

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO



MESTRADO EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS DA CIDADE DO PORTO**

Bruno Miguel da Silva Moutinho Guedes

Sob Orientação de: *Professora Doutora Florinda Martins*

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia e
apresentada no Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, 2013

Dedicatória

A ti, Ana Cristina da Costa Ferreira, mulher da minha vida, fonte da minha inspiração e na qual sem ti nunca teria chegado a lado algum. Espero que tenhas tanto orgulho em mim como eu tenho em ti, obrigado por estares a meu lado, por me ajudares quando precisei por me aturares, por me conheceres como nunca ninguém conheceu. ET.

À minha bisavó, Mariana, que não conheci mas foi ela que criou o meu pai. Tenho muito orgulho em si bisavó esteja onde estiver. Aos meus avós paternos, João Guedes e Maria da Anunciação Moutinho, (não me recordo muito de vocês a minha avó faleceu ainda eu não era nascido o meu avó tenho uma vaga imagem) e avós maternos, António Cândido e Alice Fernandes, a vocês meus queridos avós que partiram cedo demais, apenas quero que saibam que ainda hoje penso em vocês. Os meus avós tiveram a quarta classe, tinham a faculdade da vida, mas tenho a certeza que sempre tiveram orgulho em todos os netos formados. Serei Mestre e enche-me de orgulho que seja eu o primeiro a consegui-lo.

Aos meus Pais. Jaime José Moutinho Guedes e Maria Lígia Fernandes da Silva agradecer a vocês é amar-vos todos os dias é respeitá-los mas, acima de tudo, é ter por vocês uma admiração muito grande. PAI obrigado por teres sempre acreditado em mim por teres sempre a inteligência de me desviarestes dos maus caminhos, à minha mãe por ser simplesmente aquilo que uma mãe é: MÃE.

Gosto muito de ti meu Pai gosto muito de ti minha Mãe. Espero que tenham orgulho em mim pois o orgulho que tenho por vocês é do tamanho do mundo.

À minha Irmã, Anabela Guedes. Ao meu Irmão, Rui Pedro Guedes, fonte de inspiração quando era mais novo, segui engenharia por ti MEU QUERIDO IRMÃO. Espero que um dia voltes a ser quem já fostes. Eu acredito que sim meu irmão. Gosto muito de ti e sei que no fundo também gostas de mim.

À Sr. Anabela por tudo aquilo que faz por mim todos os dias desde que me mudei para Braga para viver com a sua linda filha.

Agradecimentos

Agradecer à orientadora Dr.^a Florinda Martins, em palavras é muito pouco por aquilo que a Professora me ajudou durante a tese. Quando escolhi a Professora temi um pouco devido a que, por não sermos da mesma área, não fosse uma orientadora capaz de me fazer seguir um rumo. Estava completamente enganado, ainda hoje agradeço a feliz ideia de ter participado na Conferência Internacional em Energia, Ambiente e Sustentabilidade, que o ISEP realizou em Setembro de 2012, pois foi aí que conheci a Professora Florinda Martins e foi nessa conferência que a Professora desde logo aceitou ser minha orientadora. Tenho por si uma admiração enorme pois tratou-me sempre como seu aluno, nunca me diferenciou por ser de Energia por isso não tenho palavras para agradecer, apenas digo sem a menor dúvida que é uma Professora fantástica que tem uma entrega e uma paixão pelo ensino como eu nunca vi. Nunca deixou de me apoiar, corrigiu-me inúmeras vezes e, acima de tudo, ensinou-me imenso, por tudo isso Professora e por mais que fica por dizer o meu eterno obrigado por me ter ajudado nesta etapa da minha vida.

Ao meu coorientador Dr. Pedro Silva, amigo desde os tempos do Colégio Internato dos Carvalhos, a tua escolha não foi difícil pois fi-lo devido a um único motivo: pela amizade que tenho por ti, sempre foste o mais inteligente da turma e sei que um dia serás o melhor na tua área, se é que já não o és. A vida deu muitas voltas estivemos sem nos ver para aí seis anos, mas a amizade, o respeito e admiração sempre estiveram lá. Obrigado por teres aceite ser meu coorientador, para mim foi uma honra amigo.

A todas as empresas que cederam informação e que sempre se prontificaram a esclarecer dúvidas (EDP, EDP Gás (Eng^o Nuno Pereira), APISOLAR (Eng^a Joana Freitas), INE, AMBIECO e OLIVEIRA & FILHOS, LDA.).

Queria também agradecer ao meu diretor, Eng.^o Jorge Marques, o incentivo que sempre me deu ao longo da realização desta tese, pela disponibilidade que sempre me deu relativamente ao horário laboral, permitindo que comparecesse sempre às reuniões, e, por fim, agradecer também ao Eng.^o Mário Nova a oportunidade que ambos me proporcionaram de trabalhar nesta empresa, a PETROTEC.

Aos meus amigos: Ruben (espero que me perdoes por não ter ido à tua despedida de solteiro mas tinha de acabar a tese em Julho meu amigo), Erik, Márcia, António Castro (obrigado pela ajuda durante o mestrado, devo-te muito do que sei hoje), Carlos e Pedro. Estes três últimos conheci-os no ISEP, foram excelentes pessoas durante estes dois anos.

Resumo

O consumo de energia a nível mundial tem atingido valores históricos, devido ao crescimento da população mundial e ao aumento do consumo per capita. Nesta medida é extremamente importante existirem alternativas para que a redução do consumo de energia de todos os países seja uma realidade, evitando também as consequências ambientais, em particular as alterações climáticas, resultantes da utilização intensiva de combustíveis fósseis.

Portugal, tal como outros países da União Europeia, tem que cumprir metas, pelo que é urgente encontrarem-se soluções de forma a diminuir o consumo de energia sem interferir com o nosso dia-a-dia.

A cidade do Porto, tal como qualquer cidade, precisa de imensa energia desde os transportes até à indústria, passando pelos edifícios. Os edifícios, residenciais e de serviços, são responsáveis por mais de 50% de energia primária consumida no concelho do Porto, sendo que aos edifícios residenciais corresponde um consumo de 1.473 GWh/ano de energia primária, o que é um valor elevado.

Numa primeira parte deste trabalho foi efetuado um levantamento de informação caracterizando a cidade do Porto relativamente ao seu edificado e consumos energéticos.

Numa segunda parte propuseram-se medidas para reduzir o consumo para cada tipo de utilização de energia, nomeadamente preparação de refeições, AQS (água quente sanitária), aquecimento ambiente, frio (refrigeração, arca, etc.), outros e iluminação. Para cada um destes tipos de utilização estudou-se, sempre que possível, a evolução do longo do tempo (2004 a 2012) e possíveis cenários de evolução para o futuro. Para além disso, também se estudou a evolução do mix de produção de energia elétrica de 2004 até 2012 e previsões da evolução do mix para o futuro. Nesta análise foi tido em conta o aspeto ambiental contabilizando-se, sempre que possível, as emissões de poluentes resultantes do consumo de energia.

Por fim, efetuou-se uma avaliação técnica, ambiental e económica das medidas propostas. Pode dizer-se que a maioria das medidas propostas a serem implementadas conduziria a uma redução do consumo de energia e consequentemente a uma diminuição das emissões de poluentes, em particular dos gases com efeito de estufa (CO₂). Em termos técnicos a maioria das medidas pode ser aplicada embora algumas delas envolvam custos de investimento significativos. Dada a conjuntura atual, seria importante obter o financiamento necessário para a implementação das medidas propostas e a divulgação de medidas já existentes, tais como os programas para AQS e janelas eficientes.

Abstract

Energy consumption worldwide has reached historical values due to world population growth and increasing consumption per capita. For this reason it is extremely important the existence of options so that the reduction of energy consumption in all countries becomes a reality, while also avoiding the environmental consequences, particularly climate change, resulting from intensive use of fossil fuels.

Portugal, like other EU countries, has to meet targets, so it is urgent to find solutions in order to reduce energy consumption without interfering with our day-to-day life. The city of Oporto, like any another city, needs a lot of energy from transport to industry, through the buildings. The buildings, residential and services, are responsible for over 50% of primary energy consumption in the municipality of Oporto. The consumption of primary energy associated with residential buildings is meaningful so it is important to propose measures to reduce consumption and increase energy efficiency.

In the first part of this work was carried out a research of information characterizing the city of Porto in relation to its buildings, including housing types and energy consumption. In the second part were proposed measures to reduce consumption for each type of energy use, including meal preparation, domestic hot water (DHW), space heating, cold (refrigerator, cabinets, etc.), other and lighting. For each type of use was studied, where possible, the evolution over time (2004-2012) and possible evolution scenarios for the future. Additionally, was also studied the evolution of the mix of electricity production from 2004 to 2012 and forecasts for the evolution of the electricity energy mix for the future. This analysis has taken into account the environmental aspect determining whenever possible, pollutant emissions resulting from energy consumption. Finally, a technical, environmental and economic evaluation of the proposed measures was performed.

It can be said that most of the proposed measures if implemented would lead to a reduction of energy consumption and consequently to a reduction of pollutant emissions, in particular greenhouse gas emissions (CO₂).

In technical terms the majority of measures can be applied even though some of them involve significant investment costs. Given the current situation, it would be important to obtain the necessary funding for the implementation of the proposed measures and dissemination of existing measures, such as programs for DHW and efficient windows.

Índice:

Dedicatória.....	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	viii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	2
1.2 Motivação	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Estrutura.....	4
2 Sustentabilidade e Edifícios	7
2.1 Enquadramento Mundial.....	7
2.2 Políticas e Legislação Europeias.....	10
2.3 Políticas e Legislação Nacionais.....	13
3 Eficiência Energética em Edifícios.....	19
3.1 Principais Áreas de Atuação	19
3.1.1 Construção	19
3.1.2 Ventilação e Climatização.....	22
3.1.3 Iluminação	23
3.1.4 Equipamentos Elétricos	24
3.1.5 Fontes de Energia Renováveis.....	26
3.1.6 Edifícios Zero Energia.....	27
3.1.7 Passivhaus.....	30
4 Cidade do Porto	33
4.1 Caraterização do Edificado	34
4.2 Matriz energética	56
5 Medidas para melhorar o desempenho energético e ambiental da cidade.....	69
6 Avaliação técnica, económica e ambiental.....	125
7 Conclusão e trabalho futuro.....	137
8 Bibliografia.....	139
Anexo	146

Lista de Figuras:

Figura 1: Sistema típico de microprodução através de energia solar [42].....	27
Figura 2: Edifício LNEG em Portugal [44].....	28
Figura 3: Edifício <i>Home for Life</i> na Dinamarca [45]	29
Figura 4: Edifício <i>Rural ZED</i> em Inglaterra [46]	30
Figura 5: Edifício Passivo [48].....	31
Figura 6: Área classificada como Património da Humanidade [53].....	33
Figura 7: Freguesias da cidade do Porto [53].....	34
Figura 8: Esquema de energia primária, útil e final [58].....	56

Lista de Tabelas:

Tabela 1: Número de edifícios da cidade do Porto [54].....	35
Tabela 2: Épocas maiores e menores de construção para as freguesias com maior número de edifícios [54].....	37
Tabela 3: Épocas maiores e menores de construção para freguesias com menor número de edifícios [54].....	38
Tabela 4: Tipo de material utilizado na estrutura [54]	39
Tabela 5: Tipo de material usado na estrutura por intervalo de tempo [54].....	40
Tabela 6: Tipo de material usado no revestimento exterior [54].....	41
Tabela 7: Tipo de material usado para revestimento exterior por intervalo de tempo [54]	41
Tabela 8: Tipo de cobertura [54]	42
Tabela 9: Tipo de cobertura usada por intervalo de tempo [54].....	43
Tabela 10: Estado de conservação dos edifícios [54].....	44
Tabela 11: Estado de conservação dos edifícios por freguesia [54].....	45
Tabela 12: Necessidade de reparação por nível de danificação (Cobertura) [54].....	46
Tabela 13: Necessidade de reparação por nível de danificação (Estrutura) [54]	46
Tabela 14: Necessidade de reparação por nível de danificação (Paredes e caixilharias exteriores) [54]	47
Tabela 15: Edifícios mais degradados por freguesia [54]	48
Tabela 16: Número de alojamentos por freguesia [54]	49
Tabela 17: Alojamentos de edifícios exclusivamente residenciais [54].....	50
Tabela 18: Edifícios principalmente residenciais [54]	51
Tabela 19: Edifícios principalmente não residenciais [54]	52
Tabela 20: Total de alojamentos principalmente residenciais [54].....	53
Tabela 21: Instalações dos alojamentos familiares [54].....	54
Tabela 22: Fonte de energia para os aparelhos de aquecimento [54].....	55
Tabela 23: Energia para aquecimento por tipo de alojamento [54].....	55
Tabela 24: Produção de energia em 2004.....	72
Tabela 25: Produção de energia em 2005.....	72
Tabela 26: Produção de energia em 2006.....	73
Tabela 27: Produção de energia em 2007.....	74
Tabela 28: Produção de energia em 2008.....	75

Tabela 29: Produção de energia em 2009.....	75
Tabela 30: Produção de energia em 2010.....	76
Tabela 31: Produção de energia em 2011.....	77
Tabela 32: Produção de energia em 2012.....	78
Tabela 33: Emissões de poluentes pela produção de energia através de centrais térmicas com uso de carvão [84].....	79
Tabela 34: Emissões de poluentes pela produção de energia através de centrais de ciclo combinado e centrais termoelétricas a gás natural [84].....	80
Tabela 35: Previsões até 2030 de produção de energia elétrica para Portugal.....	81
Tabela 36: Previsão da produção de energia para 2015	82
Tabela 37: Previsão da produção de energia para 2020	82
Tabela 38: Previsão da produção de energia para 2025	83
Tabela 39: Previsão da produção de energia para 2030	84
Tabela 40: Valores das emissões de CO ₂ e de SO ₂ desde 2004 até 2030	84
Tabela 41: Emissões de CO ₂ devido à preparação de refeições [61]	86
Tabela 42: Número de alojamentos com gás natural na cidade do Porto.....	87
Tabela 43: Evolução da instalação de coletores solares no país e na cidade do Porto.....	88
Tabela 44: Emissões evitadas por ano e o somatório desde 2003.....	89
Tabela 45: Potencial a instalar no 1º cenário.....	90
Tabela 46: Potencial a instalar no 2º cenário.....	91
Tabela 47: Emissões evitadas para os dois cenários estudados.....	91
Tabela 48: Número potencial de alojamentos onde poderão ser feitas melhorias.....	92
Tabela 49: Energia despendida no aquecimento em 2004	94
Tabela 50: Valor das emissões de CO ₂ para um consumo de 211 GWh no cenário 1.....	94
Tabela 51: Valor das emissões de CO ₂ para um consumo de 211 GWh no cenário 2.....	95
Tabela 52: Número de alojamentos com frigorífico com congelador	96
Tabela 53: Número de alojamentos com frigorífico sem congelador	96
Tabela 54: Número de alojamentos com combinado	96
Tabela 55: Número de alojamentos com arca congeladora.....	97
Tabela 56: Distribuição dos frigoríficos com congelação por classe energética e o seu consumo em 2005 [90].....	97
Tabela 57: Distribuição dos frigoríficos sem congelação por classe energética e o seu consumo em 2005 [90].....	97

Tabela 58: Distribuição dos combinados por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]	98
Tabela 59: Distribuição das arcas congeladoras por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]	98
Tabela 60: Emissões de CO ₂ devido aos frigoríficos e combinados em 2005.....	98
Tabela 61: Emissões de CO ₂ devido às arcas congeladoras em 2005.....	99
Tabela 62: Distribuição dos frigoríficos com congelação por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]	99
Tabela 63: Distribuição dos frigoríficos sem congelação por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]	100
Tabela 64: Distribuição dos combinados por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]	100
Tabela 65: Distribuição das arcas congeladoras por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]	100
Tabela 66: Emissões de CO ₂ devido aos frigoríficos e combinados em 2010.....	101
Tabela 67: Emissões de CO ₂ devido às arcas congeladoras em 2010.....	101
Tabela 68: Previsão do consumo de energia primária de frigoríficos com congelação para o ano de 2015.....	102
Tabela 69: Previsão do consumo de energia primária de frigoríficos sem congelação para o ano de 2015.....	102
Tabela 70: Previsão do consumo de energia primária de combinados para o ano de 2015 ...	102
Tabela 71: Previsão do consumo de energia primária de arcas congeladoras para o ano de 2015	103
Tabela 72: Comparação do consumo de energia e emissões de CO ₂ para 2005, 2010 e 2015	103
Tabela 73: Consumo dos equipamentos de frio para o 1º cenário.....	104
Tabela 74: Consumo dos equipamentos de frio para o 2º cenário.....	105
Tabela 75: Comparação do consumo de energia e emissões de CO ₂ no cenário 1 e 2	105
Tabela 76: Distribuição das máquinas de lavar roupa por classe energética e o seu consumo em 2005	107
Tabela 77: Distribuição das máquinas de lavar loiça por classe energética e o seu consumo em 2005	107
Tabela 78: Valor de utilização de energia primária para outros em 2005.....	107

Tabela 79: Distribuição das máquinas de lavar roupa por classe energética e o seu consumo em 2010	108
Tabela 80: Distribuição das máquinas de lavar loiça por classe energética e o seu consumo em 2010	108
Tabela 81: Valor de utilização de energia primária para outros em 2010.....	109
Tabela 82: Previsão do consumo de energia primária de máquinas de lavar roupa para o ano de 2015	109
Tabela 83: Previsão do consumo de energia primária de máquinas de lavar loiça para o ano de 2015	110
Tabela 84: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO ₂ para 2005, 2010 e 2015 das máquinas de lavar roupa e loiça	110
Tabela 85: Consumo das máquinas de lavar loiça e roupa para o 1º cenário.....	111
Tabela 86: Consumo das máquinas de lavar loiça e roupa para o 2º cenário.....	111
Tabela 87: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO ₂ no cenário 1 e 2	112
Tabela 88: Equipamentos em stand-by e o número existente de aparelhos na cidade [94] ...	113
Tabela 89: Número de equipamentos em stand-by na cidade e consumo de energia primária por ano	114
Tabela 90: Emissões de CO ₂ de equipamentos em stand-by.....	114
Tabela 91: Número total de lâmpadas na cidade do Porto em 2005	115
Tabela 92: Número de lâmpadas por tipo na cidade do Porto em 2005	116
Tabela 93: Distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2005	116
Tabela 94: Distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2005	117
Tabela 95: Emissões de CO ₂ das lâmpadas incandescentes e economizadoras em 2005	117
Tabela 96: Emissões de CO ₂ devido à iluminação em 2005.....	117
Tabela 97: Número de lâmpadas por tipo na cidade do Porto em 2010.....	118
Tabela 98: Distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2010	119
Tabela 99: Distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2010	119
Tabela 100: Emissões de CO ₂ das lâmpadas incandescentes e economizadoras em 2010	119

Tabela 101: Emissões de CO ₂ devido à iluminação em 2010.....	120
Tabela 102: Previsão para a distribuição pelo tipo de lâmpadas para 2015	120
Tabela 103: Previsão da distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2015.....	121
Tabela 104: Previsão da distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2015	121
Tabela 105: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO ₂ para 2005, 2010 e 2015 das lâmpadas incandescentes e economizadoras	122
Tabela 106: Cenário em que o valor das lâmpadas incandescentes é nulo	122
Tabela 107: Consumo de energia primária de lâmpadas economizadoras sem as lâmpadas incandescentes	123
Tabela 108: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO ₂ entre o cenário 1 e os anos 2005, 2010 e 2015.....	123
Tabela 109: Valores totais de emissões de CO ₂ e consumos de 2005/2010/1º e 2º cenário..	125
Tabela 110: Investimento necessário para equipamentos, lâmpadas e reabilitação energética de edifícios no 1º cenário.....	128
Tabela 111: Investimento necessário para equipamentos, lâmpadas e reabilitação energética de edifícios no 2º cenário.....	129
Tabela 112: Avaliação referente à aplicabilidade das medidas.....	136
Tabela 113: Valores dos equipamentos mais eficientes [93]	146
Tabela 114: Valor de referência quanto ao que é possível poupar quer em termos monetários quer em termos de emissões [77]	147
Tabela 115: Valor para uma moradia T2 com 3 frentes	148
Tabela 116: Valor para um apartamento T2.....	149
Tabela 117: Orçamento para um alojamento para colocação de coletores solares	150
Tabela 118: Valores de custo das lâmpadas economizadoras pelo seu tipo [93]	150

Lista de Gráficos:

Gráfico 1: Evolução do preço do petróleo [8]	7
Gráfico 2: Consumo de energia nos EUA em 2010 [11].....	9
Gráfico 3: Aumento do consumo de energia, por continente, em 2010 [15]	11
Gráfico 4: Fonte de energia utilizada [16].....	11
Gráfico 5: Consumo de energia final por setor em Portugal [26]	16
Gráfico 6: Evolução do número de edifícios em Portugal [26].....	17
Gráfico 7: Produção de energia elétrica em Portugal [41]	26
Gráfico 8: Edifícios das freguesias da cidade do Porto [54]	36
Gráfico 9: Repartição de energia primária [58].....	58
Gráfico 10: Repartição de energia final [58].....	58
Gráfico 11: Emissões de CO ₂ por vetor de oferta energética [58]	59
Gráfico 12: Energia primária correspondente à utilização de eletricidade [58]	60
Gráfico 13: Vetores energéticos da oferta de energia para edifícios residenciais [58]	60
Gráfico 14: Energia final destinada a edifícios residenciais [58].....	61
Gráfico 15: Emissões de CO ₂ por vetor energético [58].....	61
Gráfico 16: Repartição da energia primária [58].....	62
Gráfico 17: Emissões de CO ₂ [58]	63
Gráfico 18: Fonte de energia usada para a preparação de refeições [61]	63
Gráfico 19: Energia para aquecimento de águas sanitárias [61]	64
Gráfico 20: Energia para aquecimento [61]	65
Gráfico 21: Razões para a não utilização do gás natural [61]	66
Gráfico 22: Desagregação da energia primária pelas diferentes formas de uso no setor residencial [85]	86
Gráfico 23: Distribuição das lâmpadas por tipo em 2005	115

Lista de Equações:

Equação 1: Cálculo de emissões de CO ₂	71
Equação 2: Cálculo de emissões de SO ₂	71
Equação 3: Cálculo do total de consumo.....	71

1 Introdução

A Energia e o Ambiente são, atualmente, dois importantes temas que devem ser encarados com preocupação e que a humanidade deve, de uma vez por todas, encará-los como um problema que terá de ser resolvido de forma sustentável, contribuindo para uma melhor qualidade de vida das gerações atuais e futuras. É de extrema importância que os governantes de todo o mundo e a sociedade em geral tenham a percepção que estes dois temas estão interligados e que uma abordagem integrada potenciará a obtenção de soluções viáveis a médio e a longo prazo. O que, geralmente, não tem acontecido. Assim, uma deficiente gestão dos recursos energéticos e da utilização de energia vão levar certamente à degradação ambiental do planeta. É curioso destacar que a utilização da energia contribui para a obtenção de maior conforto para os seres humanos, no entanto, se as tendências atuais se mantiverem, poder-se-á começar a viver um enorme desconforto como consequência da delapidação de recursos e da degradação ambiental.

Uma das maiores preocupações do ser humano desde sempre foi arranjar alternativas à energia solar para o seu bem-estar (iluminação, aquecimento, alimentação, etc.). Com a descoberta do fogo e da queima do carvão, da madeira entre outros materiais e, mais tarde, com a descoberta da eletricidade, o ser humano conseguiu que esse problema fosse ultrapassado e, mais do que isso, possibilitou uma maior diversidade e qualidade de vida. A descoberta do fogo assim como a descoberta da eletricidade mostrou que, não só se evitava a escuridão como permitiram outros confortos, como por exemplo, na alimentação e aquecimento.

Atualmente, a eletricidade é usada em inúmeras atividades. E, um simples gesto de acender uma lâmpada, algo que se pode considerar como sendo banal, demorou vários séculos até ser descoberto, apesar de, ainda neste momento, não estar ao alcance de todos. Há países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, onde a sua utilização não é tão generalizada, pelo que, os seus consumos energéticos ainda estão em níveis baixos. A energia é cada vez mais um elemento preponderante e vital para qualquer país, sendo a base do desenvolvimento económico e dos altos níveis de vida que presentemente se verificam. Isto significa que a energia, sob as mais diversas formas existentes, sejam

elas através de fontes primárias ou secundárias, seja ela do tipo elétrica ou mesmo mecânica, é atualmente um pilar da vida humana. A humanidade é dependente de energia, e essa necessidade pode ser vista diariamente desde os transportes até à preparação dos alimentos, passando pela climatização, fabrico de produtos, iluminação, abastecimento de água, no tratamento dos efluentes, entre outras atividades. Algumas destas atividades são novas comparadas com o tempo do Homem na terra. Mais do que isso, estas atividades traduzem-se em conforto e qualidade de vida, algo que, como é fácil verificar, também aumentou nas últimas décadas.

As previsões existentes apontam para um aumento da procura mundial de energia, como consequência do aumento da população mundial e do desenvolvimento dos chamados países emergentes pelo que, são necessárias medidas para enfrentar os desafios que se avizinham. A diversificação das fontes de energia primária, a utilização de fontes renováveis de energia, o aumento da eficiência nos diferentes estágios da cadeia de energia (produção, distribuição, utilização, etc.), são medidas que terão de ser implementadas de forma a atingir sistemas de energias sustentáveis, que evitem a delapidação de recursos, as alterações climáticas, a degradação ambiental e mantenham níveis de qualidade de vida elevados. Só desta forma será possível assegurar um futuro em que as gerações atuais e futuras sejam capazes de satisfazer as suas necessidades, tal como preconizado pelo novo paradigma de desenvolvimento, o Desenvolvimento Sustentável.

1.1 Enquadramento

Tal como anteriormente referido a energia é a base do desenvolvimento da sociedade atual e, portanto, dos diferentes países, constituindo por isso, um aspeto fundamental para atingir a sustentabilidade. A energia é utilizada em muitas atividades, nomeadamente na indústria, na agricultura, nos edifícios e residências, nos transportes, etc. O aumento da população e dos serviços e níveis de conforto em edifícios provocaram o aumento do consumo de energia associado a edifícios residenciais e comerciais.

Em muitos países, nomeadamente os desenvolvidos, o consumo associado a edifícios já atingiu os 40% do consumo energético global, ultrapassando mesmo setores como a

indústria e os transportes. As previsões apontam para a continuação desta tendência pelo que se torna urgente atuar neste setor [1].

O aumento da eficiência na utilização da energia em edifícios, reduzindo o consumo, é um dos eixos prioritários de atuação das políticas atuais de energia e uma das áreas em que é possível ter sucesso implementando não só medidas técnicas, que podem resultar do progresso tecnológico, mas também medidas comportamentais. Esta temática é, particularmente importante nas cidades, devido à elevada concentração de população e consequentes elevados consumos energéticos associados, o que coloca vários problemas: técnicos (ex.: capacidade de satisfazer as necessidades), económicos, ambientais e sociais. Este aspeto contribui, portanto, de forma significativa para a sustentabilidade das cidades.

1.2 Motivação

Portugal vive atualmente uma situação difícil em que todos os dias é necessário encontrar medidas para melhorar o nosso desempenho económico. A atual situação energética de Portugal, com uma elevada dependência energética (cerca de 77% em 2011 [26]) constitui um eixo prioritário de atuação não só em termos estratégicos do setor energético mas também porque essa dependência constitui um elevado fardo económico que importa diminuir. Apesar de sermos um país com um grande potencial para a produção de energia proveniente de fontes renováveis, verifica-se que na União Europeia, Portugal ainda está aquém do que seria possível produzir [2]. A diminuição da elevada dependência externa poderá ser atingida atuando em eixos preconizados pela estratégia da União Europeia para a energia proveniente de fontes renováveis, nomeadamente aumento da energia produzida a partir de fontes renováveis e aumento da eficiência [3]. Nessa medida é de igual forma importante que a eficiência energética seja promovida em todos os setores, principalmente no setor dos edifícios.

Em termos genéricos, Portugal quando comparado com a Europa é dos países onde o setor dos edifícios perde para os outros dois setores e, por esse motivo, é que se deve incidir ainda mais neste setor, sabendo ainda que a maioria do edificado é jovem, visto que a sua construção advém maioritariamente da década de 80 [4].

A cidade do Porto foi, ainda há bem pouco tempo, considerada uma das melhores cidades europeias em eficiência energética [5]. Por outro lado, a cidade aderiu ao pacto

das autarquias em 2009, que é um movimento europeu que envolve autarquias que de forma voluntária se empenham no aumento da eficiência energética e na utilização de fontes de energias renováveis nos seus locais, o que faz com que a melhoria do desempenho energético dos edifícios seja uma área de atuação com interesse e atual [6]. Sendo uma cidade antiga e que tem perdido ano após ano habitantes, sendo mais uma cidade de trabalho do que para viver possui algumas características que têm de ser tidas em consideração quando se considera a melhoria do desempenho energético dos edifícios, nomeadamente a existência de muitos edifícios devolutos que têm um peso grande na degradação da própria cidade e no próprio ambiente. Para além disso, é uma cidade considerada património mundial com muitos edifícios históricos cuja alteração, pelo menos exterior, é muito condicionada.

1.3 Objetivos

A melhoria do desempenho energético dos edifícios da cidade do Porto constitui, portanto, uma área de interesse nacional e europeu, consistente com a estratégia da autarquia para a cidade. Este trabalho visa, portanto, contribuir para um melhor desempenho energético da cidade e, em particular dos seus edifícios, através da proposta e avaliação técnica, económica e ambiental de medidas que possam aumentar a eficiência energética dos edifícios residenciais da cidade.

Os objetivos estabelecidos para este trabalho foram:

- Levantamento do edificado existente na cidade do Porto e sua caracterização;
- Análise da matriz energética;
- Proposta de medidas para melhorar o desempenho energético dos edifícios da cidade do Porto, tendo em consideração a caracterização do edificado e a matriz energética da cidade;
- Avaliação técnica, económica e ambiental das medidas propostas.

1.4 Estrutura

A presente dissertação está dividida em sete capítulos sendo que no capítulo I é feito o enquadramento ao tema da dissertação, a indicação da motivação para a realização da mesma, a indicação dos objetivos e da sua estrutura.

O capítulo II abrange o estado de arte relativamente à sustentabilidade e eficiência energética em edifícios fazendo o enquadramento do tema no panorama mundial, europeu e em Portugal. Foi feita uma análise cuidada de tudo aquilo que foi efetuado até ao momento e que constituiu uma das bases para o desenvolvimento do trabalho.

No capítulo III são abordadas as principais áreas de atuação em edifícios, nomeadamente os materiais usados na construção e isolamento, os equipamentos inseridos depois na habitação entre outros aspetos e que são importantes para um bom desempenho energético de um edifício, assim como o estudo de novos tipos de edifícios emergentes na sociedade e que futuramente serão obrigatórios que são edifícios que após a sua construção serão autossustentáveis energeticamente e terão zero de emissões de GEE [7].

No capítulo IV é efetuada a caracterização do edificado da cidade do Porto e a análise da matriz energética da cidade. Foi feito um levantamento completo do parque residencial desde os seus edifícios habitados como devolutos, bem como os edifícios que estão caracterizados como sendo edifícios pertencentes à humanidade (considerados património mundial) e que, como tal, não podem ser significativamente alterados. Foi ainda efetuada uma análise pormenorizada da matriz energética da cidade.

No capítulo V são apresentadas as propostas que visam a melhoria da eficiência energética e a diminuição de Gases com Efeito de Estufa – GEE.

No capítulo VI é apresentada a avaliação técnica, económica e ambiental relativa às medidas elaboradas no capítulo anterior e o seu impacto na sociedade e na própria cidade.

E por fim no capítulo VII são apresentadas as conclusões gerais da dissertação.

2 Sustentabilidade e Edifícios

2.1 Enquadramento Mundial

A história e o desenvolvimento da humanidade andam lado a lado com a utilização da energia.

As sucessivas descobertas feitas pelo Homem no domínio da energia, tais como a descoberta do fogo, o uso do vento nas descobertas marítimas portuguesas que deram novos mundos ao mundo e nos moinhos, o uso do carvão na revolução industrial com a produção em larga escala de produtos, contribuíram para a alteração da situação mundial e da sociedade. Mais recentemente e com a ajuda do desenvolvimento tecnológico, a utilização do petróleo e do gás natural também alteraram a situação energética mundial. Atualmente a utilização das energias renováveis no nosso sistema energético poderá também conduzir a uma modificação substancial do setor energético. Paralelamente, a eficiência é também encarada como uma estratégia para resolver os desafios atuais, nomeadamente os ligados à dependência energética, aos recursos e aos problemas ambientais como o aquecimento global. Durante anos, o problema energético não se verificou pois o petróleo teve sempre um preço baixo e acessível para todos até 1973, altura em que existiu uma recessão nos EUA e na Europa com um aumento brutal do seu valor o que teve consequências gravíssimas na economia dos países dependentes desta energia. A partir daí o mundo despertou para uma realidade até então desconhecida, como se pode ver pelo gráfico 1 [8].

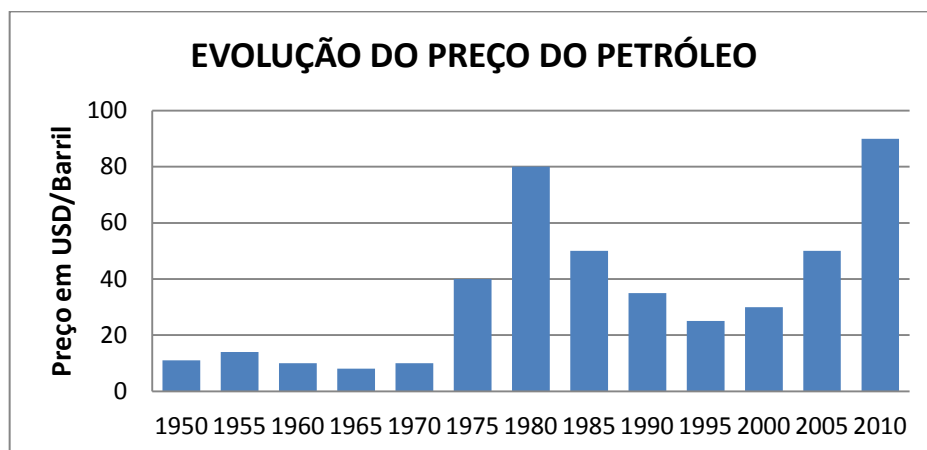


Gráfico 1: Evolução do preço do petróleo [8]

Os países produtores de petróleo – OPEP – começaram a ditar as suas leis até ao preço atual do barril de petróleo, com as consequências negativas na economia dos países dependentes.

As guerras que nos últimos anos têm assolado o mundo têm como ponto comum a energia e a necessidade da mesma para o desenvolvimento de qualquer país.

Para além do fator económico causado pela dependência energética existe ainda outro problema também deveras grave que é o ambiente. Na década de 60 as preocupações ambientais ganharam dimensão internacional, ligadas à degradação ambiental provocada pelo aumento da população, exploração de recursos e poluição do meio ambiente. Relativamente à energia, as preocupações estavam ligadas à poluição causada pela utilização dos combustíveis fósseis e aos problemas ambientais causados pelos derrames acidentais de petróleo. A humanidade adquiriu ainda a perceção que, embora cada vez mais fosse preciso mais energia, devido ao desenvolvimento gradual dos países, esse crescimento tinha um preço que era o aumento dos gases com efeito de estufa na atmosfera e os gravíssimos problemas que a humanidade teria pela frente caso não existissem medidas para reduzir esses impactos. Foi na década de 90, com o Protocolo de Quioto que, pela primeira vez, existiu um compromisso mundial para a redução da emissão de GEE. O protocolo de Quioto é um acordo internacional ligado à convenção das Nações Unidas sobre alterações climáticas onde foi expressa a intenção de reduzir em 5% as emissões globais dos países relativamente a 1990, isto é, na globalidade, a redução a atingir seria de 5% em que alguns países teriam de reduzir menos ou até nem reduzir enquanto outros (países desenvolvidos) teriam de reduzir inclusive mais que os 5% [9]. Para além disso, nesse acordo ficou vincado que os países com maior responsabilidade pelas emissões são também, como não podia deixar de ser, os que mais têm obrigação para uma maior redução. Em Dezembro de 2012 existiu já um 2º acordo onde foram atualizadas as metas e a lista de GEE. Neste protocolo os países devem cumprir esses objetivos através de medidas nacionais embora também o possam fazer em conjunto com outros países, este protocolo também teve a preocupação de ajudar os países na adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas. Este acordo sugere também que os países que não estão obrigados ainda a reduzir as suas emissões acelerem o processo de criação de inovações tecnológicas viradas para a eficiência energética e fontes de energia renováveis. Para tal, são necessárias ações

como a formação intensiva de pessoal especializado e a criação de grupos com uma base tecnológica [9]. Desse modo, e já com o problema em estado avançado, exigindo medidas rápidas, é fundamental olhar para o uso dado à energia. Normalmente a energia é dividida em três vetores que são a indústria, os transportes e os edifícios, sendo que os edifícios têm cimentado a sua posição e estão atualmente no topo do gasto energético. Desde a sua construção até à sua demolição um edifício consome sempre energia, o que é preocupante, pois uma habitação deve ser construída segundo normas específicas que se traduzam depois num conforto para a pessoa habitar e sem que isso implique um consumo e despesa desmedidas ao fim do mês. O mais preocupante é o consumo de energia nos edifícios residenciais comparados com os comerciais, em que os valores são praticamente iguais [10]. Os edifícios são locais em que as pessoas passam grande parte do seu tempo e, como tal, representam uma fatia grande da energia gasta e onde a eficiência energética deve urgentemente começar a ganhar peso, e grande. Para além disso, existia o problema da não reutilização dos materiais quando os edifícios eram demolidos. Atualmente existem várias formas de aproveitar esses materiais o que durante anos não aconteceu. Nos EUA, como se pode constatar pelo gráfico 2, os edifícios representam mais de 40% da energia consumida e é previsto que esse valor aumente [11]. Na União Europeia, em 2009, o consumo dos edifícios representava também cerca de 40% do consumo total [63] e, em Portugal, cerca de 30% [64].

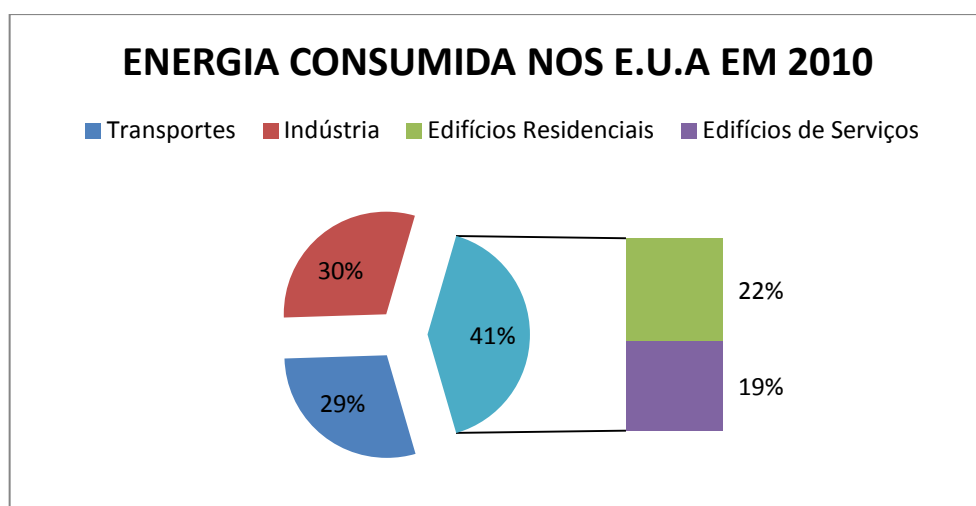


Gráfico 2: Consumo de energia nos EUA em 2010 [11]

A Austrália, por exemplo, vive um problema similar, onde o consumo de energia dos edifícios residenciais tem aumentado, assim como a emissão de GEE. Uma das razões desse aumento deve-se ao crescimento da população, o que implica mais habitações com um elevado nível de conforto, a que geralmente está associado um maior consumo de energia [12]. Este problema está a ser resolvido para evitar o contínuo desperdício de energia visto que o seu preço tem aumentado. Em 2006, a Austrália implementou o regulamento nacional para padrões mínimos de desempenho de construção, reforçando-os posteriormente em 2011. Apesar destes esforços os níveis de consumo de energia no setor residencial mantêm-se elevados, devendo os padrões deste regulamento serem mais exigentes [13].

2.2 Políticas e Legislação Europeias

A Europa, assim como grande parte dos seus países, têm um problema grave que é a dependência energética. A instabilidade dos preços dos combustíveis nos mercados, a falta de segurança no abastecimento, as questões ambientais como as emissões de GEE são problemas importantes pois podem afetar a qualidade de vida dos europeus. Estes problemas fazem com que seja urgente a Europa diminuir a sua dependência energética não tendo de recorrer a outros países, uma vez que muitos dos recursos energéticos fósseis se encontram em países politicamente pouco estáveis, o que agrava a situação. Como continente consumidor de muita energia é responsável por 15% do consumo mundial de energia, como se verifica pelos gráficos 3 e 4, onde o primeiro retrata o consumo da energia na Europa e o segundo as fontes usadas para produzir essa mesma energia [14].

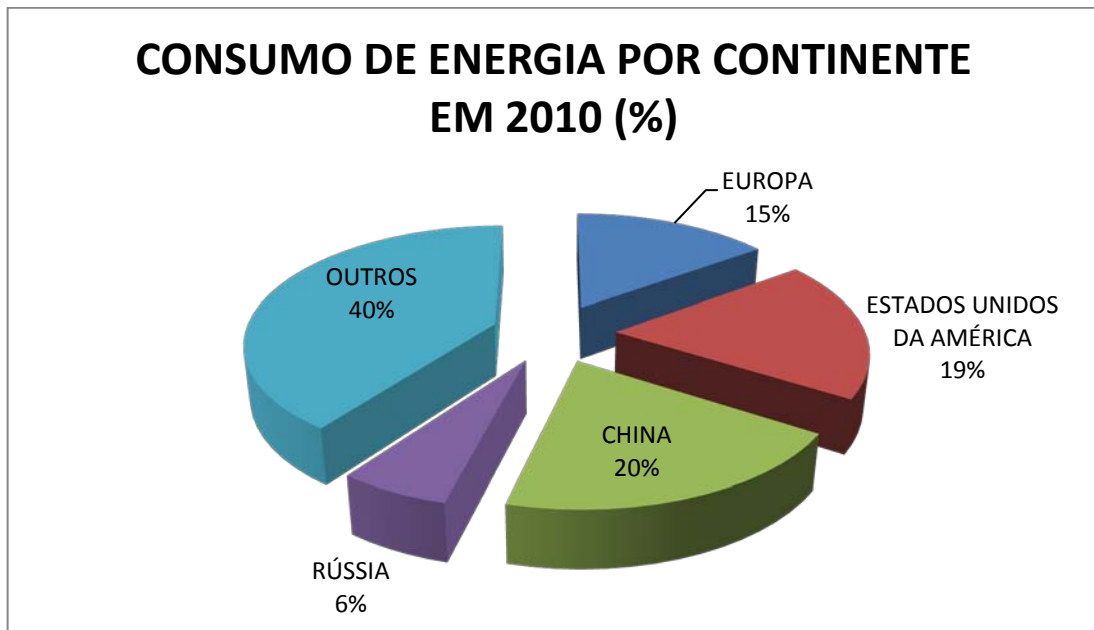


Gráfico 3: Aumento do consumo de energia, por continente, em 2010 [15]

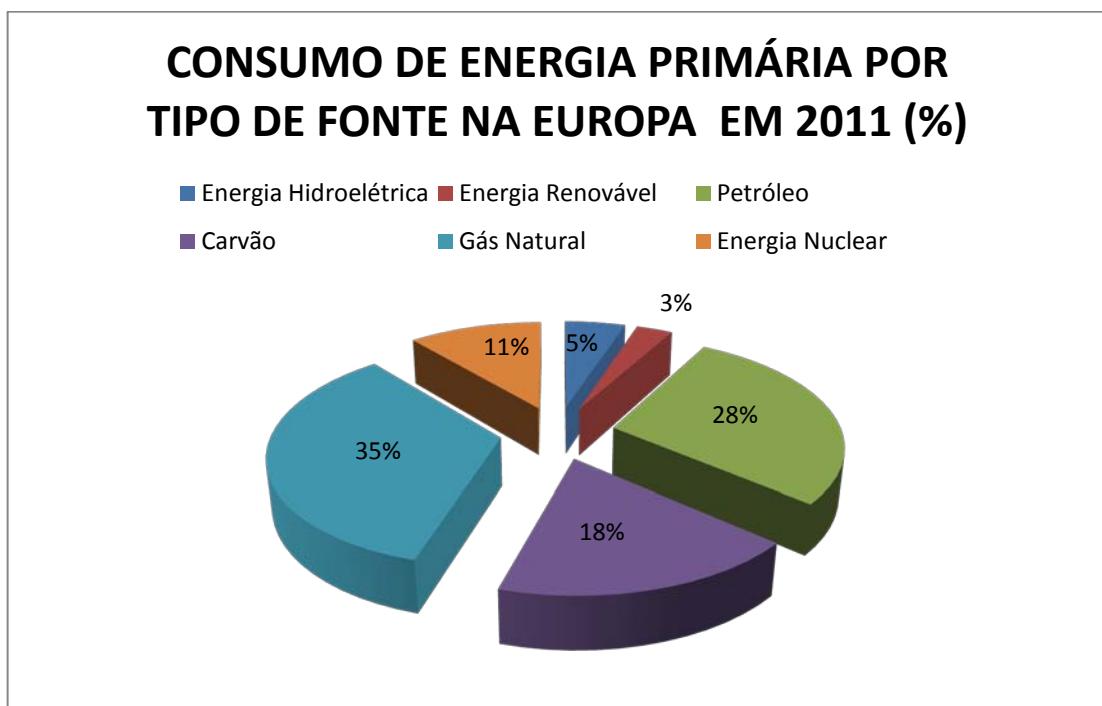


Gráfico 4: Fonte de energia utilizada [16]

Grande parte dessa energia é proveniente do petróleo, carvão e gás natural. São fontes de energias que a Europa não possui em grande escala e que tem de recorrer a fornecedores externos. Este facto pode colocar em causa a segurança e todo o conforto dos europeus pelo que foi imperioso tomar medidas que possibilitem à Europa

ultrapassar este problema. A aposta nas fontes de energia renováveis e no aumento da eficiência surgem como eixos fundamentais na resolução deste problema. Uma das medidas adotadas foi o lançamento da estratégia 20-20-20. Para além de a Europa ter adotado o tratado de Quioto esta compromete-se a reduzir em 20% a emissão de GEE face aos níveis de 1990, a aumentar a produção da energia proveniente de fontes renováveis em 20% e de aumentar a eficiência energética também em 20% até 2020 [17].

A criação de uma rede elétrica europeia, em que todos os países da Europa vão ficar ligados entre si, e onde existe o compromisso de que a qualidade e segurança ao nível do transporte e produção de energia serão assegurados é também uma estratégia para a União Europeia [18]. Para além disso, na Europa existe uma aposta clara no desenvolvimento tecnológico que permite aproveitar ainda mais a energia renovável e a sua produção. Segundo a Diretiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril de 2009 [18], cada Estado-Membro deve garantir que a sua quota de energia oriunda de fontes renováveis, no consumo final de energia em 2020, seja, pelo menos, igual às metas estipuladas para esse ano. Para Portugal, a quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final de energia, em 2005 era de 20,5% e em 2020 espera-se que seja de 31%. Para isso, cada Estado-Membro aprovou um plano de ação nacional para as energias renováveis que consiste em assentar as metas nacionais dos Estados-Membros sem quotas de energia derivadas de fontes renováveis para os setores dos transportes, eletricidade e aquecimento e arrefecimento, tendo em consideração outras medidas relacionadas com a eficiência energética no consumo final de energia, bem como medidas ajustadas para alcançar os objetivos globais nacionais.

Para além disto, a União Europeia tomou consciência de que a maioria da sua população vive atualmente em centros urbanos, o que implica que as cidades tenham uma política energética consciente e cada vez mais virada para a eficiência. O Pacto dos Autarcas, que a cidade do Porto aderiu, é um pacto em que as autarquias comprometem-se até 2020 a reduzir as suas emissões de CO₂ em 20%, ajudando assim ao cumprimento das metas estabelecidas [19]. Um dos problemas que a Europa poderá ter pela frente é a emissão de GEE pois cerca de 45% da energia elétrica na Europa é de baixa emissão de GEE, produzida por centrais nucleares e centrais hidroelétricas mas, até 2020 algumas destas centrais terão o seu prazo de validade expirado [19] e, como tal, terá de existir

uma solução para este problema, o que levanta o problema da sua substituição. A utilização de combustíveis fósseis, como o petróleo e carvão, contribuirão para o aumento de GEE, pelo que a produção de energia a partir de fontes de energia renováveis se torna mais relevante. Para isso, a Europa, para além de todas as medidas que possa apresentar, não pode desperdiçar energia como tem vindo a fazer com os edifícios, com o seu consumo a atingir níveis muito elevados. Os edifícios são atualmente responsáveis por 40% do consumo de energia e 36% de emissões de CO₂ na Europa pelo que se torna prioritário atuar neste setor, por forma a atingir as metas estabelecidas (estratégia 20-20-20) [20]. Para reduzir os valores acima mencionados são necessárias medidas tais como, por exemplo, a produção de energia a partir de fontes de energia renováveis por parte dos edifícios. Está definido que, a partir de 2020, todos os edifícios construídos na UE devem ter sistemas energéticos de forma a produzirem a mesma quantidade de energia que gastam e as suas necessidades energéticas devem ser abrangidas por energias renováveis de modo a que a sua emissão de GEE seja praticamente zero [20]. Como obriga a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002 [21], relativa ao desempenho energético dos edifícios, o desempenho energético deve ser calculado com base numa metodologia que integre, para além do isolamento térmico, outros fatores com influência crescente, tais como, as instalações de aquecimento e ar condicionado, a aplicação de fontes de energia renováveis e a conceção dos próprios edifícios. Com o estabelecimento de vários requisitos (Anexo – Enquadramento geral para o cálculo do desempenho energético dos edifícios (artigo 3º)) pode ser feita uma distinção entre edifícios novos e edifícios existentes. Os requisitos devem ser revistos a intervalos regulares que não devem ultrapassar os 5 anos. Esta diretiva também estabelece que os Estados membros da União Europeia devem promover um sistema de certificação energética de forma a dar conhecimento ao cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, no fim da construção, da sua transação, ou do arrendamento dos mesmos, exigindo também que o sistema de certificação abranja igualmente todos os grandes edifícios públicos.

2.3 Políticas e Legislação Nacionais

Portugal sendo um país da União Europeia adotou todas as políticas assinadas pela União Europeia e, como tal, é necessário um esforço para atingir as metas estabelecidas.

Devido à economia nacional viver momentos complicados é, de facto deveras importante Portugal ter uma política acentuada na redução do consumo de energia, bem como no aumento da eficiência energética.

Atualmente Portugal importa praticamente toda a energia de forma a poder desenvolver-se, com valores próximos de 77%, o que não ajuda em nada a economia do país pois fica limitado aos preços praticados pelos países que nos fornecem a energia [22]. Na década de 50, Portugal assistiu às primeiras construções de centrais hidroelétricas, bem como ao uso da biomassa que ajudava imenso à produção da energia elétrica que o país precisava mas, era um país rural em que a maior parte da população não tinha acesso a energia. Com as reformas a que se assistiram, aliadas a uma revolução interna, assistiu-se a um rápido desenvolvimento do país. O aumento da indústria na década de 80 fez com que tivessem de ser feitos ajustes em termos energéticos com as construções das centrais termoelétricas, primeiro a *fuel* e depois a carvão e gás natural. Seguidamente, com a construção contínua de novas estradas e melhoria das já existentes houve, de facto, um aumento no transporte rodoviário e individual o que, para além de ter ajudado ao desenvolvimento do país, também fez com que fosse necessário satisfazer a procura de energia, o que obrigou a que a importação de combustíveis aumentasse consideravelmente.

Em 2001, Portugal deu pela primeira vez um passo com o objetivo de controlar e reduzir as emissões de GEE com a implementação do PNAC – Plano Nacional para as Alterações Climáticas –. Este plano foi concebido de modo a respeitar os compromissos de Portugal no âmbito do Protocolo de Quioto e da partilha de responsabilidades no seio da UE, com um período temporal de 2008-2012, ambicionando assim avaliar as respetivas emissões de GEE, tendo sido atualizado várias vezes. Nesse sentido surgem um conjunto de medidas, políticas e instrumentos, para a redução das emissões de GEE nos vários setores da economia envolvendo, por isso, a sua regular revisão e adaptação às evoluções internacionais, comunitárias e nacionais [23].

Aliado ao PNAC surgiu, mais tarde, o programa E4 – Eficiência Energética e Energia Endógenas – para a eficiência e melhoria energética. Este programa tinha como principais objetivos promover a melhoria da eficiência energética e promover o recurso às energias renováveis, o que permitiria a diminuição da dependência energética, sendo que Portugal na altura, quando comparado com outros países, já era o país da União

Europeia mais dependente e que tinha um nível elevado de emissões de GEE. Esta pretendia a eficiência e racionalização do uso de energia e traçava como objetivos que em 2010 cerca de 50% da potência para produção de energia elétrica tivesse origem nas energias renováveis [24].

Neste contexto, em 2001, é também lançado o programa água quente solar para Portugal (AQSpP) que promove o recurso a coletores solares para aquecimento de água, quer nos setores residenciais e serviços, quer na indústria.

No ano de 2008 surge o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética – Portugal Eficiência 2015 – PNAEE –, articulado com o PNAC, com vista a melhorar a posição do país relativamente à sua eficiência energética no contexto europeu, visto que desde 1997 esta situação tende a piorar. Este plano envolve 12 Programas do Portugal Eficiência 2015 que visam o incentivo de melhores práticas de eficiência, gerando assim, tipologias e hábitos de consumo mais sustentáveis. Para os setores dos Transportes, Residencial & Serviços, Indústria e Estado são avançadas medidas com foco na tecnologia e inovação. Adicionalmente este plano estabelece três áreas transversais de atuação, comportamentos sociais, incentivos, fiscalidade e financiamentos. Estas medidas permitirão que Portugal, até 2015, alcance uma melhoria de eficiência energética equivalente a 10% do consumo final de energia, sendo que, entre 2005 e 2007, foi invertida a relação entre crescimento económico e energético, conseguindo-se assim desacelerar de forma significativa o consumo de energia [24].

Em 2010 foi aprovado em conselho de ministro uma estratégia nacional para a energia 2020 (ENE2020) que contém políticas paralelas à estratégia e ambição da União Europeia e que está focada em cinco pontos sendo eles: uma grande aposta nas energias renováveis, a promoção da eficiência energética com medidas simples, que cheguem perto do cidadão comum e sejam incentivadas pelas empresas em Portugal responsáveis pela produção e distribuição de energia, a garantia do abastecimento de todo o país com uma rede elétrica cada vez melhor, a promoção da sustentabilidade e a redução da dependência de energia e desenvolver e consolidar o setor das energias renováveis e da eficiência energética em Portugal [25].

A Comissão Europeia reforçou em Março de 2011 o Plano de Eficiência Energética – PEE – o que veio confirmar que a UE não está no caminho mais favorável para alcançar as metas de eficiência energética, apesar do crescimento registado a nível das políticas nacionais de eficiência energética projetadas nos primeiros Planos de Ação Nacionais em matéria de Eficiência Energética apresentados pelos Estados-Membros. Este plano destina-se a promover uma economia mais eficiente, no que diz respeito ao uso dos recursos do planeta, implementar um sistema de baixo carbono, melhorar a independência energética da UE e reforçar a segurança do aprovisionamento energético [65] [66].

Em Portugal foi elaborado O Roteiro Nacional de Baixo Carbono – RNBC – que tem como objetivo o estudo da viabilidade técnica e económica de soluções para atingir uma economia competitiva e de baixo carbono [67].

Em Portugal o consumo de energia, por parte dos edifícios, foi responsável por 30% da energia final sendo que, cerca de 16% pertencem aos edifícios residenciais, como se pode ver pelo gráfico 5 [26].

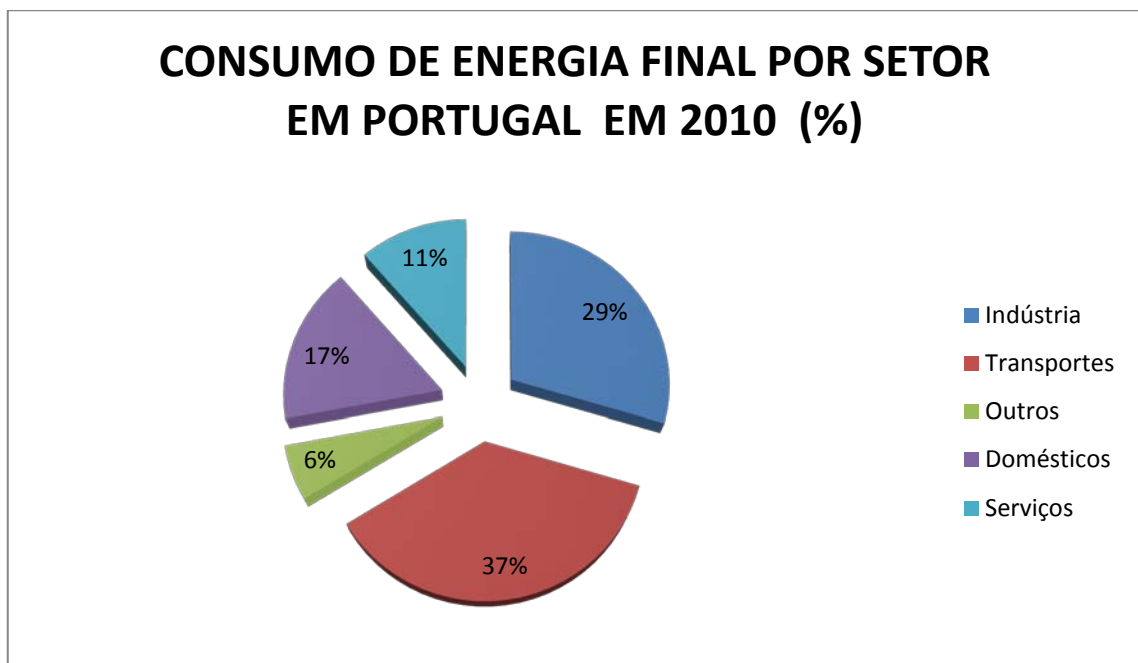


Gráfico 5: Consumo de energia final por setor em Portugal [26]

Este valor tem aumentado devido a um maior conforto que atualmente se encontram nos edifícios domésticos, o que não significa que a eficiência ande de mão dada com o

conforto. Também se deve ao facto de Portugal ter assistido, a partir da década de 80 até agora, a um crescimento do número de edifícios, como se pode apurar pelo gráfico 6.

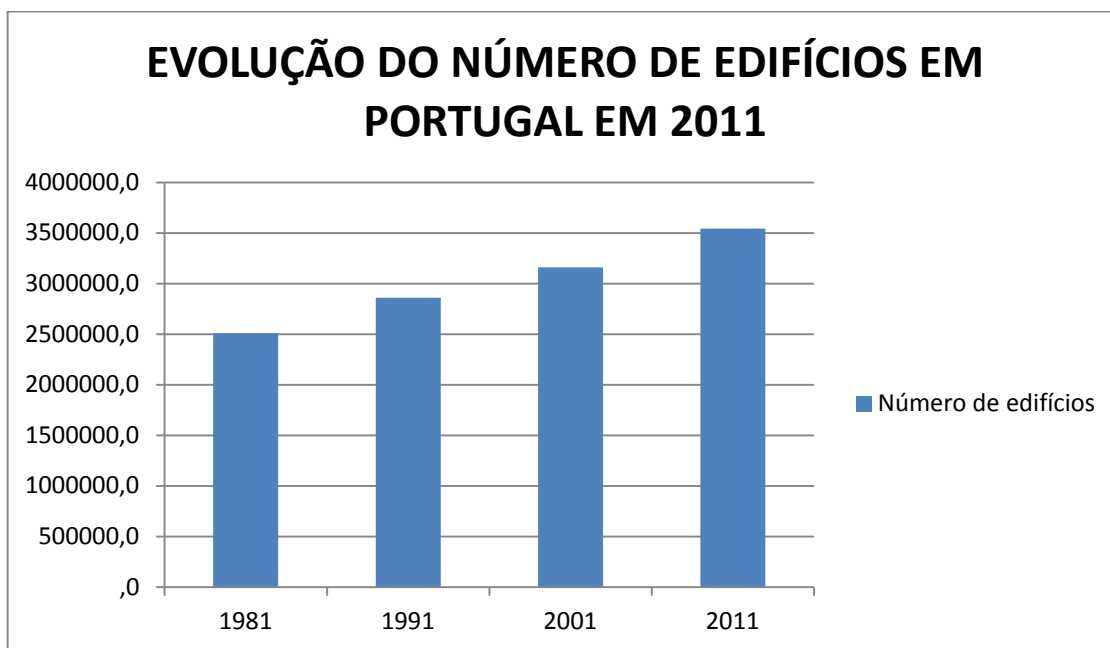


Gráfico 6: Evolução do número de edifícios em Portugal [26]

Como já foi falado a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro de 2002 [21], fez com que Portugal criasse o seu próprio regulamento definindo para Portugal critérios de construção e de certificação energética.

A partir dessa diretiva europeia Portugal criou os seguintes decretos-lei:

- Decreto-Lei nº 78/2006, de 4 de Abril – SCE
- Decreto-Lei nº 79/2006, de 4 de Abril – RSECE
- Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de Abril – RCCTE

O SCE [27] é o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, cujo objetivo é promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios sendo este o início para a criação de outros dois regulamentos, o Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios – RSECE –, Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, e Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE –, Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril.

Define ainda dois conceitos importantes, o de grande intervenção de reabilitação e o plano de racionalização energética:

- Grande intervenção de reabilitação – Uma intervenção na envolvente ou nas instalações energéticas ou outras, do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE.
- Plano de racionalização energética – Conjunto de medidas de racionalização energética, de redução de consumos ou de custos de energia, elaborado na sequência de uma auditoria energética, organizadas e seriadas na base da sua exequibilidade e da sua viabilidade económica.

O RSECE [27] define um conjunto de requisitos aplicáveis a edifícios de serviços e de habitação dotados de sistemas de climatização, impondo limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes. Os requisitos exigidos, para além dos aspetos da qualidade da envolvente e da limitação dos consumos energéticos, abrangem também a eficiência e manutenção dos sistemas de climatização dos edifícios, obrigando igualmente à realização de auditorias cíclicas aos edifícios de serviços.

Não só este regulamento traça as regras para os consumos energéticos como também regulamenta sobre a qualidade do ar interior. Este regulamento traz consigo requisitos que abrangem as taxas de renovação do ar interior nos espaços e valores máximos das concentrações de alguns poluentes que possam em algum momento existir no interior do edifício. A aplicação destes regulamentos é verificada em várias etapas ao longo do tempo de vida de um edifício, sendo essa verificação realizada, no âmbito do SCE por peritos qualificados para o efeito.

O RCCTE [27] aplica-se aos edifícios residenciais e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização. É o regulamento português que impõe os requisitos mínimos de qualidade térmica aos edifícios, sendo a sua aplicação feita logo desde a fase de análise e de licença, garantindo assim que os projetos licenciados satisfazem todos os requisitos regulamentares, estabelecendo requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos.

3 Eficiência Energética em Edifícios

3.1 Principais Áreas de Atuação

A eficiência energética dos edifícios depende de vários fatores, nomeadamente materiais construtivos, ventilação e/ou climatização efetuadas, equipamentos usados para satisfazer as diferentes necessidades (preparação de refeições, entretenimento, etc.), etc.. Nos pontos a seguir será efetuada uma análise dos diferentes aspetos que podem ser considerados quando se pretende aumentar a eficiência energética de um edifício.

3.1.1 Construção

Antes de ser feito o projeto de construção de uma habitação é deveras importante estudar a sua localização geográfica. Portugal é um país que apesar de ter um clima temperado em todo o território, apresenta características diferentes de região para região e o mesmo se passa em relação às estações do ano em que as diferenças de temperatura no Verão e no Inverno são bastante significativas [28]. O RCCTE definiu três zonas climáticas de Verão (V1, V2, V3) em que estas zonas são divididas depois entre Norte e Sul e três zonas de Inverno (I) que são numeradas de 1 a 3 e em que o valor de 1 é o menos severo até 3 que é o mais severo [29]. Esta topologia permite que a construção numa determinada localidade tenha um determinado valor limite de energia útil para aquecimento (N_i) e um determinado valor limite de energia útil para arrefecimento (N_v) o que implicará posteriormente valores diferentes na construção do mesmo. As necessidades térmicas do espaço interior são influenciadas pela localização do edifício, assim sendo, a sua localização tem um peso enorme no consumo de energia e na eficiência energética.

Sendo um país de clima temperado mas, que tem uma diferença bastante significativa de temperatura no Inverno e no Verão, tem uma temperatura média de conforto cujos valores de referência são de 20° para o Inverno e de 25° para o Verão, de acordo com o RCCTE [29]. Desse modo, um edifício tem de ter uma boa capacidade de captação de radiação solar no tempo mais rigoroso de modo a aquecer-se a casa no Inverno reduzindo as necessidades de aquecimento. Nessa estação pretende-se, portanto,

aumentar os ganhos solares, pelo que se deve ter a maior superfície possível com incidência solar.

A promoção dos ganhos solares, pode ser feita através de vãos envidraçados devidamente orientados, sendo que a área de captação deverá ter em conta a especificidade de cada edifício, nomeadamente orientação, tipo de vidro e clima local. A orientação do edifício é um fator importante porque pode contribuir diretamente para a promoção de ganhos solares. Normalmente é importante ter um edifício com a maior fachada voltada a Sul para receber o máximo de energia possível. No entanto, obriga a pensar em soluções para restringir os ganhos solares no Verão. A restrição dos ganhos solares pode ser efetuada mediante a adoção de soluções eficazes de sombreamento dos vãos envidraçados e da promoção da ventilação natural durante períodos em que a temperatura exterior seja favorável.

Portugal é um país pequeno mas que tem a nível construtivo uma variedade enorme de topologias [30]. Uma casa no Norte do país é diferente de uma casa construída no Centro e, mesmo no Norte, entre regiões, existem diferenças, portanto falar na construção do ponto de vista dos materiais usados seria importante não só do ponto de vista energético mas também ambiental, considerando o ciclo de vida dos diferentes materiais e procurando utilizar materiais que diminuam os impactos ambientais, contribuindo dessa forma para uma maior sustentabilidade do edificado. As características de conforto interior de um edifício são influenciadas pelos materiais usados na construção. Um aspeto fundamental a ter em consideração na construção será a inércia térmica que o edifício tem [31]. Edifícios com uma baixa inércia reagem rapidamente à radiação solar, aquecendo rapidamente durante o dia mas arrefecendo também rapidamente à noite. Edifícios com elevada inércia mantêm a frescura durante o dia enquanto aquecem lentamente. A energia acumulada será libertada lentamente durante a noite, altura em que realmente é necessária. Para a inércia térmica ser elevada é fundamental o tipo de parede. No entanto, para melhorar o desempenho são também fatores fundamentais o isolamento usado nas paredes, os envidraçados e caixilharias e o sombreamento.

No que diz respeito a paredes exteriores, a mais usada em Portugal é a parede dupla, pois é uma solução eficaz para a humidade que vem do exterior [32]. É composta por

dois panos de alvenaria, que distam entre si de uma certa distância de maneira a formar uma caixa-de-ar. Será nessa caixa-de-ar que ficará retida a humidade. Estes panos são paredes que são constituídas por tijolo cerâmico, embora existam outras formas de construir a parede. O isolamento é colocado de forma a evitar a formação de pontes térmicas, que são pontos construtivos onde podem ocorrer condensações ou mesmo o surgimento de patologias como o chamado bolor das paredes e podem ser responsáveis por perdas de calor consideráveis.

Os envidraçados e as respetivas caixilharias, devem ser dimensionados em função da orientação solar no local do edifício e devem ser colocados com rigor durante a sua montagem de forma a prevenir eventuais fugas [33]. Por estarem em contacto mais direto com o clima exterior contribuem para a entrada de calor, através da radiação solar, o que é favorável na estação de aquecimento. Por outro lado, originam grandes ganhos térmicos na estação quente e perdas térmicas muito consideráveis durante a estação fria, o que implica muitas vezes sistemas de climatização adicionais para corrigir estes efeitos.

O isolamento capaz de uma janela é também dado pelo tipo de vidro que esta contém. As janelas de vidro duplo têm uma maior capacidade de isolamento do que os vidros simples devido ao espaço existente entre vidros, o que reduz as perdas de calor.

As janelas podem também proporcionar a ventilação dos espaços e a redução da utilização de iluminação artificial pelo que é um elemento construtivo determinante para a eficiência energética dos edifícios.

O sombreamento é também um fator importante para as perdas e ganhos de energia de um edifício. A radiação solar é de facto importante enquanto recurso energético num edifício pois bem aproveitada só traz benefícios e ganhos. Mas, no Verão tanta radiação solar pode traduzir-se também em desconforto interior e para precaver essa situação usam-se as vulgares palas que servem de sombreamento ao edifício. Esta aplicação traz ganhos se estiver virada para o quadrante Sul pois previne a incidência direta dos raios solares. Outra solução de sombreamento é a utilização de vegetação de folha caduca que também impede a incidência da radiação solar [34].

A cor utilizada na superfície da habitação influencia a carga térmica a que o edifício está sujeito. É usual a escolha de cores claras para o exterior devido a uma maior reflexão dos raios solares evitando dessa forma o sobreaquecimento da casa. A parte

que é absorvida contribui para o aumento da carga térmica que passa para o interior do edifício, promovendo o seu aquecimento. Devido a esta característica as habitações no Alentejo são quase todas revestidas em cor branca. Ao escolherem cores claras para o revestimento, grande parte da radiação que incide na superfície do edifício durante a estação de arrefecimento é refletida.

3.1.2 Ventilação e Climatização

A ventilação de um edifício é essencial para a qualidade do ar interior pois a ventilação adequada permite uma redução da humidade e da contaminação do mesmo promovendo o conforto e a saúde dos seus ocupantes.

A ventilação pode ser natural e forçada. A ventilação natural ocorre pelas diferenças de pressões e temperaturas entre divisões de um edifício e o exterior e, para que isso aconteça têm que existir aberturas (ex.: janelas) o que permite a circulação do ar. Este tipo de ventilação no Inverno rigoroso e no Verão rigoroso deve ser usado em horário adequado e tendo em conta a orientação do edifício, pois pode ser responsável por elevadas perdas energéticas no Inverno e elevados ganhos no Verão. Para fazer face a estas desvantagens a estratégia adotada muitas vezes é a não utilização das janelas para efetuar a ventilação dos espaços, o que faz com que a ventilação forçada (mecânica) substitua a ventilação natural fazendo a renovação do ar interior para permitir a boa qualidade do ar mantendo na mesma o conforto e o bem-estar. Essa ventilação forçada é feita através de sistemas de climatização [31].

A climatização de um edifício residencial pode ser usada para ventilação mecânica, aquecimento ou para arrefecimento [31]. Idealmente um edifício poderia ser climatizado para renovar o ar interior e permitir uma melhor qualidade do ar e não para aquecer ou arrefecer, pois essa parte deveria ser colmatada pela boa construção do edifício, no entanto, quando tal não acontece recorre-se à climatização de um espaço só ou então do edifício por completo. Os edifícios existentes que recorrem a climatização são os que apresentam maior impacto no ambiente, sendo responsáveis pelo custo da fatura energética mas também pela emissão de gases poluentes, no caso de a energia ser proveniente de combustíveis fósseis.

Na sua globalidade existem sistemas de climatização centralizados, semi-centralizados e os individuais [35]. O sistema centralizado é o sistema em que o equipamento necessário para a produção de frio ou de calor se situa concentrado numa instalação e num local distinto dos espaços a climatizar, sendo o frio ou calor, transportado por um fluido térmico aos diferentes locais a climatizar. Este tipo de sistema não é muito habitual em edifícios residenciais mas sim em edifícios de serviços, tais como, hospitais, centros comerciais, entre outros. O sistema individual é na realidade um aparelho ou um conjunto de aparelhos diferentes que servem de forma individual cada espaço do edifício. Os sistemas semi-centralizados são sistemas parecidos com o centralizado e com o individual pois deriva de um sistema centralizado mas depois o local onde está a climatizar é regulado de forma individual.

3.1.3 Iluminação

Os sistemas de iluminação são uma necessidade extremamente importante e que têm um impacto significativo na eficiência energética, para além de permitirem a execução das tarefas necessárias.

A iluminação pode ser natural ou artificial. A iluminação natural, proveniente do Sol, deve ser preferida. Uma boa iluminação e eficiente será aquela que conjugar melhor a iluminação natural e a iluminação artificial mantendo o conforto para todos os seus intervenientes e utilizando o menos possível a iluminação artificial [36].

A iluminação natural é a forma mais antiga de iluminar, a mais barata e a mais sustentável pelo que deve ser aproveitada ao máximo. No entanto, a sua utilização nem sempre é suficiente (condições climatéricas) ou possível (período noturno), pelo que tem de existir também iluminação artificial.

O facto que mais contribui para a utilização da luz natural é o envidraçado, no entanto, tal como foi referido anteriormente, a incidência solar tem consequências a nível da temperatura interior nos edifícios, pelo que estes aspetos devem ser bem ponderados. Deve-se maximizar a área do edifício com acesso à iluminação natural, especialmente para os locais onde se desempenham tarefas com maior exigência visual. Áreas de ocupação secundária devem ser colocadas em zonas mais interiores do edifício.

A iluminação artificial obtida através de lâmpadas deve ser calculada de forma a eliminar situações indesejáveis tais como o excesso de luminosidade que provoca o

aquecimento do local e gastos desnecessários. Contudo, tal como já referido anteriormente, mesmo um edifício com um bom aproveitamento de luz natural tem necessidades de iluminação artificial, especialmente no período noturno. O desenvolvimento de lâmpadas mais eficientes conjuntamente com luminárias possibilita a redução significativa no consumo de energia. O facto de as lâmpadas gastarem cada vez menos energia e o desenvolvimento das luminárias, que para além da convencional função de suporte das lâmpadas possuem outros atributos, através de refletores e difusores contribui para essa melhoria. O difusor evita que a luz seja enviada para um determinado objeto proporcionando uma melhor distribuição da luz e os refletores, como o próprio nome indica, refletem a luz tirando o máximo proveito da emissão do fluxo luminoso.

Uma forte iluminação pode provocar desconforto enquanto uma iluminação reduzida causa fadiga, tensão ocular entre outras. A avaliação da iluminação deve ter em consideração o aspeto qualitativo que está relacionado com o conforto visual e quantitativo que relaciona a quantidade de iluminância pretendida para um determinado local, que depende geralmente das tarefas que irão ser desempenhadas.

Para se compreender melhor a iluminação deve ter-se em conta quatro fatores inerentes que são o fluxo luminoso, a intensidade luminosa, a iluminância e a luminância [37].

Relativamente à iluminância existem valores recomendados e que diferem de uns locais para outros. Por exemplo, uma biblioteca precisará mais de iluminância do que uma sala de convívio [37].

Toda a envolvente do espaço é extremamente importante para a distribuição e valor a colocar nas luminárias de maneira a não provocar excesso de luminosidade nem falta de luminosidade para o utilizador.

3.1.4 Equipamentos Elétricos

Atualmente, usam-se eletrodomésticos e/ou equipamentos elétricos praticamente em todas as atividades e, como tal, gasta-se sempre energia. São usados para cozinhar, para conservar os alimentos, usados nas lides domésticas e depois para fins de conforto e de lazer.

O desenvolvimento da eletrónica de potência ao longo dos anos permitiu o desenvolvimento de aparelhos com melhor rendimento e menor custo, aumentando a

sua capacidade para execução de tarefas. Contudo, esta evolução, nomeadamente o facto de terem cargas não-lineares, implica alguns problemas, nomeadamente o aumento de perturbações harmónicas na rede eléctrica [38]. Estas harmónicas resultam num aumento das perdas relacionadas com o transporte e distribuição de energia eléctrica e na diminuição da qualidade desta, podendo provocar quebras de fornecimento de energia o que traz consigo prejuízos quer para as pessoas quer para o próprio país. Desta forma é também importante melhorar estes aparelhos de forma a resolver este problema. A evolução dos equipamentos eléctricos trouxe consigo a possibilidade de utilização de novas funcionalidades, como por exemplo, o modo de *stand-by*. Nesta função o aparelho fica em espera podendo entrar em funcionamento logo que necessário mas, durante esse período, ele também consome energia, embora esse consumo seja reduzido. Atualmente esta opção existe em quase todos os equipamentos informáticos e de lazer, tais como, os computadores, televisões, DVDs, etc. Outra situação é a ligação destes aparelhos a tomadas a que também está associado um consumo contínuo, sem que haja a indicação desse consumo, que é a situação do *off-mode*. Atualmente existem já tomadas que têm a opção de desligar e assim os aparelhos desligam na totalidade, não consumindo energia.

Praticamente todos os eletrodomésticos são obrigados a apresentar a etiqueta de eficiência energética e essa etiqueta permite saber a classe de eficiência energética a que o aparelho pertence. Quanto melhor for a classe melhor é a eficiência do aparelho [39]. Esta etiqueta foi criada com o objetivo de informar o consumidor sobre determinadas características do aparelho permitindo que o consumidor possa fazer escolhas energeticamente melhores a partir de informações fidedignas. Os aparelhos estão classificados de A (mais eficiente) até G (menos eficiente), destacando-se o facto desta classificação assentar no facto do aparelho ser capaz de realizar as suas funções com mais ou menos energia. A potência do equipamento não está diretamente relacionada com a sua eficiência energética, isto é, um aparelho que precise de 200W necessita de menos energia por unidade de tempo que um aparelho de 500W mas pode ser menos eficiente em termos de consumo de energia.

Atualmente já existe para alguns equipamentos, como os frigoríficos, níveis mais exigentes como A++ e o A+, pois estes equipamentos de uso corrente estão

praticamente ligados durante o ano inteiro, sendo os aparelhos de maior consumo de energia numa habitação.

3.1.5 Fontes de Energia Renováveis

As fontes de energia renováveis são fontes inesgotáveis e que podem, ao contrário das não renováveis, serem usadas sem comprometerem as próximas gerações uma vez que existem na natureza em larga escala e, portanto, a sua utilização em edifícios também deve ser incentivada [40]. No entanto, apesar de não serem tão prejudiciais para o ambiente como são as não renováveis também têm um impacto no meio ambiente. As fontes de energia renovável são o sol, a água, o vento, a biomassa e a geotermia.

Com o avanço da tecnologia foi permitido ao ser humano produzir energia renovável e o seu contínuo avanço será determinante para o aumento de produção deste tipo de energia. Em Portugal o uso de energia renovável na produção de eletricidade tem variado ao longo dos anos devido, em parte, à imprevisibilidade das fontes que originam a produção de energia renovável. Mas, mesmo assim, em 2011 Portugal chegou perto dos 50% de produção de energia renovável para fins de eletricidade o que, se comparado com 1995, mostra uma grande evolução, uma vez que nesse ano foi 25%, como se pode ver pelo gráfico 7 [41].

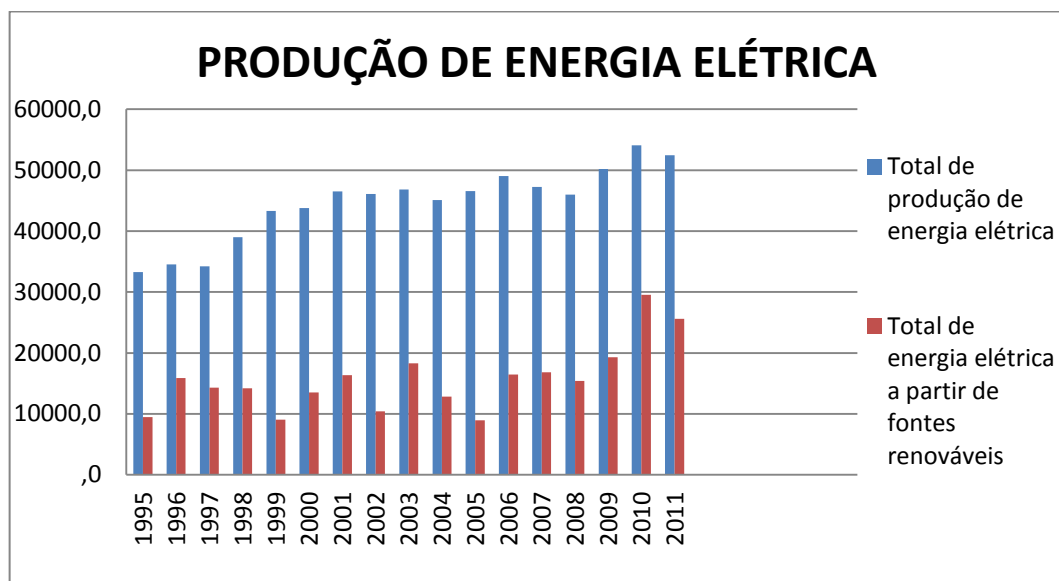


Gráfico 7: Produção de energia elétrica em Portugal [41]

Para incentivar a produção de energia renovável foi aprovado o Decreto-Lei 363/2007 de 2 de Novembro facultando o acesso de consumidores à produção de eletricidade

podendo esta produção de eletricidade ser feita através de energia solar, energia hídrica através de mini-hídricas, energia eólica e por cogeração. Dessa forma, desde Fevereiro de 2008 que um consumidor de eletricidade também pode ser produtor de eletricidade através da chamada microgeração. Um sistema de microgeração é um sistema cuja corrente elétrica, após ser convertida, é injetada diretamente na rede pública [42]. O produtor tem um contador em que assinala o valor de eletricidade que produz e mediante o valor produzido ele recebe um valor monetário por essa produção. Esta microprodução, sistema típico apresentado na figura 1, desde que respeitando certas regras definidas no DL 363/2007, está acessível a todos os consumidores de energia. Esta medida incentivou os consumidores à produção de energia monofásica de baixa tensão que aproveitam os recursos renováveis como energia.

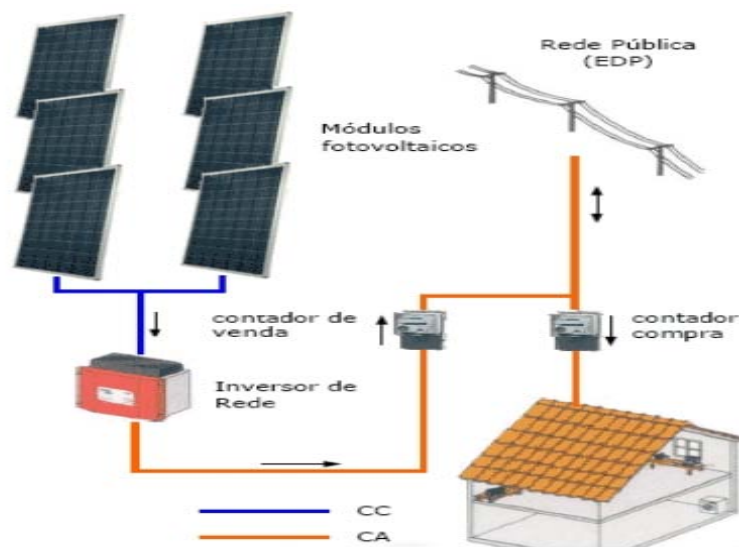


Figura 1: Sistema típico de microprodução através de energia solar [42]

3.1.6 Edifícios Zero Energia

A partir de 2020, pela diretiva 2010/31/EU, os edifícios novos terão de ser *Nearly Zero Energy Buildings* – NZEB [43] – (necessidades quase nulas de energia), isto é, o balanço energético entre consumo e produção de energia terá de ser de igual valor, sendo que os edifícios do Estado vão ser os primeiros a ter que dar esse exemplo, dois anos antes, em 2018. Este é um objetivo que a União Europeia pretende para os novos

edifícios, que sejam construídos a partir de 2020. Estes edifícios, com baixas necessidades energéticas, compensadas pela contribuição das energias renováveis, já fazem parte das boas práticas neste domínio em muitos países da Europa. Importa desmistificar este conceito porque estas preocupações construtivas, energéticas e ambientais, já são uma realidade. A novidade está em torná-lo obrigatório para todos os países da Europa mas para isso cada Estado-Membro – EM – tem que encontrar o seu caminho. Em Portugal o edifício Solar XXI do LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia –, que pode ser visualizado na figura 2, é um dos símbolos nacional e internacional de edifícios que tem um gasto praticamente nulo de energia.



Figura 2: Edifício LNEG em Portugal [44]

O LNEG tem desenvolvido atividade nesta área e integra a *Task 40* da Agência Internacional de Energia na avaliação dos edifícios de balanço de energia zero e edifícios de baixo consumo energético [44].

As vantagens destes edifícios na luta contra as alterações climáticas e na diminuição da dependência energética dos combustíveis fósseis é extremamente importante mas o preço ainda elevado da sua construção tem colocado um travão na sua implementação. A atual situação económica do país torna ainda mais complicado a adesão a este tipo de construção e provavelmente enquanto não se tornar obrigatório este tipo de edifícios não terá o impulso desejado.

Apesar disso existem já pela Europa alguns edifícios que podem ser denominados de edifícios quase zero em energia e que possuem uma denominação diferente. A Dinamarca é dos poucos países que já criou o seu plano nacional de ação para

implementação dos NZEB, tendo para isso definido um conjunto de requisitos mínimos para o desempenho energético dos edifícios. Trata-se de uma definição ambiciosa e que já tem em prática edifícios com características de NZEB. Também a Inglaterra já introduziu este tipo de edifícios e tem como meta que a partir de 2016 os edifícios novos já cumpram com os requisitos.

- Edifício *Home for Life* – este edifício, construído na Dinamarca, tem um valor de emissão de CO₂ nulo e foi a primeira de seis casas experimentais do projeto *VELUX Model Home 2020* [45]. Para este projeto ser o mais realista possível foi habitada por uma família Dinamarquesa de cinco pessoas que durante um determinado período analisaram e testaram a casa a fim de se saber concretamente se esta oferecia as mesmas condições de conforto interno e se esta podia produzir mais energia do que consumia. Tendo como alicerce a eficiência energética, suportada pela tecnologia e uma arrojada arquitetura, pretende atingir os níveis de conforto e bem-estar para os seus ocupantes, como se pode verificar pela figura 3.



Figura 3:Edifício *Home for Life* na Dinamarca [45]

- Edifício *Rural ZED* – construído em Upton, tem emissões de carbono nulas [46]. Para além dessa característica, esta habitação tem a particularidade de ser rápida a construir. Combina a microprodução com pequenos sistemas de biomassa e também faz o aproveitamento da água da chuva para uso não potável da água e

como Inglaterra é um país chuvoso este aspeto é deveras importante e inovador. Pode ver-se na figura 4 uma imagem desse edifício.



Figura 4: Edifício Rural ZED em Inglaterra [46]

3.1.7 Passivhaus

Os edifícios representam uma grande percentagem da utilização de recursos energéticos quer na sua construção quer depois na sua utilização e, conseqüentemente, contribuem de forma significativa para as emissões de gases de efeito de estufa associados. A eficiência energética, a sustentabilidade e a redução de emissões de carbono são as principais metas a atingir nos próximos anos no setor da construção, pelo que será imperativo adotar estratégias passivas e sistemas de aproveitamento das energias renováveis disponíveis no país. Torna-se por isso necessário adotar-se uma atitude para atingir estas metas, sendo fácil perceber que será mais eficaz a implementação de medidas de eficiência energética na fase de projeto do que nas fases posteriores, construção e até utilização.

Na década de 70 o conceito de casa passiva já existia com uma ideia de que quanto maior a utilização de isolamento menor a necessidade de aquecimento que uma habitação necessitaria. Nessa década começaram a aparecer nos EUA várias casas com esta filosofia [47].

Após o seu desenvolvimento nos EUA e contínua melhoria desta forma de construção, esta ideia foi introduzida na Europa, mais concretamente na Alemanha, em meados de 1988, por dois investigadores europeus o Prof. Bo Adamson, da *Lund University*, na

Suécia e o Dr. Wolfgang Feist do *Institut fur Wohnen und Umwelt* (Instituto para a Habitação e Ambiente) [48].

Depois de estudos feitos, estes dois investigadores, em meados de 1991, colocaram em prática a sua investigação numa casa na Alemanha, com o objetivo de colocar em prática este tipo de habitação de baixo consumo energético e com um valor monetário aceitável para o mercado. O facto de este projeto ter sido um sucesso, devido a baixos consumos energéticos e não baixando as condições de conforto, fez com que a investigação prosseguisse com a aplicação de um segundo caso prático, uma nova habitação, também na Alemanha, em 1995.

Com estas experiências e dos resultados obtidos foi possível concluir que os edifícios novos construídos sob os requisitos de um edifício passivo representavam uma diminuição de 90% em necessidades de energia para aquecimento, comparados com os edifícios existentes. Tem como base alguns princípios para atingir o conforto térmico como o uso de energias renováveis, a melhoria da qualidade do ar interior e um consumo reduzido de energia. Não demorou muito para que este tipo de habitação se expandisse para outros países europeus. Encontra-se na figura 5 um edifício passivo.



Figura 5: Edifício Passivo [48]

Em 2006, foi fundado, o *Passivhaus Institut* com o objetivo de promover e gerir a norma alemã *Passivhaus* [49].

O sucesso obtido pelo *Passivhaus Institut* com este novo tipo de habitações, que para além de serem energeticamente eficientes cumprem os objetivos de conforto durante o ano, permitiu que outros países europeus seguissem estas mesmas ideias.

O projeto passivo tem como finalidade maximizar os benefícios térmicos e ambientais que podem surgir através da diminuição das perdas no Inverno e os ganhos de calor no Verão.

No Norte da Europa, as necessidades de aquecimento são maiores que no Sul da Europa e as necessidades de arrefecimento são maiores no Sul da Europa que no Norte da Europa. As variações que existem não se aplicam só ao clima, mas também ao tipo de mercado habitacional, aos custos acrescidos deste tipo de construção e aos métodos construtivos.

Os pressupostos iniciais desta norma alemã sobre um edifício passivo é um edifício habitacional que não possui necessidades de arrefecimento mecânico e em que as necessidades de aquecimento são muito baixas. Na sua construção, o isolamento é um fator importante pois a utilização de isolamento melhora e muito o desempenho energético, para além de que as necessidades de aquecimento no Inverno são efetuadas através da utilização de bombas de calor e também utilizam as fontes de calor gratuitas como o calor de aparelhos e da radiação solar através dos envidraçados. O edifício passivo considera imperioso a necessidade de inserir ar novo nas divisões do edifício de forma a garantir os requisitos de qualidade do ar interior.

4 Cidade do Porto

A Cidade do Porto deu o nome a Portugal quando ainda tinha o nome de Portus Cale. É uma cidade marcante para o país por diversos acontecimentos que ocorreram na história de Portugal. Foi nesta cidade que se celebrou matrimónio entre D. João I e Dona Filipa de Lencastre, foi o berço do nascimento do Infante D. Henrique [50].

A cidade sacrificou-se no início dos Descobrimentos permitindo às caravelas serem abastecidas de carnes na Ribeira do Porto, ficando a população apenas com as tripas dos animais e daí surgiu, anos mais tarde, a alcunha de tripeiros aos habitantes da cidade. Desempenhou um papel fundamental na defesa dos ideais liberais estando a cidade sitiada por mais de um ano pelas tropas de D. Miguel e, por esse feito, foi atribuído por D. Pedro IV a inscrição no brasão da cidade de «Antiga, mui Nobre sempre Leal e Invicta Cidade» [51]. Foi na cidade do Porto que se deram as primeiras movimentações para a implementação da República, no dia 31 de Janeiro de 1891, dando hoje nome a uma das ruas mais movimentadas e conhecidas ruas com o mesmo nome [52].

O Centro Histórico do Porto é a área mais antiga da cidade, classificado como Património Cultural da Humanidade desde 1996. Pode ver-se pela figura 6 a zona demarcada a azul classificada como património da UNESCO [53].

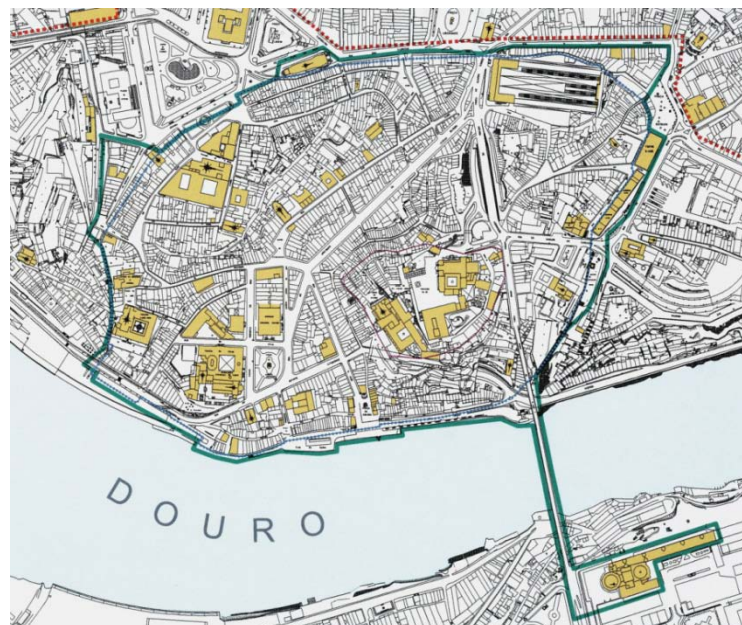


Figura 6: Área classificada como Património da Humanidade [53]

Cidade, sede de concelho e capital de distrito, situa-se na margem direita do Rio Douro, próximo da sua foz. É constituída por 15 freguesias Aldoar, Bonfim, Campanhã, Cedofeita, Foz do Douro, Lordelo do Ouro, Massarelos, Miragaia, Nevogilde, Paranhos, Ramalde, Santo Ildefonso, S. Nicolau, Sé e Vitória, como se pode avistar na figura 7 [54].



Figura 7: Freguesias da cidade do Porto [53]

Maioritariamente é uma cidade de granito tendo um clima temperado mas bastante húmido. Por ser uma cidade próxima do oceano não tem registos de grandes amplitudes térmicas anuais o que a torna uma cidade muito atrativa para se viver.

Em 2001, juntamente com a cidade holandesa de Roterdão, a cidade do Porto foi capital europeia da cultura trazendo um sem número de manifestações culturais à cidade. Um edifício, apesar de ter sido só inaugurado em 2005, que também marcou a cidade e que recebe atualmente, a par com outros monumentos históricos da cidade, milhares de turistas durante o ano, é a Casa da Música.

Atualmente a cidade do Porto é uma das cidades mais visitadas da Europa.

4.1 Caraterização do Edificado

O parque edificado da cidade do Porto tem atualmente cerca de 45.000 edifícios, conforme se pode ver pela tabela 1, sendo que a maioria destes edifícios foram

construídos até meados da década de 70 [54]. Daí a expressão de que o Porto é uma cidade antiga em virtude do envelhecimento dos edifícios.

	Edifícios, segundo a época de construção, por número de pisos							
	Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Até 1919	7821	3300	2316	1301	682	222	0	0
1919-1945	9779	4293	3118	1586	552	150	50	30
1946-1960	8760	3006	2969	1689	749	205	86	56
1961-1970	6099	1378	1525	1307	1144	443	153	149
1971-1980	4416	764	963	924	937	403	175	250
1981-1990	2523	296	536	508	563	226	117	277
1991-1995	1106	125	268	204	155	94	75	185
1996-2000	1356	144	274	363	210	93	101	171
2001-2005	1156	177	199	318	119	95	76	172
2006-2011	1308	175	352	306	159	94	56	166
Porto	44324	13658	12520	8506	5270	2025	889	1456

Tabela 1: Número de edifícios da cidade do Porto [54]

Nesta tabela 1, onde é apresentado o valor do número de edifícios, pode também ser visto que até ao final da década de 60 o número de edifícios construídos incidia mais em moradias com um piso. Após a década de 60 é que se inverteu essa situação e o número de edifícios com 1 piso começou a baixar. Este facto pode dever-se ao facto de a partir de meados de 70 Portugal se ter assistido a uma migração nacional que consistiu em deslocações de populações das zonas rurais para as zonas urbanas e, que é de facto, uma das causas para o aumento da urbanização em edifícios com mais do que dois alojamentos para tentar albergar todas as pessoas que vinham para a cidade [55].

No gráfico 8 pode ver-se o número de edifícios das freguesias que compõem o concelho do Porto. Pode constatar-se que as freguesias com mais impacto relativamente ao número são as freguesias de Paranhos, Campanhã, Bonfim, Cedofeita e Ramalde. No sentido inverso temos Sé, Massarelos, Nevogilde, Vitória e São Nicolau [54].

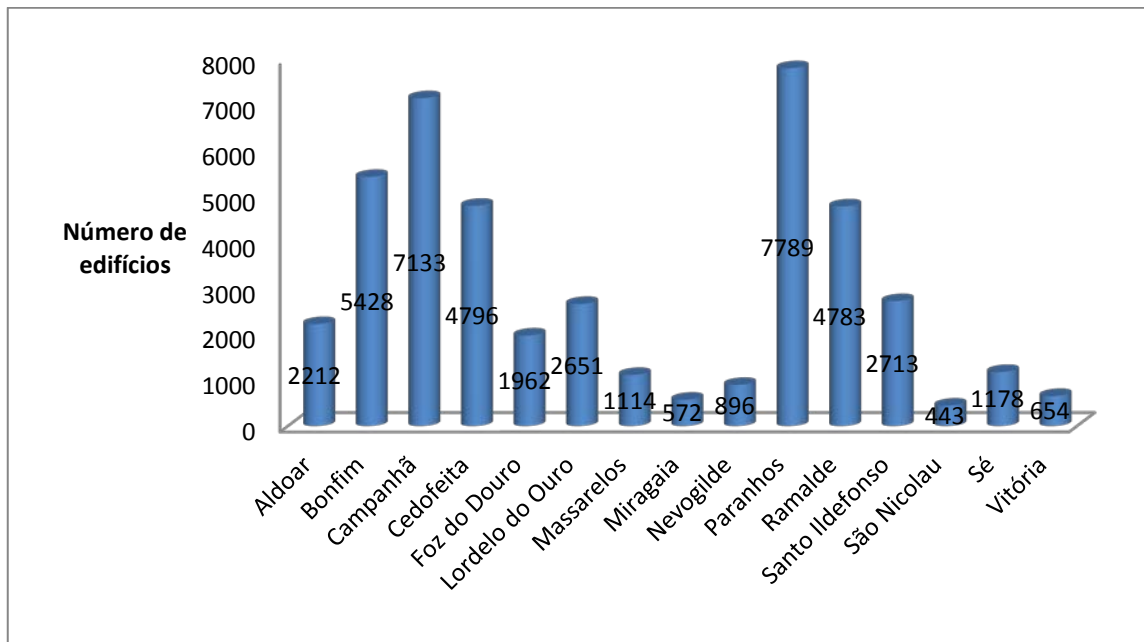


Gráfico 8: Edifícios das freguesias da cidade do Porto [54]

De salientar que, retirando Massarelos e Nevogilde, as outras freguesias com um menor número de edifícios são freguesias que pertencem à zona que é Património Mundial da UNESCO.

Pela análise da tabela 2 é possível averiguar que a época mais expressiva de construção na cidade do Porto para as maiores freguesias ocorreu entre 1919 e 1945, principalmente nas freguesias que contribuem com mais edifícios para a globalidade da cidade. A segunda fase de maior construção na cidade ocorreu precisamente a seguir ao intervalo anterior, isto é, a segunda fase de maior crescimento ocorreu entre 1946-1960 (freguesias de Aldoar, Lordelo do Ouro, Paranhos e Ramalde) o que deixa mais de meio século com poucas construções o que implica dizer que a maioria dos edifícios da cidade está envelhecido [54].

		Freguesias da cidade do Porto (com mais edifícios), segundo a época de construção, por número de pisos							
		Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Aldoar		2212	372	1014	508	201	55	5	57
Mais construtivos	1946 - 1960	393	56	296	37	3	0	0	1
Menos construtivos	Até 1919	18	3	14	1	0	0	0	0
Bonfim		5428	1897	1363	989	586	304	133	156
Mais construtivos	1919 - 1945	1497	676	413	315	74	15	3	1
Menos construtivos	2001 - 2005	95	26	16	16	11	10	3	13
Campanhã		7133	2833	2232	1114	626	206	53	69
Mais construtivos	1919 - 1945	1811	843	760	179	20	9	0	0
Menos construtivos	1991 - 1995	118	12	35	28	21	5	6	11
Cedofeita		4796	1445	1116	996	672	309	105	153
Mais construtivos	1919 - 1945	1018	372	314	217	94	15	4	2
Menos construtivos	1991 - 1995	68	6	13	10	13	12	3	11
Lordelo do Ouro		2651	675	744	599	259	84	122	168
Mais construtivos	1946 - 1960	706	100	270	226	67	15	21	7
Menos construtivos	1991 - 1995	72	7	15	9	2	4	22	13
Paranhos		7789	2547	2208	1381	941	323	157	232
Mais construtivos	1946 - 1960	1944	650	666	426	171	24	3	4
Menos construtivos	1996 - 2000	164	4	22	31	46	27	18	16
Ramalde		4783	1606	1453	713	504	127	78	302
Mais construtivos	1946 - 1960	1209	467	524	155	59	0	1	3
Menos construtivos	2006 - 2011	125	23	42	16	1	12	6	25
Santo Ildefonso		2713	482	808	612	468	198	85	60
Mais construtivos	Até 1919	996	215	342	235	161	43	0	0
Menos construtivos	2001 - 2005	21	4	3	6	4	0	1	3

Tabela 2: Épocas maiores e menores de construção para as freguesias com maior número de edifícios [54]

Analisando a tabela 3 é possível constatar que para as freguesias com menor número de edifícios a época mais construtiva foi entre 1919 e 1945.

		Freguesias da cidade do Porto (com menos edifícios), segundo a época de construção, por número de pisos							
		Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Foz do Douro		1962	720	550	414	128	31	27	92
Mais construtivos	1919 - 1945	468	247	140	73	6	1	1	0
Menos construtivos	2006 - 2011	49	6	17	17	7	0	0	2
Massarelos		1114	283	304	176	163	67	33	88
Mais construtivos	Até 1919	284	90	95	62	33	4	0	0
Menos construtivos	1996 - 2000	15	3	2	1	5	1	1	2
Miragaia		572	184	132	126	83	35	7	5
Mais construtivos	1946 - 1960	133	59	37	22	9	5	0	1
Menos construtivos	Até 1919	6	0	3	1	2	0	0	0
Nevogilde		896	145	181	288	134	54	44	50
Mais construtivos	1919 - 1945	123	52	38	27	4	2	0	0
Menos construtivos	1991 - 1995	34	1	5	9	4	4	4	7
São Nicolau		443	24	54	122	137	88	11	7
Mais construtivos	Até 1919	314	17	43	97	103	54	0	0
Menos construtivos	1991 - 1995	0	0	0	0	0	0	0	0
Sé		1178	405	259	264	166	62	14	8
Mais construtivos	Até 1919	694	293	128	140	91	42	0	0
Menos construtivos	1971 - 1980	4	1	2	1	0	0	0	0
Vitória		654	40	102	204	202	82	15	9
Mais construtivos	1919 - 1945	323	23	61	92	97	32	12	6
Menos construtivos	1981 - 1990	3	0	1	1	0	1	0	0

Tabela 3: Épocas maiores e menores de construção para freguesias com menor número de edifícios

[54]

Pode concluir-se também que o menor índice de construção ocorreu entre 1991-1995 o que tem muito a ver com o decréscimo populacional residente que a cidade tem registado nestas duas últimas décadas.

Um edifício pode ser genericamente dividido em três partes de construção sendo uma parte destinada ao tipo de estrutura da construção onde é englobado o material construtivo do edifício em si propriamente dito desde as paredes de alvenaria até ao betão armado. Depois pode considerar-se a parte do revestimento exterior do edifício que é caracterizado pelo uso de materiais tais como o reboco tradicional ou mosaico

cerâmico e, por fim, a cobertura que pode ser inclinada ou em terraço (mais recentemente).

Através da tabela 4 pode-se verificar que na estrutura de construção o material mais utilizado é o betão armado seguido das paredes de alvenaria e, finalmente, outros tipos de materiais [54].

	Principais materiais utilizados na construção, segundo o número de pisos							
Porto	Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Tipo de estrutura da construção	44324	13658	12520	8506	5270	2025	889	1456
Betão armado	18782	3687	4408	4014	3223	1354	734	1362
Paredes de alvenaria com placa	9602	2826	3353	1878	977	338	151	79
Paredes de alvenaria, sem placa	13689	5891	4179	2284	1022	313	0	0
Paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe	1712	980	480	252	0	0	0	0
Outros	539	274	100	78	48	20	4	15

Tabela 4: Tipo de material utilizado na estrutura [54]

Pela tabela 5 verifica-se que apesar de, conforme já se ter visto, o betão armado ser o material mais utilizado, só a partir da década de 50 é que começou de facto a ser o mais utilizado, o que não coincide com as melhores épocas construtivas de algumas freguesias. Coincidência ou não, esta mudança surge com a construção da Ponte da Arrábida uma obra que para a sua altura foi revolucionária e construída com este material, em que muitos diziam que não seria possível a construção do seu arco com esse material. A ponte teve o seu início de construção em 1957 e terminou em 1963 sendo o seu responsável o Eng.º Edgar Cardoso [56].

Para além deste facto é de realçar que a estrutura denominada como “outros” praticamente deixa de ter significado pois de 1.308 edifícios construídos entre 2006 e 2011 apenas 1% se enquadram nesta categoria, o que é um valor insignificante.

O betão armado difere do betão normal porque o betão armado tem uma armadura metálica responsável por resistir aos esforços por tração, enquanto que o betão normal resiste à compressão. Tem uma grande desvantagem que é a transmissão de calor o que vai implicar que o isolamento tenha de ser melhor [57].

Porto	Principais materiais utilizados na construção por época de construção										
	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Tipo de estrutura da construção	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Betão armado	18782	0	1921	4141	3783	3166	1934	868	1081	877	1011
Paredes de alvenaria com placa	9602	0	3044	2779	1642	917	479	189	185	161	206
Paredes de alvenaria, sem placa	13689	6613	4399	1640	547	279	79	22	27	39	44
Paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe	1712	982	330	165	99	32	16	16	21	16	35
Outros	539	226	85	35	28	22	15	11	42	63	12

Tabela 5: Tipo de material usado na estrutura por intervalo de tempo [54]

No que diz respeito ao revestimento exterior o material mais usado é o reboco tradicional com alguma distância para a pedra e para o mosaico, como se pode ver pela tabela 6 [54].

O reboco tradicional exterior tem uma dupla função que é de proteger o edifício contra os elementos exteriores, garantindo um bom aspeto estético e, a outra função, deveras importante, que é fornecer conforto interno à habitação eliminando pontes térmicas causadas pelos materiais usados nas estruturas. A eliminação das pontes térmicas, que são zonas que, por não estarem isoladas termicamente, têm uma resistência térmica inferior à da restante envolvente, representando uma descontinuidade onde se poderá verificar a ocorrência de patologias com origem em fenómenos de condensação. As

vantagens do uso do reboco são inúmeras desde o aumento da área habitável pois é colocado no exterior passando pela melhoria da impermeabilidade das paredes.

	Principais materiais utilizados na construção, segundo o número de pisos							
Porto	Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Revestimento exterior	44324	13658	12520	8506	5270	2025	889	1456
Reboco tradicional ou marmorite	26102	8662	8126	4835	2741	861	342	535
Pedra	8129	3589	2225	1360	540	200	102	113
Ladrilho cerâmico ou mosaico	9599	1305	2042	2208	1920	947	434	743
Outros	494	102	127	103	69	17	11	65

Tabela 6: Tipo de material usado no revestimento exterior [54]

Na tabela 7 pode analisar-se o tipo de material referente ao revestimento exterior usado por década de construção na cidade. Ao contrário do betão armado, que só a partir dos anos 50 é que foi usado acima dos outros materiais, é possível verificar que o reboco tradicional tem sido o material mais usado, mesmo antes de 1919. Pode referir-se ainda que o uso da pedra como revestimento exterior começou a perder peso na década de 60 para o reboco e para o revestimento exterior através de mosaico [54].

	Principais materiais utilizados na construção por época de construção										
Porto	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Revestimento exterior	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Reboco tradicional ou marmorite	26102	3747	6011	5829	3755	2449	1410	641	789	652	819
Pedra	8129	2549	2038	1528	691	452	206	124	189	162	190
Ladrilho cerâmico ou mosaico	9599	1485	1692	1336	1602	1473	841	300	324	308	238
Outros	494	40	38	67	51	42	66	41	54	34	61

Tabela 7: Tipo de material usado para revestimento exterior por intervalo de tempo [54]

Relativamente à cobertura é possível verificar, por análise da tabela 8, que as coberturas podem ser em terraço, inclinadas ou mistas [54].

Os materiais usados quando a cobertura é inclinada são as típicas telhas que é visível na maior parte das habitações no Norte do país, sendo que estas telhas podem ser cerâmicas ou de betão.

A cobertura de um edifício ao contrário daquilo que se possa pensar deve ser executada com muito cuidado. Para além de precaver contra as intempéries, a cobertura tem de ter um bom isolamento térmico pois o telhado é a parte mais exposta do edifício às condições climatéricas com uma grande superfície exposta. A escolha do isolamento térmico, a composição e ordem das camadas depende do tipo de construção. As coberturas tipo terraço precisam de cuidado especial ao serem construídas, pois caso sejam mal executadas, podem provocar vários problemas na edificação. Dessa forma, a implantação de coberturas do tipo terraço exige uma mão-de-obra qualificada.

	Principais materiais utilizados na construção, segundo o número de pisos							
Porto	Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
Cobertura	44324	13658	12520	8506	5270	2025	889	1456
Em terraço	2774	142	343	483	528	319	275	684
Inclinada	40677	13464	12061	7896	4547	1569	540	600
Revestida a telhas cerâmicas ou de betão	39014	12694	11832	7722	4301	1464	495	506
Revestida a outros materiais	1663	770	229	174	246	105	45	94
Mista (inclinada e terraço)	873	52	116	127	195	137	74	172

Tabela 8: Tipo de cobertura [54]

Como se pode ver pela tabela 9, atualmente o número de edifícios com a cobertura em terraço está a aproximar-se do número de edifícios com cobertura inclinada por dois motivos: o primeiro motivo tem a ver com o aumento do conhecimento e a melhoria da técnica associados a este tipo de cobertura e o segundo com questões estéticas [54].

	Principais materiais utilizados na construção por época de construção										
Porto	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Cobertura	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Em terraço	2774	4	130	231	274	379	377	248	371	366	394
Inclinada	40677	7812	9602	8429	5677	3869	2008	775	904	744	857
Revestida a telhas cerâmicas ou de betão	39014	7489	9332	8201	5490	3594	1822	735	856	704	791
Revestida a outros materiais	1663	323	270	228	187	275	186	40	48	40	66
Mista (inclinada e terraço)	873	5	47	100	148	168	138	83	81	46	57

Tabela 9: Tipo de cobertura usada por intervalo de tempo [54]

A cidade do Porto, visto ser uma cidade em que uma boa parte do seu edificado foi construído antes da década de 70, tem, como não poderia deixar de ser, edifícios que não estão em boas condições e que necessitam de fazer algum tipo de reparação. Como se pode ver pela tabela 10 quase metade da totalidade do edificado da cidade necessita de reparação seja ela de que tipo for. Também não é estranho verificar que para o edificado construído até à década de 50 o número de edifícios que necessita de reparação é superior ao de edifícios que não necessita de reparação. Curioso é verificar que existem edifícios que foram construídos recentemente (2001-2011) e já estão muito degradados quando comparados com o intervalo de tempo 1991-1995.

Analizando ainda os dados da tabela 10 é possível constatar que a maioria do edificado que apresenta necessidade de reparação necessita apenas de uma pequena reparação. Outro dado de realçar é que os edifícios construídos entre 1991 e 1995 apresentam valores muito bons, com nenhum edifício muito degradado e, com apenas uma taxa de cerca de 20% de edifícios que necessitam de algum tipo de reparação [54].

	Estado de conservação por época de construção										
	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Sem necessidade de reparação	24161	2553	3978	4931	3624	2810	1880	907	1166	1078	1234
Com necessidade de reparação	19018	4704	5464	3676	2419	1585	636	199	189	77	69
Pequenas reparações	11800	2296	3224	2402	1763	1191	475	166	167	65	51
Reparações médias	5308	1660	1633	977	522	320	132	25	20	6	13
Grandes reparações	1910	748	607	297	134	74	29	8	2	6	5
Muito degradado	1145	564	337	153	56	21	7	0	1	1	5
Porto	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308

Tabela 10: Estado de conservação dos edifícios [54]

Na tabela 11 são apresentados os edifícios que necessitam de reparação por freguesia. Tal como na tabela anterior optou-se por mostrar os edifícios sem necessidade e com necessidade de reparação mas, neste último caso, apenas se consideraram os edifícios muito degradados, que contribuem com um peso significativo para uma má eficiência energética.

Da análise dos dados da tabela é possível verificar que as freguesias da Zona Histórica do Porto nomeadamente Santo Ildefonso, Sé, São Nicolau e Vitória apresentam um grande número de edifícios muito degradados, o que é normal em virtude de ser uma zona antiga e de exigir algum cuidado no projeto/execução de reparações devido à existência de certas regras, por serem muitos deles edifícios protegidos. Aldoar apresenta um valor muito bom (superior a 80%) de edifícios que não necessitam de reparação comparados com o seu número total de edifícios [54].

Edifícios das freguesias do Porto por estado de conservação				
	Estado de conservação			Total
	Sem necessidade de reparação	Com necessidade de reparação	Muito degradado	
Aldoar	1818	372	22	2212
Bonfim	2504	2809	115	5428
Campanhã	3623	3311	199	7133
Cedofeita	2292	2318	186	4796
Foz do Douro	1066	873	23	1962
Lordelo do Ouro	1498	1126	27	2651
Massarelos	515	583	16	1114
Miragaia	324	242	6	572
Nevogilde	662	222	12	896
Paranhos	4802	2816	171	7789
Ramalde	3140	1534	109	4783
Santo Ildefonso	1116	1502	95	2713
São Nicolau	71	312	60	443
Sé	447	665	66	1178
Vitória	283	333	38	654

Tabela 11: Estado de conservação dos edifícios por freguesia [54]

Para além dos materiais e técnicas usadas na construção dos edifícios o estado de conservação destes também afeta o seu desempenho energético. A reparação dos edifícios, especialmente os mais degradados, pode constituir uma oportunidade não só para a reabilitação do edificado da cidade mas de melhorar o seu desempenho energético, pelo que de seguida serão analisadas as reparações necessárias tendo em conta a estrutura, a cobertura e outros elementos construtivos.

Na tabela 12 é apresentado o tipo de reparação necessária para a cobertura dos edifícios. Por esta tabela verifica-se claramente que, no que diz respeito a cobertura, metade do edificado necessita de reparação e que quase 1.500 edifícios apresentam essa estrutura muito degradada [54].

	Necessidades de reparação, segundo a época de construção										
	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Na cobertura	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Nenhumas	22254	2281	3436	4623	3336	2607	1769	853	1102	1041	1206
Pequenas	12208	2155	3327	2427	1888	1307	531	201	214	86	72
Médias	6089	1796	1833	1163	642	385	164	38	30	22	16
Grandes	2359	881	781	363	162	88	51	12	9	5	7
Muito grandes	1414	708	402	184	71	29	8	2	1	2	7

Tabela 12: Necessidade de reparação por nível de danificação (Cobertura) [54]

Na tabela 13 apresentam-se os dados relativos a outro elemento construtivo do edificado que é a sua estrutura. Neste ponto o edificado também tem quase metade dos edifícios a necessitarem de reparações. Essas reparações, se comparadas com as da cobertura, têm sensivelmente o mesmo valor por necessidade de reparação [54].

	Necessidades de reparação, segundo a época de construção										
	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Na estrutura	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Nenhumas	23078	2466	3707	4752	3392	2691	1771	867	1150	1066	1216
Pequenas	11677	2108	3131	2368	1864	1163	549	190	175	70	59
Médias	5863	1705	1761	1097	613	441	155	39	24	11	17
Grandes	2401	906	784	375	167	95	41	10	6	6	11
Muito grandes	1305	636	396	168	63	26	7	0	1	3	5

Tabela 13: Necessidade de reparação por nível de danificação (Estrutura) [54]

Por fim, na tabela 14 apresentam-se dados sobre reparação de paredes e caixilharias exteriores. Tendo um valor mais baixo no que diz respeito a necessidade de reparação relativamente aos outros elementos construtivos referidos anteriormente, não deixa de

ser curioso que é neste ponto que o edificado tem mais problemas apresentando o valor mais alto no nível de grandes e muito grandes reparações [54].

	Necessidades de reparação, segundo a época de construção										
	Total	Antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2011
Nas paredes e caixilharia exteriores	44324	7821	9779	8760	6099	4416	2523	1106	1356	1156	1308
Nenhumas	20369	2030	3175	4146	2886	2397	1652	794	1075	1019	1195
Pequenas	12721	2180	3219	2544	2109	1357	633	249	232	114	84
Médias	6966	1911	2006	1404	814	527	184	48	42	14	16
Grandes	2731	1014	878	439	214	106	45	15	6	8	6
Muito grandes	1537	686	501	227	76	29	9	0	1	1	7

Tabela 14: Necessidade de reparação por nível de danificação (Paredes e caixilharias exteriores)

[54]

Na tabela 15 é apresentado o número de edifícios degradados (que necessitam de grandes ou muito grandes reparações) por freguesia. As freguesias com um maior número de edifícios apresentam um maior número de edifícios a necessitar de grandes ou muito grandes reparações. Na Zona Histórica, Miragaia é a freguesia em melhor estado mas também é a que tem menos edifícios. Não deixa de ser curioso, mas lógico, que as freguesias que mais contribuíram para o número de construções são, maioritariamente, aquelas que necessitam de maior reabilitação, pois está-se a falar dos edifícios mais antigos da cidade do Porto [54].

Edifícios das freguesias do Porto, segundo as necessidades de reparação mais graves						
	Na cobertura		Na estrutura		Nas paredes e caixilharia exteriores	
	Grandes	Muito grandes	Grandes	Muito grandes	Grandes	Muito grandes
Aldoar	41	23	50	23	54	28
Bonfim	303	151	272	133	327	156
Campanhã	465	263	527	236	548	324
Cedofeita	250	228	306	259	306	259
Foz do Douro	48	24	49	25	59	28
Lordelo do Ouro	67	35	80	33	103	43
Massarelos	105	22	86	35	108	27
Miragaia	9	10	9	7	9	8
Nevogilde	51	13	34	17	41	23
Paranhos	335	204	344	183	385	220
Ramalde	155	122	184	123	231	132
Santo Ildefonso	246	140	229	113	243	111
São Nicolau	92	61	93	62	97	60
Sé	108	76	105	71	121	76
Vitória	84	42	103	42	99	42

Tabela 15: Edifícios mais degradados por freguesia [54]

Pela análise da tabela 16 verifica-se que a cidade conta com perto de 138.000 alojamentos familiares que são divididos em clássicos e não clássicos [54].

Alojamentos familiares clássicos são locais que foram construídos com destino a habitação. Alojamentos familiares não clássicos são locais ocupados por pessoas mas que não satisfazem inteiramente as condições de um alojamento clássico normal.

Pela tabela verifica-se que Paranhos é a freguesia que tem maior número de alojamentos e que a freguesia com menor número de alojamentos é Miragaia. A freguesia que tem maior número de alojamentos não clássicos é Campanhã [54].

	Freguesias da cidade do Porto por alojamentos		
	Alojamentos familiares		
	Total	Clássicos	Não clássicos
Porto	137371	137236	135
Aldoar	5843	5838	5
Bonfim	14993	14988	5
Campanhã	16431	16361	70
Cedofeita	15711	15700	11
Foz do Douro	5701	5698	3
Lordelo do Ouro	10919	10918	1
Massarelos	4380	4376	4
Miragaia	1522	1522	0
Nevogilde	2460	2459	1
Paranhos	27192	27179	13
Ramalde	18835	18831	4
Santo Ildefonso	7132	7126	6
São Nicolau	1586	1585	1
Sé	2745	2738	7
Vitória	1921	1917	4

Tabela 16: Número de alojamentos por freguesia [54]

Os edifícios podem ser divididos como sendo exclusivamente residenciais em que toda a sua área útil é para habitação, podem ser parcialmente residenciais em que a sua maior área útil é destinada a habitação e, por fim, existem os edifícios principalmente não residenciais em que a sua área útil não era inicialmente destinada para fins habitacionais.

Como se pode ver pela tabela 17 atualmente existem cerca de 104.000 alojamentos em edifícios exclusivamente residenciais dos quais cerca de 19.000 não estão ocupados. O valor real dos alojamentos efetivos é de cerca de 77.000 alojamentos pois ainda existem os alojamentos de residência secundária que são residências que a maior parte do ano podem não estar ocupadas [54].

	Alojamentos clássicos, segundo a forma de ocupação								
	Total	Ocupados			Vagos				
		Total	Residência habitual	Residência secundária	Total	Pra venda	Para arrendamento	Para demolição	Outros
Edifícios exclusivamente residenciais (100%)	104153	85839	77089	8750	18314	3930	3913	454	10017
1 alojamento	26362	20330	18864	1466	6032	980	763	355	3934
2 alojamentos	5445	4261	3866	395	1184	184	265	17	718
3 alojamentos	5549	4195	3730	465	1354	198	326	33	797
4 alojamentos	4995	3753	3317	436	1242	149	286	14	793
5 - 9 alojamentos	23936	20855	19211	1644	3081	458	1050	23	1550
10 - 15 alojamentos	15164	13083	11734	1349	2081	716	551	11	803
16 ou mais alojamentos	22702	19362	16367	2995	3340	1245	672	1	1422

Tabela 17: Alojamentos de edifícios exclusivamente residenciais [54]

A cidade do Porto contém bastantes edifícios com um só alojamento o que também implica que seja neste ponto onde exista mais alojamentos vagos.

Nos edifícios principalmente residenciais, como se pode ver pela tabela 18, a sua disponibilidade não é exclusivamente habitacional embora seja sempre superior a 50%, podendo chegar perto dos 100%. Não tirando uma conclusão definitiva, pode dizer-se que nestes edifícios os alojamentos do R/C são, normalmente, lojas comerciais [54].

	Alojamentos clássicos, segundo a forma de ocupação								
	Total	Ocupados			Vagos				
		Total	Residência habitual	Residência secundária	Total	Pra venda	Para arrendamento	Para demolição	Outros
Edifícios principalmente residenciais (de 50% a 99%)	32168	24949	21063	3886	7219	1860	1466	66	3827
1 alojamento	1274	876	790	86	398	61	42	17	278
2 alojamentos	1751	1155	1010	145	596	77	110	8	401
3 alojamentos	2585	1659	1462	197	926	106	185	35	600
4 alojamentos	2071	1467	1272	195	604	81	121	0	402
5 - 9 alojamentos	8218	6537	5541	996	1681	252	504	6	919
10 - 15 alojamentos	5932	4891	4158	733	1041	292	229	0	520
16 ou mais alojamentos	10337	8364	6830	1534	1973	991	275	0	707

Tabela 18: Edifícios principalmente residenciais [54]

Por fim temos os edifícios principalmente não residenciais. Este tipo de edifícios caracteriza-se como sendo destinado, na sua maioria, a espaços não habitacionais mas que contêm na mesma esses espaços.

Pela tabela 19 verifica-se que este tipo de edifício é em número muito menor, o que era de esperar [54].

	Alojamentos clássicos, segundo a forma de ocupação								
	Total	Ocupados			Vagos				
		Total	Residência habitual	Residência secundária	Total	Pra venda	Para arrendamento	Para demolição	Outros
Edifícios principalmente não residenciais (até 49%)	915	615	517	98	300	20	56	4	220
1 alojamento	363	235	193	42	128	13	14	4	97
2 alojamentos	187	129	107	22	58	0	14	0	44
3 alojamentos	51	34	33	1	17	0	7	0	10
4 alojamentos	52	39	29	10	13	0	5	0	8
5 - 9 alojamentos	138	90	78	12	48	2	12	0	34
10 - 15 alojamentos	42	30	21	9	12	5	3	0	4
16 ou mais alojamentos	82	58	56	2	24	0	1	0	23

Tabela 19: Edifícios principalmente não residenciais [54]

Da tabela 20 é possível constatar que existe um total de 98.152 alojamentos clássicos habitados na cidade. Esse valor está mais concentrado em edifícios que albergam um maior número de alojamentos o que é natural em virtude dos edifícios grandes serem em número razoável na cidade. O número de alojamentos vagos são perto de 26.000, o que perfaz perto de 20% do total de alojamentos, o que é um valor considerável para a segunda maior cidade de Portugal. No que diz respeito às residências secundárias não é clara a sua influência a nível de consumo de energia visto serem residências que não se sabe ao certo o tempo que estão ocupadas, podendo estar o ano todo ou nenhum tempo no ano [54]. Considerando também os alojamentos em edifícios principalmente não residenciais o número total de alojamentos habitados é de 98.669.

	Alojamentos clássicos, segundo a forma de ocupação								
	Total	Ocupados			Vagos				
		Total	Residência habitual	Residência secundária	Total	Pra venda	Para arrendamento	Para demolição	Outros
Total de edifícios principalmente residenciais	136321	110788	98152	12636	25533	5790	5379	520	13844
1 alojamento	27636	21206	19654	1552	6430	1041	805	372	4212
2 alojamentos	7196	5416	4876	540	1780	261	375	25	1119
3 alojamentos	8134	5854	5192	662	2280	304	511	68	1397
4 alojamentos	7066	5220	4589	631	1846	230	407	14	1195
5 - 9 alojamentos	32154	27392	24752	2640	4762	710	1554	29	2469
10 - 15 alojamentos	21096	17974	15892	2082	3122	1008	780	11	1323
16 ou mais alojamentos	33039	27726	23197	4529	5313	2236	947	1	2129
Porto	137236	111403	98669	12734	25833	5810	5435	524	14064

Tabela 20: Total de alojamentos principalmente residenciais [54]

Um dos aspetos importantes no consumo de energia num edifício, em particular num alojamento, para além do estado de conservação, são os equipamentos que consomem energia. Na cidade do Porto esse aspeto é importante para se tomar medidas que possam reduzir esse consumo pelo que na tabela 21 são apresentados alguns dados ligados ao consumo de energia.

Da análise da tabela 21 é possível ver que existem ainda muitos alojamentos sem instalação de banho, o que é preocupante para uma cidade como o Porto. Para sistemas de aquecimento é possível verificar que cerca de 62.000 alojamentos usam aparelhos móveis a eletricidade e gás. Pode-se também apurar que ainda existem perto de 15.000 alojamentos sem sistema de aquecimento [54].

		Alojamentos familiares, segundo as instalações									
		Instalação de banho ou duche		Ar condicionado		Sistema de aquecimento disponível					
		Com instalação de banho ou duche	Sem instalação de banho ou duche	Com ar condicionado	Sem ar condicionado	Aquecimento central	Aquecimento não central				Sem aquecimento
Porto	Total						Lareira aberta	Recuperador de calor	Aparelhos móveis (elétricos, a gás, etc.)	Aparelhos fixos (na parede, fogões, etc.)	
Alojamentos	98669	96482	2322	3899	94905	13210	1484	2192	61881	5710	14327

Tabela 21: Instalações dos alojamentos familiares [54]

Para além de saber o tipo de aparelhos que são usados para aquecimento é muito importante saber a fonte de energia usada para o seu funcionamento. No caso de lareira aberta não será difícil verificar que é madeira, no entanto, existem muitos aparelhos que podem funcionar a eletricidade, a gás, a petróleo, entre outras fontes de energia.

Pela tabela 22 é possível constatar a importância dada à eletricidade para o aquecimento em que quase 80% dos alojamentos usa esse vetor para conforto ambiente. O destino são os equipamentos móveis como aquecedores ou outros equipamentos depois segue-se o gás natural que, devido a uma boa política e a um forte incentivo começa aos poucos a entrar nas habitações portuenses sendo usado em cerca de 15% dos alojamentos, depois vem a tradicional lareira mas com valores já muito pequenos tal como o uso do petróleo. Em último lugar surgem as fontes de energia renováveis [54].

	Fonte de energia utilizada para aquecimento, segundo o aquecimento disponível no alojamento							
	Total	Total de alojamentos familiares com aquecimento	Aquecimento central	Aquecimento não central				Sem aquecimento disponível
				Lareira aberta	Recuperador de calor	Aparelhos móveis	Aparelhos fixos	
Eletricidade	66169	66169	2927	0	1045	57449	4748	0
Madeira, carvão ou outros combustíveis sólidos	2994	2994	78	1484	1028	0	404	0
Petróleo, gasóleo ou outros combustíveis líquidos	659	659	348	0	9	284	18	0
Gás natural, propano, butano ou outros combustíveis gasosos	14539	14539	9790	0	101	4116	532	0
Outra (energia solar, geotérmica, ...)	116	116	67	0	9	32	8	0
Porto	98804	84477	13210	1484	2192	61881	5710	14327

Tabela 22: Fonte de energia para os aparelhos de aquecimento [54]

A partir da tabela 23 é possível verificar que o gás natural já apresenta um bom valor para edifícios com mais de três alojamentos, embora nos edifícios com 1 ou 2 alojamentos isso ainda não se verifique [54].

	Principal fonte de energia utilizada para aquecimento por alojamentos familiares					
	Total	Alojamentos familiares clássicos				Alojamentos familiares não clássicos
		Total de alojamentos familiares clássicos	Com 1 ou 2 alojamentos familiares	Com 3 ou mais alojamentos familiares	Outro tipo	
Eletricidade	66169	66122	15856	49795	471	47
Madeira, carvão ou outros combustíveis sólidos	2994	2993	1181	1793	19	1
Petróleo, gasóleo ou outros combustíveis líquidos	659	658	394	258	6	1
Gás natural, propano, butano ou outros combustíveis gasosos	14539	14538	2897	11598	43	1
Outra (energia solar, geotérmica, ...)	116	116	61	54	1	0
Porto	84477	84427	20389	63498	540	50

Tabela 23: Energia para aquecimento por tipo de alojamento [54]

4.2 Matriz energética

Para melhor se entender este capítulo seguem-se algumas definições:

Energia primária – é o recurso energético que se encontra disponível na natureza sendo através desta que se obtém a energia final.

Energia útil – é aquela que é absolutamente necessária para assegurar a função, por exemplo, o transporte, a cozinha, a iluminação, etc.

Energia final – é o vetor comercializável na cidade. No entanto, há energias primárias que são finais, por exemplo, gás natural, lenha, etc. [58].

Através da figura 8 é possível verificar e compreender melhor estes conceitos.

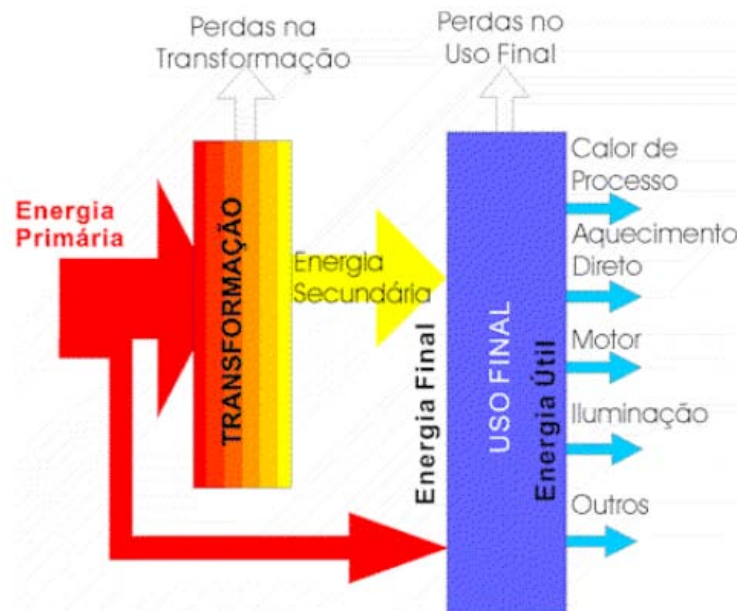


Figura 8: Esquema de energia primária, útil e final [58]

A cidade do Porto conta desde 2007 com uma entidade que tem como objetivo promover a inovação, o exercício de boas práticas e de meios de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável através da utilização inteligente da energia e da redução do seu impacto no ambiente, proporcionando assim uma melhor qualidade de vida aos cidadãos. Essa entidade é a Agência de Energia do Porto – AdEPorto – e que em parceria com o município publicou anteriormente dois estudos relacionados com energia e a sua sustentabilidade que são a Matriz Energética do Porto em Março de

2008 e a Estratégia para a Sustentabilidade da Cidade do Porto em Fevereiro de 2009 [59].

Em Fevereiro de 2009 a cidade do Porto subscreveu o Pacto dos Autarcas. Este pacto consiste num compromisso entre autarquias locais e regionais que têm como objetivo o incentivo à eficiência energética e à utilização de energia proveniente de fontes renováveis nesses mesmos locais, em que uma das suas metas é reduzir em mais de 20% as emissões de CO₂ até 2020. O plano desenvolvido pela cidade do Porto – Plano de Ação para a Energia Sustentável da Cidade do Porto – PAES-P – consiste num plano teórico estratégico que visa obter os resultados estabelecidos nesse Pacto [60].

Este PAES-P foi elaborado pela AdEPorto a pedido da Camara Municipal do Porto. De seguida serão mostrados alguns dos valiosos trabalhos já desenvolvidos por esta instituição em tão poucos anos de vida.

A matriz energética do Porto foi publicada em 2008 mas com dados relativamente a 2004 e caracterizou com algum pormenor a situação energética da cidade do Porto, referindo também as emissões de CO₂ associadas ao consumo energético e estabelecendo indicadores, tendo em vista a eficiência energética, a redução dos impactos ambientais e um desenvolvimento sustentável. Com os dados relativos ao fornecimento de energia à cidade e o seu fluxo é possível definir uma estratégia energética para a cidade. Essa estratégia, para além de ser viável, deve permitir a redução de emissões de CO₂ e também identificar os indicadores e eleger metas para o planeamento das ações da agência tendo em vista a melhoria da cidade [58].

O resultado produzido no relatório da matriz energética tem como alvos principais os valores de energia e as emissões de CO₂ relativos à cidade. No que diz respeito aos setores de atividade estes setores correspondem aos transportes, edifícios e indústria. O setor de edifícios subdivide-se em edifícios residenciais e edifícios de serviços, enquanto que, os transportes são divididos entre coletivo, individual, ferroviário entre outros e, finalmente, a indústria reparte-se em indústria alimentar e as outras transformadoras.

Face a políticas energéticas de promoção e construção de barragens nos anos 50, e devido à excelente localização da cidade, a cidade foi inundada com eletricidade e como essa eletricidade tem de ser gasta houve um processo de incentivo ao uso exclusivo da mesma, sendo esse ainda hoje um grande problema da cidade.

Por este fator, não constitui surpresa nenhuma que a eletricidade seja o vetor de energia predominante, como se pode ver pelo gráfico 9, em que o vetor eletricidade corresponde a mais de metade da energia primária [58].

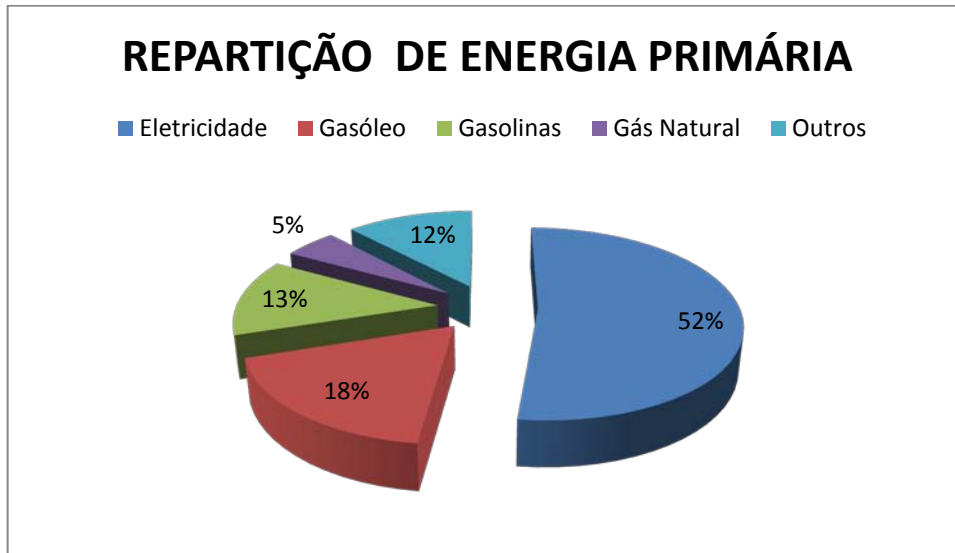


Gráfico 9: Repartição de energia primária [58]

Pode ver-se no gráfico 10, relativo à energia final, que o valor da eletricidade desce substancialmente. Isto deve-se ao seu processo de produção, pois existem muitas perdas ao longo desse processo [58].

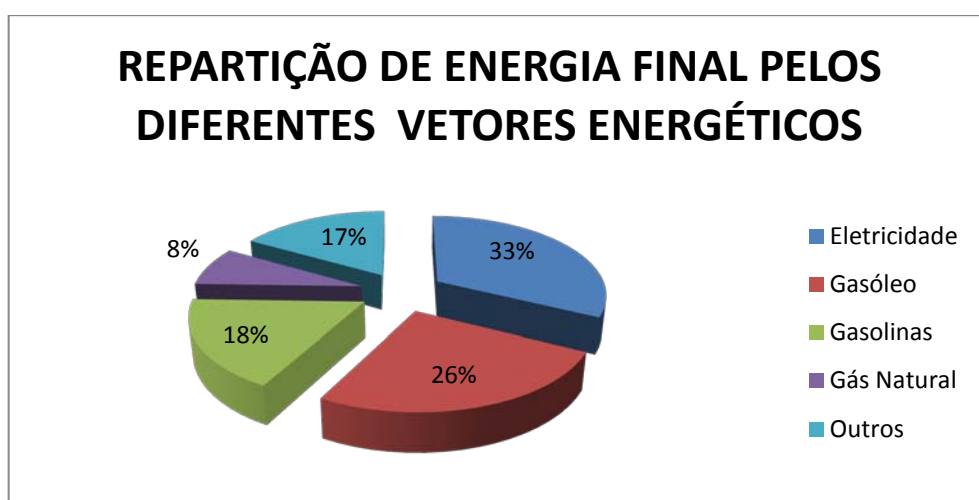


Gráfico 10: Repartição de energia final [58]

O consumo de energia maioritariamente associada a fontes de energia fósseis (não renovável) traz consigo o problema de emissões de CO₂ para a atmosfera. Pela análise do gráfico 11 é possível verificar que a eletricidade é responsável por metade das emissões de CO₂ que a cidade produz, o que não deixa de ser preocupante. Claro está que, no que toca à procura energética, esta é claramente dominada pelo setor dos edifícios [58].

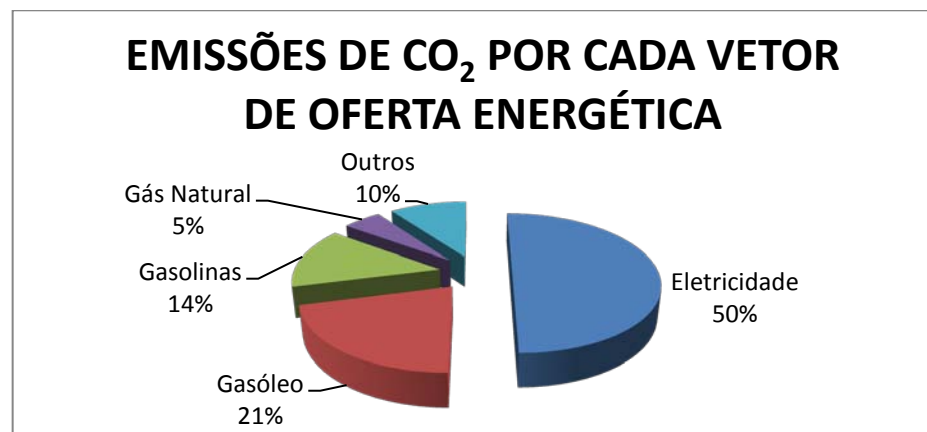


Gráfico 11: Emissões de CO₂ por vetor de oferta energética [58]

Os edifícios são responsáveis por mais de 50% do consumo de energia primária na cidade do Porto, sendo um setor onde é possível fazer alterações de medidas e implementações das mesmas de forma a diminuir a percentagem deste vetor, principalmente em edifícios residenciais (responsáveis por 26% do consumo de energia primária) [58].

Como se pode constatar pelo gráfico 12 a energia elétrica consumida tem como destino, quase na sua totalidade, os edifícios. A energia total primária para a produção de eletricidade chega quase aos 3.000 GWh dos quais 2.575 GWh são para os edifícios na sua globalidade.

A energia final de eletricidade é, como é óbvio, maioritariamente destinada aos edifícios e corresponde a 1.328 GWh, dos quais 1.161 GWh são para edifícios, ficando os transportes somente com 11 GWh, o que é lógico visto a eletricidade não ser a principal fonte para este setor. É de destacar a indústria com apenas 102 GWh, o que mostra que a cidade do Porto é pouco industrializada [58].

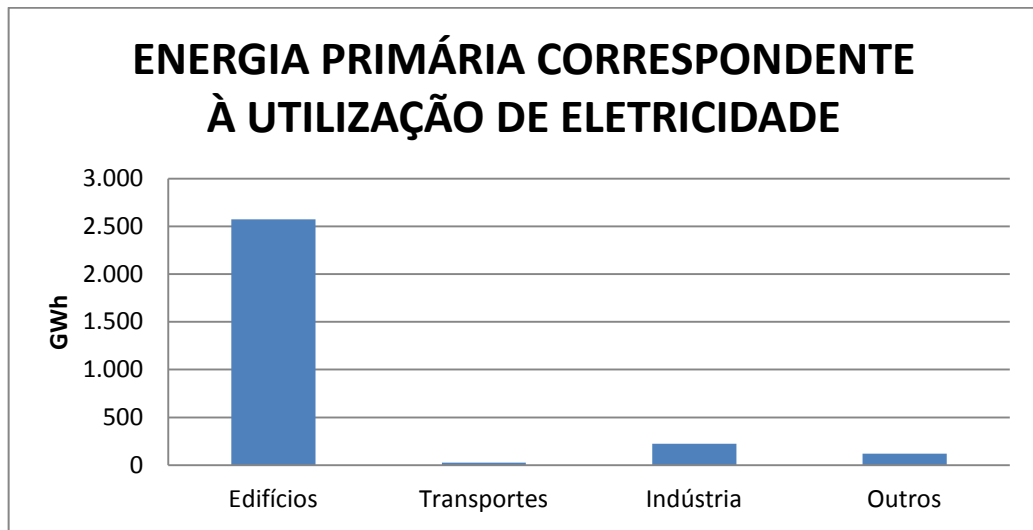


Gráfico 12: Energia primária correspondente à utilização de eletricidade [58]

Relativamente à oferta é possível verificar pela análise do gráfico 13 que o valor do gás natural ainda é muito reduzido e que a eletricidade ocupa quase 80% da componente energética. Esse valor deve-se ao percurso energético que a cidade teve no passado, como já foi referido anteriormente, e que nos dias de hoje tem grande impacto [58].



Gráfico 13: Vetores energéticos da oferta de energia para edifícios residenciais [58]

Pelo gráfico 14 é possível apurar os valores percentuais relativos à energia final. A seguir à eletricidade a energia final mais utilizada em edifícios residenciais é a lenha, uma energia primária, que tem como destino o aquecimento.

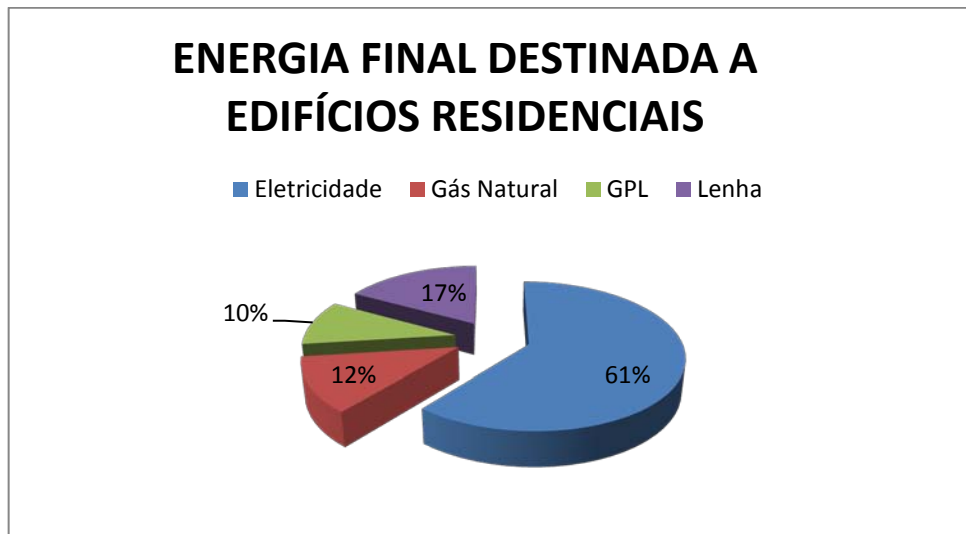


Gráfico 14: Energia final destinada a edifícios residenciais [58]

Pode analisar-se as emissões de CO₂ correspondentes a cada vetor de energia através do gráfico 15. A matriz energética dos edifícios residenciais, como se viu, é dominada pela eletricidade quer em termos de energia primária quer em termos de energia final sendo o impacto desta situação no ambiente analisado no presente gráfico. A percentagem de emissões devido à eletricidade é maior que o valor nacional, que era de 60%. Neste gráfico não se colocou o valor de emissões devido ao uso da lenha pois a quantidade de CO₂ emitida na combustão da madeira não é maior que a quantidade armazenada durante o crescimento da árvore, pelo que este processo é considerado neutro em termos de emissão de CO₂.



Gráfico 15: Emissões de CO₂ por vetor energético [58]

No gráfico 16 estuda-se o destino dado à energia, expressa em energia primária, para os edifícios residenciais (lado da procura).

Pode-se verificar que 71% da energia primária é para produção de calor, desde a água quente sanitária – AQS –, para preparação de refeições e para o aquecimento do ambiente. Depois é indicado o valor para os eletrodomésticos que produzem o frio desde os frigoríficos, arcas congeladores e combinados que estão ligados o dia todo, seguidamente o valor para os aparelhos eletrónicos que têm crescido bastante nos últimos anos e por fim o valor relativo à iluminação.

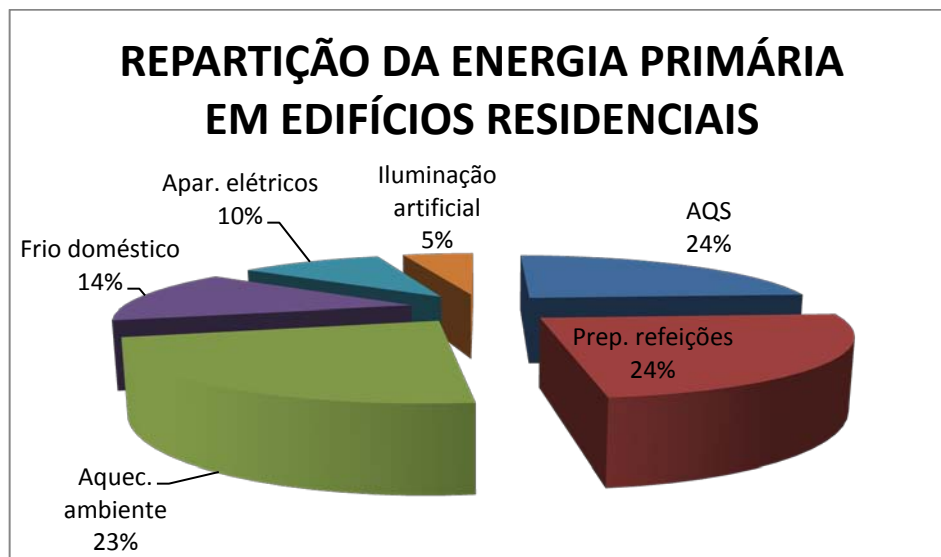


Gráfico 16: Repartição da energia primária [58]

Pela análise do gráfico 17 verifica-se que o maior responsável pelas emissões de CO₂ são as AQS seguido da preparação de refeições. À utilização de aparelhos eletrónicos e iluminação estão associados os valores mais baixos.

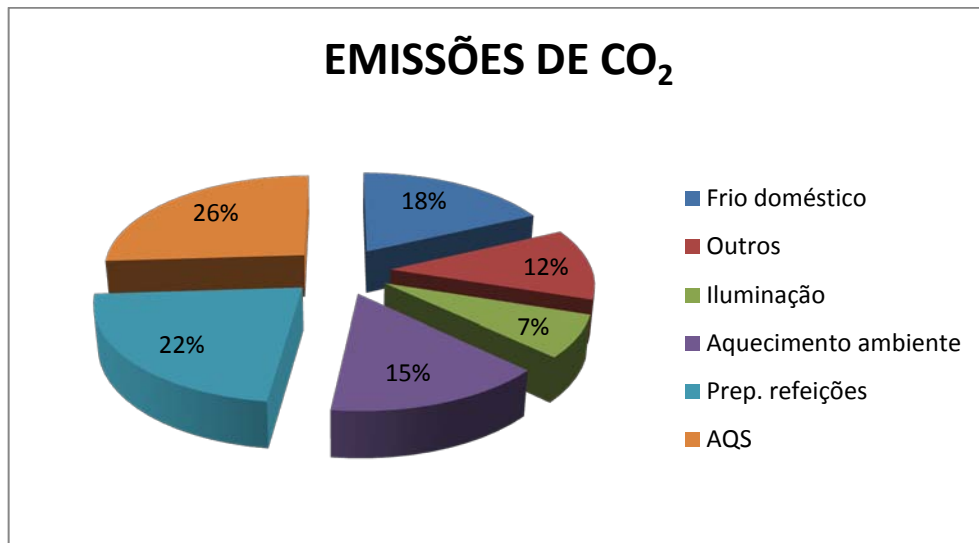


Gráfico 17: Emissões de CO₂ [58]

Em 2010 foi levado a cabo um estudo relativamente ao uso de energia efetuado aos habitantes da cidade do Porto caracterizando a fonte energética. Este estudo, feito a 1.535 residentes, foi realizado pelo centro de estudos e sondagens de opinião da Universidade Católica Portuguesa e produziu os resultados evidenciados no gráfico 18 [61].

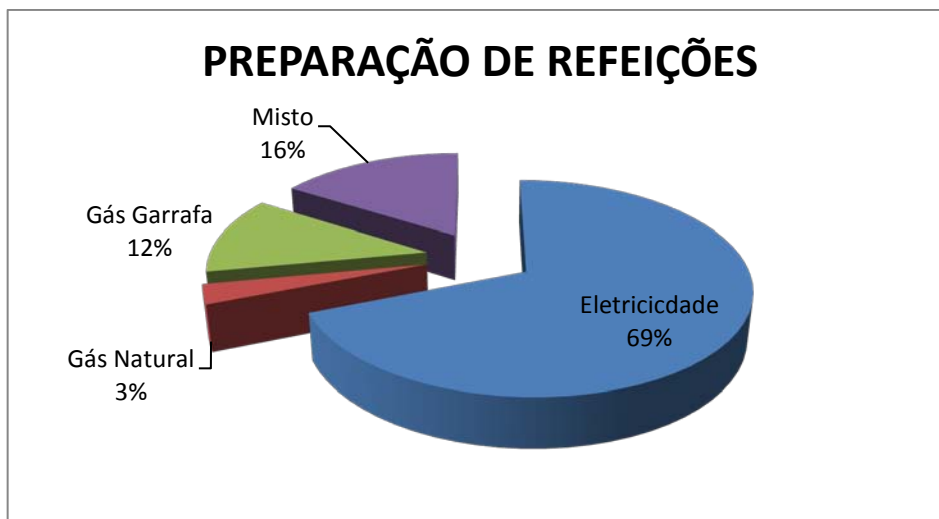


Gráfico 18: Fonte de energia usada para a preparação de refeições [61]

Como se pode ver pela figura anterior a eletricidade ocupa claramente um lugar de destaque na cozinha, tendo esta o peso que tem devido aos incentivo já falados anteriormente e, também, apesar de não ter um consumo muito significativo, à inclusão

do micro-ondas nas vidas dos portuenses. É de salientar que o gás de garrafa tem um maior peso do que o gás natural porque a que a rede de gás da cidade do Porto ainda não está concluída originando assim a não disponibilidade desta fonte de energia em muitos alojamentos da cidade. O vetor misto engloba o gás de garrafa e a eletricidade visto que existem fogões que podem trabalhar com as duas fontes [61].

Relativamente à água quente sanitária, sabe-se que corresponde a 23% da energia (final) utilizada nos edifícios. Pelo gráfico 19 é possível verificar que 75% corresponde à utilização de eletricidade [61].

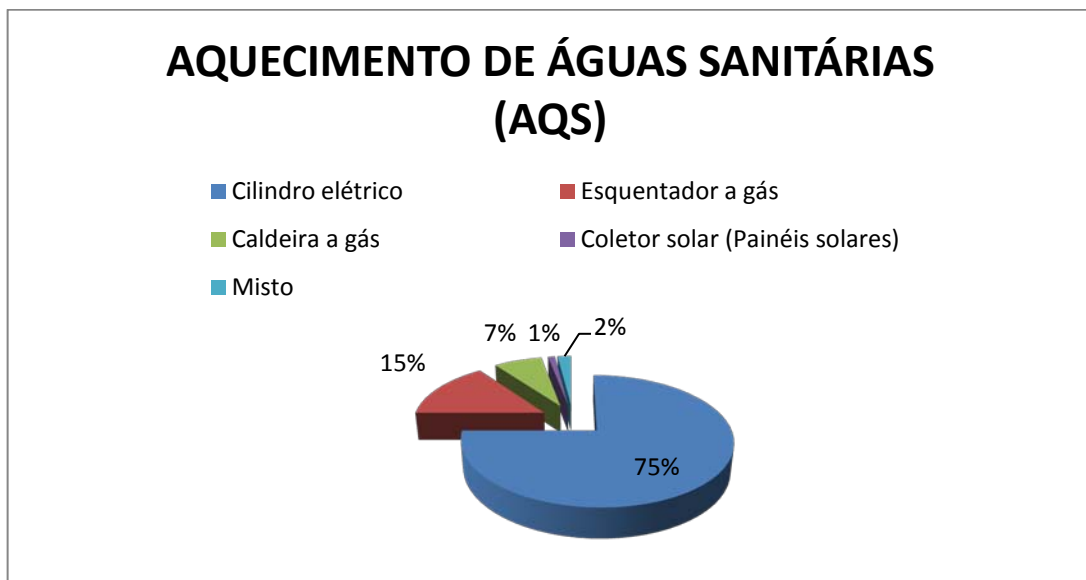


Gráfico 19: Energia para aquecimento de águas sanitárias [61]

Uma das preocupações evidenciadas por esta figura prende-se com o facto de apenas 1% usar os coletores solares. A cidade do Porto, devido à sua antiga construção e, também à diminuição significativa de construção na cidade, tem um problema relativamente à colocação dos coletores solares. A sua obrigatoriedade apenas abrange edifícios novos, o que de facto, para uma cidade como o Porto, será um problema em virtude de os edifícios já construídos não serem obrigados a colocar estes coletores sendo o proprietário responsável pela iniciativa da sua colocação.

Comparando com um inquérito feito em 2010 pelo INE – Instituto Nacional de Energia – e pela DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia – ao consumo de energia no setor doméstico para todo o território, verifica-se que o valor correspondente ao gás é

muito superior ao da eletricidade para o AQS. A nível nacional quase 79% utilizam esquentador a gás enquanto que aparelhos a gás para AQS na cidade do Porto são 22% sendo que a diferença é 57%. Assim, conclui-se que, ao contrário da cidade do Porto, o resto do país utiliza mais o gás para AQS do que eletricidade [62].

Relativamente ao aquecimento do ambiente é possível verificar através do gráfico 20 que a eletricidade é a fonte mais utilizada para o conforto habitacional dos habitantes da cidade do Porto [61].

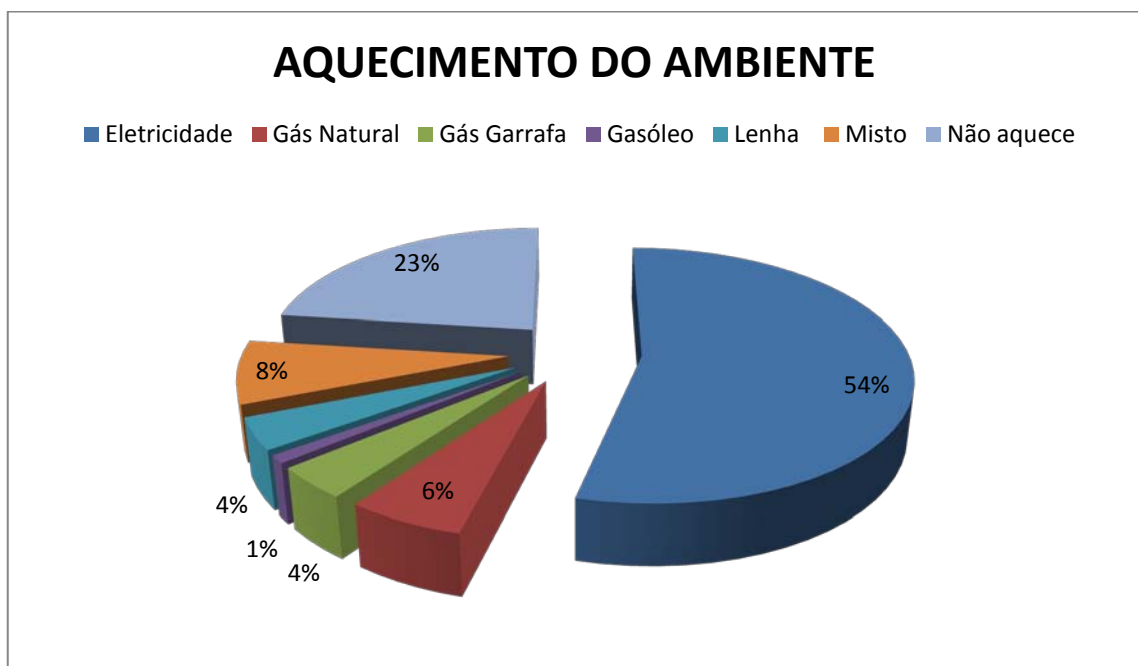


Gráfico 20: Energia para aquecimento [61]

O gasóleo bem como a lenha têm, conjuntamente, uma importância de 5% em que o gás natural aqui ganha importância comparado com o gás de garrafa devido aos alojamentos que usam o aquecimento central e por consequência são abastecidos pela rede de gás da cidade. Importa realçar que estes 6% de gás natural para o aquecimento deveriam ter uma correspondência na preparação de refeições, o que não acontece, pois comparando com a preparação de refeições é o dobro, o que pode indiciar a preferência dos portuenses pela eletricidade.

Esta opção tem muito a ver com a tradição da cidade no uso da eletricidade e também no facto da rede de gás natural não estar completamente concluída. Estes dados, quando

comparados com os dados dos censos de 2011 [54], apresentam-se muito próximos dos resultados do inquérito acima comentado.

No entanto, devido a uma substancial melhoria e alargamento da rede de gás natural na cidade do Porto, o referido inquérito teve a preocupação de indagar sobre as razões desta fonte de energia não ser mais usada [62].

Pela análise do gráfico 21 verifica-se que 20% dos inquiridos não têm cobertura da rede e, como tal, não podem usar esta fonte de energia. Existe ainda uma percentagem significativa de pessoas que não quer usar o gás natural e cerca de 15% afirma que não têm confiança, o que não deixa de ser um pouco desconfortável pois deverá existir uma razão para este facto, o que deveria ser explorado de modo a eliminar esse fator e potenciar o seu uso [61].

Não foi dada muita importância ao arrefecimento do ambiente pois, embora as temperaturas na cidade do Porto nos meses quentes atinjam valores fora do limite de conforto durante o dia, também é verdade que o anoitecer provoca um arrefecimento geralmente suficiente.

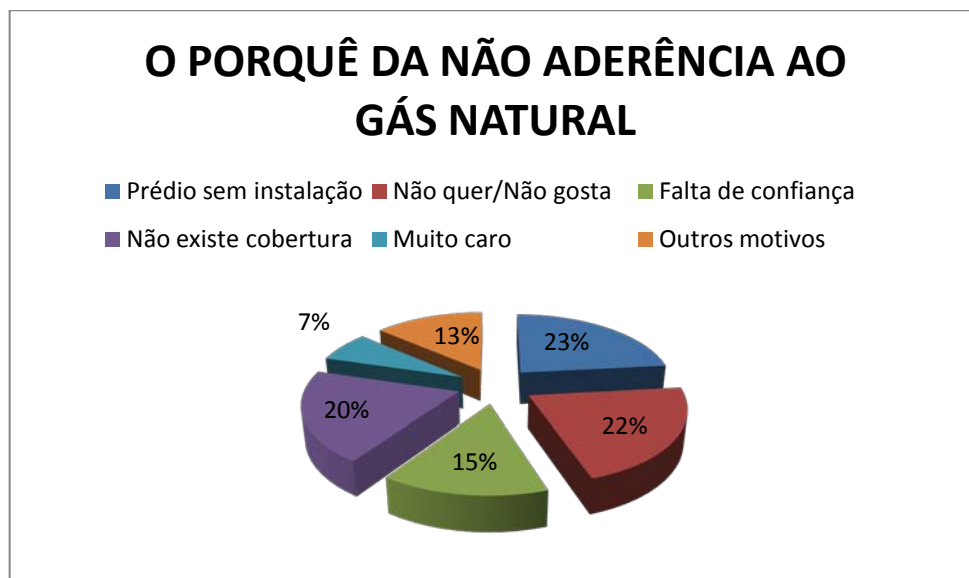


Gráfico 21: Razões para a não utilização do gás natural [61]

Relativamente à iluminação e aos aparelhos elétricos será quase seguro dizer que ambos usam a eletricidade para seu uso. A importância dos aparelhos elétricos tem aumentado ao longo dos anos e o seu uso nas habitações tem crescido devido ao avanço da

tecnologia e também aos preços mais reduzidos dos aparelhos. Atualmente o número destes aparelhos elétricos aumentou bastante e por consequência direta a sua influência também aumentou no que diz respeito ao consumo de energia.

A iluminação tem como fonte quase exclusiva a eletricidade apenas sendo usadas alternativas em situação de emergência. Estes dois pontos juntos perfazem, cerca de 15% do consumo de energia (primária) de uma habitação [58].

5 Medidas para melhorar o desempenho energético e ambiental da cidade

A eletricidade, quando obtida a partir de fontes fósseis, onde podemos incluir o gás natural, sendo este a fonte de energia mais limpa das fontes de energia não renováveis fósseis, resulta de contínuos processos de conversão e transporte até chegar às nossas casas. Desse modo, fica evidente que a eletricidade, enquanto gerada recorrendo predominantemente a combustíveis fósseis, deveria ser apenas usada em situações onde não há alternativa para o mesmo efeito. Deveria ser usada na iluminação, nos aparelhos elétricos e nos aparelhos que produzem o frio doméstico, evitando o seu uso noutros aspetos em que existe uma alternativa viável e rápida como o caso do gás natural. No entanto, se a produção da eletricidade for efetuada predominantemente a partir de fontes de energia renováveis esta situação poder-se-á inverter restando como vantagem da utilização do gás natural a diversificação das fontes de energia, contribuindo dessa forma para a atenuação dos picos de procura de eletricidade, podendo facilitar a gestão da produção de energia elétrica.

Na abordagem a este capítulo é necessário ter em consideração muito do que já foi feito até hoje nas propostas para atingir uma maior eficiência energética. No entanto, muita eficiência que nestes últimos anos ocorreu deveu-se essencialmente a aspetos económicos, sendo estes provavelmente o chamariz quando se pretende fazer melhorias com vista à redução do consumo de energia. Naturalmente que muitas soluções que se verificam colocam em causa o conforto das pessoas. O objetivo, no entanto, é proporcionar o mesmo conforto utilizando uma menor quantidade de energia.

Pretende-se com este trabalho, mostrar que existem formas de se reduzir o consumo atuando nos equipamentos elétricos, nas características do edificado e na produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renováveis. A importância da redução do consumo de energia tem a ver com a preservação do meio ambiente e o respeitar as gerações que se seguirão a nós, deixando-lhes recursos e um planeta habitável e educando-as nesse sentido. Poupar hoje será o futuro de amanhã, viver na expectativa da descoberta de alguma matéria que substitua as fontes de energia não renováveis no espaço temporal pretendido, poderá não ser a opção mais realista.

Incentivados pelo Portugal Eficiência 2015, onde estão indicadas algumas medidas de forma a reduzir os consumos, e pelo Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico – ICESD – foi possível analisar e encontrar formas para reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética na cidade do Porto.

Seguidamente serão propostas medidas para aumentar a eficiência energética e diminuir os impactos ambientais associados ao consumo de energia. Nesta perspetiva podem ser consideradas as seguintes áreas de atuação:

- Mix da produção de energia elétrica
- Preparação de refeições
- AQS
- Aquecimento ambiente
- Frio (refrigerífico, arcaas, etc.)
- Outros
- Iluminação

Medida 1 – Mix da produção da energia elétrica – Aposta nas renováveis

Dado a cidade do Porto tradicionalmente usar a energia elétrica para suprir as suas necessidades energéticas a evolução do mix de produção de energia elétrica reveste-se de particular importância.

Nesta secção serão focados os aspetos relacionados com a evolução do mix ao longo dos anos e de que modo isso afeta as emissões dos diferentes poluentes atmosféricos (CO₂, SO₂, CO, NO_x, PM₁₀, etc.)

Para esta análise utilizaram-se os dados da REN – Rede Elétrica Nacional – [68].

A tabela 24 mostra a produção de energia elétrica em 2004 desde a produção interna passando pela importação que Portugal faz, que não será contabilizada, uma vez que envolve a produção de energia elétrica noutros países, tais como Espanha que, como por exemplo, tem produção de energia nuclear. Com os dados da matriz energética de 2004 pode calcular-se a percentagem do consumo de energia elétrica do setor residencial da cidade do Porto relativamente à produção nacional, admitindo depois que esse valor não se altera significativamente ao longo dos anos. A percentagem foi calculada

relativamente à produção total de forma a evitar a não contabilização de potenciais emissões de CO₂ relativas ao saldo importador.

Nas tabelas 24 à 32 são apresentados os valores referente à produção de energia elétrica desde 2004 até 2012.

O cálculo das emissões de dióxido de carbono e dióxido de enxofre é efetuado através das seguintes equações:

$$\text{Emissões de CO}_2 = \text{Dados da Actividade} \times \text{Fator de Emissão} \times \text{Coef. Oxidação}$$

Equação 1: Cálculo de emissões de CO₂

$$\text{Emissões de SO}_2 = \text{massa} \times \text{Coeficiente Teor Enxofre} \times (1 - \text{Ret. cinzas})$$

Equação 2: Cálculo de emissões de SO₂

Sabe-se ainda que o total de consumo pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\text{Total de Consumo} = \text{Total de Produção} + \text{Saldo Importador} - \text{Bomb. Hidr}$$

Equação 3: Cálculo do total de consumo

Os fatores de emissões usados para o cálculo são valores retirados do Manual de Apoio ao Preenchimento do Formulário Único SIRAPA [69] (aplicação da Agência Portuguesa do Ambiente) – dados PRTR [70] – Registo Europeu das Emissões e Transferências de Poluentes –. Este registo determina a obrigatoriedade de comunicação de informação, em base anual, sobre as emissões para fora dos estabelecimentos. O valor referente ao PCI do gás natural foi retirado do Despacho n.º 17313/2008 de 26 de Junho [71] devido aos dados do PCI no SIRAPA estarem com unidades diferentes das necessárias.

Como se pode ver pela tabela 24 a percentagem de consumo de energia elétrica do setor residencial da cidade do Porto, considerando o valor de consumo apresentado na matriz energética para o setor residencial, é de 1,49% do total da energia produzida em Portugal em 2004. Para determinar as emissões de dióxido de carbono e de enxofre para o setor residencial do Porto usou-se a percentagem anteriormente referida.

Produção de energia elétrica em 2004										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	34880	125567990	92	0,98	11321210	25,98	4833256	0,033	0,05	303045
Fuel/Gasóleo * ¹	4960	17855999	77,4	0,99	1368234	40,36	442418	0,0205	0	18139
Gás natural	24533	88316993	56,1	0,995	4929810	45,1	1958248	0,0000075	0	29
Renováveis	34213									
% Renováveis	34,70%									
Total de emissões					17619254					321214
Emissões da Cidade do Porto					262527					4786
Total de Produção	98585									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	408									
Saldo Importador	6484									
Total de Consumo	104661									

Tabela 24: Produção de energia em 2004

A tabela 25 mostra a produção de 2005 de energia elétrica.

Produção de energia elétrica em 2005										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	35727,5	128618990	92	0,98	11596288	25,98	4950692	0,033	0,05	310408
Fuel/Gasóleo * ¹	12100	43559996,5	77,4	0,99	3337828	40,36	1079286	0,0205	0	44251
Gás natural	28725	103409992	56,1	0,995	5772294	45,1	2292904	0,0000075	0	34
Renováveis	27670									
Hidráulica	12277,5									
Éolica	4312,5									
Térmica	11080									
% Renováveis	26,55%									
Total de emissões					20706410					354694
Emissões da Cidade do Porto					308526					5285
Total de Produção	104223									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	568									
Saldo Importador	6826									
Total de Consumo	110481									

Tabela 25: Produção de energia em 2005

*¹ Dada a agregação destes vetores consideram-se os valores referentes ao fuel

Enquanto que, para o ano de 2004 não eram fornecidos dados discriminados sobre a produção de energia elétrica a partir de fontes de energia renovável, para o ano de 2005 (tabela 25) já foram colocadas essas descrições.

Na tabela 26, relativa ao ano de 2006, é possível verificar que existiu um aumento quase de 100% de produção de energia a partir de fontes de energia renovável relativamente a 2005 e, mais uma vez, o aumento do consumo foi verificado. Existiu uma diminuição na produção da energia por via não renovável, o que é de destacar, assim como no valor das emissões de CO₂ e SO₂ que, como é lógico, também diminuiram.

Produção de energia elétrica em 2006										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	35175	126629990	92	0,98	11416960	25,98	4874134	0,033	0,05	305608
Fuel/Gasóleo *1	3753	13508998,9	77,4	0,99	1035141	40,36	334713	0,0205	0	13723
Gás natural	24768	89162992,9	56,1	0,995	4977034	45,1	1977006	0,0000075	0	30
Renováveis	47397,5									
Hidráulica	28005									
Éolica	7227,5									
Térmica	12165									
% Renováveis	42,66%									
Total de emissões					17429134					319361
Emissões da Cidade do Porto					259694					4758
Total de Produção	111093									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	703									
Saldo Importador	5382									
Total de Consumo	117178									

Tabela 26: Produção de energia em 2006

Na tabela 27 verifica-se que a produção de energia renovável aumentou atingindo valores cada vez mais próximos dos 50% mas, o saldo importador foi bastante elevado, o que não é conveniente para a economia do país. A produção através de fuelóleo tem diminuído assim como a de carvão, o que só traz benefícios para o país devido ao facto de a estas fontes de energia primária estarem associadas maiores emissões de gases.

Também é contemplado pela primeira vez a produção de energia através de painéis fotovoltaicos apesar de ser um valor pequeno. A energia eólica, ao longo destes anos de

produção, tem registado uma subida bastante considerável e que já tem um bom impacto na produção de energia elétrica.

Produção de energia elétrica em 2007										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	29155	104957992	92	0,98	9463013	25,98	4039953	0,033	0,05	253305
Fuel/Gasóleo *1	3170	11411999,1	77,4	0,99	874456	40,36	282755	0,0205	0	11593
Gás natural	26235	94445992,4	56,1	0,995	5271928	45,1	2094146	0,0000075	0	31
Renováveis	49193									
Hidráulica	25550									
Éolica	10005									
Térmica	13588									
Fotovoltaica	50									
% Renováveis	45,65%									
Total de emissões					15609396					264929
Emissões da Cidade do Porto					232580					3947
Total de Produção	107753									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	540									
Saldo Importador	7497									
Total de Consumo	114710									

Tabela 27: Produção de energia em 2007

A tabela 28 exhibe alguns dados curiosos com a inserção da energia produzida através das ondas mas, com um valor de zero, em virtude de não ter sido obtido um valor significativo para esta fonte de energia. Uma das instalações para a produção de eletricidade através das ondas foi instalada na Póvoa de Varzim. Em 2012 foi também colocada uma instalação na praia de Peniche, a 900 metros da costa, para ser produzida energia significativa [72].

A percentagem de produção de energia a partir de fontes de energia renovável baixou pois a produção de energia através da hidráulica baixou e, como tal, a produção também diminuiu porque o aumento da energia eólica não compensou essa descida.

A tabela 29 mostra um aumento da energia eólica assim como o aumento da energia obtida através da queima do carvão. De destacar que, em comparação com 2008, o valor do saldo importador diminuiu quase para metade, o que é bastante bom em termos económicos. Os valores de produção de energia renovável chegam quase a 50%.

Produção de energia elétrica em 2008										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	26058	93806992	92	0,98	8457638	25,98	3610739	0,033	0,05	226393
Fuel/Gasóleo * ¹	2000	7199999	77,4	0,99	551707	40,36	178394	0,0205	0	7314
Gás natural	31432,5	113156991	56,1	0,995	6316367	45,1	2509024	0,0000075	0	38
Renováveis	44965									
Hidráulica	17747,5									
Éolica	14235									
Térmica	12900									
Fotovoltaica	82,5									
Ondas	0									
% Renováveis	43,05%									
Total de emissões					15325712					233745
Emissões da Cidade do Porto					228353					3483
Total de Produção	104455									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	639									
Saldo Importador	9438									
Total de Consumo	113254									

Tabela 28: Produção de energia em 2008

Produção de energia elétrica em 2009										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	29855	107477991	92	0,98	9690216	25,98	4136951	0,033	0,05	259387
Fuel/Gasóleo * ¹	758	2727000	77,4	0,99	208959	40,36	67567	0,0205	0	2770
Gás natural	28658	103166992	56,1	0,995	5758730	45,1	2287516	0,0000075	0	34
Renováveis	55698									
Hidráulica	21788									
Éolica	18655									
Térmica	14908									
Fotovoltaica	347,5									
Ondas	0									
% Renováveis	48,45%									
Total de emissões					15657905					262191
Emissões da Cidade do Porto					233303					3907
Total de Produção	114967,5									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	929									
Saldo Importador	4789									
Total de Consumo	118827,5									

Tabela 29: Produção de energia em 2009

A tabela 30 mostra a produção de energia em 2010 e, pela primeira vez, Portugal atingiu uma produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis de cerca de 65%. O valor de energia produzido pela hidráulica praticamente duplicou e todas as renováveis registaram um aumento. A produção de energia a partir do carvão teve um valor muito baixo e verificou-se um decréscimo de quase 5 milhões de toneladas de emissões de CO₂.

Produção de energia elétrica em 2010										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	16382,5	58976995	92	0,98	5317366	25,98	2270092	0,033	0,05	142335
Fuel/Gasóleo *1	117,5	423000	77,4	0,99	32413	40,36	10481	0,0205	0	430
Gás natural	26750	96299992	56,1	0,995	5375417	45,1	2135255	0,0000075	0	32
Renováveis	81980									
Hidráulica	40620									
Éolica	22560									
Térmica	18282,5									
Fotovoltaica	517,5									
Ondas	0									
% Renováveis	65,46%									
Total de emissões					10725196					142797
Emissões da Cidade do Porto					159805					2128
Total de Produção	125230									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	512									
Saldo Importador	2623									
Total de Consumo	127341									

Tabela 30: Produção de energia em 2010

O consumo atingiu o valor mais alto desde sempre. A energia fotovoltaica tem aumentado ao longo dos anos mas ainda com valores pequenos. Como as emissões de dióxido de enxofre estão muito ligadas com o uso de carvão e, como o seu valor diminuiu, foi natural a descida das emissões de dióxido de enxofre sendo que estas diminuiram para menos de metade quando comparadas com 2004. O valor de fuelóleo já está perto de zero o que também ajudou à diminuição dos valores das emissões de CO₂.

A tabela 31, para o ano de 2011, mostra que a percentagem relativa à produção de energia a partir de fontes renováveis diminuiu mais de 15 pontos percentuais (passando de 65,46% para 48,23%) registando-se um aumento da produção de energia a partir de fontes de energia não renovável assim como um aumento das emissões de CO₂ e SO₂. O valor de consumo diminuiu, assim como a energia obtida através de fuelóleo, que já não é contemplada e em sua substituição aparece um item de Outros pelo que não é possível calcular as emissões relativas a este item.

O saldo importador aumentou muito pouco o que é sempre bom em termos económicos para o país. O gás natural teve uma produção muito significativa o que se denota uma aposta clara neste tipo de fonte. Os valores de produção por hidráulica diminuíram visto que os valores registados em 2010 foram anormais para esta fonte devido, muito provavelmente, por ter sido um ano com muita precipitação. É facto que a energia hídrica depende bastante da precipitação para a sua produção quer as grandes centrais hídricas quer as mini-hídricas [73].

Produção de energia elétrica em 2011										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	22820	82151993	92	0,98	7406824	25,98	3162124	0,033	0,05	198265
Outros	3185									
Gás natural	35918	129302990	56,1	0,995	7217628	45,1	2867029	0,0000075	0	43
Renováveis	57678									
Hidráulica	28100									
Éolica	22508									
Térmica	6415									
Solar	655									
Ondas	0									
% Renováveis	48,23%									
Total de emissões					14624452					198308
Emissões da Cidade do Porto					217904					2955
Total de Produção	119600									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	737									
Saldo Importador	2813									
Total de Consumo	121676									

Tabela 31: Produção de energia em 2011

A tabela 32 apresenta um retomar aos anos antes de 2010 em que o saldo importador volta a ter valores consideráveis, o que não deixa de ser preocupante. Esse valor deve-se à diminuição da produção de energia através da hidráulica.

Produção de energia elétrica em 2012										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	30340	109223991	92	0,98	9847635	25,98	4204157	0,033	0,05	263601
Outros	1893									
Gás natural	25535	91925993	56,1	0,995	5131263	45,1	2038270	0,0000075	0	31
Renováveis	46005									
Hidráulica	13508									
Eólica	25030									
Térmica	6575									
Solar	893									
Ondas	0									
% Renováveis	44,33%									
Total de emissões					14978898					263631
Emissões da Cidade do Porto					223186					3928
Total de Produção	103773									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	1388									
Saldo Importador	7894									
Total de Consumo	110278,5									

Tabela 32: Produção de energia em 2012

Para além da emissão de CO₂ e SO₂, originada pela produção de energia a partir de fontes não renováveis, existe ainda um número considerável de gases que são emitidos através da queima de carvão, gás natural ou fuelóleo (especialmente carvão). É importante considerar este aspeto já que um dos objetivos desta tese é considerar a vertente ambiental das soluções para aumentar a eficiência energética. Devido a não existirem dados relativamente à importância de cada central térmica optou-se por escolher centrais a carvão e gás natural das mais importantes do país e que conseguem garantir a produção a partir de fontes não renováveis registada ao longo dos anos. Para carvão foram escolhidas as centrais de Sines e do Pego. Estas centrais juntas podem produzir um total de 11 GWh com Sines a ter uma produção que pode chegar a 8.500 GWh de energia enquanto a central do Pego pode ter cerca de 2.500 GWh, o que a partir de 2006 garantiu praticamente todo o abastecimento de energia proveniente do carvão

[74] [75] [76]. Para a produção a partir do gás natural escolheu-se a central do Ribatejo que tem uma produção anual de 6.200 GWh, em que 2/3 desse valor são originados pela queima do gás natural, o que perfaz cerca de 4.000 GWh. Escolheram-se também a central de Lares, da Figueira da Foz, que tem uma produção anual de cerca de 4.000 GWh e, talvez a mais conhecida, a central da Tapada do Outeiro com cerca de 5.000 GWh de produção anual. Estas centrais juntas representam 13.000 GWh de energia produzida pela queima de gás natural [76] [77] [78].

Na tabela 33 pode visualizar-se os poluentes que são emitidos para a atmosfera derivados das centrais que usam o carvão [84].

Poluente	Central Termoelétrica de Sines		Central Termoelétrica do Pego	
	Massa		Massa	
	kg	t	kg	t
Arsénio (As)	27,2			
Dióxido de carbono (CO ₂)		6.252.000		2.140.000
Mercúrio (Hg)	76,6		25,9	
Óxido de diazoto (N ₂ O)		99,9		33,8
Níquel(Ni)	305		134	
Óxidos de azoto (NO _x /NO ₂)		4.730		1.530
Partículas (PM ₁₀)		286		
Óxidos de enxofre (SO _x /SO ₂)		3.040		1.060
Zinco (Zn)	290			

Tabela 33: Emissões de poluentes pela produção de energia através de centrais térmicas com uso de carvão [84]

Pode ver-se pela tabela 33 que a central de Sines emite um maior número de poluentes e também com maior peso, em relação à central do Pego mas, também produz mais energia. O dióxido de carbono é o principal poluente em ambas as centrais com elevados valores comparativamente aos outros poluentes.

A tabela 34 descreve os poluentes presentes nas centrais termoelétricas de gás natural. A central da Tapada do Outeiro apresenta um ciclo combinado que consiste em dois ciclos, um de gás e outro de vapor, em que ambos produzem energia. Este tipo de central, quando comparada com a tradicional central, tem um grau de eficiência muito superior [84].

Poluente	Central Ciclo Combinado Tapada do Outeiro		Central Termoeétrica do Ribatejo		Central Termoeétrica de Lares	
	Massa		Massa		Massa	
	kg	t	kg	t	kg	t
Dióxido de carbono (CO ₂)		1.740.000		427.000		1.160.000
Óxidos de azoto (NO _x /NO ₂)		1.410		177		370
Partículas (PM ₁₀)		86,4				57,3

Tabela 34: Emissões de poluentes pela produção de energia através de centrais de ciclo combinado e centrais termoeétricas a gás natural [84]

O impacto ambiental associado ao mix nacional de produção de energia elétrica interfere, portanto, com o desempenho ambiental da cidade do Porto de forma mais preponderante que noutras zonas dada a utilização tradicional da eletricidade como forma de suprir as necessidades energéticas.

A continuação da aposta na produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis reveste-se assim de particular importância para a cidade do Porto pois é uma cidade cujo incentivo ao uso de energia elétrica durante vários anos fez com que a cidade seja dependente de eletricidade. A produção de eletricidade por via de renováveis já chegou a ser cerca de 64% do consumo nacional mostrando assim que é possível esse valor ser igualado ou até mesmo superado. As dificuldades relativas à energia renovável não está na sua produção mas sim na conjugação da oferta e da procura. A energia eólica chega a ter valores extraordinários e tem um potencial através das eólicas offshore onde a produção poderá ser maior sendo já uma aposta mas, ainda aquém do seu potencial para Portugal [79]. A produção de energia através das centrais hídricas está previsto que aumente pois a EDP prevê o aumento da potência em algumas centrais e a construção de novas, o que irá diretamente aumentar a produção de energia através das hídricas, embora o fator da precipitação seja sempre determinante [80]. Depois existe a produção através dos sistemas fotovoltaicos, que teve um rápido crescimento mas, devido a problemas ligados aos apoios, registou uma diminuição na instalação desses sistemas. É preponderante que a aposta em renováveis continue a incluir a energia renovável produzida pela microprodução, em virtude de que, muito embora o consumo tenha diminuído, existam previsões que indicam claramente um aumento progressivo do consumo [81]. Através da tabela 35 são mostradas previsões até 2030 que indicam que existirá um aumento do consumo de energia e que as renováveis a partir de 2015 terão sempre um peso acima de 50% [81].

Previsão da produção de energia elétrica (GWh)				
Fonte de energia primária	2015	2020	2025	2030
Previsão (GWh)	50371	54602	59550	65861
Energia nuclear	0	0	0	0
Carvão	10463	10121	9759	8731
Outros	2432	2193	1143	871
Gás natural	11885	12202	14633	15291
Renováveis	25591	30086	34015	40968
Biomassa	4712	6971	8835	9054
Hídrica	10892	10947	11146	10761
Eólica	8758	10180	11360	15601
Solar	996	1562	1923	4321
Geotérmica/Outros	233	426	751	1231

Tabela 35: Previsão até 2030 de produção de energia elétrica para Portugal

Como foi possível ver em 2010, as emissões de CO₂ baixaram em cerca de cinco milhões de toneladas pelo aumento das renováveis mas, também foi o ano em que se registou o valor mais baixo de energia obtida pela queima do carvão. Para baixar as emissões a aposta será evidentemente nas renováveis embora exista sempre o problema de não haver sempre a disponibilidade pretendida. Quando essa indisponibilidade acontecer deverá ser garantida pelas centrais de gás natural, que têm emissões de CO₂ mais baixas quando comparadas às do carvão, e não têm emissões de SO₂ e de outros poluentes.

Como se pode ver pela tabela 35, as previsões apontam para um aumento de produção de energia, o que pode indicar um aumento considerável das emissões. Com base nos dados da tabela 35 calculou-se o valor das emissões para o ano de 2015, exposto na tabela 36. A percentagem considerada será a mesma que foi considerada para os anos anteriores.

Produção de energia elétrica - Previsão para 2015										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	26158	94166992	92	0,98	8490096	25,98	3624596	0,033	0,05	227262
Outros	6080									
Gás natural	29713	106964991	56,1	0,995	5970732	45,1	2371729	0,0000075	0	36
Renováveis	63978									
Hidráulica	27230									
Éolica	21895									
Geotérmica/Outros	582,5									
Solar	2490									
Biomassa	11780									
% Renováveis	50,81%									
Total de emissões					14460828					227298
Emissões da Cidade do Porto					215466					3387
Total de Produção	125928									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	1388									
Saldo Importador	7894									
Total de Consumo	132433,5									

Tabela 36: Previsão da produção de energia para 2015

O valor das emissões diminuiu, quando comparadas com o ano de 2012, e ainda se obteve uma produção de energia maior. As previsões das emissões devido à produção de energia para o ano de 2020 estão calculadas na tabela 37.

Produção de energia elétrica - Previsão para 2020										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	25303	91088993	92	0,98	8212584	25,98	3506120	0,033	0,05	219834
Outros	5483									
Gás natural	30505	109817991	56,1	0,995	6129985	45,1	2434989	0,0000075	0	37
Renováveis	75215									
Hidráulica	27368									
Éolica	25450									
Geotérmica/Outros	1065									
Solar	3905									
Biomassa	17428									
% Renováveis	55,10%									
Total de emissões					14342569					219870
Emissões da Cidade do Porto					213704					3276
Total de Produção	136505									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	1388									
Saldo Importador	7894									
Total de Consumo	143011									

Tabela 37: Previsão da produção de energia para 2020

Da análise da tabela 37 verifica-se que as emissões continuam a diminuir apesar da produção aumentar o que significa que as previsões apontam para a diminuição contínua das emissões quer de dióxido de carbono quer de dióxido de enxofre. As previsões das emissões devido à produção de energia para o ano de 2025 estão calculadas na tabela 38.

Produção de energia elétrica - Previsão para 2025										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	24398	87830993	92	0,98	7918842	25,98	3380716	0,033	0,05	211971
Outros	2858									
Gás natural	36583	131696989	56,1	0,995	7351260	45,1	2920111	0,0000075	0	44
Renováveis	85188									
Hidráulica	27865									
Éolica	28400									
Geotérmica/Outros	1877,5									
Solar	4808									
Biomassa	22238									
% Renováveis	57,16%									
Total de emissões					15270102					212015
Emissões da Cidade do Porto					227525					3159
Total de Produção	149025									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	1388									
Saldo Importador	7894									
Total de Consumo	155531									

Tabela 38: Previsão da produção de energia para 2025

Para 2025, com base na tabela 38, existiu um aumento das emissões de CO₂ devido ao aumento da produção de energia derivada do gás natural, o que nesta situação, a intervenção às energias renováveis, deveria ser maior por forma a evitar esta situação. As previsões das emissões devido à produção de energia para o ano de 2030 surgem na tabela 39.

Produção de energia elétrica - Previsão para 2030										
Fonte de energia primária	Energia primária (GWh)	Energia primária (GJ)	Factor de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Coefficiente de oxidação	Emissões de CO ₂ (t)	PCI (GJ/t)	Massa (kg)	Coefficiente de teor de enxofre	Coefficiente de retenção de enxofre	Emissões de SO ₂ (t)
Carvão	21828	78578994	92	0,98	7084682	25,98	3024596	0,033	0,05	189642
Outros	2178									
Gás natural	38228	137618989	56,1	0,995	7681823	45,1	3051419	0,0000075	0	46
Renováveis	102420									
Hidráulica	26903									
Éolica	39002,5									
Geotérmica/Outros	3077,5									
Solar	10803									
Biomassa	22635									
% Renováveis	62,20%									
Total de emissões					14766505					189688
Emissões da Cidade do Porto					220021					2826
Total de Produção	164653									
% Consumo cidade do Porto	1,49%									
Bombagem Hidroelétrica	1388									
Saldo Importador	7894									
Total de Consumo	171158,5									

Tabela 39: Previsão da produção de energia para 2030

Para este ano as previsões indicam que, comparativamente a 2005, as emissões voltarão a diminuir devido ao aumento da produção de energia proveniente das fontes renováveis. É apresentado de seguida, na tabela 40, o valor das emissões de CO₂ e de SO₂ desde o ano de 2004 até 2030.

Ano	Percentagem de energia proveniente das energias de fontes renováveis (%)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de SO ₂ (t)
2004	34,70	17619254	321214
2005	26,55	20706410	354694
2006	42,66	17429134	319361
2007	45,65	15609396	264929
2008	43,05	15325712	233745
2009	48,45	15657905	262191
2010	65,46	10725196	142797
2011	48,23	14624452	198308
2012	44,33	14978898	263631
2015	52,55	14460828	227298
2020	55,10	14342569	219870
2025	57,12	15270102	212015
2030	62,20	14766505	189688

Tabela 40: Valores das emissões de CO₂ e de SO₂ desde 2004 até 2030

Pode constatar-se que, em relação às emissões de SO₂, este valor vai diminuindo consoante a produção de energia proveniente de carvão diminuir. As emissões de CO₂, como são apenas afetadas pelos dois tipos de fonte de energia, quer pelo gás natural quer pelo carvão, apenas diminuirão se a produção de energia a partir destas fontes diminuir. Portugal tem um grande potencial de recursos para produzir energia através de fontes de energias renováveis, como foi possível ver no ano de 2010, com 65%, indicando claramente que deve ser feita uma aposta em energias renováveis para que seja possível a diminuição dos poluentes emitidos para a atmosfera pelas centrais termoelétrica/ciclo combinado.

Medida 2 – Preparação de refeições – Aposta em aparelhos mais eficientes/ Aposta no gás natural – diversificação das fontes de energia

A preparação de refeições tem um peso energético muito grande na cidade do Porto porque os aparelhos são em larga maioria consumidores de eletricidade, como se pode ver pela tabela 41. O gráfico 22 apresenta os valores relativos à energia primária que a cidade do Porto teve em 2004 para o setor residencial e na qual é possível verificar como foi distribuída a energia. Devido à falta de dados, considerou-se que estes valores se manterão iguais ou com uma ligeira alteração para 2005 porque embora a cidade tenha perdido habitantes esse número não é muito significativo [82]. Neste ponto não existe muita informação no que diz respeito a quantos aparelhos existem de facto, com o problema adicional de que a cidade do Porto não é exemplo neste tipo de aparelhos pois, pelo ICESD foi apurado que existiam mais de 70% de fogões a gás no panorama nacional o que não pode ser usado para a cidade do Porto dada a sua especificidade relativamente à utilização da energia elétrica.

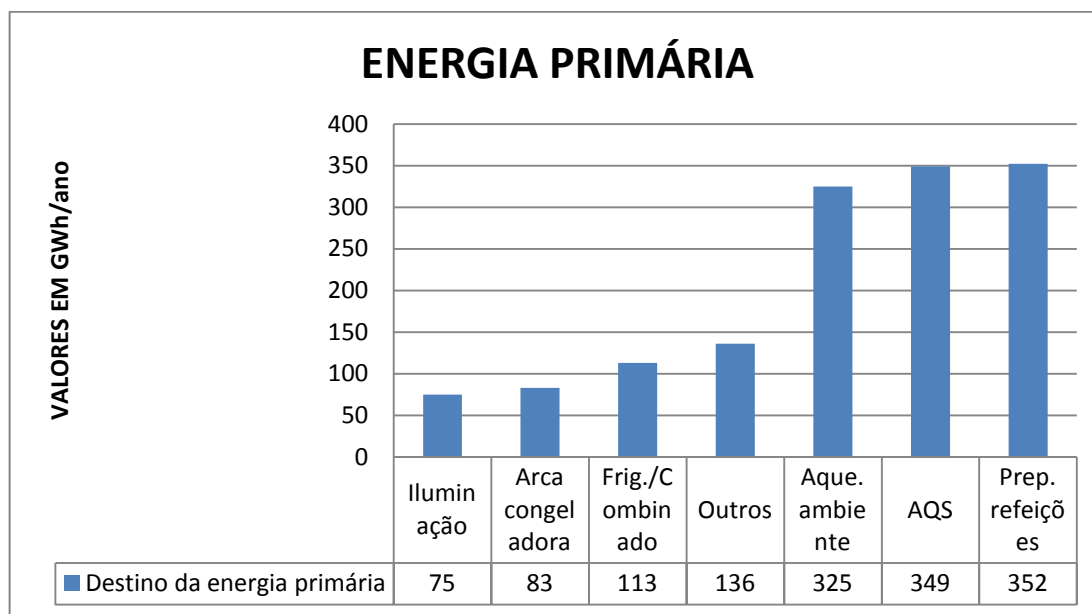


Gráfico 22: Desagregação da energia primária pelas diferentes formas de uso no setor residencial [85]

Preparação de refeições								
Distribuição da energia na habitação	Distribuição da energia primária	Energia primária (GWh)	Energia		Fator de emissão de CO ₂		Coeficiente de oxidação	Emissão de CO ₂ (t)
			GWh	GJ	kg/kWh	kg/GJ		
Eletricidade	74%	260	104		0,47			48970
Gás natural	11%	39		139392		56,1	0,995	7781
Gás de garrafa	15%	53		190800		63,1	0,995	11934
Total								68685

Tabela 41: Emissões de CO₂ devido à preparação de refeições [61]

Os equipamentos elétricos usados para preparação de refeições podem diferir muito no seu consumo de energia de acordo com a classe energética. Um forno do tipo G pode chegar a consumir mais do dobro de energia que um forno de classe A [83]. Devido a esse fator deve ser incentivada a aquisição de um aparelho com uma boa classe energética. Sendo a energia elétrica uma energia que durante o seu processo de transformação regista elevadas perdas é justo dizer-se que para certos equipamentos pode ser encontrado outro tipo de soluções para se manter a mesma qualidade. É verdade que a utilização de outro recurso energético irá fazer com que existam emissões de gases para a atmosfera, principalmente no caso da produção da energia elétrica a partir de fontes renováveis ter um peso significativo. Por outro lado, também é verdade

que, muitas das vezes, é preferível fazer uma diversificação das fontes de energia e usar a eletricidade para os aparelhos que necessitam de eletricidade e usar outra fonte para outros aparelhos/necessidades de forma a não sobrecarregar o sistema energético [85]. Sendo que a cidade tem uma relação muito próxima com o uso da eletricidade para qualquer necessidade em termos de fonte energética, diminuir o seu consumo em horas de ponta seria uma forma excelente de não sobrecarregar o sistema elétrico. Embora o uso de gás natural, como já foi dito, traga consigo emissões de poluentes, mas em menor número do que o carvão, sabe-se que em horas de ponta são as centrais termoelétricas que garantem o bom funcionamento e a disponibilidade de eletricidade aos consumidores. Então, se nessas horas existir um número significativo de indivíduos a usar o gás natural, não será necessário entrar em funcionamento as centrais de queima de carvão, logo, as emissões de CO₂ e SO₂ seriam menores. É verdade que a cidade do Porto, em termos de acesso à rede de gás natural, não era das melhores pois, cerca de 20% dos habitantes não tinham acesso a esta, embora essa situação esteja ser melhorada com o aumento da rede [63]. Dados cedidos pela EDP, indicam que o número de alojamentos com gás natural tem aumentado na cidade do Porto, podendo estes valores serem vistos na tabela 42. Os dados recebidos apenas continham o mês de Outubro, Novembro e Dezembro de 2012 e o mês de Julho de 2013.

Mês/Ano	Out-12	Nov-12	Dez-12	Jul-13
Alojamentos com gás natural	25984	27280	27881	28072
Alojamentos habituais na cidade do Porto	99683	99683	99683	99683
Percentagem de alojamentos com gás natural na cidade do Porto	26,07%	27,37%	27,97%	28,16%

Tabela 42: Número de alojamentos com gás natural na cidade do Porto

Os valores indicam que existem já mais de 28.000.

Medida 3 – AQS – Aposta nos coletores solares

Sendo Portugal um país com uma disponibilidade solar acima da média, com um número médio anual de horas de sol de cerca de 2.500 horas, pode dizer-se que a cidade do Porto deveria aumentar ainda mais a sua área para produção de energia para AQS [86]. Apesar de ser uma cidade cosmopolita a cidade do Porto conta com um número bastante significativo de edifícios com 1 piso. O número de edifícios até 3 pisos corresponde a mais de metade do total (cerca de 78%) que existe na cidade, pelo que a aposta na colocação de coletores solares seria uma das medidas mais eficientes para a diminuição das emissões de CO₂ e de óxidos de enxofre, em particular o SO₂, que a cidade emite devido ao consumo de energia elétrica para AQS. A tabela 43 mostra a evolução que a cidade teve na colocação de coletores solares, expressa em m². Analisando pode verificar-se que entre 2007 e 2009 registou-se uma subida vertiginosa que infelizmente não teve seguimento nos anos seguintes, registando-se mesmo uma diminuição na taxa de crescimento absoluto (TCA), o que poderá ser um indicador da situação económica que o país atravessa.

Evolução da instalação de AQS desde 2004					
Ano	TCA	Instalado anualmente (m²)		Acumulado (m²)	
		Portugal	Porto	Portugal	Porto
2003	#	9210	823	189210	823
2004	75%	16088	1438	205298	2262
2005	18%	18956	1695	224254	3956
2006	49%	28300	2530	252554	6486
2007	78%	50300	4497	302854	10983
2008	73%	86820	7761	389674	18744
2009	101%	174392	15590	564066	34334
2010	6%	184610	16503	748676	50837
2011	-31%	127198	11371	875874	62208
2012	-29%	90896	8126	966770	70334
Previsão 2013	-46%	49240	4402	1016010	74736

Tabela 43: Evolução da instalação de coletores solares no país e na cidade do Porto

A inserção de coletores solares é de extrema importância para diminuir as emissões de CO₂ que a cidade tem no setor residencial relativas ao AQS porque permitiria reduzir o consumo de energia dado que o consumo de gás natural e eletricidade só se faria quando não se conseguisse atingir a temperatura pretendida.

Considerou-se que cada sistema pode produzir em média 675 kWh/m², sendo que este dado é obtido através de uma média feita entre 500 e 850 kWh/m², que é a gama indicada para os sistemas de coletores solares [86]. Segundo resultados do inquérito realizado pela Universidade Católica sabe-se que 76% dos portuenses usam o cilindro elétrico, 16% usam esquentador a gás e 8% caldeira a gás, pelo que pode calcular-se uma estimativa das emissões evitadas. Pela tabela 44 pode-se constatar que desde 2003 já se evitou a emissão de mais de 70.000 toneladas de CO₂.

Cálculo das emissões evitadas de CO₂ desde 2003 com coletores solares			
Ano	Área instalada (m²)	Energia (kWh)	Emissões de CO₂ evitadas (t)
2003	823	555525	226
2004	2262	1526850	622
2005	3956	2670300	1087
2006	6486	4378050	1731
2007	10983	7413525	3018
2008	18744	12652200	5151
2009	34334	23175450	9435
2010	50837	34314975	13970
2011	62209	41991075	17095
2012	70334	47475450	19328
			71663

Tabela 44: Emissões evitadas por ano e o somatório desde 2003

Os edifícios construídos a partir de 2006 têm que ter, segundo o RCCTE, uma instalação de coletores solares para AQS [87]. Os edifícios construídos antes dessa época não, tendo o proprietário o direito de querer ou não esse sistema. Para se potenciar eventuais cenários sobre o máximo de área de coletores que a cidade do Porto pode realmente ter, é necessário analisar as situações existentes na cidade. Existiam

dúvidas sobre se a implementação de um sistema de coletores solares poderia ser feita em qualquer edifício. Após consulta a uma empresa cuja atividade é a instalação de coletores solares, verificou-se que, um sistema de coletores solares pode ser colocado em qualquer edifício sendo que a única agravante é a colocação de uma bomba para fazer uma circulação forçada embora nem sempre se aplique em virtude da tradicional montagem, que consiste num termosifão. Este assegura a boa circulação em edifícios com mais de três pisos. O grande problema que pode existir nos edifícios com mais de três pisos é a não concordância na instalação por parte de todos os inquilinos. Dessa forma, será elaborado um potencial cenário que contempla apenas três pisos e depois outro cenário para o total de alojamentos. Em ambos os cenários serão considerados 2m² por alojamento.

1. Cenário para edifícios até três pisos

Potencial a instalar para edifícios até 3 pisos			
Número de alojamento habituais	Área a instalar (m²)	m² já instalados até 2012	Potencial a instalar
64216	128432	70334	58098

Tabela 45: Potencial a instalar no 1º cenário

Pode-se comprovar pela tabela 45 que ainda existe um potencial significativo de área a instalar na cidade do Porto. Para este cenário foi multiplicado o número de edifícios de dois pisos por 2 e o número de três pisos por 3 que foram depois somados ao número de edifícios de 1 piso.

2. Cenário para o total de alojamentos

Potencial a instalar para todos os edifícios			
Número de alojamento habituais	Área a instalar (m²)	m² já instalados	Potencial a instalar
98669	197338	70334	127004

Tabela 46: Potencial a instalar no 2º cenário

Como seria de esperar, existe ainda um número considerável de área a instalar na cidade do Porto, face ao que é apresentado pela tabela 46. Na tabela 47 são apresentadas as emissões de CO₂ que serão evitadas usando os valores do primeiro e segundo cenário. Para além disso, são apresentadas as emissões de CO₂ (valor das emissões calculadas a partir do consumo energético da matriz menos o valor das emissões evitadas).

Ano	Área instalada a partir de 2004 (m²)	Energia (kWh)	Emissões de CO₂ evitadas desde 2004 (t)	Emissões de CO₂ devido a AQS (valor da matriz) - o valor calculado das emissões a evitar
				67397 valor da Matriz energética
2005	1694	1143450	537	66860
2010	48575	32788125	15410	51987
1º Cenário	126170	85164750	39309	28088
2º Cenário	195076	131676300	61170	6227

Tabela 47: Emissões evitadas para os dois cenários estudados

A tabela 47 indica que, no melhor cenário, as emissões evitadas são de 61.170 toneladas, o que era de esperar, visto que os coletores solares não asseguram água quente o ano todo, necessitando sempre de um sistema de segurança que entra em funcionamento quando estes não conseguem garantir o aquecimento da água. Comparando as emissões de CO₂ correspondentes a AQS com 2004 (ME) pode-se visualizar que o valor das emissões reduz cerca de 91% no melhor cenário.

Medida 4 – Aquecimento Ambiente – Aposta na reabilitação dos edifícios (Isolamento, caixilharias, etc.)

O parque residencial do Porto é envelhecido porque os seus edifícios remontam a décadas anteriores e, como o surgimento de novos edifícios foi gradual, a cidade apresenta hoje um rosto envelhecido embora o seu encanto permaneça sempre *na mui nobre e sempre leal cidade invicta*. A zona histórica da cidade, que é património da humanidade, é uma zona degradada na qual a intervenção neste tipo de edifícios poderá ter de ser feita internamente visto que externamente é muito difícil modificar. O potencial de reabilitação que a cidade do Porto oferece ainda é bastante razoável dado que, cerca de metade dos seus edifícios necessitam de reparações e, será nesse tipo de edifícios que se irá atuar e fazer uma análise de forma a arranjar alternativas para que a performance de eficiência energética desses mesmos edifícios melhore. Irão ser considerados basicamente os edifícios que necessitam de alguma reparação mas que foram construídos até cerca de 1980 por se considerar que até essa data, muito provavelmente, os edifícios foram construídos sem características térmicas das mais eficientes. Em números redondos a atuação será em cerca de 20.000 edifícios, não se atuando nos edifícios da zona histórica. A intervenção em cerca de 20.000 edifícios perfaz com que a intervenção se realize em cerca de 49.335 alojamentos no mínimo, que será metade dos alojamentos disponíveis na cidade. Este número é baseado nos últimos censos, em que mais de 50% dos edifícios da cidade do Porto necessitavam de reparações, quer de maior ou menor grau. A tabela 48 mostra o número de alojamentos onde podem ser feitas as alterações.

Alojamentos para reabilitar/melhorar		
Número de alojamentos habituais	Número de edifícios da cidade	Alojamentos a reabilitar/melhorar
98669	44234	49335

Tabela 48: Número potencial de alojamentos onde poderão ser feitas melhorias

Pequenas alterações num alojamento podem levar a que exista uma poupança por ano que pode variar entre 30 a 35% [88]. A cidade do Porto é uma cidade na qual as temperaturas são amenas durante o ano podendo existir oscilações esporádicas, de frio

ou de calor, e por esse motivo é que uma boa construção implica que os gastos em energia para aquecimento sejam muito reduzidos. Pequenas alterações podem ser feitas de forma a melhorar a eficiência de um alojamento. Isolamento pelo exterior, mais eficaz, consiste na aplicação de placas de determinados tipos de materiais isolantes, como a aplicação nas paredes simples de placas de EPS (poliestireno expandido), formando um sistema composto, usualmente conhecido pelo acrónimo ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems –. Esta forma de isolamento faz com que o edifício tenha ganhos em termos de aquecimento. Para o isolamento pelo interior uma das possíveis aplicações consiste na aplicação do tijolo furado com EPS revestido com placas de gesso cartonado (pladur). O isolamento nos pavimentos mais usual é por intermédio de placas fixadas (de espuma de poliestireno extrudido) diretamente aplicadas no pavimento (floormate) pois para além de isolar termicamente faz o isolamento sonoro permitindo a correção das pontes de calor. Para as coberturas de desvio inclinado existe o isolamento térmico baseado em poliestireno e nas coberturas do tipo terraço o mais usual é o floormate que para além dos isolamentos anteriores faz também o isolamento contra a intempérie [88]. Outro dos pontos onde uma intervenção contribui e muito para uma poupança energética é nas janelas e os vidros. No que diz respeito às janelas estas são compostas por vidros e pela caixilharia. As janelas têm uma importância muito grande pois as correções visam a melhoria de captações de ganhos solares no Inverno, reforçar a proteção contra a radiação solar no Verão e reduzir as infiltrações de ar não controladas. A caixilharia tem como principal função realizar o isolamento contribuindo para uma melhoria do desempenho energético a par do vidro, de forma a otimizar a eficiência energética [89]. O aquecimento do ambiente é responsável por 23% do consumo de energia primária, correspondente a 325 GWh (ME) e responsável pela emissão de 63.131 t de CO₂, como se pode visualizar pela tabela 49.

Aquecimento do ambiente								
Distribuição da energia na habitação	Distribuição da energia primária	Energia primária (GWh)	Energia		Fator de emissão de CO ₂		Coeficiente de oxidação	Emissão de CO ₂ (t)
			GWh	GJ	kg/kWh	kg/GJ		
Eletricidade	78%	254	101,4		0,47			47658
Gás natural	13%	42		152100		56,1	0,995	8490
Gás de garrafa	6%	20		70200		63,1	0,995	4407
Gasóleo	3%	10		35100		74,1	0,99	2575
Total								63131

Tabela 49: Energia despendida no aquecimento em 2004

O valor com que cada alojamento contribuiu é de cerca de 3.294 kWh/ano só para aquecimento. Este é um valor elevado de gasto de energia para um alojamento da cidade quando comparado com a temperatura amena que a cidade tem durante o ano. A poupança energética, com a aplicação das medidas acima referidas, e estando-se perante cerca de metade do edificado do Porto, considerando uma redução de cerca de 35%, faz com que esse valor se situe nos 2.141 kWh/ano, mesmo assim, continua a ser um alto valor para uma cidade como a do Porto. Outra das formas de reduzir os valores de emissões será retirar o gás de garrafa e o gasóleo como forma de aquecimento, visto produzirem emissões superiores ao do gás natural. Elaborou-se, por isso, dois cenários para a remodelação em edifícios usando o valor de 268 GWh para ambos os casos. Este valor é obtido através do valor de energia primária em 2005 (325 GWh - ME). Supondo que não há variações significativas ao nível do consumo para esta área:

1. Cenário em que as fontes se mantêm

Emissões de CO ₂ por aquecimento do ambiente no 1º cenário								
Distribuição da energia na habitação	Distribuição da energia primária	Energia primária (GWh)	Energia		Fator de emissão de CO ₂		Coeficiente de oxidação	Emissão de CO ₂ (t)
			GWh	GJ	kg/kWh	kg/GJ		
Eletricidade	78%	209	83,6		0,47			39292
Gás natural	13%	35		126000		56,1	0,995	7033
Gás de garrafa	6%	16		57600		63,1	0,995	3616
Gasóleo	3%	9		34182		74,1	0,99	2507
Total								52448

Tabela 50: Valor das emissões de CO₂ para um consumo de 268 GWh no cenário 1

A tabela 50 mostra que os valores das emissões diminuem com as alterações feitas nos alojamentos.

2. Cenário em que só é utilizado gás natural e eletricidade

Emissões de CO ₂ por aquecimento do ambiente no 2º cenário								
Distribuição da energia na habitação	Distribuição da energia primária	Energia primária (GWh)	Energia		Fator de emissão de CO ₂		Coeficiente de oxidação	Emissão de CO ₂ (t)
			GWh	GJ	kg/kWh	kg/GJ		
Eletricidade	78%	209	83,6		0,47			39292
Gás natural	22%	59		212400		56,1	0,995	11856
Total								51148

Tabela 51: Valor das emissões de CO₂ para um consumo de 268 GWh no cenário 2

Como se pode analisar pelas tabelas 50 e 51, a substituição do gás de garrafa e gasóleo pelo gás natural permite que o valor de emissões diminua embora não seja uma diminuição muito acentuada. No cenário 2 poderia ser feita uma distribuição pela eletricidade mas, optou-se por colocar toda a percentagem (9%) para o gás natural, pois os alojamentos que têm acesso ao gás natural estão a aumentar, como foi mostrado anteriormente. Relativamente ao aquecimento do ambiente uma das medidas a adotar poderia ser a utilização de bombas de calor geotérmicas. Deveria também haver um incentivo comportamental para que o aquecimento apenas fosse ligado em horas fora de ponta, prevenindo a situação da entrada em funcionamento das centrais de carvão. Como a produção de eletricidade por energias renováveis tem uma boa percentagem de produção durante a noite, devido à influência das eólicas, optar-se por comportamentos assim, permitiria não só aquecer a casa durante esse período, ao serem feitas as alterações propostas, como também iria fazer com que esse aquecimento durasse o dia todo, não necessitando o ocupante de chegar a casa e ligá-lo imediatamente. Seria então criado um ciclo extremamente vantajoso para todos, visto que os alojamentos se mantinham sempre com uma boa temperatura para o seu habitante e o consumo de energia nas horas de ponta diminuiria, sendo que a energia a partir de fontes renováveis durante a noite, seria eficazmente usada, não sendo só para o bombeamento das águas para as albufeiras das barragens, como é o caso atual.

Medida 5 – Frio – Aposta em aparelhos mais eficientes

Para se saber quanto aparelhos existem na cidade do Porto para frio recorreu-se ao ICESD. Através deste inquérito foi possível verificar o atual parque de eletrodomésticos de frio para a cidade do Porto. A tabela 52 indica o número de alojamentos que têm frigorífico com congelador e as tabelas 53, 54 e 55 representam a percentagem de frigoríficos sem parte de congelação, combinados e arcas congeladoras, respetivamente. O número de alojamentos foi calculado considerando só os alojamentos habituais tal como no ICESD. Estes valores serão usados para todos os anos estudados pois são equipamentos que se avariam e, caso não tenham conserto, implica a sua substituição imediata.

Total de alojamentos com frigorífico com congelador		
Número total de alojamentos	Percentagem de frigoríficos nos alojamentos	Número total de alojamentos com frigorífico
98669	0,576	56833

Tabela 52: Número de alojamentos com frigorífico com congelador

Total de alojamentos com frigorífico sem congelador		
Número total de alojamentos	Percentagem de frigoríficos sem congelação nos alojamentos	Número total de alojamentos com frigorífico sem congelação
98669	0,057	5624

Tabela 53: Número de alojamentos com frigorífico sem congelador

Total de alojamentos com combinado		
Número total de alojamentos	Percentagem de combinados nos alojamentos	Número total de alojamentos com combinado
98669	0,376	37100

Tabela 54: Número de alojamentos com combinado

Total de alojamentos com arca congeladora		
Número total de alojamentos	Percentagem de arcas congeladoras nos alojamentos	Número total de alojamentos com arca congeladora
98669	0,476	46966

Tabela 55: Número de alojamentos com arca congeladora

Após a obtenção dos dados relativamente ao número de equipamentos para frio que existem nos alojamentos habituais da cidade foi possível, por intermédio do PNAEE, saber-se a percentagem de equipamentos de frio pela sua classe energética que existiam em Portugal em 2005. As tabelas seguintes, 56, 57, 58 e 59 exibem os valores gastos em energia primária por estes equipamentos em 2005. Para determinação do consumo de energia e emissões de CO₂ usou-se sempre uma base anual.

Frigorífico/ 120-140 cm/ Parte de congelação incluída/ Ano 2005						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico com congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
56833	A+	0,0200	1137	276,23	313981	
56833	A	0,0400	2273	356,34	810080	
56833	B	0,0900	5115	465,23	2379652	
56833	C	0,4100	23302	505,06	11768741	
56833	D e outros	0,4400	25007	601,05	15060259	
					30302713	75756782

Tabela 56: Distribuição dos frigoríficos com congelação por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]

Frigorífico/ 90 cm/ Sem congelação/ Ano 2005						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico sem congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
5624	A+	0,0200	112	176,64	19868	
5624	A	0,0400	225	227,84	51255	
5624	B	0,0900	506	302,72	153225	
5624	C	0,4100	2306	395,52	912006	
5624	D e outros	0,4400	2475	474,88	1175119	
					2311473	5778682

Tabela 57: Distribuição dos frigoríficos sem congelação por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]

Combinado/ Ano 2005						
Número de alojamentos com combinado	Etiqueta energética	Percentagem de combinados por classe energética	Número total de combinados de acordo com a classe energética	Gasto energético do combinado por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
37100	A+	0,0200	742	282,37	209519	
37100	A	0,0400	1484	364,11	540339	
37100	B	0,0900	3339	483,01	1612770	
37100	C	0,4100	15211	546,67	8315397	
37100	D e outros	0,4400	16324	609,78	9954049	
					20632074	51580186

Tabela 58: Distribuição dos combinados por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]

Arca Congeladora 200L/ Ano 2005						
Número de alojamentos com arca congeladora	Etiqueta energética	Percentagem de arcas congeladoras por classe energética	Número total de arcas congeladoras de acordo com a classe energética	Gasto energético da arca congeladora por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
46966	A+	0,0200	939	227,34	213545	
46966	A	0,0400	1879	292,34	549202	
46966	B	0,0900	4227	523,23	2211662	
46966	C	0,4100	19256	598,56	11525907	
46966	D e outros	0,4400	20665	698,45	14433497	
					28933813	72334532

Tabela 59: Distribuição das arcas congeladoras por classe energética e o seu consumo em 2005 [90]

Os valores obtidos para 2005, quando comparados com a matriz energética do Porto, revelam que as distribuições estão com um rigor aceitável dado que os valores de energia primária consumida para os equipamentos de frio são praticamente iguais embora se registem algumas diferenças nos valores parcelares. Para as arcas congeladoras a diferença é de -10 GWh enquanto que para frigoríficos/combinados é de +20 GWh.

As tabelas seguintes, 60 e 61, apresentam os valores das emissões de CO₂ dos frigoríficos/combinados e das arcas congeladoras.

Frigoríficos/Combinados em 2005				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t)
Eletricidade	131	52,4	0,47	24628

Tabela 60: Emissões de CO₂ devido aos frigoríficos e combinados em 2005

Arca congeladora em 2005				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO₂ (kg/kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Eletricidade	73	29,2	0,47	13724

Tabela 61: Emissões de CO₂ devido às arcas congeladoras em 2005

O PNAEE tinha previsões para 2010 de como seria o parque de equipamentos em termos de classe energética mas, para esse ano, serão utilizados os valores, relativamente às percentagens das classes energéticas dos equipamentos, retirados do ICESD devido a este ser um inquérito feito de porta em porta e não uma previsão. Da mesma forma que em 2005, serão apresentados cálculos relativos ao consumo de energia que estes equipamentos tiveram em 2010 na cidade do Porto. As tabelas que se seguem, 62, 63, 64 e 65, indicam os valores de energia primária gasta pelos equipamentos de frio, respetivamente, frigoríficos com congelação, frigoríficos sem congelação, combinados e arcas congeladoras.

Frigorífico/ 120-140 cm/ Parte de congelação incluída/ Ano 2010						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico com congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
56833	A++	0,0113	641	196,45	125942	
56833	A+	0,0773	4391	276,23	1212914	
56833	A	0,3936	22368	356,34	7970467	
56833	B	0,2249	12780	465,23	5945661	
56833	C	0,2283	12974	505,06	6552604	
56833	D e outros	0,0647	3680	601,05	2211714	
					24019302	60048255

Tabela 62: Distribuição dos frigoríficos com congelação por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]

Frigorífico/ 90 cm/ Sem congelação/ Ano 2010						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico sem congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
5624	A++	0,0296	166	125,44	20883	
5624	A+	0,0699	393	176,64	69482	
5624	A	0,3264	1836	227,84	418250	
5624	B	0,2439	1372	302,72	415249	
5624	C	0,1694	953	395,52	376823	
5624	D e outros	0,1606	903	474,88	428929	
					1729615	4324036

Tabela 63: Distribuição dos frigoríficos sem congelação por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]

Combinado/ Ano 2010						
Número de alojamentos com combinado	Etiqueta energética	Percentagem de combinados por classe energética	Número total de combinados de acordo com a classe energética	Gasto energético do combinado por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
37100	A++	0,0275	1020	200,63	204693	
37100	A+	0,1456	5402	282,37	1525295	
37100	A	0,5016	18609	364,11	6775854	
37100	B	0,1592	5906	483,01	2852812	
37100	C	0,1460	5417	546,67	2961093	
37100	D e outros	0,0200	742	609,78	452457	
					14772203	36930507

Tabela 64: Distribuição dos combinados por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]

Arca Congeladora 200L/ Ano 2010						
Número de alojamentos com arca congeladora	Etiqueta energética	Percentagem de arcas congeladoras por classe energética	Número total de arcas congeladoras de acordo com a classe energética	Gasto energético da arca congeladora por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
46966	A++	0,0116	545	161,25	87850	
46966	A+	0,0716	3363	227,34	764491	
46966	A	0,3240	15217	292,34	4448533	
46966	B	0,1355	6364	523,23	3329780	
46966	C	0,1521	7144	598,56	4275830	
46966	D e outros	0,3054	14343	698,45	10018159	
					22924644	57311609

Tabela 65: Distribuição das arcas congeladoras por classe energética e o seu consumo em 2010 [90]

Para o ano de 2010, contrariamente a 2005, a classe de eficiência energética A++ já é contemplada. Dessa forma, pode admitir-se que existe uma evolução no parque de equipamentos de frio, em que os equipamentos com classes inferiores tendem a

diminuir e os equipamentos com melhor desempenho têm a possibilidade de daqui a alguns anos estarem em maior percentagem.

As tabelas 66 e 67 apresentam o valor das emissões de CO₂ dos frigoríficos/combinados e das arcas congeladoras em 2010, respetivamente.

Frigoríficos/Combinados em 2010				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO₂ (kg/kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Eletricidade	101	40,4	0,47	18988

Tabela 66: Emissões de CO₂ devido aos frigoríficos e combinados em 2010

Arca congeladora em 2010				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO₂ (kg/kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Eletricidade	57	22,8	0,47	10716

Tabela 67: Emissões de CO₂ devido às arcas congeladoras em 2010

Numa rápida comparação entre 2005 e 2010, conclui-se que existe menos cerca de 23% de emissões nos frigoríficos e nas arcas.

O PNAEE fez também previsões para 2015, pelo que esse valores foram usados para determinar o consumo de energia primária e as emissões de CO₂ para esse ano admitindo novamente que o número de equipamentos não vai variar significativamente. As tabelas seguintes, 68, 69, 70 e 71, apresentam os valores do consumo de energia primária e emissões de CO₂ relativamente a 2015 do parque dos eletrodomésticos de frio, respetivamente, frigoríficos com congelação, frigoríficos sem congelação, combinados e arcas congeladoras.

Frigorífico/ 120-140 cm/ Parte de congelação incluída/ Ano 2015						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico com congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
56833	A++	0,0500	2842	196,45	558242	
56833	A+	0,2600	14777	276,23	4081735	
56833	A	0,2800	15913	356,34	5670524	
56833	B	0,1000	5683	465,23	2644042	
56833	C	0,1700	9662	505,06	4879693	
56833	D e outros	0,1600	9093	601,05	5465516	
					23299751	58249378

Tabela 68: Previsão do consumo de energia primária de frigoríficos com congelação para o ano de 2015

Frigorífico/ 90 cm/ Sem congelação/ Ano 2015						
Número de alojamentos com frigorífico	Etiqueta energética	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico sem congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
5624	A++	0,0500	281	125,44	35274	
5624	A+	0,2600	1462	176,64	258290	
5624	A	0,2800	1575	227,84	358784	
5624	B	0,1000	562	302,72	170250	
5624	C	0,1700	956	395,52	378149	
5624	D e outros	0,1600	900	474,88	427316	
					1628063	4070156

Tabela 69: Previsão do consumo de energia primária de frigoríficos sem congelação para o ano de 2015

Combinado/ Ano 2015						
Número de alojamentos com combinado	Etiqueta energética	Percentagem de combinados por classe energética	Número total de combinados de acordo com a classe energética	Gasto energético do combinado por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
37100	A++	0,0500	1855	200,63	372169	
37100	A+	0,2600	9646	282,37	2723741	
37100	A	0,2800	10388	364,11	3782375	
37100	B	0,1000	3710	483,01	1791967	
37100	C	0,1700	6307	546,67	3447848	
37100	D e outros	0,1600	5936	609,78	3619654	
					15737753	39344383

Tabela 70: Previsão do consumo de energia primária de combinados para o ano de 2015

Arca Congeladora 200L/ Ano 2015						
Número de alojamentos com arca congeladora	Etiqueta energética	Percentagem de arcas congeladoras por classe energética	Número total de arcas congeladoras de acordo com a classe energética	Gasto energético da arca congeladora por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
46966	A++	0,0500	2348	161,25	378663	
46966	A+	0,2600	12211	227,34	2776085	
46966	A	0,2800	13150	292,34	3844411	
46966	B	0,1000	4697	523,23	2457402	
46966	C	0,1700	7984	598,56	4779035	
46966	D e outros	0,1600	7515	698,45	5248544	
					19484141	48710352

Tabela 71: Previsão do consumo de energia primária de arcas congeladoras para o ano de 2015

Relativamente aos combinados verificou-se que o cálculo conduzia a um aumento em relação a 2010. A razão pela qual isto acontece deve-se essencialmente ao facto do PNAEE considerar para 2015 uma percentagem muito elevada de combinados com classe energética D ou inferior, o que é claramente contrário aos dados de 2010 (dados reais). Nesse sentido, considerou-se para 2015 um valor igual a 2010 o que constitui uma aproximação por excesso, uma vez que é natural que alguns equipamentos estejam a ser substituídos por aparelhos mais eficientes. O valor das emissões em 2015 para estes aparelhos vai diminuir pois o seu consumo também diminuiu em virtude das classes serem mais eficientes, supondo que o número de equipamentos não varia significativamente. A tabela 72 apresenta as emissões dos vários equipamentos dos anos de 2005, 2010 e 2015.

Ano	Consumo de energia final (GWh)				Emissões de CO ₂ (t)
	Frigoríficos	Combinados	Arcas	Consumo total de energia final	
2005	32,6	20,6	28,9	82,1	38587
2010	25,7	14,8	22,9	63,4	29798
2015	24,8	14,8	19,4	59	27730

Tabela 72: Comparação do consumo de energia e emissões de CO₂ para 2005, 2010 e 2015

No entanto, medidas para potenciar a aquisição de equipamentos da classe A+++ e A++ poderiam reduzir significativamente o consumo. Nesta perspetiva apresentam-se de seguida dois cenários:

1. 50% de aparelhos A+++ e 50% de aparelhos A++
2. 100% de aparelhos A+++

A tabela 73 apresenta os consumos para o primeiro cenário relativamente aos frigoríficos com e sem congelador, combinados e arcas congeladoras.

Frigorífico com congelador A+++ e A++					
Número de alojamentos com frigorífico	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico com congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
56833	0,5	28417	146	4148809	
56833	0,5	28417	196	5569634	
				9718443	24296108
Frigorífico sem congelador A+++ e A++					
Número de alojamentos com frigorífico	Percentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico sem congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
5624	0,5	2812	93,40	262641	
5624	0,5	2812	125,44	352737	
				615378	1538445
Combinado A+++ e A++					
Número de alojamentos com combinado	Percentagem de combinados por classe energética	Número total de combinados de acordo com a classe energética	Gasto energético do combinado por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
37100	0,5	18550	148,62	2756901	
37100	0,5	18550	200,63	3721687	
				6478588	16196469
Arca congeladora A+++ e A++					
Número de alojamentos com arca congeladora	Percentagem de arcas congeladoras por classe energética	Número total de arcas congeladoras de acordo com a classe energética	Gasto energético da arca congeladora por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
46966	0,5	23483	119	2794477	
46966	0,5	23483	161	3780763	
				6575240	16438100

Tabela 73: Consumo dos equipamentos de frio para o 1º cenário

A tabela 74 apresenta os consumos para o segundo cenário relativamente aos frigoríficos com e sem congelador, combinados e arcas congeladoras.

Frigorífico com congelador A+++					
Número de alojamentos com frigorífico	Porcentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico com congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
56833	1	56833	146	8297618	
				8297618	20744045
Frigorífico sem congelador A+++					
Número de alojamentos com frigorífico	Porcentagem de frigoríficos por classe energética	Número total de frigoríficos de acordo com a classe energética	Gasto energético do frigorífico sem congelação por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
5624	1	5624	93,40	525282	
				525282	1313204
Combinado A+++					
Número de alojamentos com combinado	Porcentagem de combinados por classe energética	Número total de combinados de acordo com a classe energética	Gasto energético do combinado por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
37100	1	37100	148,62	5513802	
				5513802	13784505
Arca congeladora A+++					
Número de alojamentos com arca congeladora	Porcentagem de arcas congeladoras por classe energética	Número total de arcas congeladoras de acordo com a classe energética	Gasto energético da arca congeladora por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
46966	1	46966	119	5588954	
				5588954	13972385

Tabela 74: Consumo dos equipamentos de frio para o 2º cenário

Mediante os valores obtidos calcular-se-ão as emissões que seriam produzidas para o caso do frio tanto no cenário 1, onde o parque dos eletrodomésticos seria metade de classe energética A+++ e a outra metade com a classe energética A++, como para o cenário 2, em que todos os eletrodomésticos de frio nos alojamentos seriam da classe mais eficiente. A tabela 75 mostra o consumo de energia final e os valores de emissão de CO₂ para os dois cenários.

	Consumo de energia final (GWh)				Emissões de CO₂ (t)
	Frigoríficos	Combinados	Arcas	Consumo total de energia final	
Cenário 1	10,3	6,5	6,6	23,4	10998
Cenário 2	8,8	5,5	5,6	19,9	9353

Tabela 75: Comparação do consumo de energia e emissões de CO₂ no cenário 1 e 2

Se se comparar com os valores de 2005 constata-se que a passagem deste tipo de eletrodomésticos para as duas classes energéticas permite emitir menos 26.800 toneladas de emissões e uma redução de 58 GWh de energia final. As condições do cenário 2 não alteram significativamente estes resultados.

Em comparação com 2010 é notória a diferença, resultando numa diminuição em cerca de 2/3 para as emissões de CO₂ e energia primária necessária para o uso destes aparelhos (considerando o 1º cenário). No 1º cenário são necessários praticamente de 58 GWh de energia primária contra quase 160 GWh necessários para 2010, o que não deixa de ser um valor bastante considerável e a reter.

Medida 6 – Outros – Aposta em aparelhos mais eficientes

A designação de outros prende-se com o facto de nesta categoria estarem os restantes equipamentos elétricos, desde equipamentos para o setor doméstico, os pequenos eletrodomésticos como os aspiradores, ferros de engomar, etc., os grandes eletrodomésticos, como é o caso da máquina de lavar roupa (MLR) e a máquina de lavar loiça (MLL) e, por fim, os aparelhos para entretenimento, desde as televisões até aos rádios. Com base no estudo levado a cabo pelo ICESD é possível visualizar os aparelhos com mais utilização nos lares dos habitantes da cidade do Porto. Para efetuar os cálculos dividir-se-ão esses aparelhos, pois relativamente aos grandes aparelhos é possível saber o seu consumo durante o ano mas nos restantes aparelhos não foi possível obter essa informação. Desse modo, irá ser mostrado primeiro a distribuição de alguns desses aparelhos usando dados do PNAEE. O PNAEE, relativamente a esta rubrica, só considerou um aparelho que foi a máquina de lavar roupa. No entanto, admitiu-se que as informações de classe energética também serão válidas para a máquina de lavar loiça pois é um aparelho que tem uma percentagem considerável nos alojamentos. O processo utilizado foi o mesmo que para os aparelhos de frio pois se para 2010 temos os valores do ICESD para 2005 temos a distribuição do PNAEE. O método para calcular o número de alojamentos com um determinado tipo de equipamento foi igual ao método usado nos equipamentos de frio, tendo-se usado os dados do ICESD. A tabela 76 mostra o valor de energia primária para as máquinas de lavar roupa e a tabela 77 mostra a mesma grandeza para as máquinas de lavar loiça.

Máquina Lavar Roupa/ 2 Lavagens semanais a 30° e 60° cada/ Ano 2005						
Número de alojamentos com MLR	Etiqueta energética	Percentagem de MLR por classe energética	Número total de MLR de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLR por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
89493	B	0,0300	2685	155,06	416303	
89493	C	0,1900	17004	176,59	3002671	
89493	D	0,2200	19688	198,12	3900668	
89493	Outros	0,5600	50116	219,65	11007970	
89493					18327611	45819028

Tabela 76: Distribuição das máquinas de lavar roupa por classe energética e o seu consumo em 2005

Máquina Lavar Louça/ 5 Lavagens semanais a 55° cada/ Ano 2005						
Número de alojamentos com MLL	Etiqueta energética	Percentagem de MLL por classe energética	Número total de MLL de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLL por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
40257	B	0,0300	1208	295,10	356395	
40257	C	0,1900	7649	334,36	2557460	
40257	D	0,2200	8857	373,62	3308976	
40257	Outros	0,5600	22544	413,14	9313784	
					15536614	38841536

Tabela 77: Distribuição das máquinas de lavar louça por classe energética e o seu consumo em 2005

Comparando com os valores da matriz energética (2004) para esta rubrica (outros) verifica-se que estes dois aparelhos representam cerca de 60% do consumo dessa mesma energia pelo que é de facto importante agir sobre eles. A tabela 78 mostra o valor de energia primária e final da rubrica (outros) de acordo com o consumo da matriz energética.

Outros em 2005				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t)
Eletricidade	136	54,4	0,47	25568

Tabela 78: Valor de utilização de energia primária para outros em 2005

De seguida serão apresentados valores para o ano de 2010 usando os dados do ICESD para determinar o consumo e as emissões de CO₂ associadas. As tabelas 79 e 80

indicam os valores relativamente às máquinas de lavar roupa e de lavar loiça que existem na cidade do Porto.

Máquina Lavar Roupa/ 2 Lavagens semanais a 30° e 60° cada/ Ano 2010						
Número de alojamentos com MLR	Etiqueta energética	Percentagem de MLR por classe energética	Número total de MLR de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLR por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
89493	A++	0,0203	1817	105,46	191590	
89493	A+	0,1178	10542	118,46	1248835	
89493	A	0,4700	42062	135,72	5708601	
89493	B	0,2120	18972	155,06	2941871	
89493	C	0,0314	2810	176,59	496231	
89493	D e outros	0,1485	13290	198,12	2632951	
					13220079	33050198

Tabela 79: Distribuição das máquinas de lavar roupa por classe energética e o seu consumo em 2010

Máquina Lavar Loiça/ 5 Lavagens semanais a 55° cada/ Ano 2010						
Número de alojamentos com MLL	Etiqueta energética	Percentagem de MLL por classe energética	Número total de MLL de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLL por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
40257	A++	0,0344	1385	208,52	288767	
40257	A+	0,0866	3486	232,18	809438	
40257	A	0,4510	18156	263,64	4786618	
40257	B	0,1490	5998	295,10	1770094	
40257	C	0,1255	5052	334,36	1689269	
40257	D	0,1530	6159	373,62	2301243	
					11645429	29113572

Tabela 80: Distribuição das máquinas de lavar loiça por classe energética e o seu consumo em 2010

Para o ano de 2010, ao contrário de 2005, toda a escala da classe A de eficiência já é contemplada. Dessa forma, pode admitir-se que existe uma evolução significativa na eficiência destes aparelhos pois em 2010 já existiam máquinas de lavar roupa e loiça com classes eficientes. O desaparecimento das classes inferiores a B é uma realidade visto que estes aparelhos já não são vendidos.

A tabela 81 apresenta o valor das emissões de CO₂ da rubrica outros para 2010. Em 2005, as máquinas de lavar roupa e loiça tinham um consumo de 84,6 GWh de energia primária e em 2010 esse valor diminuiu para 62,1 GWh, pelo que a diferença é de 22,5 GWh. O consumo estimado para 2010 será de 113 GWh.

Outros em 2010				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO₂ (kg/kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Eletricidade	113	45,2	0,47	21244

Tabela 81: Valor de utilização de energia primária para outros em 2010

Da análise da tabela 81, pode concluir-se que as emissões de CO₂ da máquina de lavar roupa e loiça, quando comparadas com 2005, sofreram uma diminuição de cerca de 4.324 toneladas e a energia primária consumida também baixou 23 GWh.

Tal como nos equipamentos de frio o PNAEE também fez previsões para 2015, pelo que esses valores foram usados para determinar o consumo de energia primária e as emissões de CO₂ para esse ano, admitindo novamente que, o número de equipamentos não vai variar significativamente pois, mais uma vez, entende-se que este tipo de equipamento requer a sua troca imediata quando deixa de funcionar. As seguintes tabelas, 82 e 83, apresentam os valores de consumo de energia primária relativamente a 2015, de máquinas de lavar roupa e loiça, respetivamente.

Máquina Lavar Roupa/ 2 Lavagens semanais a 30° e 60° cada/ Ano 2015						
Número de alojamentos com MLR	Etiqueta energética	Percentagem de MLR por classe energética	Número total de MLR de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLR por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
89493	A++	0,0350	3132	105,46	330327	
89493	A+	0,0350	3132	118,46	371046	
89493	A	0,5400	48326	135,72	6558819	
89493	B	0,1500	13424	155,06	2081513	
89493	C	0,1800	16109	176,59	2844635	
89493	D e outros	0,0600	5370	198,12	1063819	
					13250158	33125396

Tabela 82: Previsão do consumo de energia primária de máquinas de lavar roupa para o ano de 2015

Máquina Lavar Loíça/ 5 Lavagens semanais a 55° cada/ Ano 2015						
Número de alojamentos com MLL	Etiqueta energética	% de MLL por classe energética	Número total de MLL de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLL por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (KWh)	Consumo total em energia primária (KWh)
40257	A++	0,0800	3221	208,52	671551	
40257	A+	0,0800	3221	232,18	747750	
40257	A	0,4500	18116	263,64	4776010	
40257	B	0,1500	6039	295,10	1781976	
40257	C	0,1800	7246	334,36	2422859	
40257	D	0,0600	2415	373,62	902449	
					11302596	28256489

Tabela 83: Previsão do consumo de energia primária de máquinas de lavar loiça para o ano de 2015

Como se pode ver os valores não diferem muito dos valores já obtidos em 2010, o que indica que a melhoria está a aumentar mais depressa do que seria previsível. A tabela 84 apresenta os consumos de energia primária que estes dois equipamentos obtiveram.

Ano	Consumo de energia final (GWh)			Emissões de CO ₂ (t)
	Máquina de lavar roupa	Máquina de lavar loiça	Consumo total de energia final	
2005	18,3	15,5	33,8	15886
2010	13,2	11,6	24,8	11656
2015	13,2	11,3	24,5	11515

Tabela 84: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO₂ para 2005, 2010 e 2015 das máquinas de lavar roupa e loiça

De seguida, serão apresentados dois cenários para um parque de eletrodomésticos de máquinas de lavar roupa e loiça:

1. 50% de aparelhos A+++ e 50% de aparelhos A++
2. 100% de aparelhos A+++

As tabelas 85 e 86 representam o cenário 1 e 2, respetivamente.

MLL A+++ e A++					
Número de alojamentos com MLL	Porcentagem de MLL por classe energética	Número total de MLL de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLL por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
40257	0,5	20129	188,76	3799456	
40257	0,5	20129	208,52	4197195	
				7996650	19991626
MLR A+++ e A++					
Número de alojamentos com MLR	Porcentagem de MLR por classe energética	Número total de MLR de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLR por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
89493	0,5	44747	71,67	3206982	
89493	0,5	44747	105,46	4718966	
				7925948	19814869

Tabela 85: Consumo das máquinas de lavar loiça e roupa para o 1º cenário

MLL A+++					
Número de alojamentos com MLL	Porcentagem de MLL por classe energética	Número total de MLL de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLL por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
40257	1	40257	188,76	7598911	
				7598911	18997278
MLR A+++					
Número de alojamentos com MLR	Porcentagem de MLR por classe energética	Número total de MLR de acordo com a classe energética	Gasto energético da MLR por classe energética (kWh/ano)	Consumo total em energia final (kWh)	Consumo total em energia primária (kWh)
89493	1	89493	71,67	6413963	
				6413963	16034908

Tabela 86: Consumo das máquinas de lavar loiça e roupa para o 2º cenário

Mediante estes novos cenários, interessa saber o valor das emissões de CO₂ e o valor da energia primária para essas situações, estando estes valores expostos na tabela 87.

	Consumo de energia final (GWh)			Emissões de CO ₂ (t)
	Máquina de lavar roupa	Máquina de lavar loiça	Consumo total de energia final	
Cenário 1	7,9	7,9	15,8	7426
Cenário 2	6,4	7,6	14	6580

Tabela 87: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO₂ no cenário 1 e 2

Em 2005, o valor de consumo destes aparelhos foi de cerca de 85 GWh e também foram responsáveis por 15.900 t de emissões de CO₂. Estes valores, no cenário 1, apresentam uma poupança de consumo de 45 GWh e uma redução de emissões em cerca de 8.000 t. No cenário 2, a poupança é de cerca de 50 GWh de consumo de energia primária e de menos cerca de 9.000 t, de emissões de CO₂. Para o ano de 2010, a diminuição é de 22 GWh de consumo de energia primária e a redução de 4.000 t de emissões para o cenário 1 e, para o cenário 2, mostram uma poupança de energia primária de 27 GWh e uma diminuição de 5.000 t de emissões. Pode concluir-se então que, optando-se por equipamentos de melhor classe energética, a poupança é muito grande em termos de consumo de energia e de emissões de CO₂. Relativamente a esta rubrica (outros), não existem mais indicativos de consumo de equipamentos.

O ICESD apresenta uma percentagem de equipamentos, pertencentes a esta rubrica, que nos alojamentos estão em stand-by. Este termo é usado para aparelhos que não estão desligados da tomada, não tendo o consumidor noção do seu gasto no fim do ano. Portanto, seria interessante atuar-se também neste comportamento. A tabela 88 mostra alguns equipamentos que ficam em stand-by nos alojamentos.

Aparelhos existentes na cidade do Porto em que será possível saber quanto consomem em stand-by		
Aparelhos	Percentagem de aparelhos na cidade do Porto	Número de equipamentos existentes na cidade
Televisão	0,996	98274
LCD	0,996	98274
DVD	0,472	46572
Rádio	0,413	40750
Aparelhagem	0,36	35521
Carregador de telemóvel	0,996	196549
Microondas	0,815	80415
Portátil	0,2	19734
Computador	0,394	38876
Monitor CRT	0,25	24667
Monitor LCD	0,144	14208
Impressora	0,373	36804
Máquina lavar roupa	0,907	89493
Máquina lavar loiça	0,408	40257

Tabela 88: Equipamentos em stand-by e o número existente de aparelhos na cidade [94]

Depois de se saber quais eram os equipamentos que podiam estar no modo stand-by, procurou-se informação sobre quanto estes equipamentos consomem nesta posição. No site da EDP foi possível encontrar quanto é que cada equipamento gasta através das horas que este se mantém no modo stand-by. A tabela 89 indica os aparelhos em stand-by, a percentagem desses aparelhos nos alojamentos no modo stand-by, as horas que eles se mantêm em funcionamento, as horas em que não são utilizados e o seu consumo total de energia primária ao fim do ano [94].

Gasto de energia de aparelhos em stand-by								
Aparelhos	Porcentagem de aparelhos na cidade do Porto	Número total de alojamentos c/ aparelhos	Horas diárias de utilização	Horas diárias em stand-by	Gasto energético por aparelho em stand-by (kWh/ano)	Número de aparelhos em stand-by (kWh/ano)	Gasto total de energia final em stand-by (kWh/ano)	Gasto total de energia primária stand-by (kWh/ano)
Televisão	0,996	98274	4	20	6	43044	258265	
LCD	0,996	98274	4	20	3	43044	129132	
DVD	0,472	46572	0,6	23,4	59	10013	590763	
Rádio	0,413	40750	1	23	34	7254	246621	
Aparelhagem	0,36	35521	3,4	20,6	89	6642	591173	
Carregador de telemóvel	0,996	196549	14	10	5	34396	171980	
Microondas	0,815	111420	0,3	23,7	16	28145	450320	
Portátil	0,2	19734	6,2	17,8	6	2052	12314	
Computador	0,394	38876	6,2	17,8	35	4043	141507	
Monitor CRT	0,25	24667	2,8	21,2	49	2565	125704	
Monitor LCD	0,144	14208	2,8	21,2	15	1478	22165	
Impressora	0,373	36804	0,1	23,9	160	2392	382757	
Máquina lavar roupa	0,907	89493	1	23	19	10739	204041	
Máquina lavar loiça	0,408	40257	1	23	15	4831	72465	
							3399208	8498019

Tabela 89: Número de equipamentos em stand-by na cidade e consumo de energia primária por ano

Conclui-se então que, manter estes aparelhos no modo stand-by, implica um gasto de 8 GWh de energia primária. Em seguida, na tabela 90, serão mostradas as emissões resultantes deste comportamento. Deveriam existir incentivos para sensibilizar as pessoas sobre esta situação, em que um simples desligar da tomada origina uma redução da energia primária e das emissões de CO₂.

Equipamentos em stand-by				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t/ano)
Eletricidade	8,50	3,4	0,47	1598

Tabela 90: Emissões de CO₂ de equipamentos em stand-by

Medida 7 – Iluminação – Aposta em lâmpadas mais eficientes

No ICESD efetuado também foram recolhidos dados relativamente às lâmpadas existentes nos alojamentos. Atualmente, e cada vez mais, a iluminação tem um peso significativo no consumo de energia primária e, visto que é obtida unicamente através da produção de eletricidade, é importante que se arranjem soluções para uma melhor eficiência em lâmpadas. Já acontece mas, essa ideia deve ser interiorizada por todos.

Nas lâmpadas incandescentes (LI) e nas lâmpadas economizadoras (LE) é possível apurar quanto foi o seu gasto em termos de energia final através de dados que se obtiveram para o consumo deste tipo de lâmpadas. Não existem valores para o consumo de energia apenas para as lâmpadas com a potência mais fraca, 25 W.

Através do PNAEE, representou-se a percentagem de lâmpadas que existia em 2005 no país, estando essa distribuição presente no gráfico 23.

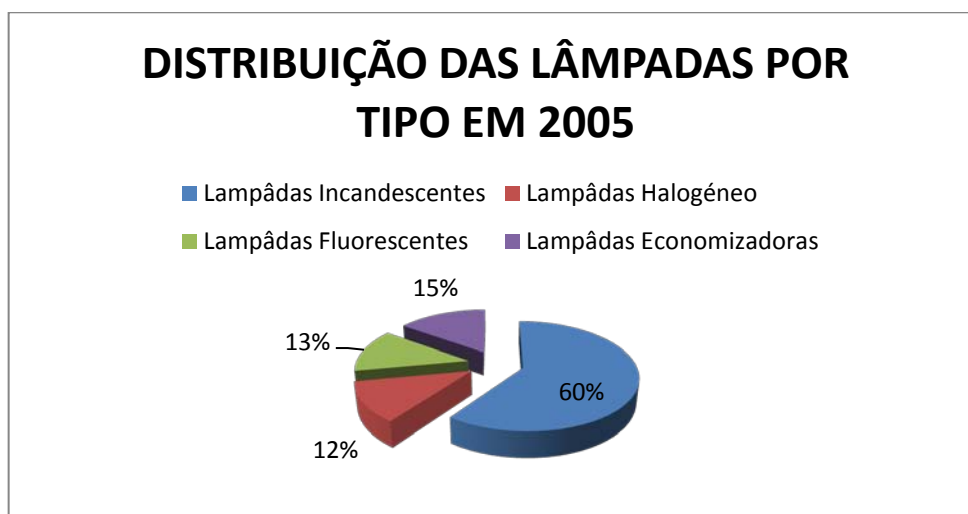


Gráfico 23: Distribuição das lâmpadas por tipo em 2005

No PNAEE só existe informação, sobre o consumo de energia, para as lâmpadas incandescentes e economizadoras pelo que, apenas serão apresentados os valores para ambas. Como no ICESD estão todas incluídas, calculou-se, através da percentagem das lâmpadas nos alojamentos, o número total de lâmpadas que existiam na cidade do Porto em 2005, presentes na tabela 91.

Lâmpadas em 2005				
Número de alojamentos habituais em Portugal	Total de lâmpadas em 2010	Número de alojamentos habituais na cidade do Porto	Percentagem de alojamento da cidade do Porto relativamente a Portugal	Número total de lâmpadas na cidade do Porto
3773956	64440392	99683	0,0264	1702090

Tabela 91: Número total de lâmpadas na cidade do Porto em 2005

Com base no PNAEE e no número total de lâmpadas calculado, pôde-se fazer a distribuição, por tipo de lâmpada, que existiam na cidade do Porto em 2005, estando essa distribuição apresentada na tabela 92.

Lâmpadas em 2005 por tipo		
Tipo de lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas em 2005	Número de lâmpadas nos alojamentos habituais na cidade do Porto
Incandescentes	60%	1021254
Halogéneo	12%	204251
Fluorescentes	13%	221272
Economizadoras	15%	255314
		1702090

Tabela 92: Número de lâmpadas por tipo na cidade do Porto em 2005

Como se sabe o consumo anual das lâmpadas incandescentes e economizadoras, é possível saber as suas emissões para 2005. A tabela 93 e 94 apresentam a distribuição de lâmpadas incandescentes e economizadoras, respetivamente, por tipo de potência e o seu consumo de energia primária, baseado no ICESD.

Lâmpadas incandescentes em 2005					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
25	1021254	35%	357439	-	-
40	1021254	37%	377864	58,4	22067256
60	1021254	23%	234888	87,6	20576226
75	1021254	4%	40850	109,5	4473093
100	1021254	1%	10213	146,0	1491031
					48607605

Tabela 93: Distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2005

Lâmpadas economizadoras em 2005					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
3 – 7	255314	13%	33191	-	-
8 – 10	255314	29%	74041	11,7	864800
11 – 14	255314	41%	104679	17,5	1833972
15 – 17	255314	11%	28085	21,9	615051
18 – 23	255314	6%	15319	29,2	447310
					3761133

Tabela 94: Distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2005

Os valores recolhidos para as lâmpadas incandescentes e economizadoras, como já referido, não apresentam o valor de consumo para as lâmpadas de menor potência mas, mesmo assim, o valor das emissões de CO₂ relativamente à iluminação será apresentado na tabela 95. É natural que as emissões sejam ligeiramente superiores porque não se contabilizaram as emissões de lâmpadas de halogéneo e fluorescentes (que também têm um consumo energético pouco elevado).

Iluminação em 2005 das LI e LE					
Distribuição da energia na habitação	Energia primária LI (GWh)	Energia primária LE (GWh)	Total de energia primária dos dois tipos de lâmpadas (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t)
Eletricidade	48,60	3,76	52,36	0,47	9844

Tabela 95: Emissões de CO₂ das lâmpadas incandescentes e economizadoras em 2005

Na tabela 96 apresentam-se as emissões de CO₂ considerando o consumo apresentado na matriz energética.

Iluminação em 2005				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t)
Eletricidade	75	30	0,47	14100

Tabela 96: Emissões de CO₂ devido à iluminação em 2005

O PNAEE tinha previsões para 2010 sobre como seria o parque de lâmpadas em termos de classe energética mas, irão ser utilizados os valores do ICESD relativamente às percentagens das lâmpadas porque são dados reais.

Em 2010, ao contrário de 2005, aparecem as lâmpadas do tipo Led. Esta lâmpada tem a particularidade de ser a que menos consome e a que tem uma poupança na ordem dos 80%, face às lâmpadas incandescentes, podendo durar até perto de 40.000 horas, que representa cerca de oito a dez anos. É uma lâmpada cara e como só entrou no mercado em 2009 é necessário que o produto seja amadurecido e que a sua fiabilidade seja construída a partir de todas as marcas [92]. É a lâmpada que menos existe nos alojamentos da cidade do Porto e em Portugal, estando a percentagem destas na cidade do Porto, em 2010, indicada na tabela 97.

Lâmpadas em 2010 por tipo		
Tipo de lâmpadas	Percentagem de lâmpadas em 2005	Número de lâmpadas nos alojamentos habituais na cidade do Porto
Incandescentes	44%	748920
Halogéneo	10%	170209
Fluorescentes	12%	204251
Economizadoras	33%	561690
Led	1%	17021
		1702090

Tabela 97: Número de lâmpadas por tipo na cidade do Porto em 2010

Como só existem valores de consumo de energia para as lâmpadas incandescentes e economizadoras, tal como em 2005, serão apenas apresentados, para 2010, os valores destas. As tabelas 98 e 99 mostram a distribuição de lâmpadas incandescentes por tipo de potência bem como o seu consumo de energia primária. Nesta medida não serão contabilizados os consumos e emissões dos outros tipos de lâmpadas. Outra aproximação que está a ser efetuada é considerar o número de lâmpadas igual, o que em certa medida faz sentido porque geralmente o que se verifica é a substituição de lâmpadas e não a sua remoção ou adição de mais lâmpadas.

Lâmpadas incandescentes em 2010					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Percentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
25	748920	35%	262122	-	-
40	748920	37%	277100	58,4	16182663
60	748920	23%	172252	87,6	15089240
75	748920	0,4%	29957	109,5	3280270
100	748920	0,1%	7489	146,0	1093423
					35645596

Tabela 98: Distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2010

Lâmpadas economizadoras em 2010					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Percentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
3 – 7	561690	13%	73020	-	-
8 – 10	561690	29%	162890	11,7	1902556
11 – 14	561690	41%	230293	17,5	4034732
15 – 17	561690	11%	61786	21,9	1353111
18 – 23	561690	6%	33701	29,2	984081
					8274480

Tabela 99: Distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2010

Comparativamente a 2005, existiu uma diminuição de lâmpadas incandescentes, originando assim que o valor de energia primária para este tipo de lâmpada diminuiu-se em mais de 12 GWh. Em contrapartida, devido ao aumento para mais do dobro de lâmpadas economizadoras, globalmente o consumo diminuiu 8,5 GWh a que correspondem 1.598 t de CO₂. A tabela 100 expõe o valor das emissões de CO₂ relativamente à iluminação

Iluminação em 2010 das LI e LE					
Distribuição da energia na habitação	Energia primária LI (GWh)	Energia primária LE (GWh)	Total de energia primária dos dois tipos de lâmpadas (GWh)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/kWh)	Emissão de CO ₂ (t)
Eletricidade	35,60	8,27	43,87	0,47	8248

Tabela 100: Emissões de CO₂ das lâmpadas incandescentes e economizadoras em 2010

Na tabela 101 apresentam-se as emissões de CO₂ considerando o consumo apresentado na matriz energética em 2010. O consumo estimado para a iluminação é de 67 GWh.

Iluminação em 2010				
Distribuição da energia na habitação	Energia primária (GWh)	Energia final (GWh)	Fator de emissão de CO₂ (kg/kWh)	Emissão de CO₂ (t)
Eletricidade	67,50	26,4	0,47	12408

Tabela 101: Emissões de CO₂ devido à iluminação em 2010

Tal como anteriormente, o PNAEE também fez previsões para 2015 da distribuição das lâmpadas, como se poderá ver na tabela 102. A lâmpada Led não aparece pois na altura desta previsão ainda não estava no mercado.

Lâmpadas em 2015 por tipo		
Tipo de lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas em 2005	Número de lâmpadas nos alojamentos habituais na cidade do Porto
Incandescentes	14%	238293
Halogéneo	12%	204251
Fluorescentes	13%	221272
Economizadoras	61%	1038275
		1702090

Tabela 102: Previsão para a distribuição pelo tipo de lâmpadas para 2015

No seguimento do que já foi apresentado, as tabelas seguintes, 103 e 104, mostram os valores das previsões de consumo de energia primária para 2015, para o parque de lâmpadas incandescentes e economizadoras, respetivamente.

Lâmpadas incandescentes em 2015					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
25	238293	35%	83403	-	-
40	238293	37%	88168	58,4	5149035
60	238293	23%	54807	87,6	4801127
75	238293	0,4%	9532	109,5	1043723
100	238293	0,1%	2383	146,0	347908
					11341794

Tabela 103: Previsão da distribuição das lâmpadas incandescentes por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2015

Lâmpadas economizadoras em 2015					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
3 – 7	1038275	13%	134976	-	-
8 – 10	1038275	29%	301100	11,7	3516845
11 – 14	1038275	41%	425693	17,5	7458137
15 – 17	1038275	11%	114210	21,9	2501204
18 – 23	1038275	6%	62297	29,2	1819058
					15295244

Tabela 104: Previsão da distribuição das lâmpadas economizadoras por tipo de potência e o seu consumo de energia primária em 2015

Estes valores, quando comparados com 2005, mostram claramente a evolução que a distribuição do parque de lâmpadas irá sofrer. As lâmpadas incandescentes têm diminuído e, tudo aponta para que deixem de existir nos alojamentos, uma vez que já não são vendidas desde 2012. A tabela 105 exhibe a diminuição do consumo e das emissões de CO₂ para 2005, 2010 e 2015, bem como os valores de consumo de energia primária para os mesmos anos, relativamente às lâmpadas incandescentes e economizadoras.

Ano	Consumo de energia primária de LI e LE (GWh)			Emissões de CO ₂ (t)
	Lâmpadas incandescentes	Lâmpadas economizadoras	Total de energia primária dos dois tipos de lâmpadas (GWh)	
2005	48,6	3,7	52,3	9830
2010	35,6	8,27	43,87	8250
2015	11,3	15,2	26,5	4980

Tabela 105: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO₂ para 2005, 2010 e 2015 das lâmpadas incandescentes e economizadoras

De seguida, será apresentado um cenário para as lâmpadas incandescentes visto que as previsões apontam para que este tipo de lâmpada acabe, interessando assim, saber o que acontece quando estas lâmpadas forem substituídas pelas economizadoras (e não pelas Led devido ao seu alto valor comercial). A percentagem das lâmpadas de halogéneo e fluorescentes manter-se-á.

1. Lâmpadas incandescentes trocadas pelas economizadoras.

As tabelas 106 e 107 apresentam as lâmpadas neste cenário.

Lâmpadas incandescentes trocadas pelas economizadoras		
Tipo de lâmpadas	Percentagem de lâmpadas em 2005	Número de lâmpadas nos alojamentos habituais na cidade do Porto
Incandescentes	0%	0
Halogéneo	12%	204251
Fluorescentes	13%	221272
Economizadoras	75%	1276568
		1702090

Tabela 106: Cenário em que o valor das lâmpadas incandescentes é nulo

Lâmpadas economizadoras no cenário 1					
Tipo de lâmpada (W)	Número lâmpadas	Porcentagem de lâmpadas por tipo de potência	Número de lâmpadas por tipo	Gasto energético por tipo de lâmpada (kWh/ano)	Total de consumo de energia primária (kWh)
3 – 7	1276568	13%	165954		
8 – 10	1276568	29%	370205	11,7	4323991
11 – 14	1276568	41%	523393	17,5	9169843
15 – 17	1276568	11%	140422	21,9	3075252
18 – 23	1276568	6%	76594	29,2	2236547
					18805634

Tabela 107: Consumo de energia primária de lâmpadas economizadoras sem as lâmpadas incandescentes

A tabela 108 apresenta os valores, obtidos no cenário 1, de emissões e compara-os entre os anos de 2005, 2010 e 2015.

Ano	Consumo de energia primária de LI e LE (GWh)			Emissões de CO₂ (t)
	Lâmpadas incandescentes	Lâmpadas economizadoras	Total de energia primária dos dois tipos de lâmpadas (GWh)	
2005	48,6	3,7	52,3	9830
2010	35,6	8,27	43,87	8250
2015	11,3	15,2	26,5	4980
Cenário 1	0	18,8	18,8	3570

Tabela 108: Comparação do consumo de energia primária e emissões de CO₂ entre o cenário 1 e os anos 2005, 2010 e 2015

Pode-se então concluir que, num parque onde exista a troca de lâmpadas incandescentes pelas economizadoras, a redução de consumo de energia primária é de 34 GWh e são reduzidas cerca de 6.000 t de emissões de CO₂, quando comparado com o ano de 2005. Para o ano de 2010, onde, de facto, a diferença não é tão significativa como em 2005, verifica-se que, mesmo na situação de troca de todas as lâmpadas incandescentes, há uma poupança de 25 GWh e uma redução de emissões de CO₂ de cerca de 5.000 t, sendo que este tipo de lâmpada tem a particularidade de ter um consumo mais baixo e uma duração de vida muito maior do que as lâmpadas incandescentes.

A lâmpada economizadora surge na década de 80 e tem como principal objetivo a substituição das lâmpadas incandescentes. Um dos problemas encontrados no início, para além da sua cor de iluminação ser mais clara, foi que só eram boas para o uso contínuo e não deveriam ser usadas em locais onde se acendesse/desligasse a lâmpada com alguma frequência [91]. O uso destas lâmpadas é essencial para a redução significativa do consumo de energia primária, sendo que não existe uma alternativa viável à iluminação sem ser por uso da eletricidade. Esta situação será real no futuro pois já não se fabricam mais lâmpadas incandescentes [91].

6 Avaliação técnica, económica e ambiental

Os dados técnicos apresentados no capítulo 5 devem ser complementados por uma componente económica. É verdade que tudo o que se faz em prol do ambiente não tem preço pois estamos a construir um futuro melhor mas, há que ser coerente e perceber que atualmente, face ao desenvolvimento que o mundo tem diariamente, é possível dizer-se que, se se optar por fazer um investimento, numa medida eficiente em termos energéticos em que o seu retorno só é conseguido ao fim de 20 anos, poderá ser um mau investimento, pois durante esse período provavelmente vão surgir medidas mais eficazes que trarão um retorno mais rápido. De seguida serão apresentados os valores energéticos relativamente aos anos de 2005 e 2010 e o consumo de energia que a cidade teria, considerando dois cenários para cada medida.

Repartição de energia primária e emissões em 2005			Repartição de energia primária e emissões em 2010			Repartição de energia primária e emissões para o 1º cenário			Repartição de energia primária e emissões para o 2º cenário		
Destino da energia nos alojamentos	Energia primária consumida (GWh) ^{*2}	Emissões de CO ₂ (t) ^{*3}	Destino da energia nos alojamentos	Energia primária consumida (GWh)	Emissões de CO ₂ (t)	Destino da energia nos alojamentos	Energia primária consumida (GWh)	Emissões de CO ₂ (t)	Destino da energia nos alojamentos	Energia primária consumida (GWh)	Emissões de CO ₂ (t)
AQS	349	67397	AQS	267	51987	AQS	136	28088	AQS	20	6227
Preparação de refeições	352	68685	Preparação de refeições	352	68685	Preparação de refeições	352	68685	Preparação de refeições	352	68685
Aquecimento do ambiente	325	63131	Aquecimento do ambiente	325	63131	Aquecimento do ambiente	268	52448	Aquecimento do ambiente	268	51148
Iluminação	75	14100	Iluminação	67	12408	Iluminação	41,5	7802	Iluminação	41,5	7802
Arca congeladora	83	15604	Arca congeladora	57	10716	Arca congeladora	16,4	3083	Arca congeladora	13,9	2613
Frigorífico/Combinado	113	21244	Frigorífico/Combinado	101	18988	Frigorífico/Combinado	41,8	7858	Frigorífico/Combinado	35,7	6711
Outros	136	25568	Outros	113	21244	Outros	91,1	17126	Outros	86,3	16224
Total	1473	275728	Total	1282	247159	Total	947	185090	Total	817	159410

Tabela 109: Valores totais de emissões de CO₂ e consumos de 2005/2010/1º e 2º cenário

*² Dados da matriz energética

*³ Emissões calculadas a partir dos consumos energéticos da matriz

A tabela 109 mostra os valores obtidos de energia primária consumida e de emissões de dióxido de carbono no capítulo 5, tendo em conta os anos de 2005/2010 e o 1º e 2º cenário. Considerou-se que os valores da matriz energética de 2004 seriam válidos para 2005. De referir que o valor total para o ano de 2005 não corresponde à soma das parcelas indicadas, no entanto, considerou-se para o consumo total o valor indicado na matriz energética (1473 GWh).

De forma a determinar uma estimativa do investimento necessário pediram-se orçamentos a empresas. Essa informação pode ser consultada no anexo 1.

Para a reabilitação dos edifícios pediram-se dois orçamentos, um para moradias e outro para apartamentos, em que, pela experiência da empresa, esta sugeriu a topologia normal para estes dois casos. Sendo assim, considerou-se uma moradia típica T2 com 200m² com três frentes virada a Sul e um apartamento T2 com duas frentes de 100m².

Para a moradia considerou-se como cobertura o desvão inclinado, sendo que o material a colocar é o isolamento térmico em poliestireno expandido moldado (EPS) em placas (rofmate). No que toca a isolamento de paredes considerou-se o isolamento feito pelo exterior composto por placas de EPS (poliestireno expandido). Para o isolamento entre pavimentos considerou-se o isolamento térmico fixado diretamente ao pavimento (floormate 2000). Nas janelas e caixilharias consideraram-se vidros duplos (4 a 5 mm).

Para um apartamento considerou-se como cobertura o terraço, sendo que o material a colocar é o isolamento suporte de impermeabilização em poliestireno expandido moldado (EPS) em placas (floormate 200). O isolamento de paredes também foi considerado pelo exterior composto por placas de EPS. Para o isolamento para pavimentos também se considerou o isolamento térmico fixado diretamente ao pavimento (floormate 2000). Nas janelas e caixilharias consideraram-se também vidros duplos (4 a 5 mm).

Para AQS existem dois modos de instalação sendo eles, o mais usável, o Kit de Termossifão (o considerado nos cálculos) que normalmente dá para todos os edifícios independentemente do número de pisos e depois, para situações mais específicas, o modo de circulação forçada. A diferença é a utilização de uma bomba que vai acrescentar na instalação mais 1.000€ do que numa instalação normal.

Pode ver-se que em 2010 a cidade do Porto já teve uma redução, para o setor residencial, em cerca de 12%. O item preparação de refeições e aquecimento do

ambiente mantiveram os seus valores de 2005 visto a informação ser reduzida e não existirem muitos indicadores relativamente a essa situação. No que toca à preparação de refeições é difícil saber a classe dos aparelhos e, no seguimento da análise feita nesse ponto, conclui-se que seria melhor o uso de gás natural devido a ser feita uma desagregação da energia nas horas de ponta. Quanto ao aquecimento do ambiente, em 2010 não se alterou nada, pois não se tinham dados sobre os edifícios que foram reabilitados termicamente desde 2005. No entanto, sabe-se que intervenções nos edifícios reduziriam as necessidades de consumos de energia em cerca de 30 a 35%. Os outros pontos desceram todos relativamente a 2005.

Embora tenha existido, de facto, uma redução do consumo de energia e de emissões de CO₂, perante estes dados, pode concluir-se que ainda existe muito por onde atuar e, dessa forma, foi feita uma análise considerando dois cenários. No 1º cenário pode ver-se que existiu uma redução de cerca de 35% no consumo de energia primária bem como nas emissões de CO₂ (neste primeiro cenário foram considerados todos os primeiros cenários existentes para cada uma das rubricas, no caso de haver mais do que um cenário). No 2º cenário pode ver-se uma redução de cerca de 44% no consumo de energia primária e emissões de CO₂ (neste segundo cenário foram considerados todos os segundos cenários existentes para cada uma das rubricas, no caso de haver mais do que um cenário).

As tabelas 110 e 111 apresentam os investimentos necessários para o cenário 1 e para o cenário 2, exibindo também os valores para as lâmpadas economizadoras.

1º Cenário			
Destino da energia	Número de alojamentos a intervir	Preço por medida	Total de investimento
AQS	38798	3.265,00 €	126.675.470,00 €
Aquecimento Ambiente	Apartamento - 34041	1.500,00 €	51.061.500,00 €
	Moradia- 15294	3.350,00 €	51.234.900,00 €
			102.296.400,00 €
Frigoríficos Com Congelador	A+++ =28417	710.99 €	20.204.202,83 €
	A++ =28417	598.99 €	17.021.498,83 €
			37.225.701,66 €
Frigoríficos Sem Congelador	A+++ =2812	341.99 €	961.675,88 €
	A++ =2812	263.99 €	742.339,88 €
			1.704.015,76 €
Combinados	A+++ =18550	934.99 €	17.344.064,50 €
	A++ =18550	799.99 €	14.839.814,50 €
			32.183.879,00 €
Arcas Congeladoras	A+++ =23483	685.99 €	16.109.103,17 €
	A++ =23483	599.99 €	14.089.565,17 €
			30.198.668,34 €
Máquinas de Lavar Roupa	A+++ =44747	579.99 €	25.952.812,53 €
	A++ =44747	499.99 €	22.373.052,53 €
			48.325.865,06 €
Máquinas de Lavar Loiça	A+++ =20129	635.99 €	12.801.842,71 €
	A++ =20129	579.99 €	11.674.618,71 €
			24.476.461,42 €
	Potência/número de lâmpadas a substituir	Preço de cada lâmpada	
Lâmpadas economizadoras	8-10 /277100	0,99 €	274.329,00 €
	11-14 /172252	0,99 €	170.529,48 €
	15-17 /29957	1,99 €	59.614,43 €
	18-23 /7489	9,99 €	74.815,11 €
Total do investimento a ser realizado			403.665.749,26 €

Tabela 110: Investimento necessário para equipamentos, lâmpadas e reabilitação energética de edifícios no 1º cenário

2º Cenário			
Destino energia	Número de alojamentos a intervir	Preço por medida	Total de investimento
AQS	63502	3.265,00 €	207.334.030,00 €
Aquecimento Ambiente	Apartamento - 34041	1.500,00 €	51.061.500,00 €
	Moradia- 15294	3.350,00 €	51.234.900,00 €
			102.296.400,00 €
Frigoríficos Com Congelador	56833	710.99 €	40.407.694,67 €
Frigoríficos Sem Congelador	5624	345.99 €	1.945.847,76 €
Combinados	37100	934.99 €	34.688.129,00 €
Arcas Congeladoras	46966	685.99 €	32.218.206,34 €
Máquinas de Lavar Roupa	89493	579.99 €	51.905.045,07 €
Máquinas de Lavar Louça	40257	635.99 e	25.603.049,43 €
	Potência/número de lâmpadas a substituir	Preço de cada lâmpada	
Lâmpadas economizadoras	8-10/277100	0,99 €	274.329,00 €
	11-14/172252	0,99 €	170.529,48 €
	15-17/29957	1,99 €	59.614,43 €
	18-23/7489	9,99 €	74.815,11 €
Total do investimento a ser realizado			496.977.690,29 €

Tabela 111: Investimento necessário para equipamentos, lâmpadas e reabilitação energética de edifícios no 2º cenário

Na tabela 112 apresenta-se um quadro resumo das medidas e a sua avaliação técnica, económica e ambiental.

Medida	Avaliação técnica	Avaliação económica (Investimento em €)	Avaliação ambiental
1. Mix de energia	<p>Sabe-se que em termos de energia renovável o nosso país tem excelentes condições para a produção de energia por fontes renováveis. A aposta em fontes de energia renováveis tem vantagens económicas, ambientais e estratégicas. No entanto, esta estratégia é definida a nível nacional, pelo que a microprodução poderá ser estimulada de forma a contribuir para um melhor desempenho energético da cidade.</p>	<p>Esta medida é de âmbito nacional.</p>	<p>A produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis reduz as emissões de CO₂ e de SO₂, bem como, de outros poluentes que são emitidos para a atmosfera pelas centrais termoelétricas.</p>

2. Preparação de refeições	No que diz respeito a este ponto o melhor será promover a diversificação das fontes, alargando o parque de equipamentos com gás natural para que exista uma diversificação na procura de forma a evitar grandes picos de procura para o sistema elétrico nacional.	Esta medida tem a ver com a estratégia de empresas que estão no mercado de energia, pelo que não será efetuada uma avaliação económica.	Quando existem picos de procura em termos de energia elétrica, as centrais termoelétricas entram em funcionamento de forma a garantir essa procura. Se houver uma diversificação que, neste caso será o aumento do gás natural para o uso doméstico, vai fazer com que não exista a necessidade das centrais a carvão estarem a produzir e dessa maneira não vai existir, por exemplo, a emissão de SO ₂ para a atmosfera.
-----------------------------------	--	---	---

3. AQS	<p>A cidade do Porto, bem como todo o país, tem uma disponibilidade solar acima da média europeia, dessa forma a colocação de coletores solares nos alojamentos deve ser uma medida importante a ter em conta. Uma boa colocação dos coletores solares é essencial para a captação dos raios solares, por isso os coletores devem ficar orientados a Sul. Caso não seja possível, devem ser rodados 45° no máximo para Este ou Oeste. As tubagens devem ser isoladas de forma a tirar maior eficiência e menos perdas de calor.</p>	<p>No 1º cenário o investimento será de 126.700.000,00€ para colocação de coletores solares em todos os alojamentos que estejam inseridos em edifícios até 3 pisos. No 2º cenário o investimento será de 207.340.000,00€ para colocação de coletores solares em todos os alojamentos situados na cidade do Porto que sejam habituais.</p>	<p>A redução de emissões de CO₂ é considerável. No 1º cenário é de 39.309 t, sendo mais de metade do que o valor de 2005. No 2º cenário a redução é significativa com o valor de 61.170 t. Com a colocação de coletores solares em todos os alojamentos habituais verifica-se uma redução de 91% de emissões de CO₂.</p>
---------------	---	---	--

4 . Aquecimento ambiente	<p>Nesta avaliação sabe-se que cerca de metade dos edifícios necessitam de reparações e se estas alterações forem efetuadas o consumo de energia para o aquecimento reduzirá em cerca de 35%. Uma medida comportamental seria dizer às pessoas para fazerem o aquecimento do alojamento fora das horas de ponta e se possível durante a noite. E optar-se por bombas de calor geotérmicas.</p>	<p>No 1º cenário o investimento será de 51.062.000,00€ em apartamentos e 51.235.000,00€ em moradias o que perfaz a soma de 102.297.000,00€. O valor do investimento em moradias é maior porque a percentagem de moradias (edifícios de 1 piso) na cidade é de 31%, dessa forma o número de moradias será 15.294 e o número de apartamentos de 34.041. Nesta situação resolveu-se fazer no 1º cenário alterações de carácter civil nos edifícios e no 2º cenário para além dessas intervenções considerou-se a substituição do gasóleo e do gás de garrafa pelo gás natural.</p>	<p>As reduções de emissão de CO₂ são consideráveis. Para o 1º cenário as emissões reduziram 10.683 t que representa a redução de cerca de 17% de emissões. No 2º cenário a redução de emissões quando comparada com o 1º cenário é pequena. Sendo assim, existe uma redução de 1.300 t de CO₂, que não é significativa.</p>
---------------------------------	--	--	---

5. Frio	<p>Os gastos com estes equipamentos podem sofrer uma enorme diminuição ao nível da energia primária. Para isso, teria de ser feita a substituição de todos os aparelhos nos alojamentos pelos aparelhos de melhor classe energética. Existem também aspetos comportamentais que devem ser sempre tidos em conta, mesmo com os melhores aparelhos, para que o consumo não aumente. Desde não deixar as portas destes equipamentos abertas, fazer a sua limpeza uma vez por ano, colocar alimentos que já estejam à temperatura ambiente entre outros aspetos comportamentais.</p>	<p>No 1º cenário seria feita a substituição dos aparelhos existentes por aparelhos de classe energética A++ e A+++.</p> <p>Esta alteração tem um investimento de 101.320.000,00 €</p> <p>Para o 2º cenário a troca seria de todos os equipamentos existentes pelos de classe A+++.</p> <p>Nesta situação o investimento é de 109.260.000,00 €</p>	<p>As reduções de emissões de CO₂ são consideráveis para a troca dos aparelhos de frio. No 1º cenário a redução de emissões é de 25.907 t, que é equivalente a 70% de emissões a menos que em 2005.</p> <p>No 2º cenário as reduções são de 27.524 t o que representa 75% de emissões a menos que em 2005.</p>
----------------	--	---	---

6 . Outros (Máquinas de lavar roupa e máquinas de lavar loiça)	Nesta rúbrica apenas se consideraram as máquinas de lavar roupa e loiça, dessa forma será feita a substituição de todos os aparelhos nos alojamentos pelos aparelhos de melhor classe energética. Existem também aspetos comportamentais que devem ser tidos em conta, mesmo com os melhores aparelhos, para que o consumo não aumente. As MLL, devem ser usadas quando estão cheias, de forma a otimizar o seu ciclo de lavagem. Nas MLR devem ser usados os programas de mais baixa temperatura e, tal como nas MLL, deve ser otimizado o seu espaço. O aspeto comportamental também deve vigorar no que diz respeito a deixar os aparelhos em stand-by. Este comportamento deve ser evitado devendo ser retirado da tomada a sua alimentação.	Tal como nos equipamentos de frio, nesta situação verificam-se dois cenários. No 1º cenário a substituição dos aparelhos pelas classes A+++ e A++. Essa medida tem um investimento de 72.805.000,00 € No 2º cenário a substituição é feita só pela classe A+++ , sendo que tem um investimento de 77.510.000,00 €	As reduções de emissões de CO ₂ são consideráveis para a troca destes dois tipos de máquinas. No 1º cenário a redução de emissões é de 8.442 t , equivalente a 33%. No 2º cenário as reduções são de 9.344 t , o que representa 37% de emissões a menos que em 2005.
---	--	---	---

7 . Iluminação	A iluminação apesar de ser o item que menos necessita de energia primária tem também o seu peso. A troca de todas as lâmpadas incandescentes pelas economizadoras traz consigo uma redução substancial de consumo de energia primária.	Na iluminação optou-se apenas por um único cenário. Dessa forma o investimento seria trocar todas as lâmpadas incandescentes pelas economizadoras. O investimento para este cenário é de 580.000,00 €	As reduções de emissões de CO ₂ são consideráveis. Para a situação de troca das lâmpadas incandescentes pelas economizadoras as reduções são de 6.298 t em relação a 2005.
-----------------------	--	--	--

Tabela 112: Avaliação referente à aplicabilidade das medidas

Sendo assim, após se ter analisado todos os dados obtidos, verificou-se que para a cidade do Porto reduzir o seu consumo de energia primária e as suas emissões de dióxido de carbono, em relação a 2005, para o 1º cenário teria que haver um investimento de 403.665.749,26€ e para o 2º cenário o valor para esse investimento seria de 496.977.690,29€

7 Conclusão e trabalho futuro

A cidade do Porto é uma cidade que tem características muito próprias. É uma cidade considerada velha mas que tem um potencial gigantesco para reduzir o seu consumo de energia em termos de edifícios residenciais, visto que medidas práticas poderão levar a uma redução significativa no valor do consumo de energia e por consequência direta à redução do dióxido de carbono e de enxofre

Relativamente aos consumos de 2005 e posteriormente aos de 2010, ficou claro que já existiu uma redução de cerca de 12% do consumo de energia primária bem como das emissões de CO₂.

Relativamente ao futuro verifica-se que a aposta nas renováveis deve continuar porque permite a redução das emissões de poluentes (CO₂, SO₂, etc.).

Em relação à preparação de refeições a medida mais eficaz poderá ser a aposta na diversificação das fontes de energia, como forma de diminuir os picos de procura energética.

A instalação de coletores e a reabilitação térmica de edifícios são medidas que podem efetivamente reduzir o consumo de energia e as emissões, tal como evidenciado.

Após o estudo para o ano de 2010 e depois de cálculos para 2015, através de dados do PNAEE, verificou-se que numa ou outra situação estes dados se afastavam da realidade, pelo que se optou pelo estudo de cenários possíveis.

Mediante esse estudo, para o 1º cenário (que considera todos os primeiros cenários para cada uma das rubricas) existe uma redução de cerca de 35% de consumo de energia e das emissões de CO₂. Para esta situação o investimento será de 403.665.749,26€, em que 57% desse valor é da responsabilidade de AQS e de aquecimento, o que é quase igual à percentagem que AQS e aquecimento têm do consumo de energia primária do Porto. Para o segundo cenário existe uma redução de cerca de 44% de consumo de energia primária e das emissões de CO₂. Para este cenário o custo estimado do investimento é de 496.977.690,29€, em que o AQS e aquecimento sobem a sua cota para 62% deste investimento. Na comparação entre ambos os cenários para os equipamentos quer de frio quer nas máquinas de lavar loiça e máquina de lavar roupa, pode ser preferível optar-se pelo investimento do 1º cenário pois a diferença de consumo e de emissões não é significativa e fica mais barato. Por outro lado a

substituição de equipamentos origina resíduos o que é uma desvantagem a nível ambiental. No AQS, apesar do aumento no investimento ser quase o dobro, o 2º cenário é melhor, visto que as reduções de consumo de energia são de 85% e as emissões CO₂ reduzem para menos 21.861 t relativamente ao primeiro cenário. Comparando um cenário e outro a redução de energia primária implica quase um aumento de 100.000.000,00€ de investimento o que é bastante significativo. A redução das emissões bem como do consumo de energia é possível, no entanto, o investimento necessário é considerável. Perante a situação da economia de Portugal não parece provável que seja feito pois a cidade poderá ter atualmente outras preocupações, embora possam existir soluções para conseguir este investimento. Um investimento deste género traria consigo um aumento de postos de trabalho no setor da construção civil, setor este que está em queda no país e que atravessa uma enorme crise, um aumento de operários para a colocação de coletores solares (AQS) e que colocaria um elevado número de técnicos com formação nesta área a desenvolver as suas capacidades. É necessário encontrar-se soluções e medidas que possibilitem este investimento.

Pode constatar-se que no AQS o potencial ainda está aquém do que a cidade pode ter, visto que ainda existe uma área potencial de mais de 100.000 m² a instalar, e que é mais do que o que existe instalado na cidade. Considerar-se a instalação em todos os alojamentos num futuro próximo pode, todavia ser demasiado, devido a dificuldade (técnicas e outras) que podem surgir e impossibilitar a instalação.

Outro dos pontos decisivos para a redução do consumo de energia tem a ver com o facto da cidade consumir muita energia para aquecimento, atendendo ao clima que tem. Também aqui é possível melhorar promovendo a reabilitação térmica de edifícios, particularmente aqueles que irão ser intervencionados por já estarem a precisar de reparações.

A troca de equipamentos por outros de classes energéticas mais eficientes e a troca de lâmpadas podem também ajudar a melhorar o desempenho energético da cidade.

Instrumentos como a análise de ciclo de vida e a análise do custo do ciclo de vida poderão também ser utilizados para ajudar no processo de decisão das medidas a implementar.

8 Bibliografia

- [1] *A review on buildings energy consumption information*
Luis Pérez-Lombard a, *, José Ortiz b, Christine Pout b
Energy and Buildings
Volume 40, Issue 3, 2008, Pages 394-398
- [2] http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/1866/1/ENER-05_ER.pdf,
acedido em 29/Outubro/2012
- [3] http://europa.eu/legislation_summaries/energy/renewable_energy/index_pt.htm,
acedido em 29/Outubro/2012
- [4] Retrato da Habitação em Portugal: Características e Recomendações, Associação
Lisbonense de Proprietários, 2011
- [5] <http://www.engenhariaconstrucao.com/edificios-do-porto-sao-os-que-tem-maior-eficiencia-energetica-da-europa>,
acedido em 29/Outubro/2012
- [6] http://www.pactodeautarcas.eu/index_pt.html,
acedido em 6/Novembro/2012
- [7] <http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1543>,
acedido em 6/Novembro/2012
- [8] http://ecen.com/eee47/eee47p/precos_petroleo_3choq.htm,
acedido em 6/Novembro/2012
- [9] http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_pt.htm,
acedido em 12/Novembro/2012
- [10] <http://www.eia.gov/consumption/residential/reports/2009/consumption-down>,
acedido em 15/Novembro/2012
- [11] <http://internationalenergyalliance.org/u-s-energy-consumption/>,
acedido em 19/Novembro/2012
- [12] "*Energy and buildings*", An international journal devoted to investigations of
energy use and efficiency in buildings, 2012
- [13] Morrissey J., Horne R. E., Life cycle cost implications of energy efficiency
measures in new residential buildings, 2012
- [14] <http://ec.europa.eu/environment/eussd/>,
acedido em 10/Dezembro/2012
- [15] <http://www.wou.edu/las/physci/GS361/electricity%20generatio>,
acedido em 12/Dezembro/2012
- [16] <http://www.bp.com/extendedsectiongenericarticle>,
14/Dezembro/2012

- [17] Carvalho, Graça, Estratégia Europeia para a Energia e Alterações Climáticas, Março 2007
- [18] <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:pt:PDF>, acessido em 3/Março/2013
- [19] Agência de Energia do Porto: Plano de Ação para a Energia Sustentável da Cidade do Porto, Outubro 2010
- [20] http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies, acessido em 3/Março/2013
- [21] Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios
- [22] Redução da Dependência Energética de Portugal, Um Plano de Ação sustentável 2010-2015, Julho 2009
- [23] Eficiência Energética dos Edifícios, Fevereiro 2002
- [24] Eficiência Energética e Energias Endógenas, Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001 de 27 de Setembro
- [25] Diário da República, Número 190, Quarta-Feira, 29 de Setembro de 2010
- [26] <http://www.dgeg.pt>, acessido em 8/Março/2013
- [27] Agência para a Energia: Guia de Eficiência Energética, 2012
- [28] <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima>, acessido em 8/Março/2013
- [29] RCCTE: Diário da República, Número 67, Terça-Feira, 4 de Abril de 2006
- [30] http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html, acessido em 9/Março/2013
- [31] <http://www.certiene.pt/ficheiros/textos/18062009004241000000.pdf>, acessido em 9/Março/2013
- [32] <https://woc.uc.pt/efs/getFile.do?tipo=2&id=412>, acessido em 12/Março/2013
- [33] <http://www.engenhariacivil.com/termica-fachadas-envidracadas-edificios>, acessido em 13/Março/2013
- [34] <http://paginas.fe.up.pt/~carvalho/laic.htm>, acessido em 14/Março/2013
- [35] Roriz, Luis e Silva, Pedro A., Comparando a eficiência dos sistemas centralizados com a dos sistemas VRV
- [36] Agência para a Energia: Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética: A luz certa em sua casa, Junho 2010

- [37] <http://web.ist.utl.pt/luis.roriz/lampadas/lampadas.htm>, acessido em 19/Março/2013
- [38] Eletrónica de Potência, Professora Beatriz Vieira Borges, IST-DEEC, 2003
- [39] <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/>, acessido em 21/Março/2013
- [40] <http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia/>, acessido em 21/Março/2013
- [41] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Gabinete de Estratégia e Estudo: Energia, Dezembro 2012
- [42] <http://www.portal-energia.com/como-e-composto-um-sistema-de-microgeracao/>, acessido em 22/Março/2013
- [43] A Norma *Passivhaus* em Climas Quentes da Europa: Diretrizes de Projeto para Casas Confortáveis de Baixo Consumo Energético, Julho 2007
- [44] <http://www.lneg.pt/>, acessido em 23/Março/2013
- [45] http://www.velux.com/Sustainable_living/Model_home_2020, acessido em 23/Março/2013
- [46] <http://www.zedfactory.com/zed/>, acessido em 24/Março/2013
- [47] Cardoso, Filipa e Ascenso, Rita, *Passivhaus*, As novas casas passivas, 2008
- [48] http://www.passivhaustagung.de/Kran/First_Passive, acessido em 24/Março/2013
- [49] <http://www.passive-on.org>, acessido em 24/Março/2013
- [50] <http://www.portopatrimoniomundial.com>, acessido em 27/Janeiro/2013
- [51] http://www.portoxxi.com/cultura/ver_folha, acessido em 27/Janeiro/2013
- [52] Cruz, M. A., O Golpe de 31 de Janeiro de 1891: Uma ousadia breve?, Revista da Faculdade de Letras, Porto, 2010
- [53] <http://www.portopatrimoniomundial.com/planta-area-classificada.html>, acessido em 27/Janeiro/2013
- [54] Instituto Nacional de Estatística, Censos 2011, 2012
- [55] <http://www.cm-porto.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=cmp.stories/259>, acessido em 18/Janeiro/2013
- [56] <http://paginas.fe.up.pt/porto-ol/lfp/arrabida1.html>, acessido em 18/Janeiro/2013
- [57] <https://dspace.ist.utl.pt/>, acessido em 19/Janeiro/2013
- [58] Agência de Energia do Porto: Matriz Energética do Porto, Março 2008
- [59] <http://adeporto.com/noticias/detalhes.php?id=33>, acessido em 14/Outubro/2012

- [60] http://www.pactodeautarcas.eu/about/covenant-of-mayors_pt.html, acessido em 16/Outubro/2012
- [61] Universidade Católica Portuguesa: Inquérito aos conhecimentos e hábitos energéticos, 2010
- [62] Instituto Nacional de Estatística: Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico, 2010
- [63] http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_pt.htm, acessido em 25/Outubro/2012
- [64] <http://www.dgeg.pt/aaaDefault.aspx?f=1&back=1&codigono=63636448644>, acessido em 28/Outubro/2012
- [65] Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de Outubro de 2012 relativa à eficiência energética
- [66] http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0029_en.htm, acessido em 30/Outubro/2012
- [67] <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=117&sub3ref=30>, acessido em 30/Março/2012
- [68] www.ren.pt/PT/informacaotecnica/paginas/mapaRNT.aspx, acessido em 23/Março/2013
- [69] SIRAPA: Guia de Utilização, Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente, Maio 2012
- [70] <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=156>, acessido em 2/Abril/2013
- [71] Diário da República, Número 63, Sexta-Feira, 16 de Março de 1990
- [72] <http://expresso.sapo.pt/ondas-de-peniche-ja-produzem-energia-eletrica=f763806>, acessido em 14/Abril/2013
- [73] <http://www.esposendeambiente.pt/portal/Home/esposende-tem-boa-energia/energias-renovaveis/v.-energia-hidrica>, acessido em 15/Abril/2013
- [74] <http://www.tejoenergia.com/index.asp?art=52>, acessido em 16/Maio/2013
- [75] <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/Paginas/CentraISTermoelectricas.aspx>, acessido em 18/Abril/2013
- [76] Centrais Termoelétricas, Planeamento e Produção de Eletricidade, DEEC-FCTUC, 2011

- [77] <http://www.edp.pt/pt/media/noticias/2009/Pages/EDPinauguraCentraldeLares.aspx>, acedido em 4/Maio/2013
- [78] http://www.turbogas.pt/fotos/gca/rc_pt_1304950223834958844dc7f5cf87d5a.pdf, acedido em 4/Maio/2013
- [79] Estanqueiro, A., Energia Eólica Offshore, Levantamento do potencial do país, limitações e soluções tecnológicas, LNEG, Fevereiro 2010
- [80] http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/empreendimento_type.php?e_type=nb, acedido em 7/Maio/2013
- [81] http://ec.europa.eu/energy/observatory/trends_2030/, acedido em 24/Abril/2013
- [82] Câmara Municipal do Porto, Evolução Demográfica do Concelho do Porto, 1991-2005
- [83] http://intranet.ipleiria.pt/servicos/si/Ficheiros/guia_eficiencia_energetica.pdf, acedido 22/Março/2013
- [84] The European Pollutant Release and Transfer Register Document referente aos Poluentes das Centrais Termoelétricas, Maio 2006
- [85] Agência de Energia do Porto: Estratégia para a sustentabilidade da Cidade do Porto, Fevereiro 2009
- [86] <http://www.aguaquentesolar.com/publicacoes/9/domestico.pdf>, acedido em 18/Fevereiro/2013
- [87] RSECE: Diário da República, Número 67, Terça-Feira, 4 de Abril de 2006
- [88] Agência para a Energia: Eficiência energética nos edifícios residenciais, Maio 2008
- [89] <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-%7C%7C-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Caixilharias-de-Qualidade>, acedido em 2/Maio/2013
- [90] <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/simular/comparacao-de-eficiencia-energetica/simulador-comparacao-de-eficiencia-energetica/simular>, acedido em 12/Junho/2013
- [91] <http://www.eco.edp.pt/pt/empresas/apoiar/projectos-eco-empresas/projectos-eco-empresas/lampadas-economizadoras>, acedido em 13/Junho/2013

- [92] <http://visao.sapo.pt/as-vantagens-e-desvantagens-das-lampadas-led=f710735>,
acedido em 12/Junho/2013
- [93] <http://www.radiopopular.pt/>, acedido em 12/Junho/2013
- [94] <http://www.eco.edp.pt/particulares/simular/simulador-standby/simular?sk=abrir>,
acedido em 12/Junho/2013

Anexos

Anexo

Anexo 1 - Orçamentos pedidos

Relação custo eficiência energética		
Tipo de equipamento	Eficiência energética	Preço
Combinado	A++	799.99€
Combinado	A+++	934.99€
Combinado	A+	549.99€
Maquina lavar roupa	A++	499.99€
Maquina lavar roupa	A+++	579.99€
Maquina lavar loiça	A+++	635.99€
Maquina lavar loiça	A+	459.99€
Maquina lavar loiça	A++	579.99€
Arca congeladora	A+++	685.99€
Arca congeladora	A++	599.99€
Frigorifico com congelador	A	369.99€
Frigorifico com congelador	A+++	710.99€
Frigorifico com congelador	A++	598.99€
Frigorifico sem congelador	A+++	341.99€
Frigorifico sem congelador	A++	263.99€
Frigorifico sem congelador	A	183.99€

Tabela 113: Valores dos equipamentos mais eficientes [93]

Frigorífico c/ congelador	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	146	196	276	356	465	505	601
Custo de Energia €/ano	20,34 €	27,30 €	38,45 €	49,59 €	65,89 €	86,09 €	103,36 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		104,40 €	271,65 €	438,75 €	683,25 €	986,25 €	1.245,30 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		277,5	721,5	1165,5	1814,85	2619,6	3307,8
Combinado	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	148,62	200,63	282,37	364,11	483,01	546,67	609,78
Custo de Energia €/ano	20,70 €	27,95 €	38,33 €	50,72 €	67,28 €	88,03 €	105,58 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		108,75 €	279,45 €	450,30 €	698,70 €	1.009,90 €	1.273,20 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		288,66	742,31	1195,97	1855,8	2682,3	3381,7
Arca congeladora	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	119	161	227	292	523	568	609
Custo de Energia €/ano	16,58 €	22,43 €	31,62 €	40,68 €	54,05 €	70,63 €	84,83 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		70,20 €	180,48 €	289,20 €	449,64 €	648,60 €	819,00 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		233,1	599,4	960,15	1492,9	2153,5	2719,5
Frigorífico s/ congelador	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	93,4	125,44	176,64	227,84	302,72	395,52	474,88
Custo de Energia €/ano	13,02 €	17,47 €	24,61 €	31,74 €	42,17 €	55,10 €	66,15 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		66,75 €	173,85 €	280,80 €	437,25 €	631,20 €	796,95 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		177,6	461,76	745,92	1161,5	1676,5	2116,9
Máquina lavar loiça	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	188,76	208,52	232,18	263,64	295,1	334,36	373,62
Custo de Energia €/ano	26,29 €	29,05 €	32,34 €	36,73 €	41,11 €	46,58 €	52,05 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		33,12 €	72,60 €	125,28 €	177,84 €	243,48 €	309,12 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		87,73	192,78	332,47	472,15	646,46	820,78
Máquina lavar roupa	A+++	A++	A+	A	B	C	D e outros
Consumo de energia kWh/ ano	71,67	105,46	118,46	135,72	155,06	176,59	198,12
Custo de Energia €/ano	9,98 €	14,69 €	16,50 €	18,91 €	21,60 €	24,60 €	27,60 €
Tempo de vida útil de 15 anos poupou €		56,52 €	78,24 €	107,16 €	139,44 €	175,44 €	211,44 €
Emissões de CO ₂ (Ton)		150,03	207,75	284,38	370,25	465,84	561,44

Tabela 114: Valor de referência quanto ao que é possível poupar quer em termos monetários quer em termos de emissões [77]

COBERTURA				
Desvão Inclinado	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Isolamento térmico em poliestireno expandidomoldado (EPS) em placas (ROFMATE PT)	5 euros	40 mm	190 m ²	950
Terraço				
Isolamento suporte de impermeabilização em poliestireno expandidomoldado (EPS) em placas (FLOORMATE 200)	5 euros	30 mm	150 m ²	750
ISOLAMENTO DAS PAREDES				
Isolamento das Paredes pelo Exterior	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Paredes simples de tijolo furado com EPS com placas ETICS (WALLMATE IB)	4 euros	30 mm	133 m ²	532
Isolamento pelo Interior				
Paredes simples de tijolo furado com EPS revestido com placas de Gesso Cartonado	10 euros	1,4 cm	280 m ²	2800
Isolamento para Pavimentos				
Isolamento entre Pavimentos (apartamento)	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Isolamento térmico fixado diretamente ao pavimento (FLOORMATE 200)	5 euros	30 mm	180 m ²	900
Janelas e Caixilharias				
Vidros duplos (4/5mm)	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura	Área Isolada	Custo Final (€)
	25 euros	4/5 mm	20 m ²	1125

Tabela 115: Valor para uma moradia T2 com 3 frentes

COBERTURA				
Desvão Inclinado	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Isolamento térmico em poliestireno expandidomoldado (EPS) em placas (ROFMATE PT)	5 euros	40 mm	100 m ²	500
Terraço				
Isolamento suporte de impermeabilização em poliestireno expandidomoldado (EPS) em placas (FLOORMATE 200)	5 euros	30 mm	80 m ²	400
ISOLAMENTO DAS PAREDES				
Isolamento das Paredes pelo Exterior	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Paredes simples de tijolo furado com EPS com placas ETICS (WALLMATE IB)	4 euros	30 mm	50 m ²	200
Isolamento pelo Interior				
Paredes simples de tijolo furado com EPS revestido com placas de Gesso Cartonado	10 euros	1,4 cm	150 m ²	1500
Isolamento para Pavimentos				
Isolamento entre Pavimentos (apartamento)	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura do Isolamento	Área Isolada	Custo Final (€)
Isolamento térmico fixado diretamente ao pavimento (FLOORMATE 200)	5 euros	30 mm	80 m ²	400
Janelas e Caixilharias				
Vidros duplos (4/5mm)	Custo/ m ² (€/m ²)	Espessura	Área Isolada	Custo Final (€)
	25 euros	4/5 mm	20 m ²	500

Tabela 116: Valor para um apartamento T2



3. ORÇAMENTO

Artigo	Designação	Unid.	Quant. Final	Preço unitário	Preço total
1.	Kit Solar Termossifão, constituído por 2 colectores e com termoacumulador de 300 litros	un	1	1.560,00€	1.340,00€
2.	Vaso de expansão de 50 litros e acessórios de ligação	un	1	255,00€	255,00€
3.	Acessórios de ligação (kit ligação solar a caldeira, misturadora termoestática, etc)	Conj	1	510,00€	510,00€
3.	Tubagem e acessórios em cobre isolados térmicamente, para ligação do sistema termossifão à unidade de apoio	Conj.	1	940,00€	940,00€
Total					3.265,00€

Tabela 117: Orçamento para um alojamento para colocação de coletores solares

Custo lâmpadas economizadoras	
Potência da lâmpada (W)	Preço
8	0,99 €
12	0,99 €
15	1,99 €
20	9,99 €

Tabela 118: Valores de custo das lâmpadas economizadoras pelo seu tipo [93]

