

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Medidas de Eficiência Energética nas Instalações da Rodonorte Transportes Portugueses, S.A.

de

João Pedro Polónia da Silva Carvalho

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizada na

Rodonorte - Transportes Portugueses, S.A.



Orientador na FEUP: Prof. Fernando Gomes Martins

Orientador na Rodonorte - Transportes Portuguese, S.A.: Eng.º José Santos

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Engenharia Química

Setembro de 2015

Agradecimentos

A realização deste projeto foi possível devido à ajuda e suporte de várias pessoas e entidades, às quais gostaria de manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço à GALP Energia, que me proporcionou a possibilidade de realizar este estágio ao abrigo do Projeto GALP 20-20-20, contribuindo para o enriquecimento da minha formação académica e pessoal.

Agradeço à Rodonorte-Transportes Portugueses, S.A. e aos seus colaboradores por me terem recebido e integrado na equipa de trabalho. Um agradecimento especial é devido ao Dr. Jorge Santos, ao Eng.º José Santos, ao Dr. Mário Barata e ao Eng.º Luís Catarino por todo o apoio e disponibilidade demonstrada.

Agradeço muito em particular ao meu orientador, Professor Fernando Martins, por toda a confiança, pelo apoio, pelas aprendizagens que me proporcionou, e pela exigência científica que sempre colocou na sua orientação e que em muito contribuiu para a minha formação académica.

Um fortíssimo agradecimento ao meu Pai e a toda a minha Família, em especial à minha Mãe e à Avó Rute, pelo infinito apoio e insubstituível afeto, que tanto têm contribuído para alcançar os meus objetivos. Lembro com saudade o avô José, ausente, que sempre reconheci como modelo a seguir.

Ao Winfried, agradeço a cumplicidade e a confiança.

Finalmente, quero agradecer a todos os meus amigos pelos momentos vividos em conjunto, pela amizade e entreaajuda, que espero que permaneçam no futuro.

Resumo

A eficiência energética é alvo de políticas prioritárias das Nações Unidas, União Europeia e do Governo Português. Estão em curso campanhas de sensibilização de empresas e dos cidadãos no mesmo sentido. Os consumos energéticos e os custos da energia são apontados como um dos fatores cruciais para a competitividade das empresas, em particular as de elevada intensidade energética, como é o caso das empresas do sector dos Transportes. Esta é uma área de intervenção fundamental, não apenas por questões de preservação de recursos energéticos, mas também por questões de gestão empresarial.

Através de um estágio na empresa Rodonorte Transportes Portugueses, SA, no âmbito do projeto GALP 20-20-20, o trabalho desenvolveu um estudo do consumo de eletricidade na empresa, nas suas diversas instalações, e sugeriu medidas de eficiência energética nesse complexo empresarial da área dos transportes rodoviários, com particular destaque para o Centro Operacional de Vila Real (sede da empresa).

O diagnóstico foi realizado, através de: 1. levantamento de dados relativos ao consumo de eletricidade nos anos 2013 e 2014; 2. levantamento das características do edificado; 3. caracterização técnica dos equipamentos utilizados e; 4. caracterização dos seus usos.

Analizados os consumos, verificou-se que entre 43% e 45% da energia elétrica consumida era requerida pela climatização dos espaços, área em que se revelou fundamental propor medidas de eficiência energética. Nesse sentido recorreu-se a simulações através da aplicação EnergyPlus. Considerando a taxa interna de retorno e o índice de rentabilidade, verificou-se que as medidas de implementação mais imediata apresentam efeitos de impacto reduzido na estrutura de custos e as mais estruturantes apresentam períodos de retorno muito elevados. Medidas a custo zero e de aplicabilidade dentro de um período máximo de retorno considerado razoável (inferior a 5 anos) foram apresentadas como as mais viáveis e pertinentes. Entre as medidas propostas estão a adequação da potência contratada, com poupança anual de 90€ a custo zero; o término de contratos sem consumo, com poupança anual de 100€ a custo zero; a eliminação de perdas de ar comprimido com poupança anual de 460€ (4 770 kWh); a correção do Fator de Potência com poupança anual de 800€, com período de retorno de 1 ano; a substituição de iluminação por LED, com poupanças anuais de 930€ (6 500 kWh) com período de retorno de 3,2 anos e a instalação de um permutador de calor na saída de ar com poupanças anuais de 1 000€ (7 350kWh) com período de retorno de 1,9 anos.

O projeto identificou ainda outras variáveis, condicionantes e fatores, a estudar com mais pormenor técnico no futuro, suscetíveis de apontar medidas com retornos atrativos a médio prazo.

Palavras Chave: Eficiência energética; Transportes Rodoviários; EnergyPlus; Indicadores de eficiência energética.

Abstract

Energy efficiency is the target of priority policies of the United Nations, European Union and the Portuguese Government. Awareness campaigns aimed at businesses companies and citizens are driving in the same direction. Energy consumption and energy costs are mentioned as one of the crucial factors for the competitiveness of enterprises, particularly those of energy-intensive uses, as in the case of the transport sector. This is a key area of concern, not only for preservation of energy resource aims, but also for reasons of business efficiency management.

Based on an internship at the Rodonorte Transportes Portugueses, SA, and as part of the GALP 20-20-20 project, the present work submits a study of the company's electricity consumption in its several facilities, and a proposal of energy efficiency measures, with particular reference to the operational center at Vila Real, the headquarters of the Company.

Diagnosis included: 1. a survey on electricity consumption during 2013 and 2014; 2. a survey of the characteristics of the building; 3. technical characteristics of the equipment; 4. characterization of its uses.

It turned out that between 43% and 45% of the electricity consumed was required by the acclimatization of spaces, for which energy efficiency measures were proposed and their impact simulated. For this purpose was used the Energyplus application, developed by the US Department of Energy. Having in consideration the internal rate of return and the profitability index, it became clear that the measures with immediate effect could only have a limited impact upon the company's cost structure. More thorough measures would only result in long-term return profits. Zero cost measures of immediate or within a reasonable payback time (less than 5 years), were presented as pertinent.

Among the proposed measures are the suitability of the contracted capacity, with annual savings of € 90 at no cost; termination of contracts without consumption, with annual savings of € 100 at no cost; the elimination of compressed air losses with annual savings of € 460 (4770 kWh); the correction the power factor with annual savings of € 800, with a return period of 1 year; the replacement of LED lighting, with annual savings of € 930 (6500 kWh) with payback period of 3.2 years and the installation of a heat exchanger in the exit air with annual savings of € 1,000 (7 350kWh) with payback period of 1.9 years.

The project also identified other variables, constraints and factors, to study with more technical detail in the future, likely to identify potential measures with attractive medium-term returns.

Keywords: Energy efficiency; Road Transport; EnergyPlus; Energy efficiency indicators.

Declaração

Declaro, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Porto, 04-09-2015

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projeto	1
1.2	Contributos do trabalho	4
2	Estado da Arte e Metodologia.....	7
2.1	Eficiência Energética - Metas, Políticas e Programas	7
2.1.1	União Europeia: estratégias para uma energia competitiva, sustentável e segura	7
2.1.2	Portugal.....	10
2.2	Metodologia	14
2.3	EnergyPlus e OpenStudio	16
3	Caracterização dos Edifícios e Equipamentos	23
3.1	Caracterização dos Edifícios	23
3.1.1	Centro Operacional de Vila Real	23
3.2	Caracterização dos Equipamentos	27
3.2.1	CO Vila Real e Bilheteira Vila Real.....	27
3.2.2	CO Lixa.....	29
3.2.3	Bilheteira Porto	30
4	Resultados.....	31
4.1	Análise de Faturas	31
4.1.1	Potência Contratada.....	31
4.1.2	Energia Ativa.....	32
4.1.3	Energia Reativa	38
4.2	Distribuição de Energia por Uso Final.....	41
4.3	Ar comprimido.....	43
4.4	Indicadores de Eficiência Energética.....	45
4.4.1	IEE energia elétrica por passageiro transportado	45
4.4.2	IEE energia elétrica por receita faturada.....	46
4.4.3	IEE Energia elétrica por dia	47

4.4.4	IEE Energia por área	48
4.5	Medidas de Eficiência Energética	50
4.5.1	Adequação da potência contratada.....	50
4.5.2	Término de contratos sem consumo	50
4.5.3	Ar Comprimido.....	50
4.5.4	Correção do Fator de Potência	51
4.5.5	Análise EnergyPlus	52
5	Conclusões	59
5.1	Síntese conclusiva	59
5.2	Cumprimento dos objetivos.....	60
5.3	Outros Trabalhos Realizados.....	60
5.4	Recomendações	63
6	Referências Bibliográficas.....	65
	Anexos	69
	Anexo I - Dados climáticos EnergyPlus.....	69
	Anexo II - Características da envolvente opaca do edifício CO Vila Real 2	79
	Anexo III- Horários de funcionamento dos equipamentos.....	80
	Anexo IV - Lista de equipamentos e respetivas potências do CO Vila Real 2.....	82
	Anexo V- Horários de tarifas de faturação da eletricidade	83
	Anexo VI - Potência faturada no CO de Vila Real 2 nos anos de 2013 e 2014	84
	Anexo VII- Tempo de funcionamento dos equipamentos.....	85

Siglas

A

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

B

BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul.

C

CO: Centro Operacional.

CO₂: Dióxido de Carbono

E

ECF: European Climate Foundation.

EQM: Erro Quadrático Médio.

ERSE: Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.

EU: União Europeia.

F

FEUP: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FP: Fator Potência.

G

GEE: Gases Efeito Estufa.

I

IEE: Indicador de Eficiência Energética.

L

LED: Light Emitting Diode.

P

PIB: Produto Interno Bruto.

PME: Pequenas e Médias Empresas.

PNAEE: Planos de Ação para a Eficiência Energética.

PNAER: Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis.

R

RCCTE: REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS.

RSECE: Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

S

SCE: Sistema Certificação Energética dos Edifícios Sistema Certificação Energética dos Edifícios.

T

tep: Tonelada equivalente de petróleo

TIR: Taxa Interna de Retorno.

V

VA: Volte-Ampere.

W

W: Watt

Wh: Watt Hora.

Índice de figuras

<i>Figura 2-1: Fluxograma da metodologia adotada.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2-2: Apresentação do menu de horários do OpenStudio.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2-3: Apresentação do menu de equipamentos e taxa de ocupação.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2-4 Apresentação do menu de espaços.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2-5: Menu de sistemas centrais de Climatização.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2-6: Menu de resultados do OpenStudio.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3-1: Localização geográfica do CO de Vila Real.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3-2: Representação do modelo desenvolvido em SketchUp.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3-3- Potência Instalada por núcleo de consumo.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3-4- Potência instalada por tipo de uso final.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 4-1: Consumos de Energia Ativa nas Bilheteiras nos anos de 2013/2014.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4-2: Consumos de Energia Ativa nos CO nos anos de 2013/2014.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4-3: Consumos de Energia Ativa nos locais de suporte nos anos de 2013/2014.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 4-4: Divisão de consumo de eletricidade em 2013 e 2014 por local.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4-5: Eletricidade ativa consumida por ciclo em Vila Real 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4-6: Energia ativa faturada no ano de 2013 e 2014 em Vila Real 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4-7: Potência Regista em Vila Real 2.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4-8: Energia Reativa Faturada em Vila Real 2 entre 2013 e 2014.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4-9: Potência Reativa Consumida no CO Vila Real 2 entre 18 março e 29 de abril de 2015.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4-10: Tangente ϕ e Escalões de tarifário no CO Vila Real 2.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4-11: Consumo de energia por uso final, em kWh, nas instalações Vila Real 1 e Vila Real 2 para o ano de 2013.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4-12: Consumo de energia por uso final, em kWh, nas instalações Vila Real 1 e Vila Real 2 para o ano de 2014.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4-13: Perda de pressão no sistema de ar comprimido devido a fugas.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4-14: IEE Energia anual por passageiro em 2013 e 2014.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4-15: IEE Energia anual por receita em 2013 e 2014.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4-16: IEE Energia anual por dia em 2013 e 2014.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 4-17: IEE Energia anual por área em 2013 e 2014.....</i>	<i>49</i>

<i>Figura 4-18: Princípio da correção do fator de potência.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4-19: Energia consumida atual e energia calculada pela simulação.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 4-20: Poupança anual de eletricidade por tipo de consumo para o Cenário 1.3.</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4-21: Poupança anual de eletricidade por tipo de consumo para o Cenário 1.5.</i>	<i>58</i>
<i>Figura A-1: Horário Iluminação Edifício de Escritório</i>	<i>80</i>
<i>Figura A-2: Horário de Equipamentos de Escritório.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura A-3: Horário de Bomba.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura A-4: Horário de Compressor/Motores Elétricos</i>	<i>81</i>
<i>Figura A-5: Horários de tarifário tri-horário [39]</i>	<i>83</i>
<i>Figura A-6: Horário do tarifário BTE [41]</i>	<i>83</i>

Índice de tabelas

<i>Tabela 3-1: Dados Bioclimáticos do CO Vila Real, [31].</i>	25
<i>Tabela 3-2: Lista de espaços e horários de iluminação e equipamento.</i>	26
<i>Tabela 3-3: Equipamento e potência instalada no CO da Lixa.</i>	29
<i>Tabela 3-4: Equipamento e potência instalada na Bilheteira Porto.</i>	30
<i>Tabela 4-1: Potências contratadas por local de consumo</i>	31
<i>Tabela 4-2: Fatores multiplicativos por escalão da energia reativa, adaptado de [36].</i>	39
<i>Tabela 4-3: Horas de Funcionamento de Equipamentos de Climatização e Motores Elétricos.</i>	42
<i>Tabela 4-4: Desvio de Energia consumida Real e simulada para o ano de 2013 e 2014 para Vila Real 1 e Vila Real 2.</i>	43
<i>Tabela 4-5: Energia e custo associado a perdas de ar comprimido [38, 39].</i>	50
<i>Tabela 4-6: Modelos EnergyPlus</i>	52
<i>Tabela 4-7: Características de materiais do isolamento térmico da envolvente opaca</i>	54
<i>Tabela 4-8: Características do permutador de calor.</i>	54
<i>Tabela 4-9: Resultados da simulação EnergyPlus</i>	56
<i>Tabela A-1: Características de materiais da envolvente opaca</i>	79
<i>Tabela A-2: Equipamentos e potência Instalada</i>	82
<i>Tabela A-3: Potências Faturadas em Vila Real 2 nos anos de 2013 e 2014.</i>	84
<i>Tabela A-4: Tempo de funcionamento de cada equipamento para os anos de 2013 e de 2014</i>	85

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

A energia é vital na sociedade contemporânea. E é também responsável por cerca de 80% das emissões totais de gases com efeito de estufa da UE [1]. A prosperidade sustentável da UE depende de uma energia segura. A sustentabilidade ambiental depende da diminuição de emissões de gases e da preservação dos recursos de energia fóssil ainda existentes. O sucesso, técnico e financeiro, de projetos empresariais depende de fontes de energia disponíveis a preços economicamente comportáveis.

A procura de energia tem vindo a aumentar em todo o mundo, e estima-se uma tendência de crescimento cada vez maior, se se considerar a ascensão de novas potências económicas (os designados BRICS - Brasil, Rússia, Índia, China, África do Sul). A maior parte dos países depende dos combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão) para responder às suas necessidades energéticas. Estes assumem uma considerável parcela da matriz energética contemporânea, e constituem uma constante preocupação, por serem poluentes e não renováveis. São também em parte responsáveis pelo aquecimento global, diretamente relacionado com a queima desses combustíveis [2] .

Na União Europeia (UE), o recurso a energias de origem fóssil, a um preço acessível e com produção centralizada constitui desde há muito em problema que requer resolução. Os níveis de dependência energética foram crescendo e em 2011 a UE-27 tinha uma dependência energética na ordem de 53%. Na EU, desde 2004, a importação de energia primária tem sido superior à produção, sendo que mais de metade da energia consumida é proveniente de países fora da UE. A dependência energética registou um aumento de cerca de 40% na década de 1980 para 53% em 2011, atingindo as mais elevadas taxas de dependência de petróleo (84,9%) e de gás natural (67%) [3].

Compreende-se pois que a eficiência energética esteja no cerne da Estratégia Europa 2020 para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo e para a transição para uma economia eficiente. A eficiência energética é vista como uma das formas mais eficazes para assegurar a estabilidade do aprovisionamento energético e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e outros poluentes.

Em Portugal, o aumento do consumo de energia final é responsável por elevadas taxas de importação, sabendo-se que a produção nacional está limitada às energias renováveis. A dependência energética de Portugal (78%) apresenta valores muito mais elevados que a média

européia, e ainda mais significativos no caso do gás natural, dos produtos petrolíferos e do carvão mineral e seus derivados. O petróleo é a principal fonte de abastecimento energética. O gás natural foi introduzido pela primeira vez em 1997. A produção de eletricidade depende em grande medida da energia hídrica, com uma significativa variação anual devido a variações de precipitação registadas. A indústria e os transportes são, em Portugal, os principais setores no consumo de energia [3].

A União Europeia fixou como objetivo para 2020 o de reduzir em 20% o seu consumo de energia primária em relação a 2005-2006, e esse objetivo foi identificado pela Comissão «Energia 2020» como etapa fundamental para a prossecução dos objetivos europeus a longo prazo em matéria de energia e clima [4]. Os efeitos combinados da plena aplicação das medidas já programadas e de outras medidas emergentes irão transformar a vida quotidiana dos cidadãos europeus e têm potencial para gerar poupanças que poderão: i) atingir os 1 000€ anuais por agregado familiar; ii) melhorar a competitividade industrial da Europa; iii) criar até 2 milhões de postos de trabalho e; iv) reduzir as emissões anuais de gases com efeito de estufa em 740 milhões de toneladas [4].

Na Europa, para além da indústria, o setor residencial e de serviços tem um papel significativo no consumo de energia elétrica. O setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 Mt de CO₂ - quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [5]. Em muitos aspetos, a eficiência energética pode ser encarada como o maior recurso energético da Europa. Há duas áreas com maior potencial de poupança de energia. Uma centra-se na conceção de novos edifícios e em intervenções nos existentes. Os planos prioritários em ação destinam-se a desencadear um processo de renovação em edifícios públicos e privados e a melhorar o desempenho energético dos componentes e equipamentos neles utilizados [4]. A segunda área é constituída pelo setor dos transportes. O setor dos transportes representa aproximadamente 10 milhões de postos de trabalho diretos na UE e cerca de 5% do produto interno bruto (PIB) [6]. A existência de sistemas de transporte eficazes é essencial para permitir às empresas europeias níveis de concorrência favoráveis na economia mundial. A logística de transporte e armazenamento, corresponde aproximadamente a 10-15% do custo de um produto acabado, no caso das empresas europeias [6]. A qualidade dos serviços de transporte tem um impacto significativo na qualidade de vida dos cidadãos. A mobilidade é crucial em termos de crescimento e criação de emprego. Uma percentagem de 13,2% do orçamento das famílias é, em média, destinada a produtos e serviços de transporte [6].

Os custos de energia conheceram um aumento muito considerável nos últimos anos. Devido ao aumento dos preços do petróleo e de outros recursos naturais, os produtos subsidiários dos combustíveis fósseis globais atingiram, em 2011, um custo de 523 mil milhões de USD, correspondente a um aumento de 30% em relação ao ano anterior [7]. Atendendo a que as atividades empresariais modernas dependem fortemente do consumo de energia (eletricidade, combustível), o impacto direto da variação do preço da energia nas organizações é muito significativo. No entanto, esses encargos não se enquadram de forma uniforme em todas as indústrias ou organizações. As empresas que são capazes de definir a sua posição de forma estratégica ganham competitividade adicional face os seus homólogos, particularmente em tempos de crise [7]. Neste domínio, as empresas do setor dos transportes encontram-se na linha da frente destas potenciais oportunidades. Desde a (re)conversão das suas frotas, com o recurso a veículos híbridos ou elétricos, a políticas de gestão de frota mais adequadas às efetivas necessidades do mercado; ao uso de plataformas intermodais ferroviárias e rodoviárias que incutam rapidez, comodidade, interconectividade e racionalidade financeira à gestão de processos de mobilidade urbana - todos são domínios suscetíveis de apelar a intervenções técnicas, situadas no âmbito da Engenharia do Ambiente.

Para que haja eficiência energética existem duas componentes que se revelam de aplicação imprescindível: a implementação de políticas governamentais (de incentivo e de penalização) que as promovam, e a consciencialização de gestores, administradores de empresas e cidadãos. O reconhecimento da importância da dimensão comportamental, e a plena adesão dos operadores no terreno às medidas de eficiência energética propostas (que passa pela sua clareza e compreensão), têm gerado campanhas de sensibilização pública. Os meios de comunicação (mídia) por um lado, e as instituições públicas por outro lado são instrumentos essenciais nesta dinâmica. Prevê-se, em Portugal e na Europa, que uma melhoria na informação prestada às pequenas e médias empresas (PME) e a adoção de medidas destinadas a introduzir auditorias energéticas e sistemas de gestão da energia possam vir a ser responsáveis por níveis de sucesso assinaláveis [4].

O próprio tecido empresarial, nomeadamente na área dos Transportes, tem dado sinais de adesão a esta onda de renovação de políticas públicas. O projeto Galp 20-20-20 ilustra esta dinâmica. O Galp 20-20-20 é um programa de cooperação universitária que tem por finalidade o desenvolvimento anual de 30 estudos, realizados por estudantes de licenciatura ou mestrados da Universidade de Aveiro, Instituto Superior Técnico e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, visando a identificação de problemas e a apresentação de soluções, no setor energético, aplicáveis a indústrias e a edifícios [8].

A presente dissertação de mestrado constitui um dos 30 projetos financiados para ser implementados em 2015, e desenvolve-se em articulação com uma das empresas selecionadas:

a Rodonorte Transportes de Portugal, SA. O objetivo estabelecido para o trabalho foi o de desenvolver um estudo do consumo de eletricidade da empresa, nas suas diversas instalações, e sugerir medidas de eficiência energética, com particular destaque para o Centro Operacional de Vila Real, sede da empresa. Nesse sentido, foi desenvolvido um estágio de seis meses em ambiente empresarial.

A Rodonorte, fundada em 1865 com o designativo de “Cabanelas”, conta com mais de cem anos de atividade nos transportes públicos de passageiros. Com a entrada de novos acionistas, em finais de 1989, é dado um novo impulso e introduzida uma dinâmica de modernidade e de inovação na prestação dos seus serviços [9]. Em Maio de 1992 é alterada a designação social da empresa para Rodonorte - Transportes Portugueses, S.A., e em Maio de 2004 a empresa foi adquirida pelos acionistas da “Santos”. A empresa tem centros operacionais em Bragança, Lixa e Vila Real, que estão dotados com Departamentos de Manutenção e Aprovisionamento [9].

Com uma frota de 133 autocarros, a empresa é atualmente concessionária de 96 carreiras regulares de passageiros, de 23 serviços expresso, servindo os distritos de Vila Real, Bragança, Viseu, Porto e Braga. Liga o Nordeste Transmontano às principais cidades do país, como Aveiro, Amarante, Braga, Bragança, Chaves, Coimbra, Guimarães, Lisboa, Mirandela, Porto, Póvoa de Varzim, Viana do Castelo, Vila Real, Covilhã, Guarda, Viseu e Lamego [9]. Transportou, em 2014, mais de 1,14 milhões de passageiros e a sua frota percorreu 10,3 milhões de km.

1.2 Contributos do trabalho

Ao apresentar-se como uma dissertação desenvolvida em ambiente empresarial, através da realização de um estágio, o relatório final que aqui se apresenta assumiu como função principal a de contribuir para o diagnóstico e para a resolução de questões tidas como importantes ou críticas para a empresa de acolhimento em termos de consumos de energia elétrica. Ao ser integrado no projeto Galp 20-20-20, o trabalho apresenta-se como uma peça de um puzzle cujo conjunto é maior do que a soma das partes.

Em concreto, os contributos deste trabalho para a empresa incidiram sobre:

1. A criação de métodos de recolha de informação, em ordem a garantir rigor e transversalidade no registo e medição dos indicadores de análise nas várias instalações da empresa. Isso foi feito através da criação de folhas de cálculo Excel, standardizadas, e de uma base de dados em Ms-Access;
2. A caracterização dos consumos de energia elétrica por tipologia, por instalação, por calendário anual; por equipamento; e por uso final;

3. O diagnóstico de problemas e a proposta de melhorias concretas, passíveis de proporcionar níveis de eficiência acrescidos, com base numa relação custo/benefício aceitável para a empresa.

Para além dos aspetos relacionadas com soluções técnicas e de otimização de consumos de energia, principais metas do estágio realizado, foram também importantes os contributos do trabalho a outros níveis. Procurou-se apresentar sugestões de melhoria na gestão da informação essencial para tomadas de decisão tendentes a uma maior eficiência energética. Do mesmo modo, e porque não há soluções técnicas sem comprometimento humano, o contacto com a equipa de trabalho - a nível das chefias, dos técnicos intermédios e com os operadores no terreno - motoristas, mecânicos, vendedores de bilhetes, pessoal administrativo, permitiu identificar comportamentos e alertar para melhorias possíveis, decorrentes de mudanças de atitude.

O trabalho procurou cumprir os objetivos que lhe foram atribuídos desde o início: propor medidas de eficiência energética a nível de consumos de eletricidade na Rodonorte SA, e todavia, transcendê-los, no momento em que se entendeu que as medidas propostas, por essenciais que fossem para a empresa, não se refletiam em ganhos consideráveis, dada a pouca expressividade dos consumos de eletricidade nos gastos totais da empresa. O ponto crítico parece encontrar-se num outro domínio: o consumo de combustíveis pela frota de transporte.

Os objetivos primários da tese foram prosseguidos com recurso aos conhecimentos teóricos disponibilizados pela formação académica na FEUP, e pelo acesso a ferramentas disponíveis na empresa ou mobilizadas para o efeito no decurso do estágio. Foi também necessária uma familiarização com literatura técnica de especialidade em ordem a tornar viável a aplicação de instrumentos metodológicos imprescindíveis à realização deste trabalho, como ocorreu com a ferramenta de simulação computacional EnergyPlus.

A tese desenvolve-se em duas partes: A Parte I integra a introdução, o estado da arte e a apresentação das metodologias seguidas para a implementação do projeto; a Parte II inclui a caracterização do objeto de análise: instalações e equipamentos da empresa; a análise de consumos de energia elétrica, e as medidas de eficiência energética passíveis de ser aplicadas. Como propostas para desenvolvimento futuro, no âmbito da eficiência energética, propõe-se uma aproximação, que ultrapassando os consumos de energia, se centra nos consumos de combustível da frota - componente que se revelou determinante na estrutura de custos da empresa. Na parte final do trabalho avança-se com a identificação de problemas, adiantam-se soluções imediatas a custo zero, e delineia-se um plano de trabalho cuja prossecução implica a inclusão do estudo de variáveis e indicadores e a aplicação de soluções técnicas que transcendem o presente trabalho, mas aqui se identificam como alavanca para futuros estudos.

2 Estado da Arte e Metodologia

2.1 Eficiência Energética - Metas, Políticas e Programas

2.1.1 União Europeia: estratégias para uma energia competitiva, sustentável e segura

As medidas de eficiência energética são reconhecidas pela UE como um meio para poupar recursos, ao mesmo tempo que contribuem para a segurança do abastecimento de energia, para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a viabilização de um fornecimento de energia sustentável, e por último, mas não menos importante, para a criação de emprego [10].

Datam de 2005 as primeiras políticas explícitas da UE relativas à promoção da eficiência energética. Nesse ano, *A Estratégia de Lisboa* [10] enuncia essa preocupação como prioritária, e centra-se em questões de eco-inovação. Não são definidas metas a atingir. Ainda em 2005, no âmbito da *Estratégia Temática do Uso Sustentável de Recursos Naturais* [10], prossegue-se a aplicação das estratégias anunciadas no *VI Plano de Ação Ambiental*. As propostas não apresentam metas específicas de poupanças energéticas. No mesmo ano, *o Relatório Verde sobre Eficiência Energética* [10] defende que a UE poderia poupar pelo menos 20% da energia consumida, de um modo sustentável, tendo em conta uma relação adequada entre custos e benefícios. Pretende-se lançar o debate acerca da sua exequibilidade.

O *Plano de Ação de Eficiência Energética* [10], apresentado em 2007 ao Conselho Europeu, é o primeiro plano oficial que estipula a meta de 20% de poupança de energia até 2020. No mesmo ano, o documento sobre Desenvolvimento Estratégico Sustentável da EU refere as metas de eficiência energética já estabelecidas nos documentos *Plano de Ação de Eficiência Energética* e *Diretiva de Serviços de Energia*, sem nada mais adicionar [10].

Em 2008 surge a *Segunda Revisão da Estratégia para a Energia*, que desenvolve aspetos relativos a *Segurança Energética na EU* e *Planos de Ação Solidários* [10]. Repete-se o objetivo de 20% de poupanças para 2010, embora se assuma que 15% de poupanças é um valor razoável. Declara-se que “As medidas de eficiência energética têm um papel crucial a desempenhar para garantir que os objetivos climáticos e energéticos estão a ser alcançados a mais baixos custos, com uma ênfase particular nos edifícios e transportes”. No mesmo ano publica-se o *Pacote de Energia e Clima*. Este pacote de medidas confirma a meta de 20% de reduções até 2020, mas nenhuma medida legal é apontada para se atingir esse objetivo.

Em Outubro de 2009, o Conselho Europeu estabelece ambições para maiores reduções de gases de efeito estufa até 2050, propondo a redução das emissões em 80-95% em 2050 comparadas com os níveis de 1990 [10].

Os maiores avanços fazem-se, porém, em 2010, com a Europa 2020 [10]. Em reunião do Conselho da Europa de março desse ano, a eficiência energética foi definida como uma das três prioridades para um crescimento sustentável baseado em fontes de energia mais verdes, numa gestão de recursos mais eficiente e numa economia mais competitiva. O objetivo da Europa de reduzir em 20% os seus consumos energéticos é considerado como crítico para o sucesso da estratégia da Europa 2020 [10].

Deste enunciado resulta o comprometimento da União Europeia, em 2006-2007, em reduzir consumos energéticos finais em 20% até 2020; e em 2009, em reduzir as suas emissões de CO₂ entre 80 e 95% até 2050. A *European Climate Foundation* (ECF) encomendou estudos a vários especialistas, para quantificar esse objetivo de modo a avaliar como poderia ser alcançado e que impactos poderia ter. O *Roteiro 2050: um guia prático para uma Europa próspera, de baixo carbono* é um documento chave nesta monitorização [11].

No primeiro relatório, os resultados mostram que a meta de redução de emissões de CO₂ em mais de 80% é uma meta técnica e economicamente viável. O estudo, realizado por alguns dos principais especialistas no campo, procedeu a uma ampla consulta aos agentes da indústria e da política, e com base nessas consultas considera que a descarbonização do sector energético é possível e constitui uma peça fundamental e decisiva para uma economia de baixo carbono na Europa [11].

A principal conclusão do Roteiro 2050 é também a de que a descarbonização do setor energético europeu não é viável sem medidas ativas de promoção de maiores níveis de eficiência energética que impliquem significativas economias de energia. O que essa análise mostra é que medidas de eficiência energética podem dar um contributo decisivo para a redução da fatura energética europeia até 2020, e assim permitir a redução nas importações de combustíveis fósseis, que acompanhariam a maior capacidade de introdução de energias renováveis no sistema. Esperava-se, da aplicação dessas medidas, não apenas redução de custos, mas também uma redução de despesas externas com combustíveis fósseis, com efeitos positivos sobre o Produto Interno Bruto (PIB) e o emprego. Com o apoio adequado, medidas de eficiência energética permitiriam à Europa desativar ou evitar a construção de mais de 440 centrais elétricas a carvão até 2050. O *Roteiro 2050* mostra também que, ao evitar as necessidades de exploração e de transporte de energia, as medidas de eficiência energética poderiam reduzir o custo da transição para a descarbonização do setor energético em cerca de 30% [11].

A União Europeia reconhece a importância da poupança de energia e por isso colocou a meta de redução dos seus consumos em 20% até 2020. Essa meta refletiria uma redução absoluta de 1800 Mtep de energia primária, em 2005, para 1600 Mtep em 2020 [11]. Todavia, existem indícios de que esta meta poderá fracassar, se não forem de imediato tomadas medidas mais pró-ativas. O relatório *Poupança de Energia 2020 como triplicar o impacto das políticas de poupança de energia na Europa* [10] procura propor novas vias para que essa meta seja atingida em 2020, e ultrapassada em 2050. O relatório faz recomendações sobre as políticas de poupança de energia necessárias para alcançar o objetivo mais amplo da descarbonização da economia europeia: um mínimo de 80% de redução de emissões até 2050.

Das conclusões apresentadas assume-se que atingir essas metas implica a conjugação de: 1. políticas públicas - europeias e nacionais eficazes, concertadas e consequentes nas suas propostas, estabelecendo metas específicas por Estados-Membros; 2. a definição de metas por utilizadores finais, sendo estes tomados como membros ativos da implementação dessas políticas e; 3. a definição de objetivos de poupança transparentes e fáceis de monitorizar e medir.

Tome-se como exemplo da pragmatização destas orientações o caso alemão, através da sua política de eficiência energética para 2010-2050. O que em concreto se propõe é que, tomando como base indicadores estatísticos sobre consumos energéticos industriais, de acordo com a classificação NACE (*Statistical classification of economic activities in the European Community*), a eficiência energética seja avaliada em função de indicadores agregados e em comparação com valores de referência média para o respetivo setor. Este programa, que se pretende aplicar e divulgar entre as PME's, permite uma verificação anual comparativa dos níveis eficiência das empresas de um mesmo setor [12].

Estas medidas, conjugadas com a aplicação de políticas fiscais de incentivo às empresas com melhores desempenhos (Ecotax) poderão vir a adquirir um valor operativo real. Tudo depende, porém, de uma eficaz implementação das medidas propostas por políticas nacionais concertadas, adaptadas às realidades de cada estado membro e com capacidade para promover a adesão dos operadores no terreno. A qualidade dos *Planos de Ação Nacionais para a Eficiência Energética* (PNAEE), elaborados pelos Estados-Membros a partir de 2008 é, porém, ainda dececionante. Embora a UE esteja, em geral, no bom caminho para atingir a meta de 20% de energias renováveis, está ainda longe de atingir os objetivos definidos para o decréscimo geral de consumo até 2020 através de medidas de eficiência energética.

As metas e prioridades devem traduzir-se em ações que passem pela exploração dos setores com maior potencial de poupança de energia (edifícios e transportes); pelo reforço da competitividade industrial, tornando a indústria mais eficiente; pelo reforço da eficiência e do aprovisionamento energético e pelo aproveitamento, ao máximo, dos *Planos de Ação Nacionais*

para a Eficiência Energética (PNAEE). Entende-se que os esforços ainda a desenvolver devem concentrar-se em toda a cadeia energética, desde a produção de energia, passando pelo transporte e pela distribuição, até ao consumo final. Deste modo, a eficiência energética depende, não apenas de questões técnicas, mas acima de tudo, de orientações tomadas em domínios políticos e cívicos, incluindo a educação e a formação, que reorientem padrões de comportamento [13].

2.1.2 Portugal

2.1.2.1 Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE de 2008)

Aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de maio, o *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética* (PNAEE) [14] estabelece como meta alcançar, até 2015, a implementação de medidas de melhoria de eficiência energética capazes de viabilizar uma poupança superior à definida pelos objetivos fixados pela Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 5 de abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e dos serviços energéticos, a qual designou a obrigação de os Estados-Membros estabelecerem metas de, pelo menos, 1% de poupança de energia por ano até 2016. A implementação do plano, em Portugal, prevê uma economia energética de cerca de 1792 milhares de toneladas equivalentes de petróleo no ano de 2015, o que corresponde a uma economia de 9,8 % face ao período de referência da Directiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 5 de abril de 2006. A poupança induzida, para Portugal, permite ultrapassar a meta definida pela União Europeia em aproximadamente 20%, com contributos de eficiência distribuídos pelos vários setores de atividade e com o Estado a liderar em termos de eficiência, com uma economia induzida de cerca de 12% (Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio).

A poupança energética das medidas constantes no PNAEE de 2008 tem como cenário de referência a média do consumo energético final nacional nos anos de 2001 a 2005, de acordo com o definido na Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu.

As medidas e programa propostos distribuem-se por quatro áreas específicas de atuação - Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado, e por três áreas transversais - Comportamentos, Fiscalidade e Incentivos e Financiamentos. A área Comportamentos propõe programas que visam promover hábitos e atitudes de consumidores energeticamente eficientes, através de campanhas de sensibilização e comunicação. A área Fiscalidade desenvolve um conjunto de medidas orientadas para o fomento à eficiência energética pela via fiscal, como sejam a criação de regimes de amortizações aceleradas para equipamentos eficientes e a

interligação do regime de benefícios em sede de IRS com o Sistema de Certificação Energética nos Edifícios e as energias renováveis. A área Incentivos e Financiamento desenvolve um conjunto de programas inovadores, como sejam a criação do *Fundo de Eficiência Energética*, o incentivo à criação de empresas de Serviços de Energia, designadas por *Energy Service Companies* (ESCO), bem como o incentivo à reabilitação urbana e à aquisição e renovação de equipamentos eletrodomésticos. (Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de maio)

2.1.2.2 Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE de 2016)

Aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril [15], surge um novo *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética*, que revoga o anterior PNAEE de 2008, que contemplava medidas até 2015. O novo plano apresenta-se como adaptado à nova situação fiscal e financeira do país, estabelecendo para Portugal novas metas para o *Horizonte 2020*, com um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico de redução de 30% no setor da Administração Pública.

O PNAEE 2016 prevê uma poupança induzida de 8,2%, próxima da meta indicativa definida pela EU de 9% de poupança de energia até 2016. Os contributos na redução dos consumos energéticos estão distribuídos pelos vários setores de atividade. O atual Plano passa a abranger seis áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas áreas agregam um total de 10 programas, com um leque de medidas de melhoria da eficiência energética que, de uma forma quantificável e monitorizável, visam alcançar os objetivos propostos.

Tendo em conta que a nova meta de poupança energética em 2016 era de cerca 1,5Mtep, verifica-se que a implementação do PNAEE de 2008 permitiu atingir, em 2013, data da resolução do Conselho de Ministros em análise, e em termos acumulados até 2010, 49% do objetivo, em média. As taxas de realização distribuem-se de forma diferenciada por setores, alcançando 74% de realização no setor dos Transportes; 42% na área de Residencial e Serviços, de que se destacam os valores relativos ao Sistema de Eficiência Energética dos Edifícios, com uma taxa de realização de 50%; 49% em Sistemas de Eficiência Energética na Indústria e apenas 9% no setor do Estado [15]. Tendo em conta as novas dimensões de intervenção propostas, o PNAEE 2016 prevê metas, por setor, que se distribuem pelos seguintes programas de melhoria da eficiência energética:

Transportes. Poupança prevista de 344 038 tep, equivalente a 23% da totalidade da meta de poupança prevista para 2016, no montante total de 1501 305 tep.

Residencial e Serviços. Poupança prevista de 634 265 tep, equivalente a 42% do total.

Indústria. Poupança prevista de 365 309 tep, equivalente a 24% do total.

Estado. Poupança estimada de 106 380 tep, correspondente a 7%.

Agricultura e Comportamentos ponderam com um peso de 30 000 tep (2%) e 21313 tep (1%), respetivamente [15].

Como se pode verificar, a área do **Residencial e Serviços** é aquela que se espera que mais venha a contribuir para a execução das metas delineadas, com 42% das poupanças totais. Trata-se de uma área muito sensível para o sucesso da implementação do PNAEE 2016, tendo-se verificado que esta área aglutinou, em 2011, cerca de 28% do consumo de energia final em Portugal, da qual 16,6% no setor Residencial e 11,4% no setor dos Serviços. O peso da componente elétrica é significativo, sobretudo nos Serviços (em 2011, mais de 73% dos consumos energéticos correspondiam a consumos elétricos), sendo também bastante elevado no setor Residencial (cerca de 43% em 2011) [15].

Especificamente para esta área, em que este projeto se integra, destacam-se, no programa *Renove Casa & Escritório*, os objetivos de fomentar a substituição de equipamentos no setor dos Serviços, de modo a tornar mais eficiente o parque de equipamentos elétricos e da iluminação, acompanhando o avanço tecnológico; a adoção de programas nacionais conducentes à promoção de iluminação eficiente, através substituição de lâmpadas de baixa eficiência energética; a substituição de janelas por janelas eficientes. Este programa prevê ainda intervenções relacionadas com a envolvente dos edifícios e tem como finalidade a reabilitação de superfícies envidraçadas, através da utilização de vidro duplo, a utilização de caixilharia com corte térmico, e a utilização de vidros eficientes (de baixa emissividade). O objetivo desta medida traduz-se na promoção da substituição de superfícies envidraçadas, até 2016, entre 750 e 800 mil m² [15].

Medidas que visam um isolamento eficiente de coberturas, pavimentos e paredes estão também previstas. Como objetivo, prevê-se a instalação, até 2016, de cerca de 3 milhões de m² de materiais isolantes eficientes no parque edificado com necessidades de reparação.

O *Calor Verde* é uma medida que pretende incentivar a aplicação de recuperadores de calor nas unidades de Alojamento e Serviços como complemento e alternativa aos meios tradicionais de aquecimento ambiente. Estima-se uma poupança de energia associada de 75% por utilização de uma fonte renovável de energia, o que representa uma redução de 0,68 tep/fogo, no caso do setor Residencial.

O *Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios* implica a aplicação do *Programa de Certificação Energética* em vigor para melhorar o desempenho energético dos edifícios, através da elevação da classe média de eficiência energética do parque edificado. O objetivo é o de

certificar, até 2020, cerca de metade dos edifícios de Serviços como classe energética B- ou superior, de acordo com o previsto pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), o que obriga a que as novas edificações ou grandes reabilitações alcancem quotas mínimas por classes eficientes (B- a A+). O valor do fator de impacto no consumo dos edifícios no âmbito do *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)* para os anos 2011-2020, é de 2,49 kgep/m². Para os edifícios de Serviços no âmbito do *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*, o valor do fator de redução do consumo por fogo foi estimado em 0,173 tep/fogo [15].

Por sua vez, a medida *RSp3m2 - Solar/Térmico*, aplicada aos Serviços, visa a instalação de 40 mil m² de coletores solares por ano, o que conduzirá a um número de cerca de 330 mil m² de coletores instalados e operacionais até 2016, e cerca de 500 mil m² até 2020. A implementação desta medida deverá resultar da aplicação de apoios específicos, nacionais e comunitários, direcionados à área da eficiência energética [15].

Na revisão integrada do PNAEE 2016 e do PNAER (*Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis*) 2020, prevê-se a integração dos dois Planos, que até agora eram tratados de forma independente, o que permite uma ação concertada, visando minimizar o investimento necessário e aumentar a competitividade nacional.

Em síntese, as questões ambientais são cada vez mais sensíveis e objeto de debate pela opinião pública. A sensibilização por parte dos governos é cada vez maior face às potenciais partes interessadas, sem as quais se percebe que nenhum programa terá sucesso. Todavia, as alterações fiscais previstas, mudando o foco da tributação da produtividade do trabalho para os recursos e os usos da energia (como ocorre, em Portugal, com a reforma fiscal ambiental), não parecem ser capazes de convencer ainda os operadores económicos no terreno. Estudos específicos deverão ser capazes de provar e convencer o tecido social e empresarial da mais-valia das medidas propostas, tendentes a uma melhor exploração de recursos e suas implicações no meio ambiente, na inovação e na competitividade e no emprego [16].

Esforços concretos têm sido feitos em Portugal. A ERSE, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos Portugueses, estabeleceu um mecanismo para promover a eficiência no consumo de eletricidade chamado PPEC, pelo qual os promotores elegíveis apresentam medidas para melhorar a eficiência do consumo de energia elétrica, que são depois selecionadas através de critérios técnicos e económicos [17].

2.2 Metodologia

Medir, monitorizar e aplicar soluções técnicas capazes de reduzir consumos de energia a nível dos utilizadores finais, operadores no setor dos Serviços de Transporte é o objetivo deste trabalho, que se situa em linha com as políticas, metas e programas até agora analisados a nível europeu e português.

Tendo em conta o específico utilizador final de energia deste trabalho, e tendo as características da Rodonorte como entidade prestadora de serviços no setor dos Transportes como referência, tomaram-se então como domínios de monitorização as características técnicas dos edifícios da empresa, bem como as características dos equipamentos e seus usos. Em consequência, as medidas de eficiência energética propostas distribuíram-se também por estas duas dimensões de análise, e basearam-se em dois procedimentos metodológicos: i) medição de consumo e; ii) simulação computacional dos efeitos esperados das medidas propostas, de modo a testar algumas hipóteses de melhoria em termos de redução de consumos.

A Figura 2-1 representa, em fluxograma, a metodologia adotada para a realização do estudo. O objetivo principal acordado pelas três entidades envolvidas, GALP, FEUP e Rodonorte foi o de colocar em prática medidas de eficiência energética que pudessem levar a poupanças nos consumos de eletricidade na Empresa. Isso implicou, em primeiro lugar, a identificação dos consumos de energia elétrica nas instalações da empresa.

Um contacto inicial com a Rodonorte foi efetuado de modo a determinar se algum histórico de informação de consumos de eletricidade estaria disponível para funcionar como uma base em que se pudessem sustentar os estudos de aplicação de medidas concretas. Perante a inexistência desse histórico, determinou-se que o método mais eficaz para o estudo de consumos de eletricidade seria o levantamento das faturas emitidas pelos fornecedores de energia elétrica nos locais de consumos associadas à atividade da empresa.

Para um estudo pormenorizado foram escolhidos 2 anos para análise, 2013 e 2014, de modo a tipificar e medir os consumos em períodos diferentes e estudar os fatores que poderiam influenciar os consumos nos diversos locais, bem como as tendências da sua evolução.

A criação de um sistema de recolha de informação foi essencial para o desenvolvimento dos objetivos definidos. Para tal foram consultados documentos disponibilizados pela empresa, tais como: registos de tipo e níveis de atividade dos diferentes locais (venda de bilhetes e eventos de manutenção); plantas dos edifícios e respetivos anos de construção; registos de manutenção e calibração de equipamentos, tipo de contratos de fornecimento de energia elétrica. Foram ainda diretamente acedidos contadores de eletricidade e medidores de atividade (no caso do uso de equipamentos de ar comprimido).

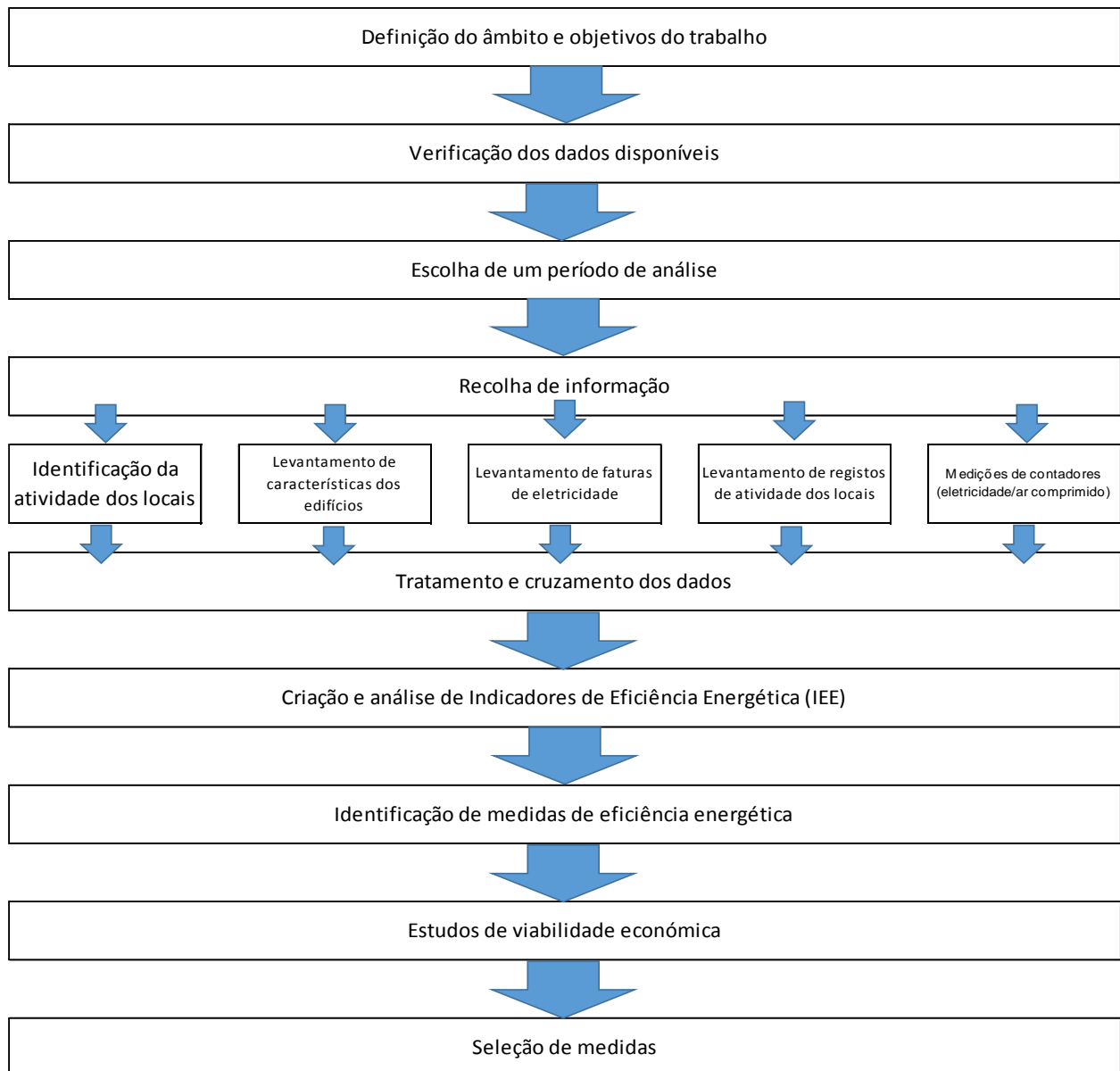


Figura 2-1: Fluxograma da metodologia adotada

A análise cruzada dos dados recolhidos permitiu a tipificação de atividades, usos e consumos. Foi feita uma análise desses dados, depois de reconciliados, de modo a permitir uma comparação constante ao longo do tempo. Essa análise foi orientada por indicadores de eficiência energética. Foram identificadas áreas mais críticas passíveis de aplicação de medidas concretas. Foram selecionados locais com maior interesse para a aplicação de medidas de eficiência energética, pelas suas funções mais operacionais na Empresa, e pelos maiores consumos revelados.

Nesses locais foi realizado um estudo mais aprofundado dos consumos e usos finais de energia. Para verificar a viabilidade económica de aplicação de medidas de maior eficiência energética,

recorreu-se a vários métodos de cálculo, incluindo propostas da aplicação informática Energyplus, e tiveram-se em conta diversas variáveis, nomeadamente o período de retorno do investimento, a taxa interna de rentabilidade e o índice de rentabilidade. O trabalho desenvolvido implicou simulação computacional de vários cenários, tendo em conta as propostas de intervenção identificadas.

Fazem-se, desde da década de 1960, simulações de comportamentos energéticos de edifícios. Os EUA apoiaram-se, até finais dos anos 1990, em dois programas base, o BLAST [18] e o DOE-2 [19]. Em 1996, uma agência federal dos EUA criou uma nova ferramenta de simulação energética, o EnergyPlus, testada desde 1999, e disponibilizada em 2001 [20]. Apresenta-se, hoje, como uma das mais flexíveis ferramentas de simulação energética, testada por inúmeros estudos de caso, em vários países e em diversas condições, aplicada a edifícios históricos, a edifícios de habitação e de serviços de construção prévia a 1980, e com características afins das que serão o objeto de análise desta dissertação [21-24].

Esta foi a ferramenta escolhida para simulação de cenários da aplicação de medidas de eficiência energética, atuando na conjugação de simulação de condições físicas dos edifícios em estudo, com multivariáveis de otimização de consumos. Após várias simulações, que envolveram o teste de 21 medidas e depois de efetuado o respetivo estudo de viabilidade económica, foram apresentadas as medidas que maiores benefícios traziam à empresa, tendo em conta a relação entre investimentos e os períodos de retorno de investimento em tempos aceitáveis.

2.3 EnergyPlus e OpenStudio

A Aplicação informática selecionada para realizar a simulação do comportamento térmico do edifício e dos consumos energéticos nas instalações da empresa foi o EnergyPlus.

O EnergyPlus é um programa desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), que permite simular os comportamentos térmicos e energéticos de vários tipos de edifícios, públicos ou privados, como por exemplo restaurantes, hospitais, hotéis, escritórios, apartamentos, escolas, lojas e armazéns.

Para além das características estruturais dos edifícios, e das condições climáticas, outras variáveis podem ser incluídas na simulação de consumos, em termos de gastos energéticos. Entre elas está por exemplo a ação de equipamentos de aquecimento, arrefecimento, iluminação, ventilação, refrigeração, possibilitando uma análise completa das características dos edifícios e equipamentos e dos seus desempenhos [25, 26].

O EnergyPlus não possui um interface de acesso simples para o utilizador. Como tal, foi utilizado um programa que serve de interface entre o utilizador e o EnergyPlus, o OpenStudio. Este programa, para além de simplificar o processo de introdução de dados para a simulação EnergyPlus, também possui uma extensa biblioteca com referências a materiais, equipamentos de climatização e a medidas que podem ser aplicadas para a redução dos consumos energéticos [27]. Outra vantagem apresentada pelo OpenStudio é o facto de possuir a capacidade de reconstituir planos de edifícios no SketchUp, programa de modelação 3D, tornando o processo de criação do modelo mais intuitivo e de mais fácil utilização.

As versões dos programas utilizadas na simulação são as seguintes: EnergyPlus 8.3.0 [28]; OpenStudio 1.8.0 [27] e SketchUp Make 2015 [29].

Para a criação do modelo é necessário seguir os seguintes passos:

Criação das zonas térmicas dos espaços, de acordo com modelos tipificados disponibilizados pelo sistema, em função das respetivas cargas térmicas.

- Criação do edifício no SketchUp:

Este passo permite a reconstituição dos espaços, com uma representação bastante fidedigna dos espaços a analisar. Permite identificar, nas áreas de implementação, as áreas envidraçadas, os materiais de construção, a estrutura geral do edifício e os obstáculos à exposição solar ou à ventilação, impostos pelos edifícios vizinhos.

- No OpenStudio procede-se à escolha de dados climáticos da zona em estudo

Os dados climáticos constituem um dos parâmetros mais importantes a definir numa simulação térmica. O website do programa EnergyPlus disponibiliza dados climáticos para um ano típico da zona escolhida [28].

Fazem parte dos dados fornecidos informações sobre localização, altitude, luminosidade, períodos típicos e extremos, temperatura do solo, temperaturas secas, temperaturas ponto de orvalho, humidade relativa, pressão atmosférica, radiação solar, direcção e velocidade do vento e nebulosidade.

- De seguida são introduzidos os horários de funcionamento dos vários equipamentos e temperaturas dos espaços.

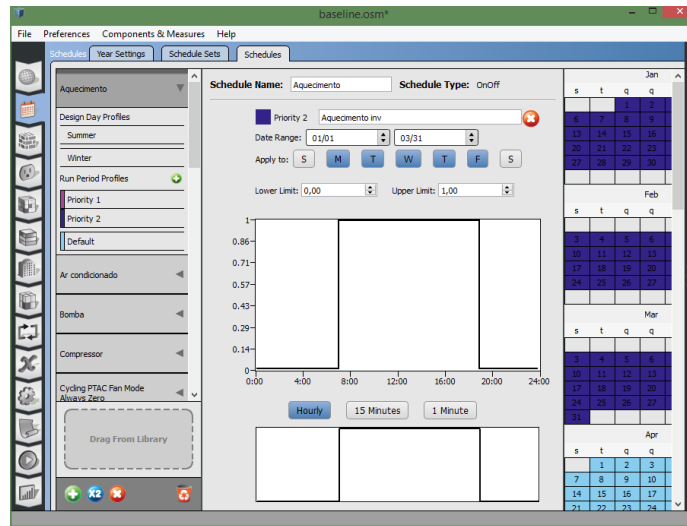


Figura 2-2: Apresentação do menu de horários do OpenStudio

- É definida a potência dos equipamentos e identificado o número de pessoas para cada espaço.

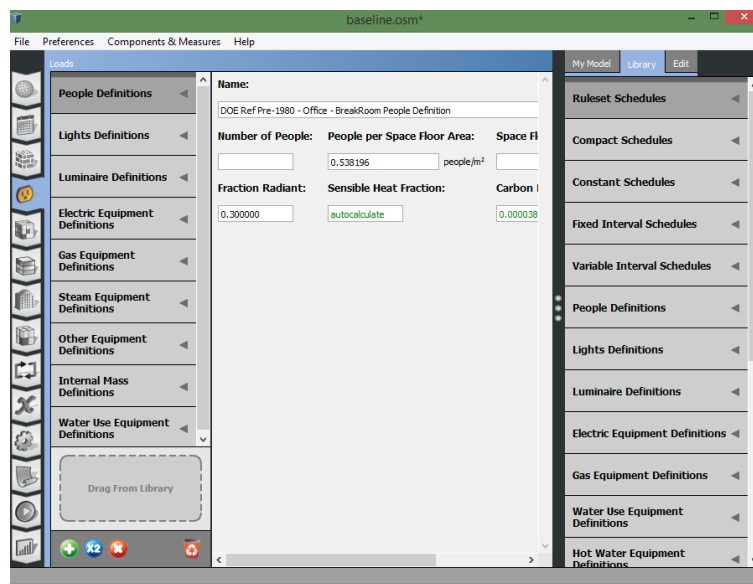


Figura 2-3: Apresentação do menu de equipamentos e taxa de ocupação

- São atribuídos a cada espaço, horários, taxas de ocupação, equipamentos e zonas térmicas.

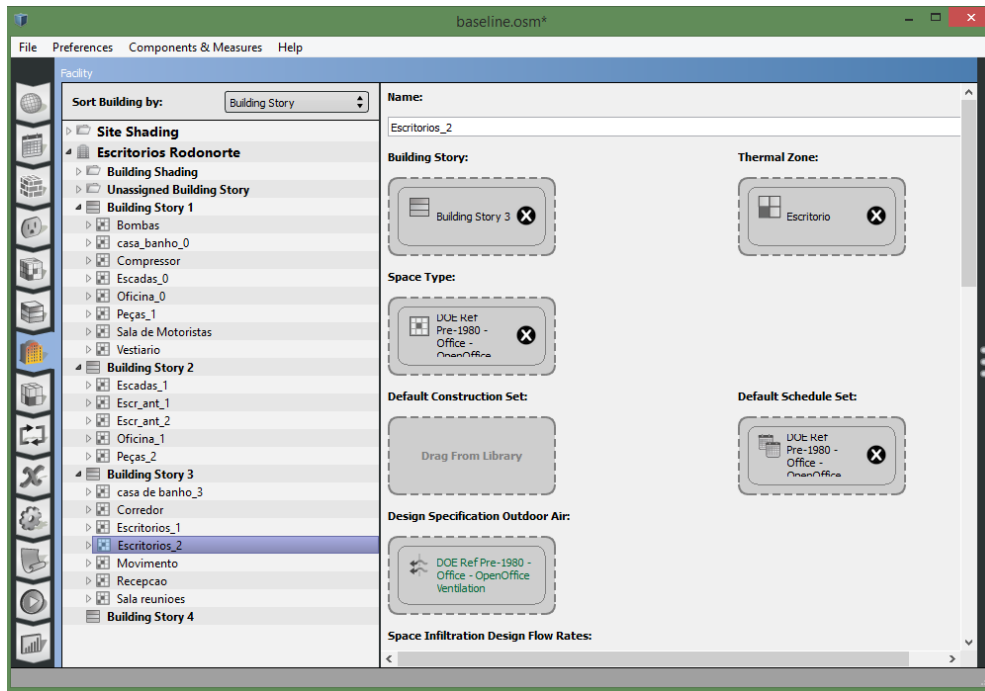


Figura 2-4 Apresentação do menu de espaços.

- São definidas as características dos equipamentos instalados nas zonas térmicas.

Neste menu são selecionados dados relativos aos sistemas de climatização atribuídos a cada zona térmica, como por exemplo o tipo de equipamento existente em cada local, horários de aquecimento e arrefecimento e parâmetros da climatização: temperaturas do ar e percentagem de humidade.

- São definidos os sistemas centrais de climatização

Neste menu são disponibilizados para escolha os equipamentos centrais em funcionamento, como por exemplo sistemas de ar condicionado, sistemas de aquecimento de águas, sistemas de ventilação, refrigeração, e são atribuídos a cada equipamento horários de funcionamento e temperaturas de operação.

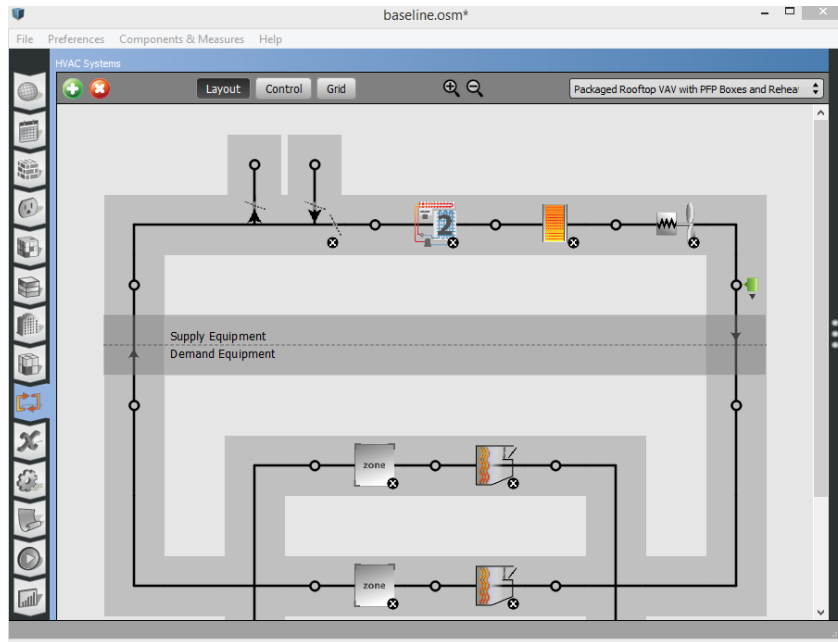


Figura 2-5: Menu de sistemas centrais de Climatização.

- Após a recriação das condições reais, são definidas as medidas que o operador se propõe aplicar e solicitados os tipos de relatórios finais pretendidos.

Com o acesso a base de dados do programa [30], é possível seleccionar medidas de eficiência energética, tais como a substituição de janelas, a instalação de sombreamentos, a aplicação de um melhor isolamento térmico ao edifício, entre outras. Também é possível definir qual o tipo de relatório que se pretende após a simulação. Podem ainda ser introduzidas as tarifas de electricidade, água e gás de modo a estimar os custos associados às simulações.

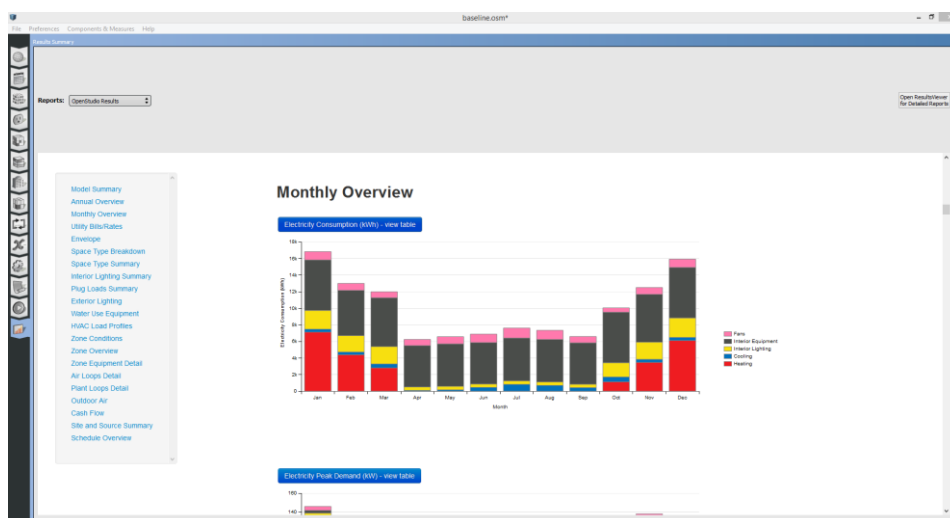


Figura 2-6: Menu de resultados do OpenStudio.

Depois de realizada a simulação é possível observar e analisar os resultados fornecidos pelos diferentes relatórios solicitados no ponto anterior, que dependem dos tipos de simulações efetuadas.

O programa apresenta vários relatórios dos resultados detalhados bem como resumos dos dados introduzidos. A seleção depende dos objetivos do estudo. Após a utilização, em teste, de uma gama alargada de alternativas, foram selecionados os seguintes relatórios: Schedule Profile Report; Open Studio Results; Zone Report; Tariff Selection and Model Setup; Lifecycle Cost Parameters; Analysis Period Cash Flows.

A análise efetuada foi dirigida aos consumos energéticos, mas o sistema permite também adicionar custos e efetuar simulações do ponto de vista financeiro.

3 Caracterização dos Edifícios e Equipamentos

Neste capítulo descrevem-se os edifícios dos centros operacionais (CO) da Rodonorte - Transportes Portugueses. A empresa detém, no total, 13 instalações, que correspondem a igual número de polos de consumo de energia elétrica. Dessas instalações apenas os CO vão ser analisados com maior detalhe, pois não foi possível visitar e caracterizar em pormenor as restantes instalações. Todavia, as características do seu edificado não divergem de forma considerável. Para contextualizar cada CO, cada edifício é descrito a partir da sua localização, edifícios envolventes, características construtivas, e inserção na respetiva zona bioclimática. Vão ser explicitadas a tipologia e atividade de cada espaço em associação com as características térmicas e respetivas necessidades de climatização.

3.1 Caracterização dos Edifícios

3.1.1 Centro Operacional de Vila Real

3.1.1.1 Descrição sumaria do CO Vila Real

O CO de Vila Real funciona como sede da empresa Rodonorte - Transportes Portugueses. Integra uma oficina para a manutenção dos veículos, gare de passageiros, bilheteira, posto de combustível para a frota da empresa e parque de estacionamento para veículos ligeiros e pesados de passageiros. O CO de Vila Real 2 e Bilheteira Vila Real 1 (coordenadas: Latitude 41° 17'56.21" Norte e Longitude 7° 44'49.71" Oeste) é constituído por 3 grupos de edifícios interligados, como é possível observar na Figura 3-1.

Os edifícios localizam-se na zona central de Vila Real, sendo que a gare de passageiros está localizada em frente ao mercado municipal de Vila Real. A altitude a que se situam estes edifícios é de aproximadamente 420 m, encontrando-se a cerca de 80 km de distância da costa marítima.

As fachadas do edifício estão expostas a todos os principais quadrantes, com exceção do Nordeste, visto que a parte do edifício com esta orientação é incorporada pela fachada de um hotel e outras lojas de serviços que impedem a exposição dessa fachada.



Figura 3-1: Localização geográfica do CO de Vila Real

As fachadas envidraçadas estão orientadas principalmente a Sudeste e a Sudoeste, sendo as principais áreas de sombreamento os edifícios na fachada Nordeste, a cobertura da oficina e garagem a Sudeste, e a existência de prédios de habitação, a Sul e Oeste.

O edifício é composto pelos seguintes espaços, e respetivas áreas:

- Piso -2
 - Central de Bombagem 35,0 m²
 - Parque de estacionamento 468,0 m²
- Piso -1
 - Parque de estacionamento 1158,5 m²
 - Armazém de Peças 235,9 m²
- Piso 0
 - Oficina 2750,3 m²
 - Central de Compressão de ar 25,4 m²
 - Lavagem de Autocarros 329,84 m²
 - Armazém de Peças 165,7 m²
 - Escritório da oficina 19,5 m²
 - Vestiários 46,5 m²
 - Sala de Convívio 37,0 m²
 - Casa de Banho 46,5 m²
- Piso 1

- Armazém de Peças 165,7 m²
- Escritórios (Sem atividade) 108,3 m²
- Piso 2
 - Escritórios Gerais 206,1 m²
 - Escritórios Administração 125,7 m²
 - Sala de reuniões 99,1 m²
 - Casa de banho 40,5 m²
 - Receção 21,9 m²
 - Escritório Movimento 37,0 m²
 - Gare de Passageiros 608,9 m²
 - Bilheteira 63,1 m²

3.1.1.2 Zonamento Climático do CO Vila Real

Na Tabela 3-1 apresentam-se os dados Bioclimáticos do CO de Vila Real. Para a simulação térmica EnergyPlus foram utilizados dados Climáticos de Bragança [28], cidade que foi escolhida por pertencer à mesma zona Bioclimática que Vila Real. Os respetivos dados apresentam-se no Anexo I,

Tabela 3-1: Dados Bioclimáticos do CO Vila Real, [31].

NUTS 3	Douro	
Concelho	Vila Real	
Zona Climática Inverno	I2	
Nº Graus-Dia	1764	°C.dias
Duração Estação	6,9	meses
Temperatura média Inverno	6,3	°C
Zona Climática Verão	V3	
Temperatura média Verão	22,7	°C

3.1.1.3 Caracterização do edifício

Os edifícios do CO Vila Real 2 e Bilheteira Vila Real 1 foram planeados durante a década de 1950. Devido à dificuldade de encontrar dados exatos acerca do tipo de materiais utilizados na construção, para a simulação de EnergyPlus foram utilizados dados fornecidos pela própria aplicação para edifícios de escritórios com anos de construção anteriores a 1980. No Anexo II apresentam-se os dados relativos aos materiais considerados como aplicados na envolvente opaca e transparente do edifício.

Para a caracterização completa dos espaços e para proceder à adequação do modelo, foi replicado o edifício recorrendo à aplicação de desenho Sketcthup, e à aplicação Openstudio,

que permite estabelecer um interface entre o Sketchup e o EnergyPlus. . Na Figura 3-2 apresenta-se o modelo desenvolvido, com os espaços em estudo a amarelo e os edifícios envolventes a roxo, para facilitar o cálculo de sombras e obstáculos à exposição solar do edifício.

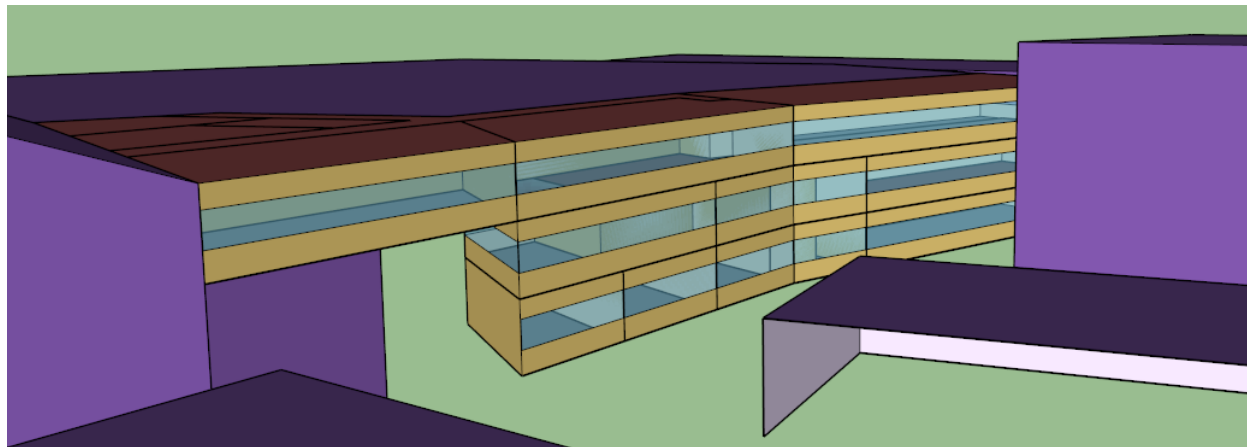


Figura 3-2: Representação do modelo desenvolvido em SketchUp.

Na Tabela 3-2 apresentam-se os dados relativos aos perfis de utilização dos espaços estudados, em correlação com iluminação e equipamentos. O tipo de horário a que correspondem estão discriminados no Anexo III.

Tabela 3-2: Lista de espaços e horários de iluminação e equipamento.

Andar	Espaços	Horário Iluminação	Horário Equipamento
1º Andar	Bombas	ND	Bomba
	Casa de Banho 0	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamento de Escritório
	Compressor	ND	Compressor/Motores Elétricos
	Escadas 0	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Oficina 0	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Peças 1	Iluminação Edifício de Escritório	Não Definido
	Sala de Motoristas	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Vestiário	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
2º Andar	Escadas 1	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Escritório antigo 1	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Escritório antigo 2	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Oficina 1	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Peças 2	Iluminação Edifício de Escritório	Não Definido
3º Andar	Casa de Banho 3	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Corredor	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Escritório 1	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Escritórios 2	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Movimento	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Receção	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório
	Sala de Reuniões	Iluminação Edifício de Escritório	Equipamentos de Escritório

3.2 Caracterização dos Equipamentos

Neste capítulo vai ser desenvolvida a análise dos equipamentos instalados nos centros operacionais da empresa Vila Real e Lixa, e nas bilheteiras de Vila Real e do Porto.

3.2.1 CO Vila Real e Bilheteira Vila Real

Vai ser dado especial ênfase ao centro operacional de Vila Real, pois este apresenta a maior potência instalada e, como vai ser demonstrado no capítulo dos resultados, são estas as instalações que apresentam o maior consumo energético. Os dados sistematizados resultam da visita às instalações e do levantamento e caracterização dos equipamentos de consumo elétrico de maior dimensão.

As instalações do centro operacional de Vila Real estão divididas em três núcleos de consumo elétrico: sendo possível observar na Figura 3-3 a distribuição da potência instalada por núcleo.

- Escritórios
- Oficina e Garagens
- Gare de Passageiros e Bilheteira

É possível observar na Figura 3-3 a distribuição da potência instalada por núcleo.

A Figura 3-3 apresenta a distribuição da potência instalada nos distintos núcleos.

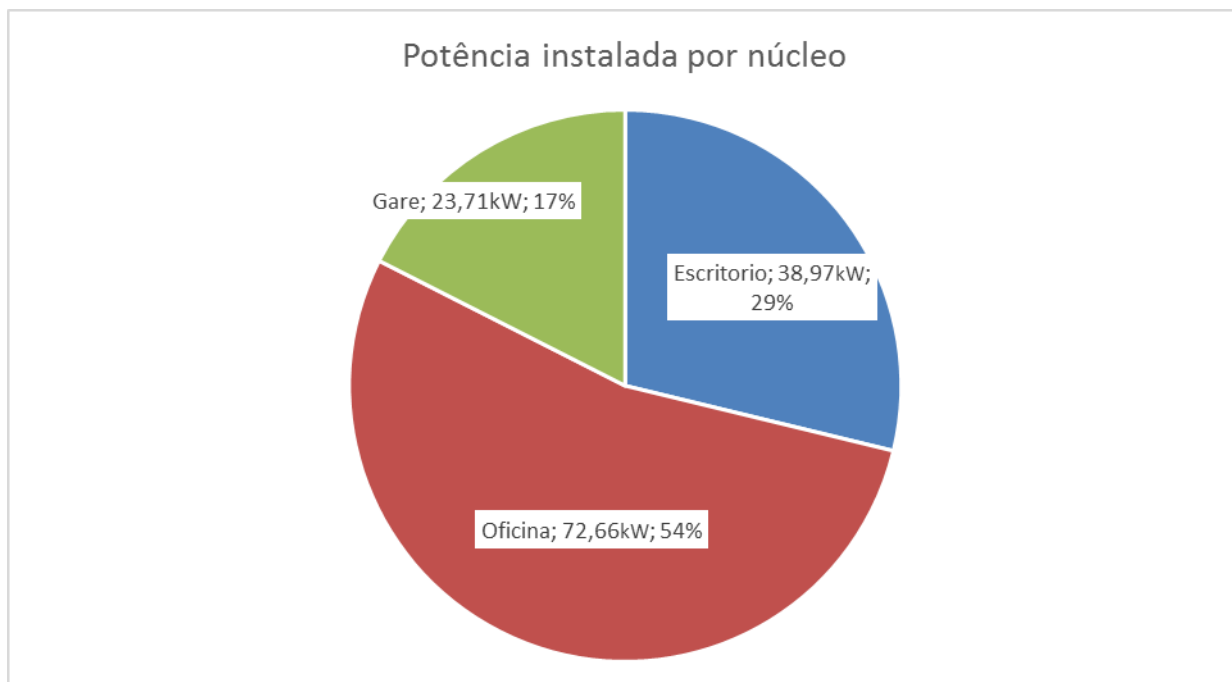


Figura 3-3- Potência Instalada por núcleo de consumo.

Como é possível observar, o núcleo que apresenta maior potência instalada é o da Oficina, com 72,66 kW instalado, seguido pelos Escritórios, com 38,97 kW e por fim, como núcleo com menor potência instalada, a Gare de Passageiros, com apenas 23,71 kW.

A Figura 3-4 representa a distribuição de potência instalada por uso final de energia.

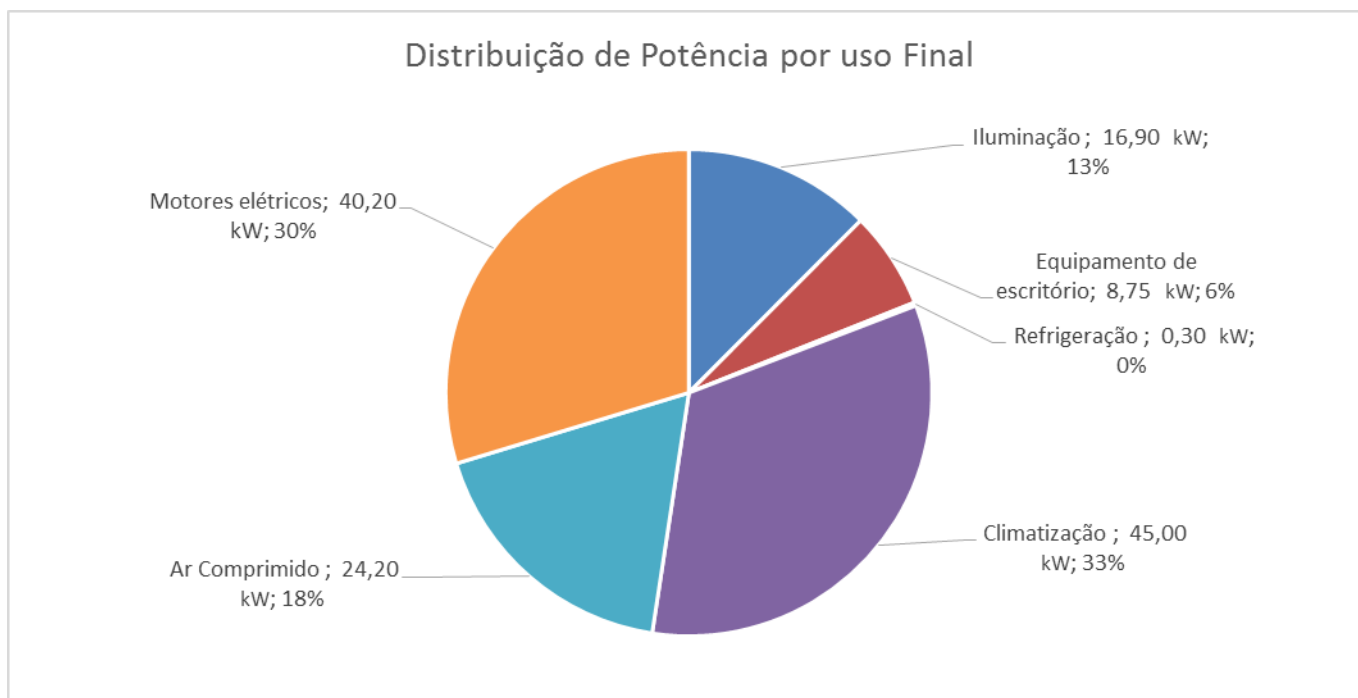


Figura 3-4- Potência instalada por tipo de uso final.

Pode observar-se, pelos dados representados na figura acima, que a maior parte da potência instalada é usada para a climatização de espaços nas instalações, com cerca de 33% e 45,00 kW. Esta elevada potência instalada para climatização é devida à existência de um sistema de climatização central de 10 kW, a par de sistemas individuais de climatização para cada funcionário, nos núcleos de Escritório e Gare. Em segundo lugar, com 40,20 kW de potência instalada, encontram-se os motores elétricos. Dentro deste grupo estão contemplados 2 bombas de água e 4 motores elétricos para elevação de autocarros na área da Oficina.

O ar comprimido capta 18% da potência total instalada, correspondente a um compressor de pistão Atlas Copco de 13,2 kW e um sistema de arrefecimento de 11 kW.

A iluminação apresenta uma potência total instalada de 16,90 kW, sendo a maior fatia da potência instalada corresponde a lâmpadas tubo fluorescente de 36 W com um fator de balastro de 1,2.

No Anexo IV apresenta-se a listagem dos equipamentos nas instalações do CO de Vila Real e a correspondente potência.

Na realização das simulações no *EnergyPlus*, foi necessária a criação de intervalos de horários de funcionamento, bem como a criação de perfis de utilização ao longo do ano, em relação a determinados equipamentos. Os perfis de utilização dos equipamentos foram criados tendo por base a observação *in locu* das operações realizadas nas instalações, bem como questionários realizados a funcionários relativos ao uso de equipamentos. Foram definidos perfis de utilização para os seguintes equipamentos:

- Sistemas de aquecimento localizado
- Ar Condicionado (Ventilação)
- Ar Condicionado (Aquecimento)
- Ar Condicionado (Arrefecimento)
- Iluminação
- Equipamentos de escritório
- Compressor de Ar
- Motores elétricos
- Bombas de água

3.2.2 CO Lixa

Na Tabela 3-3 apresentam-se os equipamentos instalados no CO da Lixa. É possível observar que neste CO existe uma menor potência instalada em relação ao CO de Vila Real 2. A relação é de 135,34 kW neste último, para uma potência instalada de apenas 48,65 kW no da Lixa.

Neste CO, a maior potência instalada corresponde ao compressor, idêntico ao instalado no CO de Vila Real 2 e a motores elétricos utilizados para elevação de veículos em manutenção nas instalações.

Tabela 3-3: Equipamento e potência instalada no CO da Lixa.

Tipo	Potencia Unitária	Quantidade	Potencia Total
	kW		kW
Motores elétricos	2,2	4	8,80
Compressor	24,2	1	24,20
Lâmpadas CFL	0,043	52	2,25
Lâmpada de sódio	0,25	18	4,50
Bomba de água	4	1	4,00
Aquecedor a óleo	2	2	4,00
PC	0,30	3	0,90
	Total		48,65

3.2.3 Bilheteira Porto

Na Tabela 3-4 apresentam-se os equipamentos instalados nas instalações do Porto e a potência correspondente a cada equipamento. Pela análise dos dados representados, a maior potência corresponde à climatização, termoventiladores (aquecimento) e ventoinhas (arrefecimento). Estes representam até 57% da potência instalada, sendo seguido pela potência instalada em iluminação, com 18% do total.

Tabela 3-4: Equipamento e potência instalada na Bilheteira Porto.

Tipo	Potência unitária kW	Quantidade	Potência Total kW
Lâmpadas CFL	0,018	90	1,62
Lâmpadas Sódio	0,25	2	0,50
Termoventilador	2,2	3	6,60
Ventoinhas	0,05	2	0,10
Frigorífico	0,15	1	0,15
Micro-ondas	0,9	1	0,90
Eletrodomésticos	0,5	2	1,00
PC	0,3	3	0,90
	Total		11,77

4 Resultados

4.1 Análise de Faturas

4.1.1 Potência Contratada

Para realizar uma análise mais detalhada dos consumos de energia elétrica foi feito o levantamento das faturas dos anos de 2013 e de 2014 relativas a todas as instalações da empresa. Na Tabela 4-1 é possível observar os locais, bem como a potência e o tipo de tarifários contratados.

Tabela 4-1: Potências contratadas por local de consumo

Tipo	Local	Potência Contratada	Tarifa	Ciclo
Bilheteira	Chaves	3,45 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Felgueiras	3,45 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Guimarães	3,45 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Lisboa 2	6,90 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Porto	20,70 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Vila Real 1	10,35 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Bilheteira	Viseu	2,30 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
CO	Bragança	41,40 kVA	BTN	Diário-Tripla ¹
CO	Lixa 3	34,50 kVA	BTN	Diário-Tripla ¹
CO	Vila Real 2	94,00 ² kW	BTE	Tetra ¹
Suporte	Lixa 1	3,45 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Suporte	Lixa 2	1,15 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo
Suporte	Lisboa 1	6,90 kVA	BTN-Simples	Sem Ciclo

Na Tabela 4-1, os locais de consumo foram divididas em três categorias, consoante a utilização das instalações. De um modo geral, destaca-se uma clara diversidade e heterogeneidade de funções. Os espaços considerados como *Bilheteira* têm como principal função o atendimento ao cliente, despacho de mercadorias e sala de espera dos passageiros. Estes são espaços concessionados dentro de terminais rodoviários ou de edifícios independentes pertencentes à empresa. Os locais *CO* são espaços que têm como principal função a manutenção preventiva dos veículos da frota da empresa e funções administrativas. De realçar que o local de consumo *Lixa 3* tem como funções as de centro operacional e de bilheteira.

¹ No Anexo V apresenta-se a decomposição horária dos diferentes ciclos.

² Potência contratada a dezembro de 2014. No Anexo VI apresenta-se a evolução da potência contratada e potência contratada horas de ponta.

Os locais considerados como de suporte podem apresentar uma significativa diversidade no exercício de funções de apoio à operação da empresa. No caso de Lisboa 1, por exemplo, este local consiste em apenas um apartamento de apoio que permite a estadia de motoristas durante a noite na cidade de Lisboa.

4.1.2 Energia Ativa

As Figura 4-1, Figura 4-2 e a Figura 4-3 representam a eletricidade ativa faturada nos anos de 2013 e 2014 para os locais *Bilheteira*, *CO* e *Suporte*, respetivamente.

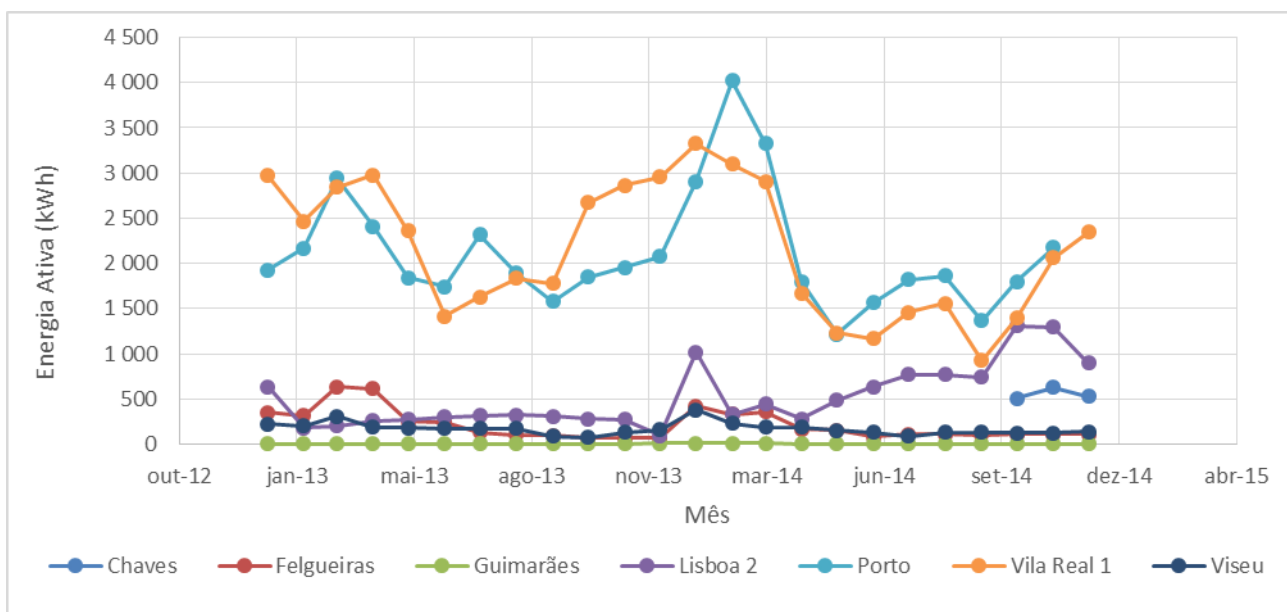


Figura 4-1: Consumos de Energia Ativa nas Bilheteiras nos anos de 2013/2014.

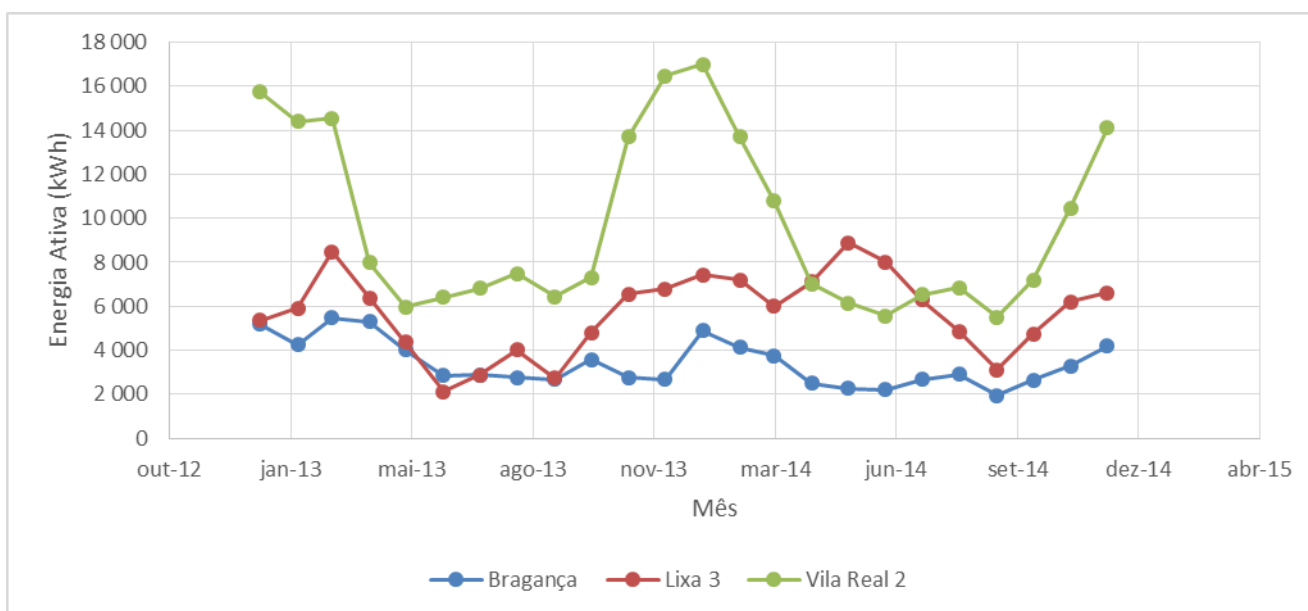


Figura 4-2: Consumos de Energia Ativa nos CO nos anos de 2013/2014.

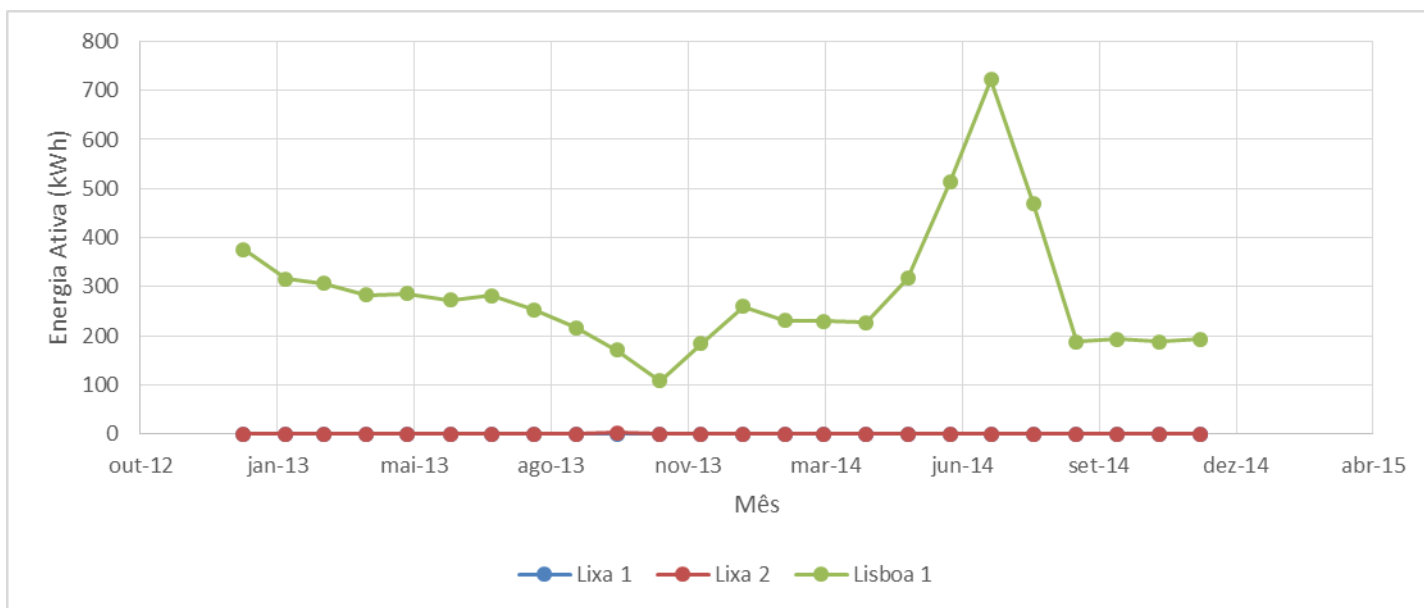


Figura 4-3: Consumos de Energia Ativa nos locais de suporte nos anos de 2013/2014

Pela análise da Figura 4-1, podem-se distinguir dois principais locais como maiores consumidores de eletricidade: as bilheteiras de Vila Real 2 e do Porto e, em sentido inverso, as bilheteiras de Guimarães e Felgueiras, como locais de menor consumo de eletricidade.

Nas localizações Bilheteira, o consumo de eletricidade não ultrapassa os 4 200 kWh, registado em fevereiro de 2014, em Vila Real 1. É ainda possível observar uma tendência de maior consumo nos meses de outono/inverno, desde outubro até março, representando um aumento, em média, de 16% relativamente aos meses de primavera/verão. Em todos os locais Bilheteira, a tarifa instalada é de Baixa Tensão Normal, sem ciclo diário, com potências contratadas de 2,3 kVA até 20,7 kVA, como ocorre em Viseu e no Porto, respetivamente.

Na Figura 4-3 apresentam-se os consumos de energia elétrica de locais de suporte. Os locais Lixa 1 e Lixa 2 não apresentam nenhuns consumos de eletricidade no período em análise. Estes dois locais tiveram a função de salas de formação e de alojamento para funcionários. Atualmente, não desempenham nenhuma função relacionada com a atividade da empresa, pelo que é sugerido que o contrato seja terminado para evitar a faturação da potência instalada e taxas audiovisuais.

O local Lisboa 1 é, como referido anteriormente, um dormitório para os funcionários que pernoitam na cidade de Lisboa, de modo a respeitar o período de descanso legislado para motoristas de veículos de transporte de passageiros. Neste local, o consumo de eletricidade máximo registado foi de 752 kWh, em julho de 2014. É possível observar um aumento considerável de consumo de eletricidade do ano 2013 para o ano de 2014, principalmente durante os meses de verão, pois no ano de 2014 foi instalado um equipamento de ar condicionado de modo a melhorar o conforto térmico do local.

Não foi possível visitar as instalações em questão, de modo a verificar a adequação do equipamento e valores estabelecidos de temperatura e tempo de funcionamento, de modo a diminuir os consumos de energia elétrica, mantendo níveis de conforto aceitáveis.

No que diz respeito aos CO, estes apresentam-se, como seria expectável, como responsáveis pelo maior consumo de energia elétrica em todas as instalações. Como é possível observar pela Figura 4-4, nos anos de 2013 e 2014 os locais CO aglutinam 77% do total da eletricidade consumida. Como os consumos de eletricidade nestes locais, principalmente Vila Real 2, são os maioritários dentro da empresa, vai ser feita uma análise mais detalhada dos consumos registados nestas instalações.

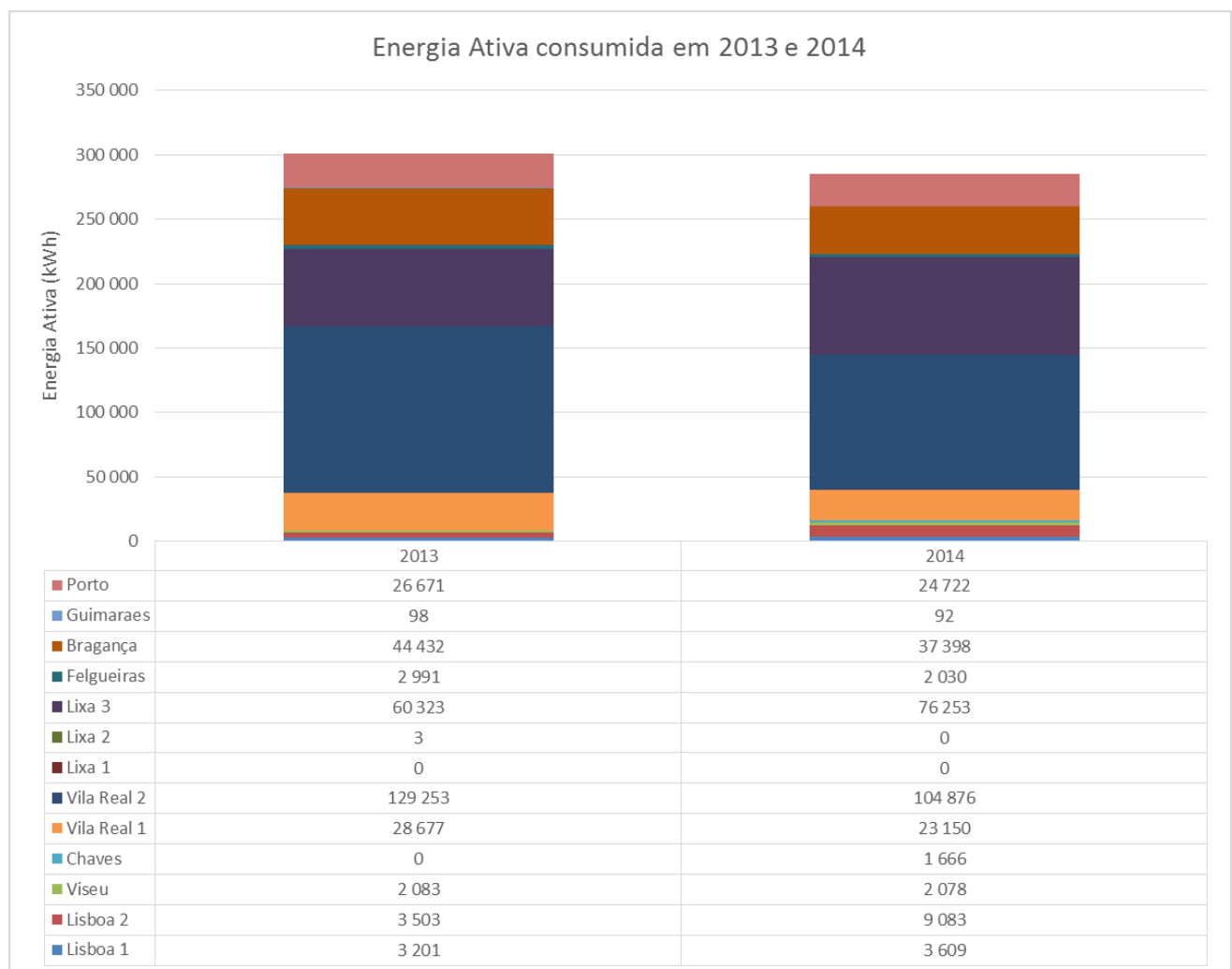


Figura 4-4: Divisão de consumo de eletricidade em 2013 e 2014 por local.

No CO de Vila Real 2 registou-se um consumo de eletricidade de 129 253 kWh no ano de 2013 e 104 876 kWh no ano de 2014, apontando para uma diminuição de 19% do consumo de energia

elétrica. Para perceber essa diferença de 19% no consumo entre os anos 2013 e 2014 foram estudados os tipos de atividade desenvolvidas, e a intensidade das mesmas.

Este local, como referido no capítulo 3, tem como principais atividades as de administração (escritórios) e de manutenção dos veículos da frota da empresa (oficinas). Não sendo possível encontrar indicadores da atividade administrativa nos escritórios, foi considerado que esta atividade se manteve constante nos anos de 2013 e 2014, pois o número de funcionários e funções administrativas permaneceu inalterado. Contudo, quando se observam as necessidades de climatização nos dois anos de estudo verificam-se algumas discrepâncias. A temperatura média anual do ar no ano de 2013, em Bragança, na mesma zona bioclimática [31] que Vila Real foi de 12,7 °C em 2013 e de 13,2 °C em 2014 [32]; a média mensal da temperatura máxima do ar no mês mais quente do ano em 2013 foi de 32,0 °C e em 2014 de 28,6 °C [33]. Uma temperatura média anual mais baixa em conjunto com uma temperatura mais elevada no mês mais quente leva a concluir que o ano de 2013 teve um inverno mais frio, maior necessidade de aquecimento do ar interior do edifício, e um verão mais quente com mais necessidade de arrefecimento. Tendo a área dos escritórios e oficina uma potência instalada para climatização de 42 kW, uma variação das condições climatéricas pode alterar os consumos em diferentes anos.

Relativamente à atividade da oficina, através dos registos de manutenção dos autocarros da empresa, no ano de 2013 foram registados 625 eventos de manutenção, enquanto no ano de 2014 foram registados 528 eventos de manutenção, correspondendo a uma diferença de 16%.

Os dois fatores apresentados levam a concluir que a diferença de consumos de eletricidade no CO de Vila Real entre os anos de 2013 e de 2014 foi devida em simultâneo a uma diminuição de atividade e a melhores condições climatéricas, registadas no ano de 2014, e não devido a aumentos de eficiência na atividade deste CO.

Os perfis de consumo de energia elétrica pelos ciclos diários de faturação foram também estudados através das faturas dos anos de 2013 e de 2014. Na Figura 4-5 pode ser observada a análise de consumos por ciclo tarifário.

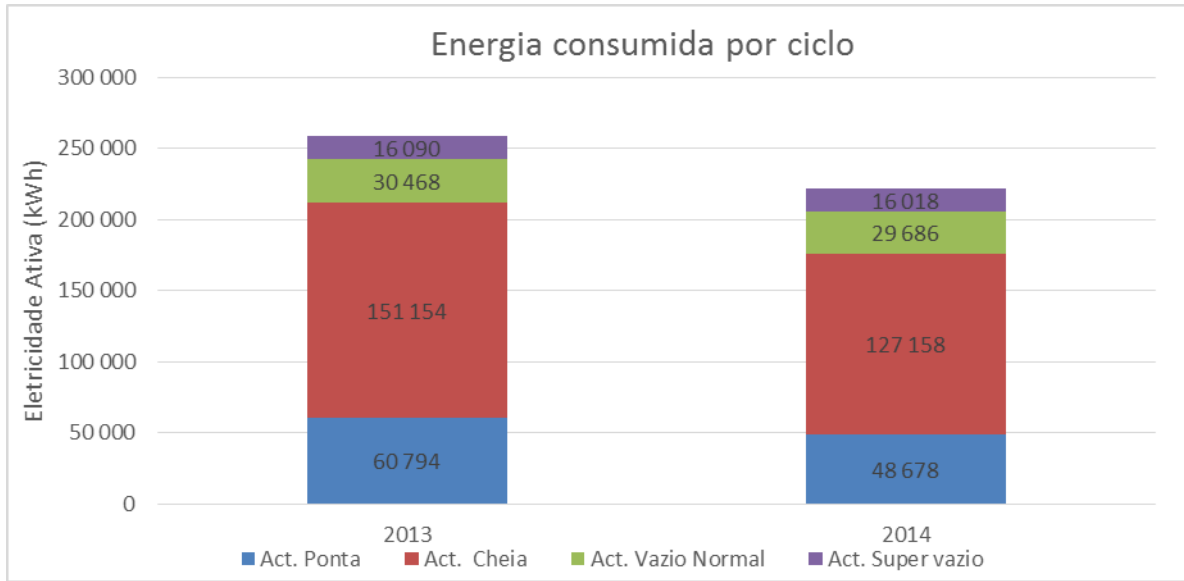


Figura 4-5: Eletricidade ativa consumida por ciclo em Vila Real 2.

Pela análise da Figura 4-5 pode-se verificar que a maior parte do consumo de eletricidade é realizada em ciclo Cheia e Ponta, correspondendo ao período em que a eletricidade tem um tarifário mais elevado. O horário de funcionamento mais intensivo da oficina e escritórios, como descrito no capítulo 3, é das 08.30 até as 12:30 e das 14:00 até as 18:00. Estes horários coincidem com os ciclos de Cheia e Ponta. Não sendo possível alterar os horários laborais, os períodos de maior faturação de eletricidade continuam a ser os de tarifas mais elevadas, o que nos leva a refletir sobre a melhor adequação dos tarifários contratados.

Para analisar as variações anuais de consumos, devido à mudança de estações do ano, foram sintetizados os consumos de energia ativa, com base na energia faturada. Na Figura 4-6 estão representados os consumos de energia ativa para cada ciclo tarifário.

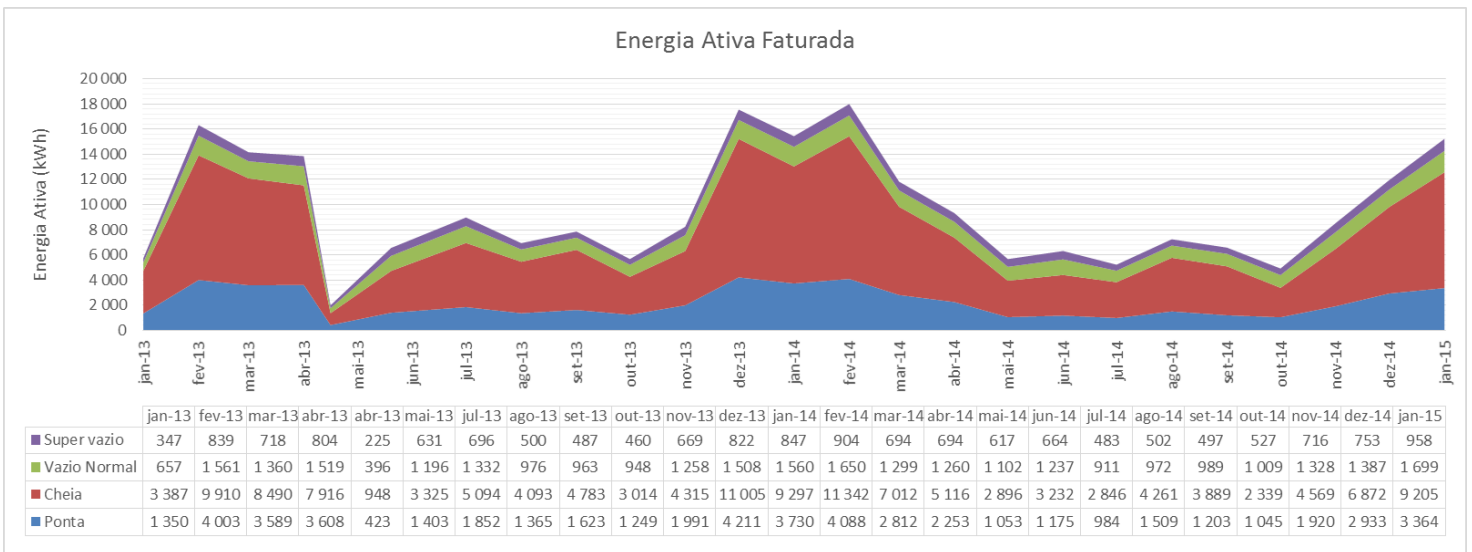


Figura 4-6: Energia ativa faturada no ano de 2013 e 2014 em Vila Real 2.

Pela análise da Figura 4-6, volta-se a confirmar que a maior parte do consumo de energia é feita nos tarifários de Cheia e Ponta. Nesta Figura também é possível observar que os maiores consumos ocorrem nos meses de outono/ inverno, dados que, cruzando com as características bioclimáticas de Vila Real e com os equipamentos instalados, principalmente com os equipamentos de climatização, justificam os períodos de maior consumo de energia elétrica.

Para garantir uma maior fiabilidade à análise dos dados, durante o dia 5 de março de 2015 até ao dia 29 de abril de 2015 foi realizado o levantamento de leituras do contador de eletricidade das instalações de Vila Real 1 e Vila Real 2. Na Figura 4-7 é possível observar a potência média consumida durante o período de análise para Vila Real 2.

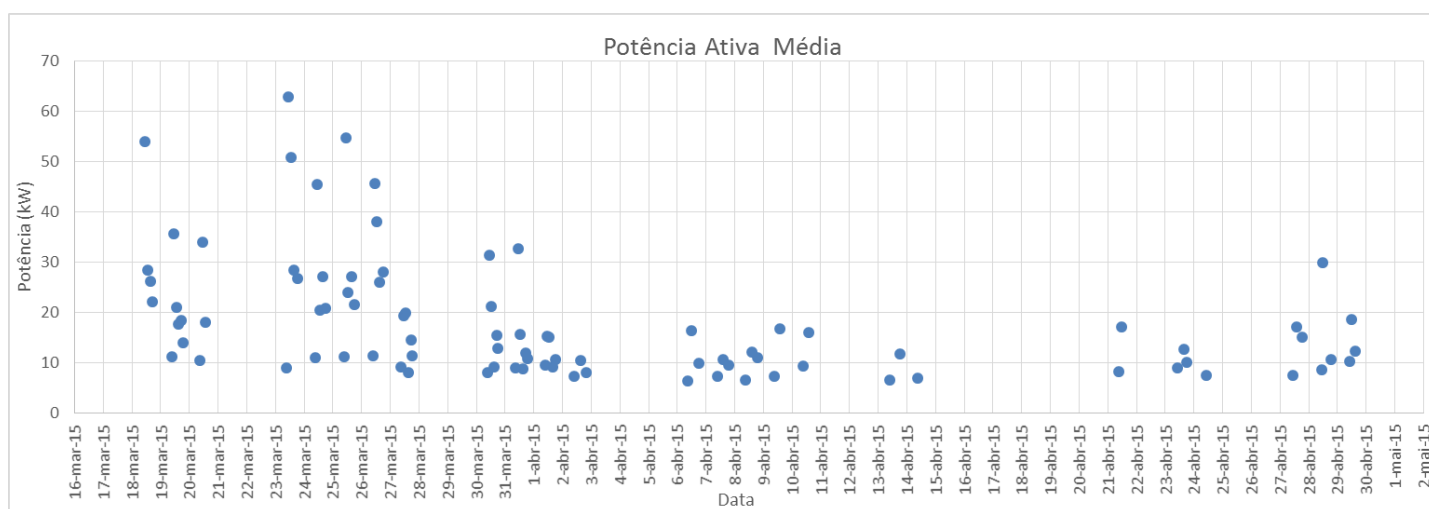


Figura 4-7: Potência Regista em Vila Real 2.

Pela análise da Figura 4-7 verifica-se que o valor máximo de potência média requisitada à rede foi de 65 kW no dia 23 de março de 2015 e o valor médio de potência necessária foi cerca de 20 kW. Como a análise de potência das instalações foi realizada apenas num período de 42 dias, numa época de pouca necessidade de climatização de espaços e com atividade da oficina não constante ao longo do tempo³, não é possível retirar conclusões sólidas sobre a adequação da potência contratada, nem acerca das variações diárias de potência com vista a otimizar os horários de funcionamento de equipamentos.

Para colmatar a falta de dados detalhados relativos a consumos de energia elétrica nas instalações, foi criada uma base de dados, baseado na aplicação do MS-Access, para facilitar,

³ A atividade da oficina não é constante ao longo do tempo podendo apresentar períodos com maior intensidade de manutenção e outros com menor, consoante a necessidade de manutenção preventiva e corretiva da frota.

no futuro, o registo de consumos de eletricidade por parte dos funcionários da empresa, tendo por base leituras de contador e registo de faturas.

Relativamente ao consumo de energia reativa, apenas no CO de Vila Real 2 é faturada a energia reativa, pois é o único local com a tarifa BTE.

4.1.3 Energia Reativa

A Figura 4-8 representa os consumos de energia reativa faturada durante os anos de 2013 e de 2014. No ano de 2013, a energia reativa faturada foi de 30 462 kVar, correspondendo a um valor de 727 €; no ano de 2014, 36 286 kVar foram faturados, correspondendo a 895 €.

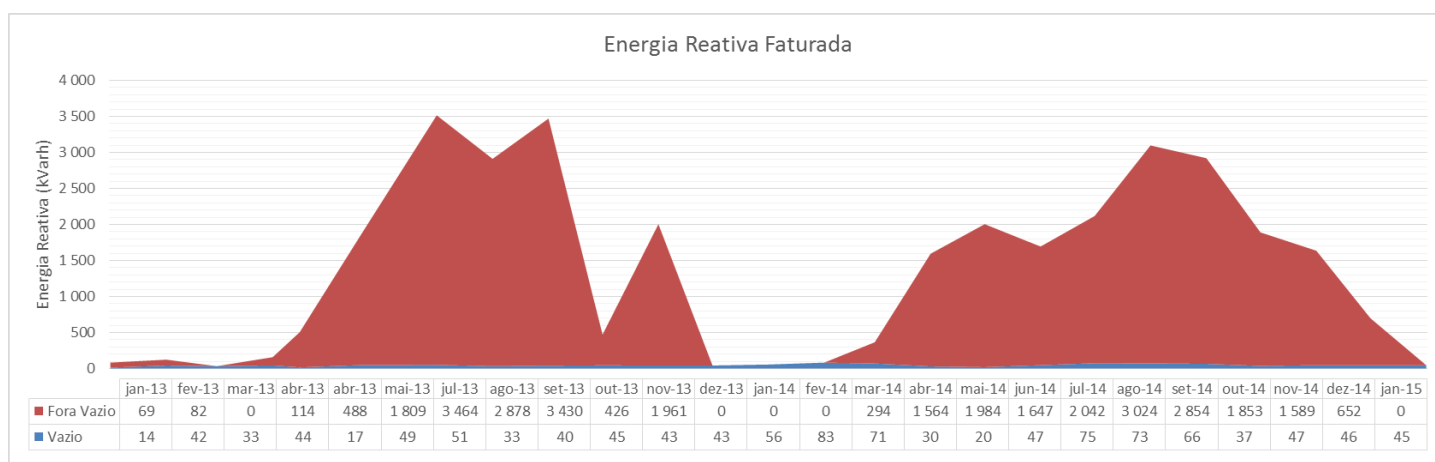


Figura 4-8: Energia Reativa Faturada em Vila Real 2 entre 2013 e 2014.

Pela análise da Figura 4-8, é possível observar que os períodos de maior faturação, tanto no ano de 2013, como em 2014 são os meses de abril a outubro. A faturação de energia reativa indutiva é realizada quando a energia reativa fornecida pela rede é superior a 30% à energia ativa [34]. Considerando os dados da Figura 4-6, os meses de menor faturação de energia reativa correspondem aos meses de maior faturação de energia ativa. Isto leva a concluir que não existe uma diminuição de consumo de energia reativa, mas sim que se mantém relativamente constante, apenas variando a percentagem em relação à energia ativa.

A energia aparente está diretamente relacionada com o fator de potência (FP), representado pela 6-1.

$$Fator\ de\ Pot\ência = \frac{Pot\ência\ Ativa}{Pot\ência\ Aparente} \quad (6-1)$$

O FP pode também funcionar como indicador de qualidade da distribuição de energia, perdas na linha de alimentação e da fração da energia elétrica que é transformada em trabalho [13,

35]. O FP corresponde a zero quando apenas energia reativa for consumida e FP é igual a 1 quando toda a energia for ativa e consumida pela carga e transformada em trabalho [13].

Como referido, a energia reativa começa a ser faturada quando atinge uma fração de 30% da energia ativa. Contudo, as tarifas de faturação após a aprovação do despacho da ERSE n.º 7253/2010, de 26 de abril, são realizadas por três escalões, presentes na Tabela 4-2.

Tabela 4-2: Fatores multiplicativos por escalão da energia reativa, adaptado de [36].

Escalão	Descrição	Fator multiplicativo da tarifa
Escalão 1	Correspondente a tangente ϕ superior ou igual a 0,3 e inferior a 0,4	0,33
Escalão 2	Correspondente a tangente ϕ superior ou igual a 0,4 e inferior a 0,5	1,00
Escalão 3	Correspondente a tangente ϕ superior ou igual a 0,5	3,00

O valor de tangente ϕ está também relacionado com o FP pela seguinte relação:

$$\text{Potência Ativa} = \text{Potência Aparente} \times \cos \phi$$

$$\text{Potência Reativa} = \text{Potência Aparente} \times \sin \phi$$

$$\text{Potência Aparente} = \sqrt{(\text{Potência Ativa})^2 + (\text{Potência Reativa})^2}$$

$$\tan \phi = \frac{\text{Potência Reativa}}{\text{Potência Ativa}}$$

(6-2)

Durante o período de análise de consumos, entre 5 de março de 2015 até ao dia 29 de abril de 2015, foi também calculada a energia reativa e a potência reativa consumida e calculados os valores de tangente de ϕ e fator de potência, tendo por base as equações 6-1 e 6-2.

Na Figura 4-9 é possível observar a potência consumida durante o período de análise. Verifica-se que a maioria das potências registadas encontra-se no intervalo de 5 kVar e 15 kVar. A maior parte dos valores abaixo de 5 kVar são obtidos durante o período noturno, pois durante este período não existe atividade laboral, tanto nos escritórios como na oficina.

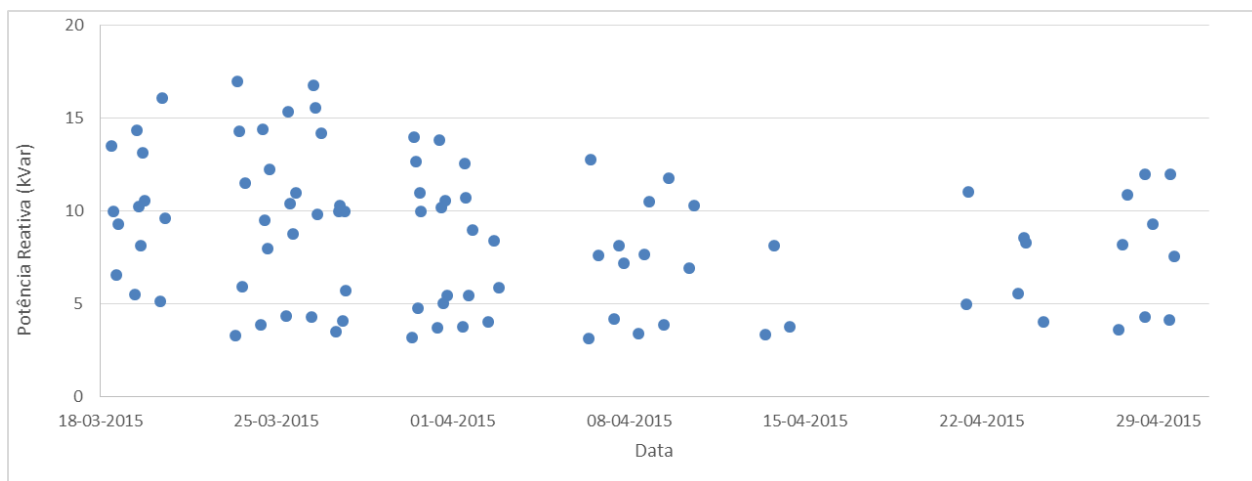


Figura 4-9: Potência Reativa Consumida no CO Vila Real 2 entre 18 março e 29 de abril de 2015

A partir de janeiro de 2013 o cálculo da faturação de energia reativa por escalões passou a ser realizado diariamente e não mensalmente. Para o período de análise, representado na Figura 4-10, a maioria dos dias analisados encontram-se no Escalão 3 de faturação com fator multiplicativo de 3, o que equivale ao valor mais elevado a ser cobrado pelo fornecedor de energia elétrica.

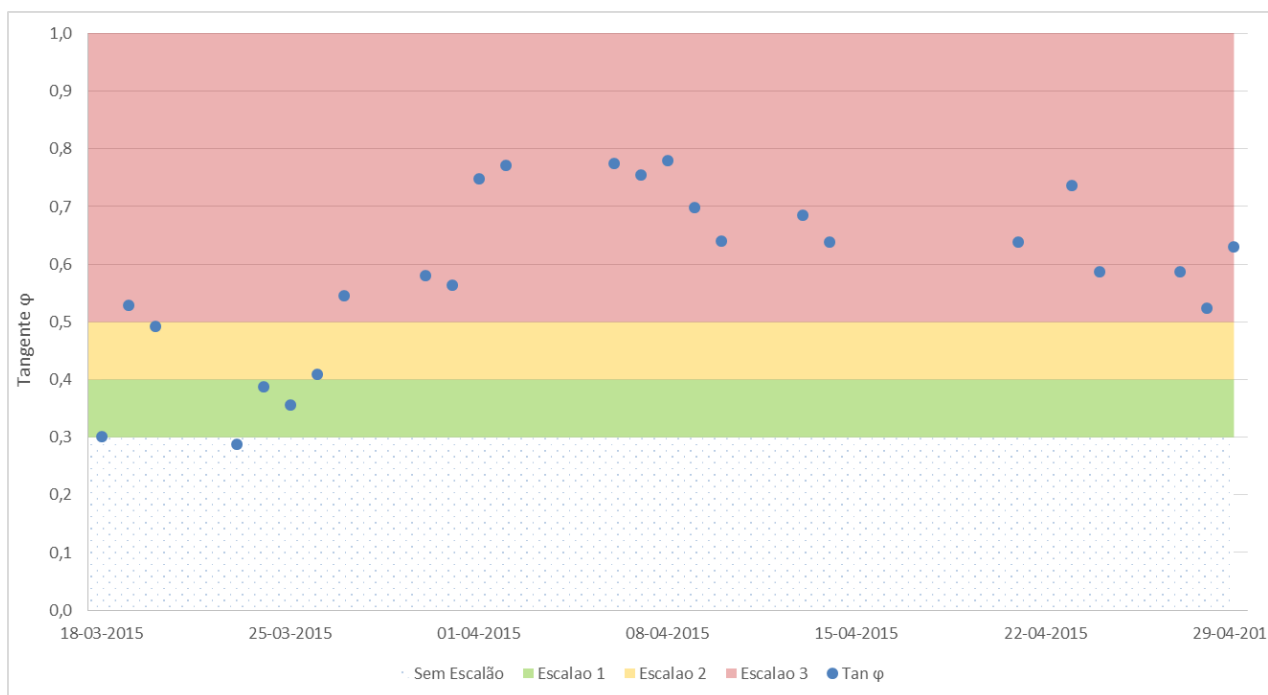


Figura 4-10: Tangente ϕ e Escalões de tarifário no CO Vila Real 2.

4.2 Distribuição de Energia por Uso Final

Para melhor caracterizar os consumos de eletricidade nas instalações do CO de Vila Real 2 e na bilheteira Vila Real 1, realizou-se um levantamento dos equipamentos, como descrito na Secção 3.2, bem como dos horários de funcionamento de cada equipamento. Esta análise de consumos de energia elétrica tem como objetivo identificar quais os usos finais de energia elétrica responsáveis pelo maior consumo e procura estudar com mais pormenor esses usos finais de energia.

Os horários de funcionamento dos equipamentos foram obtidos através de observação de utilização dos equipamentos por parte dos funcionários da empresa, através de registos históricos de manutenção e calibração de motores elétricos e também pela adequação aos consumos verificados nos anos de 2013 e de 2014.

Para os anos em estudo, 2013 e 2014, os horários de uso dos equipamentos de Climatização e Motores Elétricos da oficina foram alterados de modo a perceber qual a variação necessária na utilização destes equipamentos, de modo a obter as diferenças registadas e referidas anteriormente. Apenas para os equipamentos de Climatização e Motores Elétricos foram alterados os seus tempos de funcionamento, pois como referido, diferenças climáticas entre os anos de 2013 e de 2014 e um decréscimo da atividade da garagem podem estar na origem da diferença.

No Anexo VII apresenta-se a tabela de horários de utilização, assim como a energia elétrica consumida nos dois anos de análise. Na Figura 4-11 e Figura 4-12 estão ilustrados de forma gráfica os dados do referido anexo.

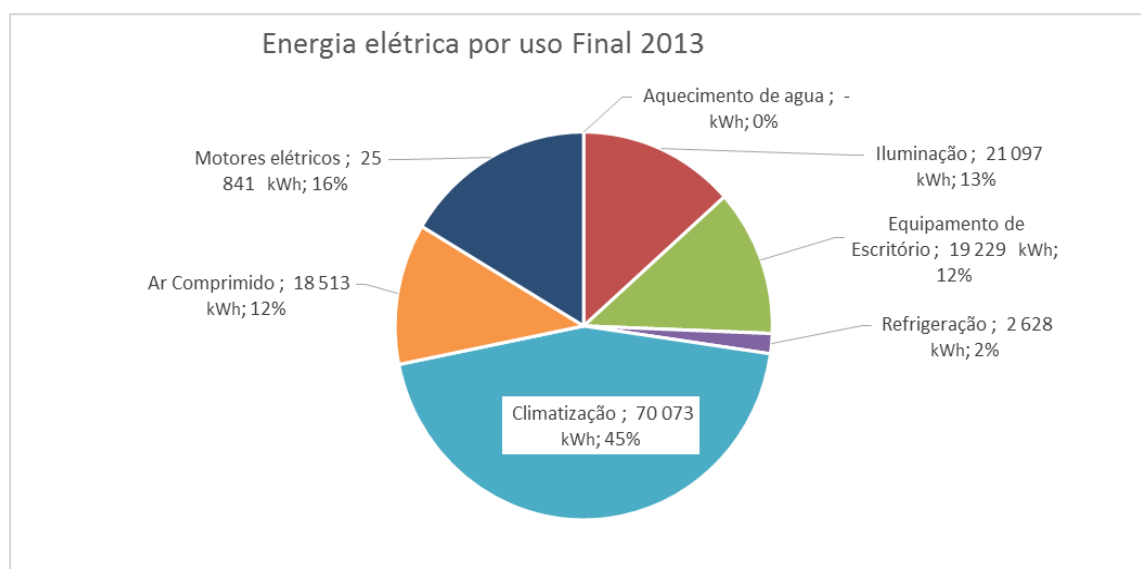


Figura 4-11: Consumo de energia por uso final, em kWh, nas instalações Vila Real 1 e Vila Real 2 para o ano de 2013.

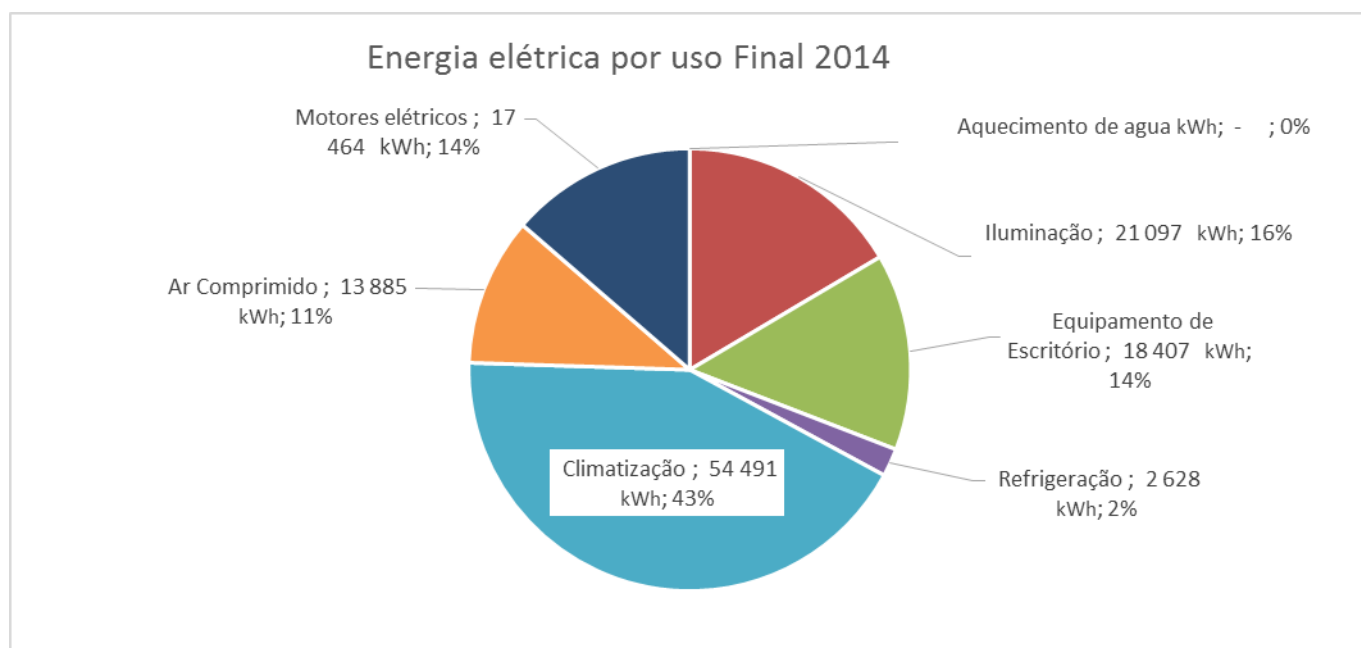


Figura 4-12: Consumo de energia por uso final, em kWh, nas instalações Vila Real 1 e Vila Real 2 para o ano de 2014.

A diferença de horários de funcionamento entre os anos de 2013 e 2014 apresenta-se na Tabela 4-3.

Tabela 4-3: Horas de Funcionamento de Equipamentos de Climatização e Motores Elétricos.

Local	Tipo de Equipamento	Horas de Funcionamento diário		Diferença Horária
		2013	2014	
Escritório	AC	7,5	6,0	- 1,5
Escritório	Aquecedor individual	4,5	3,8	- 0,8
Oficina	Compressor de ar	3,0	2,3	- 0,8
Oficina	Motor elétrico 1	3,0	1,9	- 1,1
Oficina	Motor elétrico 2	3,0	1,9	- 1,1
Oficina	Macaco elétrico	1,5	1,1	- 0,4
Oficina	Bomba	1,8	1,2	- 0,6
Oficina	AC	7,5	6,0	- 1,5
Oficina	Aquecedor individual	6,0	4,5	- 1,5
Gare	AC	7,5	5,3	- 2,3
Gare	Aquecedor individual	5,3	3,0	- 2,3

Como resultado da simulação, observa-se que, para se verificar o decréscimo de energia elétrica entre os anos de 2013 e 2014, é necessário uma diminuição média de 1 hora e meia por

dia para equipamentos de climatização e menos de 1 hora por dia para os equipamentos motores elétricos, compressores e bomba de água.

Tabela 4-4: Desvio de Energia consumida Real e simulada para o ano de 2013 e 2014 para Vila Real 1 e Vila Real 2.

Energia (kWh)	2013	2014
Real	157 930	128 011
Simulação	157 380	127 972
Desvio	0,35%	0,03%

O desvio da simulação encontra-se abaixo de 1% em ambas os anos de análise. Como referido, apenas foram analisadas diferenças de horários em determinados equipamentos, podendo ainda existir variações no horário de funcionamento de iluminação como consequência de condições climatéricas. Contudo, não é possível contabilizar com certeza essas diferenças de funcionamento de iluminação, pelo que não foram consideradas.

4.3 Ar comprimido

O sistema de ar comprimido nas instalações do CO Vila Real 2 compreende um compressor Atlas Copco de 13,2 kW, um sistema de refrigeração por ventilação de 11 kW, um reservatório de ar comprimido de 0,5 m³ e tubagem de distribuição de ar comprimido de 140 m.

O sistema de Ar comprimido opera a pressões entre 11 bar e 18 bar, o compressor liga quando a pressão do tanque atinge 11 bar e desliga quando a pressão atinge 18 bar. Esse processo de funcionamento demora cerca de 7 minutos a realizar, resultando numa energia média consumida por bar de aumento de pressão no tanque de 0,4 kWh/bar.

Como aparelhos de medição no sistema de ar comprimido, existe um contador de horas de funcionamento do compressor, um medidor de pressão do tanque e vários reguladores de pressão nos pontos de utilização de ar comprimido.

Os usos de ar comprimido das instalações consistem em:

- Enchimento de pneus;
- Apoio ao sistema de sucção e distribuição de óleos e lubrificantes;
- Sistema hidráulico de elevação de veículos;
- Ferramentas pneumáticas de apoio à oficina (substituição de pneus, pintura, montagem de peças);
- Sistema de lavagem de veículos.

Das utilizações acima mencionadas, a que apresenta necessidade de maior pressão de ar no ponto de entrega é a do sistema hidráulico de elevação de veículos, com cerca de 18 bar. Os restantes usos de ar comprimido situam-se entre 5 bar e 12 bar.

Para a verificação de fugas no sistema de ar comprimido foram realizadas leituras em dias de inatividade da garagem. Durante 2 fins-de-semana foram realizadas leituras de pressão sem nenhum uso do ar comprimido. Para diferenciar o local onde ocorrem as fugas, cada evento de leitura teve duas fases, uma primeira com ar comprimido em todo o sistema, tanque e tubagem, e um segundo em que a tubagem foi desconectada do tanque.

Como se pode observar na Figura 4-13, existem perdas de ar comprimido devido a fugas na instalação. As fugas em todo o sistema, series 1.1 e 2.1, variam entre 1,3 bar por hora e 1,4 bar por hora. As perdas no tanque, 1.2 e 2.2, mais precisamente do manómetro, são de 0,4 bar por hora. As séries 1 (1.1 e 1.2) e 2 (2.1 e 2.2) foram calculadas com base em gamas diferentes de pressão, de modo a perceber o impacto da pressão na velocidade das perdas de ar no sistema. Na gama de pressões analisadas, de 16,5 bar a 15,0 bar e 15,2 bar a 14,0 bar existiu uma variação de quebra de pressão de 0,1 bar por hora. Sendo a diferença de gamas de pressão cerca de 1 bar, a diferença de 0,1 bar representa uma diferença de cerca de 10% por cada bar. Contudo, o valor de 0,1 bar encontra-se dentro da margem de erro de leitura do manómetro de pressão instalado no tanque, o que não permite retirar conclusões acerca do impacto da pressão na velocidade das perdas de ar no sistema.

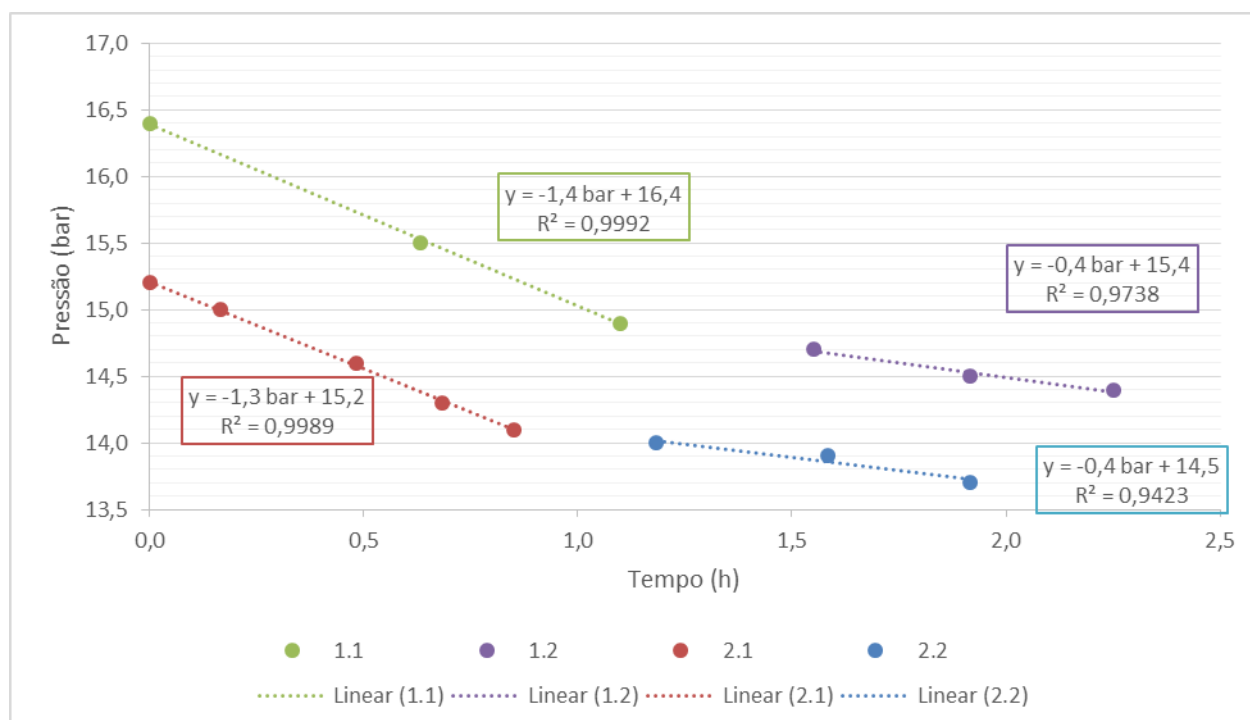


Figura 4-13: Perda de pressão no sistema de ar comprimido devido a fugas.

4.4 Indicadores de Eficiência Energética

Nesta secção faz-se referência dos Indicadores de Eficiência Energética (IEE) relativos às instalações da Rodonorte-Transportes Portugueses. Os IEE serão apresentados em grupos, que se reportam a localizações que apresentam a mesma função. Deste modo, os indicadores de eficiência energética serão divididos entre CO e Bilheteiras. O cálculo dos indicadores teve por base os consumos de eletricidade individuais de cada local, relacionados com a quantidade de bilhetes vendidos, a receita faturada, a energia consumida por dia e a área de cada local (no caso de CO e das Bilheteiras de Vila Real 1 e Porto). Com os resultados obtidos é possível comparar o comportamento dos locais em termos de eficiência energética.

4.4.1 IEE energia elétrica por passageiro transportado

Na Figura 4-14 é possível observar o IEE de Energia anual, em kWh, por passageiro transportado nesses locais. Pela análise dos dados expostos é possível observar que o local que apresenta melhor desempenho neste IEE é a Bilheteira de Guimarães, pois neste local a energia consumida nos anos de 2013 e 2014 foi apenas cerca de 95 kWh em cada ano. Neste local existe apenas uma Bilheteira de pequenas dimensões incorporada no terminal de passageiros de Guimarães, associando um baixo consumo de energia e um elevado número de passageiros transportados, o que leva a que o IEE de energia por passageiro da Bilheteira em Guimarães seja o que apresenta o melhor resultado.

O pior desempenho deste indicador para Bilheteiras é atribuído a Viseu, com um valor de 0,41 kWh por passageiro no ano de 2013 e 0,36 kWh por passageiro em 2014. Embora este local seja também uma Bilheteira incorporada dentro do terminal de passageiros, apresenta consumos de eletricidade em média de 2 000 kWh por ano, e cerca de metade de passageiros transportados em relação a Guimarães, o que faz com que este local seja o que apresenta o pior desempenho neste IEE. No mesmo local verificou-se uma melhoria deste indicador do ano 2013 para 2014, pois a eletricidade consumida diminuiu e o número de passageiros aumentou.

A bilheteira de Lisboa 2, embora não apresente o pior desempenho, sofreu um aumento de 0,08 kWh por passageiro para 0,22 kWh, significando um aumento superior a 160%. O número de passageiros diminuiu. Contudo, o consumo de eletricidade aumentou em cerca de 160%. Este foi o fator que maior contribuiu para a degradação do desempenho deste IEE no ano de 2014.

Nos centros operacionais, os de Vila Real 2 e Bragança apresentam comportamentos semelhantes, com os valores mais elevados dentro desta tipologia de espaços, sendo que o CO de Bragança apresentou uma melhoria deste indicador com uma diminuição de 0,05 kWh por passageiro entre 2013 e 2014. O CO da Lixa dentro deste IEE apresenta o melhor resultado, embora tenha sofrido um aumento de 0,1 kWh por passageiro, diminuindo a diferença entre o CO da Lixa e os restantes CO.

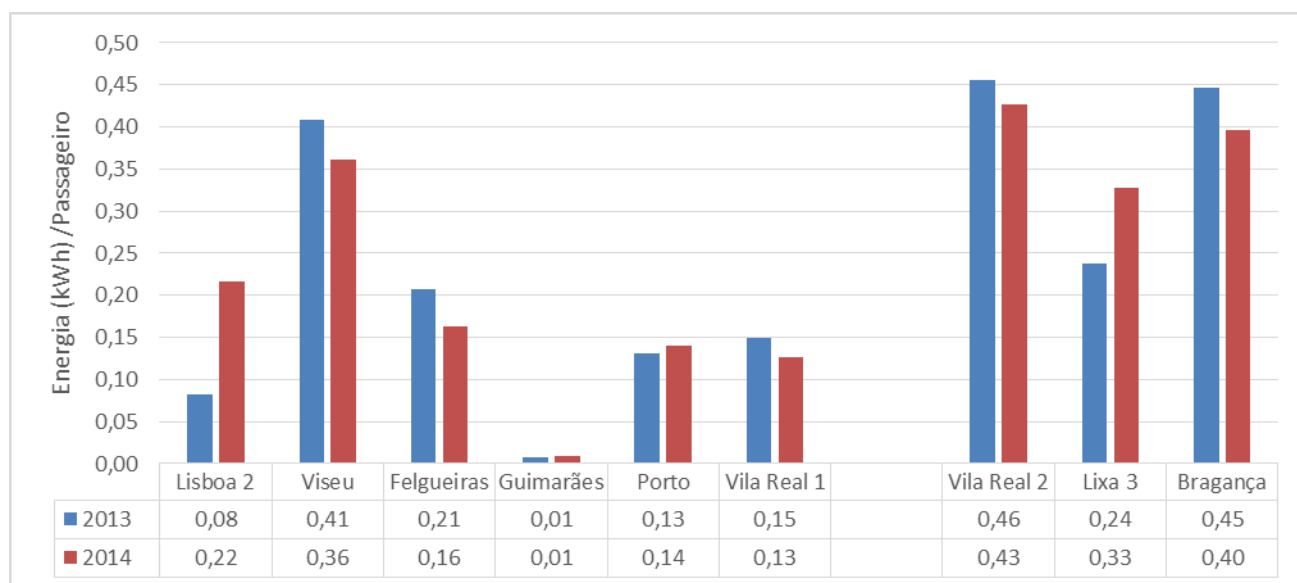


Figura 4-14: IEE Energia anual por passageiro em 2013 e 2014.

4.4.2 IEE energia elétrica por receita faturada

Na Figura 4-15 é possível observar o IEE de energia elétrica ativa, por receita faturada durante o período de análise de 2013 e 2014. Para este IEE, como para o IEE de Energia por passageiro, o local que apresenta o melhor comportamento é a Bilheteira de Guimarães, pelas mesmas razões expostas no caso anterior. Para Viseu, o IEE de energia por receita apresenta melhor resultado do que energia por passageiro devido ao preço médio do bilhete vendido ser mais elevado do que em outras Bilheteiras, como a de Felgueiras. Felgueiras apresenta o pior resultado neste IEE, com 0,07 kWh e 0,05 kWh por Euro faturado.

O CO que apresenta melhor IEE é o de Bragança com 0,06 e 0,05 kWh/€, sendo inferior aos valores de Vila Real 2 e Lixa. Bragança e Vila Real 2 apresentaram uma melhoria em 2014 devido principalmente à diminuição de energia consumida nesses locais. O CO da Lixa é o que apresenta pior resultado de todas as instalações da empresa, e registou um aumento significativo de 0,11 para 0,15 kWh/€, causado pelo aumento de consumo em 26% de eletricidade entre 2013 e 2014.

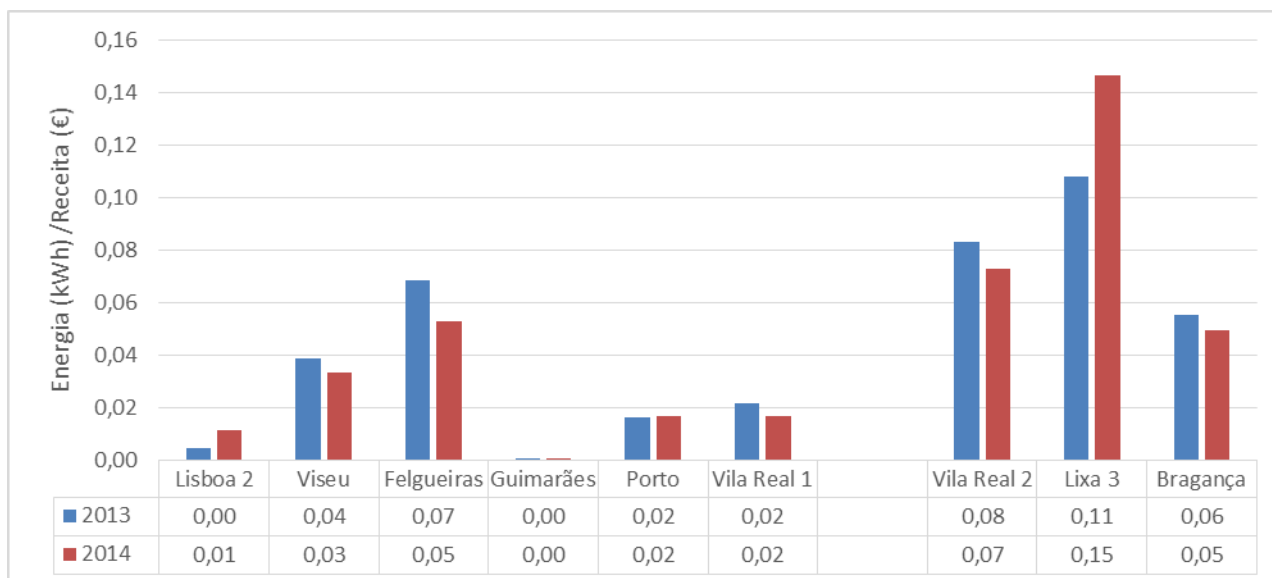


Figura 4-15: IEE Energia anual por receita em 2013 e 2014.

4.4.3 IEE Energia elétrica por dia

Na Figura 4-16 apresentam-se os resultados do IEE de Energia elétrica consumida por dia nos anos de 2013 e 2014. Ao observar os indicadores, é possível perceber quais os CO que apresentam os valores mais elevados deste IEE. Tal seria de esperar, pois o tipo de operações realizadas e potências instaladas favorecem a existência de valores mais elevados.

Resumindo: dentro dos CO, o que apresenta melhor desempenho é o CO de Bragança, que também apresentou uma melhoria entre os dois anos de análise. O local com pior desempenho é o CO de Vila Real 2, com valores de 338 kWh/dia e 304 kWh/dia. Como referido anteriormente, este local apresenta uma maior densidade de funções (administrativas, manutenção e parque de estacionamento, estação de abastecimento).

Nas Bilheteiras, em 2013, a bilheteira que obteve pior IEE de energia por dia foi a de Vila Real 1 com um valor de 80,83 kWh/dia. Contudo uma diminuição de energia consumida em Vila Real 1 leva a que o IEE tenha diminuído para 65,87 kWh/dia, valor inferior ao Bilheteira do Porto de 71,55 kWh/dia. Lisboa 2, como referido em IEE anteriores, entre o ano de 2013 e 2014 apresentou o pior desempenho, com um aumento de 9,75 kWh/dia para 25,25 kWh/dia.

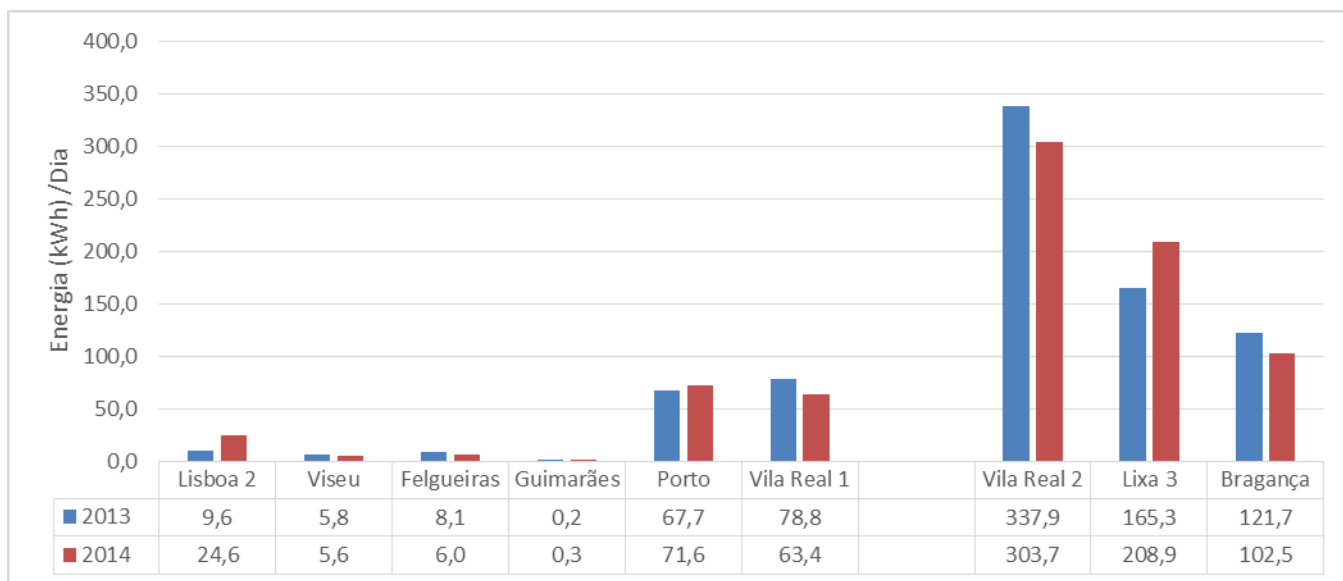


Figura 4-16: IEE Energia anual por dia em 2013 e 2014.

4.4.4 IEE Energia por área

Este IEE apenas foi analisado para os cinco locais com maior consumo de energia elétrica, todos os CO e as Bilheteiras do Porto de Vila Real 1. Na Figura 4-17, estão apresentados os IEE de energia elétrica consumidos por área (kWh/m²). Neste IEE os locais de Bilheteira apresentam os valores com pior resultado relativamente aos CO. Este fato é justificado pela baixa área de implementação dos locais de Bilheteira e o tipo de uso destas áreas. Nas Bilheteiras, a maior parte da área é interior com necessidade de iluminação e climatização. O Porto é o local que apresenta pior desempenho neste indicador, pois este local tem uma área pequena e uma insuficiente iluminação natural, o que não permite desligar a iluminação artificial nos períodos de funcionamento do local. Já no caso de Vila Real 1, a gare de passageiros tem uma elevada área e iluminação natural, o que permite que na maior parte do tempo de operação não seja necessária a iluminação artificial, sendo apenas necessária na área de espera, frequentada pelos passageiros, casa de banho e bilheteira, a qual, devido à sua área reduzida, quando comparada com a gare, não necessita de elevada potência instalada para iluminação.

Nos CO, a maior área contemplada é a das oficinas e parque de estacionamento, sendo que este durante a maior parte do horário laboral não necessita de iluminação ou climatização.

Embora os consumos de energia nos CO sejam mais elevados que nas Bilheteiras do Porto e Vila Real 1, a elevada área e o tipo de uso e construção leva a que este IEE tenha melhores resultados nos CO.

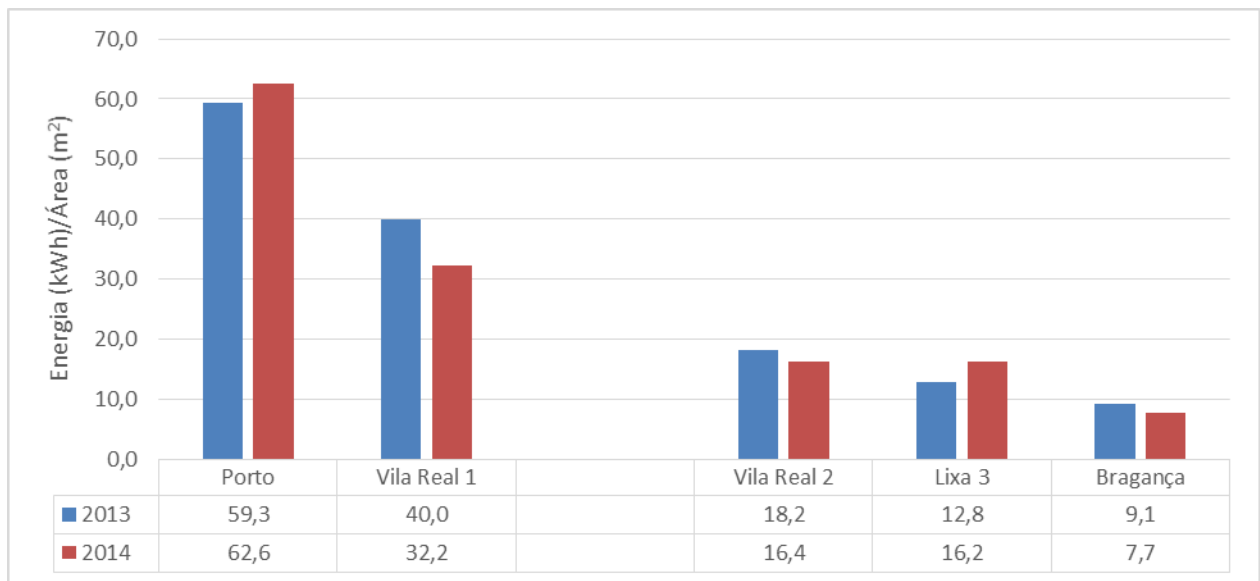


Figura 4-17: IEE Energia anual por área em 2013 e 2014.

4.5 Medidas de Eficiência Energética

4.5.1 Adequação da potência contratada

A bilheteira do Porto é o local, dentro da categoria de Bilheteira, que apresenta a maior potência instalada. Pelo levantamento dos equipamentos existentes nesse local e com a utilização da ferramenta disponibilizada pela ERSE, Simulador de Potência [37], é possível observar que seria possível a redução da potência contratada de 20,7 kVA para 13,8 kVA. Essa diminuição significa uma redução de preço diário da potência contratada de 0,74 € para 0,49 €, mantendo o atual fornecedor de energia [38]. Essa diminuição significaria uma poupança de 90 € por ano a custo zero.

4.5.2 Término de contratos sem consumo

Como foi referido, os locais de suporte Lixa 1 e Lixa 2, não desempenham nenhuma função relacionada com a atividade da empresa. O fim desses contratos significa uma poupança anual de 100 € por ano, sem nenhum investimento.

4.5.3 Ar Comprimido

No caso do ar comprimido, existem perdas de ar no sistema, como foi apontado na Secção 4.3. As perdas de ar comprimido de 1,3 a 1,4 bar por hora.

Na Tabela 4-5 apresentam-se os valores de energia consumida e custo associado pelo compressor de ar por perdas do sistema de ar comprimido. Por ano, estão a ser consumidos 4 770 kWh correspondentes a 468 € por perdas de pressão. Com a eliminação das perdas de ar será possível diminuir ou eliminar os gastos associados.

Tabela 4-5: Energia e custo associado a perdas de ar comprimido [38, 39].

Tipo tarifário	Inverno		Verão		Custo €/kWh	Horas h	Pressão/dia bar	Pressão/ano bar	Energia/ano kWh	Custo/ano €
Ponta	09:00	10:30	10:30	13:00	0,1224 €	4:00	5,4	1 971	795	97 €
	18:00	20:30	19:30	21:00						
Cheias	08:00	09:00	08:00	10:30	0,1101 €	10:00	13,5	4 928	1 987	219 €
	10:30	18:00	13:00	19:30						
	20:30	22:00	21:00	22:00						
Vazio Normal	06:00	08:00	06:00	08:00	0,0829 €	6:00	8,1	2 957	1 192	99 €
	22:00	02:00	22:00	02:00						
Super vazio	02:00	06:00	02:00	06:00	0,0668 €	4:00	5,4	1 971	795	53 €
Total							32,4	11 826	4 770	468 €

4.5.4 Correção do Fator de Potência

Correção do fator de potência consiste em produzir, na própria instalação, a potência reativa necessária pelos equipamentos da mesma, de modo a obter um fator de potência aceitável que não seja faturado como energia reativa [35]. Como referido na Secção 4.1.3, a energia reativa faturada no ano de 2013 foi de 718 € e em 2014 de 880 €. Com a diminuição total de energia reativa faturada será possível diminuir ou eliminar os custos associados a essa faturação.

Como demonstrado na Figura 4-9 e Figura 4-10, durante o período de análise no mês de março a abril, as potências reativas registadas encontram-se maioritariamente até 15 kVAr. O valor de tangente φ , valor para determinação do valor do tarifário, encontra-se principalmente no Escalão 3, o de maior valor tarifário.

Na Figura 4-18 representa-se o princípio de funcionamento da correção do fator de potência. Para corrigir o fator de potência e evitar a faturação de energia reativa na instalação de Vila Real 2 será necessário a instalação de baterias condensadoras para produzir, nas próprias instalações, a potência reativa.

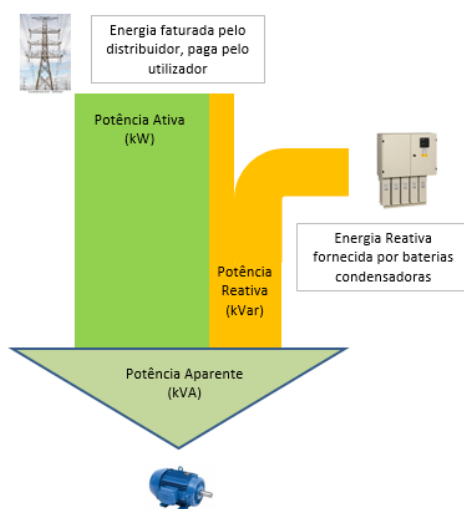


Figura 4-18: Princípio da correção do fator de potência.

Para a correção do FP e a diminuição do valor de tangente φ para valores inferiores a 0,3 (limite inferior de faturação) é necessária a diminuição do valor de tangente φ em 0,48 para o valor mais elevado registado. Uma diminuição do valor de tangente φ implica a instalação de baterias de condensadores de uma potência reativa de 11,19 kVAr. Não sendo possível obter um orçamento de instalação de baterias condensadoras, foram considerados os valores indicativos presentes em (Santos, 2006) [35]. O valor mais próximo deste valor de potência corresponde a uma bateria condensadora de 10 kVAr ou 12,5 kVAr, com um investimento de 848 € e 896 € respetivamente. Como a faturação do ano 2014 foi de **880 €**, o período de retorno de investimento seria de cerca de um ano.

Tendo um período retorno atrativo, esta medida de correção do FP deve ser considerada. De modo a complementar a informação já recolhida, deve ser realizado um estudo de qualidade de energia elétrica no edifício para determinar se as baterias condensadores devem ser ligadas no quadro geral (Correção Global); ligadas num setor em quadros parciais (Correção Sectorial); ou ligadas diretamente às cargas onde é necessária a potência reativa (Correção Local) [35].

4.5.5 Análise EnergyPlus

Na análise EnergyPlus do edifício de escritórios do CO de Vila Real 2 foram desenvolvidos vários cenários de aplicação de medidas corretivas à situação atual. Na Tabela 4-6 estão enumerados os modelos desenvolvidos e medidas aplicadas.

Tabela 4-6: Modelos EnergyPlus

1.1	Atual
1.2	Substituição de janelas
1.3	Substituição de iluminação por LED
1.4	Isolamento térmico envolvente opaca
1.5	Instalação de permutador de calor na saída de ar
1.6	Isolamento térmico, janelas, iluminação, instalação de permutador de calor na saída de ar
2.1	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados
2.2	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados, substituição de janelas
2.3	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados, substituição de iluminação por LED
2.4	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados, isolamento térmico envolvente opaca
2.5	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados, instalação de permutador de calor na saída de ar
2.6	Instalação de AC em todos os locais atualmente climatizados, isolamento térmico, substituição de janelas, iluminação, permutador de calor
3.1	Substituição do Sistema de AC por bomba calor geotérmico
3.2	Substituição do Sistema de AC por bomba calor geotérmico, substituição de janelas
3.3	Substituição do Sistema de AC por bomba calor geotérmico, substituição de iluminação por LED
3.4	Substituição do Sistema de AC por bomba calor geotérmico, isolamento térmico envolvente opaca
3.5	Substituição do Sistema de AC por bomba calor geotérmico, instalação de permutador de calor na saída de ar
4.1	Instalação de bomba de calor geotérmico em todos os locais
4.2	Instalação o de bomba de calor geotérmico em todos os locais, substituição de janelas
4.3	Instalação de bomba de calor geotérmico em todos os locais, substituição de iluminação por LED
4.4	Instalação de bomba de calor geotérmico em todos os locais, isolamento térmico envolvente opaca
4.5	Instalação de bomba de calor geotérmico em todos os locais, instalação de permutador de calor na saída de ar

Para verificar se os parâmetros definidos para a simulação EnergyPlus de base representam a situação real, e atendendo a que existe uma discrepância de valores de consumo de eletricidade entre os anos de 2013 e 2014, para esta simulação foi realizada uma média de consumos anuais

dos dois anos para ser comparada com os valores obtidos na simulação. Segundo o método de calibração ASHRAE 14-2002 [40], o valor de EQM ⁴, que indica a qualidade de previsão do modelo, deve ser inferior a 15%. Na simulação realizada esse valor foi de 11,4%. Ainda que o valor se encontre próximo do valor máximo admitido, o modelo foi considerado como representativo da situação atual. Na Figura 4-19 apresentam-se os valores de energia reais e os valores obtidos na simulação. Existe uma discrepância de valores principalmente durante os meses que requerem recurso a aquecimento. Este desvio deve-se à dificuldade de recriação, no modelo, da variedade de equipamentos de aquecimento que existem nas instalações.

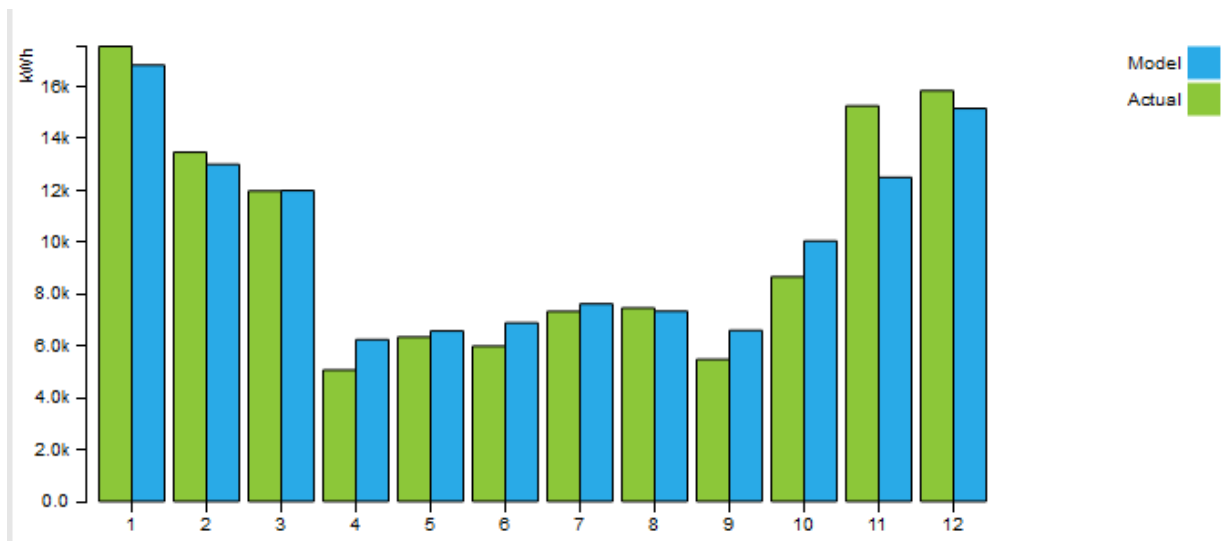


Figura 4-19: Energia consumida atual e energia calculada pela simulação.

Para os modelos desenvolvidos foram consideradas as seguintes medidas corretivas em ordem a obter maior eficiência energética:

- Substituição de janelas

Para a simulação, toda a área envidraçada do edifício foi substituída por janelas da definição do OpenStudio para edifícios de escritórios construídos em 2009. Esta área envidraçada passaria a ter um valor de condutividade de 0,009 W/(m.K). Para determinar o investimento necessário foi considerado um custo de 200 €/m², tendo por base o orçamento de uma obra semelhante que a Rodonorte realizou recentemente.

⁴ Erro Quadrático Médio

- Substituição de iluminação por LED

Atualmente o tipo de lâmpadas instaladas são tubular T8 de 36W de potência com balastros eletrónicos, esta iluminação iria ser substituída por lâmpadas LED de 18 W sem necessidade de balastros. Para a simulação, considerou-se que a iluminação de todos os locais analisados passaria a ser assegurada por lâmpadas LED.

- Isolamento térmico da envolvente opaca

Em termos térmicos, o isolamento da envolvente opaca foi substituído pela definição da aplicação OpenStudio para edifícios de escritórios construídos depois de 2009, com as características de materiais apresentados na Tabela 4-7.

Tabela 4-7: Características de materiais do isolamento térmico da envolvente opaca

	<i>Espessura</i>	<i>Condutividade</i>	<i>Densidade</i>	<i>Calor Específico</i>
	m	W/m.K	kg/m ³	J/kg.K
<i>1/2IN Gypsum</i>	0,0127	0,16	784,9	830
<i>1IN Stucco</i>	0,0253	0,6918	1858	837
<i>8IN Concrete HW 1</i>	0,2033	1,7296	2243	837
<i>Wall Insulation - 44</i>	0,1104	0,0432	91	837

Para determinar o investimento necessário, foi considerado um custo de 100 €/m², tendo por base o preço de aquisição de isolamento térmico atualmente praticado em Portugal.

- Instalação de permutador de calor na saída de ar

Neste cenário foi considerada a instalação de um equipamento de permuta de calor na saída de ar usado da área climatizada com as seguintes características indicadas na Tabela 4-8.

Tabela 4-8: Características do permutador de calor.

Tipo de permutador	Placa
Temperatura limite	1,7 °C
Eficiência sensível a 100% de caudal de aquecimento	76 %
Eficiência latente a 100% de caudal de aquecimento	68 %
Eficiência sensível a 75% de caudal de aquecimento	81 %
Eficiência latente a 75% de caudal de aquecimento	73 %
Eficiência sensível a 100% de caudal de arrefecimento	76 %
Eficiência latente a 100% de caudal de arrefecimento	68 %
Eficiência sensível a 75% de caudal de arrefecimento	81 %
Eficiência latente a 75% de caudal de arrefecimento	73 %

- Instalação de ar condicionado em todos os locais climatizados

Na situação atual, apenas as áreas de escritórios, sala de reuniões e escritório da oficina se encontram climatizadas com equipamento de ar condicionado, sendo que nos restantes espaços o controlo térmico realiza-se com recurso a termoventiladores e ventoinhas. Nesta simulação, foi considerada a expansão do sistema central de ar condicionado de modo a climatizar os espaços de forma uniforme.

- Substituição de sistema de ar condicionado por bomba de calor

Nesta simulação foi adicionado um sistema de circulação de água, um permutador de calor entre a água e solo, e para cada local uma bomba de calor água/ar.

Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 4-9. Pela análise dos resultados, verifica-se que a maioria dos investimentos apresenta um período de retorno bastante elevado. Deste modo, e para efeitos de seleção, vão ser analisados com mais detalhe os cenários que apontam para um período de retorno inferior a 5 anos. Com esta seleção apenas as medidas 1.3 e 1.5, substituição de iluminação por LED e instalação de um permutador de calor cumprem os critérios estabelecidos.

Tabela 4-9: Resultados da simulação EnergyPlus

Cenário	Energia	Poupança Energia	Investimento	Período de Retorno	TIR 10 anos	Índice de Rentabilidade 10 anos
	kWh	kWh	€	Anos	%	€
1.1	122 030	-	-	-	-	-
1.2	116 052	5 978	77 064 €	89,9	-26,0%	0,09 €
1.3	115 543	6 487	3 000 €	3,2	27,7%	2,33 €
1.4	111 000	11 030	280 281 €	177,2	-31,9%	0,05 €
1.5	114 682	7 349	2 000 €	1,9	54,8%	4,38 €
1.6	96 854	25 177	285 281 €	79,0	-24,7%	0,11 €
2.1	142 469	- 20 439	18 000 €	-	-	- 1,35 €
2.2	135 916	- 13 885	95 064 €	-	-	- 0,48 €
2.3	134 161	- 12 131	95 064 €	-	-	- 0,15 €
2.4	136 417	- 14 387	298 281 €	-	-	- 0,06 €
2.5	130 033	- 8 002	20 000 €	-	-	- 0,48 €
2.6	103 861	18 169	303 281 €	116,4	-28,3%	0,07 €
3.1	102 782	19 249	20 000 €	7,2	8,9%	1,15 €
3.2	99 037	22 994	97 064 €	29,4	-13,8%	0,28 €
3.3	95 603	26 427	23 000 €	6,1	12,9%	1,37 €
3.4	96 106	25 925	300 281 €	80,8	-24,9%	0,10 €
3.5	88 755	33 275	303 281 €	63,6	-22,5%	0,13 €
4.1	106 182	15 848	35 000 €	15,4	-4,8%	0,54 €
4.2	102 467	19 564	112 064 €	40,0	-17,5%	0,21 €
4.3	93 856	28 174	38 000 €	9,4	3,6%	0,88 €
4.4	100 169	21 862	315 281 €	100,6	-27,0%	0,08 €
4.5	89 318	32 712	318 281 €	67,9	-23,2%	0,12 €

No Cenário 1.3, o período de retorno de investimento é de 3,2 anos com uma taxa interna de retorno em 10 anos (TIR) de 27,7% e Índice de Rentabilidade de 2,33€ em 10 anos. Neste cenário foi ainda considerado um custo anual de 100 € para a substituição e manutenção do equipamento de iluminação. Na Figura 4-20 estão representadas as poupanças de eletricidade associadas à implementação do Cenário 1.3, referentes à substituição de iluminação nas instalações.

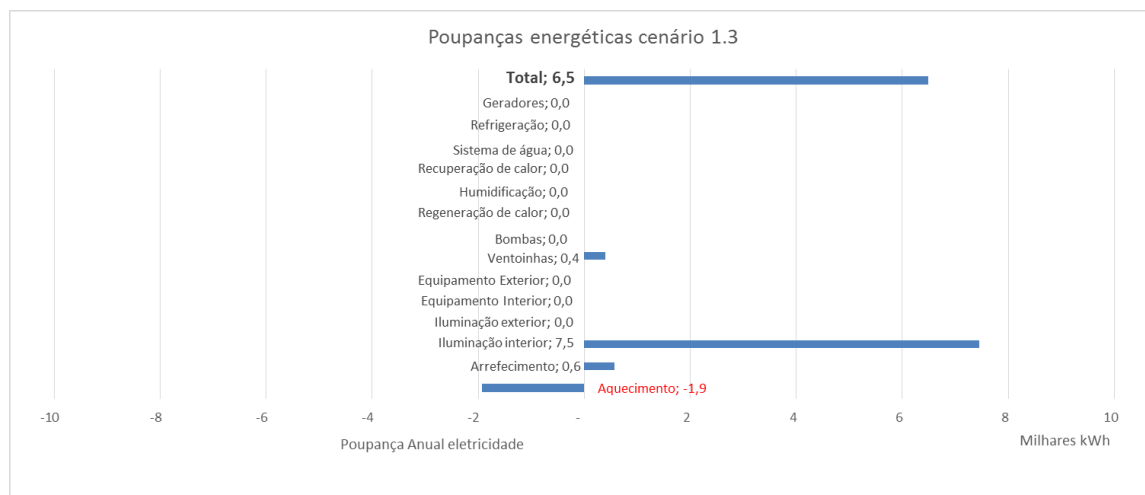


Figura 4-20: Poupança anual de eletricidade por tipo de consumo para o Cenário 1.3.

Como se pode observar pelos dados apresentados, e como seria de esperar, a maior poupança encontra-se na iluminação, com 7 500 kWh de poupança. Todavia, também se verificou uma diminuição de gastos energéticos no arrefecimento e ventilação de espaços, em 600 kWh e 400 kWh, respetivamente. Esta diminuição está associada à diminuição de calor gerado pela iluminação LED que no período de arrefecimento de espaços apresenta vantagens, pois não é necessário gerar tanta quantidade de arrefecimento para manter o conforto térmico. Já durante os períodos de aquecimento é necessário uma maior quantidade de calor para manter o conforto térmico e isso traduz-se num aumento de 1 900 kWh para aquecimento de espaços. Como resultado final, a poupança de energia apresenta um valor positivo de cerca de 6 500 kWh.

No Cenário 1.5, com a instalação de um permutador de calor entre a saída de ar e a entrada de ar, aponta para um período de retorno de investimento inferior a 2 anos, com um valor de TIR a 10 anos de 54,8% e um PI de 4,38€. Neste cenário não foi considerado nenhum valor anual de manutenção.

Na Figura 4-21 apresentam-se os resultados das poupanças energéticas associadas à implementação do Cenário 1.5. Verificou-se uma poupança energética no aquecimento da ordem dos 8 200 kWh. Contudo, registou-se um aumento do consumo de energia noutras utilizações. Os gastos energéticos associados ao arrefecimento aumentaram em 500 kWh e 300 kWh para a ventilação. Este aumento de energia pode estar associado à temperatura do ar de saída que faz aumentar as necessidades de arrefecimento do ar. O aumento de energia nestas situações não é muito elevado, pois apenas se verifica em curtos períodos do dia, por exemplo durante as primeiras horas de manhã, em que a temperatura interior é mais elevada que a temperatura do ar exterior.

Este cenário apresenta uma poupança total na ordem dos 7 300 kWh.

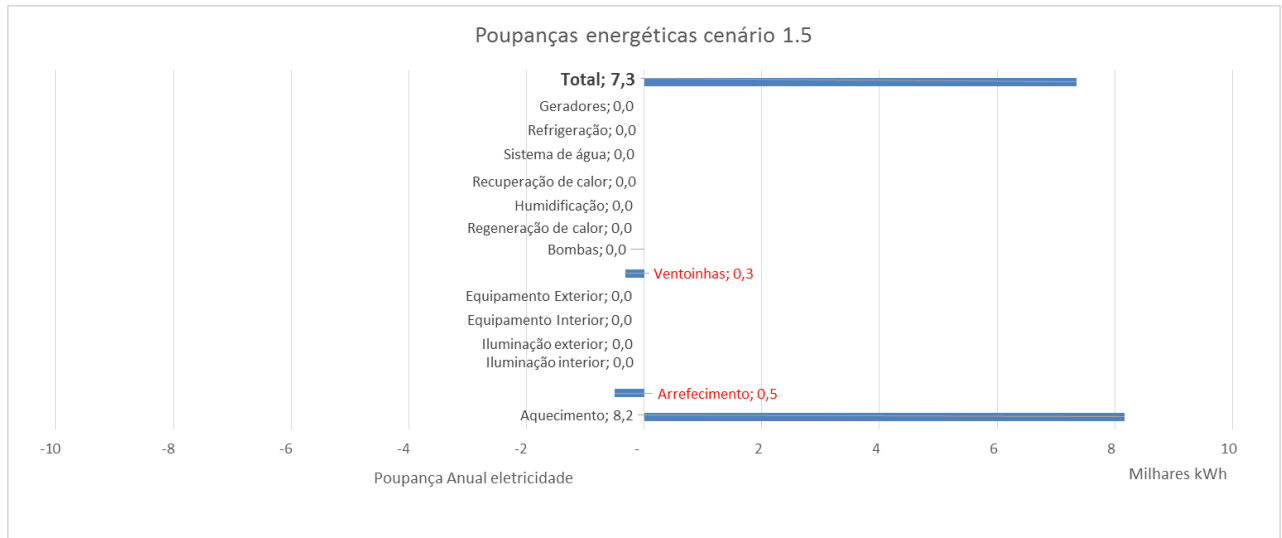


Figura 4-21: Poupança anual de eletricidade por tipo de consumo para o Cenário 1.5.

5 Conclusões

5.1 Síntese conclusiva

Com a aplicação de metodologias de recolha e tratamento de dados relativos ao consumo de energia elétrica nas instalações da Rodonorte e com a aplicação informática de simulação computacional EnergyPlus, associada à aplicação OpenStudio, foi possível determinar IEE para os vários locais da empresa e identificar os locais com maior potencialidade de aplicação de medidas de eficiência energética. Nas soluções apresentadas para obter melhorias em termos de eficiência energética, procurou-se seguir critérios de razoabilidade económica, do ponto de vista da empresa, com tempos de retorno de investimento inferiores a 5 anos.

No caso analisado, se se considerar: 1. a diversidade de instalações e os seus usos (a maioria das quais com problemas estruturais de construção, devido à ausência de preocupações de eficiência energética no período de construção); 2. a dispersão dessas mesmas instalações pelo país, em áreas que vão desde Bragança a Lisboa, situadas em variadas zonas bioclimáticas e correspondentes a diferentes necessidade de consumo de energia elétrica; 3. o facto de muitas dessas instalações poderem vir a ser desativadas a curto prazo e integradas em centrais rodoviários municipais (como é o caso de Vila Real e do Porto, entre outros), não pode o presente relatório avançar com propostas homogéneas, uniformes ou sequer muito inovadoras. Selecionado o CO de Vila Real 2, para aí foram estudadas opções de intervenção que se consideram realistas e viáveis.

É reconhecido que um dos maiores obstáculos à implementação de medidas de eficiência energética, quer em espaços domésticos, quer em instalações industriais ou de serviços, é a dificuldade em convencer as entidades responsáveis a investir capital em medidas passíveis de criar maiores níveis de eficiência, tendo em conta ganhos a longo prazo, com períodos de retorno de investimento por vezes muito elevados.

Acresce que, quando os valores são pouco significativos em relação aos custos energéticos gerais, como é o caso dos custos da eletricidade para a Rodonorte - Transportes de Portugal SA, em que esses valores assumiram, em 2014, um peso de cerca de 24 tep em 3 454 tep, essa resistência tenderia a ser maior. Por isso aponta-se para o desenvolvimento de soluções razoáveis, não deixando de ter em conta cenários possíveis que envolvem maior complexidade técnica.

5.2 Cumprimento dos objetivos

Assumindo-se que uma dissertação em Engenharia pretende testar o domínio teórico, metodológico e técnico de conhecimentos e de ferramentas, creio que os objetivos desta dissertação foram cumpridos. No caso presente, esses conhecimentos e procedimentos foram testados numa situação empresarial real. Esperava-se que o impacto final dos resultados, na empresa, fosse mais expressivo. Entende-se que ainda que o impacto das medidas sugeridas não conduza a poupanças muito relevantes, nem as soluções apresentadas requeiram grande complexidade técnica, este exercício revelou-se válido, quer no âmbito do projeto GALP 20-20-20, que cumpriu os seus objetivos, quer para a empresa. Esta viu-se confrontada com questões que mereciam uma análise mais profunda, adquiriu meios de medição de consumos mais rigorosos e procurou-se que os seus recursos humanos fossem levados a ponderar procedimentos e a refletir sobre o manejo de alguns equipamentos.

Em termos da FEUP, este trabalho contribuiu para o cumprimento de alguns dos seus objetivos: a transmissão e difusão de conhecimento, a transferência de saberes académicos para o meio empresarial e a contribuição, através de soluções técnicas qualificadas, para o cumprimento de objetivos estratégicos e de planeamento, não só nacionais, mas também europeus.

5.3 Outros Trabalhos Realizados

O conhecimento da Empresa, em termos de faturação, despesas, frota, missão e objetivos, bem como em termos de ferramentas de controlo já disponíveis, permitiu identificar uma outra área de racionalização energética com impactos mais elevados na Empresa: a da gestão de consumos de combustível pela sua frota de transporte. Numa lógica de eficiência energética, e tendo em vista uma baixa considerável na emissão de CO₂, através de desempenhos de uma frota de 133 autocarros, foi feita uma aproximação, durante o estágio, a esta área de consumo energético, correspondente, na Empresa, e em 2014, a 3 430 tep em 3 454 tep.

Tendo em vista um aumento da eficiência energética, o cumprimento dos objetivos programados pela UE e pelo Governo português, que procura aplicar as medidas previstas no PNAEE de 2016 e no PNAER 2020, e ainda a possibilidade de a Empresa vir a beneficiar dos incentivos fiscais e económicos aí previstos, procurou-se identificar caminhos para uma análise de consumos da frota da Rodonorte SA. Lembra-se que no setor dos Transportes, prevê-se, até 2020, uma poupança energética de 344 038 tep, incluindo os programas Eco Carro (TP1) Mobilidade Urbana (TP2) e Sistema de Eficiência Energética nos Transportes (TP3) [15].

Fazendo uso de um instrumento de gestão de frota existente na empresa, a Frotcom, o estágio permitiu a aproximação a um diagnóstico preliminar de alguns pontos críticos de consumo de combustível, com potencialidades de correção a custo zero.

A Frotcom é uma ferramenta de gestão de frotas, concebido para controlar as atividades dos veículos, comunicar com os condutores e conhecer os padrões de utilização das viaturas. O software funciona através de um sensor, colocado em cada veículo, ligado ao Can Bus, a centralina do veículo. Recolhe dados, que são enviados para uma base de dados central, sediada na Frotcom, onde se criam registos com base nos quais se produzem relatórios disponibilizados ao utilizador final.

O sensor mede e permite registar, entre muitos outros indicadores, os relativos à aceleração, travagem, rotações elevadas, velocidade, momentos de ignição do veículo, tempos de ralenti, km percorridos e velocidade média. A ferramenta permite ainda uma localização em tempo real do veículo, por GPS, e o acompanhamento e visualização da progressão da sua rota e estado: desligado, em movimento ou ao ralenti.

Em contacto com os relatórios produzidos sobre a parte da frota registada e monitorizada pela Frotcom (47 veículos, prestando serviços de Turismo e de Expresso, correspondentes a cerca de 1/3 da frota da Rodonorte) foi possível observar a emissão de mais de 2 000 alertas de tempos de ralenti superiores a 25 minutos emitidos desde janeiro de 2015. Alargada a pesquisa até novembro de 2014 (últimos dados disponíveis) verifica-se uma oscilação média de valores aparentemente acompanhando as estações do ano: mínimos na primavera; pontos médios no inverno e níveis mais elevados no verão. A falta de um histórico completo de dados impõe restrições ao tipo de conclusões retiradas.

Procedeu-se a uma análise mais pormenorizada, verificando-se que esses tempos de ralenti correspondiam, desde janeiro de 2015, a cerca de 1 200 horas, para o total da frota, o que, com base num consumo médio estimado, ao ralenti, de 3 litros de combustível/hora, equivaleria a um consumo de 3 500-3 600 litros de combustível. Estes dados merecem, um estudo mais detalhado, e colocam questões centrais do ponto de vista de consumos de energia e de custos para a Empresa e para o ambiente.

À partida, ações de informação e de sensibilização aos colaboradores da Empresa para este facto e para os custos energéticos envolvidos por esse procedimento apontam para a exequibilidade imediata de uma medida de potencial alta rentabilidade a custo zero.

Um cálculo rigoroso do custo/benefício de medidas que procurem diminuir os tempos de ralenti implica, no entanto, a análise de outras variáveis, nomeadamente:

- o consumo do veículo no arranque do motor, o qual, se repetido em excesso, aumentará os consumos médios gerais e as emissões de CO₂;
- o tempo necessário para a operacionalização plena do veículo;

- o tempo de climatização necessária do veículo, diferente em diferentes estações do ano, para garantir conforto térmico aos passageiros e aos colaboradores.

Anote-se que é de prever que estes dados variem de acordo com as características técnicas do veículo; o tipo de uso do veículo, definido em função dos serviços prestados (Turismo/ Redes Expressos) e em função dos operadores no terreno.

Tratando-se de uma análise preliminar dos dados disponíveis, a submeter a posteriores reavaliações e correções, esta aproximação permite apontar para uma poupança de gastos da ordem dos 3 500 €, com base num custo estimado de 1 € por litro. Sendo estes cálculos realizados entre janeiro e julho de 2015, e se não se contar com oscilações sazonais, que se sabe que existem, os consumos anuais seriam de cerca de 6 000 litros de combustível/ano (cerca de 6 000 €), considerando 30% da frota.

Estes valores brutos vão exigir um estudo pormenorizado que tenha em conta algumas variáveis, como por exemplo, o tempo de ralenti correspondente a paragens em semáforos, a paragens no tráfego, a paragem para embarque/ desembarque de passageiros; a períodos de manutenção do veículo. A análise deverá ainda ter em consideração a distribuição das ocorrências por intervalos de tempo ao ralenti, que justificariam medidas de correção diferenciadas e por tipo de rotas e horários.

A ferramenta poderá ser mais explorada, e pode permitir uma observação pormenorizada, por veículo, por condutor, por itinerário, por tempo médio de duração da viagem, e desenvolver uma análise de consumos tendo em conta outras variáveis: tipo de condução, velocidade média, tipo de percurso. O sistema poderá ainda passar a emitir alertas para o operador no terreno, avisando em situações previamente tipificadas.

O cruzamento dos dados disponibilizados pela Frotcom com outras bases de dados da Empresa, relativas a taxas de ocupação de veículos, custos por veículo e itinerário, rotas percorridas, incluindo o número de paragens estipuladas e a sua duração média; o valor faturado por rota e por tipo de serviço permitirá uma análise mais eficaz, de que resultarão ganhos substanciais e a custo zero, ou a custo muito controlado, para a Empresa.

O estudo dessas medidas apenas exige a utilização mais aprofundada de uma ferramenta já existente, o seu controlo mais sistemático e a inclusão, na análise, das variáveis já identificadas e de outras que se venham a revelar pertinentes. E isto mesmo sem recorrer a formas mais complexas de gestão de frota e de itinerários.

5.4 Recomendações

No que se refere à eficiência energética nas instalações da Rodonorte, tema central desta dissertação, considera-se que seria benéfica a aplicação das medidas apresentadas, nomeadamente as medidas com baixo retorno de investimento. Estas revelam um satisfatório potencial económico e energético. Quanto às medidas com maior retorno de investimento, estas permitiriam uma melhoria no comportamento térmico dos edifícios em estudo, o que aumentaria o conforto dos utilizadores e soluções de melhoria mais estruturantes para a empresa.

Recomenda-se, ainda que se venha a proceder, no futuro, a uma análise da qualidade da energia elétrica no edifício, para uma melhor avaliação da situação e para garantir a maximização do investimento.

Tendo em conta as medidas e os programas de incentivo associados à implementação de medidas de eficiência energética, em Portugal e na UE, recomenda-se a solicitação de uma Auditoria, e a candidatura da Empresa à apresentação de planos internos de melhoria de eficiência energética capazes de ser aprovados e cofinanciados. Esta seria uma mais-valia para a Empresa. Para tal procuraram-se sensibilizar os órgãos de administração da Empresa, que se revelaram, sempre, abertos a novas sugestões, colaborativos com as atividades de diagnóstico em curso e disponíveis a discutir a possibilidade de medidas de melhoria no futuro.

6 Referências Bibliográficas

- [1] União Europeia, "Ação climática," in *COMPREENDER AS POLÍTICAS DA UNIÃO EUROPEIA*, U. Europeia, Ed., ed, 2014.
- [2] IPCC, "Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change "Climate Change 2007-The Physical Science Baseis"", IPCC, Geneva, Switzerland 2008.
- [3] EUROSTAT, "Eurostat Yearbook 2012", Comissão Europeia, Bruxelas, 2012.
- [4] COMISSÃO EUROPEIA, "Plano de Eficiência Energética de 2011", 2011.
- [5] AEA, "Introdução à energia", Agência Europeia do Ambiente, Dinamarca, 2010.
- [6] European Commission. (2015), Acedido: (2015, Julho). *MEMO Transportes 2050: Principais desafios e medidas-chave*. URL: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-197_pt.htm
- [7] TÜV UK LTD., "ISO 50001 (EnMS)", TÜV UK LTD., Croydon, UK, 2014.
- [8] GALP. (2015), Acedido: (2015, Julho). *Programa Galp 20-20-20* URL: <http://www.galpenergia.com/PT/Sustentabilidade/Inovacao-Investigacao-Tecnologia/Paginas/Programa-Galp-20-20-20.aspx>
- [9] Rodonorte. (2008), Acedido: (2015, Maio). *Empresa*. URL: <http://www.rodonorte.pt/empresa.php>
- [10] Bart Wesselink, Robert Harmsen, and Wolfgang Eichhammer, "ENERGY SAVINGS 2020", Ecofys Fraunhofer ISI, 2010.
- [11] European Climate Foundation. Acedido: (2015, Agosto). *Roadmap 2050*. URL: <http://www.roadmap2050.eu/project/roadmap-2050>
- [12] J. Lassig and W. Riesner, "Energy efficiency benchmark for industrial SME," in *Smart Grid Technology, Economics and Policies (SG-TEP), 2012 International Conference on*, 2012, pp. 1-4.
- [13] Patrícia Pereira Bravo, "Análise custo-benefício de medidas de eficiência energética na FCT/UNL," Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.
- [14] *PNAEE 2008*, Diário da República, 1.ª série – N.º 97 – 20 de Maio de 2008 2008.
- [15] *PNAEE 2016*, Diário da República, 1.ª série – N.º 70 – 10 de abril de 2013, 2013.
- [16] N. Domingues, R. N. da Silva, and J. J. de Melo, "What is an effective energy tax system for Portugal?," in *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2010 9th International Conference on*, 2010, pp. 495-497.
- [17] Isabel Apolinario, Cristina Correia de Barros, Hugo Coutinho, Liliana Ferreira, Bruno Madeira, Paulo Oliveira, Artur Trindade, and Pedro Verdelho, "Promoting demand side management and energy efficiency in Portugal," in *Electricity Distribution - Part 1, 2009. CIRED 2009. 20th International Conference and Exhibition on*, 2009, pp. 1-4.
- [18] WBDG. (2015), Acedido: (2015, Setembro). *BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics)*. URL: <https://www.wbdg.org/tools/blast.php>
- [19] DOE-2. (2012), Acedido: (2015, Setembro). URL: <http://www.doe2.com/>

- [20] Drury B. Crawley, Linda K. Lawrie, Frederick C. Winkelmann, W. F. Buhl, Y. Joe Huang, Curtis O. Pedersen, Richard K. Strand, Richard J. Liesen, Daniel E. Fisher, Michael J. Witte, and Jason Glazer, "EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program," *Energy and Buildings*, vol. 33, pp. 319-331, 4// 2001.
- [21] Som Shrestha and Gregory Maxwell, "Empirical validation of building energy simulation software: EnergyPlus," in *12th Conference of International Building Performance Simulation Association Building Simulation 2011, BS 2011, November 14, 2011 - November 16, 2011*, Sydney, NSW, Australia, 2011, pp. 2935-2942.
- [22] S. Melki and M. Hayek, "Building simulation tools and their role in improving existing building designs," in *Advances in Computational Tools for Engineering Applications, 2009. ACTEA '09. International Conference on*, 2009, pp. 503-507.
- [23] D. Balsamo, G. Paci, L. Benini, and B. Davide, "Long term, low cost, passive environmental monitoring of heritage buildings for energy efficiency retrofitting," in *Environmental Energy and Structural Monitoring Systems (EESMS), 2013 IEEE Workshop on*, 2013, pp. 1-6.
- [24] C. Coeckelenbergh, K. Achten, and P. Baudin, "Optimizing Operational Energy Performance through Dynamic Computer Simulations," in *Energy 2030 Conference, 2008. ENERGY 2008. IEEE*, 2008, pp. 1-5.
- [25] DOE. (2015),Acedido: (2015, Julho). *EnergyPlus Energy Simulation Software*. URL: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- [26] PATRÍCIA MANUELA ALMEIDA SILVA, "Aplicação do Programa EnergyPlus como Ferramenta do Projecto de Comportamento Térmico de Edifícios de Habitação," Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Porto, 2010.
- [27] OpenStudio. (2015),Acedido: (2015, Agosto). *OpenStudio*. URL: <https://www.openstudio.net/>
- [28] U.S. Department of Energy. (2015),Acedido: (2015, Maio). *EnergyPlus Energy Simulation Software*. URL: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=PRT/cname=Portugal
- [29] Sketchup. (2015),Acedido: (2015, Julho). URL: <http://www.sketchup.com/>
- [30] NREL. (2015),Acedido: (2015, Julho). *Building Component Library*. URL: <https://bcl.nrel.gov/>
- [31] Helder Gonçalves and João Mariz Graça, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, 2004.
- [32] Pordata. (2015),Acedido: (2015, Julho). *Temperatura média do ar (média anual) em Portugal*. URL: [http://www.pordata.pt/Portugal/Temperatura+média+do+ar+\(média+anual\)-1067](http://www.pordata.pt/Portugal/Temperatura+média+do+ar+(média+anual)-1067)
- [33] Pordata. (2015),Acedido: (2015, Julho). *Temperatura máxima do ar no mês mais quente do ano (média mensal) em Portugal*. URL: [http://www.pordata.pt/Portugal/Temperatura+máxima+do+ar+no+mês+mais+quente+do+ano+\(média+mensal\)-1339](http://www.pordata.pt/Portugal/Temperatura+máxima+do+ar+no+mês+mais+quente+do+ano+(média+mensal)-1339)
- [34] gasNatural fenosa. (2012),Acedido: (2015, Julho). *Baterias de condensadores*. URL: <http://www.gasnaturalfenosa.pt/pt/negocio/contratacao/1297092617173/baterias+de+condensadores.html>
- [35] J. Neves dos Santos, "Compensação do Factor de Potência ", FEUP, Ed., ed, 2006.
- [36] ERSE, "INFORMAÇÃO SOBRE FACTURAÇÃO DE ENERGIA REACTIVA," ed, 2013.

- [37] ERSE. Acedido: (2015, Agosto). *Simulador de Potência*. URL: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/simuladores/simuladordepotenciaacontratar/Documentos/ERSEkw.html>
- [38] Gas Natural Fenosa. Acedido: (2015, Agosto). *Tarifas*. URL: <http://www.gasnaturalfenosa.pt/pt/negocio/1297127750924/tarifas.html>
- [39] ERSE, *Ciclo Horário* 2008.
- [40] ASHRAE, "ASHRAE Guideline 14-2002, Measurement of Energy and Demand Savings", 2002.
- [41] ERSE. (2009), Acedido: (2015, Junho). *Ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN em Portugal Continental*. URL: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/Ciclo diariofornecBTEBTNpt.aspx>

Anexos

Anexo I - Dados climáticos EnergyPlus

Site:Location,

BRAGANCA_PRT Design_Conditions, !- Location Name
 41.80, !- Latitude (N+ S-)
 -6.73, !- Longitude (W- E+)
 0.00, !- Time Zone Relative to GMT (GMT+/-)
 692.00; !- Elevation (m)

! WMO=085750 Time Zone=GMT: (GMT) Greenwich Mean Time : Dublin, Edinburgh, Lisbon, London

! Data Source=ASHRAE 2009 Annual Design Conditions

RunPeriodControl:DaylightSavingTime,
 Last Sunday in March, !- StartDate
 Last Sunday in October; !- EndDate

! Using Design Conditions from "Climate Design Data 2009 ASHRAE Handbook"

! BRAGANCA_PRT Extreme Annual Wind Speeds, 1%=8.5m/s, 2.5%=7.2m/s, 5%=6m/s

! BRAGANCA_PRT Extreme Annual Temperatures, Max Drybulb=-6 °C Min Drybulb=36.1 °C

! BRAGANCA_PRT Annual Heating Design Conditions Wind Speed=0.8m/s Wind Dir=310

! Coldest Month=JAN

! BRAGANCA_PRT Annual Heating 99.6%, MaxDB=-3.7 °C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Htg 99.6% Condns DB, !- Name
 1, !- Month
 21, !- Day of Month

WinterDesignDay,!- Day Type

-3.7, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

-3.7, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 , !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

0.8, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)

310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA_PRT Annual Heating 99%, MaxDB=-2.4° C
 SizingPeriod:DesignDay,
 BRAGANCA Ann Htg 99% Condns DB, !- Name
 1, !- Month
 21, !- Day of Month
 WinterDesignDay,!- Day Type
 -2.4, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)
 DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type
 , !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name
 Wetbulb, !- Humidity Condition Type
 -2.4, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 , !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 0.8, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)
 310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 , !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 , !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)
 0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA_PRT Annual Humidification 99.6% Design Conditions DP=>MCDB, DP=-7.7° C
 SizingPeriod:DesignDay,
 BRAGANCA Ann Hum_n 99.6% Condns DP=>MCDB, !- Name
 1, !- Month
 21, !- Day of Month
 WinterDesignDay,!- Day Type
 1.6, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)
 DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type
 , !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name
 Dewpoint, !- Humidity Condition Type
 -7.7, !- Dewpoint at Maximum Dry-Bulb (C)
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 , !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 0.8, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)
 310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 , !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)
0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA_PRT Annual Humidification 99% Design Conditions DP=>MCDB, DP=-5.8°C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Hum_n 99% Condns DP=>MCDB, !- Name

1, !- Month

21, !- Day of Month

WinterDesignDay,!- Day Type

1.9, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Dewpoint, !- Humidity Condition Type

-5.8, !- Dewpoint at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

0.8, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)

310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA_PRT Annual Heating Wind 99.6% Design Conditions WS=>MCDB, WS=10.5m/s

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Htg Wind 99.6% Condns WS=>MCDB, !- Name

1, !- Month

21, !- Day of Month

WinterDesignDay,!- Day Type

4.8, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

4.8, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

10.5, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)

310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 , !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 , !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)
 0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA_PRT Annual Heating Wind 99% Design Conditions WS=>MCDB, WS=9.1m/s

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Htg Wind 99% Condns WS=>MCDB, !- Name

1, !- Month

21, !- Day of Month

WinterDesignDay,!- Day Type

6.3, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

0.0, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

6.3, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

9.1, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 6.71 m/s (15 mph)

310, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAEClearSky, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

0.00; !- Clearness (0.0 to 1.1)

! BRAGANCA Annual Cooling Design Conditions Wind Speed=2.7m/s Wind Dir=270

! Hottest Month=JUL

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DB=>MWB) .4%, MaxDB=33.6° C MWB=18.4° C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg .4% Condns DB=>MWB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

33.6, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

18.4, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)

270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DB=>MWB) 1%, MaxDB=31.8°C MWB=18°C
 SizingPeriod:DesignDay,
 BRAGANCA Ann Clg 1% Condns DB=>MWB, !- Name
 7, !- Month
 21, !- Day of Month
 SummerDesignDay,!- Day Type
 31.8, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)
 DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type
 , !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name
 Wetbulb, !- Humidity Condition Type
 18, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 , !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DB=>MWB) 2%, MaxDB=30.1°C MWB=17.5°C
 SizingPeriod:DesignDay,
 BRAGANCA Ann Clg 2% Condns DB=>MWB, !- Name
 7, !- Month
 21, !- Day of Month
 SummerDesignDay,!- Day Type
 30.1, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)
 DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type
 , !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name
 Wetbulb, !- Humidity Condition Type
 17.5, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 , !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (WB=>MDB) .4%, MDB=30.4°C WB=19.7°C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg .4% Condns WB=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

30.4, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

19.7, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)

270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAETau, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (WB=>MDB) 1%, MDB=29.4°C WB=18.9°C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg 1% Condns WB=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

29.4, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

18.9, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (WB=>MDB) 2%, MDB=28.1 °C WB=18.2 °C

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg 2% Condns WB=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

28.1, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Wetbulb, !- Humidity Condition Type

18.2, !- Wetbulb at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)

270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAETau, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DP=>MDB) .4%, MDB=22.1 °C DP=16.3 °C HR=0.0126

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg .4% Condns DP=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

22.1, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Dewpoint, !- Humidity Condition Type

16.3, !- Dewpoint at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DP=>MDB) 1%, MDB=21.2°C DP=15.4°C HR=0.0119

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg 1% Condns DP=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

21.2, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Dewpoint, !- Humidity Condition Type

15.4, !- Dewpoint at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)

270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAETau, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (DP=>MDB) 2%, MDB=20.7°C DP=14.6°C HR=0.0113

SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg 2% Condns DP=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

20.7, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Dewpoint, !- Humidity Condition Type

14.6, !- Dewpoint at Maximum Dry-Bulb (C)

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (Enthalpy=>MDB) .4%, MDB=30.5°C Enthalpy=59000.0J/kg
 SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg .4% Condns Enth=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

30.5, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Enthalpy, !- Humidity Condition Type

, !- Wetbulb or Dewpoint at Maximum Dry-Bulb

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)

59000.0, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)

, !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)

93283., !- Barometric Pressure (Pa)

2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)

270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)

No, !- Rain (Yes/No)

No, !- Snow on ground (Yes/No)

No, !- Daylight Savings Time Indicator

ASHRAETau, !- Solar Model Indicator

, !- Beam Solar Day Schedule Name

, !- Diffuse Solar Day Schedule Name

0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)

2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (Enthalpy=>MDB) 1%, MDB=29.7°C Enthalpy=56200.0J/kg
 SizingPeriod:DesignDay,

BRAGANCA Ann Clg 1% Condns Enth=>MDB, !- Name

7, !- Month

21, !- Day of Month

SummerDesignDay,!- Day Type

29.7, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)

13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)

DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type

, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name

Enthalpy, !- Humidity Condition Type

, !- Wetbulb or Dewpoint at Maximum Dry-Bulb

, !- Humidity Indicating Day Schedule Name

, !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 56200.0, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

! BRAGANCA_PRT Annual Cooling (Enthalpy=>MDB) 2%, MDB=28.4°C Enthalpy=53800.0J/kg
 SizingPeriod:DesignDay,
 BRAGANCA Ann Clg 2% Condns Enth=>MDB, !- Name
 7, !- Month
 21, !- Day of Month
 SummerDesignDay,!- Day Type
 28.4, !- Maximum Dry-Bulb Temperature (C)
 13.8, !- Daily Dry-Bulb Temperature Range (C)
 DefaultMultipliers, !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Type
 , !- Dry-Bulb Temperature Range Modifier Schedule Name
 Enthalpy, !- Humidity Condition Type
 , !- Wetbulb or Dewpoint at Maximum Dry-Bulb
 , !- Humidity Indicating Day Schedule Name
 , !- Humidity Ratio at Maximum Dry-Bulb (kgWater/kgDryAir)
 53800.0, !- Enthalpy at Maximum Dry-Bulb (J/kg)
 , !- Daily Wet-Bulb Temperature Range (deltaC)
 93283., !- Barometric Pressure (Pa)
 2.7, !- Wind Speed (m/s) design conditions vs. traditional 3.35 m/s (7mph)
 270, !- Wind Direction (Degrees; N=0, S=180)
 No, !- Rain (Yes/No)
 No, !- Snow on ground (Yes/No)
 No, !- Daylight Savings Time Indicator
 ASHRAETau, !- Solar Model Indicator
 , !- Beam Solar Day Schedule Name
 , !- Diffuse Solar Day Schedule Name
 0.385, !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Beam Irradiance (taub)
 2.254; !- ASHRAE Clear Sky Optical Depth for Diffuse Irradiance (taud)

Anexo II - Características da envolvente opaca do edifício CO Vila Real

2

Tabela A-1: Características de materiais da envolvente opaca

Tipo	Espessura	Condutividade	Densidade	Calor Especifico
	m	W/(m.K)	kg/m ³	J/(kg.K)
1/2IN Gypsum	0,0127	0,16	784,9	830
1IN Stucco	0,0253	0,6918	1858	837
8IN CONCRETE HW RefBldg	0,2032	1,311	2240	836,8
Mass NonRes Wall Insulation-1.09	0,03299	0,049	265	836,8

Anexo III- Horários de funcionamento dos equipamentos

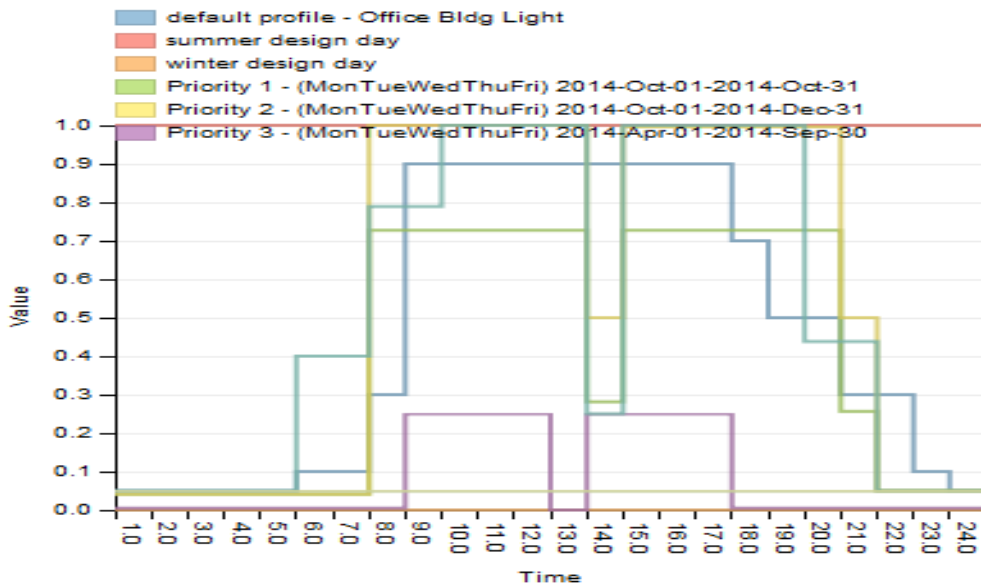


Figura A-1: Horário Iluminação Edifício de Escritório

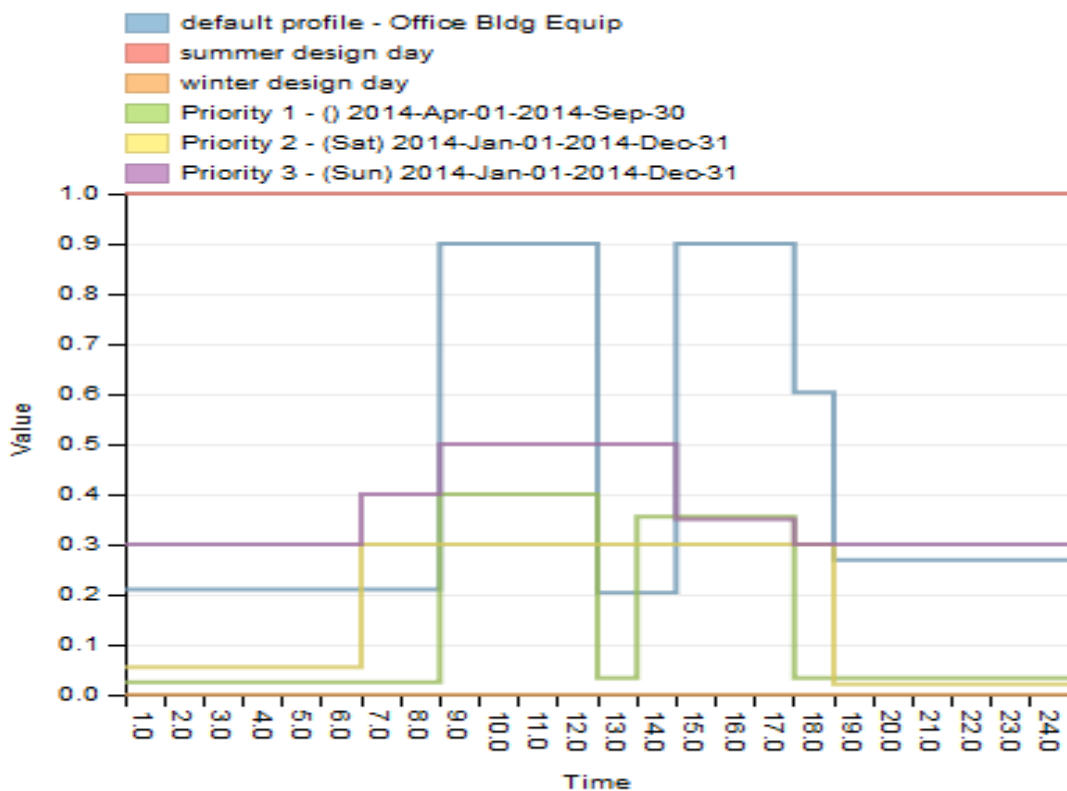


Figura A-2: Horário de Equipamentos de Escritório

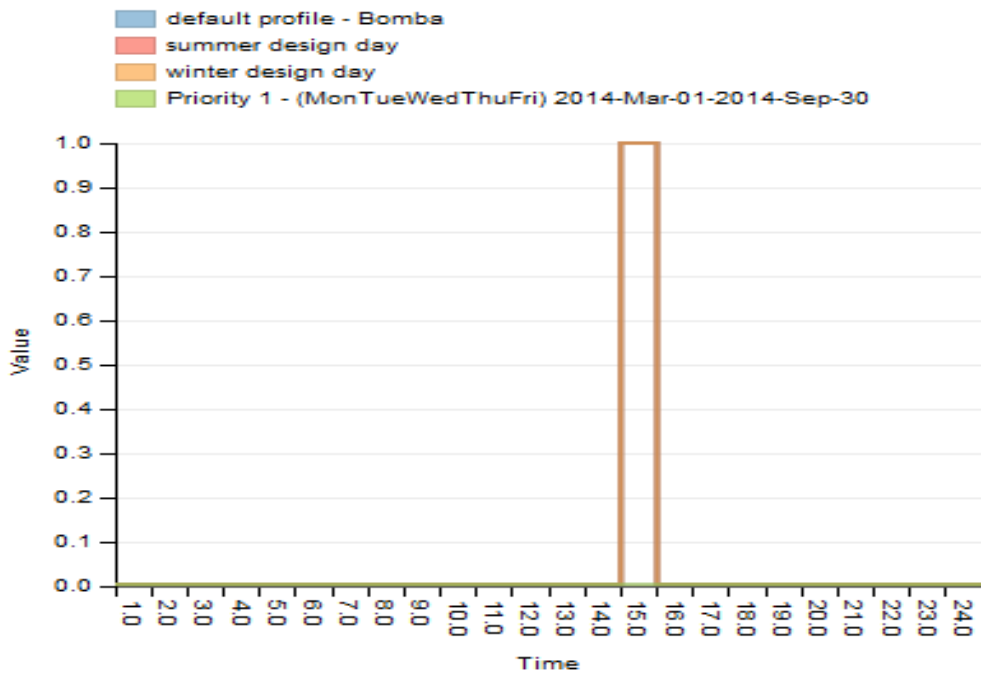


Figura A-3: Horário de Bomba⁵

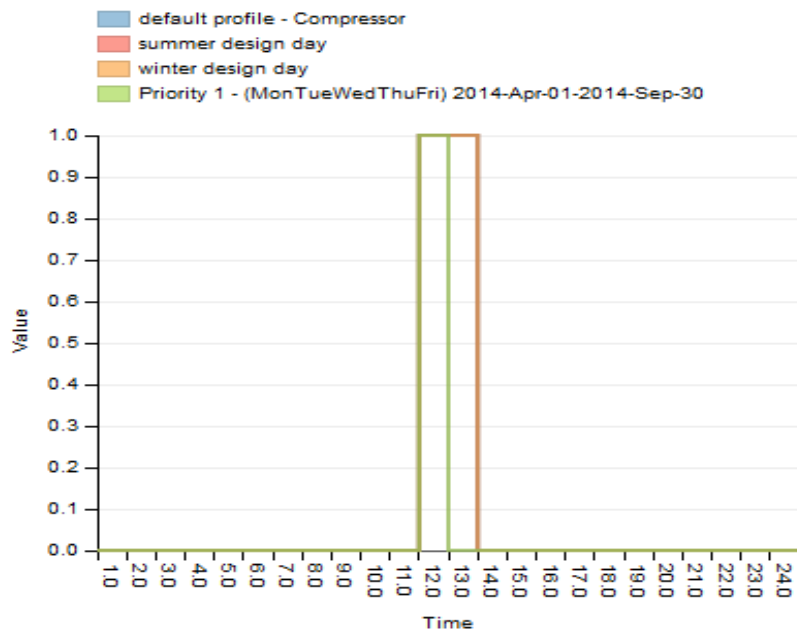


Figura A-4: Horário de Compressor/Motores Elétricos⁵

⁵ Os horários de funcionamento das bombas de água e compressor/motores elétricos foram comprimidos a uma única utilização diária, no mesmo escalão tarifário de utilização real.

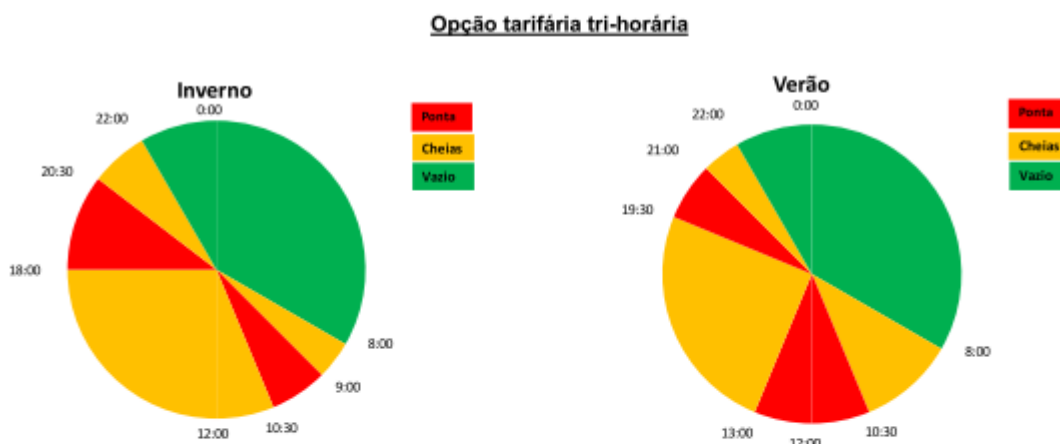
Anexo IV - Lista de equipamentos e respetivas potências do CO Vila Real

2

Tabela A-2: Equipamentos e potência Instalada

Local	Descrição	Quantidade	Potência	Potência
			Unitaria	Total
			kW	kW
Escritório	Lampadas CFL	80	0,036	2,88
Escritório	Balastos	80	0,0072	0,576
Escritório	Monitor/PC	15	0,3	4,5
Escritório	Impressora Principal	1	0,349	0,349
Escritório	Impressora Secundária	6	0,1	0,6
Escritório	Frigorífico	1	0,3	0,3
Escritório	Router	5	0,01	0,05
Escritório	AC	1	10	10
Escritório	Aquecedor individual	8	2,5	20
Oficina	Compressor de ar	1	24,2	24,2
Oficina	Motor elétrico 1	6	2,2	13,2
Oficina	Motor elétrico 2	5	2	10
Oficina	Macaco elétrico	2	1	2
Oficina	Bomba	2	5	10
Oficina	Lampadas CFL	20	0,036	0,72
Oficina	Balastos	20	0,0072	0,144
Oficina	Lampadas Sodio	5	0,3	1,5
Oficina	Monitor/PC	3	0,3	0,9
Oficina	AC	2	3	6
Oficina	Aquecedor individual	2	2	4
Gare	Lampadas CFL	20	0,036	0,72
Gare	Balastos	20	0,0072	0,144
Gare	Lampadas Sodio	10	0,3	3
Gare	Lampadas inca	5	1,5	7,5
Gare	Ventoinhas	5	1	5
Gare	Monitor/PC	5	0,3	1,5
Gare	Impressora Principal	1	0,349	0,349
Gare	Impressora Secundária	5	0,1	0,5
Gare	AC	1	1	1
Gare	Aquecedor individual	2	2	4
Total Escritório				39
Total Oficina				78
Total Gare				19
Total				136

Anexo V- Horários de tarifas de faturação da eletricidade



Ciclo diário tri-horário para BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio:	22.00/08.00 h	Vazio:	22.00/08.00 h

Figura A-5: Horários de tarifário tri-horário [39]

Ciclo diário para BTE e BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h	Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura A-6: Horário do tarifário BTE [41]

Anexo VI - Potência faturada no CO de Vila Real 2 nos anos de 2013 e 2014

Tabela A-3: Potências Faturadas em Vila Real 2 nos anos de 2013 e 2014

Início Faturação	Fim Faturação	Potencia Contratada	Potencia Contratada Ponta
		kW	kW
01-01-2013	12-01-2013	129	28,12
13-01-2013	12-02-2013	101	32,28
13-02-2013	12-03-2013	101	32,04
13-03-2013	12-04-2013	101	29,1
13-04-2013	27-04-2013	101	7,05
28-04-2013	31-05-2013	101	10,32
01-06-2013	12-07-2013	101	11,02
13-07-2013	12-08-2013	101	11,01
13-08-2013	12-09-2013	101	13,09
13-09-2013	12-10-2013	101	10,41
13-10-2013	12-11-2013	101	16,06
13-11-2013	12-12-2013	101	35,09
13-12-2013	12-01-2014	101	30,08
13-01-2014	12-02-2014	101	21,97
13-02-2014	12-03-2014	101	25,11
13-03-2014	12-04-2014	101	18,17
13-04-2014	12-05-2014	101	8,78
13-05-2014	12-06-2014	101	9,48
13-06-2014	12-07-2014	101	8,2
13-07-2014	12-08-2014	101	12,17
13-08-2014	12-09-2014	101	9,7
13-09-2014	12-10-2014	101	8,71
13-10-2014	12-11-2014	101	15,48
13-11-2014	12-12-2014	101	24,44
13-12-2014	12-01-2015	94	27,13

Anexo VII- Tempo de funcionamento dos equipamentos

Tabela A-4: Tempo de funcionamento de cada equipamento para os anos de 2013 e de 2014

Local	Descrição	Quantidade	Potência Unitaria kW	Potência Total kW	2013			2014		
					Horas h/dia	Energia dia kWh/dia	Energia Ano kWh/ano	Horas h/dia	Energia dia kWh/dia	Energia Ano kWh/ano
Escritório	Lampadas CFL	80	0,036	2,88	4,5	13	3 305	4,5	13	3 305
Escritório	Balastros	80	0,0072	0,576	4,5	3	661	4,5	3	661
Escritório	Monitor/PC	15	0,3	4,5	8,0	36	9 180	8,0	36	9 180
Escritório	Impressora Principal	1	0,349	0,349	12,0	4	1 068	12,0	4	1 068
Escritório	Impressora Secundária	6	0,1	0,6	6,0	4	918	6,0	4	918
Escritório	Frigorífico	1	0,3	0,3	24,0	7	2 628	24,0	7	2 628
Escritório	Router	5	0,01	0,05	24,0	1	438	24,0	1	438
Escritório	AC	1	10	10	7,5	75	19 125	6,0	60	15 300
Escritório	Aquecedor individual	8	2,5	20	4,5	90	22 950	3,8	75	19 125
Oficina	Compressor de ar	1	24,2	24,2	3,0	73	18 513	2,3	54	13 885
Oficina	Motor elétrico 1	6	2,2	13,2	3,0	40	10 098	1,9	25	6 311
Oficina	Motor elétrico 2	5	2	10	3,0	30	7 650	1,9	19	4 781
Oficina	Macaco elétrico	2	1	2	1,5	3	765	1,1	2	574
Oficina	Bomba	2	5	10	1,8	18	4 590	1,2	12	3 060
Oficina	Lampadas CFL	20	0,036	0,72	6,0	4	1 102	6,0	4	1 102
Oficina	Balastros	20	0,0072	0,144	6,0	1	220	6,0	1	220
Oficina	Lampadas Sodio	5	0,3	1,5	6,0	9	2 295	6,0	9	2 295
Oficina	Monitor/PC	3	0,3	0,9	12,0	11	2 754	12,0	11	2 754
Oficina	AC	2	3	6	7,5	45	11 475	6,0	36	9 180
Oficina	Aquecedor individual	2	2	4	6,0	24	6 120	4,5	18	4 590
Gare	Lampadas CFL	20	0,036	0,72	9,0	6	2 365	9,0	6	2 365
Gare	Balastros	20	0,0072	0,144	9,0	1	473	9,0	1	473
Gare	Lampadas Sodio	10	0,3	3	6,0	18	6 570	6,0	18	6 570
Gare	Lampadas inca	5	1,5	7,5	1,5	11	4 106	1,5	11	4 106
Gare	Ventoinhas	5	1	5	1,5	8	2 738	1,5	8	2 738
Gare	Monitor/PC	5	0,3	1,5	6,0	9	3 285	4,5	7	2 464
Gare	Impressora Principal	1	0,349	0,349	6,0	2	764	6,0	2	764
Gare	Impressora Secundária	5	0,1	0,5	4,5	2	821	4,5	2	821
Gare	AC	1	1	1	7,5	8	2 738	5,3	5	1 916
Gare	Aquecedor individual	2	2	4	5,3	21	7 665	3,0	12	4 380
Total Escritório				39		233	60 273		203	52 623
Total Oficina				78		265	68 319		199	51 489
Total Gare				19		79	28 788		65	23 860
Total				136		576	157 380		467	127 972