

RELATÓRIO SECTORIAL

“ENERGIA”

Autor: Ricardo Aguiar, investigador na Direção-Geral de Energia e Geologia / consultor do projeto CLIMA-Madeira

Julho de 2015

Revisão: Carlos Magro, Técnico superior no Laboratório Regional de Engenharia Civil / consultor do projeto CLIMA-Madeira

INDÍCE

| | |
|--|----|
| Sumário | 3 |
| 1. Introdução | 4 |
| 2. Metodologia | 8 |
| 3. Resultados | 11 |
| <i>3.1. Procura de Energia Térmica</i> | 11 |
| 3.1.1. Preparação de águas quentes | 11 |
| 3.1.2. Climatização de edifícios | 12 |
| <i>3.2. Procura de Energia Eléctrica</i> | 15 |
| <i>3.3. Oferta de Energia Térmica</i> | 18 |
| 3.3.1 Segurança do abastecimento de combustíveis | 18 |
| 3.3.2 Energia Solar Térmica | 20 |
| 3.3.3 Biomassa para queima | 20 |
| <i>3.4. Oferta de Energia Eléctrica</i> | 23 |
| 3.4.1 Energia Solar Fotovoltaica | 23 |
| 3.4.2 Energia Eólica | 24 |
| 3.4.3 Energia Hídrica | 24 |
| 3.4.4 Centrais Termoeléctricas | 28 |
| 4. Conclusões | 30 |
| 5. Referências Bibliográficas | 32 |
| 6. Informação Extra | 37 |
| <i>Acrónimos</i> | 37 |
| <i>Cadeias de Impactos</i> | 38 |
| <i>Escala de Vulnerabilidade</i> | 41 |
| <i>Comportamento da procura de energia eléctrica e da temperatura</i> | 41 |

Sumário

Os impactos das alterações climáticas foram examinados para a procura e a oferta de energia, térmica e eléctrica, com recurso a documentos técnicos, estudos académicos anteriores, alguns estudos complementares, e opiniões de peritos e profissionais da área energética da RAM. Os impactos existem mas são de forma geral moderados, com a excepção – única mas importante – da redução de produção de electricidade pela via hídrica, devido à diminuição da precipitação das zonas elevadas.

Consideradas as medidas de adaptação planeada que se poderiam tomar, constata-se que são quase todas medidas no sentido de diminuir a vulnerabilidade da RAM à dependência no abastecimento energia a partir do continente. Naturalmente, essa mesma necessidade tem sido deste há muito sentida na RAM pelo interesse de aumentar a segurança de abastecimento e diminuir a elevada factura energética. Assim, numerosas medidas já têm vindo de forma geral a ser previstas e implementadas em Planos aos diversos níveis de governança. Mais recentemente destacam-se, a nível nacional o PNAER e PNAEE, a nível regional os PAESI Madeira e Porto Santo elaborados ao abrigo do Pacto das Ilhas, e a nível Municipal os PAES elaborados ao abrigo do Pacto dos Autarcas. Isto para além de outros Planos ambientais e de variados Projectos e Acções da AREAM e da EEM. A maior ambição e aperfeiçoamento destes Planos, em todas as vertentes de promoção da eficiência energética nos edifícios e transportes, mais produção de electricidade a partir de fontes de energias renováveis, é uma recomendação geral que fica ainda mais sublinhada pelas pressões de Adaptação. Deste ponto de vista destaca-se no entanto como prioritária a aposta num aumento da capacidade de armazenamento sazonal e interanual de energia, não apenas como suporte a um maior aproveitamento das energias renováveis, mas também como única forma actualmente eficaz de mitigar o forte impacto no sistema hidroeléctrico, em particular na produção das chamadas centrais de Inverno, associado à redução de precipitação que é esperada.

Algumas medidas específicas da Adaptação foram também identificadas, *adicionais* às medidas previstas nos vários Planos energéticos. Destacam-se a adaptação dos terminais de descarga de combustível à subida do nível do mar e o reforço da protecção da Central da Vitória e da zona anexa de armazenamento de combustíveis contra cheias/aluviões, deslizamentos e inundações. A premência deste tipo de medidas não é no entanto clara devido à actual grande rapidez de alteração do sistema energético em contraste com a progressão relativamente lenta das mudanças climáticas.

1. Introdução

Este relatório analisa as vulnerabilidades actuais do sistema energético da RAM face ao clima, e depois as modificações dessa vulnerabilidade por efeito das alterações climáticas, isto já incorporando a adaptação espontânea. Para os itens que mostram alteração da vulnerabilidade, examinam-se opções de adaptação planeada, e propõem-se as medidas de adaptação consideradas mais exequíveis e mais eficazes, estudando em mais detalhe aquelas que ainda não constam dos grandes Planos energéticos nacionais e da RAM. Assim, aceitando desde logo as políticas energéticas em curso na RAM, pretende-se essencialmente verificar a compatibilidade dos planos e medidas actuais com as mudanças climáticas, e encontrar as prioridades e as medidas adicionais do ponto de vista da Adaptação.

O estudo do Banco Mundial *Climate Impacts on Energy Systems - Key Issues for Energy Sector Adaptation* (Ebinger e Vergara, 2011) fornece uma excelente reflexão sobre as questões de adaptação no sector Energia a nível mundial; aqui faremos uma introdução e enquadramento mais simplificados, mas também mais específicos e pertinentes para a RAM.

Os assuntos do sector energético são geralmente tratados dos pontos de vista complementares da oferta e da procura de energia.

A oferta de energia inclui a produção de energia (térmica ou eléctrica) através de equipamentos que usam recursos energéticos fósseis – carvão, gás natural, petróleo e derivados – ou renováveis – hídrica, solar, eólica, geotermia, e vários modos de aproveitamento de biomassa, da queima directa ao biogás e outros biocombustíveis. No caso da RAM, entendemos excluir a energia das marés e geotermia profunda por falta de locais e recurso favoráveis; das ondas e das correntes marítimas por imaturidade manifesta da tecnologia; e a energia nuclear, cuja viabilidade com a tecnologia actual, requer um universo de consumidores maior que o que existe na RAM. No conceito de oferta de energia também se inclui a transmissão até ao consumo através de vectores energéticos, com realce para a electricidade e para os próprios combustíveis.

Na RAM a situação da oferta de energia é dominada pelo facto de se tratar de ilhas, dependentes em 95% de combustíveis fósseis importados, vd. Balanço Energético da RAM (DREM, 2012). Uma vulnerabilidade fundamental está portanto logo ao nível da segurança do abastecimento a partir do continente, e depois no armazenamento e na distribuição dos combustíveis dentro da própria ilha. Esta vulnerabilidade tem também um lado económico, nomeadamente a pesada factura energética na aquisição destes combustíveis, e com sensibilidade directa às variações dos seus preços no mercado. Assim em princípio – embora felizmente até agora não na prática – a variabilidade climática pode condicionar a oferta de energia e a preço razoável de energia na RAM, designadamente através de eventos extremos: tempestades no oceano que impeçam ou demorem o reabastecimento energético de origem fóssil e cheias, aluviões, inundações, ou fogos que atinjam locais de armazenamento de combustíveis e/ou perturbem o seu transporte dentro das ilhas.

Um caso especial na oferta de energia é a electricidade, dada a sua importância nas actividades económicas e no dia-a-dia das pessoas. Cerca de 80% da produção de electricidade tem origem em

combustíveis fósseis, daí portanto repetirem-se as preocupações antes apontadas sobre o abastecimento às ilhas, armazenamento e transporte internos de combustíveis fósseis.

Porém no caso do sistema eléctrico a insularidade acrescenta problemas extra. As centrais termoeléctricas (duas na Madeira e uma no Porto Santo) não são apenas a origem maioritária da energia eléctrica, são essenciais ao funcionamento da rede eléctrica isolada em cada Ilha, mantendo a qualidade da onda de tensão (estabilidade da frequência) na rede, e compensando a disponibilidade variável das centrais a fontes de energia renovável (FER). No caso da ilha de Porto Santo, a indisponibilidade da Central acarreta a indisponibilidade total de energia na rede. No caso da ilha da Madeira, o impacto não seria tão grave, sendo em princípio abastecer as zonas qualidade de serviço I e II mesmo em situação de paragem da maior Central, a da Vitória.

As centrais FER são muito sensíveis ao clima, também a eventos extremos, mas principalmente devido à variabilidade dos recursos renováveis em todas as escalas de tempo, em particular aos níveis interanual, sazonal e diário. As turbinas eólicas e as instalações fotovoltaicas são um exemplo, mas no caso da Madeira o caso da energia hídrica é o mais importante: as flutuações anuais, mensais e nas sequências de dias sem precipitação têm reflexo directo, embora eventualmente diferido, nos caudais disponíveis para turbinagem, uma vez que não existe significativa capacidade de armazenagem de água nestas escalas de tempo.

Por outro lado põe-se a questão da própria procura de electricidade ser sensível ao clima, o que é evidente por exemplo no caso da elevação da temperatura ambiente que leva a um aumento das necessidades de arrefecimento em edifícios, a ser satisfeitas via ar condicionado (eléctrico). No entanto fica a nota que é menos evidente o impacto do clima noutros tipos de necessidades de energia eléctrica, e também térmica, directa ou indirectamente.

Seja como for as flutuações de disponibilidade das energias renováveis e da procura de electricidade, são então compensadas pelas centrais térmicas, o que torna ainda mais críticas quaisquer vulnerabilidades destas centrais: não apenas as relativas ao abastecimento de combustível já mencionadas, mas também quaisquer ameaças físicas às instalações; e designadamente quanto ao clima, a eventos extremos que possam resultar em aluviões, deslizamentos, inundações. A questão da elevação do nível do mar também se põe, dada a localização das centrais junto ao mar.

Por um lado, evidentemente que na RAM existe há muito a percepção destas vulnerabilidades no sistema energético. Sendo que este sector assenta muito em tecnologias, pode e tem sido intensamente planeado e alvo de numerosas políticas e medidas, em particular para o sistema de abastecimento eléctrico, tendentes também a mitigar estas vulnerabilidades. Assim é de esperar que muitas destas políticas e medidas já contenham elementos de adaptação às alterações climáticas, embora tenham sido desenhadas para responder essencialmente a preocupações com segurança de abastecimento e factura energética. Entretanto, como foram desenhados para um enquadramento climático estável, histórico, pode haver questões que são agravadas, ou que só se põem, num contexto de mudança climática.

Por outro lado, é preciso considerar que é um sector onde vem ocorrendo uma evolução tecnológica muito rápida e onde periodicamente as instalações e equipamentos são substituídos ou profundamente renovados: desde o lado da oferta, como nas centrais eléctricas, até ao lado da procura, como nos veículos, nos edifícios e nos equipamentos que lá são usados. Esses momentos de

substituição ou renovação (quase sempre por sistemas mais eficientes) são oportunidades onde é de esperar que ocorra adaptação espontânea às alterações climáticas, mesmo que não haja consciência ou propósito disso.

Finalmente fazemos notar que neste sector há impactos ao nível de equipamentos e instalações (local) que podem ser diferentes dos impactos ao nível do sistema energético (regional). Como se verá há efeitos locais que podem ser significativos mas tomados em conjunto para uma Ilha ou para a RAM podem não se somar no mesmo sentido, ou não ter expressão significativa que requeira adaptação planeada. Ainda a notar que ao nível local ocorre frequentemente adaptação espontânea por iniciativa dos cidadãos e das empresas; mas é essencialmente ao nível regional que se pode fazer adaptação planeada.

Como já se disse atrás, o desenho de medidas de adaptação planeada no sector energético não se faz num vácuo. Muito pelo contrário, existem numerosos Planos relacionados com questões energéticas, e Medidas já em andamento ou já planeadas. Em geral esses Planos e Medidas são desenhados para diminuir a dependência energética da RAM do exterior, mas como isso tem por efeito também reduzir a vulnerabilidade do sistema energético, acabam por ir no mesmo sentido da adaptação às alterações climáticas.

Destacam-se aqui

- o *Plano de Política Energética da RAM (PPERAM, 2000)*, que embora já com 15 anos ainda constitui o enquadramento para os Planos mais recentes;
- os *Planos de Acção para a Energia Sustentável*, respectivamente para a Ilha da Madeira; (PAESI Madeira, 2012) e para a Ilha de Porto Santo (PAESI Porto Santo, 2012) enquadrados no *Pacto das Ilhas (2011)*;
- os *Planos de Acção para a Energia Sustentável (PAES)* elaborados ao abrigo do Pacto dos Autarcas - Energia Sustentável nos Municípios (Pacto dos Autarcas, 2015), que embora sendo em si mesmos encarados como uma medida dos PAESI (Acção 6.2), contêm medidas adicionais, em particular um elenco sob controlo directo dos municípios; destacamos aqui o PAES Funchal (2012), por um lado como exemplo paradigmático dos PAES e por outro dado que é o único presentemente aprovado; embora durante o decurso do presente Projecto tenham sido submetidos para aprovação, em final de 2014, também os PAES para outros municípios da RAM (cf. website Pacto dos Autarcas, 2015);
- e o *Plano de Desenvolvimento do Sistema Eléctrico do SEPM (EEM, 2014a)* da Empresa de Electricidade da Madeira, que embora referente apenas ao período regulatório 2015-2017, revela também muitos aspectos da sua estratégia de médio prazo.

De forma mais secundária, temos a considerar os Planos da EEM de Promoção do Desempenho Ambiental (PPDA, 2014) e de Promoção da Eficiência no Consumo (PPEC, 2014); inclusivé o Plano Regional de Emprego (PRE, 2015) e o Plano Referencial Estratégico Mar Madeira 2030 (PREMAR, 2015) também contêm referências a questões relacionadas com a energia.

Ao examinar estes Planos depara-se-nos um problema metodológico prático. Do ponto de vista da adaptação às alterações climáticas, distingue-se adaptação espontânea de adaptação planeada. As iniciativas de cidadãos e empresas que não derivam de um planeamento directo da parte do Estado, e.g. que não são forçadas por leis e regulamentos específicos, ou encorajadas por sistemas de

incentivos, assim como as que decorrem de políticas gerais já em andamento, a nível europeu, nacional, regional ou municipal, são consideradas parte de uma tendência de base (*baseline*). Tais são por exemplo o caso da substituição de equipamentos por outros mais eficientes e a implantação de produção FER distribuída, em consequência da evolução tecnológica e de redução paulatina de custos. A *baseline* também integra tendências económicas, demográficas, etc., que não podem ser levadas à conta de efeitos de Planos e medidas e portanto é mais do que um cenário de referência do tipo *business as usual*, em que demografia, tecnologia, regulamentos, comportamentos, etc. estão como que congelados no tempo. As acções *autónomas adicionais* a esta *baseline*, de adaptação a um clima diferente, são consideradas então como a adaptação espontânea. As acções *planeadas adicionais* à da *baseline* e à adaptação espontânea, em que a entidade que planeia tem responsabilidade e capacidade (inclusive financeira e legal) para impor o cumprimento do plano, é que são consideradas como medidas de adaptação planeada.

Enquanto os planos da EEM são compatíveis com este ponto de vista, os vários Planos de Acção da RAM não o são. As medidas voluntárias de cidadãos e empresas são consideradas e contabilizadas na esfera dos Planos, e sem uma *baseline* clara. As questões de responsabilidade e capacidade são partilhadas por todos os protagonistas, públicos e privados.

Esta diferença metodológica e de conceitos seria grave se se tratasse aqui de quantificar o impacto de medidas de adaptação no contexto dos Planos, o que não sucede (até dadas as limitações de recursos postos ao dispor do presente Projecto). Assim seguiu-se uma abordagem em que se identificou simplesmente, para cada tema, as medidas que já existem e que contribuem para a adaptação às alterações climáticas, e depois as que são propostas de medidas *adicionais*.

Outras questões que foram consideradas no desenho das medidas são a *compatibilidade* dos planos e medidas com as alterações climáticas em curso, onde se destaca a questão do *horizonte temporal*. É que, sendo estas mudanças climáticas relativamente lentas, em casos como por exemplo a introdução muito rápida de energia FER de características intermitentes, seria contraproducente uma adaptação demasiado súbita a impactos que na verdade só serão significativos daqui a algumas décadas, prejudicando contudo o desempenho e sustentabilidade económica dos actuais sistemas.

As versões 1 a 3 deste documento resultaram essencialmente de estudos; as versões revistas, incluindo a presente versão 5, têm em conta adicionalmente as percepções e opiniões das partes interessadas da RAM, obtidas principalmente através de dois Seminários no Funchal.

2. Metodologia

Conceptualmente, os factores meteorológicos determinam o desempenho dos sistemas energéticos, directamente nalguns casos, noutros através de sucessivas e múltiplas interações com outros sistemas naturais, artificiais e humanos. Esta arquitectura é tão complexa que há que simplificar e identificar os efeitos que são realmente importantes, daqueles que são de importância muito reduzida, seja logo em teoria seja por constatação na prática.

Uma ferramenta para pensar e fazer esta identificação é o desenho de cadeias de impactos, que no caso do sector energético se elaboram convenientemente considerando a procura e a oferta, para a energia térmica e para a energia eléctrica.

Conceptualmente seria de incluir todos os parâmetros meteorológicos que influenciam os sistemas energéticos (*exposição*), mas tratando-se de tantas questões, tão complexas, e de um sector tão transversal, todos os sistemas estão expostos a todos os parâmetros, pelo que isto seria pouco útil sem uma noção, baseada na experiência e no conhecimento do funcionamento dos sistemas, daquelas conexões que realmente são importantes (*sensibilidade*). Um outro aspecto em que as cadeias de impactos têm de ser simplificadas é na interacção com outros sectores, senão o condicionamento mútuo dos vários sectores impediria qualquer conclusão: apenas as ligações mais fortes são incluídas.

Finalmente, é muito importante notar que os cenários disponíveis de alterações climáticas para a RAM, em termos de eventos meteorológicos extremos, apenas apontam maior extensão e intensidade de ondas de calor e a aumento dos efeitos de tempestades na costa devido à subida do nível do mar. Assim que não é de estranhar a ausência nas cadeias de impactos de eventos extremos como precipitação intensa e/ou de grande duração que origine deslizamentos, cheias rápidas, aluviões, etc. Considerá-los é no entanto importante para a vulnerabilidade de sistemas actualmente mal adaptados, e que devem ser adaptados como medida geral de aumento da resiliência face às alterações climáticas, mas não enquanto resposta específica a uma alteração do clima.

Seleccionadas as cadeias de impactos relevantes, o ideal seria, para cada sistema, analisá-lo em detalhe, obter um modelo, calibrá-lo de acordo com dados experimentais e/ou estatísticas e simular numericamente o seu funcionamento. Avaliando o seu desempenho com o clima actual, ficaríamos a conhecer a sua *vulnerabilidade* actual, que em princípio ou será neutra (o sistema lida bem com o clima actual) ou será negativa (mesmo no clima actual o sistema apresenta problemas de desempenho). Voltando a simular com o clima futuro, possivelmente acompanhado de cenários demográficos, económicos, e tecnológicos, permitindo isto levar em linha de conta a adaptação espontânea, conheceríamos vulnerabilidade dos sistemas quanto ao clima futuro – o que poderia agora indicar efeitos positivos, não apenas neutros ou negativos. Na passagem, obteríamos a *capacidade adaptativa* que o sistema tem na actualidade e estimativas de *incerteza* (através do uso de vários cenários); poderíamos desenhar medidas de adaptação para melhorá-lo; e testar o efeito dessas medidas com um modelo correspondentemente modificado do sistema, encontrando as mais eficazes.

Na prática, em muito poucos casos este procedimento ideal é possível. Desde logo o tempo de execução e os recursos que foi possível alocar para o presente estudo não são compatíveis com a modelação detalhada dos numerosos sistemas, sua calibração, e vários ciclos de experimentação com medidas. De qualquer forma, em muitos casos simplesmente não existem as séries de medições e estatísticas que seriam essenciais à montagem de modelos detalhados e à sua calibração.

Nestas condições, para estimar vulnerabilidade e capacidade adaptativa, é preciso recorrer essencialmente, por um lado a estudos académicos e técnicos publicados e por outro, ao conhecimento do terreno de peritos e profissionais nos vários sistemas. Ainda assim é por vezes necessário efectuar alguma análise e modelação simplificada de sistemas, para elucidar interacções e efeitos mais incertos.

No caso presente, como documentos técnicos mais relevantes consultados, temos as estatísticas de energia do INE, DREM e da EEM, as estatísticas climáticas do IPMA, a informação sobre o sistema eléctrico que é providenciada *online* pela EEM e pela AIE, e os estudos sobre o potencial de FER executados por iniciativa da AREAM ou pela própria AREAM, a maior parte ao abrigo do Projecto ERAMAC (eólica - Afonso et al., 2006; Junça et al., 2006; hídrica - AREAM, 2005; biomassa - Melim Mendes et al., 2006; Pereira et al., 2005a, 2005b; Rosa e Vieira, 2006) bem como outros sobre radiação solar da alçada do LREC (Magro, 2007; PAUER, 2007; Vázquez et al., 2008).

Quanto a estudos académicos específicos para os efeitos das alterações climáticas no sector energético da RAM as publicações de referência são as do Projecto CLIMAAT II (2006), incluindo os dados e cenários climáticos SRES A2 e B2, e ao documento elaborado para este mesmo Projecto Clima-Madeira, *Potencial das Energias Renováveis na RAM face às Alterações Climáticas* (Aguar e Magro, 2015). Há alguns artigos científicos que mencionam a RAM mas sem material adicional relevante.

Quanto aos contributos de peritos e profissionais nos vários sistemas, destaca-se o *workshop* que teve lugar no Funchal em 12 de fevereiro de 2015. Este *workshop* foi muito proveitoso no aperfeiçoamento da percepção dos problemas específicos da RAM, na melhoria das cadeias de impactos, e na selecção de medidas a aplicar, de entre um elenco mais vasto de medidas potencialmente aplicáveis nas cinco vertentes Conhecimento, Tecnologia, Governança, Socioeconomia e Natureza.

Finalmente, na apreciação de medidas de adaptação, tiveram-se em conta os diversos Planos já referidos na Secção 1, a que se juntou o mais recente *Plano de Acção para a Investigação, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação* na RAM (PIDT&I, 2012), especialmente as propostas do Grupo de Trabalho em Energia, Mobilidade e Alterações Climáticas (PIDT&I EMAC, 2012). Foi considerado em mais detalhe um conjunto de estudos e Projectos, a maioria deles da iniciativa da AREAM em parceria com entidades de I&D, com destaque para os recentes ENNEREG - Regions paving the way for a Sustainable Energy Europe (ENNEREG, 2013) e TRES -Transição para um Modelo Energético Sustentável (TRES, 2015); estes estudos estão em consonância com os referidos Planos ou até mesmo implementam medidas específicas destes, especialmente dos PAESI e PAES municipais. Refira-se que apenas as medidas do e.g. no PAES Funchal puderam ser cruzadas com as medidas de adaptação dado que os restantes foram submetidos só no final de 2014, já com os estudos do presente Projecto muito adiantados.

Um outro aspecto é que se apreciam apenas as medidas de adaptação directamente dirigidas aos problemas ou oportunidades, não desconhecendo que existem medidas de suporte às primeiras, tais como reforço de fiscalização de regulamentos, apoios financeiros e incentivos, monitorização (cf. eg. Quadro 30 dos PAESI).

3. Resultados

3.1. Procura de Energia Térmica

3.1.1. Preparação de águas quentes

Este item refere-se à diminuição das necessidades de aquecimento de águas. A elevação da temperatura ambiente reflecte-se na temperatura da água de abastecimento. Assim para uma dada temperatura-alvo de utilização, o calor a fornecer é menor do que nas condições actuais.

O efeito foi investigado no Projecto CLIMAAT II, teoricamente pois não há dados estatísticos tão detalhados que permitam uma análise deste efeito. A situação não mudou mas a avaliação CLIMAAT II foi um pouco mais refinada no presente Projecto.

Vulnerabilidade actual: neutra.

Os sistemas de aquecimento de águas estão adaptados à condições climáticas actuais.

Impactos locais: pequenos.

Dependem da temperatura de consumo, podendo estimar-se entre ca. -2% para utilizações domésticas a ca. -4% para utilizações industriais. Isto no longo prazo, no curto-médio prazo o efeito é inferior a -1%.

Impacto regional: muito pequeno.

O efeito agregado na procura de calor na RAM é incerto dada a referida falta de dados estatísticos, mas será certamente muito inferior a -1%.

Capacidade adaptativa: positiva.

O efeito está directamente ligado à temperatura.

Vulnerabilidade futura: neutra a curto prazo, ligeiramente positiva a longo prazo.

A adaptação é totalmente espontânea, e como o impacto é benéfico (redução das necessidades de energia) pode ser positivo, embora pequeno..

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: não.

Confiança: Muito elevada.

Não há incerteza na computação do efeito para um qualquer sistema de aquecimento de águas. A confiança nestes resultados é muito elevada pois decorrem apenas de factores meteorológicos com evolução consistente em todos os cenários.

Lacunas de conhecimento

Seria interessante calcular o efeito a nível sectorial ou regional; para tal seriam necessários dados estatísticos muito mais detalhados do que os que existem, acerca dos volumes e temperaturas de consumo de águas quentes nos sectores de edifícios e industrial.

Medidas de adaptação:

Trata-se de uma oportunidade, que pode ser explorada com a tecnologia existente.

Favorece então as medidas do tipo

- instalação de sistemas solares e equipamentos conexos (Acções dos PAESI 1.1, 1.2, 1.9, 1.10, 2.1, 3.4, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.12; e.g. no PAES Funchal 1.1, 1.3, 1.8, 1.12, 1.16)
- regulamentação que obriga à adopção de tecnologias (PAESI 7.2, 8.16)
- apoios financeiros e incentivos à adopção de tecnologias (PAESI 8.2, 8.3, 8.4, 8.6)
- outras acções de suporte que potenciam a adopção de tecnologias, como aconselhamento (PAESI 8.1), sensibilização (PAESI 8.7, 8.8), formação e educação (PAESI 8.11, 8.12),

Quando se examinam estes Planos só a solução de aquecimento via energia solar é considerada. No entanto as condições climáticas parecem vir a ser ainda mais favoráveis para as soluções tipo “bomba de calor”. Se a percentagem de energias renováveis no *mix* energético da electricidade continuar a subir, esta solução técnica pode até ser mais interessante do ponto de vista energético e de emissões do que a energia solar, tendo em conta que esta não dispensa de apoio a electricidade ou combustíveis fósseis. Recomendam-se estudos para explorar esta questão (medida do tipo *Conhecimento*).

Informação em mapas: zonas edificadas

3.1.2. Climatização de edifícios

Este item refere-se à diminuição das necessidades de aquecimento e ao aumento das necessidades de arrefecimento em edifícios, dada a elevação da temperatura ambiente exterior. O aumento da extensão das ondas de calor, mais até do que as temperaturas máximas atingidas, é especialmente importante, dado que a inércia térmica dos edifícios tem limites na capacidade de mitigar o efeito de aumento da temperatura exterior.

O efeito foi investigado no Projecto CLIMAAT II, através de modelação térmica de uma residência e de um hotel típicos na zona do Funchal. No presente Projecto o assunto foi analisado com a mesma abordagem adicionalmente para um pequeno edifício de serviços, sendo que as conclusões gerais mantiveram-se: as necessidades de arrefecimento aumentam mais do que se reduzem as necessidades aquecimento mas a dimensão deste efeito depende muito do tipo e da utilização do edifício. Nos *workshops* confirmou-se que já se começa a sentir a maior necessidade utilização de ar condicionado em edifícios de serviços, na zona do Funchal. No entanto também foi indicado que o efeito depende muito da altitude, i.e. faz-se sentir na costa mas não nas zonas mais altas, onde as necessidades de arrefecimento continuam quase nulas.

Vulnerabilidade actual: neutra.

Os edifícios actuais estão preparados para lidar com o clima actual, com raras excepções por ocasião de ondas de frio ou de calor.

Impactos locais: muito variáveis.

O efeito das alterações climáticas não deverá ser significativo para residências, mas poderá valer no longo prazo entre ca. +5% a ca. +30% dos consumos de energia de climatização para edifícios de serviços, consoante o seu tipo, uma vez que isso depende da tolerância à variação da temperatura interior que é admitida, e.g. relativamente ampla em escritórios e escolas, muito baixa em hotéis e certas zonas de hospitais. Isto em zonas baixas, enquanto, digamos a partir dos 300 m, o efeito deverá ser nulo, ou mesmo positivo (redução de necessidades) nas cotas mais elevadas, digamos a partir dos 600 m.

Impacto regional: muito pequeno.

Tendo em atenção a diversidade de edifícios, a sua dispersão em altitude, e a circunstância de que poucos tipos edifícios possuem aparelhos de ar condicionado para satisfazer eventuais necessidades de arrefecimento, estima-se um efeito agregado muito pequeno, certamente não significativo no curto-médio prazo.

Capacidade adaptativa: muito baixa a curto prazo, média a longo prazo.

O efeito está directamente ligado à temperatura e em particular a mitigação das necessidades de arrefecimento só pode ser feita com a renovação dos edifícios (mais isolamento, melhores janelas, etc.), o que em geral só acontece no médio-longo prazo, dado o longo tempo de vida útil de cada edifício, e o custo de tais intervenções. Quanto à redução das necessidades de aquecimento, ela pode ser ainda mais potenciada por medidas de eficiência energética, muitas vezes semelhantes às destinadas ao arrefecimento, como mais isolamento, melhores janelas.

Vulnerabilidade futura: negativa a curto prazo, neutra a longo prazo.

É de esperar que transitoriamente não seja possível por uma questão de custos adaptar os edifícios em si, mas apenas reagir via sistemas de climatização (AVAC). No entanto cabe dizer que a nível de cada edifício em concreto a vulnerabilidade pode ser negativa (e.g. hotéis e outros edifícios de serviços em zonas mais baixas) ou positiva (residências em zonas elevadas).

A longo prazo e embora a capacidade adaptativa seja baixa, a adaptação paulatina dos edifícios será feita – seja via regulamentação térmica, seja via sistemas AVAC – e o impacto a nível regional (i.e. considerados todos os tipos de edifícios e níveis de altitude) é estimado como sendo muito pequeno.

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: muito pouca.

Identifica-se apenas o caso do Turismo, uma vez que os hotéis na zona costeira são um tipo de edifício com vulnerabilidade negativa dada a prática (actual, contudo) de bandas de conforto interior muito estreitas.

Confiança: média.

Lacunas de conhecimento

Para reduzir a incerteza das estimativas seria necessário, para cada tipologia de edifícios e por bandas de altitude (i) conduzir inquéritos estatísticos sobre as características construtivas, os equipamentos instalados, e o comportamento dos utilizadores; (ii) fazer cenários da taxa de renovação dos edifícios e da evolução das características construtivas (ii) conduzir simulações de modelos de edifícios representativos, ao nível horário, para vários cenários climáticos.

Medidas de adaptação:

Neste particular já estão em marcha medidas de adaptação planeada via Sistema de Certificação de Edifícios (SCE, 2013a, 2013b). De facto não só os regulamentos em si tendem a tornar os edifícios novos e profundamente renovados, melhores a lidar com o clima, através de exigências regulamentares mais severas sobre as características construtivas e os próprios equipamentos de climatização, como os parâmetros e dados horários oficiais para simulação dos edifícios a nível regulamentar já integram o efeito das alterações do clima (Aguiar, 2013).

Adicionalmente, os PAESI Madeira e Porto Santo (2012) contêm medidas que vão no mesmo sentido de melhorar o comportamento térmico dos edifícios, embora na avaliação da sua eficácia talvez se esteja a demasiado em iniciativas voluntárias de cidadãos e empresas, embora apoiados por acções de sensibilização e informação, e potencial acesso a certos fundos do IDR e IDE-RAM. O problema é que a rotação e renovação do parque de edifícios é neste momento muito baixa, o que em nossa opinião não é apenas conjuntural, mas resultado de macro-tendências que já vêm dos anos 2000 e vão persistir.

Seja como for as medidas pertinentes são a nível de melhoria da envolvente e dos equipamentos de climatização e aparecem já previstas no enquadramento da certificação energética:

- a nível nacional, no SCE,
 - Regulamento de Edifícios de Habitação (REH);
 - Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS);
- a nível municipal, e.g. no PAES Funchal,
 - certificação de edifícios municipais (Acção 1.6);
 - certificação de edifícios não-municipais (1.17 e 1.19), embora aparentemente em redundância com o SCE;
 - regulamentação municipal de eficiência energética adicional à nacional (4.14);
 - e reforço da fiscalização (4.16), embora não seja claro que organismos que irão implementar esta medida;(além da medida 4.15, de obediência a regulamentação, que é redundante com o SCE)

Se a nível regional, nas Acções dos PAESI não aparece este tipo de medidas de melhoria da envolvente de edifícios, ela aparece contudo ao nível municipal nos PAES.

Informação em mapas: zonas edificadas abaixo de ca. 400 m

3.2. Procura de Energia Eléctrica

Cabe dizer como introdução que desde logo a procura de energia eléctrica está ligada à de energia térmica através da climatização de edifícios antes discutida, i.e. pela utilização de equipamentos eléctricos de climatização. No entanto, parece inútil explorar este ponto pela mesma via da simulação de edifícios, já que se iria reproduzir, apenas com menor dimensão, os efeitos encontrados no caso da térmica, e que se iria chegar à mesma conclusão de que não seriam necessárias medidas de adaptação planeada, adicionais às que estão já em curso.

No entanto tomando outro ponto de vista, é conhecido que em muitas regiões – por exemplo no continente, ou até de forma mais pertinente, em ilhas açorianas (Ferreira e Mendes, 2009) – existem correlações entre consumo global de electricidade e temperatura média ambiente, ao nível horário e diário, que podem ser utilizadas em modelos de previsão do consumo. Ora como a elevação da temperatura ambiente pelo efeito das alterações climáticas é certa, pode-se esperar que isso se vá reflectir no consumo de energia eléctrica e até quantificar esse efeito através das ditas correlações¹.

Com respeito à metodologia utilizada pela EEM na previsão de consumos, as informações recebidas² indicam que é parcialmente heurística. São tomados em conta: o diagrama de carga do dia anterior e do mesmo dia, na semana anterior; as variações dos diagramas de cargas entre os mesmos dias e semanas diferentes; o dia da Semana e do mês (dia útil, fim de semana, feriado); a estação do ano; as ocorrências de eventos especiais/fenómenos sociais; os Planos de Intervenções do Transporte e Distribuição; e realmente, o que seria de especial interesse para a situação que pretendemos analisar, a previsão meteorológica da temperatura, humidade e nebulosidade. Contudo, o método não é totalmente algorítmico, contendo uma componente heurística, permitindo ao engenheiro de turno ajustar a previsão com base na sua análise pessoal.

Foram pedidos alguns dados a entidades regionais que permitissem um estudo exploratório. Para o período 2008-2014 foram obtidos, respectivamente do IPAM e da EEM, dados diários de temperatura mínima, máxima e média, e dados horários de potência aparente solicitada na rede eléctrica. Os estudos efectuados não detectaram nenhuma correlação significativa entre temperaturas diárias e potência média ou de pico diárias, mesmo quando removido o marcado perfil semanal de consumo. Isto atribuiu-se ao que parecem ser outras influências dominantes no consumo eléctrico de outros factores, tais como as sazonalidades da temperatura, das necessidades de iluminação, e das actividade económica, neste caso com destaque para a actividade no sector Turismo (cf. Informação Extra).

Em conclusão não se pôde encontrar evidência suficiente de impactos das alterações climáticas na procura de energia eléctrica. Seja como for há medidas a considerar nesta vertente, designadamente medidas de eficiência energética (equipamentos, regulamentos, comportamentos). A razão é que contribuem para baixar a vulnerabilidade dos sistemas energético da RAM, ao reduzir a necessidade

¹ A questão de já existirem correlações similares na RAM não pode ser elucidada em definitivo no tempo disponível para este Projecto, embora haja notícia de propostas similares de estudos para a EEM, integrada numa Plataforma de Modelização para a previsão do consumo eléctrico na RAM.

² Com base na resposta da EEM a perguntas de esclarecimento solicitadas através da DROTA.

de importação de combustíveis fósseis (ver secções 3.3. e 3.4 a seguir) aliás em sinergia com a diversificação do mix de fontes na oferta de energia.

Assim podemos indicar as categorias de medidas

edifícios

- equipamentos mais eficientes (PAESI 1.2, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12, 2.1, 2.2, 3.1, 3.5, 3.6, 3.11; a nível municipal³ ver e.g. no PAES Funchal 1.4, 1.5, 1.7, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14, 1.18)
- melhorias na envolvente dos edifícios (SCE; e.g. no PAES Funchal 1.4, 1.17, 4.15)
- recuperação de calor (PAESI 2.1)
- controlo mais eficiente de iluminação⁴, máquinas e motores (PAESI 1.5, 3.5, 3.11; e.g. no PAES Funchal 1.11, 1.18, 4.2)
- práticas de poupança e uso mais racional de energia (PAESI 1.2, 1.3, 1.5, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10, 2.1, 3.2, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.12; e.g. no PAES Funchal 1.15, 1.20)
- acções de suporte às anteriores, como
 - monitorização de consumos (PAESI 3.2, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.12; e.g. no PAES Funchal 1.5, 6.9)
 - auditorias energéticas (PAESI 3.7, 3.8, 3.9, 3.10)
 - fiscalização da aplicação de regulamentos (PAESI 8.16, embora não seja clara a capacidade legal da AREAM e Municípios face à ADENE para fiscalizar o SCE; e.g. no PAES Funchal 4.16)
 - certificação, e apoio à certificação energética (SCE; e.g. no PAES Funchal 1.6, 1.19)⁵
 - apoios financeiros e incentivos (PAESI 8.2, 8.3, 8.4; e.g. no PAES Funchal 6.3, 6.4)
 - aconselhamento (PAESI 8.1, 8.6; e.g. no PAES Funchal 6.2)
 - formação e educação (PAESI 8.11, 8.13; e.g. no PAES Funchal 6.7, 6.13, 6.14)
 - sensibilização (PAESI 8.7, 8.9; e.g. no PAES Funchal 6.5, 6.6, 6.8, 6.11)⁶

indústria

- recuperação de calor (PAESI 2.1, 6.7; e.g. no PAES Funchal 1.23)

³ N.B.: é muitas vezes difícil perceber se as acções dos PAESI são redundantes ou sobrepostas com as dos PAES municipais; na dúvida optou-se por indicar todas porque o objectivo aqui é identificar a presença ou não de medidas nas diversas categorias. Cf. também a nota na Introdução relativa às muitas medidas que não são em si planeadas, viz. decisões dos cidadãos e empresas, estando o planeamento propriamente dito nas respectivas medidas de suporte, tais como como informação, incentivos, etc.; mas ambas foram identificadas.

⁴ cf. e.g. fichas do Projecto ENNEREG (2013)

⁵ vd. também e.g. Projecto EEQAI-Escolas (2013)

⁶ cf. e.g. Projectos ESENUR (2008), ENNEREG (2013), EEQAI-Escolas (2013), TRES (2015).

- aumento dos isolamentos (PAESI 3.3; e.g. no PAES Funchal 1.23)
- acções de suporte às anteriores, como
 - monitorização de consumos e auditorias energéticas (não explicitamente contemplado nos PAESI, embora sob controlo em diversa legislação e planos de nível nacional)
 - fiscalização da aplicação de regulamentos (PAESI 8.15)

iluminação pública (incluindo semáforos)

- mais eficiência, melhor controlo (PAESI 3.13; e.g. no PAES Funchal 1.21, 1.22,)⁷

transportes

- veículos mais eficientes e adequados aos fins (PAESI 4.1, 4.2, 4.3, 4.4; e.g. no PAES Funchal 2.7, 2.9)
- melhoria dos comportamentos de condução (PAESI 4.1, 4.2, 4.3, 8.12; e.g. no PAES Funchal 2.3, 2.12)
- maior disponibilidade de transportes públicos (e.g. no PAES Funchal 2.6, 4.10)
- maior utilização do transporte público (PAESI 4.5, suportado por 6.3)
- maior escolha, e possibilidade de escolha, de deslocações a pé ou de bicicleta (implícito em PAESI 6.3 mas sem acções dirigidas específicas; e.g. no PAES Funchal 2.10, 2.11, 4.8, 4.9)
- melhorias ao nível do ordenamento do território (PAESI 6.1 e diversos planos de nível municipal, e.g. no PAES Funchal 4.1, 4.3, 4.12, 4.13, 4.14)
- melhorias ao nível do planeamento da mobilidade (PAESI 6.1, 6.3; e.g. no PAES Funchal 2.5, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7)⁸
- evitar necessidades de deslocações, por exemplo via
 - maior uso de tecnologias de informação e comunicação
 - possibilitar e promover teletrabalho

aquisição de bens e serviços (“green procurement”)

- critérios na contratação pública (PAESI 7.1, 8.7; e.g. no PAES Funchal 5.1)

É de realçar que os PAESI contemplam diversas medidas para a promoção da mobilidade eléctrica. Em termos de redução do uso de combustíveis fósseis o efeito da mobilidade eléctrica em princípio é positivo se a penetração das FER no mix energético da electricidade for significativa. No entanto como se aumenta a procura de energia eléctrica, quando o sistema de produção de energia eléctrica

⁷ cf. e.g. Projectos ENNEREG (2013) e Planos de Promoção da Eficiência no Consumo da EEM (PPEC, 2014).

⁸ cf. vários Projectos de I&D com a empresa *Horários do Funchal*, e.g. Ad Personam, Seemore, Hibrimac, Civitas, Mobilidade Inovadora e Sustentável no Funchal, Wireless Passenger Detection, Sinais

está vulnerável às alterações climáticas, como é o caso (cf. secção 3.4), a mobilidade eléctrica pode ser contraproducente. Contudo, na nossa apreciação e dos peritos regionais, crê-se que isso não se passará devido à lentidão da progressão da adopção do veículo eléctrico e dos próprios efeitos mais severos das alterações climáticas. Portanto, crê-se que a promoção da mobilidade eléctrica está correcta se for feita dentro de um ritmo de expansão moderado. Poderá valer a pena promover estudos específicos a este respeito.

3.3. Oferta de Energia Térmica

Em princípio há um impacto directo da temperatura na eficiência das máquinas térmicas, mas como investigado no Projecto CLIMAAT II, este efeito é tão pequeno que cabe na categoria de neutro. Assim este item refere-se ao potencial impacto do clima no abastecimento de combustíveis: importação, desembarque, armazenamento e distribuição nas Ilhas, e ao impacto nos recursos biomassa (para queima, seja nas residências, seja na central de incineração de RSU de Meia Serra) e solar térmico (águas quentes sanitárias)

3.3.1 Segurança do abastecimento de combustíveis

Vulnerabilidade actual: neutra.

A insularidade da RAM traz consigo uma vulnerabilidade essencial que é a dependência no abastecimento de combustíveis por via marítima (como se disse, a RAM tem cerca de 95% de dependência energética do exterior). Problemas nos portos de origem ou tempestades no mar podem atrasar as entregas. No desembarque, igualmente pode haver problemas por ocasião de tempestades, com destaque para o terminal de gás natural no Caniçal. Também o transporte de combustíveis dentro da RAM, sendo feito todo por estrada, é sensível a precipitação intensa e efeitos conexos como inundações e aluviões, isto claro que em particular na Ilha da Madeira. Com particular preocupação refere-se o chamado “pipeline virtual”, camiões com depósitos de gás que abastecem a zona de armazenamento próximo à central termoeléctrica da Vitória a partir da ZFI do Caniçal.

De forma similar as zonas de armazenamento podem ser afectadas; aqui, causa de novo particular preocupação a zona de armazenamento de gás para a central termoeléctrica da Vitória, que está próximo da embocadura da ribeira dos Socorridos e do mar propriamente dito, tornando o local vulnerável, especialmente se ocorrerem em conjunto cheias na ribeira, maré alta e sobrelevação de tempestade do nível do mar.

Contudo o que o registo histórico evidencia, e que é suportado pela opinião dos peritos regionais, é que até agora não houve de facto problemas e há capacidade de lidar com os que surgirem, dentro das condições climáticas actuais. Portanto a vulnerabilidade actual tem de ser considerada neutra.

Impactos locais: muito pequenos.

Uma vez que *não se esperam mais eventos extremos* em resultado das alterações climáticas, o impacto destas tem a ver basicamente com a elevação do nível do mar para as infra-estruturas costeiras, em particular terminais de descarga e zonas de armazenamento já mencionadas, que

agrava o efeito da sobre-elevação de tempestade. No entanto a subida do nível do mar é lenta, da ordem de alguns mm por ano, e só é significativa a longo prazo.

Impacto regional: muito pequeno a neutro.

Dado que existe capacidade dispersa de armazenamento de combustíveis, o impacto de um corte temporário de abastecimento pode ser em parte compensado, de forma que os impactos locais não se reflectem integralmente no nível regional.

Capacidade adaptativa: média.

Na sua maior parte a vulnerabilidade decorre da própria insularidade. Existe alguma capacidade de adaptação quanto à elevação do nível do mar, uma vez que as infraestruturas costeiras têm de ser periodicamente renovadas, o que fornece oportunidades de adaptação, admitindo boas práticas.

Vulnerabilidade futura: neutra.

Uma vez que não se espera aumento dos eventos extremos como tempestades e chuva intensa, no essencial a vulnerabilidade não se altera por efeito das alterações climáticas. A excepção é relativa ao nível do mar, mas nesse caso a capacidade adaptativa está presente.

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: negativa.

Quanto maior a dependência energética do exterior, maior a vulnerabilidade, de forma que mais procura de energia a nível sectorial pode agravar a vulnerabilidade. Contudo, a situação parece ir mais no sentido de uma redução da procura. Como se viu na secção 3.1.1., não é por via das alterações climáticas que a procura poderá aumentar significativamente, e as tendências demográficas, a progressiva modernização dos equipamentos (mais eficientes), as medidas de eficiência energética e especialmente o aumento de penetração de energias renováveis na produção de electricidade previstas nos PAESI e que tudo indica continuarão e até se intensificarão para além de 2020, apontam pelo contrário para uma redução da procura de combustíveis fósseis e portanto até uma redução da vulnerabilidade.

Confiança: elevada a curto prazo, média a longo prazo.

Na prática a redução da vulnerabilidade dependerá da eficácia dos PAESI e planos que se lhe seguirem.

Lacunas de conhecimento:

Seria interessante avaliar vários cenários demográficos, económicos e tecnológicos para uma melhor compreensão do impacto de problemas no abastecimento exterior de energia.

Medidas de adaptação:

- Aumentar a capacidade de armazenamento de energia na RAM

Esta medida está contemplada nos PAESI, com o objectivo de aumentar para 20% em 2020, em 20% o número de dias de autonomia de armazenamento de energia primária, em relação a 2005. Pretende-se conseguir isto por um lado via medidas de eficiência energética que reduzem a procura de energia primária de origem fóssil, e de forma directa, na Madeira pela construção de instalações de armazenamento de gás natural, e de sistemas hídricos reversíveis, como é o caso do empreendimento “Calheta III” (EEM, 2014b), no Porto Santo

pela construção de instalações de armazenamento de biocombustíveis. O todo é ajudado de forma indirecta mas muito importante pelas tendências de redução da procura de energia.

Notamos que aqui esta medida se refere à vulnerabilidade do abastecimento, mas a parte de sistemas hídricos reversíveis tem impacto no aumento da capacidade de absorção de FER na produção de energia eléctrica, cf. secções seguintes.

- Levar em conta a elevação do nível do mar quando são renovadas as infraestruturas costeiras (referimo-nos em particular ao terminal do Caniçal).
- Reforço da protecção da zona de armazenamento de combustíveis próxima à central termoeléctrica da Vitória, ou melhor ainda, mudança de local.

Informação em mapas:

Estradas

Terminal de gás natural do Caniçal

Parque de Armazenamento de combustíveis junto à Central Termoeléctrica da Vitória

3.3.2 Energia Solar Térmica

No caso da energia solar espera-se um pequeno aumento do recurso energético, mas enquanto no Projecto CLIMAAT II isso era estimado ter alguns reflexos em aumento da produção dos sistemas solares térmicos, um exame mais detalhado no presente Projecto não encontrou reflexos significativos no seu desempenho (cf. Aguiar e Magro, 2015).

Medidas de adaptação:

Não pertinente (não há impacto no recurso).

Os Planos regionais como os PAESI, e municipais como o e.g. no PAES Funchal, contêm é claro várias medidas de aproveitamento de energia solar térmica, que não são afectadas pelas alterações climáticas.

3.3.3 Biomassa para queima

Para o caso da biomassa, espera-se que as alterações climáticas tragam uma maior produtividade de matos e florestas, portanto presumivelmente aumentando a disponibilidade de biomassa para energia, seja para queima em residências seja como co-combustível na central de incineração de RSU Meia Serra, que produz electricidade e calor; contudo, existem constrangimentos que modificam esta perspectiva.

Vulnerabilidade actual: neutra.

Os sistemas de queima de biomassa estão adaptados às condições climáticas actuais.

Impactos locais: positivos.

A produtividade de matos e florestas aumentará de forma geral mas muito em particular nas zonas mais altas (CLIMAAT II, 2006; Correia e Pereira, 2015).

Impacto regional: neutro.

O efeito local na disponibilidade de biomassa dá-se nas zonas altas, no entanto quase toda a oferta é obtida das zonas mais baixas, tanto pela proximidade ao consumo como pela dificuldade de acesso e inviabilidade económica de recolha nas zonas mais elevadas. Este resultado, que se infere dos documentos técnicos e das análises do sector Agricultura e Florestas dos Projectos CLIMAAT II e do presente Projecto, foi confirmado pelos contributos dos peritos regionais recolhidos no workshop de 12 de fevereiro de 2015.

Capacidade adaptativa: biomassa - baixa.

Na prática a disponibilidade de biomassa actual já parece ser suficiente para satisfazer uma grande parte da procura de calor da Ilha da Madeira. Contudo a recolha está condicionada pela proximidade ao consumo e pela dificuldade de acesso e inviabilidade económica de recolha nas zonas mais elevadas.

Vulnerabilidade futura: neutra.

Mesmo na presença de capacidade adaptativa os impactos são demasiado pequenos para alterar a vulnerabilidade actual.

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: sim.

A existência de mais incêndios na presença de alterações climáticas pode eliminar os benefícios do aumento de produtividade.

Confiança: elevada a curto prazo, média a longo prazo.

Devido à crescente incerteza dos modelos climáticos para o futuro, e também crescente dependência nos impactos e adaptações em outros sectores, em particular nas questões de risco e luta contra incêndios.

Lacunas de conhecimento:

Estes assuntos estão sob constante reanálise por parte da comunidade científica e dos tecnólogos da área, designadamente sobre a viabilidade energética (análise de ciclo de vida) e económica do aproveitamento da biomassa.

Medidas de adaptação:

Neste caso trata-se de aproveitar uma potencial oportunidade em resultado das alterações climáticas. À primeira vista as medidas deveriam pois ser no sentido de aumentar o uso de biomassa para produção de energia, e designadamente na Central de Meia Serra. No entanto a situação não é tão simples como parece, mesmo já admitindo que a maior produtividade não é anulada por mais incêndios.

A viabilidade da utilização de biomassa para produção de electricidade deve ser vista sob os pontos de vista de impacto ambiental, económico, energético, e de emissões de GEE. De uma forma geral, pode dizer-se que os resultados das análises costumam ser positivos para a queima de lenhas propriamente ditas (Gonçalves, 2010), quando a concentração de biomassa é elevada e a distância à

central energética é da ordem das dezenas de quilómetros (Pinto *et al.*, 2013) e se essa central é dedicada à produção de energia (Mann e Spath, 1997) ou faz co-incineração com combustíveis fósseis (Ferreira *et al.*, 2014). No entanto as mesmas análises também mostram que há sensibilidade dos resultados a vários parâmetros técnicos e económicos, pelo que em situações distintas das mencionadas, como é o caso da Madeira, a bondade da utilização de resíduos florestais e matos para energia eléctrica não é *a priori* uma evidência.

Do ponto de vista energético, há a considerar a energia gasta na recolha (apanha e/ou corte, estilhamento, acondicionamento) e transporte, o que quase sem excepção envolve consumos de gásóleo, vs. a energia eléctrica produzida na queima, o que depende das características técnicas da central e também do tipo de biomassa. Os consumos de energia na recolha e transporte de biomassa dependem muito da acessibilidade das fontes de resíduos florestais e matos e da distância e acessos à central (e.g. Pinto *et al.*, 2013). Ora no caso particular da Madeira sabemos que os acessos são difíceis pela orografia complicada. E se há aumento de produtividade da biomassa, tem lugar nas zonas mais altas da Ilha, onde esta dificuldade de acesso é aumentada. Note-se também que em centrais não dedicadas à biomassa, como é o caso da Central de Meia Serra, a eficiência de conversão é comparativamente modesta (Mann e Spath, 1997). E finalmente notemos que a energia fóssil que é gasta tem de ser comparada não com a sua queima em substituição de RSU na Central de Meia Serra, mas sim com a substituição de queima de gás natural na Central Térmica da Vitória, que é uma central bastante eficiente.

Do ponto de vista económico, é crítico o preço que a central paga à biomassa entregue e ao preço de compra da electricidade emitida para a rede. Outro factor importante a pesar em decisões serão os novos empregos criados na recolha de biomassa. Mas no caso da Madeira há ainda a ter em conta a situação muito particular da viabilidade económica da própria central de Meia Serra. Com efeito, desde 2009 que a quantidade de RSU entregue tem vindo a diminuir (Valor Ambiente, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013). Este problema foi primeiro compensado com o desvio para incineração de resíduos verdes (podas, jardins) que em princípio se destinariam a compostagem mas para cujos produtos se veio a constatar haver pouca procura. Contudo, a partir de 2011 esta redução de RSU já se traduz mesmo numa redução da produção eléctrica, piorando os balanços económicos. De acordo com as perspectivas demográficas de redução de população, e de aumento das taxas de reciclagem dos RSU, é de esperar que esta tendência se mantenha, e mesmo se agrave. Parece evidente que a queima de biomassa florestal / matos seria importantíssima para a Central de Meia Serra. E evidentemente que esta Central tem de continuar a existir na RAM, já que não há alternativa para o destino dos RSU da RAM, até pelos cada vez mais exigentes critérios ambientais da União Europeia.

Do ponto de vista ambiental parece-nos que o principal problema seria a redução da fertilidade associada à remoção de nutrientes com os matos e resíduos da biomassa florestal. Como a biomassa é co-incinerada com RSU, nem se coloca a opção de devolver as cinzas de biomassa aos solos; e a fertilização artificial teria impactos sérios em emissões de N₂O.

No entanto também há a considerar o co-benefício da redução do risco de incêndio, se toda esta recolha de biomassa estiver associada a programas de limpeza das matas e florestas. A quantificação desse co-benefício é difícil. À primeira vista seria importante, dados os impactos positivos paisagísticos e de redução de desastres naturais. No entanto esses resíduos teriam de ser removidos

especificamente das zonas com significativo risco de incêndio, o que se constata não ser a sempre a situação, segundo as análises deste mesmo Projecto. E há ainda a questão da reposição dos nutrientes nos solos, o que pode ser feito por queima local dos resíduos e matos, numa estratégia alternativa ao encaminhamento da biomassa para a Central de Meia Serra.

Em conclusão a possibilidade de aproveitamento prático da oportunidade que coloca à RAM o aumento da produtividade da biomassa em zonas altas da Madeira, depende de forma complexa de questões ambientais, técnicas, e económicas.

A medida fundamental aqui é pois *aumentar o conhecimento* sobre este assunto. É de notar que este tipo de estudo está em linha com um dos preconizados pelo grupo de trabalho em Energia, Mobilidade e Alterações Climáticas do *Plano de Acção para a Investigação, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação na RAM*, (PIDT&I, 2012).

Informação em mapas:

Central de incineração de RSU de Meia Serra.

Manchas de matos e florestas coincidentes com zonas de significativo risco de incêndio.

3.4. Oferta de Energia Eléctrica

Em princípio há um impacto directo da temperatura na eficiência nos motores e turbinas de acopladas a geradores eléctricos, mas como investigado no Projecto CLIMAAT II, este efeito é tão pequeno que cabe na categoria de neutro. Assim este item refere-se aos sistemas e centrais FER, às centrais termoeléctricas e ainda, à transmissão de electricidade (linhas de transporte de distribuição a vários níveis de tensão).

Medidas (geral):

O aumento da produção de electricidade a partir de FER reduz a vulnerabilidade da RAM ao abastecimento energético do exterior por combustíveis fósseis.

Neste contexto pode dizer-se que as estratégias, políticas e medidas da RAM de aumentar a componente de energia solar fotovoltaica no *mix* da electricidade, estão em linha com a adaptação às alterações climáticas. Assim por exemplo o Objectivo 2 dos PAESI é precisamente “Reduzir a dependência do exterior”, com as metas em 2020 de aumentar para 20% a participação das FER na procura de energia primária, e para 50% a participação faz FER na produção de electricidade.

3.4.1 Energia Solar Fotovoltaica

Como mencionado antes, espera-se um pequeno aumento do recurso energético solar, mas algum efeito contrário da temperatura na eficiência de conversão fotovoltaica, de forma que as simulações conduzidas no presente Projecto não encontraram reflexos significativos no desempenho de sistemas fotovoltaicos (cf. Aguiar e Magro, 2015).

Medidas de adaptação:

Não pertinente (não há impacto no recurso).

Os Planos regionais e municipais contém é claro várias medidas de aproveitamento de energia solar fotovoltaica (PAESI Madeira 5.4; PAESI Porto Santo 5.2; e.g. no PAES Funchal 3.2, 3.3) e de suporte ao seu aproveitamento (PAESI Madeira 6.5; PAESI Porto Santo 5.4), que não são afectadas pelas alterações climáticas.

3.4.2 Energia Eólica

As mudanças no recurso eólico foram examinadas pelo Projecto CLIMAAT II, mas de novo com mais detalhe no presente Projecto. A nível anual a mudança climática parece ser muito pequena; e embora a nível sazonal haja variações relativamente ao clima actual, os resultados das simulações de sistemas eólicos representativos não indicaram alterações significativas na produção anual.

Medidas de adaptação:

Não pertinente (não há impacto no recurso).

Os Planos regionais e municipais contém é claro várias medidas de aproveitamento de energia eólica (PAESI Madeira 5.3; PAESI Porto Santo 5.1; e.g. no PAES Funchal 3.2, 3.3) e de suporte ao seu aproveitamento (PAESI Madeira 6.5; PAESI Porto Santo 5.4), que não são afectadas pelas alterações climáticas.

3.4.3 Energia Hídrica

A energia hídrica é a única vertente das FER que apresenta uma sensibilidade grande às alterações climáticas. Esta questão foi examinada com pormenor na já citada publicação do presente Projecto sobre a produção FER, Aguiar e Magro (2015), se onde se extraem para aqui apenas os aspectos principais.

As dez centrais hidroeléctricas da ilha da Madeira são actualmente responsáveis por 15% a 30% da produção eléctrica total anual. Desta variação da contribuição hidroeléctrica se infere logo uma grande sensibilidade ao clima. De forma geral as centrais aproveitam as quedas entre os níveis de abastecimento (em nascentes, túneis e levadas) e os níveis de utilização (em fins agrícolas, municipais, abastecimento público, etc.) perturbando muito pouco o volume de água disponível para esses consumos. Há duas centrais “de inverno” especialmente importantes, que aproveitam excedentes de caudais destinados ao abastecimento público e ao regadio durante o inverno, Socorridos e Calheta II. Certas centrais nos níveis mais baixos da ilha aproveitam fluxos provenientes de centrais a montante, e mesmo segundas quedas, como por exemplo Calheta II que aproveita fluxos de Calheta I, mais acima.

As centrais têm câmaras de carga e de regularização, mas que só garantem um armazenamento de energia de muito curto prazo. A central de Socorridos possui uma estação elevatória que durante as chamadas horas de vazio aproveita excessos de potência disponível, por exemplo de energia eólica, bombeando água de jusante para um reservatório elevado a montante, o que aumenta a disponibilidade da central (e otimiza o aproveitamento da energia eólica).

Vulnerabilidade actual: neutra

A produção hidroeléctrica é sensível ao clima, designadamente ao valor anual e ao perfil sazonal da precipitação. Embora existam câmaras, reservatórios, e o sistema de bombagem dos Socorridos, não há albufeiras de uma dimensão que permita regularizar a produção de origem hídrica propriamente dita, nem a nível interanual nem a nível sazonal. No entanto o sistema hidroeléctrico em si, no contexto mais vasto do sistema energético da Madeira, encontra-se adaptado ao clima actual.

Impactos locais: graves.

O primeiro factor que há a reter, é que a captação primária é feita a altitudes da ordem de 1000 m (Paul da Serra, Serras do Faial e do Juncal), com a excepção da central de Ribeira da Janela em que é da ordem de 400 m. Estas são altitudes para onde se prevê uma redução significativa da precipitação, e mesmo da precipitação oculta, cf. estudos do Projecto CLIMAAT II mas especialmente o relatório sobre o sector de Recursos Hídricos do Presente Projecto (Prada et al., 2015). Como segundo factor importante temos o especial papel da zona do Paul da Serra, de que depende, de uma forma ou de outra, quase 90% da potência instalada nominal (ca. 43 MW em ca. 48 MW total). Esta é a zona que mereceu maior atenção no estudo de Prada et al. (2015), em conjunto com a zona Areeiro/Santo da Serra. A resposta às alterações climáticas de várias nascentes e galerias representativas do Paul da Serra foi simulada os resultados principais indicaram uma diminuição da recarga da ordem de -30% a médio prazo e -40% a -46% a longo prazo. É importante também compreender a forma, o mecanismo pelo qual essa diminuição se dá (sic. Prada *et al.*, 2015): "...as galerias e grupos de nascentes situadas nas cotas mais elevadas do Paul da Serra, dos 1000 m para cima, são as mais vulneráveis à redução da recarga, uma vez que o nível piezométrico ao baixar, começa por afectar primeiro os caudais das captações mais elevadas cuja situação se torna crítica no caso das nascentes acima da cota 1000 m e na galeria do Rabaçal".

Assim a produção das centrais de primeira queda (Calheta, Fajã da Nogueira, Ribeira da Janela) em princípio sofrerá um impacto semelhante ao da diminuição da recarga. Já as outras centrais, que dependem de segundas quedas e excessos de caudais destinados a outros fins, em princípio sofrerão um impacto ainda maior dado que dependem de excessos de caudais, que neste contexto de alteração climática tendem a desaparecer.

Impacto regional: grave.

Do ponto de vista sistémico, onde se têm em conta as ligações entre centrais e a partilha de algumas zonas de captação, e considerando que a produção hidroeléctrica depende directamente das afluências, o impacto é pelo menos da ordem da diminuição da recarga, digamos -30% a médio prazo para até ca. -45% a longo prazo; mas no limite superior, a longo prazo, se realmente desaparecerem os excessos de caudal que alimentam as importantes centrais de inverno, estima-se que o impacto poderá chegar aos -80%.

Capacidade adaptativa: baixa a média.

O sistema de aproveitamento de águas, tem vindo a ser robustecido desde os anos 50 do século passado, com mais captações, túneis e outras obras hidráulicas, ganhando capacidade de adaptação, que se reflecte também numa produção hidroeléctrica mais estável. No entanto, como a produção de energia é a última prioridade entre as várias utilizações da água, as centrais de ponta e de inverno, de maior potência nominal, em particular Calheta II e o importante complexo dos Socorridos, beneficiam menos desse aumento de capacidade de lidar com as variações climáticas. E como não há (por enquanto) albufeiras de dimensão significativa para regularização inter-anual ou intra-anual, o sistema hidroeléctrico em si acaba por seguir de perto os ritmos da precipitação. No entanto as medidas e planos para aumentar de forma muito significativa a resiliência do sistema estão em marcha, ver mais à frente.

Vulnerabilidade futura: neutra a negativa.

Esta avaliação resulta da combinação de impactos graves com capacidade adaptativa baixa a média. Os peritos locais concordam em que realmente, com um sistema energético melhorado mas ainda no essencial semelhante ao actual, a vulnerabilidade futura seria muito negativa a crítica. No entanto o paradigma energético mudará de tal forma, com mais eficiência no consumo, descentralização da produção, diversificação de fontes de energia, e sistemas avançados de armazenamento de energia, que a solicitação das centrais hídricas será muito menor do que actualmente.

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: elevada.

Como a geração de energia hidroeléctrica não é o uso mais nobre da água, os impactos das alterações do clima dependem em boa parte do tipo de medidas aplicadas nos recursos hídricos para compensar as reduções da precipitação. Se a estratégia for de compensar a redução de adução de água em altitude (com destaque para o Paul da Serra) com mais esforço de captação e maior eficiência hídrica no transporte até às zonas baixas, isso vai mitigar a redução da produção hidroeléctrica. Se pelo contrário a estratégia passar por aumentar as captações em zonas mais baixas e melhorar a eficiência hídrica ao nível da distribuição e utilização final, abandonando de certa forma o sistema que existe em maior altitude, isso vai conduzir ao limite superior dos impactos previstos para a produção hidroeléctrica.

Confiança: média.

A confiança neste resultado é considerada “média” dado que existe a evidência estatística e a análise do sistema hidroeléctrico e do seu funcionamento permitem vários pontos de vista. Além de que há incerteza elevada ao nível da estratégia de adaptação que será tomada para os recursos hídricos.

Lacunas de conhecimento:

Melhor conhecimento poderia ser obtido via utilização de um modelo de simulação de todo o sistema hídrico/hidroeléctrico da ilha da Madeira, enquadrado por um modelo “macro” demográfico, económico, e da procura e oferta de energia.

Medidas de adaptação:

Como se discutiu acima, a abordagem à adaptação depende em parte da estratégia no sector de recursos hídricos. ^

Conceptualmente existem três tipos de medidas para mitigar a redução da actual contribuição da energia hidroeléctrica:

- i. aumento da captação e adução de água em altitude (PAESI Madeira 5.2);
- ii. redução de perdas no transporte até às centrais;
- iii. aumento do número de centrais (PAESI Madeira 5.2).

Como se disse as duas primeiras soluções são possíveis mas têm um alcance limitado, e para mais muito condicionado à estratégia no sector de recursos hídricos, que possivelmente terá mais ênfase na mudança de fontes de captação para furos a níveis mais baixos e aumento da eficiência na distribuição e utilização de água. A terceira opção actualmente ainda é possível, mas a médio-longo prazo parece fazer pouco sentido multiplicar centrais quando sabemos à partida que vão receber progressivamente menos afluências com o passar dos anos.

Contudo, se em si mesma a produção hidroeléctrica no modelo actual parece condenada a diminuir, é de todo previsível e desejável que ela tenha um enorme papel a desempenhar no futuro do sistema eléctrico da Madeira, como reguladora da variabilidade das FER numa grande gama de escalas de tempo, da horária à anual.

Evidentemente que existe na RAM uma aguda percepção da vulnerabilidade da produção hidroeléctrica às variações do clima, mesmo do clima actual. Por isso o PAESI Madeira e os planos da EEM já contemplam medidas para implementar centrais hidroeléctricas reversíveis (i.e. com capacidade de bombagem de um nível inferior de volta a um armazenamento a nível mais elevado). Tem destaque a ampliação em curso do sistema hidroeléctrico da Calheta (EEM, 2014b), que inclui a construção de uma albufeira com capacidade de acumulação de ca. 1.000.000 m³, de uma central hidroeléctrica com 30 MW de potência e de uma estação elevatória com 18 MW. Segundo informações recolhidas da EEM, existe também um estudo prévio para um sistema similar no Aproveitamento Hidroeléctrico do Chão da Ribeira e mesmo cenários de estudo para o Aproveitamento do Chão da Lagoa.

Este tipo de solução técnica, embora com perdas em torno de 30%, permite armazenar energia de origem FER, em particular eólica, durante as horas de vazio e restituí-la durante as horas de ponta. Permite também armazenar energia da primavera ou do outono (períodos de procura mais baixa de electricidade) para o verão ou o inverno (procura mais elevada), ou possivelmente mesmo de um ano mais chuvoso para outro mais seco. Há bastantes anos que estas soluções vêm sendo investigadas por iniciativa da EEM (Pereira da Silva *et al.*, 2005a, 2005b, 2009; Peças Lopes *et al.*, 2009). Estes estudos e o Plano de Desenvolvimento do Sistema Eléctrico do SEPM para 2015-2017 (EEM, 2014a) mostram que são efectivamente fundamentais para o aumento da penetração das FER no *mix* energético da electricidade na Madeira.

Ou seja, os Planos e medidas que estão a ser tomadas para incrementar a penetração das FER são na prática as mesmas que se aconselhariam para adaptação às alterações climáticas.

A médio-longo prazo esta estratégia pode ter de se alterar, seja por esgotamento de locais favoráveis para albufeiras, seja por aparecimento de outras soluções de armazenamento de grandes

quantidades de energia; pelo que certamente convém ir acompanhando os desenvolvimentos técnicos a nível mundial.

Informação em mapas: Centrais hidroeléctricas

3.4.4 Centrais Termoeléctricas

As centrais termoeléctricas (CT) na Ilha da Madeira são duas: a da Vitória, na embocadura da Ribeira dos Socorridos, pertença da EEM; e a do Caniçal, na ZIF, propriedade da AIE (esta é, propriamente dita, uma central de co-geração). Estas duas CT estão ligadas por uma linha de 60 kV e são responsáveis, em média, por cerca de 80% da produção de electricidade para a Ilha da Madeira, mas com destaque para a CT Vitória, com cerca de 60%. Na Ilha de Porto Santo também existe uma CT, da EEM, responsável por 93% da energia eléctrica consumida. Neste caso os impactos climáticos são estimados muito pequenos, pelo que o restante desta secção se debruça sobre os problemas na ilha da Madeira.

Vulnerabilidade actual: neutra.

Existe desde logo uma vulnerabilidade intrínseca à insularidade, a se estar a lidar com redes isoladas. De facto estas CT não são apenas a origem maioritária da energia eléctrica, são essenciais ao funcionamento da rede eléctrica isolada em cada Ilha, mantendo a frequência da rede, e compensando a disponibilidade variável das centrais FER. Em particular para a ilha da Madeira, reforça-se que embora de dimensão bem diferente, cada uma das CT é essencial para a boa operação do sistema eléctrico público, sendo que o deslastre de cargas numa delas ou um problema na ligação de 60 kV origina interrupção de abastecimento. Isto acontece por vezes na sequência de problemas relacionados com o clima, designadamente eventos extremos como tempestades e incêndios, como foi confirmado por peritos regionais no *workshop* de 12 de fevereiro de 2015. No entanto é também de referir que dado o paulatino aumento da potência instalada em FER, o abastecimento à maioria dos consumidores hoje em dia já poderia em princípio ser retomado em pouco tempo mesmo numa situação como a descrita.

Outras vertentes que poderiam contribuir para uma avaliação negativa, seriam a vulnerabilidade já discutida na secção 3.3.1 sobre o abastecimento de combustíveis às CT, mas em particular à CT Vitória; e ainda para a CT Vitória, preocupações quanto à sua proximidade da ribeira dos Socorridos, que pode ser palco de cheias e aluviões, e de vertentes que podem sofrer deslizamentos. No entanto esta vulnerabilidade recebeu a classificação de neutra, cf. secção 3.3.1.

Foi considerado pelos peritos regionais não ser impossível, mas ser muito improvável ter um conjunto de circunstâncias em que todos os potenciais impactos negativos ocorram simultaneamente.

Impactos locais: neutros.

A sensibilidade das CT (e em particular da CT Vitória) ao clima, passa quase só por eventos extremos de precipitação, de que não se esperam mais em resultado das alterações climáticas.

Impacto regional: negativo.

Esta avaliação resulta de que a redução da produção hidroeléctrica (de origem climática) vai obrigar ao reforço da produção termoeléctrica.

Capacidade adaptativa: média.

A curto prazo é possível para as CT lidar com pedidos de mais produção para compensar as perdas na hidroelectricidade. Quanto ao médio-longo prazo estão em andamento medidas para aumentar a penetração das várias FER no mix energético (vd. PAESI Madeira, 2012), e o rumo da política europeia de longo prazo e também esse, pelo que a pressão sobre as CT deve ser aliviada. No entanto, dada a elevada variabilidade interanual da precipitação é concebível que no processo possam ocorrer episódios em que a potência instalada nas CT não seja suficiente. Seja como for, o sistema eléctrico está sob vigilância permanente e a instalação de mais potência térmica é possível em relativamente pouco tempo. Finalmente, relativamente aos eventos extremos, algo que não pode ser mudado facilmente é a posição das CT, em particular da CT Vitória, para fazer face aos riscos relacionados, dado que para o local convergem as principais linhas de transporte de electricidade; neste particular a capacidade adaptativa é baixa. Tudo considerado e pesado, estimamos a avaliação de “médio” para a capacidade adaptativa.

Vulnerabilidade futura: neutra.

Uma vez que não se espera aumento dos eventos extremos como tempestades e chuva intensa, no essencial a vulnerabilidade das CT neste aspecto não se altera por efeito das alterações climáticas, i.e. continua negativa. Apenas o aumento do risco de incêndio coloca algumas cautelas acerca da linha de 60 kV entre as duas CT. No entanto neste como nos restantes aspectos, estima-se que a capacidade adaptativa seja suficiente para lidar com o impacto regional negativo.

Vulnerabilidade cruzada com outros sectores: sim, com Recursos Hídricos.

Em princípio poderiam surgir agravamento de vulnerabilidade por outros sectores via aumento da procura de energia, mas como se viu não é o caso; inclusive pode haver uma redução da procura. Aspectos de interacção com o sector de recursos hídricos já foram tratados e incluídos nas análises.

Confiança: média a longo prazo.

Esta avaliação incerteza reflecte a incerteza ao nível das medidas para os recursos hídricos, e da eficácia dos PAESI e de outros programas futuros do mesmo tipo.

Lacunas de conhecimento:

A confirmação das estimativas de impacto e vulnerabilidade seria melhor feita através da utilização de um modelo de simulação de todo o sistema eléctrico da ilha da Madeira, cf. outras indicações de lacunas de conhecimento anteriores.

Medidas de adaptação⁹:

Na CT Vitória, protecção contra deslizamentos e reforço da protecção já existente contra cheias/aluviões na ribeira de Socorridos.

Informação em mapas:

Centrais termoeléctricas – N.B. não foi possível até agora obter as coordenadas geográficas mas apenas o nome dos locais, cf. EEM (2015). Linha de 60 kV entre ZIF Caniçal e CT Vitória

⁹ Uma medida sugerida durante o workshop de 12 de fevereiro de 2015 foi, a médio-longo prazo, a ligação por cabo submarino da RAM ao continente africano, o que eliminaria alguns constrangimentos e certamente a vulnerabilidade intrínseca de uma rede eléctrica isolada como as da Madeira e de Porto Santo.

4. Conclusões

Os impactos das alterações climáticas não são significativos para as grandes questões da procura e oferta de energia, com a grande excepção da produção de electricidade pela via hídrica.

Pelo lado da procura de energia não se estima haver impactos significativos, quer na energia térmica, quer eléctrica, por efeito das alterações climáticas.

Pelo lado da oferta de energia, a análise de consequências potenciais de eventos extremos identificou como medidas de adaptação planeada a tomar a médio-longo prazo, a elevação dos terminais de descarga de combustível de acordo com a subida do nível do mar; e o reforço da protecção da Central da Vitória contra cheias/aluviões, deslizamentos e inundações, assim como da zona de armazenamento de combustíveis que lhe está próxima (ou mudança de local).

Quanto às tendências climáticas na oferta de energia, o panorama é mais complexo. Na energia solar não se esperam impactos significativos. Há uma possível mas não clara oportunidade na biomassa para queima. O impacto realmente gravoso que se identificou foi uma redução da adução de caudais das zonas elevadas que abastecem as centrais hidroeléctricas da Madeira, tornando mais crítica qualquer vulnerabilidade das centrais térmicas que compensam as variações de energia hídrica (e outra renovável).

Assim as medidas mais importantes de adaptação passam por reforçar a segurança de funcionamento das centrais térmicas, aumentar a contribuição de sistemas de outros tipos de fontes de energias renováveis. A nosso ver trata-se prioritariamente solar fotovoltaica e energia eólica. A energia da biomassa deverá receber mais estudos que demonstrem um balanço energético globalmente positivo da sua utilização em larga escala. Também não é clara a opção pela energia solar térmica para aquecimento de águas e ambiente, face a soluções alternativas do tipo bomba de calor, especialmente considerando segundo tudo indica um mix futuro na electricidade com bastante mais energia renovável. Uma aposta em outras tecnologias FER, em especial aquelas ainda imaturas, é uma opção legítima da RAM mas que não podemos considerar prioritária em termos de Adaptação.

Consensual e prioritário sempre, será aumentar a capacidade de armazenamento de energia em larga escala. Com a tecnologia actual e nas condições da Ilha da Madeira isto significa transformação das centrais hídricas que o permitam em sistemas do tipo reversível, com albufeira. No entanto esta transformação deve ser paulatina, como recorda a EEM, adequando a capacidade do sistema eléctrico às necessidades de consumo, já que um excessivo sobredimensionamento do sistema electroprodutor poderia originar uma fraca utilização de algumas instalações, perigando a sua sustentabilidade económica.

Em paralelo a este conjunto de medidas e prioridades na oferta é desejável uma maior eficiência energética, o que em sinergia com as tendências demográficas e tecnológicas em curso assegurará a progressiva redução de importações de combustíveis fósseis, a grande vulnerabilidade da RAM a nível energético.

Constata-se que as grandes categorias de medidas que é desejável adoptar para lidar com tais impactos gravosos das alterações climáticas, na prática coincidem com as que já vêm sendo planeadas, quer estrategicamente já no Plano de Política Energética de 2000, quer mais recentemente a nível regional nos Planos de Acção para a Energia Sustentável enquadrados no Pacto das Ilhas, nos Planos similares a nível municipal enquadrados pelo Pacto dos Autarcas, assim como nos Planos para o sistema electroprodutor da Empresa de Electricidade da Madeira e também por iniciativas da Agência Regional de Energia e Ambiente da Madeira.

5. Referências Bibliográficas

- Afonso, T., J. Pinto e A. Rodrigues (2006). *Caracterização do Recurso Eólico no Paul da Serra – Ilha da Madeira*. INEGI, Unidade de Energia e Ambiente. Ref. 2006\990. Estudo para AREAM, 2ª fase do Projecto ERAMAC, contrato 03/MAC/4.3/C3. 75 pp.
- Aguiar, R. (2013). *Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios (versão 2013)*. Relatório para ADENE – Agência de Energia. Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., Lisboa, 55 pp.
- Aguiar, R. e C. Magro (2015). *Potencial das Energias Renováveis na RAM face às Alterações Climáticas*. CCIAM – FCUL, Lisboa, e DROTA Madeira, Funchal. 26 pp.
- AREAM (2005). *Identificação do Potencial de Energia Hídrica na RAM*. Projecto ERAMAC, Contrato nº MAC/4.3/C1 com a Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia da RAM, co-financiado pelos Programas UE INTERREG IIIB AMC e FEDER. AREAM, 12 pp.
- CLIMAAT II (2006). *Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira*. Filipe Duarte Santos e Ricardo Aguiar, Eds. Direcção Regional do Ambiente da Madeira, Funchal, 2006.
- Correia, A.V. e J.S. Pereira (2015). *Agricultura e Florestas*. Relatório Sectorial do Projecto Clima-Madeira, CCIAM, Lisboa (Eds.), 40 pp.
- DREM (2013). Balanço Energético 2012 da RAM. Acedido em <http://estatistica.gov-madeira.pt/index.php/download-now/economica/energia-pt/balanco-energetico/quadros>
- Ebinger, J. e W. Vergara (2011). *Climate Impacts on Energy Systems- Key Issues for Energy Sector Adaptation*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington. 224 pp. ISBN: 978-0-8213-8697-2.
- EEQAI-Escolas (2013). *Acção Técnica e Didáctica para a Eficiência Energética e a Qualidade do Ar Interior nas Escolas da RAM*. Programa Intervir+, Programa Operacional de Valorização do Potencial Económico e Coesão Territorial da RAM (contrato MADFDR-01-0143-FEDER-000002) e Secretaria Regional da Educação e Recursos Humanos da RAM. AREAM.
- EEM (2014a). *Plano de Desenvolvimento do Sistema Eléctrico do SEPM. Sistema Electroprodutor e Rede de Transporte e Distribuição em MT e AT. Período Regulatório 2015 – 2017*. Madeira e Porto Santo. Empresa de Electricidade da Madeira. 69 pp.
- EEM (2014b). *Ampliação do Sistema Hidroeléctrico da Calheta. Estudo de Impacte Ambiental. Volume 3 – Resumo Não Técnico*. Consultora Atkins, para Empresa de Electricidade da Madeira. 31 pp.
- EEM (2015). Website da Empresa de Electricidade da Madeira. <http://www.eem.pt/>

- ENNEREG (2013). *Projecto ENNEREG - Regions paving the way for a Sustainable Energy Europe*. Intelligent Energy Europe Programme, Contract No: IEE/09/250.661/S12.558228. <http://regions202020.eu/cms/sec/ennereg>
- ESEUR (2008). *Projecto Informação, conhecimento e educação sobre utilização racional de energia e energias renováveis*. Contrato 05MAC/4.3/C6 do Programa Interreg IIIB e da Vice-Presidência do Governo Regional da Madeira. AREAM. Ver <http://www.aream.pt>
- Ferreira, J. M. e A. B. Mendes (2009). *O Efeito de Factores Climáticos no Consumo de Energia Eléctrica*. CEEAplA Working Paper No. 15/2009. 19 pp. Electricidade dos Açores, Universidade dos Açores, e CEEAplA.
- Ferreira, J.V., H. Viana, B. Esteves, L. Cruz Lopes e I. Domingos (2014). Life cycle assessment of residual forestry biomass chips at a power plant: a Portuguese case study. *Int. J. Energy and Environmental Engineering*, Vol. 5. Springer, DOI 10.1007/s40095-014-0086-4.
- Gonçalves, M- (2010). *Análise ambiental e energética da produção de Eucalyptus globulus para conversão em energia eléctrica*. MSc. Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Junça, F. A. Carvalho, M. Ribeiro, L.F. Ribeiro, A. Rodrigues (2006). *Medição das características detalhadas do vento no Pico Gordo, Madeira*. INEGI e I.P.Bragança. Ref. 2006\990. Estudo para AREAM, 2ª fase do Projecto ERAMAC, contrato 03/MAC/4.3/C3. 14 pp.
- Magro, C. (2007). *Optimização de Sistemas Híbridos Fotovoltaicos-Eólicos em Zonas Insulares de Diversidade Climática - Arquipélago da Madeira*. Tese de Doutoramento, Univerdade da Madeira, ref. 15/D/2007. 192 pp.
- Mann, M.K. e P.L. Spath (1997). *Life Cycle Assessment of a Biomass Gasification Combined-Cycle Power System*. National Renewable Energy Laboratory, USA. 160 pp.
- Melim Mendes, J.M., F. Oliveira, D. Barreto, N. Serralha, E. Olival, C. Henriques, G. Soares, N. Moniz, S. Carvalho e A. Carvalho (2006). *Levantamento do Potencial Energético da Biomassa Florestal na RAM*. Relatório Síntese. 2ª fase do Projecto ERAMAC, contrato 03/MAC/4.3/C3. AREAM, 55 pp.
- Miranda, P., M. Valente, e P. Ferreira (2003). *Simulação numérica do escoamento atmosférico sobre a ilha da Madeira - efeitos não lineares e de estratificação no estabelecimento do potencial eólico na zona do Paul da Serra*. Centro de Física da Universidade de Lisboa.
- Pacto das Ilhas (2011). *Carta de compromisso de adesão ao Pacto das Ilhas*, Bruxelas, 12 abril 2011, Governo Regional da RAM. Ver também <http://www.islepact.eu>
- Pacto dos Autarcas (2015). *Pacto dos Autarcas - Energia Sustentável nos Municípios*. Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional, Programa Intervir+, Programa Operacional de Valorização do Potencial Económico e Coesão Territorial da RAM (contrato nº MADFDR-02-0265-FEDER-000010), Municípios de Santa Cruz, Machico, Santana, São Vicente, Porto Moniz, Calheta, Ponta do Sol, Ribeira Brava, Câmara de Lobos e Porto Santo. Informação

acessível em <http://www.arem.pt>, cf. também http://www.pactodeautarcas.eu/actions/sustainable-energy-action-plans_pt.html

PAESI Madeira (2012). *Plano de Acção para a Energia Sustentável da Ilha da Madeira*. Resolução 244/2012 do Conselho do Governo da Região Autónoma da Madeira. AREAM, 58 pp.

PAESI Porto Santo (2012). *Plano de Acção para a Energia Sustentável da Ilha de Porto Santo*. Resolução 244/2012 do Conselho do Governo da Região Autónoma da Madeira. AREAM, 54 pp.

e.g. no PAES Funchal (2012). *Plano de Acção para a Energia Sustentável – Município do Funchal*. Pacto dos Autarcas - Energia Sustentável nos Municípios, C.M. Funchal. 40 pp. Acessível em http://www1.cm-funchal.pt/ambiente/images/stories/eficiencia_energetica/documentos/PAES_Funchal.pdf

e.g. no PAES Funchal (2015). *Primeiro Relatório de Implementação do e.g. no PAES Funchal*. Pacto dos Autarcas - Energia Sustentável nos Municípios, C.M. Funchal. 40 pp. Acessível em http://www1.cm-funchal.pt/ambiente/images/stories/eficiencia_energetica/documentos/1_Rel_Impl_PAES-Final_Aprovado.pdf

PAUER (2007). *Estudio de la radiación solar*. M. V. Vázquez, Ed. Projecto PAUER, cofinanciamento POPRAM-III-FEDER. Laboratório de Energia Solar de la Universidade de Vigo para LREC. 43 pp.

Peças Lopes, J., Pereira da Silva, J. L., L. Seca, N. Gil, N. Fonseca e P. Brown (2009). *Determinação da Capacidade de Integração de Energias Renováveis nas Ilhas da Madeira e do Porto Santo*. 123 pp. INESC-P - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

Pereira, J. Carlos, A. Rita Ervilha e J. Chaves Pereira (2005 a). *Avaliação do Potencial Energético Solar na RAM*. Projecto ERAMAC, Contrato nº MAC/4.3/C1 com a Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia da RAM, co-financiado pelos Programas UE INTERREG IIIB AMC e FEDER. LASEF para AREAM, 27 pp.

Pereira da Silva, J. L., J.T. Saraiva, A. Mendonça e R. Ferreira (2005). *Análise dos Cenários de Expansão da Rede de Transporte da Ilha da Madeira 2008-2015*. 37 pp. INESC-P - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

Pereira da Silva, J. L., J.T. Saraiva e N. Fonseca (2005). *Análise da Garantia de Potência do Sistema Electroprodutor da Ilha da Madeira 2006-2010*. 31 pp. INESC-P - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

Pereira da Silva, J. L., J.T. Saraiva e M.H. Vasconcelos (2009). *Análise dos Planos de Expansão das Redes de Transporte das Ilhas da Madeira e do Porto Santo 2010 – 2015*. Trabalho de consultoria desenvolvido para a EEM. INESC-P - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto.

Pereira, J. Carlos, A. Rita Ervilha, R. Reis, J. Chaves Pereira e R. Howard (2005 b). *Avaliação do Potencial Energético Eólico na RAM*. Projecto ERAMAC, Contrato nº MAC/4.3/C1 com a

Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia da RAM, co-financiado pelos Programas UE INTERREG IIIB AMC e FEDER. LASEF para AREAM, 77 pp.

- PIDT&I (2012). *Plano de Acção para a Investigação, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação na RAM*. Política de Coesão da UE, 2014-2020 – Instrumentos de planeamento e programação da RAM. 67 pp. http://pidti.arditi.pt/?page_id=5
- PIDT&I EMAC (2012). *Relatório preliminar da área da Energia, Mobilidade e Alterações Climáticas - Plano de Acção para a Investigação, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação na RAM.*, versão 26/11/2012. 17 pp. http://pidti.arditi.pt/?page_id=18
- PPERAM (2000). *Plano de Política Energética da Região Autónoma da Madeira - Ano de referência 2000*. Vice-Presidência do Governo Regional da Madeira, AREAM, Setembro 2002.
- Prada, S., J. André Reis, V. Barreto, R. Carvalho e P. Freitas (2015). *Recursos Hídricos*. Relatório do Projecto Clima-Madeira, CCIAM, Lisboa (Eds.), 50 pp.
- PRE (2015). *Plano Regional de Emprego, 2012-2020*. Secretaria Regional dos Assuntos Sociais da RAM, e Instituto de Emprego da Madeira. 72 pp.
- PREMAR (2015). *Plano Referencial Estratégico Mar Madeira 2030*. Estratégia Mar Madeira 2030. Relatório Final. IESE e ACIF/Câmara de Comércio e Indústria da Madeira. Programa Intervir+, QREN.
- PPEC (2014). *Plano de Promoção da Eficiência no Consumo, EEM*. Informação sobre Projectos PPEC bianuais acessível em <http://www.eem.pt>
- Pinto, T., J. Lousada, G. Louro, H. Machado e L. Nunes (2013). Recolha de Biomassa Florestal: Avaliação dos Custos e Tempos de Trabalho. *Silva Lusitana*, nº Especial, pp. 163 - 176, 2013, UEISSAFSV, INIAV, Oeiras.
- Rosa, F. e A. Vieira (2006). *Avaliação do Potencial Energético da Biomassa na RAM*. Projecto ERAMAC, Contrato nº MAC/4.3/C1 com a Direcção Regional do Comércio, Indústria e Energia da RAM, co-financiado pelos Programas UE INTERREG IIIB AMC e FEDER. INETI para AREAM, 87 pp.
- SCE (2013a). Decreto-Lei n.º 118/2013, Diário da República de 20 de agosto de 2013. *Sistema de Certificação Energética dos Edifícios*. Ministério da Economia e do Emprego.
- SCE (2013b). Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013: Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados. 3º suplemento do Diário da República de 3 de dezembro de 2013.
- TRES (2015). Projecto *Transição para um Modelo Energético Sustentável*. Programa de Cooperação Transnacional 2007-2013 para a Madeira, Açores e Canárias (PCT-MAC). Informação acessível em <http://www.arem.pt>
- Valor Ambiente (2010). *Relatório e Contas 2009 da Valor Ambiente – Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.* 31 pp. Funchal.

Valor Ambiente (2011). *Relatório e Contas 2010 da Valor Ambiente – Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.* 27 pp. Funchal.

Valor Ambiente (2012). *Relatório e Contas 2011 da Valor Ambiente – Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.* 28 pp. Funchal.

Valor Ambiente (2013). *Relatório e Contas 2012 da Valor Ambiente – Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.* 44 pp. Funchal.

Valor Ambiente (2014). *Relatório e Contas 2013 da Valor Ambiente – Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A.* 49 pp. Funchal.

Vázquez, M., P. Belmonte, J. Navarro, M. Cerqueira e C. Magro (2008). *Atlas de Radiação Solar do Arquipélago da Madeira*. LREC. ISBN 978-989-96043-0-8. 32 pp.

6. Informação Extra

Acrónimos

ADENE – Agência para a Energia

AIE - Atlantic Islands Electricity

AREAM – Agência Regional de Energia e Ambiente da Madeira

CEEApIA – Centro de Estudos de Economia Aplicada do Atlântico

DREM – Direcção Regional de Estatística da Madeira

DROTA – Direcção Regional de Ordenamento do Território e Ambiente

EEM – Empresa de Electricidade da Madeira

GEE – Gases com Efeito de Estufa (CO₂, CH₄, N₂O e outros)

IDR - Instituto de Desenvolvimento Regional

IDE-RAM - Instituto de Desenvolvimento Empresarial da RAM

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LREC – Laboratório Regional de Engenharia Civil

PAES - Plano de Acção para a Energia Sustentável (Pacto dos Autarcas)

PAESI - Plano de Acção para a Energia Sustentável (Pacto das Ilhas)

RAM – Região Autónoma da Madeira

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios

ZIF - Zona Franca Industrial

Cadeias de Impactos

Setas: a cheio, dependências cruciais; a tracejado, dependências de segunda ordem, ocasionais ou incertas.

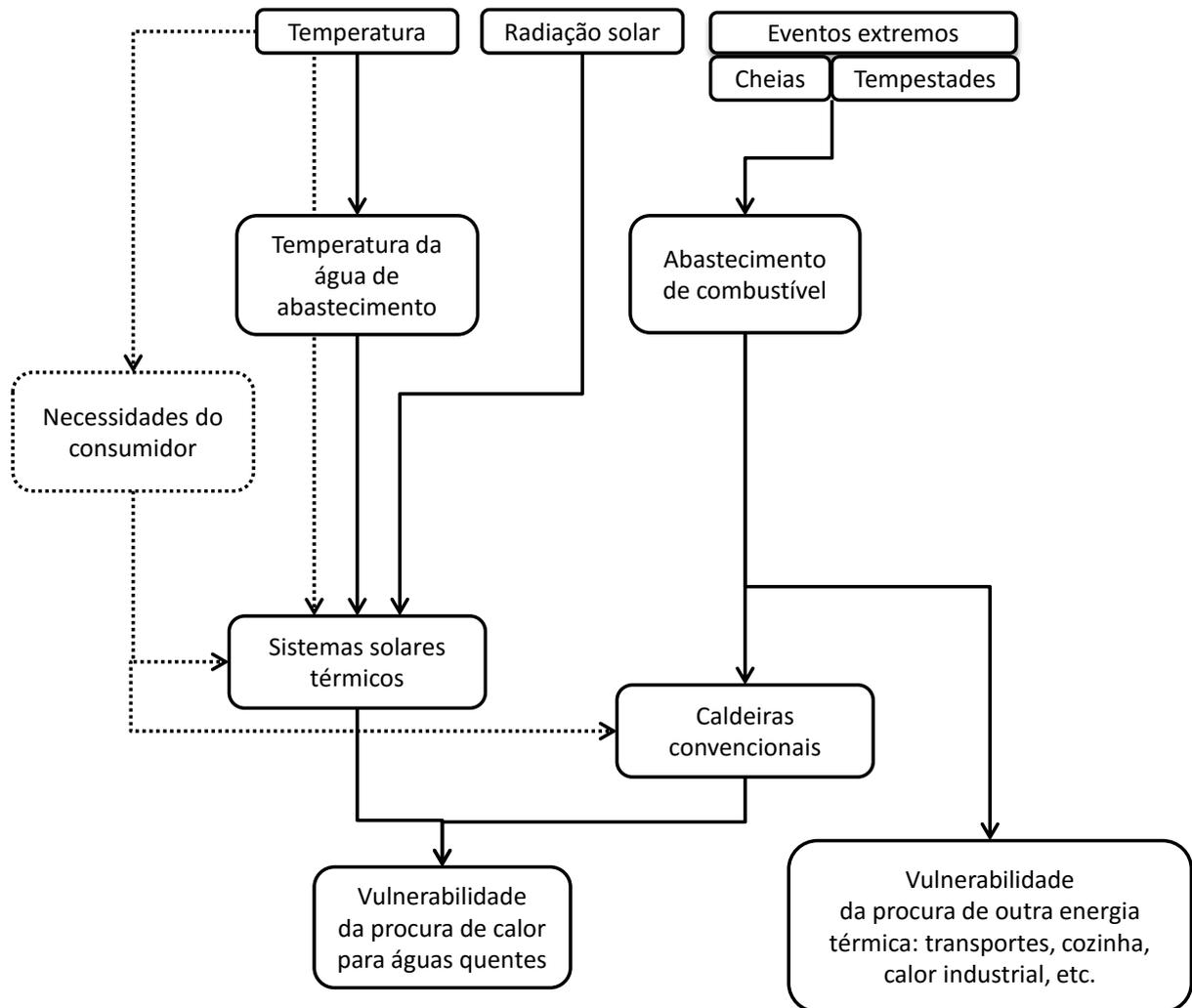


Figura 1 – Cadeia de impactos na procura de energia térmica em geral.

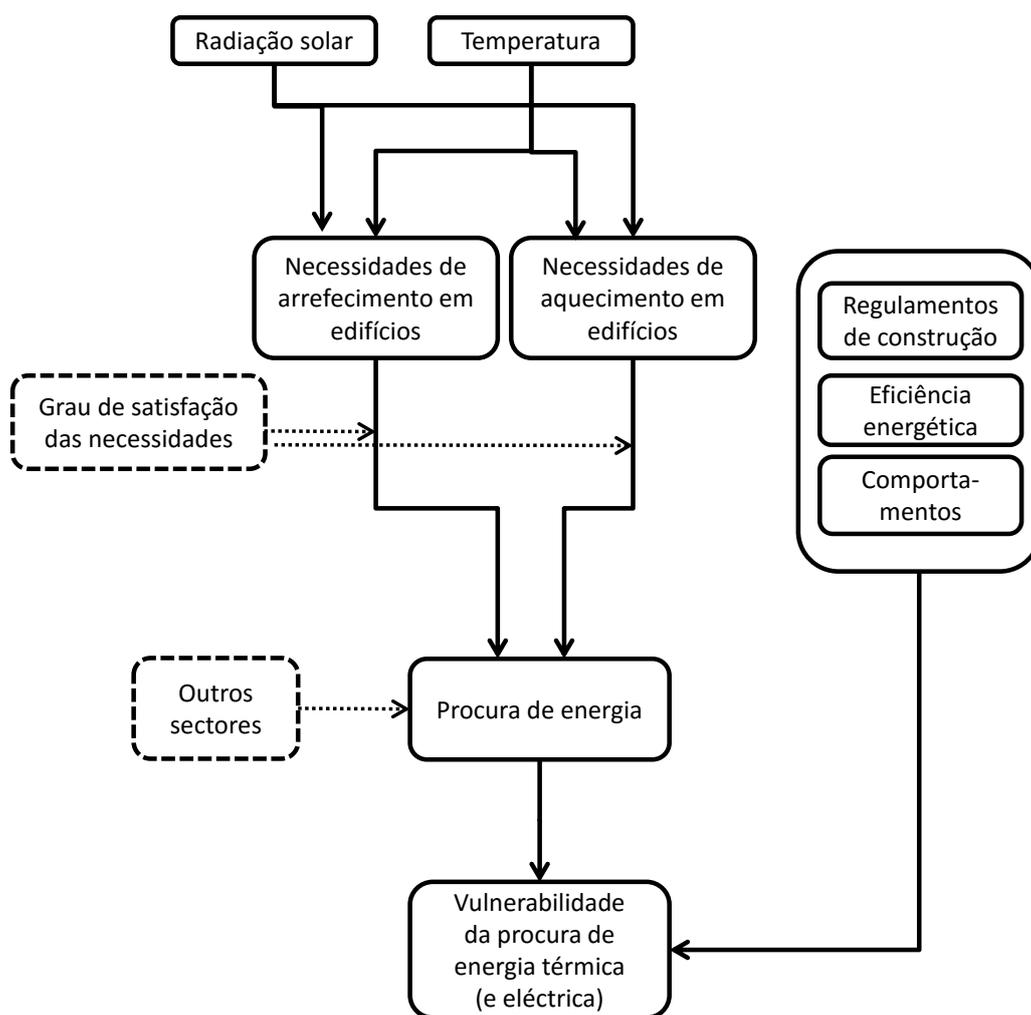


Figura 2 – Cadeia de impactos na procura de energia em edifícios.

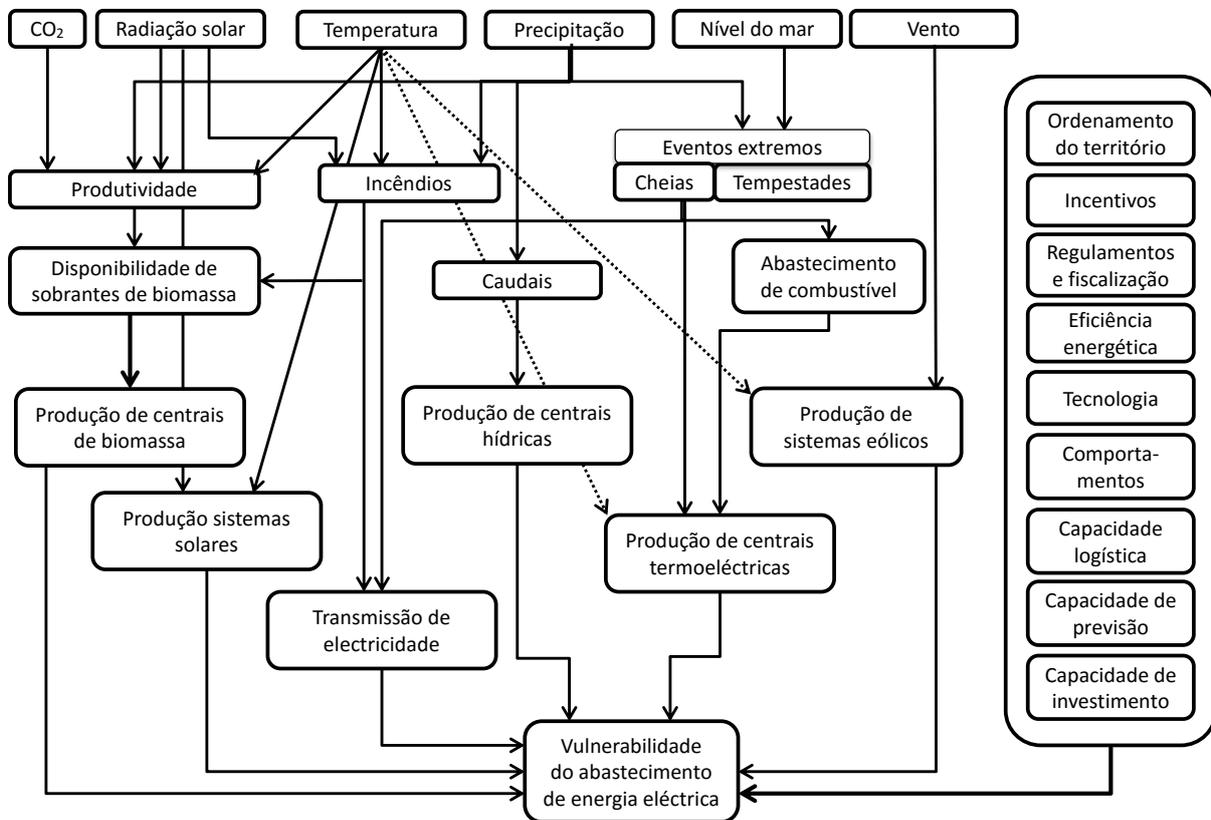


Figura 3 – Cadeia de impactos na oferta de energia a eléctrica.

Escala de Vulnerabilidade

Tabela 1 – Escala de vulnerabilidade.

| | |
|----|----------------|
| 2 | Muito Positivo |
| 1 | Positivo |
| 0 | Neutro |
| -1 | Negativo |
| -2 | Muito Negativo |
| -3 | Crítico |

Nota: foram consideradas na zona neutra toda as estimativas de vulnerabilidade entre +1% e -1%, relativamente à dimensão, conforme adequado, da oferta ou da procura de energia para o sistema examinado.

Comportamento da procura de energia eléctrica e da temperatura

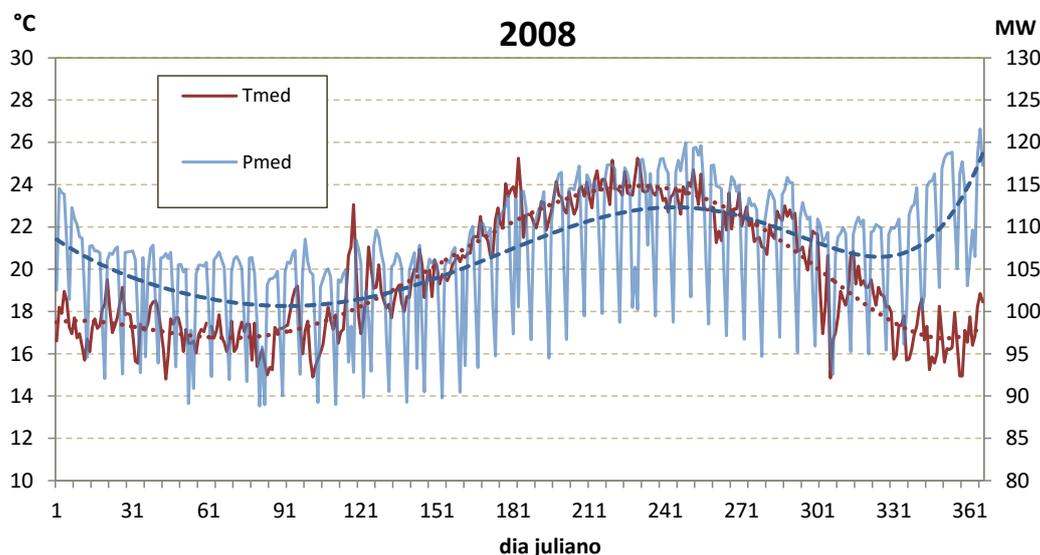


Fig. 4 - Exemplo típico de séries diárias de temperatura média diária (Tmed) e potência média diária aparente (Pmed) demonstrando a falta de correlação tanto a nível de dias individuais como de tendências sazonais*.

(*) Este resultado foi confirmado através do cálculo de correlações, retirando a componente sazonal anual média ou por troços (estações do ano), para cada dia da semana, obtendo-se sempre correlações muito baixas.