

PLANO DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DE OEIRAS

RELATÓRIO SETORIAL: ENERGIA E SEGURANÇA ENERGÉTICA

Autor: Ricardo Encarnação Coelho | CCIAM/Ce3C/FCUL

Índice

1. Contexto.....	3
1.1. Perspetiva e diagnóstico do setor	3
1.1.1. Condições do edificado com relevância para a energia.....	6
1.1.2. Condições socioeconómicas e de conforto térmico	8
1.1.3. Âmbito de análise na Energia.....	10
1.1.4. Âmbito de análise na Segurança Energética	11
2. Desenvolvimento.....	12
2.1. Variáveis e parâmetros climáticos relevantes para o setor	12
2.2. Avaliação das vulnerabilidades e modelação de impactos.....	14
2.2.1. Componentes do indicador de risco de exposição ao clima	15
2.2.2. Cálculo do indicador de risco de exposição ao clima	16
2.2.3. Exposição a eventos climáticos extremos com impacto na segurança energética... ..	18
3. Vulnerabilidades climáticas atuais para Oeiras	20
3.1. Resultados do indicador de risco de exposição ao clima atual.....	22
3.1.1. Indicador de risco de exposição ao clima frio	23
3.1.2. Indicador de risco de exposição ao clima quente	24
3.1.3. Vulnerabilidade climática na segurança energética em Oeiras	25
3.2. Fatores não climáticos.....	25
4. Impactos e vulnerabilidades futuras para Oeiras.....	27
5. Considerações finais	31
6. Bibliografia	33
7. Ficha técnica.....	35

1. CONTEXTO

A ENAAC2020 aborda vários assuntos a ter em conta no contexto do setor Energia e Segurança Energética, sendo exemplo as atividades de produção de eletricidade, o abastecimento de matérias-primas ou a produção e expedição de produtos petrolíferos e gás natural. No entanto, estes temas estão associados a empresas prestadoras de serviços energéticos (*utilities*) e enquadrados em fatores estratégicos nacionais. Neste contexto, apenas as questões relacionadas com a procura de energia abordadas na ENAAC2020, são passíveis de alguma intervenção direta pelo município de Oeiras.

A energia tem uma enorme influência no desenvolvimento económico, saúde e qualidade de vida. Na perspetiva das alterações climáticas e no contexto de Oeiras, o uso mais relevante da energia prende-se com as necessidades de arrefecimento e aquecimento que decorrem da exposição ao clima. Naturalmente, a evolução da relação entre o custo da energia e os rendimentos disponíveis é determinante para garantir o acesso das pessoas e das atividades económicas à energia.

Do ponto de vista da segurança energética, a disrupção dos serviços energéticos pode ter um alcance profundo no município, afetando principalmente o setor terciário, os serviços públicos, as infraestruturas e os munícipes. Serviços como o tratamento de água ou transportes ferroviários podem ficar severamente afetados perante uma disrupção no fornecimento de energia (IPCC 2014). Apesar da responsabilidade na fiabilidade e qualidade do serviço energético não ser do município, é relevante que haja colaboração com as empresas prestadoras de serviços energéticos (*utilities*) e que existam planos de contingência para prolongadas de energia.

Neste contexto, e de forma a estudar os potenciais impactos das alterações climáticas nas necessidades de arrefecimento e aquecimento, foi desenvolvido um indicador de risco de exposição ao clima quente e frio. São ainda realizadas algumas considerações no que respeita à segurança energética do município de Oeiras.

1.1. PERSPETIVA E DIAGNOSTICO DO SETOR

Excetuando-se os transportes (combustíveis rodoviários e pesados) e conforme a Figura 1, o consumo de energia no município de Oeiras em 2015 (DGEG 2015), teve origem sobretudo no sector terciário (o maior sector em termos de consumo) e no sector doméstico, sendo este ultimo o que apresenta o maior número de consumidores.

Distribuição dos consumos de energia (GJ de Butano, propano, eletricidade e gás natural) por setores (sem transportes) no município de Oeiras (DGEG, 2015)

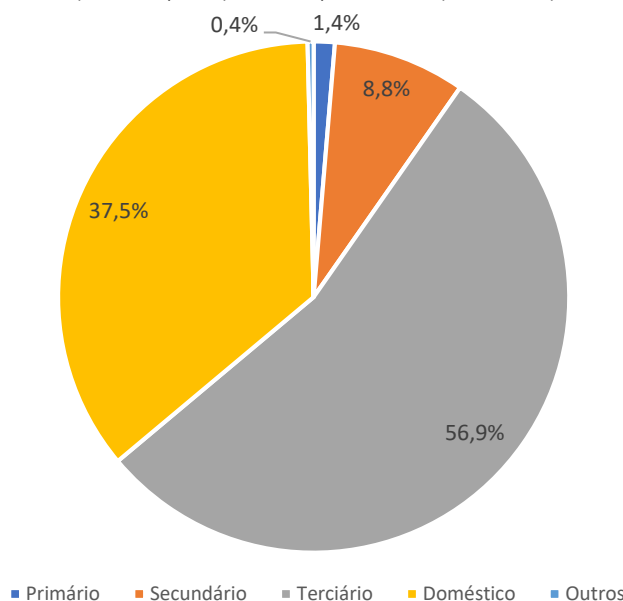


Figura 1 - Distribuição de consumo de energia por sectores em GJ (DGEG 2015), em 2015, nas formas de energia de eletricidade, gás natural, butano e propano (sem o sector dos transportes)

Comparação fontes de energia com e sem transportes, combustíveis rodoviários e combustíveis pesados - GJ - Oeiras 2015 (DGEG)

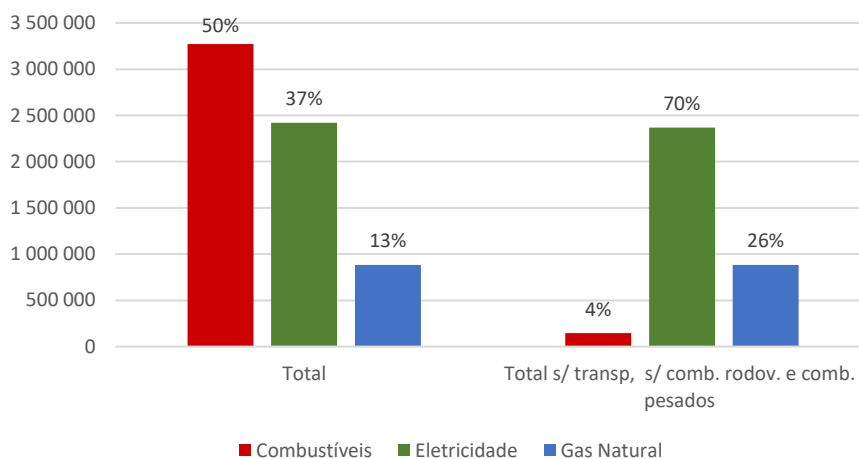


Figura 2 - Comparação de fontes de energia e usos (GJ) 2015 (DGEG 2015)

Na Figura 2 pode-se verificar que metade do consumo total de energia tem origem em combustíveis (3.271.687 GJ). O consumo de energia nos transportes representa uma fatia importante relacionada com este tipo de combustíveis (45,6% do consumo total em 2015, DGEG), sendo a sua utilização muito relevante no contexto da mitigação às alterações climáticas. No entanto, a adaptação às alterações climáticas no setor Energia e Segurança Energética tem um foco diferente, não sendo consideradas, no âmbito desta avaliação, as parcelas correspondentes ao combustível rodoviário (gasolina, gasóleo e gás auto), aos combustíveis

pesados (asfaltos e solventes), e as atividades dos transportes. Assim, os combustíveis considerados nesta análise dizem apenas respeito aos gases butano e propano.

Definido o âmbito de análise, verifica-se que a fonte de energia mais relevante no município é a energia elétrica, com um peso de 70% (Figura 2). Neste mesmo âmbito verifica-se que o gás butano, propano e natural representam 30% de todo o consumo energético. Estes três gases estão ligados a utilizações específicas do sector doméstico e do sector terciário, nomeadamente a preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS), o aquecimento ambiente e a utilização industrial¹. Assumindo a tendência de eletrificação no uso da energia, considera-se ainda que não é relevante a inclusão destas formas de energia para a determinação de riscos de exposição ao clima futuro e, conseqüentemente, ao clima atual.

O consumo de energia elétrica anual, contabilizado em 2015 (DGEG 2015), mostra que o consumo de Alta Tensão (AT) (292 GWh ou 1.052 TJ) é um pouco inferior ao consumo feito em Baixa Tensão (BT) (367 GWh ou 1.323 TJ), mas a proporção de número de consumidores é muito diferente: 266 AT (0,3%) e 99263 BT (99,7%). Isto significa que tipicamente cada consumidor de AT é um grande consumidor, com um valor médio de consumo energético por consumidor de 1.098.712 kWh, enquanto que, cada consumidor de BT apresenta um consumo de 3.691 kWh (em 2015).

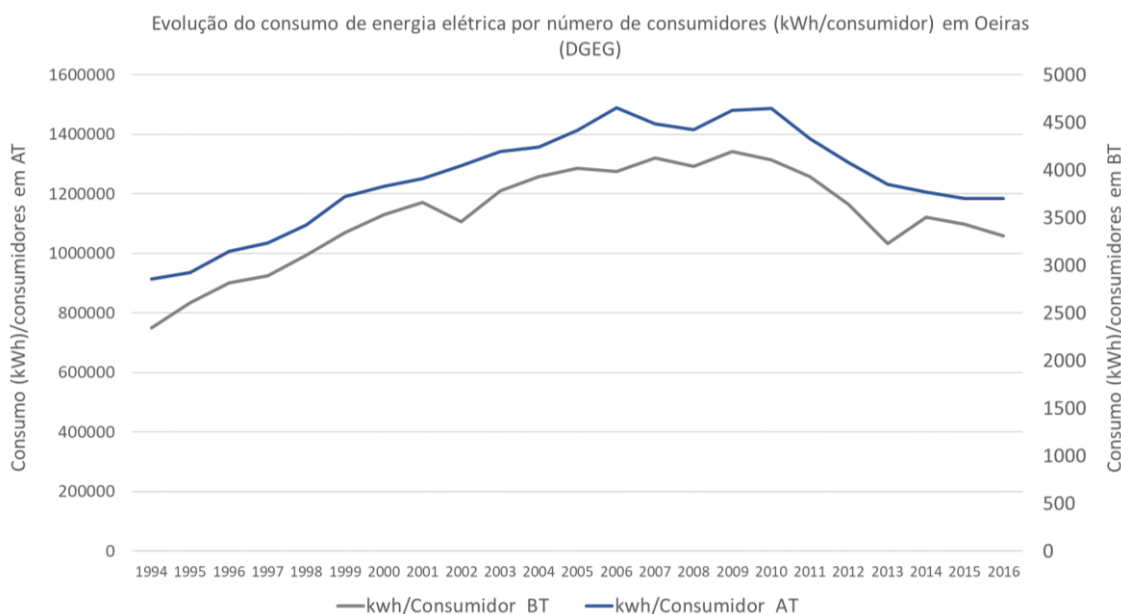


Figura 3 - Evolução anual do consumo de energia elétrica, por tipo de consumidor

O consumo específico de energia elétrica, por consumidor, segue a mesma tendência, tanto em AT como em BT (Figura 3), designadamente aquela que podem ser explicadas por ciclos económicos nacionais (2011: resgate financeiro a Portugal) e internacionais (2008: primeiro ano de crise financeira internacional). Desta análise não se verifica um impacto aparente entre os anos

¹ Sendo exemplo a depuração de gases por incineração

de seca ou de fogos florestais no consumo de energia elétrica (e.g. 2003 e 2005), tendo o consumo subido inclusivamente em 2005.

No contexto atual, os preços ao consumidor final não variam com os custos de produção e/ou disponibilidade de recursos, havendo uma estabilidade de preços ao longo do tempo, pelo que, não se verifica uma correlação entre estes fatores.

Na Figura 4 é possível verificar que a evolução do preço pode explicar, em parte, a evolução do consumo de energia, em especial nos anos de ciclo económico negativo. Ao comparar o gráfico anterior (consumo por consumidor) com o gráfico seguinte (preço da energia no sector doméstico), pode-se constatar que o preço da energia pode ser relevante para a evolução do consumo de energia em Oeiras, mas não é absolutamente determinante.

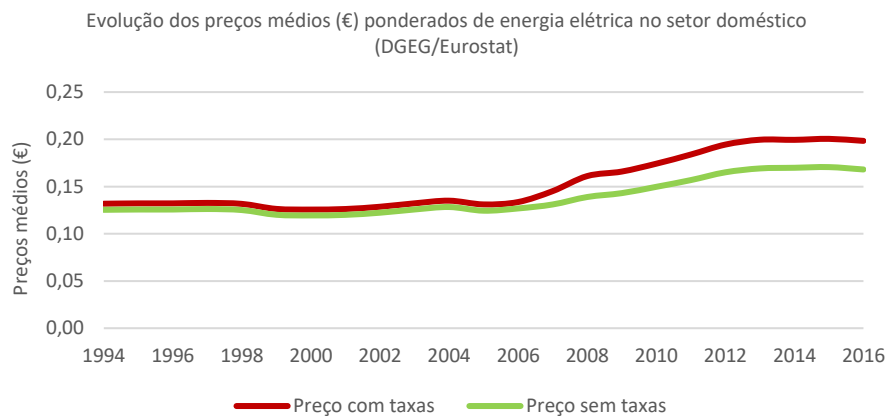


Figura 4 - Evolução do preço da energia elétrica no sector doméstico em Portugal

1.1.1. Condições do edificado com relevância para a energia

A época de construção é uma informação relevante para construir uma estimativa inicial da prestação energética do edificado. Conforme a Figura 5, o parque edificado do município de Oeiras não apresenta um período de construção marcante, verificando-se variações acentuadas entre zonas.

Até ao presente e a nível nacional, o conforto térmico das edificações foi alvo de dois momentos de mudança por meio do sistema legislativo. O primeiro foi em 1990, através da aprovação do Decreto-Lei nº 40/90, de 6 de fevereiro, designado por Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), entrando em vigor em 1991, tendo imposto requisitos ao projeto de novos edifícios e de grandes remodelações. O segundo, foi a revisão do mesmo, atendendo às mudanças de hábitos de consumo energético, à necessidade de transposição da Diretiva Europeia, publicada a 4 de janeiro de 2003, relativa ao desempenho energético dos edifícios - 2002/91/CE, de 16 de dezembro de 2002, e ao aumento do conhecimento nesta área (Camelo et al. 2005). A revisão do RCCTE foi aprovada em 2006 através

do Decreto-Lei nº 80/2006, de 4 de abril, reformulando as exigências de conforto térmico, aumentando a sua abrangência de aplicabilidade, com a premissa do desempenho energético do edificado, estabelecendo limites às necessidades de globais de energia, entre outros. Além destas limitações, este regulamento consagra a obrigatoriedade de certificação energética através do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), Decreto-lei nº 78/2006 de 4 de abril.

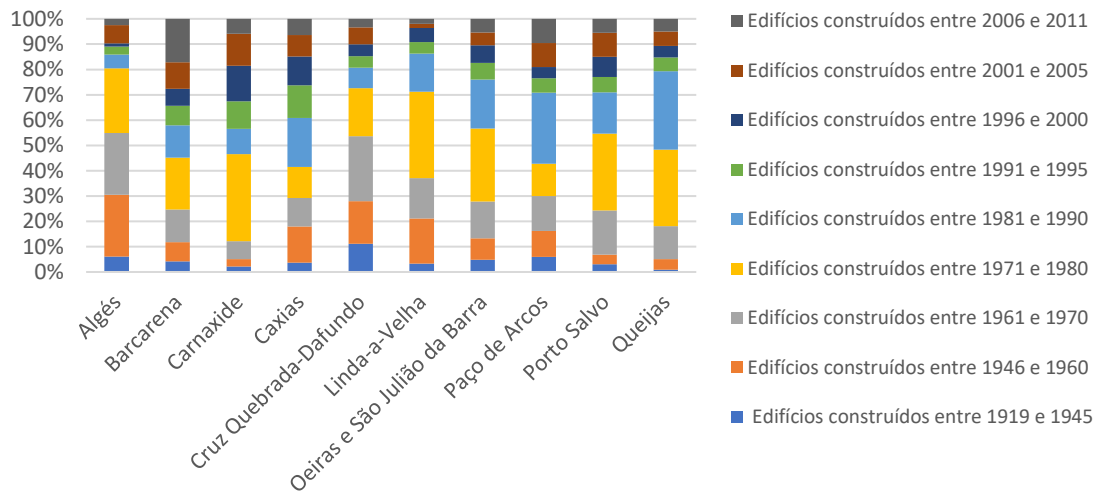


Figura 5 - Distribuição da data de construção do edificado por freguesia (INE 2011a)

No período que antecede o início da vigência do RCCTE, a qualidade do edificado quanto ao conforto térmico é muito variável, dependente de fatores socioeconómicos e de literacia por parte dos responsáveis pelas construções. Outros fatores históricos também se fizeram sentir, tais como, no contexto do município de Oeiras, os anos 70 terem sido caracterizados por um forte crescimento populacional, altura em que a maioria dos edifícios foi construído (25% à data do Censos 2011), marcados pela época do pós 25 de Abril de 1974, sobretudo devido ao retorno dos portugueses das ex-colónias. A conjugação de um contexto normativo mais permissivo com a elevada procura de habitações contribuiu para que o grau de exigência de qualidade de quem procurava casa, fosse menor. Esta realidade histórica aponta para um contexto propenso a haver uma menor performance térmica do edificado nos períodos estatísticos entre 1971 e 1990.

Para o edificado construído entre 1961 a 1970, os dados estatísticos apontam para a hipótese de haver uma qualidade de construção melhor, o que possivelmente se traduzirá numa melhor performance térmica, quando comparada a outros períodos. O material preferencial de construção já era o betão armado (84%, Censos 2011), num contexto histórico onde o crescimento populacional do município era baixo (INE 2011b) e num contexto normativo anterior ao Decreto 73/73. À data do Censos 2011, dos edifícios construídos nesta época, apenas 21% necessitavam de obras, um valor em linha com os dois períodos de construção subsequentes (1971-80 com 21% e 1981-90 com 19%), o que pode indiciar uma melhor qualidade de construção no período 1961-1970.

Para o intervalo de edificação 1946-1960 há um crescimento da construção em betão, sendo este um período de transição de materiais e técnicas construtivas que começou no período anterior (1919-45). O estado de conservação do edificado destas épocas é pior que o período subsequente de 1961-70 (1946-60 com 45% e 1919-45 com 49%), provavelmente por força da idade avançada do edificado. Haverá alguma tendência para a prestação térmica do edificado construído nos períodos 1919-1945 a 1946-1960 ser pior, em especial de inverno, havendo, no entanto, alguma incerteza. Contudo, nestes períodos poderá haver uma arquitetura bioclimática adaptada ao período de verão (mas deficitária para a situação de inverno): pé direito elevado, ausência de isolamento, grande inércia térmica devido a paredes grossas, ganhos solares térmicos reduzidos devido a janelas pequenas e boa ventilação natural (por efeito de chaminé, em especial quando existem claraboias abertas).

Segundo a BGRI (INE 2011a), 93,5% do edificado tem construção anterior a 2006, o que significa que menos de 6,5% do edificado terá sido construído sob vigência do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE, DL 78/2006). Este sistema de certificação foi criado com entrada faseada, em vigor para edifícios novos nos anos de 2007 a 2008, acompanhado do respetivo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, DL 80/2006). O RCCTE de 2006 obriga a requisitos mínimos de qualidade térmica dos edifícios (artigo 9º) e classificação energética mínima de B-, para o licenciamento de edifícios novos (ADENE 2008). Por força deste normativo legal, o edificado construído a partir dessa época tende a ter uma prestação energética e conforto térmico superior ao restante, apesar da vertente de conforto passivo (sem recurso a sistemas de climatização) não ter sido suficientemente valorizada pelo regulamento.

1.1.2. Condições socioeconómicas e de conforto térmico

Segundo indicadores estatísticos, a situação socioeconómica média é das melhores do país, mas existem indicadores específicos e dados estatísticos que mostram que existe uma parte da população que poderá estar a viver em situação de pobreza energética. Uma situação de pobreza energética manifesta-se quando existem necessidades de consumo de energia, como as necessidades de frio e calor que, por motivos económicos, não são satisfeitas. Estas situações serão agravadas quando a condição física das pessoas é menor, como o caso de pessoas idosas, crianças e doentes crónicos.

Um estudo recente concluiu que, em média, na região de Lisboa², a população em situação de pobreza energética³ é de 22% para o aquecimento, e 25% no arrefecimento (Simões et al., 2016a). Isto significa que essa população é mais suscetível à exposição a extremos de calor e de frio.

² Considerando os municípios de Almada, Barreiro, Cascais, Lisboa e Sintra

³ Número potencial de pessoas em pobreza energética, que são consideradas como tendo mais de 65 anos e que vivem numa freguesia com índice de pobreza energética igual ou superior a 10

Segundo o INE em 2015, o município de Oeiras apresenta uma suscetibilidade socioeconómica geral reduzida, ao ter o terceiro maior índice rendimento *per capita* do país (157 %) e o quarto maior em ganho médio mensal do país (1.733 €), destacada da média da Área Metropolitana de Lisboa (1.380 €)⁴.

Mesmo neste cenário favorável existe uma parte da população socioeconomicamente mais desfavorecida, e que será mais suscetível ao frio e ao calor. São disso exemplo a população beneficiária do Rendimento Mínimo Garantido e Rendimento Social de Inserção, da Segurança Social, estando o município em 48º lugar do país no indicador de percentagem de população beneficiária (RSI, 1,4%; INE, 2015)⁵. Segundo o Censos de 2011 (INE), o município apresenta 5% da população à procura de emprego, 20,6% pensionistas e 32,5% sem atividade económica (muitos deles estudantes, 18,2%), restando uma população ativa de 41,9%. Adicionalmente, parte da população, mesmo aquela que tem alguma fonte de rendimento, poderá estar a viver em dificuldade de conforto térmico, já que 12,6% da população residente não dispõe que qualquer tipo de aquecimento na sua habitação permanente⁶ (INE 2011b).

A Figura 6 permite verificar que em todas as freguesias há uma parte da população sem acesso a qualquer tipo de aquecimento (necessidade de calor em tempo frio). Para além da percentagem de pessoas sem aquecimento, pode ainda existir um conjunto de pessoas que, apesar de possuírem aquecimento, possam não o usar por questões económicas.

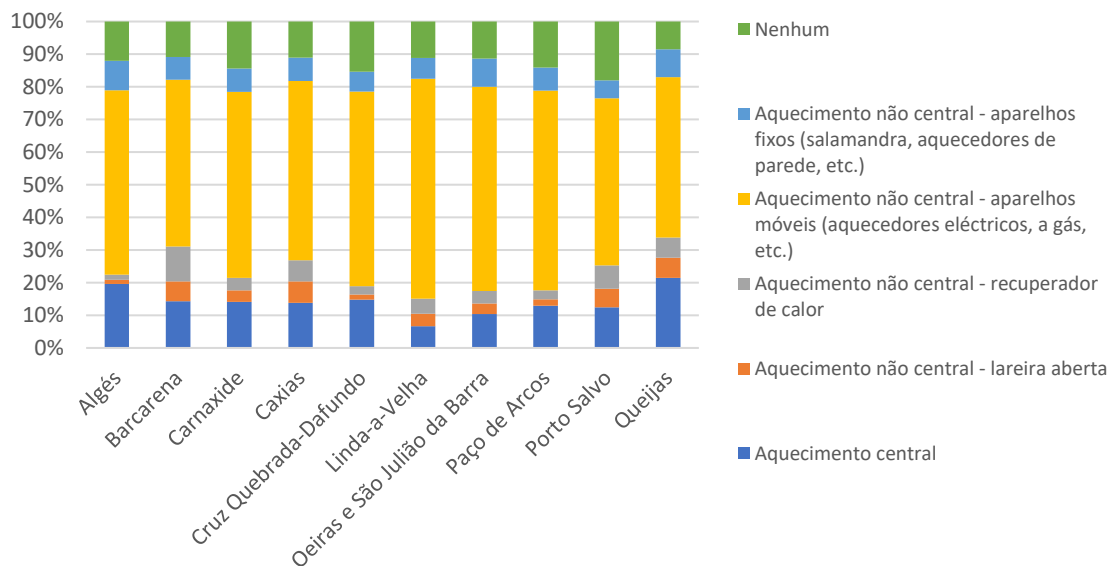


Figura 6 – Percentagem de população residente nos alojamentos familiares de residência habitual por freguesia (à data dos Censos 2011) e tipo de sistema de aquecimento

⁴ Almada - 1.052 €, Barreiro - 1.080 €, Cascais - 1.152 €, Lisboa - 1.549 € e Sintra - 1.161 €

⁵ Almada - lugar 241: 4,0%, Barreiro - lugar 259: 4,7%, Cascais - lugar 116: 2,2%, Lisboa - lugar 261: 4,7% e Sintra - lugar 111: 2,1% (AML: 3,1%)

⁶ Almada - 16,1%, Barreiro - 15,3%, Cascais - 11,1%, Lisboa - 15,6% e Sintra - 13,6% (AML - 14,6%)

Em termos de arrefecimento (necessidades de frio em condições de calor), as limitações económicas têm um peso tendencialmente maior, uma vez que, entre outros fatores, o custo de instalação de ar condicionado é tendencialmente maior que os equipamentos de aquecimento.

Pode-se verificar na Figura 7 que apenas uma pequena parte da população reside numa habitação com ar condicionado. No universo de pessoas sem ar condicionado em casa, pode haver pessoas com capacidade económica para o instalar, mas que decidem não investir em ar condicionado porque:

- O condomínio não permite ou ser contra a instalação de ar condicionado;
- O equipamento de ar condicionado é considerado um luxo;
- O impacto do calor não nas pessoas não ser, até ao momento, considerado grave o suficiente pela população;
- Existir o desconhecimento de que um ar condicionado eficiente com função reversível também pode ser a forma de aquecimento com custos de energia mais baixos a médio-longo prazo.

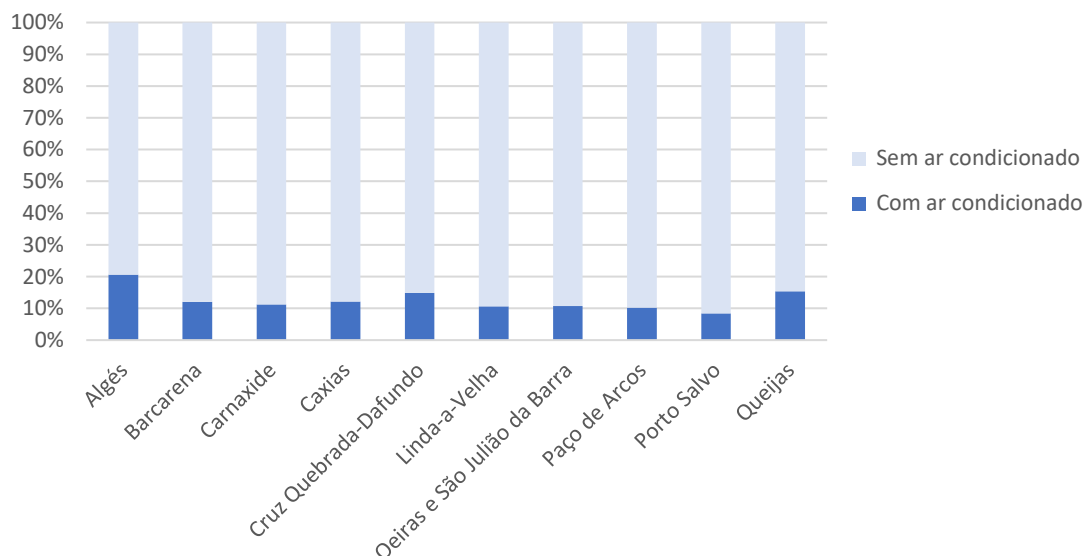


Figura 7 – Percentagem de população residente nos alojamentos familiares de residência habitual com ar condicionado por freguesia (à data dos Censos 2011)

1.1.3. Âmbito de análise na Energia

O âmbito da análise do risco climático atual do sector da energia está delimitado ao contexto que envolve os principais *stakeholders* do município: os serviços municipais, os seus munícipes e as empresas do sector terciário. Os serviços municipais fazem parte deste universo pois são essenciais à qualidade de vida dos munícipes e à atratividade do município a empresas do sector terciário.

Por haver um consumo de energia predominantemente elétrico, em número de consumidores e quantidade de energia, e pela tendência futura para a eletrificação dos consumos⁷, o foco da análise aos riscos da energia está direcionado para essa forma de energia, sem esquecer possíveis interações com outras formas de energia, como a dos combustíveis.

1.1.4. Âmbito de análise na Segurança Energética

Os riscos relacionados com a fiabilidade e qualidade do serviço de energia elétrica encontram-se no âmbito das *utilities*. Por exemplo, a gestão da pressão no sistema termoelétrico devido a eventos de calor e seca, que pode resultar na falta de disponibilidade de produção hidroelétrica⁸, são da responsabilidade das empresas prestadoras de serviços energéticos, pelo que, neste contexto, o município de Oeiras encontra-se limitado na tomada de decisão. No entanto, o município pode definir medidas para eventuais interrupções de energia elétrica com elevado tempo de reposição, através da identificação de serviços afetados e de que forma se podem diminuir os impactos de tais interrupções.

O clima extremo tem o potencial para direta ou indiretamente, induzir perturbações ou interrupções do fornecimento de energia que podem ser prolongadas no tempo. A exposição a fenómenos climáticos extremos, como o vento, cheias e inundações, seca ou galgamento de mar podem provocar derrubes diretos da infraestrutura (IPCC 2013). Quando o período de reposição do serviço de energia elétrica for muito prolongado no tempo, poderá haver um conjunto de impactos imprevisíveis que devem ser antecipados (Chang et al. 2007).

⁷ Como forma de incorporar energias renováveis, por exemplo nos transportes ou nos consumos domésticos

⁸ Esta tipologia de exposição climática está identificada na ENAAC 2020 e tem uma dimensão e visão ao nível do sistema nacional de produção e transporte de energia elétrica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. VARIÁVEIS E PARÂMETROS CLIMÁTICOS RELEVANTES PARA O SETOR

A ligação entre o clima e o consumo de energia é um tema bastante estudado, inclusivamente no contexto das alterações climáticas. Existe uma relação bem estabelecida entre temperatura e consumo de energia, quer nos consumos para aquecimento no inverno, (Sullivan et al., 2015), quer nos consumos para arrefecimento no verão (Miller et al. 2008).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos modelos matemáticos que descrevem a relação entre a temperatura e o consumo de energia (Bessec e Fouquau, 2008), bem como a influência de outros fatores climáticos, como a precipitação, a humidade relativa, a radiação solar e a velocidade média do vento (Hor, Watson, and Majithia 2005).

No contexto das alterações climáticas, são esperados impactos ao nível do consumo, podendo mesmo levar à perturbação no fornecimento de energia elétrica. Estes impactos podem gerar custos de energia, emissões superiores, perda de produtividade (pessoas e serviços), desconforto térmico, aumento da morbilidade e, em casos extremos, levar a uma perturbação significativa nas redes de distribuição de energia, como a que ocorreu em Oeiras a 3 de agosto de 2018⁹.

A informação disponível para analisar a relação entre o clima e o consumo de energia para Oeiras revelou-se, no entanto, insuficiente uma vez que os dados sobre consumos energéticos são escassos e/ou confidenciais.

Devido a estes constrangimentos, optou-se por estudar a influência de um indicador de conforto térmico humano, no consumo de energia, através do cálculo do Universal Thermal Climate Index (UTCI) (McGregor 2012), que integra as variáveis de temperatura, radiação, vento e humidade, por estação do ano. O UTCI pode ser interpretado como uma temperatura equivalente que traduz o conforto térmico¹⁰ em combinações diferentes das suas variáveis climáticas. Neste contexto foram analisados os coeficientes de correlação de Pearson¹¹ (capítulo sobre vulnerabilidades atuais - Tabela 2) e os valores-p¹² (capítulo sobre vulnerabilidades atuais - Tabela 3), entre consumo de energia anual e os UTCI anuais e por estação.

⁹ publico.pt/2018/08/03/sociedade/noticia/restabelecido-fornecimento-de-energia-aos-concelhos-de-cascais-e-oeiras-1840091

¹⁰ Por exemplo, estar à sombra a uma temperatura ambiente de 25°C pode representar 23,5°C de sensação térmica, enquanto, estar debaixo do sol de verão essa sensação é de 39,5°C

¹¹ Mede o grau da correlação (e a direção dessa correlação - se positiva ou negativa) entre duas variáveis, neste caso a energia consumida e o UTCI. Um valor positivo demonstra que mais energia é consumida à medida que o UTCI aumenta, um valor negativo significa o inverso. Por exemplo, se o valor for positivo isso significa que um UTCI maior (mais calor) está correlacionado com um maior o consumo de energia (ou o inverso se o coeficiente for negativo). Haverá uma correlação perfeita para valores iguais a um ou menos um (conforme o caso) e moderada com valores superiores a 0,5 (ou inferiores a -0,5).

¹² Probabilidade de significância da rejeição da hipótese nula (H0), que neste caso seria a ausência de correlação entre dois parâmetros), usando o teste T bilateral. Este teste indica o nível e a certeza sobre os coeficientes de correlação calculados anteriormente

Para facilitar a perceção da forma como o clima pode afetar as pessoas e a economia no contexto da energia, foi criado um modelo de risco conceptual da exposição do setor ao clima.

Os impactos estão relacionados com exposição de pessoas e tecnologia (edifícios e serviços) a clima quente ou frio, em particular quando esse clima é extremo. Em resposta a essa exposição, foram identificados três cenários de vulnerabilidade de pessoas e tecnologia:

- satisfação total das necessidades de arrefecimento ou aquecimento, o que acarreta um impacto nos custos de energia;
- insatisfação das necessidades de arrefecimento ou aquecimento, o que gera um impacto de stress nas pessoas e na economia, devido à falta da prestação de um serviço energético (de arrefecimento ou aquecimento) que é necessário;
- a combinação de ambas.

Conforme se pode verificar na Figura 8, o clima tem um impacto indireto na economia que resulta do grau de satisfação (com o custo correspondente) ou insatisfação (com o *stress* correspondente) das necessidades de arrefecimento e aquecimento.

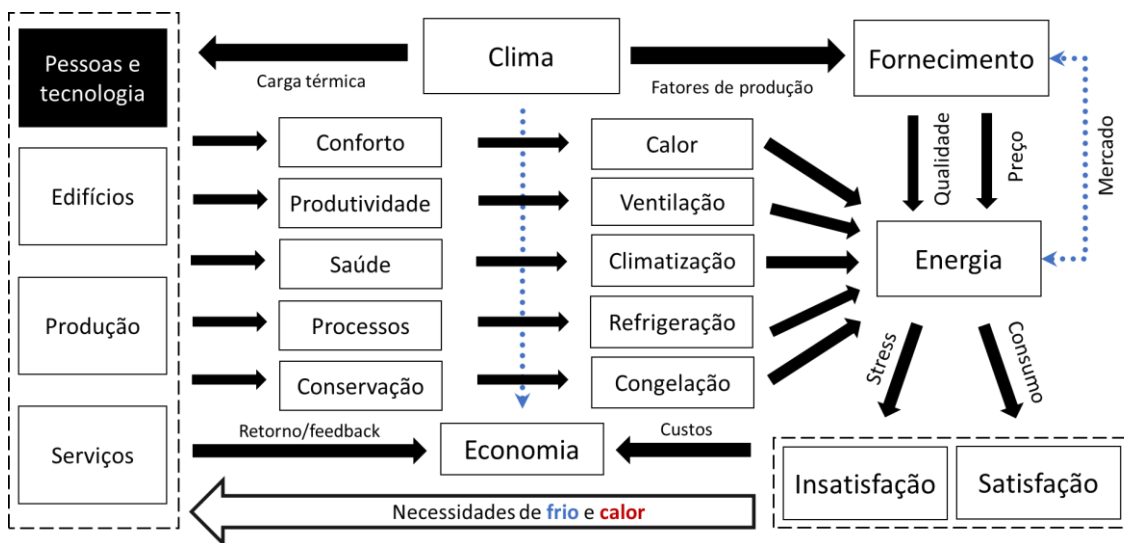


Figura 8 - Modelo de impactos da exposição climática nas necessidades de frio e calor

Pode-se verificar que as variáveis do clima (como a temperatura, o vento, a radiação e a humidade) expõem as pessoas e a tecnologia (edifício, serviços e processos de produção) a uma carga térmica (climática). Cada setor da sociedade terá uma suscetibilidade diferente sob as mesmas condições de exposição ao clima. Por exemplo, edifícios com sombreamento exterior apropriados estarão sujeitos a uma menor carga térmica solar, por isso têm uma menor suscetibilidade em situações de maior calor. Cada setor da sociedade terá os seus requisitos operacionais que precisa de manter¹³, eliminando (para esse efeito) a carga térmica que decorre

¹³ por exemplo, conforto térmico interior a 25°C no verão

da exposição ao clima (neste caso calor do exterior). Para isso é necessário fazer uso de tecnologias, como a ventilação ou a climatização (e.g. ar condicionado), que consomem energia.

A Figura 8 mostra ainda que a qualidade e custo da energia depende, não só de fatores externos de mercado, como também do clima, que tem influência nos fatores de produção (Jornal de 2017) e fornecimento de energia (transporte e distribuição).

A opção de usar, ou não, energia depende essencialmente da capacidade económica do consumidor-pagador. Essa opção irá resultar numa satisfação das necessidades de frio ou calor, insatisfação ou a combinação de ambas. Um exemplo de insatisfação de necessidades de frio ocorre quando o ar condicionado não é utilizado por motivos económicos, mesmo quando é necessário, levando a uma situação de *stress* térmico. A satisfação de necessidades também gera um retorno positivo à economia, uma vez que são criados bens e serviços de valor acrescentado, mas se a concorrência for mais eficiente a satisfazer necessidades de frio e calor, então isso será mais uma vantagem competitiva de custo a ter em conta entre concorrentes de mercado.

Face a este modelo de impactos, pode-se constatar que, pessoas e serviços que evitem melhor ganhos ou perdas (conforme o caso) com o exterior, terão menores necessidades de frio e calor, para o mesmo nível de serviço, produção ou conforto. Por exemplo, equipamentos de frio, como congeladores industriais, que estejam melhor isolados vão consumir menos energia para uma mesma temperatura de congelação. Se essa temperatura de congelação poder ser alterada então também existe potencial de poupança. Da mesma forma, pessoas e serviços que possam regular o ar condicionado para este debitar uma temperatura menos baixa no verão, vão consumir menos energia. Também edifícios que captem melhor o sol no inverno, através do envidraçado e que o rejeitem eficazmente no verão através do sombreamento, irão consumir menos energia para o mesmo nível de conforto.

Atualmente, não existem dados que permitam calcular diretamente este risco, assim será usado um indicador de risco de exposição do setor da energia ao clima frio ou quente, recorrendo-se a dados estatísticos disponíveis.

2.2. AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES E MODELAÇÃO DE IMPACTOS

Uma vez que os dados de energia disponíveis não têm o detalhe suficiente para ser estudada a relação entre o clima e o consumo de energia, foi criado um indicador de risco da exposição do edificado residencial ao perigo do clima, baseado no esquema de trabalho do quinto relatório do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2014) e incorporado em Zebisch et al. (2017), conforme a Figura 9.

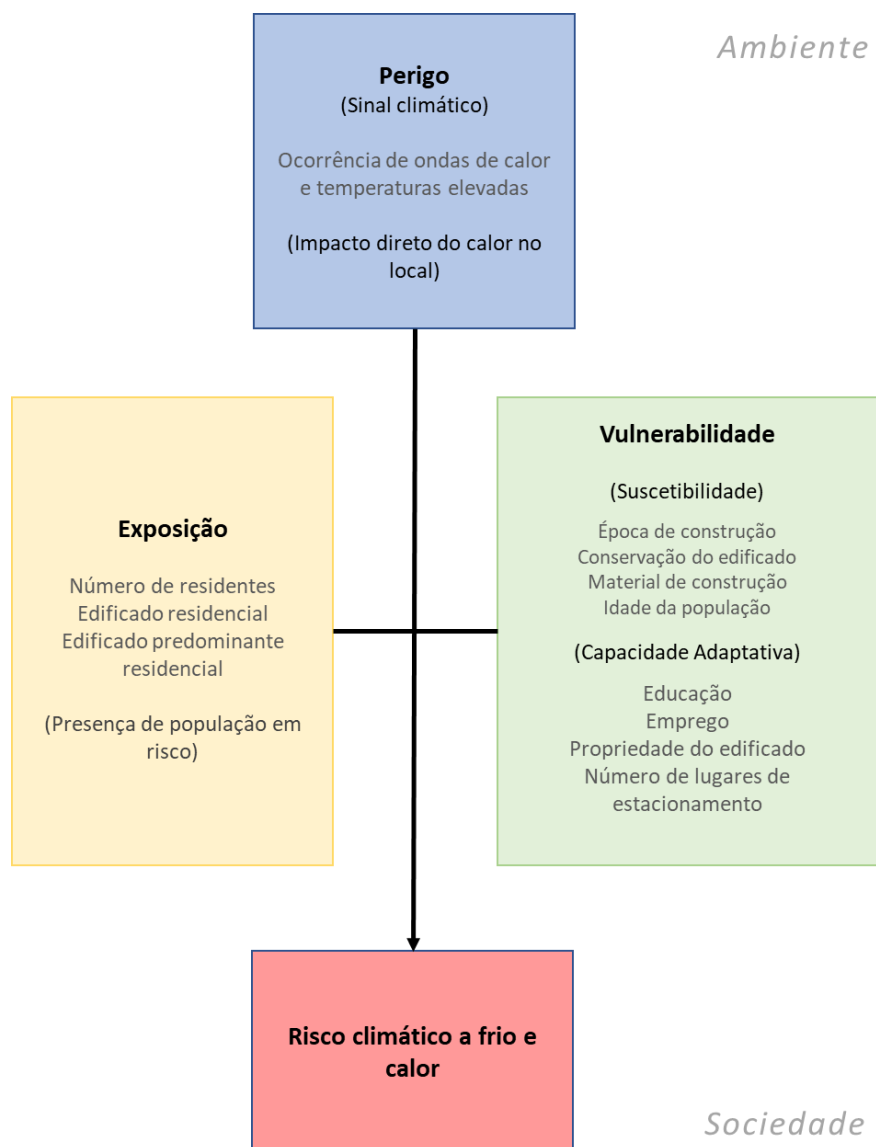


Figura 9 - Esquema de trabalho usada na construção do indicador de risco climático no setor da energia. Adaptado de Zebisch et al., 2017

2.2.1. Componentes do indicador de risco de exposição ao clima

A vulnerabilidade ao clima tem duas vertentes: suscetibilidade e capacidade adaptativa. A suscetibilidade subdivide-se em física (mais ligada à interação com o ambiente) e económica (mais ligada com a interação com a sociedade). A suscetibilidade física está relacionada com o edifício e o planeamento urbano associado (resultantes da arquitetura, construção, orientação do edifício e ordenamento do território), e com a resistência física das pessoas a situações climáticas desfavoráveis à sua saúde. A suscetibilidade física do edifício do município de Oeiras é muito variável e difícil de precisar, porque não se conhece bem a sua qualidade térmica e a eficiência do uso da tecnologia de calor e frio. Aspectos relacionados com a saúde das pessoas serão estudados no setor da Saúde Humana e/ou Segurança de Pessoas e Bens, o que inclui a vulnerabilidade da população ao frio e calor, a informação que esta dispõe e a preparação da

resposta dos serviços públicos a situações de risco. A suscetibilidade económica e a capacidade adaptativa das populações, dão uma indicação da resposta que as populações podem dar ao nível de custos da energia ou na capacidade socioeconómica dos municípios para se adaptarem ao clima.

A capacidade que uma região ou município tem em se adaptar às condições climáticas está fortemente dependente das condições socioeconómicas (Simões, Gregório, and Seixas 2016). No município de Oeiras estas condições são das melhores do país, mas há evidência que existe uma parte de população com menor capacidade. Havendo uma percentagem de 12,5% de pessoas sem aquecimento em casa, pode-se assumir que esta será a percentagem mínima de pessoas sem capacidade de se adaptar, quer a situações de calor, quer a situações de frio.

A adaptação inclui não só o investimento em equipamentos e o consumo de energia como também a melhoria da qualidade do edificado. Está estabelecido que, quanto pior for a condição socioeconómica de uma dada população, pior serão as condições do edificado em que vivem, e com isso maior exposição a humidade, contaminantes químicos, ruído e temperatura (Braubach e Fairburn, 2010). Este é um problema que pode afetar tanto a habitação social como o restante parque habitacional, em particular o mais desfavorecido. O edificado fora do contexto de habitação social com gestão camarária poderá estar mais vulnerável, uma vez que não beneficia de uma entidade gestora com capacidade de investimento e existe pouca pressão política para que as condições de habitabilidade e conforto nesse edificado sejam aceitáveis.

2.2.2. Cálculo do indicador de risco de exposição ao clima

Foram calculados e normalizados índices de 1 a 5, em que o valor um é favorável e cinco mais desfavorável, para a Perigosidade, Exposição e Vulnerabilidade. Para a perigosidade foram obtidos os valores provenientes do mapa de perigosidade a ondas de frio e dias de geadas, bem como do mapa de ondas de calor e temperaturas elevadas, desenvolvidos no âmbito do PMAACO e apresentados no documento principal do Plano. Para a exposição e vulnerabilidade foram usados dados da BGRI 2011 (INE 2011a), ao nível da subsecção estatística e georreferenciados, listados na Tabela 1, complementados pelo quadro 2.05¹⁴ do Censos 2011 (INE 2011b).

Designação curta	Designação
N_EDIFICIOS_EXCLUSIV_RESID	Edifícios exclusivamente residenciais
N_EDIFICIOS_PRINCIPAL_RESID	Edifícios principalmente residenciais
N_EDIFICIOS_PRINCIP_NAO_RESID	Edifícios principalmente não residenciais
N_EDIFICIOS_CONSTR_1919A1945	Edifícios construídos entre 1919 e 1945
N_EDIFICIOS_CONSTR_1946A1960	Edifícios construídos entre 1946 e 1960
N_EDIFICIOS_CONSTR_1961A1970	Edifícios construídos entre 1961 e 1970
N_EDIFICIOS_CONSTR_1971A1980	Edifícios construídos entre 1971 e 1980
N_EDIFICIOS_CONSTR_1981A1990	Edifícios construídos entre 1981 e 1990

¹⁴ Edifícios, segundo a época de construção, por necessidades de reparação

Designação curta	Designação
N_EDIFICIOS_CONSTR_1991A1995	Edifícios construídos entre 1991 e 1995
N_EDIFICIOS_CONSTR_1996A2000	Edifícios construídos entre 1996 e 2000
N_EDIFICIOS_CONSTR_2001A2005	Edifícios construídos entre 2001 e 2005
N_EDIFICIOS_CONSTR_2006A2011	Edifícios construídos entre 2006 e 2011
N_EDIFICIOS_ESTRUT_BETAO	Edifícios com estrutura de betão armado
N_EDIFICIOS_ESTRUT_COM_PLACA	Edifícios com estrutura de paredes de alvenaria com placa
N_EDIFICIOS_ESTRUT_SEM_PLACA	Edifícios com estrutura de paredes de alvenaria sem placa
N_EDIFICIOS_ESTRUT_ADOBE_PEDRA	Edifícios com estrutura de paredes de adobe ou alvenaria de pedra solta
N_EDIFICIOS_ESTRUT_OUTRA	Edifícios com outro tipo de estrutura
N_RES_HABITUAL_ESTAC_1	Alojamentos fam. cláss. de residência hab. com estacionamento p/ 1 veículo
N_RES_HABITUAL_ESTAC_2	Alojamentos fam. cláss. de residência hab. com estacionamento p/ 2 veículos
N_RES_HABITUAL_ESTAC_3	Alojamentos fam. cláss. de residência hab. com estacionamento p/ 3 ou mais veículos
N_RES_HABITUAL_PROP_OCUP	Alojamentos fam. cláss. de residência habitual com proprietário ocupante
N_INDIVDUOS_PRESENT	Total de indivíduos presentes
N_INDIVDUOS_RESIDENT_OA4	Indivíduos residentes com idade entre 0 e 4 anos
N_INDIVDUOS_RESIDENT_20A64	Indivíduos residentes com idade entre 20 e 64 anos
N_INDIVDUOS_RESIDENT_65	Indivíduos residentes com idade superior a 64 anos
N_INDIV_RESIDENT_N_LER_ESCRV	Indivíduos residentes sem saber ler nem escrever
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_1BAS	Indivíduos residentes com o 1º ciclo do ensino básico completo
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_2BAS	Indivíduos residentes com o 2º ciclo do ensino básico completo
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_3BAS	Indivíduos residentes com o 3º ciclo do ensino básico completo
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_SEC	Indivíduos residentes com o ensino secundário completo
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_POSEC	Indivíduos residentes com o ensino pós-secundário
N_IND_RESIDENT_ENSINCOMP_SUP	Indivíduos residentes com um curso superior completo

Tabela 1 - Variáveis usadas no cálculo da exposição e vulnerabilidade ao clima frio e quente em Oeiras

A exposição foi calculada usando a quantidade de residentes multiplicada pela soma entre a percentagem de edifícios residenciais e metade da percentagem de edifícios predominantemente residenciais. Para a vulnerabilidade foram calculados indicadores que representam a sensibilidade física das pessoas, usando um indicador de idade, que pondera a percentagem de pessoas com mais de 65 anos e metade da percentagem de crianças menores de 4 anos. Foram calculados indicadores de vulnerabilidade que estão associados à suscetibilidade económica e à capacidade adaptativa da população residente: percentagem de desempregados, nível de educação, percentagem de proprietários e o número de lugares de estacionamento por cada residente maior de 20 anos. A suscetibilidade física do edificado foi calculada pela combinação da época de construção, estado de conservação e características de construção. Todos estes indicadores foram combinados para calcular o risco da exposição ao perigo climático de frio e de calor.

A mesma abordagem foi adotada aquando do estudo do risco em cenários de alterações climáticas. Neste contexto, projeta-se o aumento das temperaturas no geral (mínimas, máximas e médias), o que irá produzir efeitos negativos no risco de exposição ao calor, diminuindo o risco de exposição ao frio. Assim, foi determinado apenas o indicador de exposição ao calor, dado que

se projeta uma diminuição generalizada do risco a temperaturas baixas. O risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas (risco de calor) foi calculado para três períodos e dois cenários: curto (RCP4.5), médio (RCP8.5) e longo prazo (RCP8.5). Para o efeito utilizou-se um ensemble de nove modelos climáticos (média).

2.2.3. Exposição a eventos climáticos extremos com impacto na segurança energética

Em Portugal continental, não é conhecido um caso histórico em que o clima tenha originado um corte prolongado generalizado ou perturbação continuada no fornecimento de energia. Para se caracterizar eventuais impactos de tais eventos, é necessário recorrer-se a exemplos internacionais como o ocorrido em França em 1999, na sequência dos ciclones Lothar e Martin (Sundell et al. 2006), que afetou 3.4 milhões de consumidores em França, com uma duração de interrupção que variou entre 2 e os 20 dias consecutivos.

O evento recente que melhor se aproxima a uma quebra de energia prolongada em território nacional, devido a um evento extremo com impactos numa grande área, ocorreu em fevereiro de 2018 nos distritos de Bragança, Vila real e Viseu. A EDP Distribuição fez um trabalho de reposição sistematizado dando prioridade “(...) a clientes prioritários e serviços públicos essenciais, como sejam estações elevatórias de água, IPSS e antenas de telecomunicações (...)” (EDP 2018).

No contexto do município de Oeiras, como na generalidade da sociedade moderna urbana, existem impactes potenciais devido à interrupção prolongada de energia. Após uma exposição a eventos com impacto, caso não seja possível haver uma reposição do serviço energético por parte das empresas responsáveis pelo transporte e distribuição (REN e EDP Distribuição), haverá uma falha prolongada do serviço de energia elétrica. Apesar de existirem planos de emergência com responsabilidades e procedimentos definidos, quer no período de emergência, quer no período de reposição, não foi encontrada informação sobre como o município, serviços e municípios devem reagir a uma falha prolongada do fornecimento do serviço energético de eletricidade.

Situações raras deste tipo podem surgir na sequência de impactes dentro ou fora do município. As que ocorrerem fora do município tendem a ter um impacte potencial superior, devido à escala do evento. Exemplo disso será a destruição de linhas de transporte devido a uma tempestade severa ou uma onda de calor tão extrema que impossibilita o serviço nas horas em que este é mais necessário. As falhas de energia que tenham origem devido a impactes no interior do município tendem ser menos graves, uma vez que a falha é mais localizada e de resolução mais simples. Por exemplo, uma linha elétrica de baixa tensão que seja derrubada pelo vento ou pela queda de árvores é mais facilmente repostas porque a dimensão do problema tende a ser menor. Eventos que tenham muitos pontos de impacto têm tendência a serem mais graves, estando eles dentro ou fora do município.

Uma falha prolongada irá afetar serviços municipais como o das águas, esgotos e semáforos de trânsito, o abastecimento de combustíveis a serviços de emergência e à população (uma vez que os postos de abastecimentos de combustíveis dependem da energia elétrica). São conhecidas falhas nos serviços de saúde, quer na sua capacidade de atendimento, quer no acesso a serviços de assistência (Klinger C Murray V. . 2014).

Falhas ainda mais prolongadas no tempo podem também afetar as comunicações, designadamente a comunicação com e entre a população. A perturbação ou a redução das comunicações civis, que apesar de resilientes podem falhar com o tempo, irão reduzir a redundância de meios aos serviços de emergência. A segurança de pessoas e bens pode ser afetada uma vez que um dos principais propósitos da iluminação pública é a da segurança. A distribuição de dinheiro em caixas multibanco e os pagamentos multibanco serão fortemente afetados. A conservação de alimentos será também afetada, levando a prejuízos nos serviços, com a restauração e o comércio, e criando também prejuízos e problemas no abastecimento à população. As necessidades de frio e calor serão fortemente afetadas uma vez que alguns sistemas com uma fonte diferente da eletricidade podem depender da eletricidade, como é o caso de sistemas de aquecimento central. O mesmo raciocínio pode ser feito para a higiene, que poderá ser afetada uma vez que muitos equipamentos de AQS, por exemplo sistema solares térmicos de circulação forçada, caldeiras de condensação, esquentadores de exaustão forçada, dependem da energia elétrica. O próprio sistema de público de abastecimento de água poderá ser afetado. A ventilação forçada de espaços com atmosferas perigosas, como o caso de garagens, será afetada. Edifícios elevados, residenciais e serviços, poderão trazer problemas a muitas pessoas, em especial as que têm mobilidade reduzida, devido à falta de elevadores. *Data centers* que não tenham uma fonte de energia alternativa irão sofrer perturbações e podem mesmo sofrer perdas (Chang et al. 2007).

De acordo com o âmbito de análise estabelecido, cabe à cadeia de valor dos serviços energéticos adaptar a sua infraestrutura, procedimentos de emergência e reabilitação a estes fenómenos extremos. A ENAAC 2020, tipifica os impactos, estabelece diretrizes e atribuí deveres que são concretizadas em planos como o Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Oeiras, que por sua vez distribui responsabilidades e pontos de interação entre as *utilities*, proteção civil e o município.

3. VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS ATUAIS PARA OEIRAS

Conforme foi identificado, o município de Oeiras está exposto à perigosidade de extremos climáticos, que têm diferentes magnitudes e que de acordo com o modelo de risco estipulado anteriormente, vai originar respostas ao conforto térmico que podem gerar um custo ou stress térmico, em contextos que estejam menos adaptados ao clima.

Seguidamente são apresentadas as tabelas dos coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 2) e os valor-p (Tabela 3), entre vários tipos de consumo anual de energia e os indicadores de UTCI. Para a energia são usadas várias categorias de consumo em Alta e Baixa Tensão (AT e BT), autoconsumo e consumo total (somado AT com BT). São usados valores médios anuais do UTCI, bem como de cada estação do ano (verão, outono, inverno e primavera), para perceber se um determinado tipo de consumo tem maior correlação com a média anual do UTCI de uma determinada estação do ano ou com o ano inteiro.

Tipo de Consumo	UTCI Ano	UTCI Verão	UTCI Outono	UTCI Inverno	UTCI Primavera
Agricultura (Normal) AT	0,41	0,43	0,33	0,32	0,03
Doméstico Normais AT	0,59	0,47	0,22	0,33	0,28
Edifícios do Estado AT	-0,49	-0,39	-0,39	-0,54	0,03
Indústria (Normal) AT	-0,38	-0,35	-0,07	-0,38	-0,20
Não Doméstico AT	-0,32	0,00	-0,41	-0,22	0,06
Tracção AT	-0,20	0,05	-0,01	-0,28	-0,41
Alta Tensão (AT) Total	-0,54	-0,18	-0,48	-0,46	-0,04
Indústria (Normal) Auto Consumo	0,17	-0,07	0,24	0,27	0,03
Não Doméstico Auto	-0,22	-0,16	-0,07	-0,07	-0,19
Autoconsumo Total	-0,22	-0,16	-0,07	-0,07	-0,19
Agricultura (Normal) BT	-0,53	-0,20	-0,30	-0,60	-0,24
Agricultura (Sazonal) BT	0,01	-0,49	0,07	0,41	-0,15
Aquecimento c/ Contador Pp BT	-0,30	-0,38	-0,17	0,18	-0,18
Doméstico Normal BT	-0,62	-0,33	-0,50	-0,65	-0,03
Edifícios do Estado BT	-0,61	-0,36	-0,44	-0,52	-0,18
Iluminação Vias Públicas BT	-0,67	-0,12	-0,29	-0,39	-0,53
Indústria (Normal) BT	-0,41	-0,32	-0,19	-0,31	-0,30
Indústria (Sazonal) BT	0,01	-0,49	0,07	0,41	-0,15
Não Doméstico BT	-0,47	-0,20	-0,41	-0,44	-0,06
Baixa Tensão (BT)	-0,63	-0,30	-0,50	-0,61	-0,12
Total de Energia	-0,61	-0,26	-0,50	-0,57	-0,09

Tabela 2 - Coeficientes de Pearson entre o Universal Thermal Climate Index (UTCI) e o consumo de energia elétrica em Oeiras entre 2001 e 2016 (DGEG)

Tipo de Consumo	UTCI Ano	UTCI Verão	UTCI Outono	UTCI Inverno	UTCI Primavera
Agricultura (Normal) AT	0,11	0,10	0,21	0,22	0,91
Doméstico Normais AT	0,02	0,06	0,40	0,22	0,29
Edifícios do Estado AT	0,05	0,14	0,13	0,03	0,91
Indústria (Normal) AT	0,15	0,18	0,81	0,14	0,47
Não Doméstico AT	0,23	1,00	0,11	0,41	0,82
Tracção AT	0,47	0,87	0,96	0,29	0,11
Alta Tensão (AT) Total	0,03	0,50	0,06	0,07	0,89
Indústria (Normal) Auto Consumo	0,52	0,79	0,37	0,31	0,90
Não Doméstico Auto	0,41	0,55	0,80	0,80	0,48
Autoconsumo Total	0,41	0,55	0,80	0,80	0,48
Agricultura (Normal) BT	0,03	0,46	0,26	0,01	0,38
Agricultura (Sazonal) BT	0,96	0,05	0,79	0,11	0,59
Aquecimento c/ Contador Pp BT	0,26	0,15	0,54	0,51	0,50
Doméstico Normal BT	0,01	0,21	0,05	0,01	0,92
Edifícios do Estado BT	0,01	0,17	0,09	0,04	0,51
Iluminação Vias Públicas BT	0,00	0,66	0,27	0,13	0,03
Indústria (Normal) BT	0,11	0,23	0,48	0,24	0,26
Indústria (Sazonal) BT	0,96	0,05	0,79	0,11	0,59
Não Doméstico BT	0,07	0,46	0,11	0,09	0,83
Baixa Tensão (BT)	0,01	0,25	0,05	0,01	0,65
Total de Energia	0,01	0,33	0,05	0,02	0,73

Tabela 3 – Valor-p de rejeição de H_0 do teste T bilateral entre o Universal Thermal Climate Index (UTCI) e o consumo de energia elétrica em Oeiras para $N=16$ (de 2001 a 2016). Barras indicam desde valores superiores a 20% (sem barras), inferiores a 20%, 10%, 5% e 2% (quatro barras).

Os coeficientes de correlação de Pearson calculados, dão a indicação de que os vários setores de consumo do município de Oeiras estão relacionados com o UTCI. O índice UTCI revelou-se aparentemente adequado para explicar algumas respostas de consumo ao clima, em especial nas situações de temperaturas baixas¹⁵. Os valor-p indicam o grau de confiança em cada coeficiente de correlação de Pearson, valorizando mais aqueles que têm valores mais baixos, em detrimento daqueles que têm valores mais altos.

Este resultado é coerente com outros resultados que foram obtidos no contexto nacional que mostram que Portugal Continental é um território mais sensível a situações de temperaturas baixas e que tem um maior consumo de energia elétrica em invernos rigorosos (Simões, Gregório, and Seixas 2016).

Neste contexto, os coeficientes de correlação calculados para o município indicam a possibilidade de haver uma resposta do consumo total de energia ao tempo frio (quando o indicador UTCI baixa). Essas condições exteriores de frio podem ser caracterizadas por uma combinação mais desfavorável de temperatura, vento, humidade e radiação solar (que constituem o indicador UTCI).

¹⁵ Note-se que os dados do consumo de energia de cada setor são sempre anuais e os do UTCI são calculados anualmente e por estação, o que pode criar distorções relevantes nos resultados, uma vez que seria mais apropriado ter dados de energia nestas estações.

Para a situação de verão existe aparentemente pouco impacto no consumo de energia associada a condições exteriores de calor (com exceção dos setores Agrícola Normal AT e Doméstico Normal AT). Uma possível explicação para esta situação poderá residir no facto de haver pouca capacidade instalada de climatização de frio (por exemplo em ar condicionado), havendo por isso pouco impacto deste tipo de consumo de energia elétrica no consumo total anual, mesmo que o verão seja mais quente que o normal.

No entanto, a tabela de valores-p indica-nos que, apesar de terem sido calculados estes coeficientes de correlação, a amostra dos dados da energia tem uma dimensão pequena para o nível de confiança pretendido¹⁶, e continuam a não ser detalhados o suficiente (por exemplo incluindo informação sazonal) para daqui poderem ser extraídas conclusões com significado estatístico. No caso do valor-p da correlação entre energia e o UTCI de verão, nenhum valor-p é inferior a 5%. Para o valor-p da correlação entre energia e o UTCI de primavera, verifica-se a mesma situação, com exceção dos consumos de iluminação pública em BT.

Por haver uma insuficiência no detalhe dos dados de energia¹⁷, não é possível estabelecer uma relação direta entre energia e clima, não sendo por isso possível calcular (diretamente) e mapear o risco do setor da energia decorrente da exposição a ondas de calor e ondas de frio. Assim sendo, em alternativa, e como referido anteriormente, foram estimados indicadores de risco conforme a metodologia descrita.

3.1. RESULTADOS DO INDICADOR DE RISCO DE EXPOSIÇÃO AO CLIMA ATUAL

Para a avaliação das vulnerabilidades climáticas foram criados dois indicadores de risco, um para a exposição de frio (ou perigo de ondas de frio e dias de geada) e outro para a exposição ao calor (ou perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas).

Conforme se pode ver na Tabela 4, ambos os indicadores de risco atual (frio e calor) apresentam semelhanças na distribuição, uma vez que à exceção da perigosidade (climática) e da sensibilidade física associada à idade do edificado e aos materiais de construção, todas as restantes componentes do indicador são comuns. Os indicadores de risco variam entre o valor 1 (risco de exposição ao perigo climático muito baixo) e 5 (risco de exposição ao perigo climático muito elevado).

A aplicação destes indicadores permitiu identificar que, atualmente, a maioria das subsecções¹⁸ apresentam um risco de exposição ao perigo climático baixo e médio (valor 2 ou 3, respetivamente), não se tendo identificado nenhuma subsecção com um risco muito elevado.

¹⁶ Foi escolhido um nível de confiança de 95%

¹⁷ Idealmente deveria incluir informação por freguesia e por semana

¹⁸ Subsecções estatísticas BGRI 2011 (INE 2011a)

Freguesias	1		2		3		4		5		N.A.	Total
	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor		
Algés			48	41	51	58					21	120
Barcarena			125	90	80	115					36	241
Carnaxide			66	48	98	109		7			59	223
Caxias			93	72	30	51					17	140
Cruz Quebrada-Dafundo			25	23	21	23					5	51
Linda-a-Velha			50	40	93	103					20	163
Oeiras e São Julião da Barra	16	1	242	209	65	113					55	378
Paço de Arcos			121	90	52	82		1			29	202
Porto Salvo			141	86	69	122		2			44	254
Queijas			78	62	54	70					12	144
Total	16	1	989	761	613	846	0	10	0	0	298	1916

Tabela 4 – Distribuição do número de subsecções por freguesia (CAOP 2011) por classificação do risco de exposição ao perigo climático atual (de Muito Baixo - 1 a Muito Elevado - 5)

3.1.1. Indicador de risco de exposição ao clima frio

O cálculo do risco de exposição ao perigo de ondas de frio e dias de geada (risco de frio) foi espacializado usando a BGRI (Figura 10).

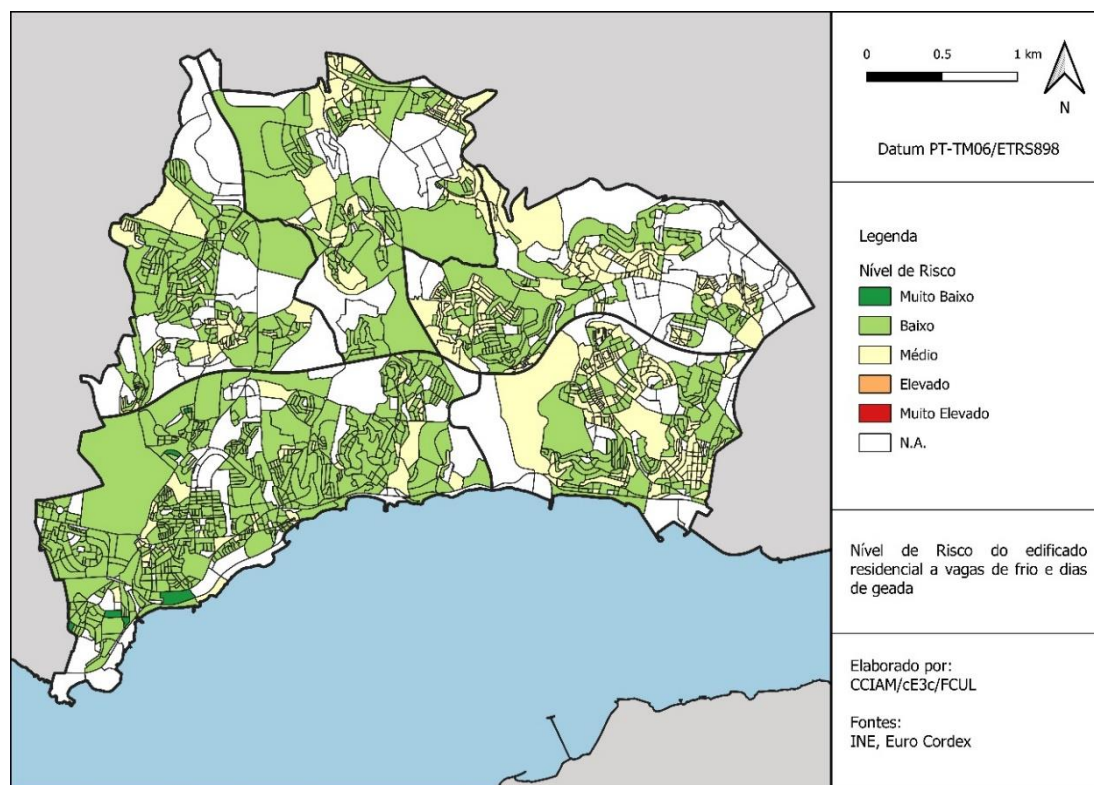


Figura 10 - Mapa de risco de exposição ao perigo de ondas de frio e dias de geada

Segundo a metodologia aplicada, o risco associado ao frio no Município de Oeiras é baixo/médio, com maior tendência para baixo e com poucos casos muito baixos.

Na análise aos locais de maior risco verificou-se que a aplicação do indicador produz resultados genericamente coerentes. Note-se que, apesar do resultado do risco de frio seguir a tendência dada pelo mapa de perigo de ondas de frio e dias de geada¹⁹, as componentes de exposição e da vulnerabilidade para este indicador mostram ser eficazes a incorporar informação do edificado e dos seus residentes.

3.1.2. Indicador de risco de exposição ao clima quente

O cálculo do risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas (risco de calor) foi espacializado usando a BGRI e os mesmos métodos aplicados anteriormente (Figura 11).

Segundo a metodologia aplicada, o risco de calor no Município de Oeiras é baixo/médio, com uma pequena tendência para médio, com um caso muito baixo e dez elevados. O município apresenta um risco ligeiramente maior para a situação de calor do que na situação de frio.

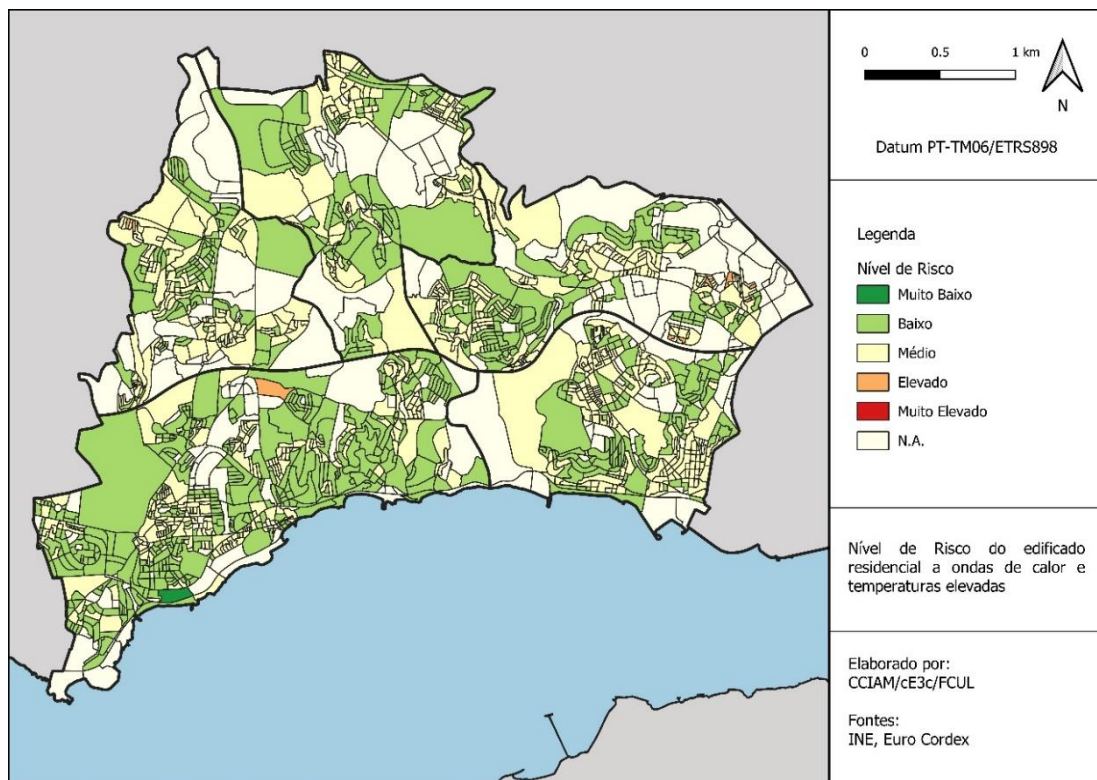


Figura 11 - Mapa de risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas

¹⁹ Que é menos pronunciado nas zonas junto ao estuário do Tejo e a poente, aumentando progressivamente em direção ao interior nascente

Na análise aos locais de maior risco verificou-se que a aplicação do indicador produz resultados mais coerentes que os alcançados com o indicador de frio.

3.1.3. Vulnerabilidade climática na segurança energética em Oeiras

No caso de haver uma falha na reposição do serviço energético, quer na qualidade, quer na continuidade, a capacidade do município, munícipes e empresas de funcionar em modo alternativo ao elétrico é reduzida. Apesar desta realidade muitos munícipes e empresas encontrarão alternativas e alguns inclusivamente já têm preparados modos de funcionamento independentes da rede, mesmo que por um período limitado, como é o caso de instalações que suportam *data centres*.

Adicionalmente, não existe uma estratégia de colaboração entre o município e as *utilities* no sentido de minorar riscos de perturbação do fornecimento da energia elétrica, como as que podem decorrer devido ao consumo excessivo de energia em ondas de calor ou vagas de frio. Neste contexto, não são conhecidos procedimentos de racionamento da energia em situações extremas deste tipo.

A vulnerabilidade a situações de interrupção prolongada dos serviços de energia elétrica é estimada como sendo alta. Esta vulnerabilidade diz respeito à capacidade dos serviços municipais, munícipes e serviços de manterem um funcionamento mínimo indispensável, sem incorrerem em prejuízos, como riscos de saúde ou patrimoniais.

A vulnerabilidade atual a uma falha prolongada de serviços de energia elétrica resulta de uma baixa perceção de risco que leva à impreparação da generalidade dos munícipes. Isto pode ser explicado pelo fato da probabilidade do tipo de falha descrita ser muito baixa, uma vez que o serviço de energia elétrica e a capacidade de reposição têm um bom historial. No entanto, os impactes que foram descritos revelam que, se vier mesmo a acontecer uma falha prolongada no tempo, as consequências serão são extensas e por vezes imprevisíveis. O nível de dependência que a sociedade moderna tem do serviço de energia elétrica é muito elevado, mesmo quando são utilizadas outras fontes de energia alternativa cuja tecnologia depende de uma fonte estável de energia elétrica.

3.2 FATORES NÃO CLIMÁTICOS

Os riscos atuais do município decorrentes à exposição ao perigo climático no setor da energia, são estimados como sendo baixos/médios, com tendência para baixos em situações de temperaturas baixas (frio), e ligeira tendência para valores de risco médio em situações de temperatura alta (calor).

As condições socioeconómicas atuais do município são muito favoráveis, com valores elevados de educação (mais de 51% da população com o ensino secundário, pós-secundário ou superior completo ou a frequentar, BGRI de 2011) e o terceiro maior índice rendimento *per capita* do

país (157%). Contudo existe uma parte reduzida da população mais vulnerável, devido a condições socioeconómicas e de características do edificado desfavoráveis, estando sujeita a um risco potencialmente maior. Neste contexto, poderemos encontrar população que depende do RSI (1,4%, 2015), população à procura de emprego (5%, 2011), em especial em situação de desemprego de longa duração, pensionistas de baixos rendimentos e população sem qualquer tipo de atividade económica (32,5%, 2015). Um bom indicador sobre a percentagem de população em maior risco poderá rondar os 12,6% (2011), que corresponde à população que não tem em casa qualquer tipo de aquecimento. No contexto de empresas de serviços de Oeiras, o impacto no consumo de energia de arrefecimento não pode ser, neste momento, relacionado com o clima, mas a literatura aponta para que exista uma relação causa-efeito que, em última análise, afete a sua competitividade económica.

Atualmente, na generalidade dos contextos, há uma tendência para o risco de exposição ao calor ser um pouco maior que o risco de exposição ao frio. Este resultado é coerente com uma realidade que não pode ser medida, relacionada com as práticas e possibilidades das populações na forma como lidam com o calor e com o frio. Adicionalmente, o potencial do impacto do calor é subvalorizado junto da população, que se protege mais do frio do que do calor, isto verifica-se pela percentagem de população que possui sistemas de aquecimento em relação aos equipamentos de arrefecimento.

A condição económica é determinante para a capacidade de investimento e de consumo de energia, associadas à satisfação de necessidades de conforto térmico, em especial em situações de calor extremo que são mais difíceis de satisfazer. No entanto, a população que tem ar condicionado instalado (12,7%) poderá também estar em risco se o serviço de fornecimento de energia elétrica sofrer perturbações que inviabilizem o seu uso, por exemplo devido ao excesso de carga na rede elétrica durante ondas de calor.

Posto isto, o edificado que estará melhor adaptado ao clima é aquele que tem a capacidade de manter condições de conforto térmico interior de forma passiva ou com um uso reduzido de energia. O correto desenho e planeamento do espaço exterior (e.g. mitigação de fenómenos de ilhas de calor) contribuem para um melhor conforto térmico também no interior dos edifícios.

4. IMPACTOS E VULNERABILIDADES FUTURAS PARA OEIRAS

Os maiores incrementos projetados do nível de exposição ao calor, em relação ao atual, verificam-se na freguesia de Linda-a-Velha, no curto e médio prazo, e na freguesia de Paço de Arcos, no longo prazo (Tabela 5).

Freguesias	Anomalia do Nível de Exposição ao Calor		
	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
Algés	0.72	0.82	1.18
Barcarena	0.61	0.71	1.17
Carnaxide	0.59	0.67	1.18
Caxias	0.64	0.77	1.15
Cruz Quebrada-Dafundo	0.54	0.72	1.09
Linda-a-Velha	0.75	0.87	1.15
Oeiras e São Julião da Barra	0.51	0.66	1.12
Paço de Arcos	0.62	0.75	1.24
Porto Salvo	0.64	0.72	1.22
Queijas	0.53	0.63	1.14

Tabela 5 – Anomalia do nível de exposição ao calor por freguesia, a curto (período de 2011-2040 e cenário RCP4.5), médio (período de 2041-2070 e cenário RCP8.5) e longo prazo (período de 2071-2100 e cenário RCP8.5), em relação ao nível de risco presente

A análise da evolução do risco de exposição ao calor permite observar que as maiores variações ocorrem no curto e longo prazo, com uma variação menos expressiva no médio prazo face ao período anterior (Figura 12).

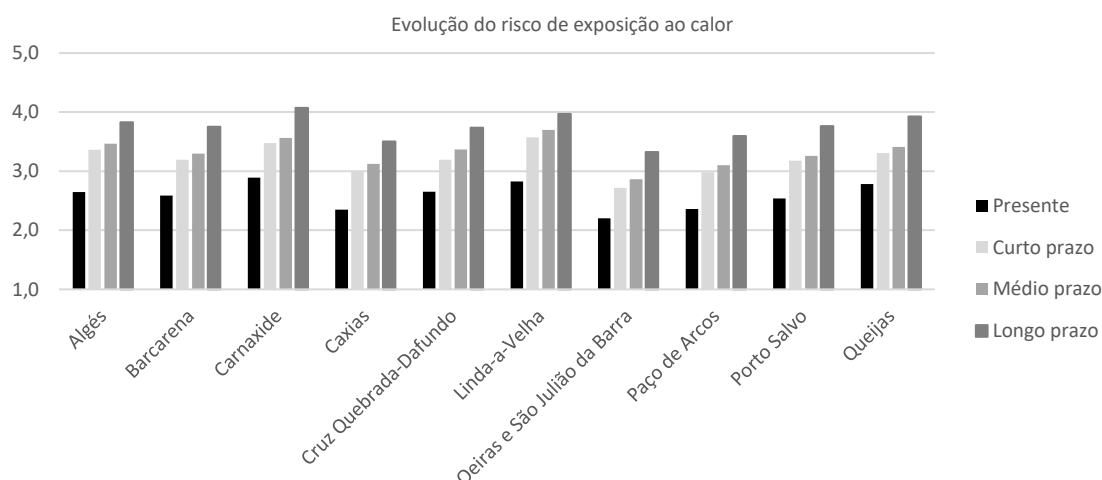


Figura 12 - Evolução do risco de exposição ao calor por freguesia de Oeiras, no presente e a curto (2011-2040 e cenário RCP4.5), médio (2041-2070 e cenário RCP8.5) e longo prazo (2071-2100 e cenário RCP8.5)

O indicador de risco de exposição ao calor passa, em média, de 2,6 para 3,7, ou seja, varia de um nível de exposição Baixo/Médio, para Médio/Elevado.

Estes resultados foram espacializados para cada período e cenário analisado, usando para o efeito a BGRI, conforme se pode verificar nas Figura 13, Figura 14 e Figura 15.

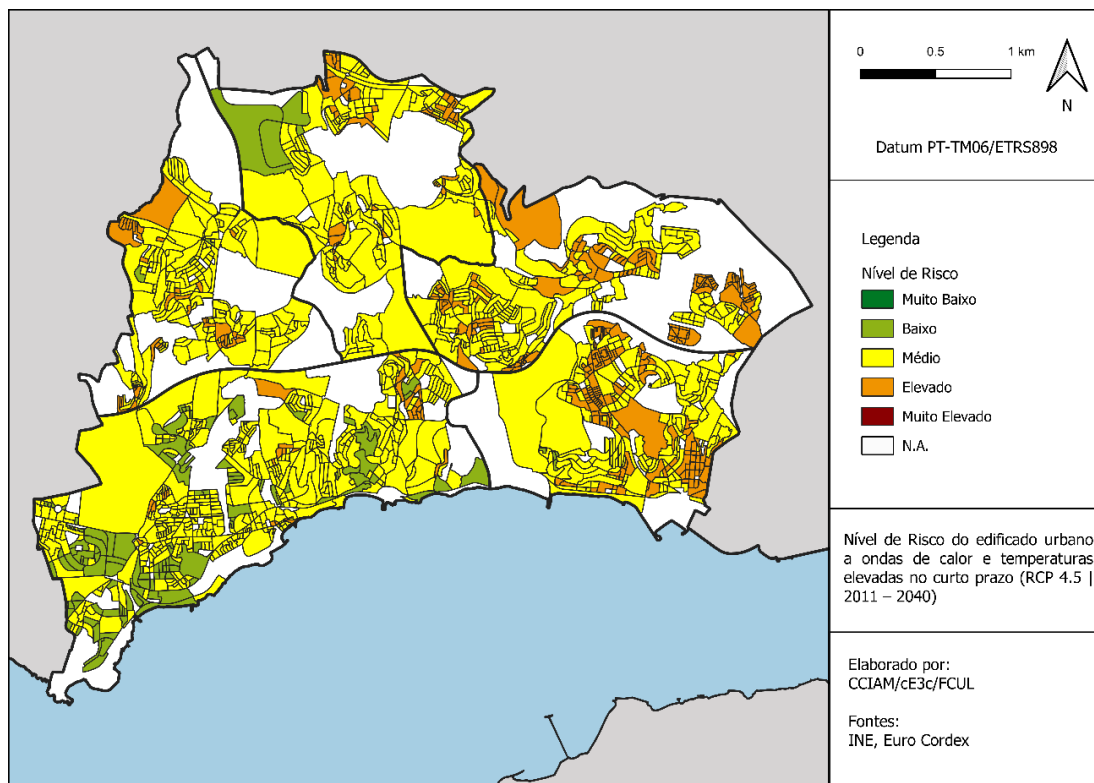


Figura 13 - Mapa de risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas por subsecção estatística no curto prazo (RPC4.5)

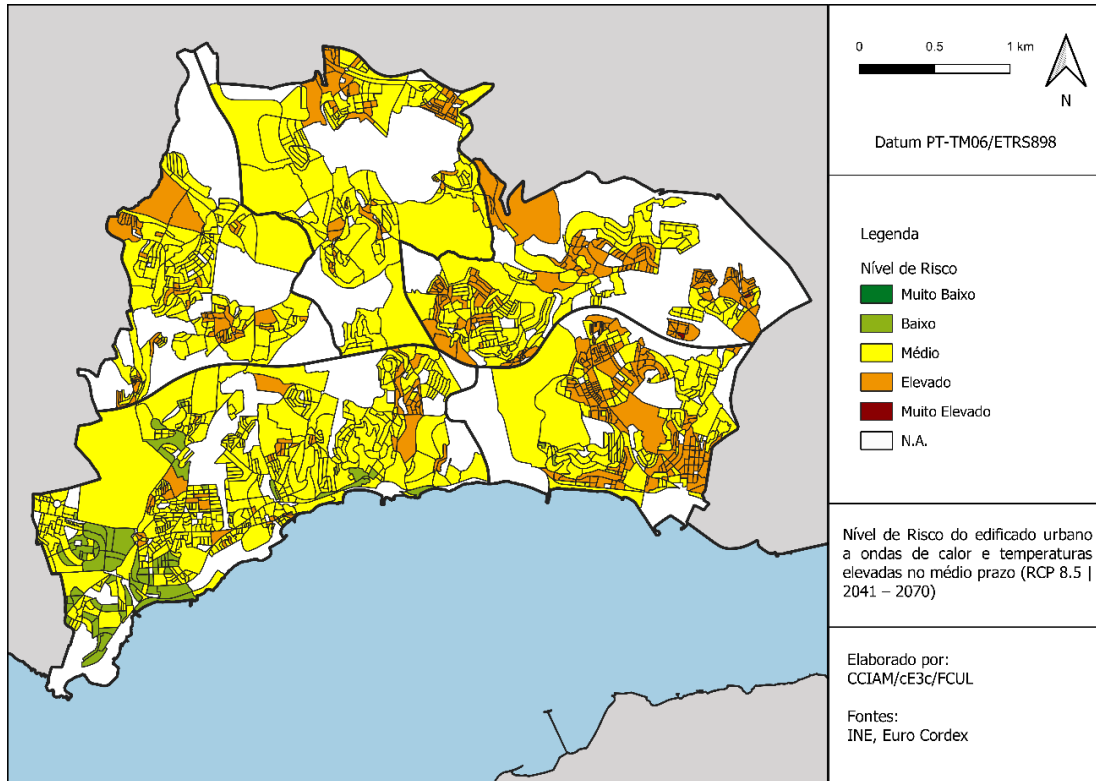


Figura 14 - Mapa de risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas por subsecção estatística no médio prazo (RCP8.5)

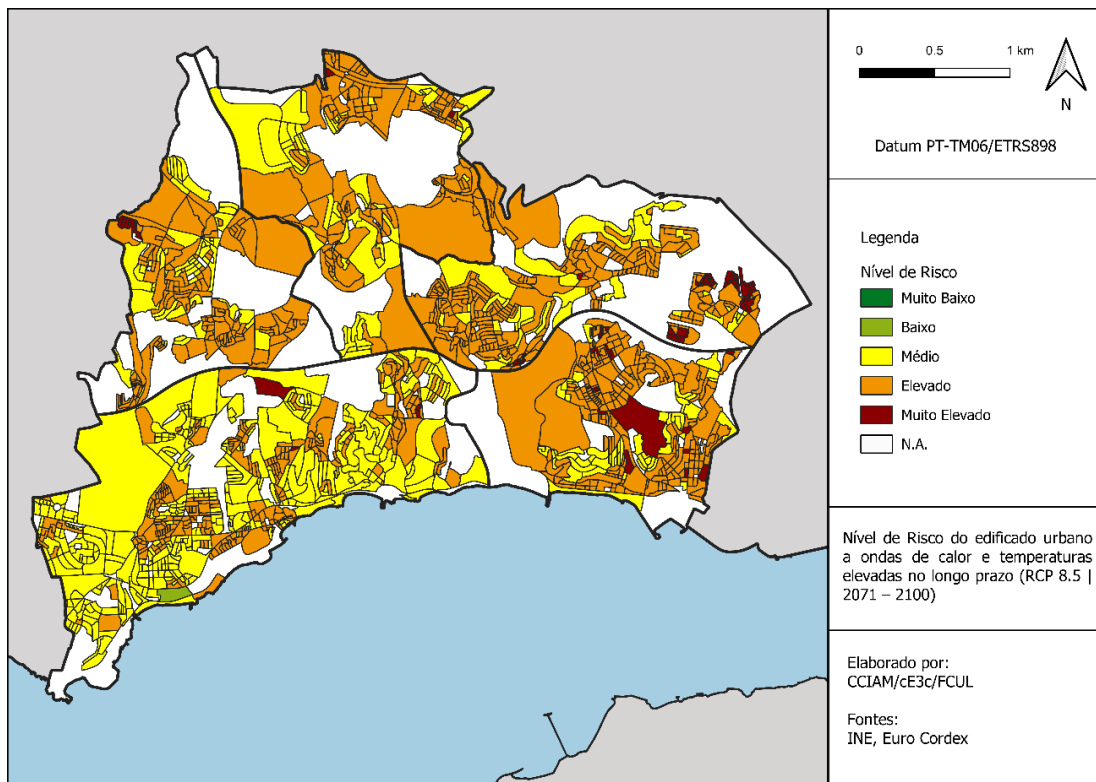


Figura 15 - Mapa de risco de exposição ao perigo de ondas de calor e temperaturas elevadas por subsecção estatística no longo prazo (RCP8.5)

Ao longo do tempo, sob as mesmas condições socioeconómicas, projeta-se um aumento generalizado do nível de risco, com maior incidência no centro urbano de Algés, passando de Médio/Elevado para Elevado/Muito Elevado no final do século.

A distribuição espacial do nível de risco ao calor segue, globalmente, o mesmo padrão ao longo do tempo, com gradiente incremental para leste e para o interior, com os principais nichos de risco localizados nos centros urbanos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste momento, o risco de exposição ao clima atual no setor da energia é estimado como estando entre o baixo e o médio, que resulta da conjugação da capacidade socioeconómica, predominante no município, e das características (variáveis) do edificado. É espetável que devido a um aumento da temperatura, o risco de frio diminua e o risco de calor aumente. Considera-se, no entanto pertinente, um maior aprofundamento do conhecimento da realidade do município de Oeiras, em especial no que toca à situação das populações mais vulneráveis, à obtenção de dados de consumos semanais e a custos de climatização.

Presentemente, a população tem uma baixa perceção do risco associado à exposição aos perigos climáticos extremos (no setor da energia). As populações mais sensibilizadas às alterações climáticas dão importância a questões ligadas à mitigação, onde soluções como a eficiência energética e as energias renováveis ganham preponderância. De facto, esta situação tem razão de ser, uma vez que a ciência e as políticas públicas colocam um enorme foco na mitigação e um foco reduzido na adaptação. No entanto, o risco existe e há um histórico de situações que demonstra o quanto o clima extremo pode perturbar as pessoas, os serviços e a economia e com tendência para aumentar no futuro.

Em 2003 uma onda de calor afetou 12 países europeus, potenciando a morte a cerca de 70.000 pessoas (no conjunto desses 12 países), entre os quais Portugal Continental onde morreram perto de 2.700. Esta é uma questão de saúde pública e de segurança de pessoas e bens, cuja resposta deve passar pela elaboração e execução de planos de prevenção a ondas de calor, no entanto, existem questões do setor da energia que devem ser tidas em conta. O setor da energia deve considerar a capacitação do edificado de forma a garantir o conforto através de meios passivos, a sua interação com o espaço público, os custos de climatização e a capacidade das pessoas em se protegerem.

Para o setor da energia, em situações de calor extremo (e também de frio extremo), existem dois grandes grupos de consumidor: aquele que tem capacidade económica para satisfazer as suas necessidades de climatização, usando por exemplo o ar condicionado ou o aquecimento, e aquele que não tem essa capacidade, sujeitando-se a um *stress* térmico. A exposição a um elevado *stress* térmico aumenta as taxas de mortalidade e morbidade.

Estas situações descrevem a ligação do clima à energia que merece um conjunto de respostas do PMAACO. A solução com maior potencial de redução do risco será a de promover o conforto térmico dos munícipes, em especial daqueles que mais precisarem desse fator protetor, recorrendo a soluções eficientes que reduzam ou mesmo eliminem consumos de energia. Os edifícios mais eficientes são aqueles que com um uso mínimo de energia garantem um maior conforto, promovendo também a mitigação às alterações climáticas, pela redução de emissões de GEE.

A vulnerabilidade da segurança energética é entendida, no contexto municipal, como o conjunto de impactos que decorre durante uma perturbação ou interrupção prolongada de energia elétrica. Esta vulnerabilidade é alta porque a dependência da energia elétrica da sociedade moderna é enorme, como por exemplo: na refrigeração de alimentos, em elevadores, na

distribuição de combustíveis, nos serviços públicos (designadamente saúde), nas comunicações ou (novamente) no conforto térmico. Estes e outros impactos podem levantar sérios riscos à população, mas a perceção pública é que o sistema elétrico é muito robusto e os serviços de emergência têm capacidade de resposta, logo isto não vai acontecer. De facto, é difícil que uma interrupção de energia tempo suficiente para ser um problema, no entanto existe o potencial para que um evento climático extremo, de grandes proporções, dificulte uma rápida reposição da energia. Tempestades violentas podem derrubar a infraestrutura elétrica e fenómenos de calor e seca podem perturbar o sistema elétrico, algo que se prevê que se vá agravar no futuro.

A boa capacidade de resposta do sistema elétrico e dos serviços de emergência à adversidade levou a uma falsa sensação de segurança e conseqüentemente à impreparação das pessoas, serviços e empresas a eventos prolongados deste tipo. Esta vulnerabilidade precisa de uma resposta cujo objetivo é aumentar a preparação a perturbações ou interrupções prolongadas de energia. Desta forma os munícipes ganharão mais segurança e estarão a colaborar com a resposta que as autoridades estiverem a dar no terreno. É relevante lembrar que, para além do clima extremo, terremotos ou grandes incêndios (urbanos e florestais) podem provocar o mesmo tipo de prejuízo (talvez pior) na segurança (do fornecimento) da energia.

6. BIBLIOGRAFIA

- ADENE. 2008. *Perguntas & Respostas Sobre o SCE*. Lisbon.
- Bessec, Marie, and Julien Fouquau. 2008. "The Non-Linear Link between Electricity Consumption and Temperature in Europe: A Threshold Panel Approach." *Energy Economics* 30(5): 2705–21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2008.02.003>.
- Braubach, M, and J Fairburn. 2010. "Social Inequities in Environmental Risks Associated with Housing and Residential Location--a Review of Evidence." *The European Journal of Public Health* 20(1): 36–42. <http://dx.doi.org/10.1093/eurpub/ckp221>.
- Camelo, Susana et al. 2005. *Manual de Apoio à Aplicação Do RCCTE*. eds. Helder Gonçalves and Eduardo Maldonado. INETI.
- Chang, Stephanie E., Timothy L. McDaniels, Joey Mikawoz, and Krista Peterson. 2007. "Infrastructure Failure Interdependencies in Extreme Events: Power Outage Consequences in the 1998 Ice Storm." *Natural Hazards*.
- DGEG. 2015. "Dados Estatísticos de Consumo de Gás Natural, Produtos Petrolíferos e Eletricidade."
- EDP. 2018. "EDP Distribuição Recupera Rede Elétrica Afetada Por Condições Climáticas Adversas." <https://www.edpdistribuicao.pt/pt-pt/noticias/2018/02/28/edp-distribuicao-recupera-rede-eletrica-afetada-por-condicoes-climatericas>.
- Hor, C L, S J Watson, and S Majithia. 2005. "Analyzing the Impact of Weather Variables on Monthly Electricity Demand." *IEEE Transactions on Power Systems* 20(4): 2078–85. <http://dx.doi.org/10.1109/tpwrs.2005.857397>.
- INE. 2011a. "Base Geográfica de Referência Da Informação (BGRI) 2011." *Instituto Nacional de Estatística, IP – Portugal*.
- IPCC. 2011b. *Censos 2011. XV Recenseamento Geral Da População*.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC. 2014. "Summary for Policymakers" ed. V R Barros C.B. D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: 1–32*.
- Jornal de, Negócios. 2017. "EDP: Seca Faz Disparar Custos de Electricidade Vendida Em Mais de 50%." *Jornal de negócios*, 22 Nov. <http://www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/edp-seca-faz-disparar-custos-de-electricidade-vendida-em-mais-de-50>.
- Klinger C Murray V. , Landeg O. 2014. "Power Outages, Extreme Events and Health: A Systematic Review of the Literature from 2011-2012." *PLoS*

Currents. ;6:ecurrents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673.
doi:10.1371/currents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673.

McGregor, Glenn R. 2012. "Special Issue: Universal Thermal Comfort Index (UTCI)." *International Journal of Biometeorology* 56(3): 419. <http://dx.doi.org/10.1007/s00484-012-0546-6>.

Miller, Norman L. et al. 2008. "Climate, Extreme Heat, and Electricity Demand in California." *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 47(6): 1834–44.

Simões, Sofia, Vera Gregório, and Júlia Seixas. 2016. "Mapping Fuel Poverty in Portugal." *Energy Procedia* 106: 155–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.112>.

Sullivan Golden, CO (United States)], Patrick [National Renewable Energy Laboratory (NREL), Jesse [National Renewable Energy Laboratory (NREL) Colman Golden, CO (United States)], and Eric [National Renewable Energy Laboratory (NREL) Kalendra Golden, CO (United States)]. 2015. *Predicting the Response of Electricity Load to Climate Change*. United States.

Sundell, J et al. 2006. "Impacts of Severe Storms on Electric Grids." *Union of the Electricity Industry—EURELECTRIC—AISBL, Brussels, Belgium*.

Zebisch, Marc (EURAC) et al. 2017. : : *Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on How to Apply the Vulnerability Sourcebook's Approach with the New IPCC AR5 Concept of Climate Risk*. Bonn.

7. FICHA TÉCNICA

Título

Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Oeiras (PMAACO) – Relatório Energia e Segurança Energética sobre vulnerabilidades climáticas

Coordenação Científico/Executiva

Luís Filipe Dias (CCIAM/cE3c/FCUL)

Coordenação Não Executiva

Filipe Duarte Santos (CCIAM/cE3c/FCUL)

Equipa Técnica

CCIAM/Ce3C/FCUL:

Amandine Pastor (Recursos Hídricos)
Ana Lúcia Fonseca (Caracterização Socioeconómica)
André Oliveira (Saúde Humana, Segurança Pessoas e Bens)
Bruno Aparício (Clima, Economia)
Helena Santos (Agricultura e Segurança Alimentar)
Inês Morais (Recursos Hídricos)
João Pedro Nunes (Recursos Hídricos)
Luís Filipe Dias (Clima, Recursos Hídricos, Ordenamento do Território, Economia)
Ricardo Coelho (Energia e Segurança Energética, Transportes e Vias de Comunicação)
Sidney Batista (Clima)
Tomás Calheiros (Fogos Florestais)

eChanges/Ce3C/FCUL:

Cristina Branquinho (Biodiversidade)
Filipa Grilo (Biodiversidade)
Pedro Pinho (Biodiversidade)
Alexandra Oliveira (Biodiversidade)
Ana Luz (Biodiversidade)

IDL/FCUL:

Rui Taborda (Orla Ribeirinha)
César Andrade (Orla Ribeirinha)
Andreia Marques Ferreira (Orla Ribeirinha)

CEF/ISA/UL:

José Lima-Santos (Agricultura e Segurança Alimentar)

Superlative Numbers:

Frank Braunschweig (Recursos Hídricos)