotel, o valor de referência do custo anual com energia (Baseline) é de 693 593€.

No valor total dos custos com energia, a electricidade representa 543 695€, quase 80% dos custos anuais com energia de referência, sendo o consumo de gás responsável por pouco mais de 20%. A desagregação do Baseline por fonte de energia é apresentada na figura 29.

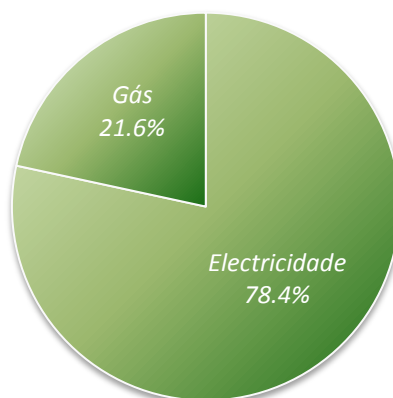


Figura 29 - Desagregação do Baseline por fonte de energia para o caso do hotel H2.

4.5. Cálculo das economias

A fase mais importante de todo o processo ESCO é o cálculo das economias geradas pelas medidas de eficiência energética implementadas.

A economia de energia pode ser estimada, mas não é medida directamente, uma vez que a poupança significa ausência de consumo. Apenas se pode prever o consumo de energia caso nenhuma medida de eficiência energética fosse implementada, e daí que a economia de energia apenas possa ser estimada [28] [26].

As economias são sempre calculadas pela diferença entre o que é gasto actualmente e o que seria gasto caso nenhuma medida de eficiência energética fosse implementada [28] [26]. O Contrato de Performance Energética deve ter em atenção as condições em que foi definido o baseline ou valor de referência, principalmente condições sobre as quais a ESCO não tem controlo.

Para cada período de cálculo de economias, durante o Contrato de Performance Energética, a ESCO calcula ajustes a efectuar ao baseline. Estas condições de ajuste do baseline são usadas para estimar qual o nível de consumo e custo de energia que seria obtido no ano base. Este processo permite que a ESCO aponte com maior precisão quais as mudanças no consumo e no custo de energia que são fruto do seu trabalho e quais as alterações que se devem a outros factores que a ESCO não controla.

Por outras palavras, o ajuste no consumo de energia do 5º ano do contrato, por exemplo, é uma estimativa do consumo que o edifício teria se o clima, a ocupação e outros factores não controláveis fossem iguais aos dos anos de projecção do baseline e caso não fossem implementadas medidas de eficiência energética. Depois do ajuste do baseline para o 5º ano de contrato, esse valor é comparado com os custos com energia do referido ano. A economia de energia é então igual ao baseline ajustado menos o custo actual de energia no ano 5.

O facto de se ajustar o valor do baseline às condições de operação do edifício, em cada período de contrato, permite uma maior confiança nas economias calculadas. Calcular as poupanças recorrendo somente ao baseline, sem efectuar qualquer ajuste, pode traduzir-se num falso cálculo das economias produzidas.

Se pensarmos apenas no preço da energia, que varia todos os anos, conclui-se que é totalmente incorrecto calcular as economias comparando apenas os actuais custos com energia com os custos de referência. A figura 30 mostra a evolução dos custos com energia, assim como o baseline e o baseline ajustado, para o primeiro ano de um hipotético contrato [26].

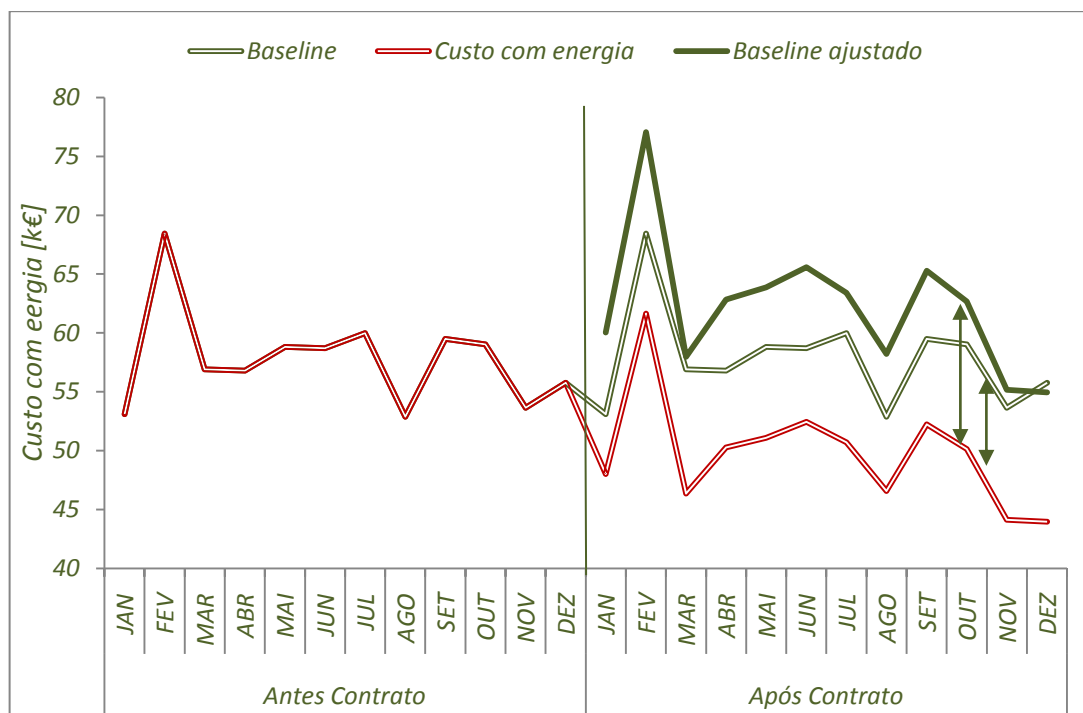


Figura 30 - Custo com energia, Baseline e Baseline ajustado antes e durante o contrato.

Analisando a figura 30, tem-se uma imediata percepção de que as economias calculadas em função do baseline, ou em função do baseline ajustado são algo diferentes. Para que as economias traduzam de facto, as actuais condições de operação do edifício, elas devem ser calculadas segundo mostrado na equação:

$$\text{Economias} = (\text{Baseline} \pm \text{Ajustes}) - \text{Custo actual}$$

Os procedimentos e descrição de todos os passos para cálculo das economias de energia devem ser claramente definidos no contrato de performance. Seria muito interessante se o contrato incluísse também alguns exemplos, usando valores hipotéticos, de forma a tornar ainda mais clara a compreensão do procedimento de cálculo por parte do cliente.

4.5.1. Exemplo ilustrativo

É efectuado um contrato do tipo “*guaranteed savings*” e são avaliados os consumos energéticos de um edifício, antes da implementação de medidas de eficiência energética.

Depois de efectuado o estudo é determinado o baseline de consumo energético de 200 MWh. A ESCO garante que consegue reduzir o consumo de energia em 150 MWh, com a implementação de um Contrato de Performance Energética, o que faz com que o consumo máximo de energia seja de 50 MWh. Depois a economia de energia em dinheiro é calculada em face do custo com energia desse período.

Quando chega o 5º ano de contrato, verifica-se que a conta energética é superior ao nível garantido e o cliente quer saber se a ESCO tem que lhe garantir um pagamento pela diferença

verificada entre a economia prevista e o valor do consumo do período em causa. O consumo do 5º ano de contrato é de 75 MWh.

A ESCO analisa as condições climatéricas do ano, a taxa de ocupação e de utilização do edifício, entre outra informação importante da instalação.

Descobre-se então que houve um aumento da carga térmica de aquecimento, que causou um consumo maior no sistema de ar condicionado face ao consumo que foi previsto aquando da definição do baseline. Embora o sistema seja mais eficiente do que aquele que era usado, a taxa de utilização nesse ano foi bastante superior à dos anos de referência. A ESCO recalcula então o baseline em função do clima e das condições de utilização do 5º ano e desenvolve um baseline ajustado às novas condições. O resultado encontrado é então de 225 MWh, 25 MWh acima do valor original.

As economias pertencentes a este ajustamento são de $225-75=150$ MWh. A economia é igual à garantia de economia inicialmente prevista, e como tal a ESCO não tem que pagar qualquer indemnização ao proprietário do edifício, uma vez que o aumento no consumo de energia acima do nível de garantia previsto foi devido a um factor fora do controlo da ESCO.

São exemplos como o descrito, que poderão estar presentes no Contrato de Performance Energética de modo a facilitar a compreensão do cálculo das economias.

4.6. Variáveis

O termo ajustes da equação descrita anteriormente deve ser calculado com base em factos físicos perfeitamente identificáveis acerca das características que regem o consumo de energia do edifício [26]. É possível efectuar dois tipos de ajuste:

-  *Ajustes periódicos* – Para quaisquer factores que influenciem os consumos de energia e se espera que mudem periodicamente durante o período de contrato. Podem ser usadas variadíssimas técnicas de ajustes periódicos, desde metodologias simples como um valor constante (sem ajuste), ou tão complexa como várias equações não-lineares, de parâmetros múltiplos, cada uma correlacionando os consumos energéticos com uma ou mais variáveis.
-  *Ajustes não periódicos* – Para factores que embora influenciem os consumos energéticos, não se espera que mudem habitualmente. Estes factores estáticos devem ser monitorizados ao longo do contrato de modo a registar eventuais alterações que possam ocorrer.

As variáveis influentes em cada um dos referidos períodos de ajustes são também elas definidas segundo dois grupos. Aliás deve referir-se que pelo facto das variáveis serem divididas em dois grupos, existem dois tipos de ajuste possíveis.

Assim, as variáveis com influência nos consumos e consequentemente nos custos energéticos, devem ser divididas em:

✚ *Variáveis endógenas* – Também designadas de variáveis não-independentes, são variáveis que não mudam periodicamente e a magnitude da sua alteração é completamente imprevisível. Trata-se então de características relativas às condições de operação do edifício que devem ser controladas ao longo do período de contrato, não sendo proposto qualquer ajuste para a sua eventual mudança, uma vez que esse ajuste, a existir, será avaliado na altura devida. No caso dos hotéis, as variáveis endógenas que devem ser controladas são as seguintes:

- ✓ Serviços Prestados;
- ✓ Conforto Térmico;
- ✓ Qualidade do Ar Interior;
- ✓ Níveis de iluminação.

✚ *Variáveis exógenas* – São variáveis independentes, ou seja, que têm liberdade/capacidade de mudar a sua magnitude ao longo do contrato, o que acarreta impactos nos consumos energéticos e respectivas facturas. Tais impactos são mensuráveis e é possível estabelecer metodologias de cálculo desses impactos, quer a nível de consumos energéticos, quer a nível de facturas de energia. As variáveis exógenas influentes no caso de hotéis são:

- ✓ Tarifas de energia;
- ✓ Clima;
- ✓ Níveis ou taxas de ocupação.

Capítulo 5

Ajuste ao Baseline

Uma vez identificadas as variáveis mais relevantes no consumo de energia de um edifício, importa inferir sobre as características de cada uma delas, de modo a poder definir a estratégia de ajuste que mais se adequa a cada variável. O presente capítulo restringe-se apenas ao estudo das variáveis exógenas e à sua influência nos custos com energia.

As variáveis exógenas, pela sua constante variação, devem ser periodicamente ajustadas e portanto devem ser criadas ferramentas que permitam ajustar os custos com energia. A mudança da tarifa de energia, factor mais influente nos custos com energia, é ajustada ao baseline através da desagregação da factura energética pelas suas várias componentes e posterior aplicação das tarifas de energia para cada período de contrato. O clima e o nível de ocupação devem ser relacionados com o consumo de energia de modo a avaliar correlações válidas, que possam posteriormente ser comparadas com o consumo de energia de referência e assim poder aplicar as tarifas actualizadas à diferença de consumos verificada de modo a calcular o ajuste a efectuar ao baseline.

Neste capítulo pretende-se avaliar a melhor estratégia de ajuste para cada variável exógena. Serão ainda aplicadas as estratégias desenvolvidas para o ajuste ao baseline ao caso de estudo do hotel H2.

5.1. Variáveis independentes ou exógenas

O âmbito de aplicação deste trabalho passa apenas pelo estudo das variáveis independentes ou exógenas, visto serem estas aquelas que provocam as variações mais importantes nos custos com energia.

5.1.1. Tarifas de energia

Electricidade

A 4 de Setembro de 2006 a totalidade dos clientes de energia eléctrica em Portugal continental passou efectivamente a poder escolher o seu fornecedor de electricidade. Tal

passo representou o alargamento do conceito de mercado liberalizado para um universo de cerca de 6 milhões de clientes [42].

Ao longo do ano de 2007 entraram em vigor algumas disposições legais, previstas no Regulamento Tarifário, que vieram alterar profundamente o cálculo e a estrutura da tarifa que reflecte os custos de aquisição de energia do comercializador de último recurso. Em 2008, aplicou-se uma nova metodologia de cálculo da tarifa de energia [29].

A tarifa de energia eléctrica é composta por diversos preços:

-  Horas de ponta;
-  Horas de cheias;
-  Horas de vazio normal;
-  Horas de super vazio;
-  Potencia contratada;
-  Potencia consumida em horas de ponta;
-  Energia reactiva fornecida
-  Energia reactiva consumida;
-  Termo fixo

Os preços da tarifa de energia apresentam variação sazonal, sendo publicados valores para os períodos trimestrais I/IV e II/III. Esta tarifa é aplicada aos fornecedores a clientes do Comercializador de Último Recurso em Portugal continental [30].

As tarifas de venda a clientes finais são aplicadas pelos comercializadores de último recurso aos fornecimentos dos seus clientes.

Os preços das tarifas de venda a clientes finais são obtidos por adição dos preços das tarifas de energia, uso global do sistema, uso de rede de transporte, uso das redes de distribuição e comercialização, convertidas para os respectivos níveis de tensão [30].

A tarifa de Uso Global do Sistema é composta por três parcelas: parcela I permite recuperar os custos de gestão do sistema; parcela II, os custos decorrentes de medidas de política energética, ambiental ou de interesse económico geral; parcela III, os custos com o mecanismo de garantia da potência. Esta tarifa é aplicada às entregas do operador da rede de transporte em Portugal continental. Esta tarifa é composta por preços de potência contratada (parcela II) e por preços de energia activa (parcelas I, II e III) para quatro os períodos tarifários. A parcela III não tem preços de energia activa em períodos de vazio. Na tarifa a aplicar pelo operador da rede de transporte, o preço de potência contratada é substituído por um encargo mensal [30].

As tarifas de Uso de Rede de Transporte são compostas por preços de potência contratada, de potência em horas de ponta, de energia activa para os quatro períodos, de energia reactiva e são aplicadas às entregas dos operadores das redes de distribuição de Portugal continental [30].

As tarifas de Uso de Rede de Distribuição são compostas por preços de potência contratada, de potência em horas de ponta, de energia activa para os quatro períodos e de energia reactiva. Estas tarifas são aplicadas às entregas dos operadores das redes de distribuição de Portugal continental em MT, MAT e BT [30].

As tarifas de Comercialização são constituídas por um termo tarifário fixo e são aplicadas aos clientes do Comercializador de Último Recurso [30].

Gás

O ano de 2007 marca o início do estabelecimento de tarifas por actividade regulada pela ERSE no sector do gás natural. De acordo com o Decreto-Lei n.º 140/2006 de 26 de Julho, no primeiro ano gás 2007-2008 a regulação da ERSE abrange as actividades de Recepção, Armazenamento e Regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL), de Armazenamento Subterrâneo, de Gestão Técnica Global do Sistema e de Transporte de gás natural [42].

As tarifas fixadas estabelecem o pagamento pela utilização de algumas das infra-estruturas e actividades referidas, a saber: (i) a tarifa de Uso do Terminal de Recepção, Armazenamento e Regaseificação de gás natural, que estabelece o pagamento pela utilização das infra-estruturas do terminal de Sines, (ii) a tarifa de Uso do Armazenamento subterrâneo, que estabelece o pagamento pela utilização das cavernas de armazenagem subterrânea no Carriço, (iii) a tarifa de Uso Global do Sistema, que estabelece o pagamento pela gestão técnica global do sistema nacional de gás natural, e (iv) a tarifa de Uso da Rede de Transporte, que estabelece o pagamento pela utilização da rede interligada de alta pressão, desde os pontos de entrada, terminal de Sines, Valença do Minho e Campo Maior, até aos pontos de saída do gasoduto [42].

Da adição das tarifas de Uso da Rede de Transporte e de Uso Global do Sistema resulta a tarifa de Acesso à Rede de alta pressão.

Os preços praticados pelas distribuidoras aos consumidores finais são fixados mediante homologação ministerial das propostas que são apresentadas pelas distribuidoras.

5.1.2. Clima e Nível de ocupação

Já foi demonstrado que aproximadamente um terço dos consumos energéticos da tipologia hotel se destina ao AVAC. Desprezando efeitos de eficiência ou degradação de todo o sistema AVAC, os consumos energéticos apenas estarão relacionados com duas variáveis importantíssimas e não controláveis: o clima e o nível de ocupação.

Existem consumos energéticos, como no caso da iluminação por exemplo, que não estão dependentes do clima, mas sim da ocupação. Embora os dias sejam maiores no período de verão e como tal seja necessária menos iluminação, esta influência não deriva directamente do clima, mas sim da época do ano.

Visto que existem consumos que dependem apenas de uma das variáveis e que existem outros consumos que são influenciados pelas duas variáveis, estas duas variáveis devem ser correlacionadas em conjunto.

O parâmetro que avalia o nível de ocupação é, necessariamente a percentagem de ocupação face à capacidade máxima de ocupação do edifício.

Em relação ao clima, os parâmetros climáticos escolhidos para este trabalho são os graus-dias, sendo que são considerados graus-dias de aquecimento (HDD) e graus-dias de arrefecimento

(CDD). Os graus-dias são um excelente parâmetro a usar na estimativa das necessidades de aquecimento e de arrefecimento dos edifícios [33].

A partir dos valores horários da temperatura do ar ambiente, é determinado o número de graus dias. Para cada dia, os números de graus-dias de aquecimento e de arrefecimento são definidos pelas seguintes expressões [33]:

$$HDD = \sum_j^{24} \frac{(T_i - T_{aj})^+}{24} \quad CDD = \sum_j^{24} \frac{(T_{aj} - T_i)^+}{24}$$

Onde:

-  T_{aj} é a temperatura ambiente à hora j
-  T_i é a temperatura do ambiente interior do edifício ou set-point.

As temperaturas de base (T_i), consideradas para o ambiente interior foram de 18°C para os graus dias de aquecimento e de 19°C para os graus dias de arrefecimento.

Por convenção os graus dias de aquecimento são nulos sempre que $T_{aj} > T_i$, ou seja, sempre que a temperatura ambiente seja superior à temperatura de base interior considerada; não existem necessidades de aquecimento e os graus dias são necessariamente iguais a zero. Portanto, só são considerados períodos em que a temperatura ambiente seja inferior à temperatura interior. A figura 31 ilustra graficamente o cálculo dos graus dias de aquecimento [33].

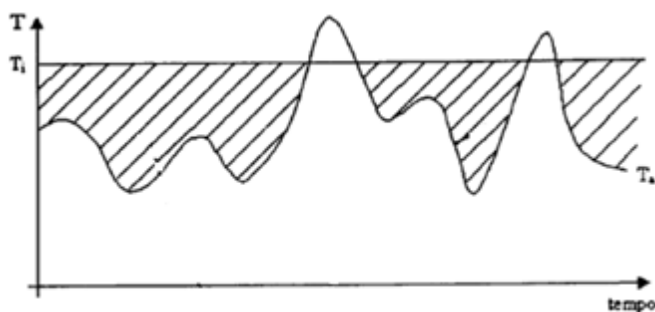


Figura 31 – Graus-dias de aquecimento.

No caso dos graus-dias de arrefecimento, estes são nulos sempre que a temperatura ambiente é inferior à temperatura de base interior considerada. Visto que nestas condições não existem necessidades de arrefecimento, os graus-dias de arrefecimento são nulos. A figura seguinte ilustra o cálculo dos graus dias de arrefecimento.

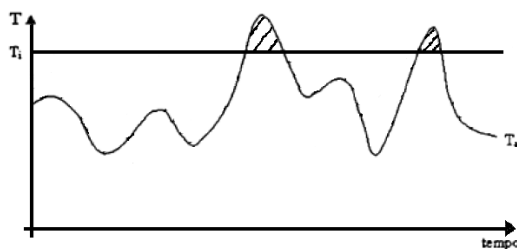


Figura 31 – Graus-dias de aquecimento.

5.2. Ajuste ao Baseline

5.2.1. Tarifas de energia

As tarifas de energia representam um dos ajustes que nunca deverá ser esquecido quando se efectua um contrato de performance energética. Pela sua influência directa no custo com energia e não nos consumos de energia, a variação nas tarifas de energia é algo que uma boa gestão de energia e boas medidas de eficiência energética nunca conseguiram superar.

Por melhores que sejam as eficiências dos equipamentos implementados, por melhor que seja o controlo adoptado para gerir todos os sistemas consumidores de energia, a mudança das tarifas de energia influenciará sempre os custos com energia.

No caso da energia eléctrica, a variação entre 2009 e 2010 por exemplo, não é igual em todos os períodos horários do dia, nem é igual nos vários períodos anuais. Cria-se então o problema de como ajustar estas variações ao valor de referência do custo com electricidade.

No caso do gás, as variações também não são iguais para as várias componentes da factura energética e são actualizadas trimestralmente.

Pelo facto das variações não serem constantes entre os vários períodos, há necessidade de desagregar a factura energética pelas várias componentes. E assim poder aplicar as tarifas actualizadas aos consumos de referência e obter um custo com energia actualizado. Sem esta desagregação não é possível efectuar o ajuste às tarifas de energia, visto que elas não são constantes para as várias componentes da factura.

Nas tabelas 8 e 9 apresenta-se a variação das tarifas de electricidade para clientes em Média Tensão, entre o ano de 2009 e 2010, sem contabilizar as tarifas de energia reactiva [42].

Tabela 8 - Comparação das tarifas eléctricas no período I e IV para clientes em Média Tensão (anos de 2009 e 2010) [42].

		<i>Tarifa Período I, IV</i>		
		<i>2009</i>	<i>2010</i>	<i>Variação</i>
Energia [€/kWh]	<i>S vazio</i>	0.0468	0.0481	2.8%
	<i>Vazio</i>	0.0501	0.0514	2.6%
	<i>Ponta</i>	0.1039	0.1058	1.8%
	<i>Cheias</i>	0.0791	0.0810	2.4%
Potência [€/kW.dia]	<i>Contratada</i>	0.0397	0.0408	2.8%
	<i>Horas de ponta</i>	0.2431	0.2624	7.9%
<i>Termo fixo [€/dia]</i>		1.4054	1.4042	-0.1%

Tabela 9 - Comparação das tarifas eléctricas no período II e III para clientes em Média Tensão (anos de 2009 e 2010) [42].

		Tarifa Período II, III		
		2009	2010	Variação
Energia [€/kWh]	S vazio	0.0485	0.0497	2.5%
	Vazio	0.0521	0.0535	2.7%
	Ponta	0.1072	0.1092	1.9%
	Cheias	0.0814	0.0833	2.3%
Potência [€/kW.dia]	Contratada	0.0397	0.0408	2.8%
	Horas de ponta	0.2431	0.2624	7.9%
Termo fixo [€/dia]		1.4054	1.4042	-0.1%

A figura 10 mostra a variação entre 2009 e 2010 das tarifas das várias componentes da factura de gás natural para clientes em baixa pressão, com consumo superior a 10 000 m³/ano.

Tabela 10 - Comparação das tarifas de gás natural para clientes em baixa pressão e com consumo anual superior a 10000m³ (anos 2009 e 2010) [42].

		2009	2010	Variação
Trimestre I	Energia [€/kWh]	0.031765	0.027587	-13.2%
	C. Utilização [€/(kWh/dia)/dia]	0.000958	0.000999	4.3%
	Termo fixo [€/dia]	2.565800	2.659600	3.7%
Trimestre II	Energia [€/kWh]	0.028146	0.028813	2.4%
	C. Utilização [€/(kWh/dia)/dia]	0.000958	0.000999	4.3%
	Termo fixo [€/dia]	2.565800	2.659600	3.7%
Trimestre III	Energia [€/kWh]	0.026193	0.035294	34.7%
	C. Utilização [€/(kWh/dia)/dia]	0.00099932	0.001566	56.7%
	Termo fixo [€/dia]	2.659600	3.742100	40.7%
Trimestre IV	Energia [€/kWh]	0.026630	0.035294	32.5%
	C. Utilização [€/(kWh/dia)/dia]	0.000999	0.001566	56.8%
	Termo fixo [€/dia]	2.659600	3.742100	40.7%

5.2.2. Clima e nível de ocupação

Para efectuar o ajuste ao baseline pela influência do clima ou do nível de ocupação, é necessário recorrer primariamente a um tratamento de dados históricos do edifício. Uma das técnicas que poderá ser usada para efectuar este ajuste poderá ser a modelação matemática [26].

A modelação matemática é utilizada em processos de M&V com o objectivo de preparar os ajustes periódicos a efectuar ao baseline, como já foi descrito no capítulo anterior. A modelação implica encontrar uma relação matemática entre variáveis dependentes e

independentes. A variável dependente, que no caso em estudo será o consumo de energia (electricidade e gás), é modelada como sendo regida por uma ou mais variáveis independentes. Este tipo de modelação é denominado de análise de regressão [26].

Na análise de regressão, o modelo matemático que se obtém tenta explicar a variação da variável dependente resultante de variações na ou nas variáveis independentes relevantes. Por exemplo se uma das variáveis independentes é o nível de ocupação, o modelo irá avaliar se a variação no consumo de energia é causada por alterações no nível de ocupação, avaliando também se esta variável será ou não relevante nas variações do consumo de energia [26]. Uma regressão avalia então o impacto sobre a variável dependente, da variação de uma unidade nas variáveis independentes.

Os modelos de regressão mais comuns são as regressões lineares. Um modelo deste tipo apresenta a forma seguinte:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n$$

Onde:

- + Y é a variável dependente;
- + X_j ($j=1$ até n) representam as n variáveis independentes relevantes para o modelo;
- + a_i ($i=1$ até n) representam os coeficientes característicos de cada variável independente e que quantificam o impacto na variável dependente pela variação de uma unidade no valor de cada variável independente;
- + a_0 representa um coeficiente fixo que não está relacionado com as variáveis independentes.

Um exemplo de um modelo descrito acima para o consumo de energia de um edifício poderá ser:

Consumo de energia mensal

$$= 34200 + (63 * HDD) + (103 * CDD) + (222 * Ocupação) \quad [kWh]$$

Neste modelo 34200 é então uma estimativa da carga mensal de base, os valores de 63 e 103 representam o impacto produzido no consumo de energia mensal pela variação de uma unidade nos valores de HDD e CDD, respectivamente. Uma variação de 1% na ocupação causa um impacto de 222 kWh no consumo mensal de energia deste edifício.

Como os modelos de regressão tentam explicar a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente, há necessidade de avaliar se o modelo é explicativo de tal relação e se por outro lado, as variáveis independentes consideradas são realmente influentes ou se podem simplesmente ser abandonadas do estudo, devido à sua fraca influência na variação da variável dependente. Para avaliar a validade das regressões podem ser realizados três testes.

Coeficiente de determinação (R^2)

Um dos possíveis testes para avaliar a exactidão do modelo é a análise do coeficiente de determinação, designado por R^2 . Este coeficiente avalia a relação entre a variação explicada pela equação de regressão múltipla e a variação total da variável dependente. Assim, quando se obtém por exemplo um valor de $R^2=0,80$, significa que 80% de variação da variável dependente é explicada pelo modelo de regressão [26].

Matematicamente, R^2 é a razão entre a variação explicada pelo modelo e a variação total.

$$R^2 = \frac{\sum(f(x_i) - \bar{y})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

Onde:

-  $f(x_i)$ é o valor da variável dependente prevista pelo modelo de regressão para o conjunto de valores usado para prever o modelo;
-  $\bar{y}$ é a média dos valores da variável dependente do conjunto;
-  y_i são os valores reais da variável dependente.

O coeficiente de determinação tem um intervalo de valores possíveis entre 0 e 1. Um R^2 nulo significa uma pobre relação entre as variáveis intervenientes, ou seja nenhuma das variações observadas na variável dependente é explicada pelo modelo, portanto o modelo de regressão obtido não fornece nenhuma orientação para a compreensão das variações da variável dependente. Por outro lado um R^2 com valor igual a 1 significa que o modelo explica 100% das variações da variável dependente [26].

Assim pretende-se sempre um coeficiente de determinação tão elevado quanto possível, sendo que 1 será sempre o valor óptimo. Embora não exista nenhum valor de referência para o valor mínimo aceitável, o valor de 0,75 é tido como valor limite de aceitabilidade do modelo de regressão [25].

Coeficiente de variação do Erro padrão da estimativa ($CV(RMSE)$)

Quando um modelo é usado para prever o valor de uma variável dependente pela influência das várias variáveis independentes, a exactidão da previsão é medida pelo erro padrão da estimativa.

Uma vez inseridos os valores das variáveis independentes no modelo de regressão, uma aproximação da gama de valores possíveis para o valor da variável dependente em estudo pode ser dado por:

$$y \pm t * EP$$

Onde:

-  y é o valor previsto da variável dependente;
-  t é o valor obtido a partir dos quadros da estatística t (ver anexo J);

✚ EP é o erro padrão do modelo de regressão.

O valor do erro padrão do modelo de regressão é calculado da seguinte forma:

$$EP = \sqrt{\frac{\sum (f(x_i) - y_i)^2}{n - p - 1}}$$

Em que n é o número de pontos observados e p é o número de variáveis independentes consideradas no modelo de regressão. Esta estatística é também denominada por erro médio quadrático, ou “*Root-Mean Squared Error*” (RMSE) [26].

Dividindo o erro médio quadrático pelo valor médio da variável dependente obtém-se o coeficiente de variação do RMSE, denominado de CV(RMSE) [26].

$$CV(RMSE) = \frac{EP}{\bar{y}}$$

Este coeficiente é uma indicação da variação dos dados não processados a partir de uma linha de regressão. Este coeficiente varia entre 0 e 1, ou entre 0% e 100%. O valor de 0 será o valor óptimo. Tal como no caso do coeficiente de determinação, não existe um valor limite fixo de aceitabilidade estabelecido, no entanto é definido um valor máximo admissível de 5%, ou seja um modelo para ser considerado aceite, segundo este coeficiente, deverá de ter um valor inferior a 0.05 [31].

A avaliação deste coeficiente é importante pelo facto de ser menos vulnerável à inclinação da recta ajustada no modelo de regressão. Duas rectas com diferentes inclinações, mesmo que os desvios sejam semelhantes em relação à recta ajustada, têm diferentes valores para o coeficiente de determinação [31]. Na figura 32 ilustra-se o exemplo de duas regressões com diferentes inclinações.

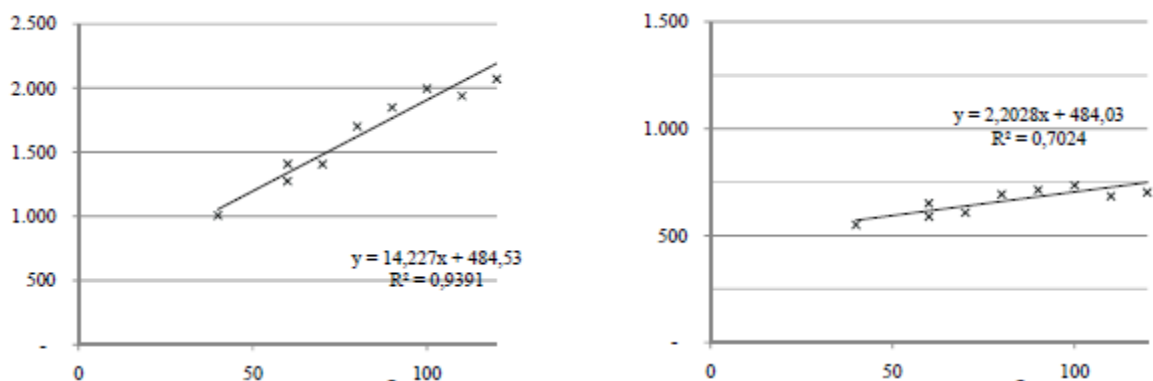


Figura 32 - Comparação de dois modelos de regressão com diferentes inclinações [31].

Como se pode observar pela figura 32 e analisando também a tabela 11 constata-se que o valor de CV(RMSE) é muito menos sensível à inclinação da recta ajustada do que o coeficiente de determinação.

Tabela 11 - Comparação dos valores de R2 e CV(RMSE) para regressões lineares de diferente inclinação [31].

	<i>Inclinação mais acentuada</i>	<i>Inclinação menos acentuada</i>
R^2	0,94	0,70
CV(RMSE)	0,056	0,054

Estatística-t

Visto que os coeficientes do modelo de regressão (a_i) são apenas estimativas estatísticas da verdadeira relação entre uma variável individual e a variável dependente, estes estão sujeitos a variações. A exactidão da estimativa é avaliada pelo erro padrão do coeficiente e o valor associado da estatística-t. Uma estatística-t é um teste para determinar se uma estimativa tem, de facto interesse estatístico. Uma vez estimado um valor para cada coeficiente, este é comparado com os valores críticos representados no anexo J.

Considerando apenas uma variável independente, o erro padrão do coeficiente é calculado da seguinte forma [26]:

$$EP_c = \sqrt{\frac{\sum (y_i - f(x_i))^2 / (n - 2)}{\sum (X_i - \bar{X})^2}}$$

Para casos com mais do que uma variável, a equação torna-se mais complicada, sendo aconselhado o uso de software para cálculo desses valores. No caso de multi-variáveis os valores derivados da equação fornecem uma aproximação da validade da correlação de cada uma das variáveis independentes com a variável dependente.

O intervalo de valores do coeficiente de cada variável encontra-se entre:

$$a \pm t * EP_c$$

O valor da estatística-t, que avalia então se definitivamente o coeficiente calculado é estatisticamente significativo, é calculado da seguinte forma [26]:

$$\text{estatística } t = \frac{a}{EP_c}$$

Uma vez determinada a estatística-t, esta pode ser comparada com os valores críticos para um intervalo de confiança de 95% (tabela do anexo J). Se o valor absoluto da estatística-t ultrapassar o valor apropriado da tabela de valores críticos, conclui-se que a estimativa é estatisticamente válida [26].

5.3. Aplicação a casos de estudo

No capítulo anterior foi definido um baseline para o hotel H2, considerando como anos de referência 2008 e 2009. O objectivo desta secção é evidenciar como seria efectuado o ajuste ao baseline, considerando como primeiro ano de contrato de performance o ano de 2010, para isso serão aplicadas as metodologias definidas para o caso concreto do hotel H2.

5.3.1. Tarifas de electricidade

Analizando as facturas de electricidade do hotel H2, a desagregação a efectuar às mesmas resume-se a três componentes, que são apresentados de seguida.



Energia

- ✓ Super vazio
- ✓ Vazio normal
- ✓ Ponta
- ✓ Cheias



Potência

- ✓ Contratada
- ✓ Consumida em horas de ponta



Termo fixo

No anexo G é demonstrada a desagregação a efectuar aos consumos de referência do hotel H2, de modo a evidenciar a divisão que deve ser feita na factura energética.

Após a divisão de todos os componentes da factura energética do período de referência, o passo seguinte é afectar todos os valores de energia, potência e termo fixo às novas tarifas, neste caso para o ano de 2010. Com este cálculo obtém-se o custo com energia eléctrica ajustado às condições de cada ano de contrato.

Para exemplificar o raciocínio descrito no parágrafo anterior, é demonstrado no anexo H, todo o procedimento de cálculo para ajustar o baseline, devido à variação nas tarifas de energia eléctrica. O procedimento de cálculo consiste numa folha de cálculo preparada para o efeito, onde apenas são inseridas as novas tarifas de energia, sendo o ajuste é calculado automaticamente. Esta folha de cálculo servirá de base para futuros anos de contrato.

O resumo de todo o procedimento de cálculo descrito no anexo H é demonstrado na tabela 12.

Tabela 12 - Comparação dos custos com energia eléctrica entre o período de referência e o ano de 2010 para o hotel H2.

	Período de Referência	2010	Variação	
Energia	452 648 €	461 553 €	10 300 €	2.0%
Potência contratada	17 939 €	18 436 €	-449 €	2.8%
Potência horas de ponta	72 595 €	78 358 €	5 314 €	7.9%
Termo fixo	513 €	513 €	-0.4 €	-0.1%
TOTAL	543 695 €	558 860 €		

Analisando a tabela 12 verificamos novamente a importância da desagregação da factura energética de electricidade. As variações no custo das várias componentes não são todas iguais. Verifica-se que os custos com a potência consumida em horas de ponta são aqueles que possuem um maior incremento percentual (7.3%), no entanto o maior incremento absoluto está do lado da energia com um aumento de cerca de 10 300 €, que significa um aumento de 2.0%.

O ajuste que deveria ser efectuado ao baseline anual é então um aumento de cerca de 15 000€, que se traduz num aumento percentual de 2.8%.

Tabela 13 - Ajuste a efectuar ao baseline por influência da mudança da tarifa eléctrica para o hotel H2.

Baseline	543 695 €
Baseline 2010	558 860 €
Ajuste	15 165 €
	2.79%

Pode parecer um aumento residual no custo com energia, e facto 2.8% não é um incremento muito significativo. No entanto, quando se pensa que 15000 € dariam para pagar o salário anual de um eventual gestor de energia contratado pelo ESCO, apenas para monitorizar todo o projecto daquele edifício, percebe-se de uma forma mais interessante a influência deste ajuste.

O peso que este ajuste terá no orçamento de uma empresa ESCO poderá ser interessante. Se esta possuir um conjunto interessante de projectos deste tipo e se todos eles rondarem os valores em questão, a ESCO conseguirá pagar os salários dos gestores de energia dedicados à monitorização de todos os projectos.

5.3.2. Tarifas de gás

O hotel H2 é um consumidor de gás natural em baixa pressão e quantidade superior a 10 000 m3/ano. A desagregação da factura resume-se aos seguintes componentes:

-  Energia;
-  Capacidade de utilização;
-  Termo fixo.

O anexo G mostra a desagregação mensal dos consumos de gás do hotel H2.

O procedimento que foi efectuado para as tarifas de electricidade é em tudo semelhante ao procedimento a efectuar ao consumo de gás. Ou seja, afectam-se os consumos de energia, a capacidade de utilização e termo fixo de referência (2008/2009) pelas tarifas actualizadas de 2010, que será o primeiro ano de contrato de performance energética.

Para determinar o ajuste foi desenvolvida, à semelhança do que foi efectuado para as tarifas de electricidade, uma folha de cálculo que está representada no anexo I. A tabela 14 resume o cálculo do ajuste.

Tabela 14 - Comparação dos custos com gás entre o período de referência e o ano de 2010 para o hotel H2.

	<i>Período de Referência</i>	<i>2010</i>	<i>Variação</i>	
<i>Energia</i>	139 583 €	144 569 €	4 986 €	3.6%
<i>C. Utilização</i>	9 280 €	10 344 €	1 064 €	11.5%
<i>Termo fixo</i>	1 035 €	1 170 €	135 €	13.0%
<i>TOTAL</i>	149 898 €	156 084 €		

Mais uma vez se percebe, analisando a tabela anterior, a importância da desagregação da factura energética, pelo facto da variação nos custos ser diferente nas várias componentes da factura de energia. A energia representa o maior incremento absoluto, responsável por um aumento de quase 5 000 €.

O ajuste que deveria ser efectuado devido à actualização das tarifas de gás é de 6 186 €, ou seja um incremento percentual de 4.13% relativamente ao valor de referência. Os números descritos são evidenciados na tabela que se segue.

Tabela 15 - Ajuste a efectuar ao baseline por influência da mudança da tarifa de gás para o hotel H2.

<i>Baseline</i>	149 898 €
<i>Baseline 2010</i>	156 084 €
<i>Ajuste</i>	6 186 €
	4.13%

5.3.3. Total

As tarifas de energia representam um importante ajuste a efectuar, na tabela seguinte representa-se a tabela resumo do ajuste a efectuar ao baseline devido a alterações nas tarifas de energia.

Tabela 16 - Ajuste a efectuar ao baseline por influência das tarifas de energia (gás e electricidade).

<i>Baseline</i>	693 593 €
<i>Baseline (2010)</i>	714 944 €
<i>Ajuste</i>	21 351 €
	3.08%

Analisando a tabela acima, torna-se clara a importância de não esquecer o ajuste devido a alterações nas tarifas de energia. Um incremento de cerca de 3% no valor do baseline, traduz-se num acréscimo de 21 351 €. Caso este ajuste não fosse efectuado, seriam mais de 21 000 € que não seriam contabilizados nas economias.

5.3.4. *Clima e nível de ocupação*

As técnicas de regressão descritas neste capítulo foram aplicadas ao caso do hotel H2. As regressões efectuadas para este hotel são divididas em duas partes.

Por um lado são avaliados os consumos de energia eléctrica e estes são correlacionados com os graus-dia de arrefecimento e com a taxa de ocupação. O consumo de gás é correlacionado com os graus-dia de aquecimento e com os níveis de ocupação.

Para cada uma destas divisões são efectuadas três regressões, primeiro são avaliadas as variáveis em conjunto e depois são avaliadas as correlações para cada uma das variáveis. Os resultados das regressões efectuadas para o hotel H2 estão presentes nas tabelas do anexo L e M.

Consumo de gás

Analisando os dados da regressão linear, envolvendo as duas variáveis em causa, constatamos que o valor da estatística-t para a variável ocupação possui um valor inferior ao valor de referência. Neste caso a variável possui um valor de -0.570 como se pode observar pela tabela 17, que é inferior ao valor da tabela do anexo J para o número de observações em causa, que é de 2.26 para um intervalo de confiança de 95%.

Assim, a variável ocupação não será influente no consumo de gás, ou pelo menos não estará directamente ligada à variação do consumo como no caso do clima, que apresenta um valor da estatística-t de 3.07, superior ao valor de 2.26 para o caso de 10 observações.

Analisando o resultado da regressão efectuada verifica-se ainda que o valor de R^2 (cerca de 0.60) se situa abaixo do limite mínimo considerado (0.75) para admitir uma correlação como aceitável. O valor do CV(RMSE) também se situa longe do valor admissível, cerca de 0.20 quando se considera o limite máximo como 0.05. Assim esta regressão não poderá ser considerada como aceitável. A tabela 17 mostra o resultado da regressão.

Tabela 17 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando as duas variáveis exógenas.

<i>Estatística de regressão</i>			
Quadrado de R	0.603236039		
CV(RMSE)	0.207481016		
Observações	10		

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>
Interceptar	299.1242629	88.57141111	3.377210086
HDD	0.992324749	0.323028224	3.071944418
Ocupação	-93.62574669	164.0525398	-0.570705865

Se por outro lado forem analisados os resultados da regressão apenas considerando a variável ocupação, constatamos que, de facto, a relação existente entre a variação no consumo de gás e

o nível de ocupação é muito fraco. O coeficiente de determinação é muito fraco (0.07), sendo que o CV(RMSE) é também ele muito fraco (cerca de 0.30). O valor associado à estatística-t situa-se também abaixo do valor de referência, tal como tinha acontecido na regressão anterior.

A tabela 18 mostra o resumo dos resultados desta regressão.

Tabela 18 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável ocupação.

<i>Estatística de regressão</i>				
Quadrado de R	0.068350466			
CV(RMSE)	0.297401099			
Observações	10			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>
Interceptar	447.406837	106.446976	4.203095794	0.002983868
Ocupação	-177.6305633	231.861288	-0.766107032	0.465614235

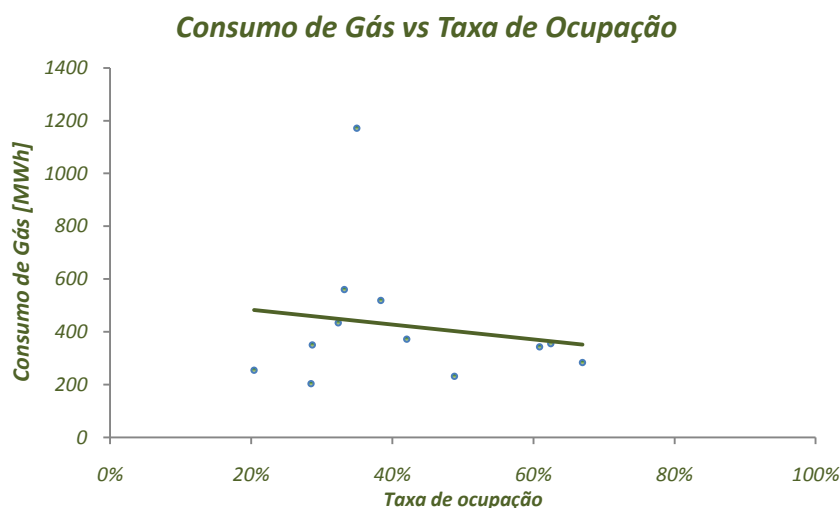


Figura 33 - Consumo de gás em função do nível de ocupação.

A figura 33 mostra o resultado da relação encontrada entre o consumo de gás e a taxa de ocupação. A referida figura traduz de forma gráfica a fraca relação que existe entre estas duas variáveis.

Por fim, para o consumo de gás, é avaliada uma outra regressão linear. Desta vez considerando apenas como variável exógena o clima. Neste caso o cenário é muito diferente, quando comparado com os resultados obtidos para a variável ocupação.

Por um lado temos um valor associado à estatística-t (cerca de 8.4) superior ao valor de referência (2.08), sendo assim esta variável é considerada relevante nas variações do consumo de gás. Por outro lado, o valor do coeficiente de determinação de 0.778 é superior ao mínimo aceitável de 0.75, o que poderia validar a correlação. No entanto o valor do CV(RMSE) de 0.14 é bastante superior ao valor máximo considerado de 0.05. O resumo da regressão efectuada situa-se na tabela 19.

Tabela 19 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável clima.

Estatística de regressão			
Quadrado de R	0.77791746		
CV(RMSE)	0.14292275		
Observações	22		

	Coeficientes	Erro-padrão	Stat t
Interceptar	229.3867134	18.85762155	12.16413813
HDD	1.143966328	0.136674879	8.36998238

A relação encontrada entre o consumo de gás e o clima é demonstrada na figura seguinte. Pela figura verifica-se que um maior valor dos graus dia de aquecimento se traduz num maior consumo de gás.

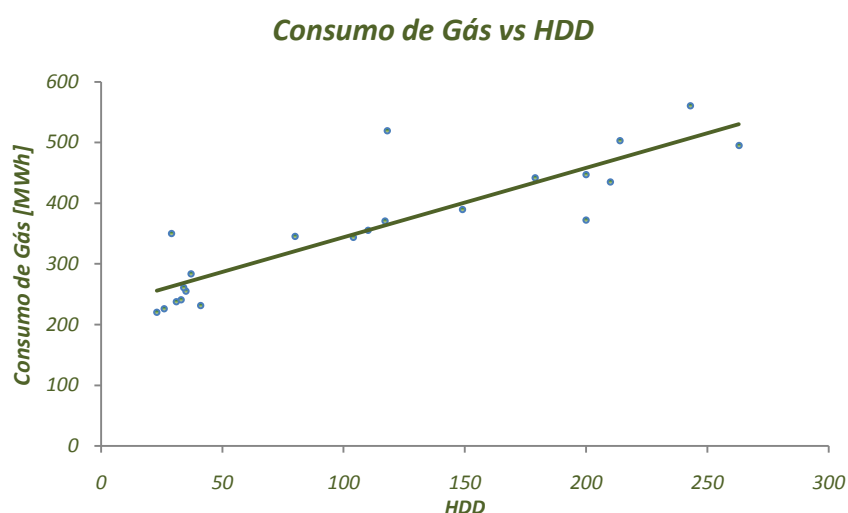


Figura 34 - Consumo de gás em função dos graus dia de aquecimento.

A tabela 20 mostra o resumo das três regressões lineares efectuadas para o consumo de gás do hotel H2, assim como as respectivas equações da recta de ajuste obtidas.

Tabela 20 – Tabela resumo das regressões efectuadas para o consumo de gás.

	R^2	CV(RMSE)	Equação de ajuste
Gás vs Ocupação	0,0268	0,2974	$Gás = -281.53 * Ocup + 539.8$
Gás vs HDD	0,7779	0,1429	$Gás = 1.144 * HDD + 229.39$
Gás vs (Ocupação; HDD)	0,6032	0,2075	$Gás = 0.992 * HDD - 93.6 * Ocup + 299.12$

Pelos resultados obtidos, a regressão que melhores resultados obteve foi aquela que relaciona o consumo de gás com o clima. Assim chega-se a uma equação para o cálculo do consumo de gás, que se mostra de seguida.

$$Gás = 1.144 * HDD + 229.39 \quad [MWh]$$

O objectivo não é, apenas, chegar a uma relação entre o consumo de gás e as variáveis exógenas consideradas, mas sim ajustar o baseline às condições de cada período de contrato. Assim o ajuste deverá ser efectuado em diversos passos.

Primeiro é calculado o consumo de referência (b), tendo por base os graus dia de aquecimento de período desse mesmo período (a). Em seguida calcular-se-á o consumo de gás do período actual (d) considerando os graus dia de aquecimento do mesmo período (c). O passo seguinte será a determinação do custo específico de energia recorrendo para isso às facturas de energia do período actual (f). Por último será calculada a diferença no consumo de energia (e) e será multiplicada pelo custo específico de energia para obtenção do ajuste a efectuar ao baseline (g). A tabela 21 mostra uma tabela exemplo que poderia ser usada para a organização dos dados do procedimento descrito.

Tabela 21 - Exemplo da tabela a usar para o ajuste ao baseline.

<i>Período de referência</i>		<i>Período de actual</i>		<i>Diferença [MWh]</i>	<i>Custo específico [€/MWh]</i>	<i>Ajuste ao baseline [€]</i>
<i>HDD</i>	<i>Gás [MWh]</i>	<i>HDD</i>	<i>Gás [MWh]</i>			
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e=b-d</i>	<i>f</i>	<i>g=e*f</i>

Consumo de electricidade

No caso do consumo de electricidade, a situação é bastante diferente do consumo de gás. Analisando os resultados da regressão linear, considerando as duas variáveis exógenas, verifica-se que ambas as variáveis são influentes no consumo de energia, uma vez que o valor associado à estatística-t de cada variável é superior ao valor de referência. Temos então um valor de 5.03 no caso dos graus dia de arrefecimento e 4.44 para o nível de ocupação, enquanto o valor de referência para este caso é de 2.20. Assim ambas as variáveis terão influência no consumo de energia eléctrica.

O coeficiente de determinação para esta regressão é algo elevado (0.84), superior ao mínimo considerado, sendo o valor do CV(RMSE) de 0.04 que é inferior ao máximo considerado. Esta regressão pode ser então considerada válida pois todos os parâmetros de referência são cumpridos. O resumo do resultado desta regressão linear encontra-se na tabela 22.

Tabela 22 - Tabelas da regressão linear para o consumo de electricidade, considerando as duas variáveis exógenas.

<i>Estatística de regressão</i>			
Quadrado de R	0.839442102		
CV(RMSE)	0.038671523		
Observações	12		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>
Interceptar	427.6055761	18.77310163	22.77756678
CDD	1.54172099	0.306336036	5.032777116
Ocupação	183.1914525	41.2515067	4.440842702

Analisando agora a regressão linear, considerando apenas a variável ocupação, verifica-se uma fraca relação existente entre esta variável e o consumo de electricidade. No entanto analisando o valor associado à estatística-t (2.51), este é superior ao valor de referência (2.20). Tal como na situação anterior, esta variável continua com influência estatística. Neste caso o valor do coeficiente de determinação é bastante fraco, cerca de 0.4, tendo um CV(RMSE) de 0.07, ambos os valores fora do limite de aceitabilidade. A tabela 23 mostra o resumo do resultado desta regressão.

Tabela 23 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável ocupação.

<i>Estatística de regressão</i>			
Quadrado de R	0.387581413		
CV(RMSE)	0.071650773		
Observações	12		

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>
Interceptar	452.9499155	33.5080862	13.51763013
Ocupação	192.0996353	76.36058574	2.515690961

A figura 35 mostra o resultado da relação encontrada entre o consumo de electricidade e a taxa de ocupação. A referida figura traduz de forma gráfica a fraca relação que existe entre estas duas variáveis, uma maior ocupação significa um maior consumo de electricidade.

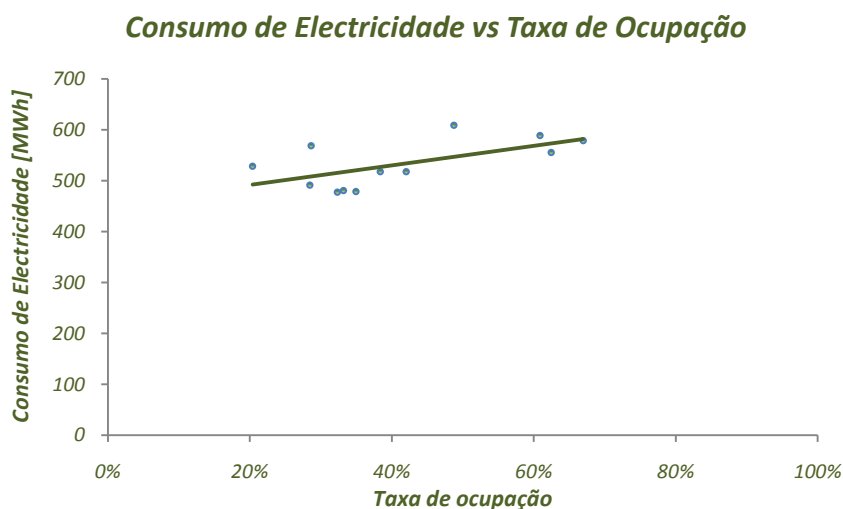


Figura 35 - Consumo de electricidade em função no nível de ocupação.

Em relação à regressão efectuada entre o consumo de electricidade e o clima, os resultados pioram relativamente à regressão efectuada considerando as duas variáveis.

Embora a variável continue estatisticamente válida, por possuir um valor associado à estatística-t (5.79) superior ao valor de referência (2.07), o coeficiente de determinação e o valor do CV(RMSE) possuem valores fora do intervalo considerado como aceitável, para o caso 0.6 e 0.07, respectivamente. O resumo dos resultados desta regressão é mostrado na tabela 24.

Tabela 24 - Tabelas da regressão linear para o consumo de gás, considerando apenas a variável clima.

<i>Estatística de regressão</i>			
Quadrado de R	0.603534627		
CV(RMSE)	0.071381203		
Observações	24		

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>
Interceptar	487.9562282	10.87410928	44.87321359
CDD	1.947071733	0.336451251	5.78708425

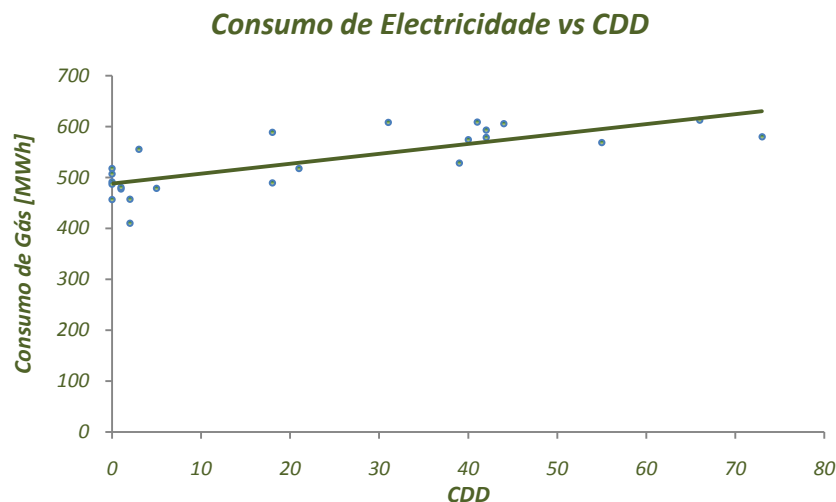


Figura 36 - Consumo de electricidade em função dos graus dias de arrefecimento.

Na figura 36 é mostrada a relação encontrada entre o consumo de electricidade e os graus-dia de arrefecimento. Maiores valores de graus dia de arrefecimento traduzem-se em maiores consumos de electricidade.

O resumo das regressões efectuadas para o consumo de electricidade é demonstrado na tabela 25.

Tabela 25 - Tabela resumo das regressões efectuadas para o consumo de electricidade.

	<i>R²</i>	<i>CV(RMSE)</i>	<i>Equação de ajuste</i>
<i>Electricidade vs Ocupação</i>	0,3876	0,0716	<i>Elec=192.1*Ocup+452.95</i>
<i>Electricidade vs CDD</i>	0,6035	0,0714	<i>Elec=1.9471*CDD+487.96</i>
<i>Electricidade vs (Ocupação; CDD)</i>	0,8394	0,0386	<i>Elec=1.542*CDD+183.19*Ocup+427.61</i>

A regressão que melhores resultados apresenta é a que relaciona o consumo de energia eléctrica com as duas variáveis exógenas consideradas. A equação que traduz o consumo de electricidade é:

$$\text{Electricidade} = 1.542 * \text{CDD} + 183.19 * \text{Ocup} + 427.61 \quad [\text{MWh}]$$

Tal como no caso do consumo de gás, aquilo que se pretende é o procedimento de ajuste ao baseline. O procedimento é em tudo semelhante ao procedimento adoptado para o consumo de gás. Primeiro são calculados os consumos de electricidade do período de referência (c) e do período actual do contrato (f), tendo por base os dados dos graus dia de arrefecimento (a) e ocupação (b) do período de referência e os dados dos graus dia de arrefecimento (d) e ocupação (e) do período actual do contrato. Após recurso às facturas para determinação do custo específico de energia eléctrica (h), este é multiplicado pela diferença de consumo de energia (g) entre o período de referência e o actual período de contrato e é então calculado o ajuste a efectuar ao baseline (i). O procedimento é exemplificado com a tabela 26.

Tabela 26 - Exemplo da tabela a usar para o ajuste ao baseline.

Período de referência			Período de actual			Diferença [MWh]	Custo específico [€/MWh]	Ajuste ao baseline [€]
CDD	Ocupação [%]	Electricidade [MWh]	CDD	Ocupação [%]	Electricidade [MWh]			
a	b	c	d	e	f	$g=c-f$	h	$i=g*h$

Metodologia a aplicar

Muito embora se tenham chegado a regressões bastante aceitáveis, tanto no caso do consumo de gás como no caso do consumo de electricidade, não deixa de ser estranho que o nível de ocupação não influencie de forma evidente o consumo de gás, tal como acontece no caso do consumo de electricidade.

A aplicação desta metodologia, para correlação de consumos de energia com clima e nível de ocupação, a Contratos de Performance Energética é algo arriscada, uma vez que com o recurso às facturas apenas se obtêm os consumos energéticos totais do edifício. Os consumos que deveriam ser avaliados são os consumos que efectivamente se relacionam com as variáveis exógenas clima e ocupação.

Quando se efectuam correlações como as demonstradas até este ponto, pode estar-se a cometer o erro de relacionar consumos de gás ou de electricidade que não dependem nem de uma nem de outra variável. Os consumos a relacionar têm que, de algum modo, estar dependentes das variáveis que se querem correlacionar.

A solução a adoptar para resolução desta problemática reside numa desagregação do consumo de energia pelos seus consumidores e assim retirar a influência de outros factores que não sejam as variáveis a correlacionar.

Para obter esta desagregação recorre-se a sub-metering, ou seja, a contagens parciais do consumo de energia. Recorrer a sub-metering não é mais do que utilizar contadores parciais para os diferentes consumidores de energia.

Assim sendo, o ajuste a efectuar ao baseline derivado à influência das variáveis exógenas, excepto a mudança da tarifa de energia, terá de ser efectuado apenas no final de cada período de cálculo de economias. Se este período for mensal, o ajuste é calculado no final do mês, se for trimestral, o ajuste será calculado no final de cada trimestre.

No primeiro ano não poderá existir qualquer tipo de ajuste, uma vez que ainda não existirão dados de referência para efectuar correlações válidas. Só após a obtenção dos dados dos contadores parciais de energia se poderão obter relações mais fiáveis. Sugere-se que se obtenham consumos de energia diários, assim como taxas de ocupação e graus dia também eles diários e que sejam então correlacionados com os consumos energéticos diários vindos dos contadores parciais.

Os contadores parciais deverão ser aplicados, por exemplo, a um chiller e assim poder correlacionar o seu consumo com os graus dia de arrefecimento ou com o nível de ocupação de uma forma muito mais fiável, uma vez que apenas se estão a relacionar variáveis que, de facto, influenciam os consumos de energia do chiller.

A tabela 27 mostra uma tabela exemplo da forma de organização dos dados, após implementação de contadores parciais de energia.

Tabela 27 - Tabela de ajuste ao baseline (influencia do clima e do nível de ocupação) após implementação de sub-metering.

Período de referência			Período de contrato			Incremento de energia		Custo específico de energia		Ajuste ao Baseline	
CDD	HDD	Ocupação [%]	CDD	HDD	Ocupação [%]	Electricidade [MWh]	Gás [MWh]	Electricidade [€/MWh]	Gás [€/MWh]	Electricidade [€]	Gás [€]

5.4. Síntese

Um dos principais pontos a focar, no ajuste a efectuar ao baseline, é o facto da mudança da tarifa de energia ser a variável mais importante a ajustar, pelo facto de influenciar directamente os custos com energia. O ajuste é efectuado no início de cada período de cálculo das economias e deve desagregar as várias componentes da factura energética, uma vez que as variações não são iguais em todas as componentes.

Outro dos pontos a considerar neste capítulo é que as regressões lineares são o melhor ajuste a efectuar para variáveis como o clima ou a taxa de ocupação. Os consumos energéticos a considerar nestas regressões não devem ser os totais e portanto o recurso às facturas de energia, embora sendo um método simples, não se mostra de todo vantajoso.

As regressões obtidas para estas variáveis não dão a garantia que um Contrato de Performance Energética necessita. Seria um risco bastante elevado confiar em regressões efectuadas com base nos consumos das facturas energéticas.

Assim sendo, as regressões a efectuar, devido à influência do clima e do nível de ocupação, apenas poderão ser efectuadas no segundo ano de contrato, após a instalação de contadores parciais de energia, a fim de obter consumos de energia que realmente dependem das variáveis consideradas.

O primeiro ano de contrato será um ano de obtenção de dados diários de consumo de energia, dados climáticos e de taxa de ocupação. Após a conclusão do primeiro ano, uma ESCO terá um conjunto de dados bastante mais rico do que o histórico de dados das facturas de energia do período de referência, o que lhe permitirá partir para correlações mais interessantes.

Capítulo 6

Conclusões e Perspectivas Futuras

Conclusões

A actual situação energética mundial, aliada à enorme necessidade de combate às alterações climáticas, nomeadamente o combate às emissões de gases de efeito de estufa, torna a eficiência energética como tópico de preocupação urgente. Políticas energeticamente eficientes, associadas a uma racionalização de consumos energéticos permitem reduzir consumos e aumentar a satisfação das necessidades com energia de fonte renovável.

Uma maior eficiência na utilização final de energia permitirá explorar potenciais economias de energia, numa perspectiva de custo-eficácia, de uma forma eficiente em termos económicos. As ESCO, empresas multidisciplinares, surgem no mercado da eficiência energética e da gestão de energia como resposta a determinadas dificuldades e barreiras existentes, no que respeita à implementação de medidas de eficiência energética.

A grande vantagem deste tipo de empresas prende-se com o financiamento que elas conseguem garantir nos projectos que desenvolvem. Financiamento esse que é conseguido muitas das vezes recorrendo a um terceiro elemento. A outra grande vantagem das ESCO reside no facto de estas conseguirem reunir num único contrato todo um conjunto de serviços básicos de um projecto de eficiência energética.

O diagnóstico inicial é um importante passo no seguimento da metodologia típica de uma ESCO. É nesta fase que o consumo de energia dos edifícios é avaliado e normalizado de forma que vários edifícios, da mesma tipologia, possam ser comparados do ponto de vista de potencial de redução energética. Assim, as ESCO apenas focalizam a sua atenção em projectos que se mostrem mais interessantes do ponto de vista de potencial de redução energética.

Para comparar edifícios do ponto de vista de consumo de energia é necessário definir indicadores perfeitamente adequados a cada tipologia. Assim é previamente importante, que no diagnóstico inicial, se escolham os indicadores que mais se adequam a cada novo projecto que surja.

O cálculo das economias produzidas deve ser claro e objectivo, assim como a definição do valor de referência do custo com energia ou baseline. Uma correcta avaliação das poupanças alcançadas torna o sucesso do projecto mais alcançável, não só por garantir as remunerações pretendidas pela ESCO mas também por evitar posteriores confrontos com o cliente.

O ajuste ao baseline é um dos processos mais importantes, que deve estar salvaguardado no contrato de performance energética. Caso não fosse efectuado tal ajuste, poder-se-ia estar a calcular falsas economias e consequentemente a pôr em causa a viabilidade do projecto.

As variáveis que não podem de forma alguma ser controladas, são aquelas que representam os ajustes mais importantes a efectuar ao baseline. Todas as outras variáveis que podem ser controladas, deverão ser mantidas entre determinados intervalos de valores previamente definidos, a menos que tal facto esteja a prejudicar o bom funcionamento do edifício.

Os ajustes efectuados neste trabalho mostram que a mudança da tarifa de energia, principalmente a tarifa eléctrica, é aquela que representa o ajuste mais importante. Este ajuste requer que a factura energética seja repartida pelas suas variadas componentes, visto que a actualização tarifária não é constante nem para todos os períodos horários, nem para todas as componentes da factura.

Os ajustes ao clima e ao nível de ocupação devem ser avaliados em conjunto e correlacionados com o consumo de energia. Só após esta correlação é que poderá ser avaliado o impacto destas variáveis nos custos com energia.

Os conhecimentos adquiridos ao longo deste trabalho foram complementados com casos reais e exemplos concretos de vários edifícios da tipologia hotel.

Neste trabalho foram definidos indicadores energéticos que devem ser usados para hotéis e são comparados seis hotéis. Como conclusões da comparação efectuada, tem-se que o hotel H4 possui um consumo de energia elevado, pelo facto de possuir uma elevada área climatizada face aos quartos que possui e pelo facto de ter taxas de ocupação reduzidas. O hotel H2 consome muita energia por área climatizada e pouco por quarto ocupado devido a taxas de ocupação elevadas. O hotel H3 consome pouca energia por área e por quarto, devido ao facto de não possuir piscina e de possuir um sistema de climatização perfeitamente ajustado à sua baixa taxa de ocupação.

O hotel H4 será então, aquele que possui indicadores mais desfavoráveis, do ponto de vista de eficiência energética e seria o hotel com maior potencial de redução energética e um forte candidato à implementação de um Contrato de Performance Energética.

A metodologia de definição e de ajuste ao baseline foi também complementada com exemplo prático. Foi definido um baseline de 693 593 € para o hotel H2 (2008 e 2009 como anos de referência), representando a electricidade cerca de 80% deste valor.

O ajuste ao baseline devido à actualização das tarifas de energia é de cerca de 3%, mais de 21 000 €. Este valor revela a importância que a alteração à tarifa de energia, principalmente a tarifa de electricidade com um incremento de cerca de 15 000 €, tem nos custos com energia. O ajuste das tarifas de energia poderá ser efectuado no início ou no final de cada período de cálculo das economias.

Em relação ao ajuste a efectuar devido a alterações no clima ou no nível de ocupação, a conclusão a retirar dos ajustes efectuados é que não é possível garantir correlações válidas, com elevado grau de fiabilidade apenas com base nas facturas energéticas e em dados mensais do clima e do nível de ocupação. Muito embora se obtenham correlações que satisfazem as condições mínimas aceitáveis para validar uma regressão linear, é um risco muito elevado confiar neste tipo de correlações para Contratos de Performance Energética. É necessário recorrer a algum sub-metering com o objectivo de conseguir obter o consumo de energia apenas dos equipamentos influenciados pelo clima e pela ocupação. Só após a obtenção destes

dados é que se poderá inferir sobre qualquer tipo de correlação entre estas variáveis e os consumos energéticos. Assim, o primeiro ano de contrato não terá nenhum ajuste relacionado com estas duas variáveis. O ajuste será sempre efectuado no final de cada período de cálculo das economias.

Por fim salienta-se que nenhum contrato deverá esquecer os ajustes ao baseline, principalmente aqueles que são respeitantes às variáveis exógenas. Visto que as ESCO são remuneradas face às economias previstas, o cálculo das poupanças deve possuir o máximo de rigor, facto que nunca conseguirá se os ajustes ao baseline forem deixados de parte.

Perspectivas futuras

Foi visto que o ajuste a efectuar ao baseline é importantíssimo para Contratos de Performance Energética. Em trabalhos futuros seria interessante efectuar um estudo detalhado sobre as variáveis endógenas a ajustar, utilizando o caso de hotéis como exemplo.

Sugere-se também o estudo deste mesmo tema, mas aplicado a outro tipo de edifícios, como escritórios, supermercados ou edifícios públicos por exemplo. Nesses estudos poderão ser definidos indicadores mais adequados e as variáveis mais influentes.

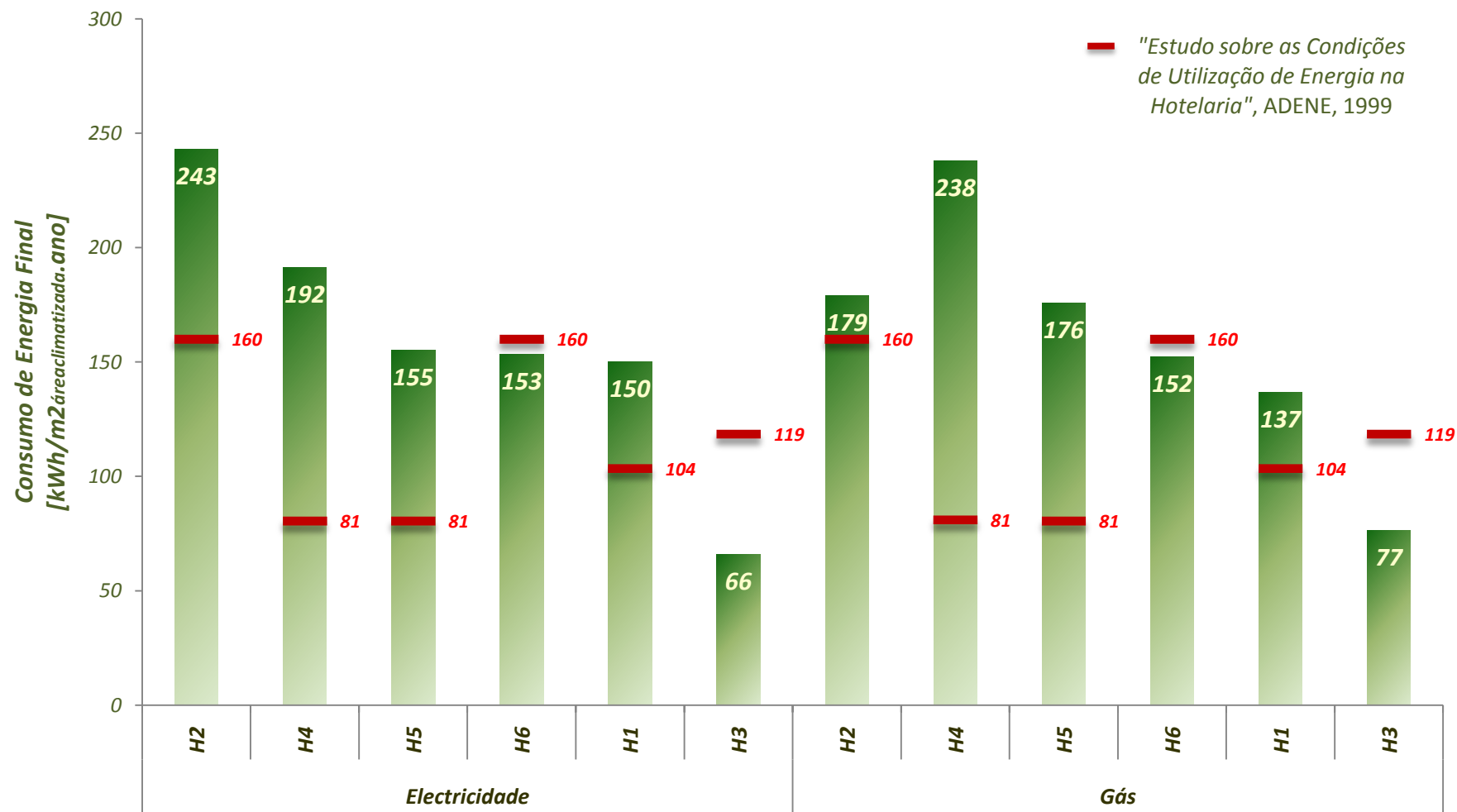
Referências

- [1] Informação mensal – Sistema Electroprodutor, Dezembro 2007. Disponível em www.ren.pt
- [2] Sustainable Development Indicators – Energy intensity of the economy. Disponível em <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- [3] Motiva; *“International Review of Review of ESCO-activities”*; Julho 2005
- [4] Commonwealth of Massachusetts; *“Energy Manangement Services Manual”*
- [5] NAESCO. Disponível em <http://www.naesco.org>
- [6] The Australasian Energy Performance Contracting Association for the Energy Efficiency Best Program in the Australian Department of Industry Science and Resources; *“A Best Practice Guide to Energy Performance Contracts”*, Australia 2000
- [7] Carlson, Steve; Goldner, Fredric; Landsberg, Dennis R.; Lord, Mychele R.; *“Energy Efficiency Guide for Existing Commercial Buildings”*; 2009
- [8] Studebaker, John M., Ph.D.; *“Energy Services company handbook”*; 2001
- [9] California Energy Comission; *“How to hire an Energy Services Company”*; Janeiro 2000
- [10] Bertoldi, Paolo; Boza-Kiss, Benigna; Rezessy, Silvia; *“Latest Development of Energy Service Companies across Europe”*, 2007
- [11] CIBSE; *“Energy Efficiency in Buildings, Guide F”*; 2004
- [12] Agência de Energia. Disponível em www.adene.pt
- [13] Plano de Acção para a Eficiência Energética (2007-2012). Disponível em <http://europa.eu>
- [14] Resolução do Concelho de Ministros 80/2008, publicada a 20 de Maio de 2008
- [15] International Energy Agency. CO2 Emissions from Fuel Combustion 2009 – Highlights. http://www.iea.org/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2143
- [16] Energy Information Administration. World projects plus (2008). <http://www.eia.gov/oiaf/ieo/pdf/highlights.pdf>
- [17] Directiva Europeia 2006/32/CE
- [18] IPMVP; *“Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings, volume I”*; Março 2002

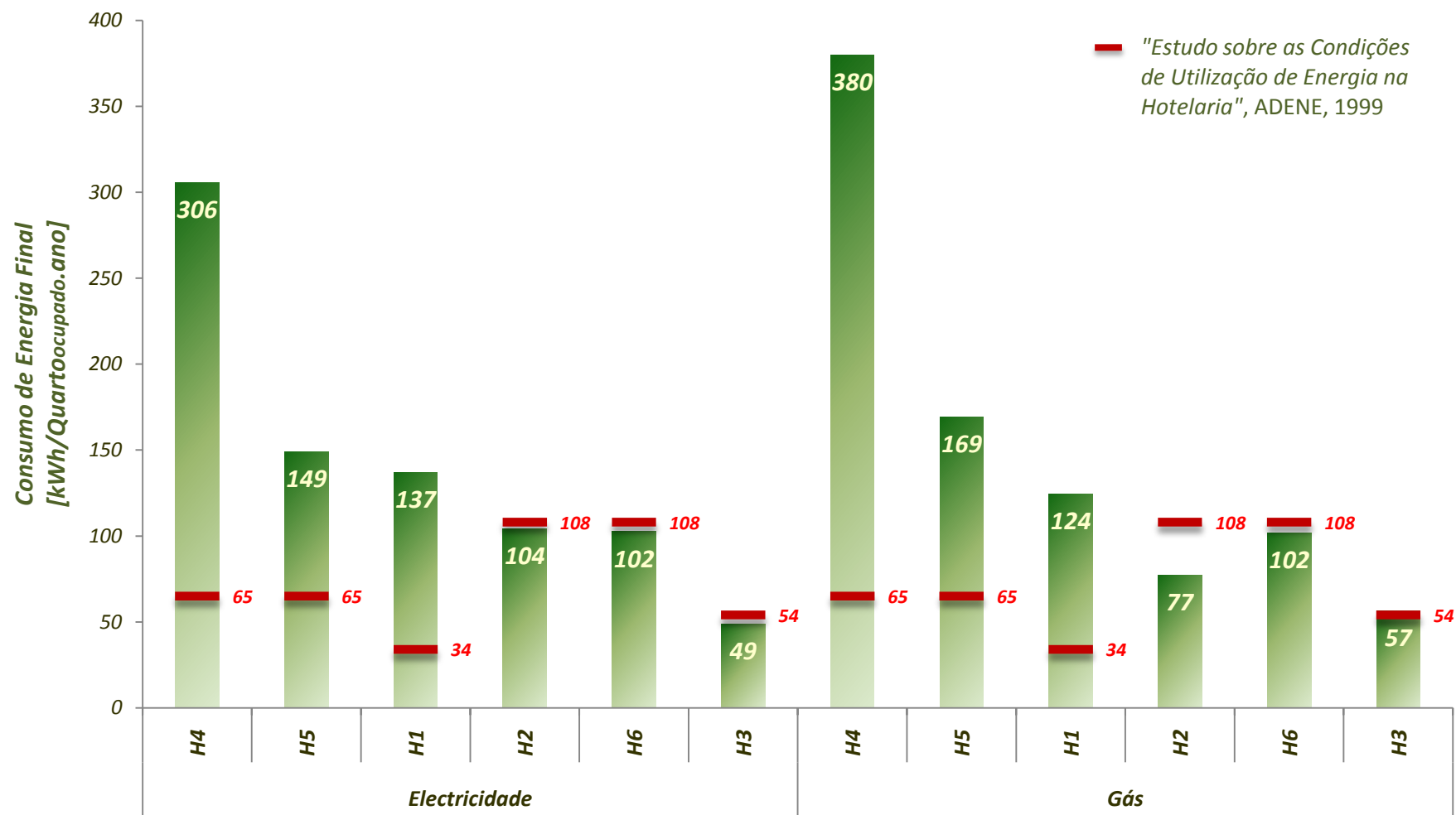
- [19] ADENE; “*Condições de Utilização de Energia e de Segurança dos Principais Equipamentos Energéticos na Hotelaria*”; Março de 1999
- [20] “*Benchmarking of Energy Use in Office Buildings in Belgium*”
- [21] Decreto-lei Nº 79/2006, publicado a 4 de Abril de 2006
- [22] Carlos Pinho; “*Sebenta de Gestão de Energia Térmica*”; Junho de 2009
- [23] Comissão Europeia; “*Rational Use of Energy in the Hotel Sector*”; Março de 1995
- [24] Direcção Geral de Energia – Ministério da Economia; “*Eficiência Energética nos Edifícios*”; Fevereiro de 2002
- [25] ASHRAE, Guideline 14; “*Measurement of Energy and Demand Savings*”; 2002
- [26] Efficiency Valuation Organization; “*Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings*”; Setembro 2009
- [27] ASHRAE 2005, Handbook: Fundamentals; Capítulo 32, “*Energy Estimating and Modeling Methods*”
- [28] South Carolina Energy Office; “*Guide to: Energy Performance Contract*”; Março 2006
- [29] ERSE; “*Estrutura tarifária do sector eléctrico em 2010*”; Dezembro de 2009
- [30] ERSE; “*Estrutura Geral das Tarifas de Energia Eléctrica*”; Janeiro de 2009
- [31] Efficiency Valuation Organization; “*Principios fundamentais de M&V e o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético*”
- [32] Leal, Vitor; “*Apontamentos de climatização – Balanço térmico de edifícios*”; Porto; 2009
- [33] Instituto de Meteorologia; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; “*Temperaturas Exteriores de Projecto e Número de Graus-Dias*”; Lisboa; 1995
- [34] Ferreira, João de Jesus; Ferreira, Teresa de Jesus; “*Economia e Gestão de Energia*”; Texto Editora; 1994
- [35] Edifícios Saudáveis – Consultores. Disponível em www.edificio Saudáveis.pt
- [36] EUROSTAT Pocketbooks; “*Energy, transport and environment indicators*”; 2009
- [37] Energy Information Administration. Disponível em www.eia.doe.gov
- [38] União Europeia. Disponível em http://europa.eu/index_pt.htm
- [39] Decreto-Lei n.º 140/2006 de 26 de Julho de 2006
- [40] ASHRAE. Disponível em www.ashrae.org
- [41] www.wunderground.com
- [42] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Disponível em www.erse.pt
- [43] Energy Savings Network. Disponível em www.esprojects.net
- [44] Energy Performance Contract – solution to reducing the energy invoice, and the progress factor the Romanian economy. Disponível em www.cnr-cme.ro

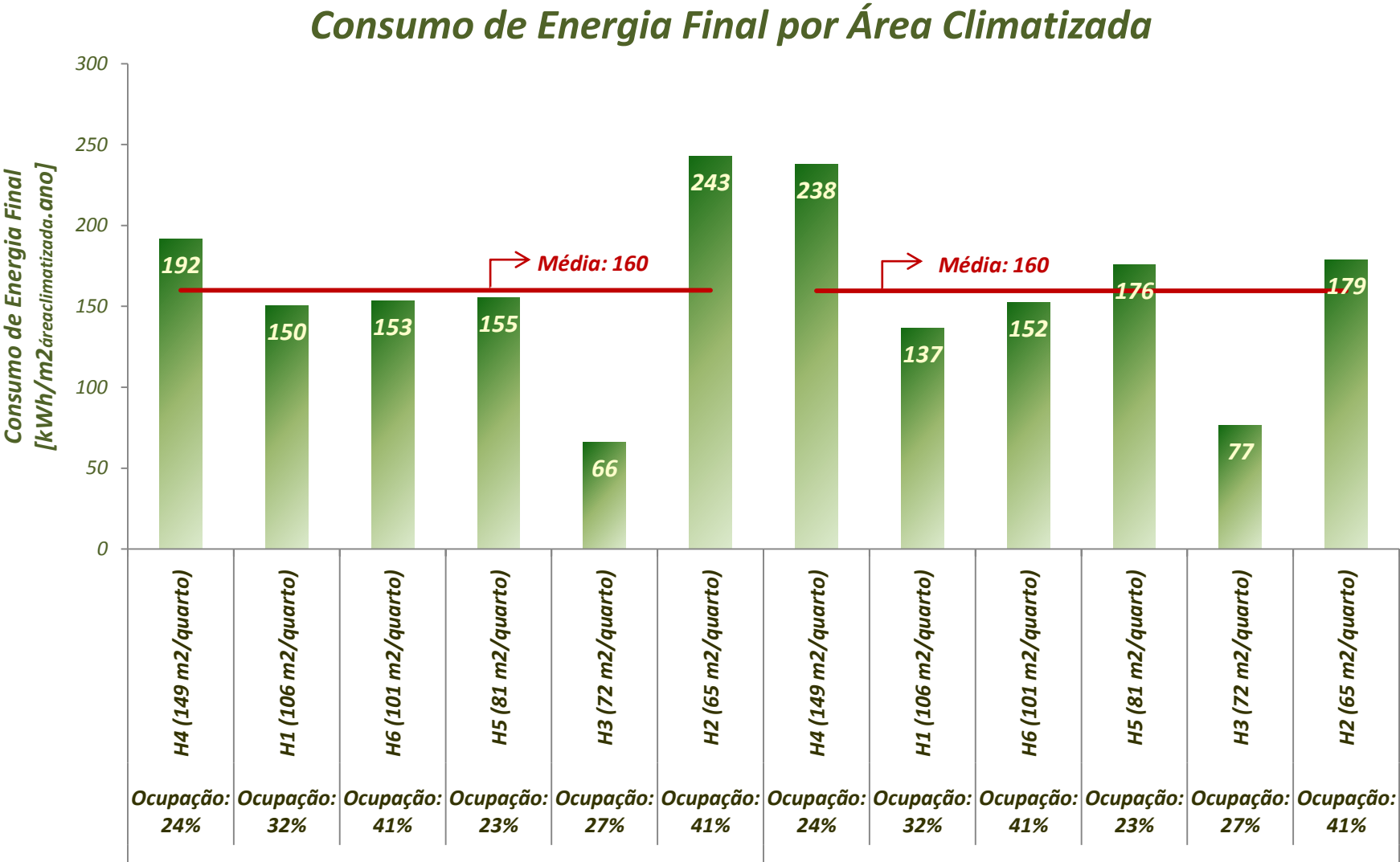
Anexos

Consumo de Energia Final por Área Climatizada

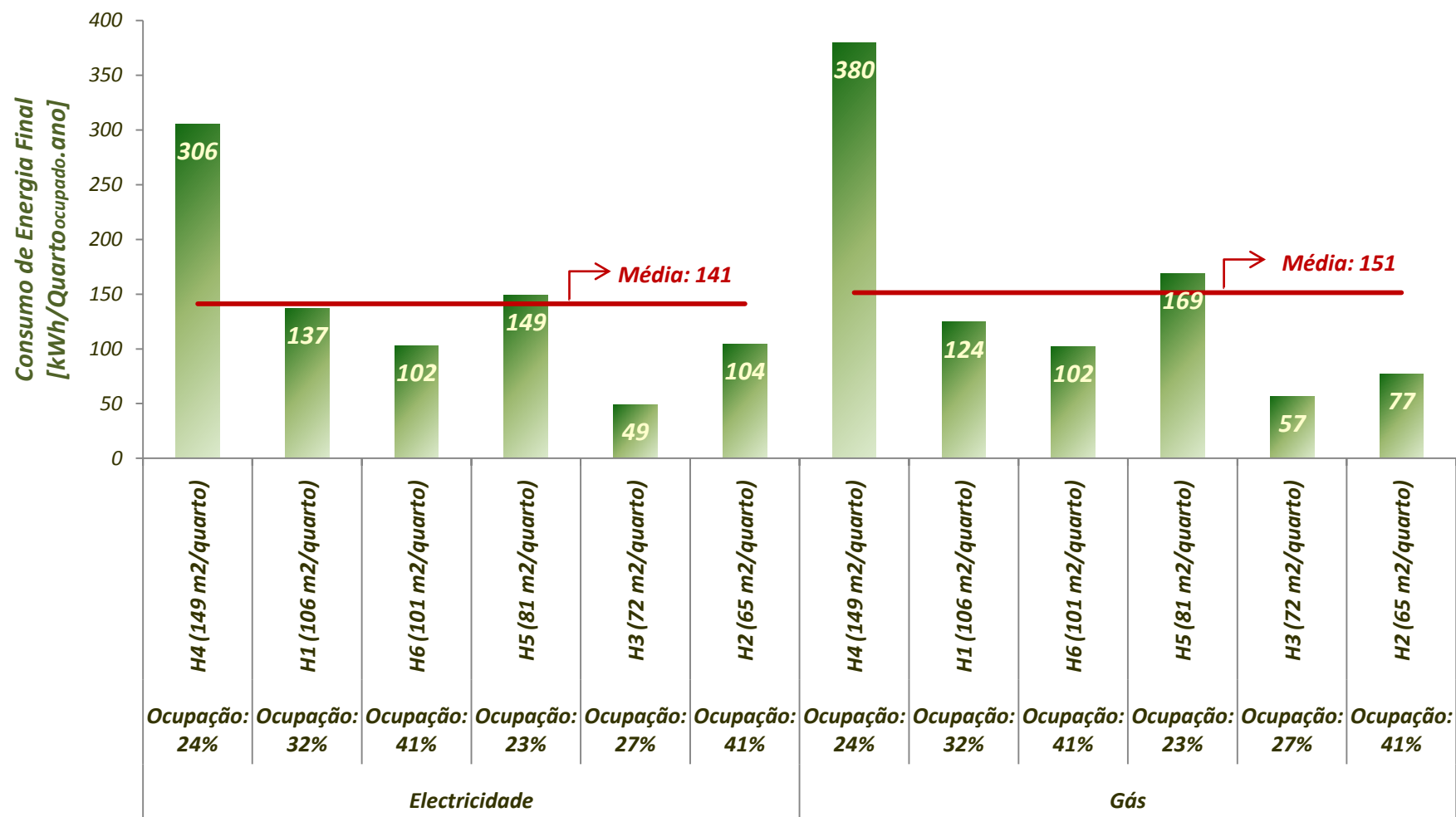


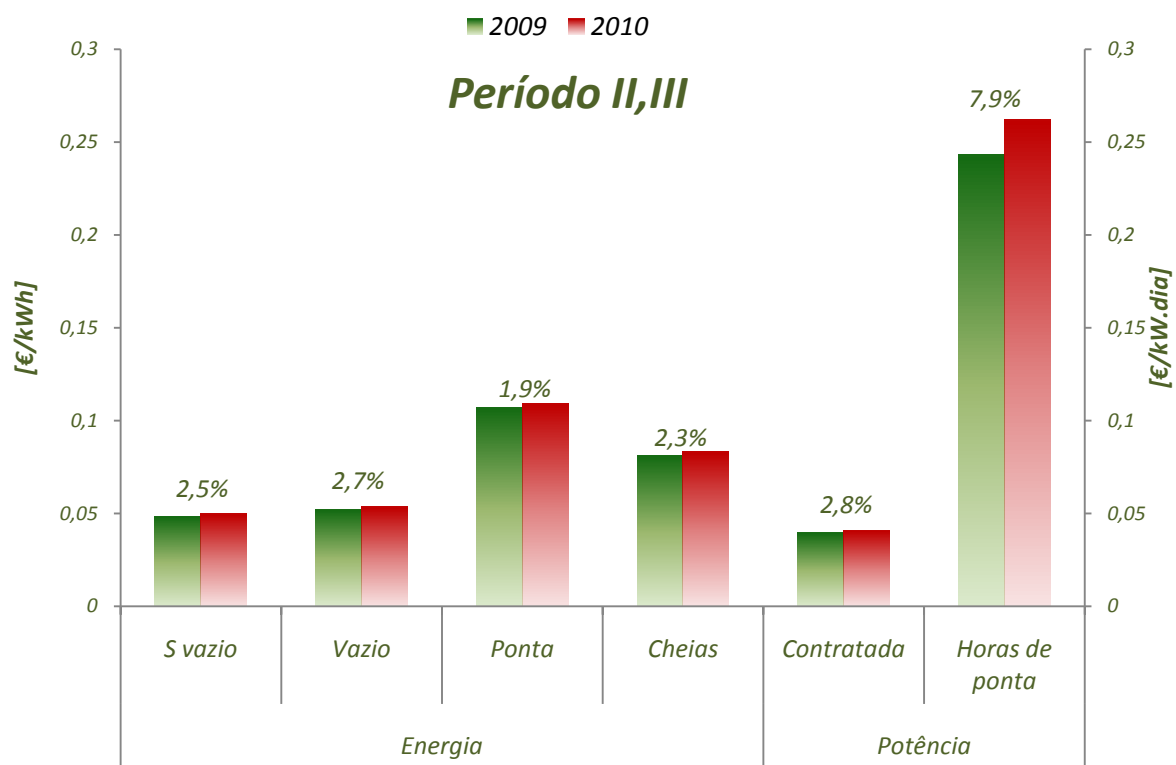
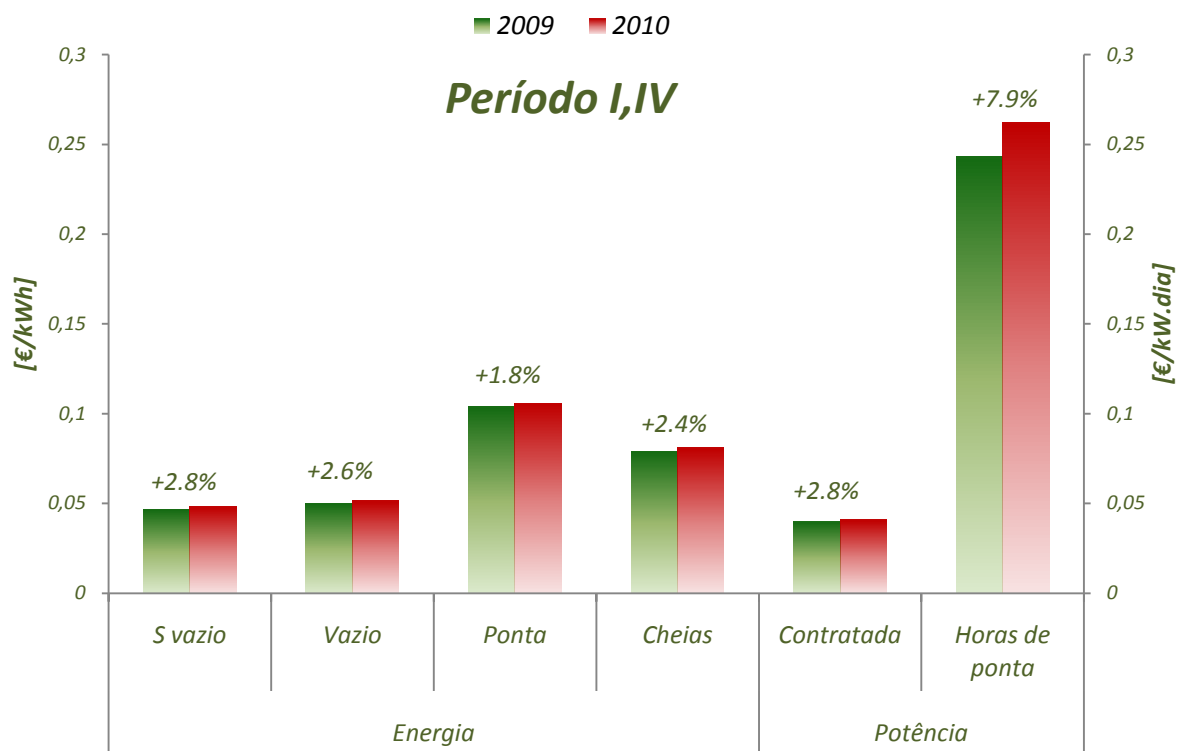
Consumo de Energia Final por Quarto Ocupado





Consumo de Energia Final por Quarto Ocupado





ANEXO F. Cálculo do Baseline para o hotel H2

	H2 Electricidade						
	Consumo			Custo		Baseline	
	2008	2009	Média	2009		Mensal	Trimestral
	[kWh]	[kWh]	[MWh]	[€]	[€/MWh]	[€]	[€]
JAN	491126	455316	473	39078	85.8	40615	122388
FEV	478308	410038	444	35448	86.5	38399	
MAR	517400	489119	503	42155	86.2	43374	
ABR	517862	456982	487	39413	86.2	42038	140827
MAI	555293	574144	565	48485	84.4	47689	
JUN	608835	593098	601	50431	85.0	51100	
JUL	568434	608323	588	52528	86.3	50805	148895
AGO	528032	579488	554	49069	84.7	46891	
SET	578692	612671	596	52659	86.0	51199	
OUT	588875	605372	597	50285	83.1	49600	131585
NOV	477133	507056	492	42909	84.6	41643	
DEZ	480645	486922	484	40603	83.4	40342	
PPH Electricidade: Tarifa de energia de referência (2009)				85.1		543 695 €	

	H2 Gás						
	Consumo			Custo		Baseline	
	2008	2009	Média	2009		Mensal	Trimestral
	[kWh]	[kWh]	[MWh]	[€]	[€/MWh]	[€]	[€]
JAN	203320	495094	349	17706	35.8	12489	56077
FEV	1170895	446754	809	16594	37.1	30042	
MAR	371735	389483	381	13862	35.6	13546	
ABR	519015	441706	480	13581	30.7	14769	33491
MAI	355041	345297	350	10974	31.8	11129	
JUN	231140	225732	228	7502	33.2	7592	
JUL	349935	237287	294	7419	31.3	9179	23472
AGO	254733	220273	238	5571	25.3	6007	
SET	283598	240377	262	7602	31.6	8285	
OUT	343250	260480	302	8140	31.2	9433	36859
NOV	434626	370534	403	11046	29.8	12001	
DEZ	560301	502578	531	14587	29.0	15425	
PPH Gás Natural: Tarifa de energia de referência (2009)				29.1		149 898 €	

ANEXO G. Desagregação dos consumos de electricidade e de gás para o hotel H2

H2 Electricidade																
2008									2009							
	Energia (kWh)					Termo fixo	Potência (kW)		Energia (kWh)					Termo fixo	Potência (kW)	
	S vazio	Vazio	Ponta	Cheias	Total		Contratada	Horas ponta	S vazio	Vazio	Ponta	Cheias	Total		Contratada	Horas ponta
JAN	64 288	136 314	82 170	208 354	491 126	48.2	1 280	747	59 741	130 860	73 460	191 255	455 316	43.57	1 340	700
FEV	62 098	126 564	81 276	208 370	478 308	48.2	1 280	747	51 300	111 934	68 792	178 012	410 038	39.35	1 340	688
MAR	68 846	163 518	76 755	208 281	517 400	48.2	1 280	783	61 559	133 743	79 674	214 143	489 119	43.57	1 340	752
ABR	67 343	146 336	51 058	253 125	517 862	48.2	1 280	810	59 454	132 956	45 410	219 162	456 982	42.16	1 340	721
MAI	72 622	172 696	50 623	259 352	555 293	48.2	1 280	844	73 728	181 579	51 535	267 302	574 144	43.57	1 340	859
JUN	77 188	185 367	57 742	288 538	608 835	48.2	1 340	962	75 220	180 138	56 696	281 044	593 098	42.16	1 267	945
JUL	73 882	177 132	52 396	265 025	568 434	48.2	1 340	873	78 335	155 778	63 580	310 630	608 323	43.57	1 238	921
AGO	70 575	168 897	47 049	241 511	528 032	48.2	1 340	784	75 248	176 953	54 958	272 329	579 488	43.57	1 238	872
SET	75 752	150 027	59 001	293 912	578 692	48.2	1 340	894	80 886	157 470	62 701	311 614	612 671	42.16	1 238	950
OUT	76 165	150 270	69 059	293 381	588 875	48.2	1 340	874	80 802	175 748	66 700	282 122	605 372	43.57	1 238	914
NOV	61 814	148 485	74 642	192 192	477 133	48.2	1 340	746	69 862	144 365	81 983	210 846	507 056	42.16	1 238	781
DEZ	64 682	154 772	72 988	188 203	480 645	48.2	1 340	730	66 616	158 835	72 670	188 801	486 922	43.57	1 238	727

	H2 Gás					
	Consumo 2008			Consumo 2009		
	m^3	MWh		m^3	MWh	
JAN	17190	203	1746	41858	495	1331
FEV	98994	1171		37771	447	
MAR	31429	372		32929	389	
ABR	43880	519	1105	37344	442	1013
MAI	30017	355		29193	345	
JUN	19542	231		19085	226	
JUL	29586	350	888	20062	237	698
AGO	21537	255		18623	220	
SET	23977	284		20323	240	
OUT	29020	343	1338	22022	260	1134
NOV	36746	435		31327	371	
DEZ	47371	560		42491	503	

ANEXO H. Folha de cálculo do ajuste ao Baseline devido à actualização da tarifa de electricidade

CÁLCULO DO AJUSTE AO BASELINE DEVIDO À ACTUALIZAÇÃO TARIFÁRIA								
1. Energia								
	Consumo médio de energia - período de referência (2008-2009) [kWh]				Custo (tarifa 2010) [€]			
Tarifa 2010	S vazio	Vazio	Ponta	Cheias	S vazio	Vazio	Ponta	Cheias
Tarifa I, IV [€/kWh]	0.0481	0.0514	0.1058	0.0810				
Tarifa II, III [€/kWh]	0.0497	0.0535	0.1092	0.0833				
JAN	62 015	133 587	77 815	199 805	2 983	6 866	8 233	16 184
FEV	56 699	119 249	75 034	193 191	2 727	6 129	7 939	15 648
MAR	65 203	148 631	78 215	211 212	3 136	7 640	8 275	17 108
ABR	63 399	139 646	48 234	236 144	3 151	7 471	5 267	19 671
MAI	73 175	177 138	51 079	263 327	3 637	9 477	5 578	21 935
JUN	76 204	182 753	57 219	284 791	3 787	9 777	6 248	23 723
JUL	76 108	166 455	57 988	287 827	3 783	8 905	6 332	23 976
AGO	72 912	172 925	51 004	256 920	3 624	9 251	5 570	21 401
SET	78 319	153 749	60 851	302 763	3 892	8 226	6 645	25 220
OUT	78 484	163 009	67 880	287 752	3 775	8 379	7 182	23 308
NOV	65 838	146 425	78 313	201 519	3 167	7 526	8 285	16 323
DEZ	65 649	156 804	72 829	188 502	3 158	8 060	7 705	15 269
Total					40 820	97 708	83 259	239 767
2. Potência								
Dias		Potência contratada			Potência horas ponta			
		Tarifa 2010 (€/kW)	(Dezembro 2009) [kW]	Custo (tarifa 2010) [€]	Tarifa 2010 [€/kW]	(Média 2008-2009) [kW]	Custo [€]	
JAN	31	0.0408	1 238	1 566	0.2624	723	5 884	
FEV	28		1 238	1 414		717	5 272	
MAR	31		1 238	1 566		767	6 243	
ABR	30		1 238	1 515		766	6 027	
MAI	31		1 238	1 566		851	6 925	
JUN	30		1 238	1 515		954	7 507	
JUL	31		1 238	1 566		897	7 299	
AGO	31		1 238	1 566		828	6 737	
SET	30		1 238	1 515		922	7 258	
OUT	31		1 238	1 566		894	7 272	
NOV	30		1 238	1 515		764	6 011	
DEZ	31		1 238	1 566		728	5 924	
Total			18 436 €		Total 78 358 €			
3. Termo Fixo								
Termo fixo								
Dias	Tarifa [€/dia]	Custo [€]						
365	1.4042	513						
Total		513 €						
4. TOTAIS								
Energia	461 553 €							
Potência contratada	18 436 €							
Potência horas de ponta	78 358 €							
Termo fixo	513 €							
TOTAL (Baseline 2010)	558 860 €							
Baseline referência	543 695 €							
Baseline 2010	558 860 €							
Δ	15 165 €							
	2.79%							

ANEXO I. Folha de cálculo do ajuste ao Baseline devido à actualização da tarifa de gás

CÁLCULO DO AJUSTE AO BASELINE DEVIDO À ACTUALIZAÇÃO TARIFÁRIA						
1. Energia						
		Consumo médio - período de referência (2008-2009) [MWh]		Tarifa 2010 [€/kWh]	Custo (tarifas 2010) [€]	
JAN	Trimestre I	349	1539	0.027587	9 634	
FEV		809			22 313	
MAR		381			10 500	
ABR	Trimestre II	480	1059	0.028813	13 841	
MAI		350			10 089	
JUN		228			6 582	
JUL	Trimestre III	294	793	0.035294	10 363	
AGO		238			8 382	
SET		262			9 247	
OUT	Trimestre IV	302	1236	0.035294	10 654	
NOV		403			14 209	
DEZ		531			18 757	
				Total	144 569 €	
2. Capacidade de Utilização						
Dias				Tarifa [€/(kWh/dia)/dia]	Custo (tarifas 2010) [€]	
JAN	Trimestre I	31	22058	0.000999	683	
FEV		28			617	
MAR		31			683	
ABR	Trimestre II	30		0.000999	661	
MAI		31			683	
JUN		30			661	
JUL	Trimestre III	31		0.001566	1 071	
AGO		31			1 071	
SET		30			1 036	
OUT	Trimestre IV	31		0.001566	1 071	
NOV		30			1 036	
DEZ		31			1 071	
				Total	10 344 €	
3. Termo Fixo						
Dias		Tarifa 2010 [€/dia]	Custo (tarifa 2010) [€]			
Trimestre I	90	2.65960	239.4			
Trimestre II	91	2.65960	242.0			
Trimestre III	92	3.74210	344.3			
Trimestre IV	92	3.74210	344.3			
		Total	1 170 €			
4. TOTAIS						
Energia	144 569 €					
C. Utilização	10 344 €					
Termo fixo	1 170 €					
TOTAL (Baseline 2010)	156 084 €					
Baseline referência	149 898 €					
Baseline 2010	156 084 €					
Δ	6 186 €					
	4.13%					

ANEXO J. Tabela dos valores de t

Número de leituras (Tamanho da amostra)	Intervalo de confiança				Número de leituras (Tamanho amostra)	Intervalo de confiança			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
2	12,71	6,31	3,08	1,00	17	2,12	1,75	1,34	0,69
3	4,30	2,92	1,89	0,82	18	2,11	1,74	1,33	0,69
4	3,18	2,35	1,64	0,76	19	2,10	1,73	1,33	0,69
5	2,78	2,13	1,53	0,74	20	2,09	1,73	1,33	0,69
6	2,57	2,02	1,48	0,73	21	2,09	1,72	1,33	0,69
7	2,45	1,94	1,44	0,72	22	2,08	1,72	1,32	0,69
8	2,36	1,89	1,41	0,71	23	2,07	1,72	1,32	0,69
9	2,31	1,86	1,40	0,71	24	2,07	1,71	1,32	0,69
10	2,26	1,83	1,38	0,70	25	2,06	1,71	1,32	0,68
11	2,23	1,81	1,37	0,70	26	2,06	1,71	1,32	0,68
12	2,20	1,80	1,36	0,70	27	2,06	1,71	1,31	0,68
13	2,18	1,78	1,36	0,70	28	2,05	1,70	1,31	0,68
14	2,16	1,77	1,35	0,69	29	2,05	1,70	1,31	0,68
15	2,14	1,76	1,35	0,69	30	2,05	1,70	1,31	0,68
16	2,13	1,75	1,34	0,69	?	1,96	1,64	1,28	0,67

ANEXO K. Dados de consumo de energia, climáticos e do nível de ocupação do hotel H2

		Electricidade H2 [MWh]						Gás H2 [MWh]		CDD (19°C)	HDD (18°C)	Nº Quartos 251 Ocupação	
		Dias	S vazio	Vazio	Ponta	Cheias	Total					Quartos ocupados	[%]
2008	JAN	31	64	136	82	208	491	203	0	192		2214	28%
	FEV	28	62	127	81	208	478	1171	5	121		2455	35%
	MAR	31	69	164	77	208	517	372	0	200		3269	42%
	ABR	30	67	146	51	253	518	519	21	118		2888	38%
	MAI	31	73	173	51	259	555	355	3	110		4858	62%
	JUN	30	77	185	58	289	609	231	41	41		3672	49%
	JUL	31	74	177	52	265	568	350	55	29		2228	29%
	AGO	31	71	169	47	242	528	255	39	35		1587	20%
	SET	30	76	150	59	294	579	284	42	37		5041	67%
	OUT	31	76	150	69	293	589	343	18	104		4735	61%
	NOV	30	62	148	75	192	477	435	1	210		2433	32%
	DEZ	31	65	155	73	188	481	560	1	243		2581	33%
2009	JAN	31	60	131	74	191	456	495	0	263			
	FEV	28	51	112	69	178	410	447	2	200			
	MAR	31	62	134	80	214	489	389	18	149			
	ABR	30	59	133	45	219	457	442	2	179			
	MAI	31	74	182	52	267	574	345	40	80			
	JUN	30	75	180	57	281	593	226	42	26			
	JUL	31	78	156	64	311	608	237	31	31			
	AGO	31	75	177	55	272	579	220	73	23			
	SET	30	81	157	63	312	613	240	66	33			
	OUT	31	81	176	67	282	605	260	44	34			
	NOV	30	70	144	82	211	507	371	0	117			
	DEZ	31	67	159	73	189	487	503	0	214			

ANEXO L. Tabelas dos resultados das regressões efectuadas para o consumo de gás no hotel H2

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.88199629
Quadrado de R	0.77791746
Quadrado de R ajustado	0.76681333
Erro-padrão	51.1663460
CV(RMSE)	0.14292275
Observações	22

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	229.3867134	18.85762155	12.16413813	1.06899E-10	190.0504043	268.7230225
HDD	1.143966328	0.136674879	8.36998238	5.75701E-08	0.858867527	1.429065129

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.261439221
Quadrado de R	0.068350466
Quadrado de R ajustado	-0.048105725
Erro-padrão	110.0384066
CV(RMSE)	0.297401099
Observações	10

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	447.406837	106.446976	4.203095794	0.002983868	201.9396704	692.8740036
Ocupação	-177.6305633	231.861288	-0.766107032	0.465614235	-712.3036517	357.0425252

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.776682715
Quadrado de R	0.603236039
Quadrado de R ajustado	0.489874908
Erro-padrão	76.76797583
CV(RMSE)	0.207481016
Observações	10

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	299.1242629	88.57141111	3.377210086	0.011803547	89.68615625	508.5623695
HDD	0.992324749	0.323028224	3.071944418	0.018018188	0.228484377	1.75616512
Ocupação	-93.62574669	164.0525398	-0.570705865	0.586044507	-481.5483607	294.2968673

ANEXO M. Tabelas de resultados das regressões lineares efectuadas para o consumo de electricidade no hotel H2

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.776874911
Quadrado de R	0.603534627
Quadrado de R ajustado	0.585513473
Erro-padrão	37.9748002
CV(RMSE)	0.071381203
Observações	24

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	487.9562282	10.87410928	44.87321359	3.97171E-23	465.404706	510.5077505
CDD	1.947071733	0.336451251	5.78708425	8.02565E-06	1.249314549	2.644828917

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.622560369
Quadrado de R	0.387581413
Quadrado de R ajustado	0.326339554
Erro-padrão	38.18986192
CV(RMSE)	0.071650773
Observações	12

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	452.9499155	33.5080862	13.51763013	9.46244E-08	378.2892472	527.6105839
Ocupação	192.0996353	76.36058574	2.515690961	0.030612586	21.95764818	362.2416224

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0.91621073
Quadrado de R	0.839442102
Quadrado de R ajustado	0.803762569
Erro-padrão	20.61192194
CV(RMSE)	0.038671523
Observações	12

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro-padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor P</i>	<i>95% inferior</i>	<i>95% superior</i>
Interceptar	427.6055761	18.77310163	22.77756678	2.87571E-09	385.1378698	470.0732823
CDD	1.54172099	0.306336036	5.032777116	0.000706692	0.848740734	2.234701246
Ocupação	183.1914525	41.2515067	4.440842702	0.001621518	89.87406132	276.5088437

