

RELATÓRIO ENERGIA PARA O PRAC - PROGRAMA REGIONAL DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DOS AÇORES

[ESTE DOCUMENTO SERÁ SUJEITO A REVISÃO E EDIÇÃO]

“Este projeto foi apoiado pelo PO Açores 2020 – EU”



GOVERNO
DOS AÇORES



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE IMPACTES, VULNERABILIDADES E OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

ENERGIA

OUTUBRO 2017

Preparado para:

Secretaria Regional da Energia, Ambiente e Turismo

Direção Regional do Ambiente

Rua Cônsul Dabney, Colónia Alemã

9900-014 Horta

Preparado por:

Ricardo Encarnação Coelho (FFCUL-CCIAM)

Preparado no âmbito do:

Contrato N.º 18/DRA/2015 de Prestação de Serviços para a Elaboração do Plano Regional para as Alterações Climáticas.



GOVERNO
DOS AÇORES



UNIÃO EUROPEIA

Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

1 ÍNDICE

1 Índice	5
2 Sumário Executivo	8
3 Definição de objetivos de Adaptação	10
3.1 Sector da Energia – perspectiva de autonomia e coesão	10
3.1.1 Níveis Elevados de Autossuficiência e Segurança Energéticas	10
3.1.2 Qualidade do fornecimento energético	11
3.1.3 Minimizar impactes ambientais da energia	12
3.1.4 Manter ou diminuir os custos de energia	13
3.1.5 Preservar e proteger a infraestrutura	13
3.2 Transportes – perspectiva de coesão	13
4 Metodologia	14
4.1 Definição de âmbito	14
4.2 Esquema Metodológico	15
5 Contextualização	17
5.1 Contexto climático	17
5.2 Caracterização da área de estudo	18
6 Ligação energia-clima	20
6.1.2 Modelo da relação	23
6.2 Vento - Energia eólica	24
6.2.1 Caracterização da relação	24
6.2.2 Modelo da relação	24
6.2.3 Limitações	28
6.3 Temperatura-Energia Geotérmica	29
6.3.1 Caracterização da relação	29
6.3.2 Modelo de relação	31
6.3.3 Limitações	33
6.4 Temperatura-Carga	33
6.4.1 Caracterização da relação	33
6.4.2 Modelo de relação	37

6.4.3	Limitações	38
6.5	Clima-Continuidade do serviço (qualidade)	39
6.5.1	Caracterização da relação	39
6.5.2	Modelo de relação	39
6.5.3	Limitações	41
6.6	Conclusão	41
7	Exposição do sistema elétrico a riscos mapeados associados ao clima e elementos do território	43
7.1	Metodologia de análise cartográfica dos mapas de risco	43
7.1.1	Locais de incidência de risco	43
7.1.2	Apuramento do risco por local de incidência	43
7.1.3	Tipologias de vulnerabilidade	44
7.2	Riscos apurados	45
7.2.1	Grupo Oriental e Central	45
7.3	Agregação da exposição aos riscos	52
7.4	Limitações	53
7.5	Conclusão	53
8	Impactos	55
8.1	Precipitação – Energia Hídrica	57
8.1.1	Redução do potencial de energia hídrica por redução do recurso hídrico disponível	57
8.1.2	Interrupção ou redução temporária do potencial hídrico devido a bloqueio à infraestrutura hídrica	58
8.1.3	Indisponibilidade prolongada do potencial hidroelétrico	60
8.2	Vento-energia eólica	61
8.2.1	Perturbação de variações da potência eólica na rede	61
8.2.2	Interrupção ou forte redução temporária do potencial eólico disponível	63
8.2.3	Interrupção ou forte redução prolongada da potência eólica disponível	64
8.3	Temperatura-energia geotérmica	65
8.3.1	Perda de potência elétrica geotérmica	65
8.3.2	Perda de energia elétrica de origem geotérmica	67
8.4	Temperatura-carga	67

RELATÓRIO SECTOR ENERGIA
PROGRAMA REGIONAL PARA AS ALTEAÇÕES CLIMÁTICAS

8.4.1	Impacto e exposição	67
8.4.2	Sensibilidade e indicadores	69
8.4.3	Avaliação	74
8.5	Clima-Qualidade	75
8.6	AC-Custo da energia fóssil	76
8.6.1	Descrição do mecanismo do impacto	76
8.6.2	Impacto das AC no custo da energia	80
9	Vulnerabilidades - Resultados e Discussão	84
9.1	Capacidade adaptativa a fenómenos extremos	84
9.2	Estrutura das Vulnerabilidades	88
9.3	Vulnerabilidades presentes e futuras	92
10	Medidas	94
10.1	Notas sobre as medidas	110
11	Conclusão	111
12	Agradecimentos	113
13	Índice de Gráficos, Tabelas e Figuras	114

2 SUMÁRIO EXECUTIVO

O presente documento constitui a versão final do Relatório do Setor da Energia, que integra o Programa Regional de Alterações Climáticas dos Açores (PRAC) e que resulta dos trabalhos desenvolvidos ao longo das três fases metodológicas definidas para a elaboração do PRAC.

A metodologia adotada envolveu:

- (i) a realização de um workshop com agentes locais para identificação dos principais objetos de estudo e objetivos de uma adaptação de sucesso;
- (ii) *mainstreaming* da adaptação setorial no contexto da política nacional (EN AAC) e internacional (IPCC);
- (iii) análise da relação causa-efeito entre o clima atual e a produção de energia;
- (iv) caracterização dos impactos atuais e futuros;
- (v) a caracterização da capacidade adaptativa e a avaliação das vulnerabilidades;
- (vi) a definição das opções de adaptação e medidas de adaptação para a RAA.

Com base nos documentos estratégicos do setor e nos resultados do workshop foram delineados os grandes objetivos de adaptação:

1. Níveis Elevados de Autossuficiência e Segurança Energética;
2. Manter e melhorar onde necessário a qualidade do serviço de fornecimento energético;
3. Minimizar impactes ambientais da energia;
4. Manter ou diminuir os custos de energia;
5. Preservar e proteger a infraestrutura.

As principais vulnerabilidades identificadas para o setor são:

- Interrupção do fornecimento de energia devido a perturbações, danos temporários a permanentes na infraestrutura, devido a vento forte, cheias, inundações, movimentos de massa (aluímentos de terra) ou galgamentos de mar;
- Perda de produtividade dos centros produtores a fenómenos climáticos extremos e padrões climáticos desfavoráveis;
- Sobrecarga das centrais térmicas reguladoras da qualidade da energia devido ao peso e instabilidade das Fontes de Energia Renovável (FER);
- Maior produção total de energia (carga) devido a temperaturas altas.

Estas vulnerabilidades resultam da exposição agravada a eventos extremos (ciclones, por exemplo), aumento da temperatura média do ar e alterações nos padrões da pluviosidade. Por exemplo, os resultados demonstram que o aumento da temperatura média do ar resulta na diminuição da potência geotérmica disponível, ao mesmo tempo que a carga total aumenta. Os padrões de chuva são relevantes para as disponibilidades futuras de recursos aquíferos nas ribeiras, afetando o potencial hídrico. Ocorrências de interrupção do serviço de energia com causa climática são as que têm o maior peso por ocorrência.

Como respostas a estas vulnerabilidades, e considerando os **objetivos de adaptação de sucesso**, foram traçadas **opções e medidas para o setor**. Essas medidas estão relacionadas com a componentes de impactos físicos, associados a eventos climáticos extremos, padrões climáticos desfavoráveis, padrões de consumo, estrutura de produção e regulação da qualidade.

Prevê-se que até ao fim do século a integridade da infraestrutura elétrica da região possa ser posta à prova com maior intensidade e frequência, aumentando do custo da energia e diminuição da resiliência do sistema elétrico.

Os objetivos da **adaptação de sucesso** e os **objetivos da mitigação** determinam que a aposta nas FER deve ser forte, mas existem barreiras relevantes a ultrapassar. As FER na RAA são mais vulneráveis ao clima e tipicamente não despacháveis, pelo que existe uma dependência da energia fóssil para a manutenção da qualidade. As medidas propostas traçam um caminho possível para a resolução deste paradoxo.

3 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS DE ADAPTAÇÃO

3.1 Sector da Energia – perspetiva de autonomia e coesão

Os desafios colocados ao sector da energia são bem resumidos pela DREn: “A energia é um sector estratégico, fundamental para a competitividade das empresas e para o bem-estar dos cidadãos. A necessidade de proteger o ambiente e a instabilidade dos preços dos combustíveis fósseis aconselham uma aposta significativa e continuada na diversificação das fontes energéticas, sobretudo de origem renovável, assim como na promoção da eficiência energética.”

Nesse espírito, o **objetivo da adaptação do sector da energia** é o de identificar vulnerabilidades, atuais e futuras do sector e propor medidas que aumentem a capacidade adaptativa da RAA às AC, para que se reúnam condições para fazer cumprir os objetivos estratégicos delineados pelo Governo dos Açores e pelos *stakeholders*, para os vários sectores do arquipélago, em especial no reforço da aposta na autonomia e coesão.

Este objetivo é resultado da agregação de diversos objetivos identificados para a RAA em formato de *workshop*, nos planos e metas para a energia. Esses planos são estratégicos, operacionais, de ordenamento, de apoio ao investimento e de políticas regionais, designadamente, o PROTA (2010), o ERAC (2011), PAES (Mar 2012), PEEA (2008) e o ProEnergia (2012). Abaixo são apresentados os objetivos da RAA para o sector da Energia, que a adaptação às AC deve incorporar.

Tabela 1 – Objetivos da RAA para o sector da Energia

OBJETIVOS DA RAA PARA O SECTOR DA ENERGIA	
Prioridade	Objetivo
1	Níveis Elevados de Autossuficiência e Segurança Energética
2	Manter e melhorar onde necessário a qualidade do serviço de fornecimento energético
3	Minimizar impactes ambientais da energia
4	Manter ou diminuir os custos de energia
5	Preservar e proteger a infraestrutura

3.1.1 Níveis Elevados de Autossuficiência e Segurança Energéticas

A noção de autossuficiência e o sentimento de segurança são essenciais para o cumprimento dos objetivos relacionados com a coesão da RAA, que é importante para a fixação das populações e para a sustentabilidade das várias comunidades dispersas pelo território.

O PROTA identifica o objetivo de ter “Níveis Elevados de Autossuficiência e Segurança Energéticas”, sendo que este é parte da visão estratégica para a RAA e especifica as principais normas orientadoras e de caráter territorial para o operacionalizar, que podem ser resumidas na aposta nas Fonte de Energia Renovável (FER) e na melhoria da eficiência energética.

A aposta nas FER passa por:

- Energia geotérmica – valorizar em Pico Vermelho e Ribeira Grande (São Miguel) e explorar o potencial da ilha Terceira;
- Energia eólica – valorizar o recurso existente em Santa Maria, Graciosa, S. Jorge, Faial, Flores e Pico, e explorar o potencial de S. Miguel, Terceira e Corvo, e em pequena escala (mini-eólicas);
- Energia das ondas – valorizar na Ilha do Pico;
- Energia hídrica – valorizar o potencial nas Flores, Horta e São Miguel;
- Energia de origem biológica – explorar o potencial de tecnologias que valorizem resíduos sólidos e líquidos biológicos
- Energia Solar – Térmica e Fotovoltaico onde possível.

As FER contribuem para a autossuficiência e a segurança do abastecimento energético, na medida em que o fornecimento de energia primária não depende do exterior da RAA, logo não é sensível à variação de preços ou a perturbações no abastecimento.

A melhoria da eficiência energética tende a contribuir para a diminuição das necessidades de compra de energia primária fóssil do exterior. A energia não desperdiçada elimina as perdas associadas ao seu transporte e substitui, preferencialmente, a energia obtida por via fóssil, o que aumenta o peso das FER. Cumulativamente, é retirado *stress* às redes de distribuição, o que melhora a sua resiliência a situações anómalas que surjam na oferta ou na procura.

Adicionalmente é um desígnio da Região apostar na produção descentralizada de energia em contextos que possam trazer melhorias de eficiência energética e na transferência de conhecimento através da experimentação e inovação.

A adaptação à AC deve incorporar o facto de as FER poderem vir a ter um peso maior na matriz energética da RAA. Mesmo que na generalidade, as FER estejam mais expostas e sejam mais sensíveis aos efeitos das AC, sejam elas tecnologias maduras ou em desenvolvimento, instaladas de forma isolada ou em rede, centralizadas ou descentralizadas (i.e. de pequena ou grande escala).

3.1.2 Qualidade do fornecimento energético

O PROTA também refere que é necessário melhorar a qualidade do fornecimento de energia elétrica no que toca à continuidade (designada por interrupções) de fornecimento de energia.

Atualmente, os centros produtores e a rede elétrica da EDA têm uma prestação resiliente e que está, na generalidade, ao nível dos padrões regulamentares definidos pela ERSE, no que toca à qualidade do serviço de energia (que inclui continuidade e também qualidade da onda de tensão).

A resiliência do sistema elétrico deve-se a um, desenho, integração e gestão eficazes da rede elétrica e dos centros produtores. A estabilidade do sistema elétrico está assente em fontes de energia fóssil, centralizadas e potentes, e numa rede capaz de gerir as perturbações elétricas. A robustez estrutural da rede de distribuição tem demonstrado ser capaz de suportar a maioria das condições extremas climatológicas atuais.

As fontes de energia fósseis centralizadas são fontes de energia elétrica despacháveis, que podem ser colocadas em (potência de) reserva, sendo por isso capazes de responder, sempre que necessário, a solicitações da rede, designadamente a quebras de energia de FER não despacháveis ou a variações pronunciadas da procura, garantindo a qualidade e a continuidade do serviço energético.

A adaptação deve incorporar a necessidade de reforço a resiliência do sistema elétrico, para que se possa manter ou mesmo melhorar a qualidade do serviço de energia elétrica, num contexto de maior peso de FER não despacháveis na matriz energética e de ocorrência de extremos climatológicos tendencialmente mais intensos, e que coloquem em risco a integridade e a estabilidade da rede.

A adaptação deve também contribuir para o reforço da capacidade do fornecimento energético de combustíveis no arquipélago, do qual atualmente o sector elétrico também depende.

3.1.3 Minimizar impactes ambientais da energia

Este objetivo está presente nos planos de carácter estratégico, ou até mesmo operacional, que abordam o sector da energia. A aposta em medidas que estimulem as FER e a melhoria da eficiência energética são identificados como aspetos relacionados com a minimização impactes ambientais da energia. Estas opções estratégicas, para além de cumprirem objetivos estratégicos para a região, são medidas de mitigação às AC que têm o propósito de reduzir emissões de GEE.

A estratégia de adaptação deve incorporar o objetivo de redução de emissões de GEE e prestar a informação sobre a sensibilidade das diferentes FER (à exposição) às AC, dando uma imagem clara da sua vulnerabilidade.

3.1.4 Manter ou diminuir os custos de energia

Sendo uma necessidade real para todo o território e sectores de atividade humana, o custo da energia é um objetivo que está implícito no pensamento estratégico para a região, mas que encontra poucas referências explícitas. O custo da energia, esteja este sob a forma final de eletricidade, combustível ou térmica, seja de origem térmica ou fóssil, é o fator mais relevante para o consumidor final, uma vez que a qualidade da energia é um dado adquirido estabelecido pela regulação.

As opções dos planos da Região para o sector da Energia e a execução das suas medidas pode, a par da relação entre a procura e a oferta, influenciar o custo da energia e consequentemente a implementação de tarifários considerados equilibrados pelos consumidores.

A estratégia de adaptação deve incorporar a prioridade de manter o preço da energia o mais baixo possível, pelo que, devem ser incluídas e sugeridas medidas que minimizem o investimento e não agravem o custo final da energia, com especial foco na facilitação da relação entre a oferta e a procura.

3.1.5 Preservar e proteger a infraestrutura

Dado que existem fenómenos de grande dimensão que podem danificar, derrubar ou destruir a infraestrutura energética, é necessário avaliar vulnerabilidades e criar medidas de redução da sensibilidade e aumento da capacidade adaptativa. Estes riscos estão relacionados com elementos naturais do território, usos do solo, ordenamento e estruturas de defesa a fenómenos extremos. Por exemplo, a urografia ou estabilidade dos solos, e podem resultar em aluimentos de terra ou inundações despoletadas por tempestades e padrões de precipitação extremos. O ordenamento do território e as estruturas de defesa construídas são também importantes na redução do risco de fenómenos de galgamentos de mar.

A estratégia de adaptação deve incorporar a necessidade de preservar a infraestrutura crítica de cada ilha, estabelecendo mecanismos de priorização e de verificação do risco, tendo em conta também os planos e medidas que são definidos por outros sectores.

3.2 Transportes – perspetiva de coesão

O sector dos transportes é um sector relevante para o consumo de energia na RAA, sob a forma de combustíveis. Este consumo engloba os transportes rodoviários, marítimos e aéreos. No que toca a objetivos de coesão é nos transportes marítimos e aéreos que residem os maiores desafios à AC. Adicionalmente o PROTA define a promoção de modelos de acessibilidade e mobilidade de forma a mitigar os efeitos de isolamento decorrentes da fragmentação territorial e da ultraperificidade.

A adaptação deve, apesar dos transportes marítimos e aéreos estarem muito expostos às AC, contribuir para aumentar a operacionalidade dos portos e aeroportos, onde sejam encontradas relações e tendências entre o clima e perturbações nas ligações.

4 METODOLOGIA

4.1 Definição de âmbito

O sector da energia é conotado com o subsector elétrico, mas na verdade implica outras formas de energia final e devem incluir as fontes de energia primária.

As fontes de energia primária (conforme definidas no Balanço energético para a RAA) são aquelas que o sistema energético usa e transforma em energia final, ou que entrega diretamente, sem transformação (como o caso da lenha), para consumo final. No caso da RAA a transformação de energia primária em energia final apenas ocorre no subsector elétrico, que usa Fuel Óleo e Diesel (ambos pré-transformados e importados de refinarias exteriores ao arquipélago) para produzir eletricidade e onde são contabilizadas as perdas na produção. Para as Fontes de Energia Renovável (FER) (fontes endógenas transformadas localmente, como a Hidroeletricidade, Eólica, Fotovoltaica, Geotérmica, Solar Térmico e o Biogás), a produção é contabilizada como uma entrada de energia primária sob a forma de eletricidade e que se converte em energia disponível para consumo final sem perdas de produção.

A energia final é usada por sectores da economia que são identificados no Balanço Energético como sendo a Agricultura e Pescas, Industrias Extrativas, Industrias Transformadoras, Construção e Obras Públicas, Transportes, Sector Doméstico e Serviços.

Esta nomenclatura é muito específica da análise do balanço da energia, onde por exemplo o consumo do transporte privado aparece agregado ao transporte público e de mercadorias, na categoria Transportes. Para simplificar a análise e facilitar a compatibilização dos planos e políticas públicas existentes, sem esquecer todas as formas de energia primária e final, foi organizado o **âmbito** do trabalho relacionado com as AC, o sector da energia foi dividido nos seguintes subsectores:

- Oferta de energia elétrica: designado apenas por **Oferta**, abrange toda a infraestrutura fóssil ou renovável, ligada em rede ou isolada;
- Procura de energia elétrica: designada apenas por **Procura**, abrange os consumos considerados relevantes para o contexto das AC ou com impacto na qualidade do serviço de eletricidade, inclui serviços energéticos úteis como a refrigeração (preservação de alimentos), conforto térmico e qualidade do ar (aquecimento e arrefecimento) e mobilidade,
- Redes de energia: designada apenas por **Redes**, abrange o transporte de energia elétrica e transporte de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos;

Adicionalmente foram consideradas outros dois subsectores que são relevantes para a Energia e Transportes:

- Transportes aéreos e marítimos: designado apenas como **Transportes**, abrange os dois modos transporte que são relevantes para o objetivo estratégico da coesão do arquipélago, por serem relevantes para o combate ao isolamento do arquipélago, em particular das ilhas da coesão (Corvo, Flores, São Jorge, Graciosa e Sta. Maria), em questões relacionadas com a disponibilidade e operacionalidade da infraestrutura aeroportuária e portuária;

- Impactos diretos e indiretos por eventos extremos nas infraestruras de energia e transportes: designado apenas por **Impactos Extremos**, abrange toda a infraestrutura energética que está sujeita a impactos e que decorrem da exposição a eventos extremos de temperatura, precipitação, vento, ondulação ou tempestades. No caso dos Açores são importantes os eventos de temperatura alta, precipitação intensa, vento forte, ondulação forte e com orientação desfavorável, ou a passagem de furações e tempestades tropicais. Estes eventos extremos podem despoletar impactos diretos como quebra de potência, danos temporários ou permanentes. Podem também despoletar impactos indiretos como fenómenos de cheia e inundações, movimentos de massa (aluímentos de terra), sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surge*) ou o aumento da procura de potência de consumo. Eventos extremos afetam múltiplos sectores, para além da energia, cuja sensibilidade depende de várias características da infraestrutura energética e seus utilizadores, entre elas a robustez da infraestrutura, a litologia e geomorfologia das vertentes e usos do solo.

Depois de uma análise preliminar dos Transportes foi determinado que não seria feita uma análise ao sector por não existir informação tratada ou publicamente disponibilizada. São feitas algumas considerações ao longo do trabalho no que toca à interação entre energia e transportes, designadamente mobilidade elétrica. Contudo o foco

4.2 Esquema Metodológico

Conforme o esquema metodológico de análise representado abaixo, a abordagem de identificação de impactos, vulnerabilidades presentes, vulnerabilidades futuras e definição de proposta de medidas foi feita com base em várias fontes. Foi dada prioridade às contribuições dos *stakeholders*, para que, usando informação de dados climáticos e dados reais de operação, fosse possível provar as relações causa-efeito, entre clima e energia, e encontrar novas relações.

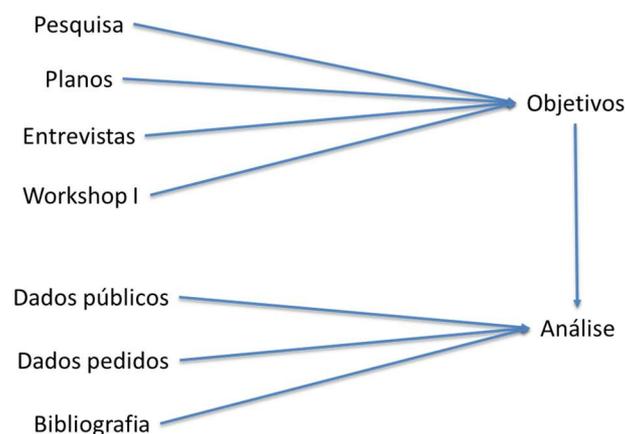


Figura 1 - Esquema metodológico de análise

Uma vez estabelecida a análise aos dados e à informação recolhida foram elaborados os vários elementos da estratégia, conforme o esquema metodológico de trabalho representado abaixo, que inclui as fontes mais importantes.

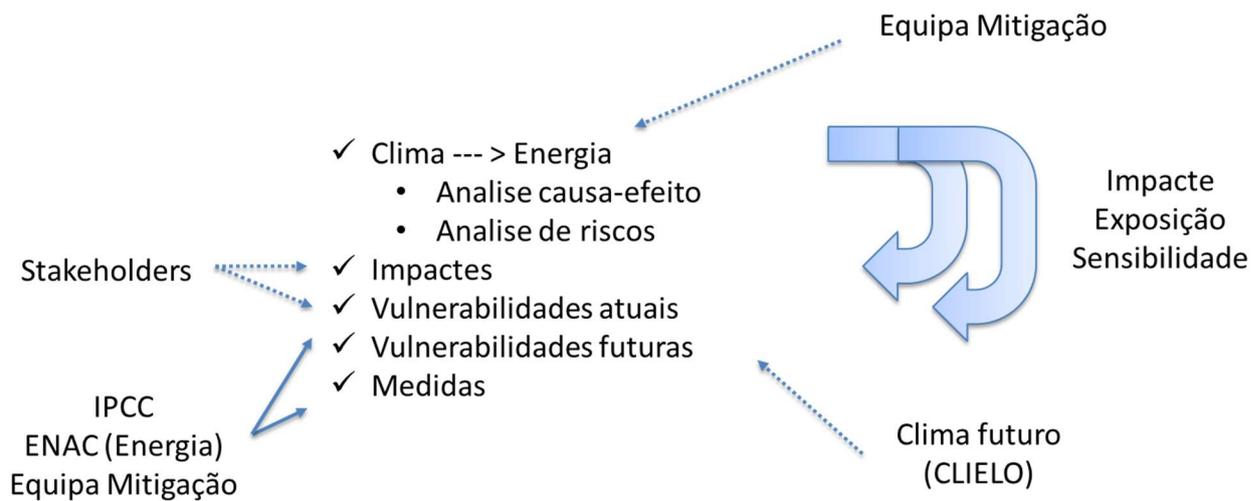


Figura 2 - Esquema metodológico de trabalho

5 CONTEXTUALIZAÇÃO

5.1 Contexto climático

Foram considerados dados climáticos de 2011 a 2015 da Ilha de São Miguel¹, com elevado detalhe para encontrar e validar relações causa efeito entre o clima e a energia. Foram analisados outros dados climáticos de maior alcance temporal e espacial, mas para a tarefa pretendida esta foi a melhor opção. A ilha de São Miguel é a ilha que, à exceção da energia das ondas (apenas existente na ilha do Pico, como pouco peso energético, apesar do seu capital e potencial de conhecimento) reúne todas as formas de energia presentes no arquipélago, tornando-a por isso um caso de estudo.

Foi considerado o modelo CIELO² para os Açores, do clima presente e futuro, para projetar os impactos encontrados nos cenários futuros³. Os dados analisados revelaram-se coerentes com o clima presente caracterizado, sendo por isso possível usar as anomalias projetadas nos diferentes cenários para projetar vulnerabilidades futuras. Foi estabelecido por este estudo que existirão aumentos de temperatura durante todo o ano, sendo a anomalia maior nos meses de verão. Para os padrões de chuva é considerado pelo sector da energia que estes se irão caracterizar por uma maior concentração de precipitação no inverno e com maior intensidade, o que na prática sugere que no futuro existirão mais episódios de inundações e cheias e menor retenção de água superficial e subterrânea, para disponibilidades futuras nas linhas de água com aproveitamento hidroelétrico. Esta percepção é coerente com a leitura das conclusões das projeções do projeto SIAM II⁴, que confirma a tendência de manutenção da quantidade total de precipitação por ano, maior precipitação sazonal de inverno e menor precipitação sazonal de verão.

É considerado que episódios de vento extremo e tempestades de mar irão piorar na frequência e intensidade, tendo em conta estudos sobre a Frequência dos Furacões⁵, Intensidade de furacões⁶. Consequentemente é esperado que a sobrelevação marítima de origem meteorológica seja maior e mais frequente, o que aumentará o risco de fenómenos de galgamento de mar face ao presente ordenamento da orla costeira. Adicionalmente estes fenómenos de galgamento serão agravados pela esperada subida do nível médio das águas do mar⁷, que no caso dos Açores poderá atingir um metro, até ao final do século.

¹ Dados da rede Hidrometeorológica dos Açores, SRAA

² Azevedo, E.B.: Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO para o PRAC-Açores

³ Representative Concentration Pathways (RPC)

⁴ Alterações climáticas em Portugal. Cenários, impactos e medidas de adaptação. Projeto SIAM II - 1ª edição, F. D. Santos & P. Miranda (editores), 2006

⁵ Murakami, H. et al, Influence of Model Biases on Projected Future Changes in Tropical Cyclone Frequency of Occurrence, 2013

⁶ Bengtsson, L., et.al, How may tropical cyclones change in a warmer climate?, 2007

⁷ Que poderá ir até um metro,

5.2 Caracterização da área de estudo

A área de estudo incluiu todo o arquipélago tomando o caso de São Miguel como **caso de estudo**. Em São Miguel, usando dados horários, foi estudada a relação entre o clima e a produção de energia, nomeadamente entre:

- O vento e a energia eólica;
- A precipitação com a energia hídrica;
- A temperatura média do ar e a:
 - Energia geotérmica;
 - Produção total de energia (carga);
- Fatores climáticos e indicadores de qualidade de energia.

Foram determinadas as vulnerabilidades de cada tecnologia de produção renovável e sua interação com a fósil, usando os resultados da análise estatística, modelos e informações dos *stakeholders*. Para o restante arquipélago é considerado que **existe aplicabilidade** das vulnerabilidades encontradas e medidas propostas, onde essas tecnologias existam ou venham a existir.

Nas **restantes ilhas** existe predominantemente o binómio entre energia eólica e térmica (centrais de energia fósil). Existe a exceção das Flores, onde a energia hídrica tem um peso significativo (23,8% para 2015), do Corvo e Graciosa⁸, onde de momento só existe energia térmica. Na generalidade dos casos existe pouca expressão da energia hídrica (3.1% na RAA em 2015), com a referida exceção nas Flores. Apesar de haver pouca expressão da energia hídrica é espectável que exista um aumento do seu peso no futuro. A energia geotérmica só existe na ilha de São Miguel, mas em breve estará presente na ilha Terceira (com a finalização da primeira fase (3.5 MW) de construção prevista para 2017⁹).

No caso da **avaliação de riscos** associados a elementos do território, nomeadamente galgamentos de mar, aluimentos de terra, cheias e inundações, foi feita uma avaliação em **todo o arquipélago**.

Através dos estudos referidos no contexto climático, foram considerados cenários socioeconómicos RPC 4.5 e 8.5 que definem à escala global as emissões antropogénicas dos GEE. Essas emissões “(...) dependem maioritariamente da dimensão da população, da atividade económica, do estilo de vida, da utilização energética, dos padrões de utilização do solo, da tecnologia e de políticas climáticas (...)”¹⁰. Estas emissões globais poderão ser diferentes das regionais pelo que não foram objeto de estudo específico. É considerado que o curso das AC e da adaptação na RAA depende apenas das emissões globais. Contudo, o mesmo não é dizer que a responsabilidade da mitigação seja apenas da responsabilidade de algumas nações e regiões.

⁸ Na Graciosa teve energia eólica de 1992 a 2012, mas o reinvestimento no Parque Eólico da Serra Branca ainda não foi feito

⁹ EDA Informa nº158, 2015

¹⁰ Bernardino, M e Espírito Santo, F. - Identificação de metodologias para a definição de cenários climáticos no contexto das alterações climáticas no sector do turismo. Lisboa, LNEC e IPMA, 2015. Projeto AdaPT AC:T, v0.

Nesse contexto há que referir que o relatório de mitigação aborda cenários futuros de evolução do consumo de energia, baseados em dados estatísticos de diferentes regiões do país e usando referências de autores. Esses cenários não foram considerados no estudo das vulnerabilidades futuras das AC (no contexto da adaptação), mas são relevantes para o desenvolvimento de medidas de adaptação e mitigação, no âmbito do PRAC.

6 LIGAÇÃO ENERGIA-CLIMA

Este capítulo visa explorar as relações entre fatores climáticos e a energia elétrica. Os dados serão analisados em bases temporais diferentes¹¹ com o fim de compreender fenômenos de curto e de longo prazo, e a sua interação com outros fatores não climáticos, como o turismo. Depois de identificar estas relações, pretende-se encontrar os modelos de relação entre a energia elétrica (produção, procura ou qualidade de energia elétrica) e os fatores climáticos (precipitação, temperatura e vento). Estes modelos permitem identificar as vulnerabilidades atuais e futuras, representados pelos extremos atuais e projetando desvios médios futuros.

Neste capítulo, para a ilha de São Miguel, é realizada uma análise sobre a correlação estatística de curto prazo (2011-2015), entre fatores climáticos: precipitação, temperatura e vento, e a produção de energia hídrica, geotérmica e eólica. Adicionalmente é estudada a procura total de energia, designada por carga, e indicadores de continuidade do serviço de energia elétrica¹²: número de interrupções, tempo de interrupção, TIEPI e END.

Os dados utilizados para os fatores climáticos são de 2011 a 2015.¹³ Os dados da energia provêm dos registos de potência elétrica de 2008 a 2015¹⁴, tendo sido tratados e convertidos em médias horárias, diárias, semanais e mensais, para ser comparados.

A metodologia utilizada produziu resultados relevantes no período de estudo de curto prazo (2011-2015) para a ilha de São Miguel. Será pertinente estendê-la para a Ilha do Pico e Santa Maria neste mesmo período¹⁵, assim como usar os dados diários disponibilizados para todas as ilhas para o período de 2008 a 2015¹⁶ e ainda os dados mensais de 1997 a 2015¹⁷. No entanto as conclusões genéricas decorrentes da aplicação da metodologia podem ser consideradas genericamente para a RAA mediante a valorização das especificidades associadas às estruturas produtoras de energia, à dimensão da rede e à matriz de produção elétrica. A ilha de São Miguel é, no contexto da RAA, o sistema mais complexo e que, por isso mesmo, levanta maior número de questões relevantes no contexto da ligação Energia-Clima.

Em anexo são apresentados gráficos para cada tipo de relação, os respetivos coeficientes de correlação (de Pearson e de Spearman) e os modelos de correlação onde aplicáveis.

¹¹ Dados com intervalo horário, diário, semanal e mensal.

¹² <http://www.eda.pt/Regulacao/Paginas/Indicadores-de-Continuidade-de-Servi%C3%A7o.aspx>

¹³ dados climáticos disponibilizados pelo SRAA para São Miguel, com periodicidade de 10 min, de 2011-2015, provenientes da Rede Hidrometeorológica dos Açores (SRAA, DRA)

¹⁴ Usando registos de potência de curto prazo, com periodicidade de 30min, desde 2008 a 2015, para fornecidos pela EDA para todos os centros de produção em todas as ilhas

¹⁵ Usando dados climatológicos que SRAA possui para estas ilhas

¹⁶ Usando dados climatológicos diários fornecidos pelo IPMA (algumas séries com 30 anos de dados disponíveis) e cruzando com os registos de potência de curto prazo fornecidos pela EDA, para todas as ilhas (2008-2015), agregados na periodicidade diária

¹⁷ Usando dados climatológicos diários do IPMA, agregados na base mensal, e dados mensais fornecidos pela EDA para todas as ilhas de 1997 a 2015

6.1 Precipitação - Energia hídrica

6.1.1 Caracterização da relação

Neste subcapítulo pretende-se investigar a relação entre a precipitação e a produção de energia hídrica, principalmente por ser este o parâmetro estudado nas projeções futuras para os cenários climáticos. Conforme é abordado em anexo não há de momento viabilidade para incluir a mediação do variável caudal num modelo de relação precipitação com a energia hídrica.

O objetivo foi o de que verificar se existe sazonalidade na produção, conforme o reportado pelo operador das barragens hidroelétricas de fio de água de São Miguel. Será confirmado se menos chuva resulta numa produção hídrica menor ou se outros fatores são mais relevantes para as disponibilidades futuras. É espectável que a forma como a chuva cai (intensidade), quando eu cai e a capacidade de retenção de recursos hídricos é mais importante para caudais futuros.

O gráfico 1 mostra as médias horárias da potência hidroelétrica (kW) e da média horária de precipitação (mm) por semana (utilizando o período de 2011-2015). A média da produção é calculada com os valores de todas as sete centrais hídricas e a média da precipitação é calculada com valores de Candelária, Chã de Macela, Lagoa das Furnas, Praia, Salto do Cabrito e Santana.

Verifica-se a hipótese de sazonalidade da produção, mas esta é pouco expressiva, quando comparada com a sazonalidade da precipitação, que é maior. Outros fatores poderão ser mais importantes para explicar a relação entre a produção hídrica e a precipitação.

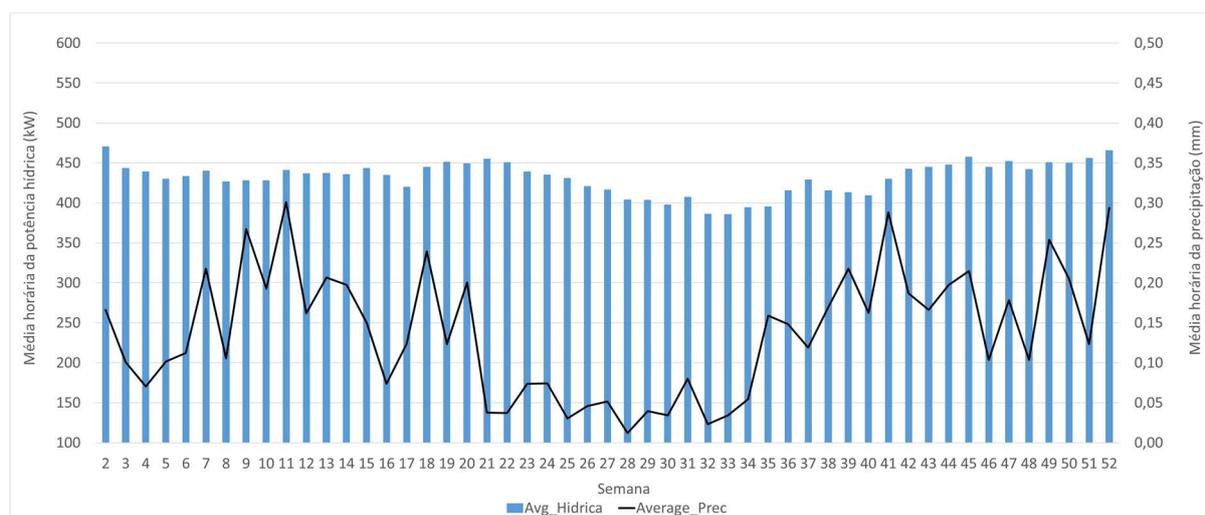


Gráfico 1 – Produção média horária por semana e precipitação média horária por semana (2011-2015)

A análise dos dados revela que as hídricas têm relações estatísticas com a precipitação distintas entre si. Para o caso da 72HIRP¹⁸ e 72HIFN¹⁹ existe uma correlação maior entre o que é produzido e o que chove num dado período de tempo. Nas restantes centrais, poderá

¹⁸ Central Hídrica de Ribeira de Praia, São Miguel

¹⁹ Central Hídrica de Fábrica Nova, São Miguel

ser mais relevante, a precipitação que ocorreu, sua intensidade, nas semanas e meses anteriores às do registo da produção, do que a precipitação que ocorreu no período em que a energia hídrica é contabilizada. Isto é, os efeitos de médio prazo (semanas a meses) poderão ser mais relevantes do que os efeitos de curto prazo. O exemplo da representação gráfica abaixo (Gráfico 2), com as médias horárias de produção e precipitação por semana para 2014, parece confirmar esta hipótese. Tal como o gráfico anteriormente apresentado (Gráfico 1), este gráfico (Gráfico 2), são coerentes com as hipóteses de:

- haver um efeito de médio prazo que demonstra sensibilidade à intensidade da precipitação;
- a capacidade de retenção de recursos aquíferos pela urografia ser determinante para o caudal que é libertado nas semanas e meses seguintes.

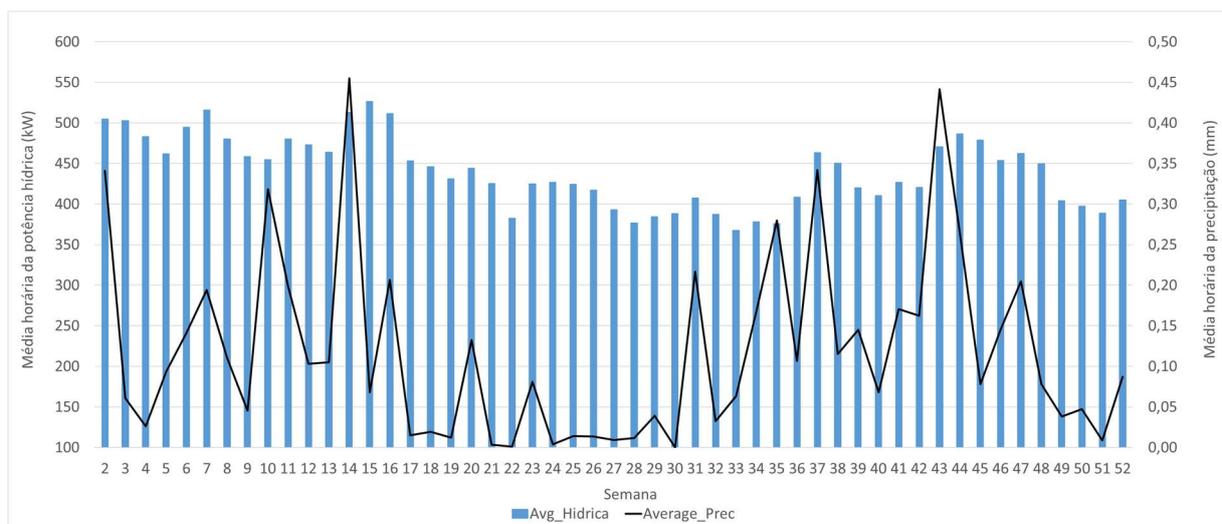


Gráfico 2 – Produção média horária por semana e precipitação média horária por semana em 2014

Para mais informação sobre metodologia nomeadamente os respetivos coeficientes de correlação (de Pearson e de Spearman) e os modelos de correlação ver anexo.

As representações gráficas também apontam para a hipótese de existir uma boa capacidade de retenção das águas das chuvas, mesmo quando estas estão um pouco concentradas, por exemplo no espaço de poucas semanas. Tipicamente, a precipitação de ocorre em curtos espaços de tempo (com intensidade elevada) “perde-se” mais facilmente por escorrência, sendo que o recurso de potencial produção de energia não é retido.

Na prática, isto significa que durante períodos de fraca precipitação a produção hídrica desce pouco, por comparação à descida da precipitação (tipicamente nos meses de verão, como se pode verificar nos gráficos anteriores). Essa capacidade produtiva diminui devagar mesmo que a precipitação seja reduzida durante os meses seguintes. Quando a precipitação volta a aumentar a capacidade produtiva é recuperada rapidamente e num espaço de tempo provável de uma semana.

Assim sendo, pode-se dizer que as barragens de fio de água beneficiam de um efeito de albufeira²⁰, proporcionado pela capacidade de retenção da precipitação da ilha. Isto permite que o recurso hídrico chegue de forma faseada e continuada no tempo às linhas de água onde estão as barragens.

Posto isto, será espectável que no horizonte de tempo de médio prazo (semanas a meses) a **energia hidroelétrica depende da forma como precipitação ocorre** (de forma intensa ou moderada), da quantidade acumulada nos meses anteriores à produção e da capacidade de retenção das águas pluviais pela urografia.

Contudo, no horizonte de tempo de curto prazo (horas a dias) a situação é diferente e merece a análise simultânea com os valores do caudal, que é feita no capítulo de eventos extremos. Foi verificado que **chuvas de grande intensidade** podem provocar caudais excessivos e que **reduzem o potencial hídrico**. Esse potencial é tipicamente reduzido devido ao arrastamento e acumulação de inertes orgânicos e inorgânicos, podendo levar horas a dias para recuperar.

6.1.2 Modelo da relação

Verificou-se que existe correlação significativa entre algumas variáveis de precipitação e energia hídrica, mas não existe viabilidade para construir um modelo de regressão devido a limitações e âmbito deste estudo.

Para que seja possível definir um modelo será necessário construir um modelo teórico hidrológico e retirar os *outliers* (valores extremos, a ignorar na análise da série de dados). O modelo teórico teria que incluir uma variável que traduza a capacidade de retenção de água das chuvas, definir limites de retenção a partir dos quais a intensidade de precipitação é excessiva e uma mediação da relação precipitação-energia, através do variável caudal (registado nas linhas de água das centrais hídricas). Esta mediação pelo caudal é pertinente, uma vez que foram encontradas mais relações entre variáveis caudal-energia com coeficientes de relação significativos e mais fortes, do que nas relações precipitação-energia (conforme se pode verificar no anexo). A filtragem dos *outliers* iria excluir as ocorrências que não têm influência na produção, devido a uma intensidade de precipitação excessiva ou cujo valor registado resulta de um erro de registo. A mesma filtragem para os dados de caudal iria remover os valores que não podem ser aproveitados pelo sistema hidroelétrico e que por isso não têm influência na relação caudal-energia. Ao restringir todos os dados dentro do envelope da relação causa-efeito, os valores das correlações iriam aumentar substancialmente.

De forma a determinar vulnerabilidades iremos basear-nos nas conclusões que foram obtidas no capítulo anterior referente à análise descritiva e bi-variada das relações.

²⁰ Efeito natural de albufeira é o termo encontrado para fazer referência à capacidade de retenção da precipitação, proporcionada por reservatórios naturais de superfície (como lagoas), solos, vegetação, ou aquíferos subterrâneos, e subsequente libertação progressiva na bacia hidrográfica, por processos naturais de infiltração, e que proporciona às barragens de fio de água alguns dos benefícios e pontos fortes das barragens de albufeira

6.1.3 Limitações

Devido ao âmbito deste estudo do sector da energia não foi desenvolvido um modelo teórico hidrológico, que permitiria a definição de um modelo de regressão da relação precipitação-energia. Não foram analisados neste capítulo eventos extremos e o seu efeito na produção.

6.2 Vento - Energia eólica

6.2.1 Caracterização da relação

Neste capítulo pretende-se investigar a relação dos dados de vento com a produção de energia eólica no parque eólico dos Graminhais em São Miguel.

Foram usados dados de produção eólica de abril de 2012 a dezembro de 2015 e excluídos todos os dados de relativos ao período das 0h e as 8h da manhã²¹. Isto resultou num total de 20550 casos horários. Uma vez que não estão disponíveis dados de vento do parque eólico dos Graminhais serão avaliados os **dados da estação Udométrica de Espigão da Ponte**²² no sentido de perceber se estes podem ser estatisticamente utilizados para analisar o comportamento do parque eólico face ao padrão de vento real da região. Em primeiro lugar foram comparados todos os dados do período de 2012 a 2015, destacando os referentes a períodos de estabilidade na produção eólica. O período de estabilidade considerado foi o período de abril²³ de 2012 a dezembro de 2015, entre as 9h e as 23h inclusive²⁴, o que resultou num total de 20550 casos horários. A escala da série de vento foi ainda corrigida para valores antes de outubro de 2013 ²⁵.

Em anexo foram coligidos os coeficientes de correlação, sendo que os resultados apontam para a hipótese da **série de dados da estação de Espigão da Ponte, poder ser usada** para estudar a relação causa-efeito entre o vento e a produção eólica no parque dos Graminhais.

6.2.2 Modelo da relação

Verifica-se que existe correlação significativa entre variáveis, mas não é apropriado construir um modelo de regressão devido ao âmbito deste estudo (que exclui um estudo específico de análise ao rendimento do parque eólico²⁶). Para perceber quais serão as vulnerabilidades

²¹ uma vez que desde o final de 2012 a produção eólica é deliberadamente reduzida no período de vazio, por motivos de despacho e gestão operacional da rede

²² Ao analisar os dados em pormenor descobriu-se em 2013 uma mudança de escala na série de dados de vento, o que levou a uma correção de escala de m/s para km/h

²³ Altura a partir da qual os dados da produção eólica têm valores que se assemelham a regime de cruzeiro estável

²⁴ Desde o final de 2012 a produção eólica é deliberadamente reduzida no período de vazio, por motivos de despacho e gestão operacional da rede

²⁵ Ao analisar os dados em pormenor descobriu-se em 2013 uma mudança de escala na série de dados de vento, o que levou a uma correção de escala de m/s para km/h

²⁶ O objetivo de um estudo específico de análise de rendimento ao parque eólico é o de determinar se um conjunto de equipamentos do parque cumpre com a sua performance contratada, face ao recurso eólico verificado. Usa métodos de análise avançados, que incluem a análise do comportamento individual de cada turbina, seus registos de operação (como por exemplo, posição da torre, o ângulo das pás ou parâmetros de gerador) e registos individuais de vento (velocidade e direção)

atuais e futuras será necessário construir um modelo teórico adaptado a estes objetivos e que se explica de seguida. Convém salientar que, no âmbito deste propósito, estamos a usar uma série de dados que corresponde a um local e altura diferente daquele onde está instalado o parque eólico, e que por isso **os valores de velocidade de vento que ocorreram no parque eólico serão outros**. Estamos por isso analisar padrões entre dados de vento, que de alguma forma caracterizam o estado do vento na ilha, e dados de produção eólica.

Em primeiro lugar são analisados o **número de casos de velocidades de vento e a energia produzida em cada caso (velocidade) de vento**. Conforme o Gráfico 3, verifica-se que metade da energia é produzida até 23km/h e que valores inferiores a essa velocidade ocorrem em 75% dos casos.

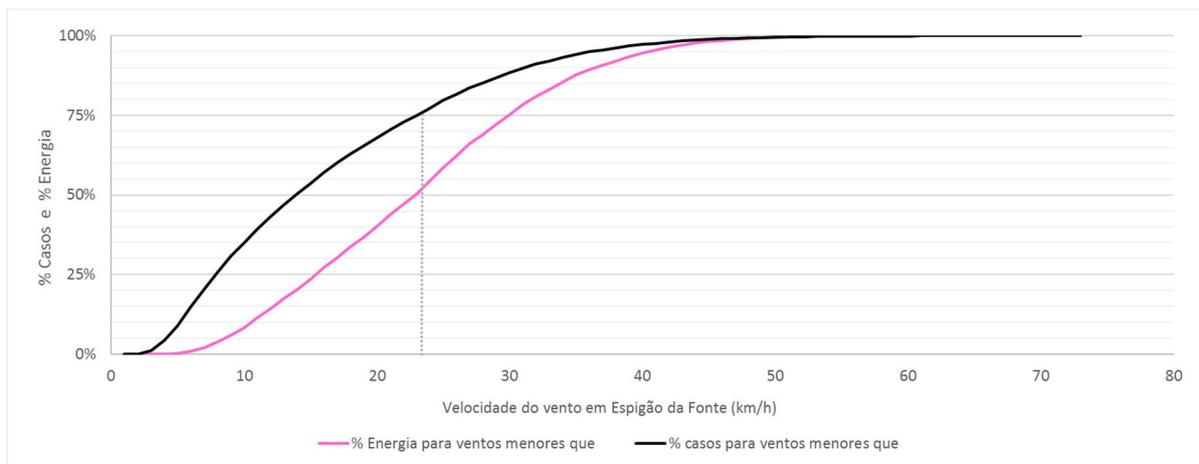


Gráfico 3 – Distribuição da produção da energia e do número de casos por velocidade do vento (anos e correções)

Isto significa que 50% da energia é produzida quando ocorrem valores superiores a 23 km/h, algo que ocorre em 25% dos casos. Logo, **ventos mais fortes (acima de 23 km/h) são menos frequentes mas mais produtivos**. O Gráfico 4 mostra quase a mesma informação apresentada de forma diferente. Podemos comparar o valor total da energia produzida²⁷ por cada valor inteiro de velocidade do vento e a sua comparação com o número de casos.

²⁷ Calculada usando os dados da produção destacados, de 2012 a 2015, das 9h às 23h, inclusive e dados de vento corrigidos (com alteração na escala de vento antes de outubro de 2013)

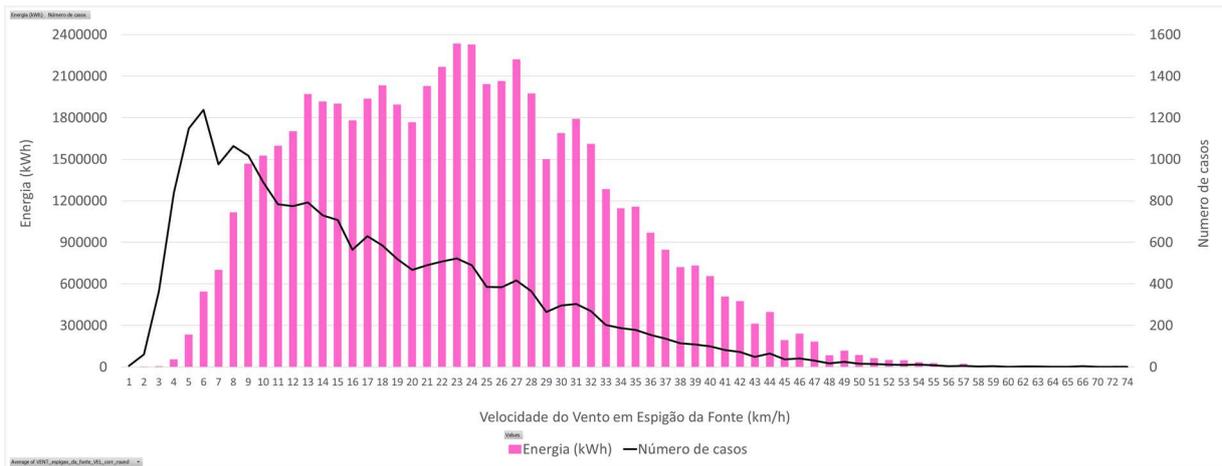


Gráfico 4 – Produção da energia eólica e número de casos por valor inteiro de velocidade do vento

Consegue-se ver (de novo) que os casos de vento tendem a concentrar-se em valores mais reduzidos, mas que a maior parte da produção de energia ocorre a velocidades mais elevadas.

Em segundo lugar é analisada a **influência da estabilidade do vento na produção eólica**. Para isso foi identificado um indicador da estabilidade do vento, o rácio entre o desvio padrão e a velocidade do vento (DP/VEL). Valores mais baixos deste rácio poderão indicar ventos mais estáveis e valores mais altos poderão indicar ventos mais instáveis. O Gráfico 5 representa a quantidade de energia produzida e o número de casos por cada valor desse rácio.

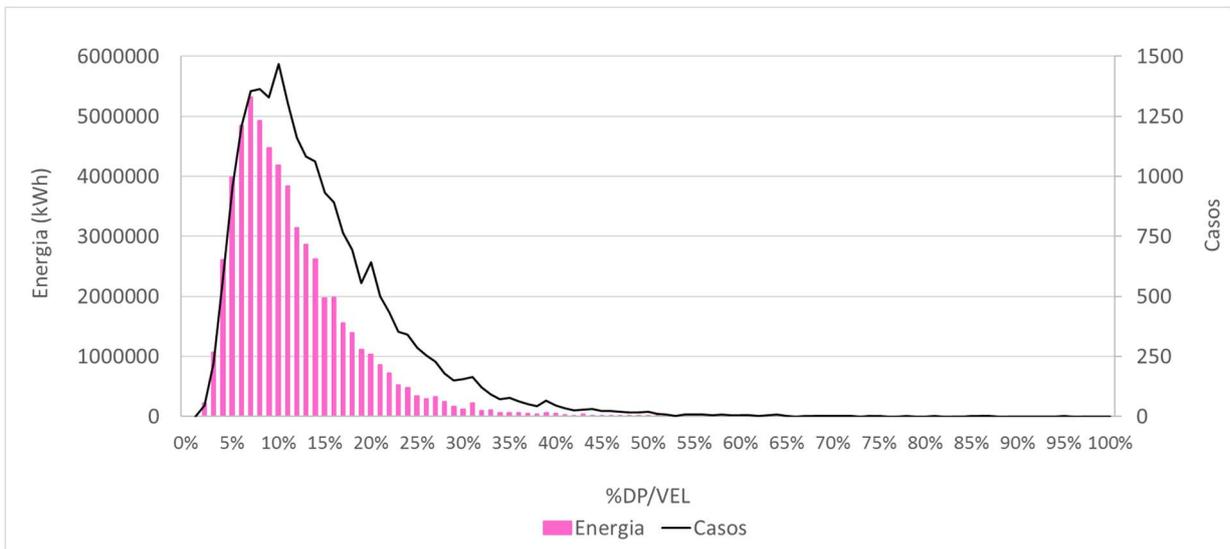


Gráfico 5 – Produção da energia eólica e número de casos por rácio DP/VEL (anos e correções)

Pode verificar-se que, até ao pico de energia (5322873 kWh), que ocorre nos 7% do rácio, a representação gráfica da *Energia* produzida tem uma forma semelhante ao número de *Casos*. Isto significa que a energia produzida evoluiu de forma semelhante ao número de casos, logo, casos mais frequentes acumulam mais energia produzida, conforme seria de esperar.

Após o pico dos 7% do rácio existe uma desproporção na relação entre o número de casos e a energia produzida, conforme se pode verificar no gráfico pelo descolamento da linha em relação às barras. Nesta parte do gráfico, para um dado valor de energia existem mais casos do que na parte anterior do gráfico. **Isto poderá querer dizer que ventos mais instáveis serão menos produtivos do que ventos estáveis.**

Em terceiro lugar há que perceber se **ventos mais estáveis produzem potências médias maiores**, e com que valores. Abaixo vemos a representação gráfica da potência média e a velocidade do vento em relação ao rácio DP/Vel.

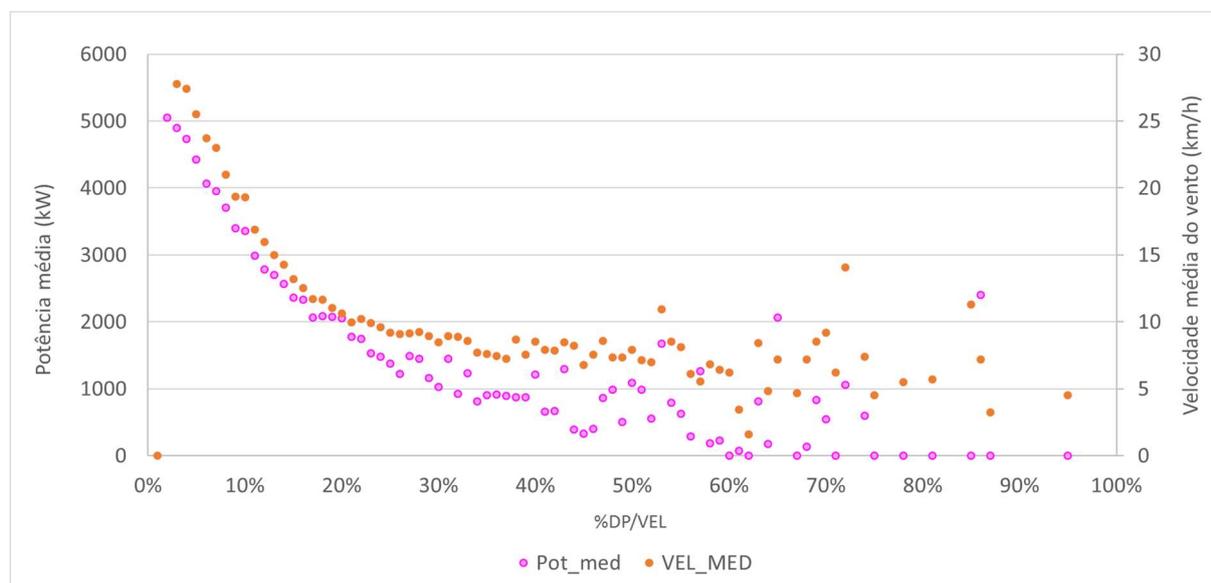


Gráfico 6 – Potência média eólica e velocidade média do vento por rácio DP/VEL (anos e correções)

Pode verificar-se que a linha de velocidade do vento e potência média evolui de forma idêntica até aos 20% de rácio. Isto significa que, neste intervalo de valores do rácio (DP/VEL), o desvio padrão (DP) poderá ser um proxy da velocidade. Para valores entre 20% e 40% há um descolamento das duas linhas, o que pode querer dizer que o rácio é relevante para explicar a potência média. Acima dos 40% existe uma maior dispersão entre as linhas devido ao menor número de casos, pelo que não é possível estabelecer um padrão.

Outra forma de colocar esta questão é que, para ventos fracos, abaixo dos 10 km/h (o que corresponde aproximadamente **em forma**²⁸ à *rated output speed*), o rácio de estabilidade parece ter alguma influência na produção, sem que haja uma relação linear que seja facilmente visível. Acima dos 10km/h o rácio poderá ser apenas um *proxy* da velocidade do vento.

Em anexo é completada a análise da relação DP/VEL com a velocidade do vento e a produção eólica.

²⁸ Conforme é explicado em anexo, o contorno do gráfico dos dados de vento (reais) de Espigão da Fonte, com a produção no parque eólico dos Graminhais, tem semelhanças importantes com linha da curva característica do parque eólico. Em especial a forma da *cut in speed* e da *rated output speed*, apesar da escala ser diferente

Este conjunto de análises deu origem às seguintes conclusões sobre a relação vento-energia:

- **Ventos fortes** são ventos **menos frequentes, mais estáveis**, que dão origem a uma **maior**, mais **estável potência eólica** e que acumulam **mais** produção de energia;
- **Ventos fracos** são ventos **mais frequentes**, tendencialmente **menos estáveis**, que dão origem a uma **menor e menos estável potência eólica**;
- A análise ao indicador DP/VEL aponta para a possibilidade que a **estabilidade** do vento será tendencialmente **mais importante** para a potência média **em ventos mais fracos**, do que para ventos mais fortes onde a velocidade do vento tem um efeito predominante;
- Ventos fortes têm um rácio DP/VEL mais reduzido;
- **Alterações na distribuição de casos** de velocidade de vento **deverá alterar a energia total produzida**, visto que cada velocidade do vento origina um valor de energia final diferente;

Verifica-se que, no clima atual, existe um padrão de ventos favorável à produção, quer ao nível da estabilidade da potência quer ao nível da energia total produzida. No âmbito das AC, a **alteração dos padrões de vento** poderá alterar a **distribuição de ventos**, sendo possível que passe a haver **mais instabilidade de potência e menos produção de energia** total.

6.2.3 Limitações

Existiram uma série de limitações à análise:

- Dados disponíveis estão perto do parque eólico, mas não são no parque eólico, apesar de existir correlação não representa corretamente o vento do parque eólico;
- Não foi feito um estudo técnico de produtividade do parque eólico²⁹, porque esse estudo excede o âmbito deste relatório, que iria distinguir o que são alterações do comportamento das turbinas de alterações dos padrões de vento;
- No sentido de simplificar a análise, circunscrever o âmbito da análise e uma vez que as relações observadas são suficientes para o âmbito deste estudo:
 - Não foi desenvolvido um modelo de análise à direção do vento;
 - Não foi feita uma correção da velocidade do vento à altura das turbinas;
 - Não foi aprofundado o estudo do efeito do rácio DP/VEL para a produtividade do parque eólico;
- A série de dados é curta e deveria ser completada com a análise de outros parques eólicos e com uma série de dados mais longa;

²⁹ Só um estudo especializado de produtividade do parque eólico, com dados localizados, que incluem variáveis que não foram usadas ou que não estão disponíveis, pode determinar se o parque eólico está a produzir conforme o que foi contratado pelo fornecedor, se o recurso eólico está a sofrer alterações face ao esperado e que parâmetros do recurso eólico e da produção podem ser monitorizados para determinar alterações futuras e vulnerabilidades.

Apesar das limitações foi possível produzir conclusões sobre a importância da frequência de velocidades e da estabilidade do vento para a produção da energia eólica, o que permite a identificação de vulnerabilidades e proposta de medidas.

6.3 Temperatura-Energia Geotérmica

6.3.1 Caracterização da relação

Neste capítulo pretende-se investigar a relação dos dados de temperatura de Chã de Macela, Lagoa das Furnas e Santana e com a produção de energia geotérmica em Pico Vermelho e Ribeira Grande. A hipótese do estudo é de que a temperatura irá afetar a produção geotérmica, conforme foi referido pelo operador do sistema. A hipótese de estudo assenta no fato de esta a perda de potência fica a dever-se a maiores autoconsumos na central³⁰ e eventualmente também à perda de rendimento do ciclo termodinâmico.

Abaixo são apresentadas as tabelas com os coeficientes de relação entre a produção em cada central e a variável de temperatura. São apresentados os valores para os dados que incluem todo o ano e os trimestres de inverno (1), primavera (2), verão (3) e outono (4).

Tabela 2 - Coeficientes de Pearson e Spearman da relação entre as variáveis de temperatura e produção geotérmica da Ribeira Grande (*correlação é significativa ao nível de 0.05 (valor p), **correlação é significativa ao nível de 0.01 (valor p))

Energia geotérmica na CENTRAL GEOTÉRMICA DA RIBEIRA GRANDE (72GTRG)											
		Ano todo		Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		Trimestre 4	
		R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman
**p < 0.01 ; *p < 0.05											
Temperatura média (h) em Chã de Mecela (°C)	Horários	-0,271**	-0,379**	-0,261**	-0,308**	-0,186**	-0,301**	-0,175**	-0,237**	-0,356**	-0,457**
	Diários	-0,276**	-0,405**	-0,323**	-0,374**	-0,159**	-0,310**	-0,104*	-0,201**	-0,390**	-0,506**
	Semanais	-0,083	-0,313**	0,151	-0,253	0,181	-0,158	-0,043	-0,201	-0,328**	-0,197
	Mensais	-0,004	-0,161								
Temperatura média (h) na Lagoa das Furnas (°C)	Horários	-0,229**	-0,337**	-0,226**	-0,273**	-0,127**	-0,243**	-0,075**	-0,149**	-0,283**	-0,384**
	Diários	-0,210**	-0,334**	-0,269**	-0,309**	-0,089	-0,224**	0,049	-0,03	-0,226**	-0,345**
	Semanais	-0,098	-0,276**	-0,507*	-0,484*	-0,009	-0,166	0,061	-0,055	-0,304**	-0,097
	Mensais	0,005	-0,153								
Temperatura média (h) em Santana (°C)	Horários	-0,275**	-0,392**	-0,227**	-0,270**	-0,194**	-0,320**	-0,178**	-0,245**	-0,375**	-0,472**
	Diários	-0,271**	-0,407**	-0,264**	-0,304**	-0,168**	-0,325**	-0,110*	-0,215**	-0,400**	-0,510**
	Semanais	-0,122	-0,343**	-0,516**	-0,494*	-0,012	-0,201	-0,001	-0,235	-0,352**	-0,192
	Mensais	-0,004	-0,181								

Tabela 3 - Coeficientes de Pearson e Spearman da relação entre as variáveis de temperatura e produção geotérmica em Pico Vermelho (*correlação é significativa ao nível de 0.05 (valor p), **correlação é significativa ao nível de 0.01 (valor p))

Energia geotérmica na CENTRAL GEOTÉRMICA DO PICO VERMELHO (72GTPV)											
		Ano todo		Trimestre 1		Trimestre 2		Trimestre 3		Trimestre 4	
		R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman	R de Pearson	Rho de Spearman
**p < 0.01 ; *p < 0.05											
Temperatura média (h) em Chã de Mecela (°C)	Horários	-0,200**	-0,335**	-0,071**	-0,127**	-0,160**	-0,288**	-0,311**	-0,575**	-0,165**	-0,284**
	Diários	-0,126**	-0,388**	-0,011	-0,054	-0,127**	-0,287**	-0,257**	-0,429**	-0,115*	-0,331**
	Semanais	0,104	-0,350**	-0,029	-0,285	0,21	-0,241*	-0,418**	-0,480**	-0,021	-0,004
	Mensais	0,24	0,054								
Temperatura média (h) na Lagoa das Furnas (°C)	Horários	-0,179**	-0,307**	-0,053**	-0,113**	-0,122**	-0,242**	-0,260**	-0,524**	-0,137**	-0,266**
	Diários	-0,100**	-0,366**	0,012	-0,028	-0,063	-0,247**	-0,154**	-0,388**	-0,084	-0,323**
	Semanais	0,025	-0,345**	-0,538**	-0,416*	-0,015	-0,236	-0,377**	-0,441**	-0,048	0,001
	Mensais	0,131	0,008								
Temperatura média (h) em Santana (°C)	Horários	-0,201**	-0,333**	-0,077**	-0,146**	-0,151**	-0,282**	-0,325**	-0,594**	-0,174**	-0,293**
	Diários	-0,129**	-0,395**	0,008	-0,061	-0,105*	-0,276**	-0,284**	-0,472**	-0,137**	-0,359**
	Semanais	0,04	-0,373**	-0,521**	-0,443*	-0,007	-0,250*	-0,435**	-0,507**	-0,028	0,009
	Mensais	0,158	0,031								

³⁰ Originados por aerocondensadores com ar forçado, usados na condensação do fluido secundário

Conforme o esperado, verifica-se que existe uma correlação entre as variáveis de temperatura e produção, tendencialmente não linear e com valores negativos que são maiores no verão. Isto significa que a relação entre a temperatura e a produção é mais notória nos meses de verão, havendo uma queda não linear da produção com o aumento da temperatura.

Abaixo no Gráfico 7, podem ser visualizados os valores horários médios de potência geotérmica, em Pico Vermelho e Ribeira Grande, e temperatura em santana no trimestre de verão.

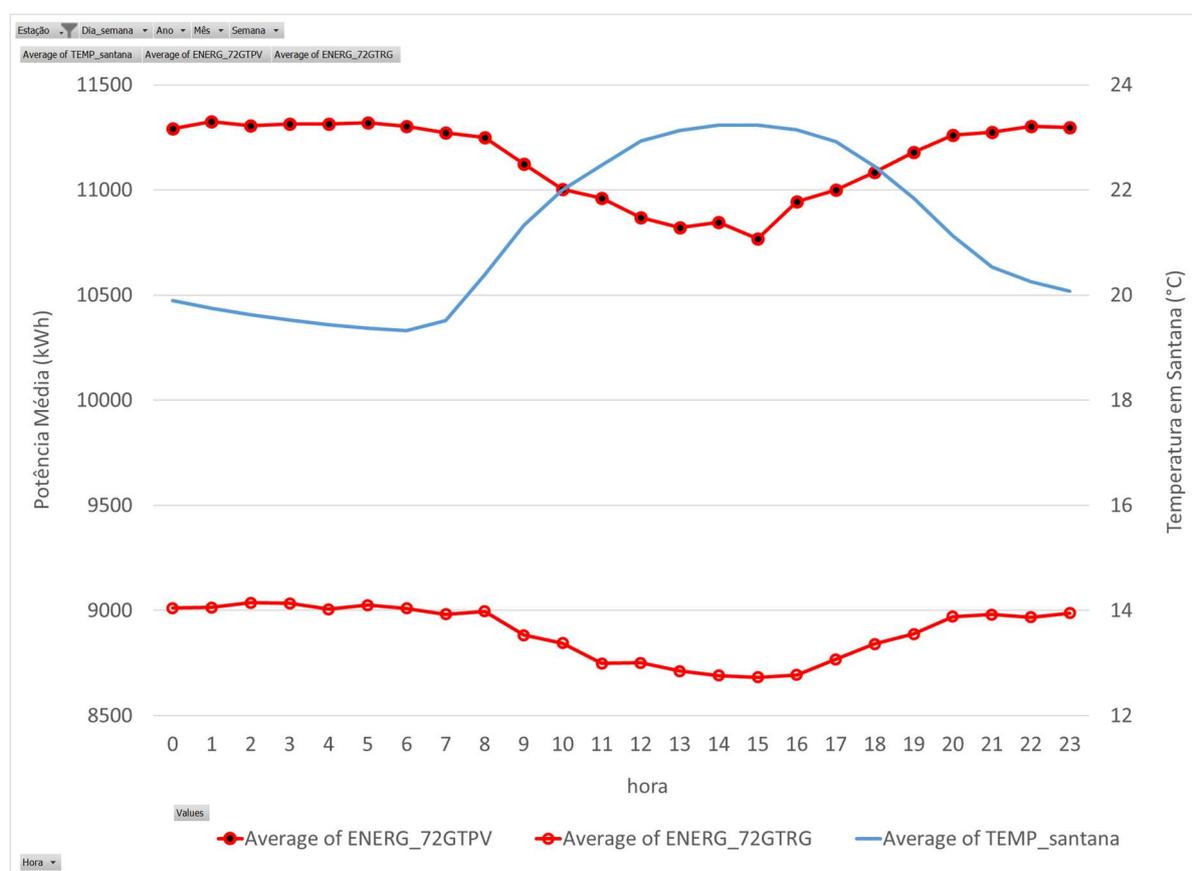


Gráfico 7 – Potência média geotérmica em Pico Vermelho (72GTPV), Ribeira Grande (72GTRG) e a temperatura média em Santana no trimestre de verão, representadas por horas

O gráfico acima reforça a hipótese de existir uma relação causa-efeito entre a temperatura exterior e a potência média.³¹

³¹ Foram excluídos todos os *outliers* das séries de dados, mas os regimes intermédios estão incluídos nas médias de potência.

Abaixo é apresentado o gráfico da potência média por temperatura, considerando apenas os valores relevantes para o estudo da relação causa-efeito. O método de seleção de dados considerados válidos é explicado em anexo. Esta seleção foi necessária para eliminar regimes transitórios como os que ocorrem com maior frequência na central da Ribeira Grande³².

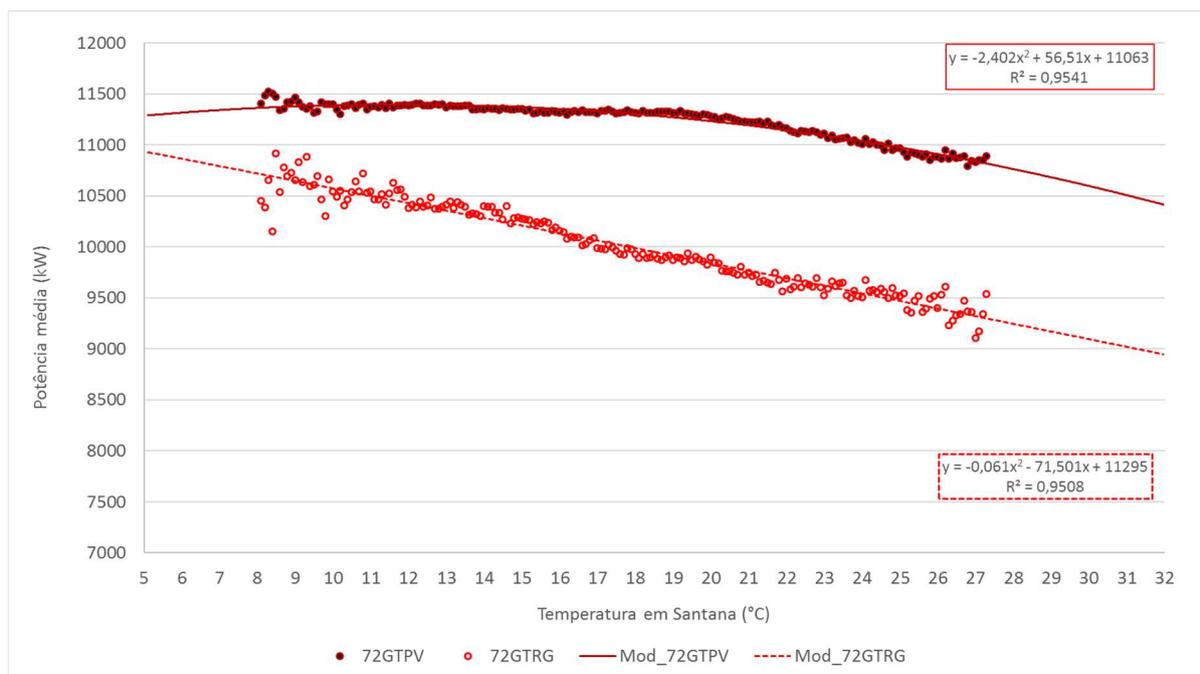


Gráfico 8 – Potência média geotérmica por temperatura (dados de Santana) em Pico Vermelho (72GTPV) e Ribeira Grande (72GTRG), com critério de valores mínimos de plena tomada de potência

No Gráfico 8 pode-se verificar a aplicação do critério de valores mínimos de plena tomada de potência tornou as relações mais visíveis. Pode-se verificar que a central de Pico Vermelho apresenta valores médios superiores, apesar de ser uma central com menor potência instalada, atinge potências superiores e mais regulares ao longo dos meses. Estão também representados dois modelos de regressão quadráticos que são explicados no capítulo seguinte.

6.3.2 Modelo de relação

Foram estabelecidos modelos de regressão, com coeficientes de regressão fortes, para a relação entre a temperatura do ar e com a potência média ocorrida plena tomada de potência (i.e., à velocidade de cruzeiro, sem regimes intermédios, arranques e paragens graduais), e descritos abaixo:

³² Foi verificado que existe um padrão sinusoidal da produção ao longo do tempo, o que denota uma insuficiência da fonte quente, proveniente do recurso geotérmico

Tabela 4 - Caracterização dos modelos de regressão quadráticos para a relação temperatura - energia geotérmica

Central	R ²	F	p	Constante	b1	b2
72GTPV	0,954	F (2,190) = 1975,993	0,000	11063,049	56,510	-2,402
72GTRG	0,951	F (2,190) = 1835,965	0,000	11294,647	-71,501	-0,061

A Tabela 4 especifica os coeficientes das equações quadráticas e os testes de correlação do modelo de regressão da relação temperatura-energia geotérmica. Pode-se verificar que ambos os modelos têm uma boa robustez, sendo de salientar a importância do critério mínimo de plena tomada de potência para a obtenção deste resultado, em especial no caso da central de Ribeira Grande. De seguida é feita uma comparação entre médias calculadas e os modelos obtidos.

Foram calculadas as potências médias ponderadas ao número de casos, que resultaram em 11298 kW e 10088 kW, para Pico vermelho e Ribeira Grande, respetivamente. Abaixo é apresentado o gráfico da diferença percentual entre a potência média geotérmica e a potência média ponderada, usando a média dos dados e o modelo de regressão, em Pico Vermelho (72GTPV) e Ribeira Grande (72GTRG), em função da temperatura.

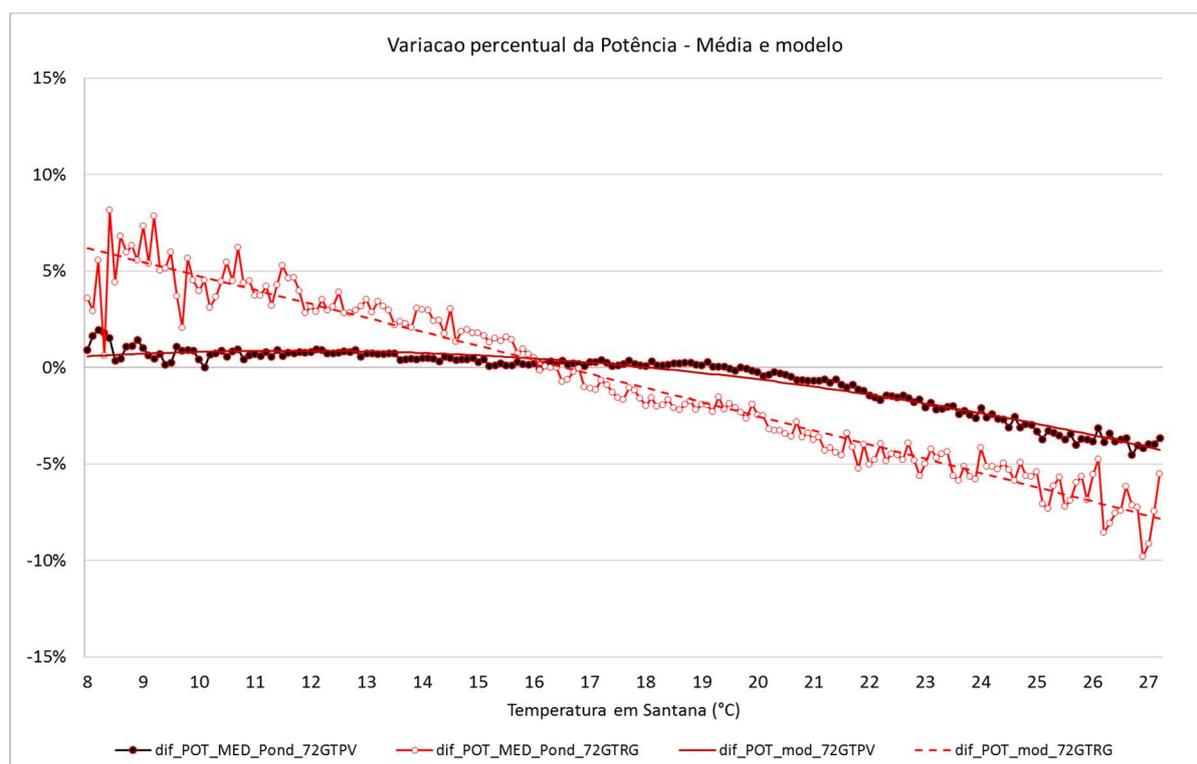


Gráfico 9 – Diferença percentual entre a potência média geotérmica e a potência média ponderada, usando a média dos dados e o modelo de regressão, em Pico Vermelho (72GTPV) e Ribeira Grande (72GTRG)

O gráfico acima mostra que existe uma redução significativa de potência a temperaturas do ar mais elevadas. A 27°C, a perda de potência é, usando os valores médios de potência, de

4,2% (72GTPV) e 9,8% (72GTRG) e, usando o modelo de regressão, de 4,1% e 7.6%. É também esperado pelo modelo um ganho de potência para Ribeira Grande quando a temperatura desce. O gráfico mostra ainda para Ribeira grande que existe uma dispersão de resultados da potência média maior nos extremos de temperatura, o que é espectável devido ao número reduzido de casos para estes valores de temperatura.

Posto isto, ficou estabelecido que:

- **Existe perda de potência geotérmica em função da temperatura;**
- **Existe um modelo de regressão que explica a relação entre variáveis de temperatura e potência;**
- **O modelo de 72GTPV é quadrático e que o 72GTRG é mais linear e com um declive maior, ou seja, teoricamente é mais sensível ao aumento da temperatura do ar;**
- **Sendo esse o caso, a central 72GTPV poderá estar melhor otimizada para as temperaturas mais frequentes, do que a central 72GTRG³³.**

6.3.3 Limitações

Por ter sido construído um modelo confiável que poderá ser usado para quantificar vulnerabilidades atuais e projetar vulnerabilidades futuras, foram dispensadas as seguintes análises:

- Determinar se a perda de potência geotérmica por efeito do aumento da temperatura, se deve exclusivamente ao aumento dos autoconsumos ou também à perda de rendimento do ciclo termodinâmico;
- Analisar dados de autoconsumo, radiação solar, precipitação, taxa de evapotranspiração e vento e sua relação com a perda de potência;
- Analisar a estabilidade do recurso geotérmico (caso estivessem disponíveis os dados necessários).

6.4 Temperatura-Carga

6.4.1 Caracterização da relação

Neste capítulo pretende-se averiguar a relação dos dados de temperatura de Chã de Macela, Lagoa das Furnas e Santana e com um indicador da procura total de energia. O indicador escolhido é a **carga** na rede elétrica que corresponde ao somatório da potência elétrica horária de todas as fontes de energia. A hipótese de estudo é de que **a temperatura irá aumentar a carga no verão**, em especial dias quentes, devido:

- A maiores necessidades de frio para:
 - A preservação de alimentos e processos industriais, em refrigeração e congelação;
 - Manter o conforto térmico, usando energia na climatização;
- À redução da eficiência na oferta, com perdas de rendimento relacionados com:
 - Ciclos termodinâmicos (fósseis e geotérmicas);

³³ No caso de Ribeira Grande, a temperatura/pressão de condensação poderá ser mais baixa (fonte fria), para compensar alguma instabilidade do recurso geotérmico (fonte quente)

- Autoconsumos associados à ventilação forçada de refrigeração ou condensação;
- Transporte e distribuição de energia.

Também é esperado que com temperaturas baixas a procura de energia aumente devido a necessidades de climatização (neste caso de aquecimento), mas de forma menos pronunciada do que no caso do arrefecimento. É esperado um valor mínimo e estável de consumo de energia para temperaturas intermédias.

Em anexo foram coligidos os coeficientes de correlação entre a temperatura média do ar e a carga e a caracterização desta relação.

Relação na base horária

Na base horária a correlação da temperatura com a carga tem uma tendência para ser linear e significativa em todos os semestres. Esta relação é menos significativa nos meses de primavera (ABR, MAR e MAI) e a mais no verão (JUN, JUL e AGO), quando a temperatura é maior. A relação é menos significativa no outono e no inverno, conforme o esperado, mas no sentido (positivo) que não é o esperado, em especial no Inverno. Isto poder-se-á ficar a dever ao facto da carga, que resulta da atividade humana, poder estar simplesmente a coincidir com o horário da temperatura.

Relação na base diária

Parece também existir uma relação linear positiva e significativa em todo o ano que é ligeiramente mais forte para os dados diários (comparativamente aos dados aos horários). Essa relação é nula nos meses de inverno, evoluindo conforme o esperado. No inverno as temperaturas mais baixas poderão provocar consumos de aquecimento que contrariam a diminuição de consumos de preservação de bens alimentares perecíveis. Nos meses de Verão existe um pequeno enfraquecimento da relação, o que poder-se-á ficar a dever ao facto de estarmos a comparar dias de semana com dias de fim de semana (que são muito diferentes entre si).

Nesta base temporal, tal como no caso anterior, estes coeficientes de correlação não confirmam a hipótese de existir um impacto do turismo no consumo de energia, ou vez que entre cada dia consecutivo o número de turistas varia muito pouco.

Relação na base semanal

Existe uma relação mais forte (que a verificada nas bases anteriores), ao longo de todo o ano, em todos os semestres e que confirma a hipótese de estudo da relação carga-temperatura.

O gráfico abaixo representa a evolução média da carga (kW), com uma escala adaptada, e da temperatura média em cada semana, com valores médios de todos os anos.

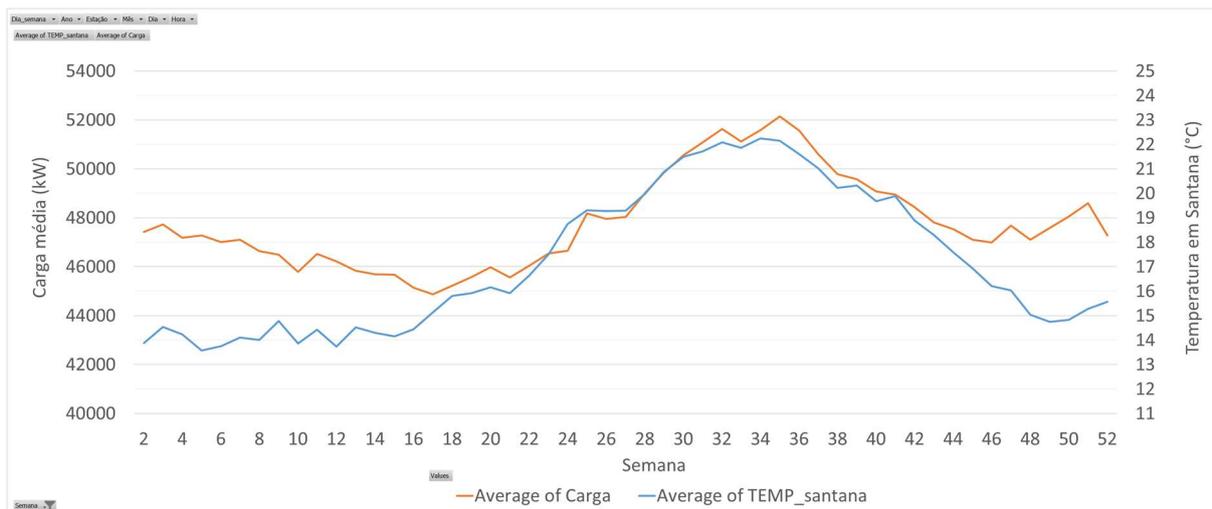


Gráfico 10 – Valores médios horários da carga e da temperatura por semana, relativos ao período de 2011-2015

O Gráfico 10 parece confirmar a hipótese de estudo, contudo fica por descartar se o efeito do turismo é ou não determinante. O Gráfico 11 mostra a médias mensais do turismo³⁴ numa base mensal, comparadas os dados da carga média horária, para o período de 2011-2015.

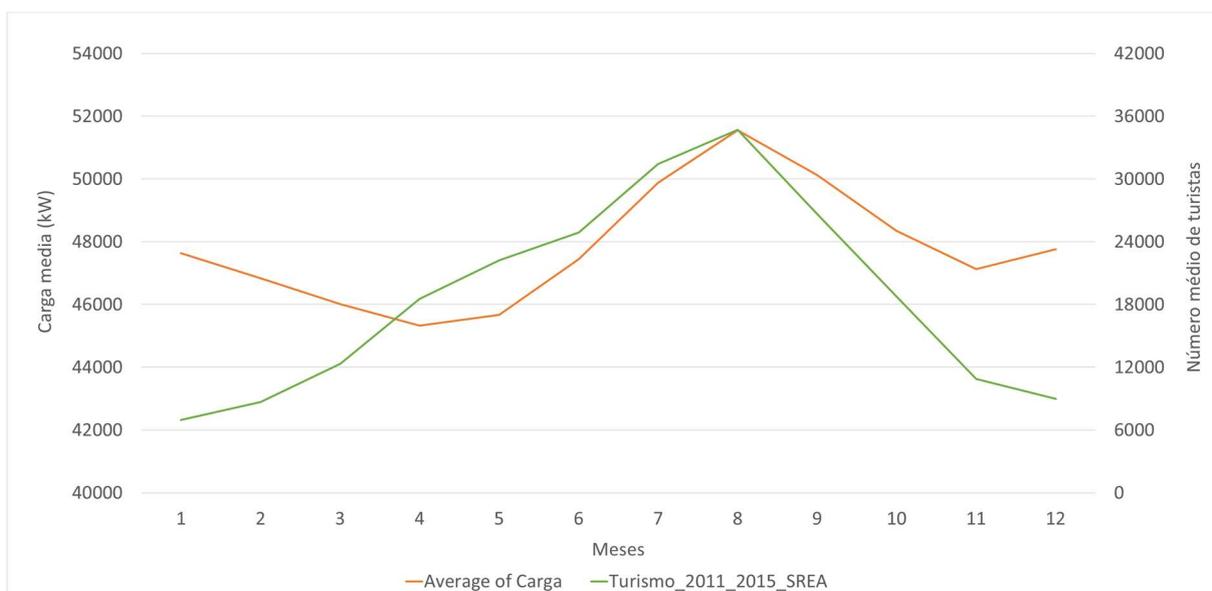


Gráfico 11 – Valores médios horários da carga e número médio mensal de turistas, relativos ao período de 2011-2015

Ainda no Gráfico 11 pode verificar-se que o número de turistas influencia a carga média no sistema, contudo a inflexão da carga no mês de março e no mês de novembro não é acompanhada por um aumento do número de turistas.

³⁴ que são os dados disponíveis para o estudo da energia

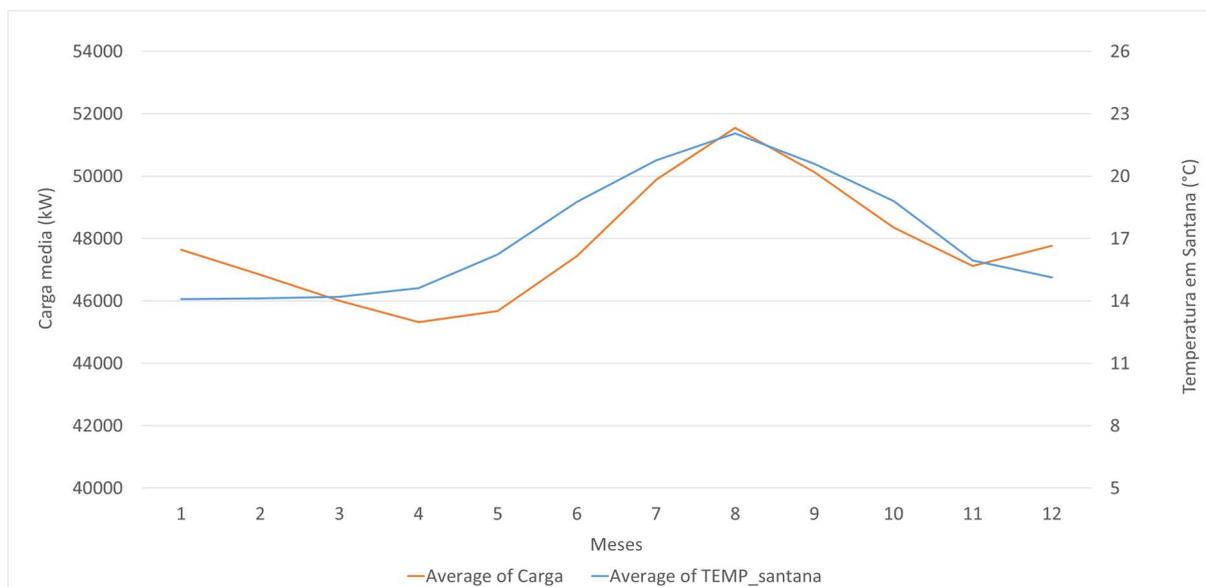


Gráfico 12 – Valores médios horários da carga e da temperatura, relativos ao período de 2011-2015

No gráfico acima pode-se verificar que o seguimento da temperatura à carga é um pouco melhor que o seguimento do número de turistas. Os pontos de inflexão da carga podem ser explicados pelo facto ocorrerem temperaturas baixas no início do inverno que poderão provocar um arrefecimento gradual do edificado, originando consumos de energia de aquecimento. Os ganhos solares nos edifícios também deverão ser menores devido a um menor recurso solar disponível nos meses inverno, o que diminui os ganhos solares do edificado³⁵ e poderá aumentar o consumo de energia de aquecimento. Poderá ainda haver uma contribuição de consumo de energia associado a maiores necessidades de iluminação que decorrem do facto de os dias de inverno serem mais curtos.

Conclusão da Relação

Posto isto, é provável que:

- A temperatura explique em larga medida as variações da carga, que deverá estar fortemente ligada à procura de energia;
- O turismo influencie também a carga, mas em menor grau que a temperatura, uma vez que os coeficientes de correlação diários da relação temperatura-carga (onde se pode considerar que não há variação do número de turistas e residentes em cada passo de tempo), apontam para a relação temperatura-carga;
- Os dados de base semanal sejam aqueles que explicam melhor a relação temperatura-carga, uma vez que têm os coeficientes de correlação significativos mais elevados e mais coerentes com o esperado.

Adicionalmente existe ainda uma possibilidade teórica de que os ganhos solares no edificado (cujo indicador mais prático é a radiação solar) sejam relevantes para ajudar a explicar as variações da carga ao longo do ano.

³⁵ O ganho solar é a energia que vem diretamente do sol e que é incorporada no edifício, o que tende a fazer aumentar a temperatura do ar no mesmo

Será então construído um modelo de correlação, feito na base semanal, que servirá de modelo de relação entre a temperatura e a carga.

6.4.2 Modelo de relação

O Gráfico 13, representa a relação entre a carga e a temperatura - base semanal - que com dados de 2011 a 2015, A carga é contabilizada como o somatório da energia produzida semanalmente e a temperatura é calculada como temperatura média semanal.

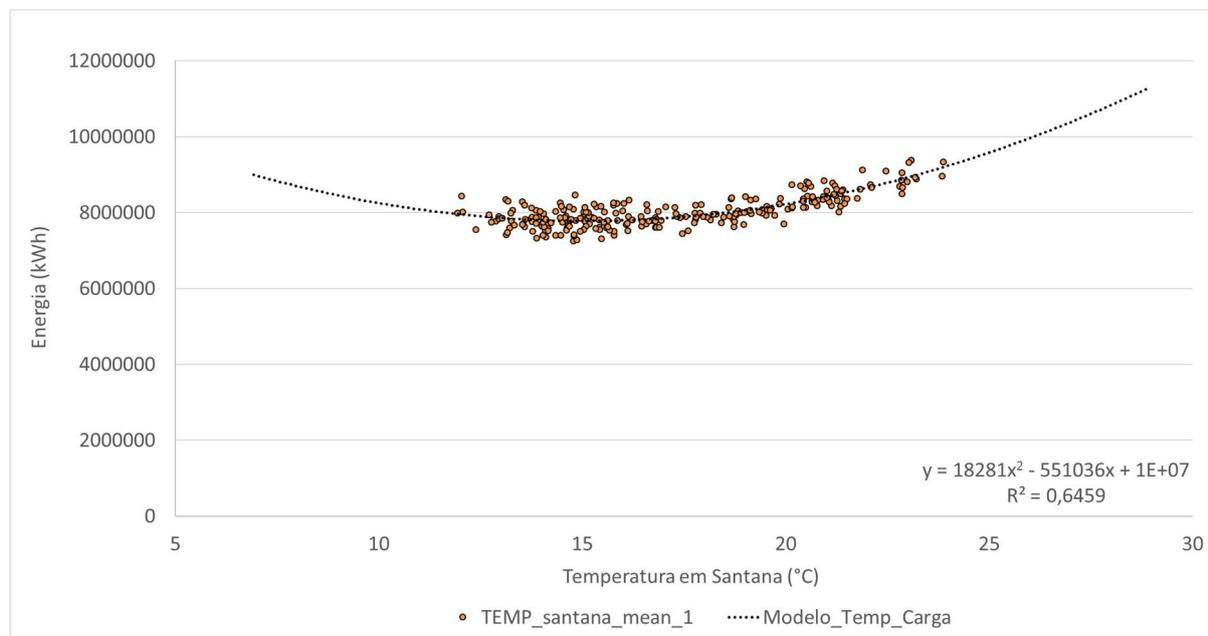


Gráfico 13 – Relação na base semanal entre a carga (representada pelo somatório da energia produzida semanalmente) e a temperatura

Acima é representado também o modelo de regressão entre a carga e a temperatura. A tabela abaixo especifica os coeficientes da equação de segundo grau e os testes de correlação do modelo de regressão da relação temperatura-carga.

Tabela 5 - Caracterização dos modelos de regressão quadráticos para a relação temperatura-carga

Central	R ²	F	p	Constante	b1	b2
Todas	0,646	F (2,252) = 222,791	<0,001	18281,290	-551035,502	11934422,149

Pode-se verificar que este modelo de regressão tem uma forma parabólica de uma equação de segundo grau, o que é coerente com a hipótese de estudo. Esta forma diz-nos que existe um aumento da carga quando a temperatura tende para valores mais baixos (que à partida se deve a necessidades de aquecimento), menor carga a temperaturas intermédias (onde poderão existir consumos de climatização mais reduzidos) e novo aumento da carga quando a temperatura está mais alta (que se devem à partida a necessidades somadas de preservação de alimentos e arrefecimento).

Foi feita uma comparação entre os valores da carga verificada (potência contabilizada em energia semanal) e a carga a partir do modelo de regressão com base semanal. Os valores

foram agregados para os anos de 2011 a 2015, em médias mensais e representados no Gráfico 14 abaixo.

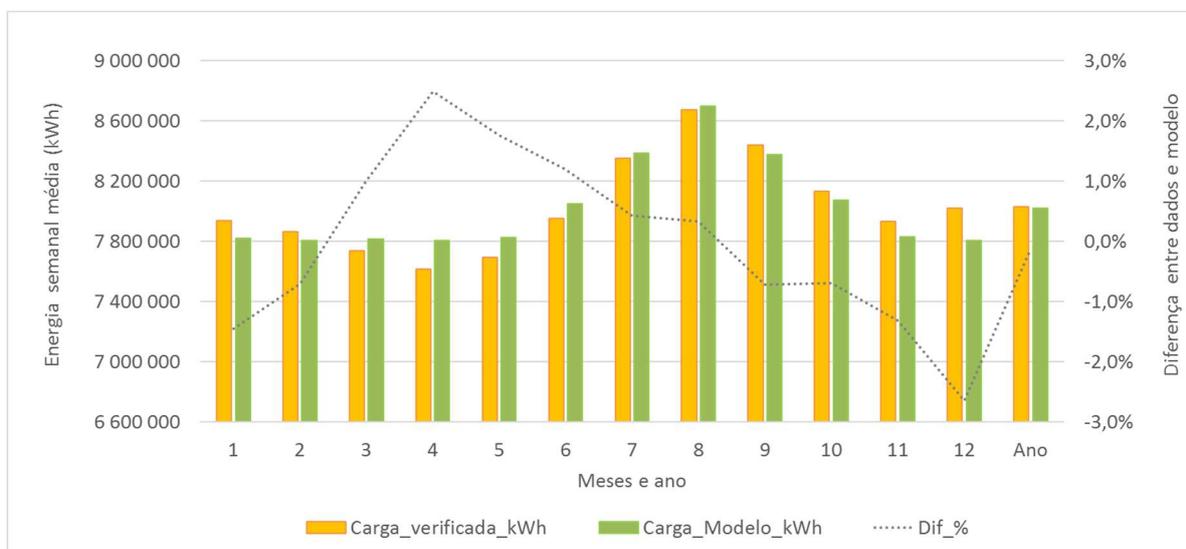


Gráfico 14 – Comparação mensal entre valores de carga verificada e a carga calculada a partir do modelo temperatura-carga

O Gráfico 14 mostra-nos que o modelo de regressão faz uma boa representação da relação temperatura-carga, porque apenas com a entrada da temperatura no modelo é prevista uma carga próxima da verificada. No balanço anual a diferença entre a média dos dados e o modelo é de 0,1%. Nos períodos em que a carga é maior (verão) o modelo tem um comportamento melhor do que em alturas do ano em que a carga é menor (sensivelmente na primavera).

Eventualmente, o modelo de regressão poderia ser melhorado se fossem incluídas variáveis que traduzissem os ganhos solares (como a radiação) e o turismo. No entanto, uma vez que o resultado anual é bom e que o modelo tem um melhor comportamento no verão, este modelo de regressão será o utilizado. É importante ter um bom modelo para o período de verão porque é relevante perceber se a ocorrência temperaturas altas poderá ter um impacto significativo na rede, devido ao aumento da carga e sobrecarregando todos os centros electroprodutores e a rede, ao ponto de o serviço de fornecimento de energia elétrica poder sofrer perturbações.

6.4.3 Limitações

Foi construído um modelo viável, que poderá ser usado para quantificar vulnerabilidades atuais e projetar vulnerabilidades futuras, mas que poderá eventualmente vir a ser melhorado, se forem incluídos os seguintes estudos:

- Impacto do turismo³⁶, preferencialmente usando dados de base diária ou com uma resolução mínima na base semanal (não disponíveis atualmente);

³⁶ Sendo que os turistas consomem *per capita* mais energia que um habitante local, será pertinente analisar a influência do turismo na relação da temperatura e da carga.

- Impacto dos ganhos solares, que poderá ser incorporado pela inclusão da variável da radiação solar;
- Impacto da humidade do ar e de indicadores de conforto térmico.

6.5 Clima-Continuidade do serviço (qualidade)

6.5.1 Caracterização da relação

Neste capítulo pretende-se averiguar se **fatores climáticos têm uma relação com a continuidade do serviço de energia elétrica**. São usados dados climáticos de temperatura, em Chã de Macela, Lagoa das Furnas e Santana, precipitação em Candelária, Chã de Macela, Lagoa das Furnas, Praia e Salto do Cabrito, e vento em Espigão da Ponte. São usados indicadores de continuidade do serviço de energia elétrica em média tensão da EDA, que são o TIEPI, END, número de interrupções e tempo de interrupção por ocorrência. Os dados correspondem ao período de 2011 a 2014.

São apresentados em anexo os coeficientes de correlação entre as variáveis climáticas e os indicadores da qualidade.

Não ficou estabelecida nenhuma relação causa efeito entre fatores climáticos e indicadores da quantidade do serviço, mas também nenhuma pode ser refutada. Será necessário filtrar os dados convenientemente, por forma a apenas se estudar o fenómeno isoladamente, excluindo perturbações significativas que se sabe não estarem relacionadas com fatores climáticos. Também será necessário perceber se existe uma diferença sistemática entre a data real da ocorrência e a data do registo de ocorrência.

Não havendo uma relação direta a explorar vai ser explorada uma perspetiva de relação por ocorrência com códigos de causas climáticas.

6.5.2 Modelo de relação

O modelo de relação não pode ser definido com um modelo de regressão, porque não foram encontrados coeficientes de relação significativos e relevantes que possam ser incluídos num modelo. Contudo, sabe-se, através da análise de dados históricos e entrevistas, que existe uma relação relevante de perturbações na continuidade do serviço de eletricidade devido a fenómenos climáticos, como vento forte e inundações.

Será feita uma análise aos dados que mostre a relevância dos fenómenos climáticos nas ocorrências de perturbação do serviço de fornecimento de energia elétrica.

No Gráfico 26 está representada a proporção de grupos de causas de ocorrências registadas entre 2011 e 2014. É feita a proporção em cada indicador de continuidade do serviço em quatro grupos de causa:

- Climáticas sem vento – com os códigos de causa de ocorrência 2120, 2130, 2410 e 2420;
- Vento – com os códigos de causa de ocorrência 2110 e 9100;
- Não climáticas programadas – com os códigos de ocorrência 1100, 1110, 1210, 1220, 1230, 1240 e 1250;
- Não climáticas imprevistas – com os restantes códigos de ocorrência.

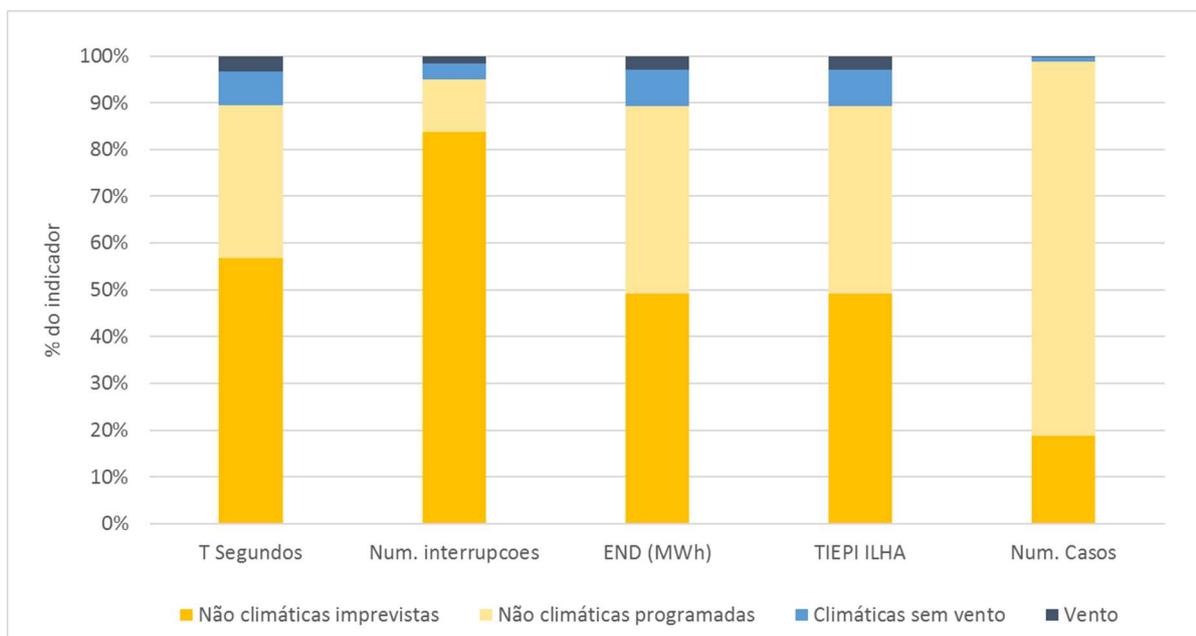


Gráfico 15 – Proporção de indicadores de continuidade do serviço e número de ocorrências, associadas grupos de causa

Pode-se verificar no Gráfico 15 que apesar de reduzidas em número de casos, apenas 1,0% do total, as ocorrências associadas aos dois grupos de causas climáticas (vento e climáticas sem vento) explicam cerca de 7 % dos valores obtidos nos indicadores de continuidade T Segundos, END e TIEPI. No Gráfico 16 podemos ver o rácio entre o valor *END* e *número de casos*, que traduz o impacto médio de cada ocorrência.

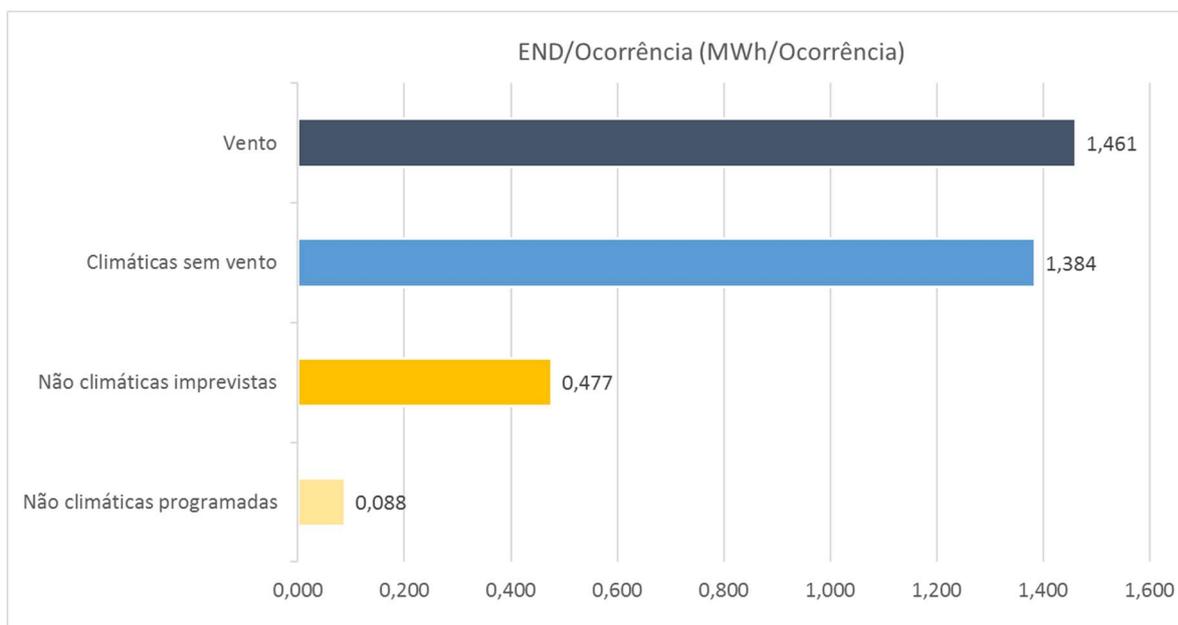


Gráfico 16 – indicador de energia não fornecida por número de casos de ocorrências, associadas grupos de causa

Conforme se pode constatar acima, as ocorrências que pertencem a grupos de causas climáticas (vento e climáticas sem vento) são as que **maior impacto têm por ocorrência**. Estes indicadores não mostram todo o impacto dos fenómenos climáticos extremos porque

não identificam ocorrências sucedâneas à ocorrência principal, como reparações de danos provocados por eventos extremos. Também não são contabilizadas intervenções preventivas. Caso esta contabilização fosse feita o peso de fenómenos climáticos poderá ser ainda maior.

Para além do vento e de causas climáticas sem vento (como perturbações provocadas por tempestades elétricas), esses eventos poderão também existir ocorrências de desgaste continuado que não está contabilizado.

Todas estas situações, contabilizadas ou não contabilizadas, poderão também estar relacionadas com fenómenos de cheia e inundações, movimentos de massa ou sobrelevação marítima de origem meteorológica (*storm surge*). Neste contexto será feita uma avaliação específica da vulnerabilidade da rede elétrica a diversos riscos relacionados com o clima.

6.5.3 Limitações

Não foi possível estabelecer relações estatisticamente significativas e fortes entre os indicadores escolhidos e o clima. Não foi feita uma filtragem mais detalhada dos dados pois as tentativas de o fazer revelaram resultados pouco expressivos. Neste contexto não foram concretizadas mais transformações com os dados climáticos, como por exemplo o valor máximo da temperatura nas 24 horas anteriores ou a média de outras variáveis antes e depois da ocorrência.

Não foram estudados outros indicadores de qualidade por se entende que os indicadores T Segundos e END eram os mais importantes e suficientes.

Não foram analisadas as bases de dados associadas a Indicadores de continuidade de serviço em Baixa tensão ou Indicadores de Qualidade da Onda de Tensão, por exceder o âmbito do trabalho.

Não foi averiguado se existem causas classificadas como não climáticas que, na verdade, se devem a impactos indiretos de fenómenos climáticos, como por exemplo reparações a danos na infraestrutura.

Não foi estudado se fenómenos climáticos extremos, associados direta ou indiretamente a perturbações da continuidade do serviço, resultaram em danos provisórios ou permanentes da infraestrutura do sistema elétrico e os seus custos.

Não foram analisadas ocorrências fora do contexto da continuidade do serviço, para o qual seria necessário um registo de incidente operacional e interno.

6.6 Conclusão

Ficou estabelecido, apesar das limitações ao estudo³⁷, que os fenómenos e padrões climáticos são relevantes para o sector da energia, usando dados de curto-prazo, salientando que:

³⁷ Algumas introduzidas por opção, restrição do âmbito ou indisponibilidade da informação

- a precipitação acumulada, a intensidade da precipitação e a capacidade de retenção de água no território tem impacto na produção hidrelétrica;
- o padrão e distribuição das velocidades de vento são relevantes para a quantidade de energia produzida e a estabilidade da potência;
- a temperatura do ar mais elevada tem um impacto relevante na potência geotérmica disponível;
- a temperatura do ar influencia a carga total, provavelmente devido a um aumento na procura de energia final, no âmbito da climatização e preservação de bens alimentares perecíveis;
- será espectável que as centrais térmicas, a gasóleo e a *fuel*, e rede de transporte sofram uma perda de rendimento com a temperatura, o que afetará a potência total disponível;
- os fenómenos climáticos extremos são uma pequena parte do total das interrupções, mas são os que têm o maior impacto por cada ocorrência.

7 EXPOSIÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO A RISCOS MAPEADOS ASSOCIADOS AO CLIMA E ELEMENTOS DO TERRITÓRIO

7.1 Metodologia de análise cartográfica dos mapas de risco

7.1.1 Locais de incidência de risco

Foram georreferenciados todos os postos de transformação (PTs) das nove ilhas do Arquipélago dos Açores, conforme as coordenadas que constam no Mapa de Interrupções da EDA de 2015 ³⁸, traduzindo-se no mapa em *features* do tipo “pontos”. O conjunto dos PTs representa a rede elétrica, ainda que o formato disponível tenha limitações.³⁹

7.1.2 Apuramento do risco por local de incidência

A informação georreferenciada de Risco prove dos mapas produzidos no âmbito do projeto *Copernicus* EMSN018 ⁴⁰. Esta informação cartográfica foi intercetada com pontos georreferenciados que representam a localização de cada PT. O resultado dessa interceção atribuiu a cada PT uma escala de Risco de acordo com a escala apurada para cada local de incidência dos mapas de Risco do projeto *Copernicus*. A escala de Risco apurada para cada local de incidência está classificada em seis categorias:

- 0- Risco não intercetado ⁴¹
- 1- Muito baixo
- 2- Baixo
- 3- Médio
- 4- Alto
- 5- Muito alto

Contudo, apenas uma observação *in loco* e eventualmente ensaios *in situ* poderão confirmar os riscos enunciados, pois a metodologia empregue na avaliação do projeto *Copernicus*, apesar de bem documentada, poderá ter desvios pontuais.

³⁸ Documento interno da empresa

³⁹ Não foi possível utilizar a georreferenciação das linhas da rede elétrica e centros de produção de energia por limitações de ordem técnica.

⁴⁰ - EMSN018: Multiple natural hazard risk assessment - Planning and Recovery, Azores Islands, Portugal, <http://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN018/TRANSPRISK/ALL>

⁴¹ Alguns PTs estão classificados com o valor “0”, por não se encontrarem dentro das áreas delimitadas pela cartografia de Risco, logo não houve interseção com nenhuma das classes da escala de Risco.

Assumindo a metodologia preconizada para o mapeamento de risco do projeto EMSN018 e o contexto as definições utilizadas para os estudos preliminares no âmbito do PRAC, foi assumido que a escala de risco se deverá traduzir em vulnerabilidade geral, uma vez que não são caracterizadas as probabilidades de ocorrência dos diversos descritores de *Desastres Naturais*. No contexto do sector da energia são descritas e valorizadas as estruturas associadas ao setor e a sua localização, sendo que, no entanto, não são considerados variáveis relevantes para quantificar a sua Capacidade Adaptativa⁴² (como são as características dos equipamentos, manutenção ou estrutura construtiva)⁴³.

7.1.3 Tipologias de vulnerabilidade

Neste capítulo são avaliados locais de incidência de vulnerabilidade da rede elétrica, em três tipologias:

- cheia e inundações
- movimentos de massa
- sobrelevação marítima de origem meteorológica (*storm surge*)

Cheia e inundações

Os PTs que se situem áreas de leito cheia ou junto a cursos de água estão mais expostos a estes fenómenos aquando um evento de precipitação e, como tal, tipicamente apresentam um elevado nível de vulnerabilidade. Esta situação poderá ser agravada no caso de precipitação muito intensa e concentrada num curto espaço de tempo (forte intensidade) e que produza uma cheia ou inundação rápida. Os riscos associados a este tipo de fenómeno são muito elevados devido à rápida progressão da cheia, gravidade dos impactos causados e elevados prejuízos que advêm dos impactos que este tipo de cheia pode causar a estruturas, bens e pessoas. Os PTs localizados em áreas de elevada vulnerabilidade a cheia e inundações poderão ser danificados de forma temporária, destruídos ou sofrer perturbações no seu funcionamento devido ao alagamento desses locais. Os acessos a estes pontos da rede podem ainda ficar temporariamente indisponíveis ou permanentemente danificados. Estes efeitos poder-se-ão agravar a longo prazo com as tendências associadas às alterações climáticas, neste contexto são destacáveis as potenciais alterações dos padrões sazonais de precipitação, cuja projeção dos cenários futuros aponta para uma maior intensidade da precipitação nos meses de Inverno e redução nos meses de Verão.

⁴² Terminologia utilizada para o projeto PARC

⁴³ Ver capítulo 7.4 *Limitações*

Movimentos de massa

Este tipo de evento surge da conjugação de fatores de sensibilidade do território como a litologia e geomorfologia das vertentes e usos do solo, com fatores de exposição climática como precipitação muito intensa. As infraestruturas da rede que existam em locais de vulnerabilidade elevada poderão ser subterradas ou derrubadas. A infraestrutura da rede, presente nos locais de maior vulnerabilidade, que esteja colocada à superfície, como PTs ou linhas aéreas colocadas em suportes derrubáveis, é mais sensível a estes fenómenos. A exposição ao fenómeno de movimentos de massa, combinada com a sensibilidade dos equipamentos do local de risco, resulta numa tendência de vulnerabilidade e que poderá levar à perturbação temporária ou prolongada na rede, com danos ligeiros ou significativos à infraestrutura da rede. Os acessos a estes pontos da rede podem ainda ficar temporariamente indisponíveis ou permanentemente danificados. Tendo em conta os cenários futuros de alterações climáticas como referido para as *cheias e inundações*.

Sobrelevação marítima de origem meteorológica (storm surge)

O fenómeno tem origem em tempestades associadas a baixas pressões atmosféricas que causam a sobrelevação do nível do mar originando galgamentos oceânicos. Este fenómeno é potenciado na época de marés vivas e no período de maré alta. Os impactos observados deste tipo de evento são bastante acentuados ao nível da dinâmica litoral, como é o caso de inundações de zonas Ribeirinhas, galgamentos, intrusão salinha de aquíferos e aceleração do recuo da linha de costa (Ilda Carvalho⁴⁴, 2013). Os cenários futuros de alterações climáticas indicam que poderá existir um aumento da frequência e intensidade de tempestades, logo a exposição ao fenómeno poderá agravar-se (em intensidade e frequência) potencializando impactos na infraestrutura da rede elétrica, em especial aquela que é mais sensível. Os impactos na rede elétrica poderão traduzir-se numa maior perturbação nos locais identificados com maior vulnerabilidade.

7.2 Riscos apurados

Abaixo é feita a descrição dos riscos apurados considerados **mais relevantes e em anexo** são apresentados **todos os mapas** de risco apurados para todas as ilhas.

7.2.1 Grupo Oriental e Central

Para estes dois grupos do Arquipélago dos Açores, foram analisadas as três tipologias de vulnerabilidade, nomeadamente a: cheias e inundações, movimentos de massa e sobrelevação marítima de origem meteorológica.

⁴⁴ Tese de mestrado “Impactes do *storm surge* em Portugal Continental. Do *clipping* da imprensa regional aos dados oceanográficos”).

Cheias e inundações

Os PTs de transformação com valores mais baixos da escala de vulnerabilidade (níveis 1 e 2) localizam-se na Ilha Terceira, na ilha de São Miguel e na ilha de Santa Maria em aglomerados urbanos, sendo alguns destes PTs no caso de São Miguel junto a cursos de água.

Relativamente aos PTs com vulnerabilidade de nível de 3, estes prevalecem na sua grande maioria em todas as ilhas à exceção da ilha de Santa Maria em áreas urbanas sem cursos de água.

Com nível de vulnerabilidade 5, existe apenas um PT na ilha do Pico no Concelho de Ribeiras junto à Ribeira de Moinhos numa área em que se localizam diversos cursos de água, sendo que junto a este PT encontra-se um outro com vulnerabilidade nível 4 (Figura 1). Os restantes PTs estão classificados com nível de vulnerabilidade 4 e situando-se dois PTs na ilha do Faial no setor a jusante da Ribeira dos Flamengos e três PTs na ilha de São Jorge que se encontram em áreas de pastagem.



Figura 3 - Postos de transformação expostos a vulnerabilidade a cheias e inundações na Ilha do Pico no Concelho de Ribeiras. Legenda da Escala de Risco: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)

Movimentos de massa (aluímentos de terra)

Os valores mais baixos da escala de vulnerabilidade (níveis 1 e 2) dos PTs localizam-se em todas as ilhas destes dois grupos, maioritariamente, em aglomerados urbanos.

Os valores médios (níveis de Vulnerabilidade 3) localizam-se de uma forma geral fora de aglomerados urbanos de maior densidade, em áreas urbanas de fraca densidade, em áreas agrícolas, de floresta e de pastagem.

Em relação aos PTs com valores mais elevados de vulnerabilidade (níveis 4 e 5), encontram-se nas ilhas do Faial, Pico, São Jorge e São Miguel, de uma forma geral estão localizados em áreas com declive acentuado, em áreas de chaminés vulcânicas, em áreas urbanas de solo pouco permeável, junto a cursos de água e no litoral.

Destacam-se três locais de elevado nível de vulnerabilidade (nível de 5), sendo dois destes locais na Ilha de São Jorge e um na ilha do Faial. Na Ilha de São Jorge, um dos PTs encontra-se na Região de Norte Grande numa área com um declive bastante acentuado e perto de uma área urbana junto ao litoral; o outro PT situa-se na área florestal de Norte Pequeno, a Este do PT anterior, numa área com declive semelhante (Figura 2). Outro PT que está classificado com o nível máximo de vulnerabilidade encontra-se no Faial numa área de chaminés vulcânicas perto do vulcão dos Capelinhos (Figura 3). Neste caso, a vulnerabilidade associada a movimentos de massa poderá ter uma forte componente associada à litologia e morfologia deste tipo de estruturas vulcânicas que, também, em conjugação com precipitação poderá ser agravado.



Figura 4 - Postos de transformação vulneráveis a movimentos de massa na Ilha de São Jorge na Região de Norte Grande e de Norte Pequeno. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)

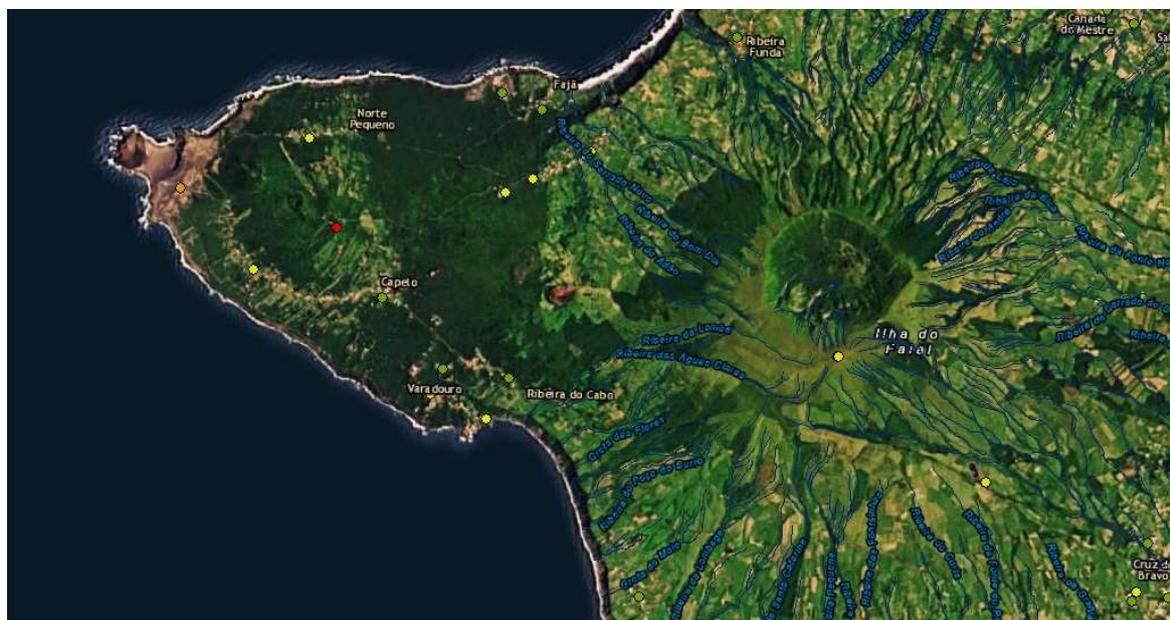


Figura 5 - Postos de transformação expostos a movimentos de massa na Ilha do Faial junto ao vulcão dos Capelinhos. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)

Sobrelevação marítima de origem meteorológica (*storm surge*)

Em todas as ilhas, à exceção da Ilha de Santa Maria, os locais com níveis de vulnerabilidade mais baixos (níveis de 1 e 2) estão localizados em áreas mais afastadas da linha de costa, em áreas de interface urbano/agrícola, em áreas industriais ⁴⁵, e em portos ou marinas, que por si só já podem conferir alguma proteção, mas também devido às estruturas de defesa contra galgamentos oceânicos.

Os PTs com níveis de vulnerabilidade moderada (nível 3) encontram-se em todas as ilhas destes dois grupos do Arquipélago (central e oriental), sobretudo em áreas portuárias, em áreas urbanas junto à linha de costa sem estruturas de defesa contra galgamento naturais (arribas ou território com declive) ou antrópicas (molhes) e em zonas ribeirinhas, designadamente no concelho da Povoação, ilha de São Miguel.

⁴⁵ Nomeadamente na Ilha Terceira que um PT se encontra junto à zona industrial do Cabo da Praia.

Os PTs com maior vulnerabilidade (níveis 4 e 5) estão sujeitos a uma maior perturbação devido a eventos de sobrelevação do Nível do Mar de Origem Meteorológica (*storm surge*). Destacam-se os valores mais elevados (nível 5) para um PT na Ilha do Pico, na área portuária da Madalena (Figura 4), e na ilha de São Miguel dois PTs, um no Porto de Ponta Delgada (Figura 5) e outro no Porto da zona Ribeirinha do Concelho de Povoação (Figura 6). Deste modo, os PTs com nível de Vulnerabilidade 4 localizam-se somente nas ilhas do Faial, Pico, Terceira e em São Miguel. Estão mais afastados da linha de costa que os de vulnerabilidade 5, contudo situam-se sobretudo em áreas portuárias.



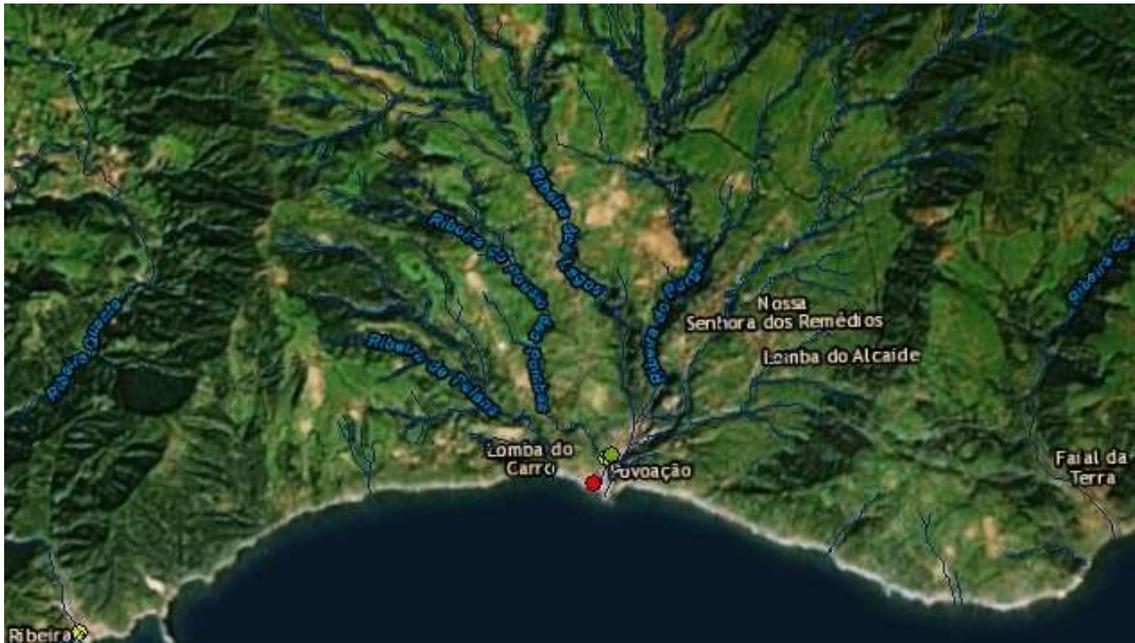


Figura 8 - Postos de transformação expostos a Vulnerabilidade de sobrelevação marítima na Ilha de São Miguel no Concelho de Povoação. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (Vermelho)

Riscos apurados no Grupo Ocidental

Para este grupo do Arquipélago dos Açores, foram analisadas somente duas tipologias de Vulnerabilidade, nomeadamente: movimentos de massa e de sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surge*), pois no projeto *Copernicus* não foi fornecida cartografia de Vulnerabilidade de cheias para estas duas ilhas.

Movimentos de massa (aluímentos de terra)

Os PTs com valores mais baixos de vulnerabilidade (níveis 1 e 2), no caso da Ilha das Flores concentram-se sobretudo em áreas urbanas e em áreas de vegetação natural, áreas florestais e de pastagem. Na ilha do Corvo localizam-se junto ao aeródromo e em área agrícola.

Neste grupo de ilhas em particular, não foram classificados PTs com classes muito elevadas de Vulnerabilidade, pelo que os valores mais altos são valores moderados (nível 3). Estes estão localizados na Ilha das Flores, em áreas urbanas, e no setor a jusante de cursos de água, onde a vulnerabilidade é tipicamente maior que nos restantes locais de incidência, devido à proximidade com a população de uma área urbana e junto a um curso de água que, aquando uma cheia, devido a precipitação muito intensa, poderá desencadear um movimento de massa.

Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surge*)

Para esta tipologia de vulnerabilidade só existe um PT abrangido pela carta de vulnerabilidade, que se situa na Ilha das Flores e está classificado com nível de vulnerabilidade baixo (nível 2). Com esta análise pode-se concluir que o grupo ocidental não apresenta vulnerabilidade em termos de sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica.

7.3 Agregação da exposição aos riscos

Foram agregados os totais dos locais mais vulneráveis, identificados anteriormente, por classificação de vulnerabilidade e ilha, no sentido de dar uma noção da dimensão da exposição aos riscos analisados.

Vulnerabilidade	SMA	SMG	TER	GRA	SJG	PIC	FAI	FLO	COR	Total
Muito alto					2		1			3
Alto		20	2		19	1	4			46
Médio	15	59	24	6	29	37	15	8		193
Baixo	28	413	343	36	46	135	89	18	1	1109
Muito baixo	42	418	87	27			29	27	1	631
n/ intercet.										0
Total	85	910	456	69	96	173	138	53	2	1982

Tabela 6 - Vulnerabilidade de movimentos de massa no arquipélago dos Açores

A vulnerabilidade de movimentos de massa é, de todas as analisadas, a mais preocupante, dado o elevado número de casos com categorias de vulnerabilidade mais altas e dada a frequência com que estes fenómenos têm vindo a ocorrer. Esta vulnerabilidade poderá estar diretamente ligada ao que a questões de ordenamento do território, designadamente alterações dos usos do solo e a opção de intervir na estabilização de solos.

Vulnerabilidade	SMA	SMG	TER	GRA	SJG	PIC	FAI	FLO	COR	Total
Muito alto		13				1				14
Alto		10	3			1	1			15
Médio	1	18	4	1	1	3	4			32
Baixo		12	2	2	1	3	2	1		23
Muito baixo		13	6	2		4	5			30
n/ intercet.	84	844	441	64	94	161	126	52	2	1868
Total	85	910	456	69	96	173	138	53	2	1982

Tabela 7 - Vulnerabilidade de sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (*storm surge*) no arquipélago dos Açores

A vulnerabilidade associada a *storm surge* poderá ter algum impacto relevante no arquipélago e que a longo prazo poderá evoluir no sentido de agravamento, dado ser uma vulnerabilidade associada às alterações no nível médio do mar. Essa evolução estará limitada aos locais que estejam perto da linha de costa, designadamente todos os 114 PTs que foram identificados presentemente como locais vulneráveis (de muito baixo a muito alto). É nestes locais que se situam atividades económicas relevantes, como o transporte de

peças e bens, a pesca, e o turismo (nas vertentes de lazer, restauração e hotelaria), onde a perturbação do serviço de fornecimento de energia tem um impacto relevante na economia, mesmo que as infraestruturas específicas a essas atividades estejam bem adaptadas.

Vulnerabilidade	SMA	SMG	TER	GRA	SJG	PIC	FAI	FLO	COR	Total
Muito alto						1		-	-	1
Alto		3	2		4	1	2	-	-	12
Médio		44	29	6	6	4	9	-	-	98
Baixo	4	24	23				1	-	-	52
Muito baixo		1	4					-	-	5
n/ intercet.	81	838	398	63	86	167	126	-	-	1759
Total	85	910	456	69	96	173	138	-	-	1927

Tabela 8 - Vulnerabilidade de cheia e inundações no arquipélago dos Açores

7.4 Limitações

Não é conhecida a sensibilidade dos equipamentos expostos a cada um dos riscos/vulnerabilidades analisados. Estabelecer a sensibilidade dos equipamentos permitiria avaliar com maior certeza a dimensão dos impactos potenciais e, conseqüentemente da vulnerabilidade. Para trabalhos futuros, seria interessante conhecer características relevantes dos equipamentos, como a sua tipologia, potência, robustez, e infraestrutura de suporte.

Neste contexto, não foram analisadas as linhas de transporte de energia elétrica ou centros de produção de energia elétrica, uma vez que a informação geográfica disponibilizada não pôde ser utilizada. Apesar disso, é espectável que, com o trabalho que foi feito, seja possível para o operador estimar a vulnerabilidade destas infraestruturas da rede.

Não foram avaliados *in loco* a exposição os riscos identificados pela metodologia cartográfica.

Não foi verificado o volume concreto de atividade humana, designadamente económica, em locais com vulnerabilidade de sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica, e que se considerou relevantes.

7.5 Conclusão

Verifica-se que todos estes riscos que a infraestrutura elétrica está sujeita podem beneficiar indiretamente de um ordenamento do território favorável, designadamente no que toca a usos do solo, planeamento urbano e obras de intervenção, como estruturas de estabilização ou construção/reforço de defesas portuárias e costeiras.

Verifica-se também que o fator climático que tem maior impacto no contexto das alterações climáticas é o da intensidade da precipitação, que tem tendência para se agravar nos cenários futuros. A subida do nível médio das águas do mar também é relevante, apesar de estar circunscrito ao fenómeno de *storm surge*, porque afeta partes relevantes da atividade humana.

Conforme explicado anteriormente, no contexto das alterações climáticas, todos os riscos atuais tendem a agravar-se no futuro. É por isso de esperar que, uma avaliação semelhante a esta feita futuro, origine mais locais vulneráveis e com maior vulnerabilidade.

8 IMPACTOS

Neste capítulo são identificados os impactos dos fatores climáticos no sector da energia. Estes impactos serão depois coligados com a capacidade adaptativa do sector para que possam ser avaliadas as suas vulnerabilidades.

Após a tabela resumo (Tabela 9), cada impacto na infraestrutura energética é descrito e avaliado pela combinação da exposição ao fenómeno climático e da sensibilidade da própria infraestrutura a essa mesma exposição. Serão propostos indicadores que poderão permitir o acompanhamento da evolução de cada impacto ao longo do tempo. A avaliação do impacto no sector da energia é feita qualitativamente de uma escala de -2 (menos dois), impacto com efeito muito negativo, a 2 (muito positivo):

- -2 (menos dois) – impacto muito negativo;
- -1 (menos um) – impacto negativo;
- 0 (neutro) – impacto neutro;
- 1 (mais um) – impacto positivo;
- 2 (mais dois) – impacto mais positivo.

Em anexo estes impactos são integrados na matriz de vulnerabilidades.

Tabela 9 - Tabela de Avaliação de Impactes

Impacto		Avaliação
Precipitação – Energia Hídrica	Redução do potencial de energia hídrica por redução do recurso hídrico disponível	No sistema elétrico e à escala do arquipélago é neutra (zero), pelo facto da energia hídrica apenas representar atualmente 3,1% (valor EDA para 2015) da energia total produzida; À escala dos subsistemas hidroelétricos é negativa (-1), porque os dados de precipitação e produção apontam para a possibilidade deste impacto existir atualmente.
	Interrupção ou redução temporária do potencial hídrico devido a bloqueio à infraestrutura hídrica	Neutra (0) devido ao peso reduzido da energia hídrica no arquipélago; À escala do sistema hidroelétrico é muito negativa (-2) porque ficou estabelecido que as intervenções de manutenção nas linhas de água são relevantes para a disponibilidade dos centros hidroelétricos e que impactos de resultam da exposição a eventos extremos de precipitação são frequentes.
	Indisponibilidade prolongada do potencial hidroelétrico	Neutra (0) devido ao reduzido peso da energia hídrica no arquipélago; À escala do sistema hidroelétrico é negativa (-1) porque, a exposição aos fenómenos extremos descritos é relativamente reduzida, o histórico de eventos extremos com impacto é desconhecido e a robustez da infraestrutura hidroelétrica é elevada.
Vento - Energia Eólica	Perturbação de variações da potência eólica na rede	Muito negativo (-2) uma vez que a nível operacional foi confirmado o impacto na rede, em concreto nos geradores térmicos, que resulta da perturbação imprevisível da produção eólica, forçando os geradores térmicos (que estiverem a fazer a potência de reserva e regulação da qualidade de energia) a funcionar fora do seu ótimo de eficiência e durabilidade.
	Interrupção ou forte redução temporária do potencial eólico disponível	Negativa (-1) devido ao peso significativo da energia eólica no arquipélago e devido à produtividade (existem condições favoráveis à produção).
	Interrupção ou forte redução prolongada da potência eólica disponível	Muito negativa (-2), devido ao peso da energia eólica no arquipélago, ao facto de haver registo de ocorrência de eventos extremos de vento e precipitação.
Temperatura - Energia Geotérmica		Neutra (0) uma vez que a perda de energia é reduzida; o aumento de um grau da temperatura média do ar, resulta numa perda de 0,45% de energia geotérmica (proveniente de ambas as centrais).
Temperatura - Carga	Aumento da procura de energia para climatização	Do sistema elétrico é muito negativo (-2), através do aumento do consumo de energia primária de origem fóssil; existe uma maior carga que obriga o sistema a ter capacidade de resposta, que de outra forma, se o impacto da temperatura não fosse tão pronunciado, não teria de existir.
	Aumento da procura de energia para refrigeração e congelamento	
Clima extremo - qualidade		Negativa (-1), uma vez que contribuí negativamente para os indicadores de qualidade do serviço de energia elétrica, com um número de ocorrências reduzido e poderá relacionar-se com danos à infraestrutura.
AC-Custo da energia fóssil		Negativa (-1), apesar de, no presente (2016), ser pequeno, quase neutro (zero), a situação poderá mudar repentinamente, em poucos anos e em menos de uma década.

8.1 Precipitação – Energia Hídrica

8.1.1 Redução do potencial de energia hídrica por redução do recurso hídrico disponível

Poderá ocorrer uma redução do potencial de energia hídrica durante o período em que o recurso hídrico disponível (na linha de água de cada central hídrica) diminui por exposição a um padrão de precipitação desfavorável, que ocorre quando (separada ou simultaneamente):

- existe menor precipitação acumulada nos meses que antecedem o momento da produção hidroelétrica elétrica;
- a precipitação que ocorreu anteriormente teve uma intensidade excessiva, que excede a capacidade imediata de retenção de recursos aquíferos, diminuindo desta forma o efeito natural de albufeira.

A **sensibilidade** de cada central hídrica será tanto maior quanto:

- menor for a capacidade de armazenamento da barragem, sendo por isso mais sensíveis as barragens de fio de água, que constituem a maioria das barragens do arquipélago, em especial as que não têm um armazenamento suficiente para produzir continuamente em períodos de ponta⁴⁶;
- menor for o efeito natural de albufeira da bacia hidrográfica, que resulta da conjugação de características hidrológicas do solo e subsolo, dependentes da geomorfologia, vegetação e usos do solo.

A **sensibilidade** do sistema elétrico de cada ilha será tanto maior quanto:

- menor for a capacidade de armazenamento dos açudes/barragens que alimentam as centrais, em especial as de fio de água;
- maior for o rácio da potência hídrica face à potência termoelétrica⁴⁷;
- maior a dependência desta forma de energia para:
 - o balanço energético⁴⁸ da ilha;
 - a potência disponível em períodos de ponta;
 - a potência de reserva disponível, em especial em períodos fora da ponta.

Assim sendo, a existência de açudes, perto da central ou na linha de água, que permitam a acumulação de água suficiente, para a produção continuada em horário de ponta ou que

⁴⁶ Período do dia de maior procura de energia elétrica (Super Vazio (a menor procura de energia), Vazio (menor procura de energia), Cheia (maior procura de energia), Ponta (a maior procura de energia), sendo que é vulgar chamar vazio ao período de super vazio e vazio, e ponta ao período de cheia e ponta)

⁴⁷ Que atualmente é a fonte de energia despacháveis que faz a regulação da qualidade de energia do sistema elétrico em todas as ilhas

⁴⁸ O balanço energético contabiliza as entradas de energia primária numa determinada zona (cidade, ilha, região autónoma, país ou grupo de países), sua eventual transformação em novas formas de energia (por exemplo, contabilizando a entrada fuel óleo e sua transformação para eletricidade), e utilização de energia final por sectores

permitam a colocação do potencial hídrico em reserva de potência, tornará as centrais e o sistema elétrico menos sensível.

Deste modo, os **indicadores** relevantes para acompanhar a evolução deste impacto serão:

- Precipitação acumulada;
- Intensidade da precipitação;
- Caudal na linha de água;
- Capacidade de armazenamento do açude/barragem em horas de produção equivalente⁴⁹;
- Rácios de potência e energia hídrica/térmica;
- Horas de produção equivalente⁵⁰ em período de ponta;
- Horas de produção equivalente;

A precipitação acumulada e a sua intensidade revelam o grau de exposição. O caudal na linha de água revela a sua sensibilidade. Os rácios de potência e energia irão traduzir o grau de sensibilidade da ilha a alterações no potencial hídrico. A capacidade de armazenamento irá indicar a sensibilidade das centrais e da ilha em períodos de ponta. As horas de produção irão avaliar a dimensão do impacto.

Para usar estes indicadores será necessário estabelecer um modelo de retenção da precipitação e incorporação dos recursos aquíferos para disponibilidades futuras, de forma a definir intensidades horárias, diárias e semanais limite, a partir das quais a precipitação não pode ser proporcionalmente aproveitada. Este modelo terá ainda que ser capaz de integrar as alterações nos usos do solo ou opções de florestação, uma vez que estas são determinantes para a capacidade de retenção da precipitação a médio prazo (entre estações do ano).

A **avaliação** global deste impacto no sistema elétrico e à escala do arquipélago é **neutra** (zero), pelo facto da energia hídrica apenas representar atualmente 3,1% (valor EDA para 2015) da energia total produzida. A avaliação à escala dos subsistemas hidroelétricos é **negativa** (-1), porque os dados de precipitação e produção apontam para a possibilidade deste impacto existir atualmente.

8.1.2 Interrupção ou redução temporária do potencial hídrico devido a bloqueio à infraestrutura hídrica

A perturbação da produção pode resultar da redução temporária do potencial hídrico ou de um bloqueio do recurso hídrico à infraestrutura hidroelétrica. Trata-se de um impacto que ocorre quando existe uma **exposição** da linha de água a padrões de chuva intensa, em especial após meses de pouca chuva. Os dados analisados de produção e precipitação não indiciam que possam existir eventos de bloqueio hidráulico devido à eliminação da diferença de altura entre montante e jusante, devido a precipitação excessiva. Os dados mostram que, e conforme foi reportado pelo operador do sistema, estas chuvas podem arrastar até à

⁴⁹ Produção contínua à potência máxima

⁵⁰ Horas de produção equivalente resultam do rácio entre a energia produzida (kWh) e a potência instalada e disponível (kW)

infraestrutura hídrica⁵¹ elementos sólidos orgânicos ou inorgânicos, como vegetação, troncos ou solo, que estejam acumuladas na linha de água, e que a montante da central hídrica, podem entupir e bloquear a passagem do caudal para as tomadas de água das turbinas.

Esses materiais têm de ser removidos manualmente ou com recurso a máquinas, em especial máquinas de corte, que tornem os detritos lenhosos possíveis de manusear, e em locais onde não é viável utilizar máquinas pesadas com meios mecânicos de remoção de detritos. Os materiais lenhosos são normalmente queimados no local porque a sua recolha e transporte é difícil ou mesmo impraticável. A limpeza é assegurada, de forma eficaz e informal, pelos serviços florestais, a EDA e membros da sociedade civil, como operadores turísticos (cujo foco de atividade esteja vocacionado ou relacionado com as linhas de água que pertencem à bacia hidrográfica que serve a central hidroelétrica).

A **sensibilidade** a este impacto será tanto maior, quanto maior for (em cada central):

- a vulnerabilidade de movimentos de vertente (aluímentos de terra) em toda a bacia hidrográfica, o que inclui os efluentes da linha de água que alimenta a central;
- a propensão para haver acumulação de detritos sólidos orgânicos e inorgânicos nas linhas de água da bacia hidrográfica;
- a dificuldade de acesso às linhas de água da bacia hidrográfica;
- a necessidade imediata de meios para monitorizar e limpar as linhas de água, em especial depois de períodos de chuva intensa.

Os **indicadores** propostos para acompanhar a evolução deste impacto são:

- Intensidade da precipitação;
- Caudal das ribeiras;
- Número de horas equivalentes que o centro produtor esteve indisponível devido a este impacto;
- Número de intervenções de limpeza da linha de água pelos serviços do governo regional, a EDA ou pessoas da sociedade civil;
- Classificação da gravidade das ocorrências detetadas.

A conjugação destes cinco indicadores irá ajudar a perceber se este impacto aumenta quando as chuvas são excecionalmente intensas, o centro produtor é particularmente sensível ou se a limpeza e vigilância da linha de água precisa de ser reforçada.

A **avaliação** à escala global é neutra (0) devido ao peso reduzido da energia hídrica no arquipélago. A avaliação à escala do sistema hidroelétrico é muito negativa (-2) porque ficou estabelecido que as intervenções de manutenção nas linhas de água são relevantes para a

⁵¹ Conjunto de construções e equipamentos que permitem o aproveitamento elétrico do recurso hídrico, que incluem: levadas que alimentem direta ou indiretamente as barragens; tubagens de encanamento dos açudes para as turbinas; açudes ou barragens; equipamentos de produção, controlo, comunicação, transformação e linhas de energia; edificado da central hídrica.

disponibilidade dos centros hidroelétricos e que impactos de resultam da exposição a eventos extremos de precipitação são frequentes.

8.1.3 Indisponibilidade prolongada do potencial hidroelétrico

O impacto da interrupção prolongada do fornecimento de energia hídrica devido a danos permanentes à infraestrutura ou à recuperação prolongada dos mesmos, resultam de movimentos de massa (aluímentos de terra) ou cheias. Por analogia a impactos provocados por sismos, danos permanentes terão a mesma magnitude dos que ocorreram em 1998 na ilha do Faial, na Central Hidroelétrica do Varadouro, onde se perdeu quase metade da levada (Canal) que alimentava a central.

A **exposição** a chuvas intensas poderá originar fenómenos extremos de:

- alagamentos à infraestrutura hidroelétrica, em especial aos equipamentos de apoio à produção;
- cheias violentas ou movimentos de vertente (aluímentos de terra) que originem o arrastamento de detritos que danifiquem ou obstruam:
 - linhas de água da bacia hidrográfica, a montante;
 - a descarga das turbinas, que impeça a sua normal operação;
 - parte da infraestrutura hidroelétrica que seja importante para a produção.

A **sensibilidade** será tanto maior quanto maior for:

- a vulnerabilidade associada a movimentos de massa (aluímentos de terra) ou de cheias;
 - na bacia hidrográfica a montante dos açudes/barragens;
 - junto à infraestrutura hídrica;
- a suscetibilidade das linhas de água da bacia hidrográfica em acumular detritos que possam ser arrastados;
- a dificuldade de acesso aos locais afetados, com meios apropriados à recuperação da infraestrutura afetada;
- a robustez da construção da infraestrutura hidroelétrica.

Os indicadores propostos para este impacto são:

- Precipitação acumulada;
- Intensidade da precipitação;
- Vulnerabilidade a cheias na infraestrutura hidroelétrica;
- Vulnerabilidade a movimentos de massa;
- Resultado da avaliação especializada *in loco* da sensibilidade da infraestrutura hidroelétrica;
- Registo e caracterização de impactos resultantes de precipitação extrema.

A **avaliação** à escala global é neutra (0) devido ao reduzido peso da energia hídrica no arquipélago. A avaliação à escala do sistema hidroelétrico é negativa (-1) porque, a exposição aos fenómenos extremos descritos é relativamente reduzida, o histórico de eventos extremos com impacto é desconhecido e a robustez da infraestrutura hidroelétrica é elevada.

8.2 Vento-energia eólica

8.2.1 Perturbação de variações da potência eólica na rede

Este impacto caracteriza-se por uma perturbação, por vezes forte, na produção de energia elétrica, que é originada pela variação brusca de potência eólica. Daí resultam interferências na qualidade da energia, e que obriga os geradores térmicos da rede, que estejam a ser usados na regulação da qualidade da energia e em potência de reserva, a efetuar tomadas de carga⁵² (potência) acima do recomendado ou a funcionar num regime não ótimo⁵³.

As variações bruscas de potência decorrem da **exposição** a ventos instáveis, em especial ventos fracos⁵⁴, e a períodos curtos de falta ou excesso de vento. O impacto será agravado se, na mesma altura, ocorrerem variações bruscas na carga da rede provocadas por fortes tomadas de potência do lado da procura, que sejam imprevisíveis ou atualmente impossíveis de suavizar. O impacto será tanto mais frequente e forte quanto maior for a percentagem de potência eólica em produção em relação à carga total (procura de energia), situação que se agrava no período de vazio. Como resposta a esta situação, o despacho limita a potência eólica debitada de forma a minorar este impacto e a permitir que as centrais térmicas possam funcionar acima no seu patamar mínimo de operação⁵⁵.

A **sensibilidade** será tanto maior quanto:

- maior a potência individual de cada torre eólica⁵⁶;
- maior for a percentagem de potência eólica em produção em relação à potência de reserva disponibilizada pelos geradores térmicos (usados na regulação da qualidade e potência de reserva), em especial no período de vazio;
- maior for o potencial eólico permitido pelo despacho aos parques eólicos, para efeitos de regulação da qualidade da rede e potência de reserva;
- menor for a sofisticação do controlo de potência do parque eólico disponibilizado ao despacho⁵⁷;

⁵² Cada grupo térmico tem o seu limite máximo de tomada de potência, recomendado pelo fabricante, acima do qual o grupo está em esforço e arrisca consequências na sua fiabilidade

⁵³ Cada grupo térmico terá o seu regime de funcionamento opimo, recomendado pelo fabricante, num intervalo de potência que lhe é específico e favorável para a sua eficiência e fiabilidade

⁵⁴ Ventos que se encontrem abaixo da *rated power output speed*

⁵⁵ O patamar mínimo de operação de uma central térmica é definido consoante as características e estado dos grupos térmicos em carga

⁵⁶ A saída não controlada de uma torre eólica provocará uma perturbação na rede tanto maior quanto maior for a sua potência;

⁵⁷ Foram identificados três níveis de sofisticação de controlo da potência eólica, disponibilizados ao despacho: 1) débito de potência do parque eólico fixo, independentemente da potência individual de cada torre eólica, havendo a possibilidade de torres com potencial de reserva compensarem as quebras e indisponibilidades que possam ocorrer noutras; 2) débito de potência eólica do parque eólico limitado a uma percentagem de potência máxima, cuja ordem é seguida individualmente pelas torres, independentemente da disponibilidade de potência das outras torres; 3) o débito de potência é limitado parando as torres individualmente, não sendo possível limitar cada uma das tores, ou o parque, a percentagem de potência pretendida;

- menor for a capacidade do equipamento eólico e funcionalidades ativadas⁵⁸ em se adaptar a um recurso eólico variável ou que esteja perto dos limites operacionais de vento (dados pela curva de potência do equipamento);
- menor for a resiliência do parque eólico a fenómenos de quebra de qualidade da energia na rede⁵⁹;
- menor for a capacidade ou disponibilidade dos geradores térmicos (ou de equipamentos auxiliares⁶⁰ que possam contribuir para a regulação da qualidade de energia e reserva de potência) em realizar responder a solicitações de potência (tomadas de potência);
- menor for a previsibilidade da procura de potência/energia, que a experiência demonstra ser menos previsível em ilhas pequenas;
- menor for a capacidade dos consumidores em suavizar ou comunicar a entrada das cargas na rede, em especial quando têm uma dimensão suficiente para forçar os geradores térmicos a realizar tomadas de potência fora do recomendado.

Os **indicadores** propostos para acompanhar a evolução deste impacto são:

- Velocidade e direção do vento;
- Potência individual de cada torre eólica;
- Número de horas equivalentes de produção eólica;
- Número de horas equivalentes de produção descontadas⁶¹;
- Potência eólica média e desvio padrão;
- Potência eólica média em período de vazio;
- Potência média dos geradores térmicos em período de vazio;
- Potência média em reserva⁶² (de potência);
- Capacidade média de tomada de potência⁶²;
- Carga média diária e carga média em período de vazio;
- Número de ocorrências de quebra de potência do parque eólico, que provoquem uma tomada de carga nos geradores térmicos:
 - a) pouco antes do limite operacional recomendado para os geradores;
 - b) mais brusca que o limite operacional recomendado para os geradores

Este impacto tem uma **avaliação** de muito negativo (-2) uma vez que a nível operacional foi confirmado o impacto na rede, em concreto nos geradores térmicos, que resulta da perturbação imprevisível da produção eólica, forçando os geradores térmicos (que estiverem a fazer a potência de reserva e regulação da qualidade de energia) a funcionar fora do seu ótimo de eficiência e durabilidade.

⁵⁸ Como a função *storm control*

⁵⁹ Que podem provocar uma saída brusca do parque eólico da rede e com isso agravar o impacto, e que podem atrasar o retorno no parque eólico à rede caso este seja obrigado a sair

⁶⁰ Tais como os volantes de inércia que foram experimentados nas ilhas das Flores e Graciosa (Relatório e Contas 2005, EEG Grupo EDA e “A estratégia para as RUP: progressos e perspetivas futuras”, RAA, abril de 2008)

⁶¹ Horas de produção que são limitadas pelo despacho para fins de regulação da rede no período de vazio

⁶² Incluí todos os equipamentos da rede com esta capacidade para além dos geradores térmicos

8.2.2 Interrupção ou forte redução temporária do potencial eólico disponível

Este impacto poderá ocorrer quando o recurso eólico é desfavorável à produção (ou seja, quando o vento está fora ou no limite da curva de potência dos equipamentos eólicos), de forma persistente (horas), e durante um período de tempo prolongado (dias), levando a uma redução significativa do potencial eólico e perda significativa de energia.

Este impacto decorre da **exposição** a padrões de vento desfavoráveis (que estejam perto dos limites da curva característica do equipamento eólico), que podem ocorrer em períodos prolongados de acalmia (mais frequentes⁶³) ou tempestade (menos frequentes⁶⁴).

Quando este impacto é frequente, as outras fontes de energia são sobrecarregadas e o peso da energia eólica no balanço energético (de cada ilha ou da região) sofre uma redução⁶⁵. Em resposta a este impacto entrarão em ação os geradores térmicos disponíveis para compensar a potência eólica não disponível, o que irá fazer subir o consumo de combustíveis fósseis.

O impacto será maior em períodos de ponta e agravado caso ocorram em dias quentes de verão, altura em que o rendimento nas centrais de produção com ciclo térmico (térmicas ou geotérmicas) é pior. Dias quentes de verão, tipicamente com muitos turistas visitantes, e com pouco vento, reúnem a maior probabilidade de agravamento deste impacto na rede, ao nível da potência disponível e do aumento do consumo de combustíveis fósseis.

A **sensibilidade** será tanto maior quanto:

- maior for a percentagem de potência eólica em relação à potência dos geradores térmicos (usados na regulação da qualidade e de reserva de potência);
- maior o peso da energia eólica na matriz energética;
- maior for a ocorrência de temperaturas altas, com impacto no sistema elétrico, em períodos de acalmia de vento;
- menor for a capacidade do equipamento eólico, ou as funcionalidades ativadas, em se adaptar a um recurso eólico variável ou que esteja perto dos limites operacionais de vento;
- menor for a disponibilidade de fontes endógenas alternativas de energia⁶⁶;

⁶³ Entre abril de 2012 e dezembro de 2015, no período das 9 horas da manhã às 23h, ocorreram ventos: abaixo dos 6 km/h (medidos em Espigão da Fonte), em 15% dos casos, foi produzida menos de 1% da energia total e a potência média esteve abaixo dos 170 kW;

⁶⁴ Ventos de 50 km/h, valor de vento a partir do qual a percentagem de casos iguala a percentagem de energia (0.5%), têm uma potência média de 5268 kW e em 24% dos casos (de ventos a 50 km/h) essa potência está abaixo de metade desse valor. A 60 km/h a potência média é de 2900 kW e em 53% dos casos está abaixo de metade desse valor. Conforme foi analisado anteriormente, este comportamento do parque eólico é coerente com a função *storm control*, que reduz progressivamente a potência à medida que os ventos que se aproximam do limite operacional das turbinas. Parque eólicos sem esta função ativada sofrerão um corte abrupto quando os ventos se aproximam do referido limite.

⁶⁵ Como foi o caso de 2014 (79147 MWh) para 2015 (68652 MWh)

⁶⁶ Tipicamente Fontes de Energia Renováveis (FER), como a energia Geotérmica.

Os **indicadores** propostos para fazer o acompanhamento da evolução deste impacto são:

- Velocidade do vento;
- Temperatura do ar;
- Percentagem de potência eólica instalada em relação às fontes de energia despacháveis⁶⁷;
- Peso da energia eólica na matriz energética da ilha;
- Número de horas equivalentes de produção eólica;
- Número de horas equivalentes de produção descontadas.

A **avaliação** deste impacto é negativa (-1) devido, por um lado, ao peso significativo da energia eólica no arquipélago, e por outro, ao facto dos parques eólicos nos açores revelarem-se produtivos, uma vez que existem condições favoráveis predominantes e previstas em fase de projeto.

O peso da energia eólica é significativo porque esta é a segunda principal fonte de energia renovável no arquipélago⁶⁸ e a principal fora da ilha de São Miguel.

Historicamente os parques eólicos do arquipélago revelaram-se produtivos⁶⁹, devido:

- à sua elevada disponibilidade e capacidades dos equipamentos;
- a um recurso eólico favorável;
- a uma gestão de despacho favorável.

O balanço é negativo porque, por exemplo, em 2015 os dados revelam que houve um impacto negativo na produção eólica devido à exposição de padrões de vento desfavoráveis⁷⁰ que não são previsíveis.

8.2.3 Interrupção ou forte redução prolongada da potência eólica disponível

O impacto da interrupção ou redução prolongada da potência eólica disponível pode ocorrer devido a danos temporários ou permanentes da infraestrutura.

Os danos podem ocorrer devido à **exposição** a vento excessivo, perto ou acima das especificações de projeto da infraestrutura eólica, em especial nas torres eólicas ou a fenómenos de movimentos de massa.

A **sensibilidade** será tanto maior, quanto maior for:

⁶⁷ Leia-se centros de produção com fontes de energia quantificadas, previsíveis e de aproveitamento controlável (ex: geradores térmicos a combustíveis fósseis ou a biogás)

⁶⁸ Em 2014 a energia eólica representou 9.2% da produção e 8.7% em 2015 e a energia geotérmica representou 23.2% e 23% respetivamente (EDA)

⁶⁹ Por exemplo, dados revelam que em 2010 ocorreram 4061 horas equivalentes de produção no parque eólico da Serra do Cume, na ilha Terceira, o que é um resultado excecionalmente bom

⁷⁰ Em Espigão da Fonte a média de vento foi em 2014 de 17.7 km/h (para 22 GWh em Graminhais) e em 2015 de 15.3 km/h (para 17 GWh, havendo nesse ano ambos os extremos de vento do padrão desfavorável de vento, com junho (0.7 GWh) a ter uma média de 10 km/h e dezembro (2.1 GWh) com 27.2 km/h (sendo o dia 14 de dezembro de 2015 o mais extremo, com uma média de 49,2 km/h), cuja produção eólica foi equiparável a outubro (2.0 GWh) com 18.5 km/h)

- o otimismo das especificações de projeto, em especial na especificação de velocidades de vento de rajada⁷¹ e sustentadas⁷¹;
- os efeitos afunilamento de vento, em determinadas direções, provocado pela urografia envolvente;
- o peso da energia eólica na matriz energética;
- o risco de fenómenos de movimentos de massa nas localizações dos parques eólicos⁷²;

Os **indicadores** propostos para acompanhar a evolução deste impacto são:

- top 10 ventos máximos de rajada;
- top 10 ventos máximos sustentados;
- percentagem dos top 10 de ventos máximos de rajada e de vento sustentado face à especificação de projeto da infraestrutura eólica;
- número de ocorrências de novos máximos históricos para ventos de rajada e ventos sustentados;
- horas de indisponibilidade de cada torre eólica e número de ocorrências devido a danos provocados por vento excessivo;
- horas de indisponibilidade da infraestrutura eólica;
- número de horas equivalentes de produção eólica;
- valor da escala de risco de vulnerabilidade para movimentos de massa.

Se os top 10, percentagens e número de ocorrências crescerem então poderemos ter um fenómeno de maior exposição ao vento extremo em evolução. Se o número de horas de indisponibilidade de cada torre eólica aumentar e o número de horas equivalentes diminuir isto poderá indicar que os equipamentos estão a ser degradados por ventos excessivos.

O resultado da **avaliação** deste impacto é **muito negativa** (-2), devido ao peso da energia eólica no arquipélago, ao facto de haver registo de ocorrência de eventos extremos de vento e precipitação, como a passagem de tempestades com velocidades próximas do limite de vento máximo sustentado, e a severidade do impacto caso ocorra.

8.3 Temperatura-energia geotérmica

8.3.1 Perda de potência elétrica geotérmica

O impacto manifesta-se na perda de potência quando o recurso geotérmico se mantém constante, obrigando o restante sistema elétrico a produzir mais, especialmente em períodos de ponta.

⁷¹ A definição da duração e valor de vento máximo sustentado e vento máximo de rajada decorre do que estiver estabelecido nas especificações da torre eólica (por exemplo, para as Enercon E-44 o vento máximo de rajada é aquele que na média de 3 segundos deve ser inferior a 70 m/s (252 km/h) e o vento máximo sustentado é aquele cuja média de um minuto deve ser inferior a 50 m/s (180 km/h));

⁷² Foi verificado que o conjunto de PTs que foram georreferenciados no capítulo 2 podem não representar todos os centros electroprodutores como o caso dos parques eólicos (por exemplo, na ilha de São Miguel, o parque eólico dos Graminhais está num local de incidência cuja escala de risco de vulnerabilidade para movimentos de massa tem um valor médio (3)

A perda de potência ocorre pela **exposição** a uma temperatura do ar elevada que aumenta os autoconsumos associados à ventilo convecção forçada⁷³ nos condensadores, bombagem no circuito secundário e perda de eficiência⁷⁴ do ciclo orgânico Rankine⁷⁵. A perda de potência poderá coincidir com uma maior carga na rede devido a uma maior procura de energia e outras perdas na rede, o que poderá sobrecarregar os centros electroprodutores disponíveis, em especial os térmicos.

A **sensibilidade** será maior quanto:

- maior for a percentagem da potência geotérmica em funcionamento na ilha;
- maiores forem as perdas de calor do circuito primário⁷⁶;
- maior for o consumo de energia associado à condensação do fluido secundário⁷⁷;
- maior for o impacto do aumento da carga devido à exposição a temperaturas altas;
- mais baixa a temperatura de condensação do fluido secundário⁷⁸;
- mais baixa e instável for a temperatura do fluido primário⁷⁶.

Os **indicadores** propostos para seguir a evolução deste impacto são:

- Percentagem de potência geotérmica instalada em relação à potência dos geradores térmicos (usados na regulação da qualidade e de reserva de potência)
- Energia de autoconsumo das centrais geotérmicas;
- Horas equivalentes de produção;
- Perda de potência em regime de plena tomada de potência⁷⁹;
- Temperatura do ar⁸⁰

O resultado da **avaliação** do impacto é **negativa** (-1), devido ao peso da potência geotérmica na ilha onde estiver instalada⁸¹ e ao facto de existir uma maior confiança na

⁷³ Permutadores de calor que efetuam a maior parte da permuta de calor com o ar exterior usando uma ventilação forçada de ar

⁷⁴ É uma hipótese teórica que não foi confirmada nem afastada no capítulo 6

⁷⁵ Ciclo térmico de vapor (Rankine) de baixa temperatura, feita com um fluido orgânico intermédio de trabalho (npentano), ou fluido secundário, que tem como fonte quente o vapor de água, ou fluido primário, aquecido pela fonte geotérmica e como fonte fria o ar atmosférico. Pela equação do rendimento de Carnot, quanto maior a diferença entre a temperatura da fonte quente e a temperatura da fonte fria, maior será o rendimento

⁷⁶ Que transfere calor do recurso geotérmico (fonte quente) para o circuito secundário, o que por si pode provocar uma perda e potência adicional, que teoricamente pode ser compensada por uma temperatura de condensação mais baixa (fonte fria)

⁷⁷ Neste caso associado à ventilo convecção forçada e à bombagem

⁷⁸ O que torna o processo de transferência de calor mais difícil para uma dada temperatura do ar

⁷⁹ Diferença entre a potência média que ocorre nas horas de menor autoconsumo, tipicamente nas horas de noturnas de vazio, e de maior autoconsumo, tipicamente as horas diurnas de cheia, quando a central funciona em regime de cruzeiro, sem sofrer perturbações do recurso geotérmico e sem restrições do despacho

⁸⁰ Não foi estudado o impacto da precipitação (que promove uma melhor troca de calor nos ventilo convetores), radiação solar (que pode estar a provocar ganhos térmicos) e vento (que poderá ajudar na dissipação do calor rejeitado pelos ventilo convetores)

⁸¹ Desde 2013 a 2015, na ilha de São Miguel, a percentagem de potência média no período das 9h às 22h, foi de 38% em São Miguel

relação causa efeito, suportada pela análise aos dados⁸² e pelo relato do operador. Este impacto é mitigado pelo facto de a perda de potência evoluir lentamente, dando tempo ao despacho para responder adequadamente.

8.3.2 Perda de energia elétrica de origem geotérmica

O impacto manifesta-se na acumulação de horas de produção com perda de potência devido à **exposição** prolongada a temperaturas altas do ar, levando a uma compensação da energia não produzida por outras fontes de energia, como a energia fóssil.

A **sensibilidade** será tanto maior quanto maior for:

- o peso da energia elétrica de origem geotérmica na matriz de energia da ilha;
- o impacto da temperatura na perda de potência.

Os **indicadores** propostos para este impacto são:

- percentagem de energia geotérmica produzida na rede elétrica;
- perda de energia que resulte da perda de potência em regime de plena tomada de potência;
- temperatura do ar;

A **avaliação** deste impacto é neutra (0) uma vez que a perda de energia é reduzida. Foi determinado⁸³ que, um aumento aproximado de um grau da temperatura média do ar, no decurso de um ano, resulta numa perda aproximada de 0,45% de energia geotérmica (proveniente de ambas as centrais). Na prática, apesar da avaliação do impacto da perda de potência ser negativa (-1), a duração do mesmo é reduzida acumulando-se pouca perda de energia.

8.4 Temperatura-carga

8.4.1 Impacto e exposição

Foi identificado um impacto de aumento da carga na infraestrutura elétrica por **exposição** a temperaturas⁸⁴ mais elevadas, em especial em dias de Verão⁸⁵.

A carga é o resultado da soma de toda a potência debitada pelo conjunto dos centros electroprodutores em operação, que fornece energia à restante infraestrutura elétrica, e que, sua vez, a encaminha até ao consumidor final.

⁸² Com uma temperatura de 27°C, a perda de potência registada foi de 4,2% (72GTPV) e 9,8% (72GTRG) e o modelo de regressão estabelecido (no capítulo 6) essa perda será de 4,1% e 7.6%.

⁸³ Usando o modelo de regressão definido no capítulo 6

⁸⁴ No capítulo 6 ficou estabelecido que existe uma relação causa-efeito entre a temperatura e carga, tendo sido possível definir um modelo de regressão, cujo erro anual é de 0,1%, com um ponto de inflexão na carga aos 15°C e uma subida mais notória do valor da carga a partir dos 20°C

⁸⁵ Os dados revelam que existe uma relação mais forte nos períodos de verão

O impacto de haver maior carga divide-se em três partes que interagem entre si:

- aumento do consumo de energia primária⁸⁶(1);
- possível sobrecarga na infraestrutura elétrica⁸⁷(2);
- tendência para a degradação da qualidade da energia (3).

(1) O aumento consumo de energia primária (kWh) resultante de uma maior tomada de potência (kW) e por mais tempo (h) pelos consumidores finais, o que se repercute aos centros electroprodutores que fornecem a energia suplementar necessária, que neste momento são fósseis⁸⁸.

(2) A possível sobrecarga na infraestrutura elétrica terá efeitos nos centros electroprodutores e na rede elétrica:

- nos centros electroprodutores, porque são forçados a:
 - responder, por vezes de forma brusca, a uma carga maior;
 - compensar a perda de rendimento que ocorre nos ciclos térmicos (fósseis e renováveis) quando a temperatura do ar é maior;
 - suprir os autoconsumos relacionados com uma dissipação de calor que tem de ser mais forçada (para permitir uma troca de calor eficaz);
- na rede elétrica (transporte e distribuição de energia elétrica), porque:
 - há um aumento das perdas de produção⁸⁹ e perdas de distribuição de energia⁹⁰, que são agravadas:
 - pela maior potência em trânsito⁹¹;
 - pela maior temperatura ambiente;
 - Podem ser atingidos os limites de carga das linhas de energia e postos de transformação, que levem a um corte de energia (para proteção dos equipamentos)

(3) A tendência para a degradação da qualidade da energia pode resultar de muitas tomadas de potência simultâneas do lado do consumo, o que pode diminuir a capacidade e margem de resposta dos centros electroprodutores.

Este impacto será outra vez agravado se, nestes momentos de maior procura de frio, existirem simultaneamente outras cargas em grande volume, como cargas industriais de grande potência ou cargas domésticas que simultaneamente ocorrem em grande número⁹².

⁸⁶ Fontes de energia seja ela fóssil ou renovável

⁸⁷ A infraestrutura elétrica inclui infraestruturas de produção, transporte e distribuição

⁸⁸ Dada a configuração e composição atual do sistema elétrico, qualquer consumo suplementar de energia terá origem fóssil na produção porque a capacidade renovável está esgotada em períodos de ponta (que são os períodos onde o aumento da temperatura é maior)

⁸⁹ Perdas que ocorrem com a energia já em trânsito, calculadas através do diferencial entre a energia produzida e a energia entregue à rede, que em 2015, no Arquipélago, foram de 3,78% da energia produzida

⁹⁰ Calculada através do diferencial entre a energia que entra na rede e a energia final consumida, que em 2015, no Arquipélago, foram de 6.46% da energia entregue à rede

⁹¹ Quanto maior a potência em trânsito numa dada linha, maior a intensidade de corrente e maiores serão as perdas pelo efeito de joule

É esperado que a raiz da causa desta relação causa efeito, temperatura-carga, esteja associado ao **aumento do consumo de energia final decorrente de necessidades de produção de frio**, utilizado para fins de:

- climatização, para a manutenção do conforto térmico;
- refrigeração, para a conservação de bens perecíveis e processos industriais;
- congelação, para conservação prolongada de bens perecíveis.

Em todos os equipamentos de frio, quanto maior for a temperatura exterior, maior será a tendência para haver uma entrada de calor no sistema de frio e no espaço a refrigerar, o que aumenta o consumo de energia final elétrica. O mesmo se aplica para o número de e tipo de utilizadores finais de energia.

A eficiência da conversão de energia final elétrica em energia útil de frio por máquinas de frio tenderá a ser pior quanto maior for a temperatura do ar⁹³, o que também agrava a situação. Os arranques das máquinas de frio, que tomam mais potência do que em regime continuado, irão piorar a situação.

Para cada um destes fins de produção de frio serão caracterizados a **sensibilidade e indicadores** específicos. A **avaliação** será comum a todos os fins de produção de frio.

8.4.2 Sensibilidade e indicadores

Aumento da procura de energia para climatização

Uma maior temperatura ambiente exterior de verão tem tendência a aumentar a temperatura interior, em o que diminui o conforto térmico, fazendo com que haja maiores necessidades de climatização para arrefecimento ambiente. Estas necessidades, para além de serem dependentes de características do edificado, são largamente dependentes das necessidades específicas de cada tipo de utilizador, em cada espaço interior e das decisões tomadas por quem gere e de que meios dispõe para gerir o conforto térmico no espaço climatizado.

Para uma dada temperatura as necessidades de frio para climatização tenderão a ser maiores quando maior for a humidade relativa (devido a uma menos sensação de conforto térmico) e a radiação solar (por efeito dos ganhos térmicos).

⁹² Cargas domésticas poderão estar associados a consumos de energia útil relacionados com a preparação de águas quentes sanitárias (usando resistências elétricas em cilindros de água, depósitos de energia solar com apoio elétrico e bombas de calor) e a confeção de alimentos, apesar do enorme recurso ao gás de garrafa (Em 2010, 97% do consumo de energia em AQS e 55% da energia consumida na cozinha teve origem em GPL (98,6% dos quais Butano) - Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico de 2010, DGEG/INE)

⁹³ Uma vez que a maioria dos equipamentos de frio instalados depende do ar como fonte fria

A **sensibilidade** será tanto maior, quanto:

- maior for:
 - o ganho solar térmico do edificado por efeitos de radiação (solar);
 - o efeito de ilha de calor urbano⁹⁴ nos arruamentos do edificado;
 - a humidade, porque uma humidade maior induz menor conforto térmico para uma mesma temperatura;
 - a proporção entre turistas e habitantes locais, porque o sector do turismo consome mais energia *per capita*;
 - a proteção ao vento do edificado, que diminua a capacidade de dissipação de calor e a sua ventilação natural;
- menor for:
 - o vento, por:
 - contribuir um maior para o stress térmico para as pessoas quando estas estão no exterior;
 - diminuir a dissipação de energia e ventilação natural do edificado;
 - dificultar a troca de calor dos condensadores dos equipamentos de frio;
 - a capacidade dos equipamentos de frio em se adaptarem a condições variáveis de temperatura exterior (condensação) e interior (evaporação);
 - a capacidade de as instalações de frio diferirem consumos do horário de ponta (quando a temperatura do ar é maior) para o vazio (quando a temperatura do ar é menor);
 - a sensibilização das pessoas quanto ao seu consumo de energia, em especial quando essa energia não é paga por elas⁹⁵;
 - o conhecimento das pessoas que gerem os espaços climatizados, sobre a gestão do conforto térmico, o que inclui por exemplo o controlo de ganhos térmicos no edificado.
 - a área de sombra disponível para:
 - as pessoas que circulam no exterior, porque a radiação solar direta induz maior stress térmico;
 - condensadores de equipamentos de frio porque a radiação solar direta pode gerar ganhos solares nos condensadores, que diminuem a sua capacidade de troca de calor;
 - a capacidade do sistema elétrico em responder a picos de consumo de potência e energia.

⁹⁴ Temperatura relativamente superior quando comparada com a área rural envolvente,, associada a mudanças no escoamento de águas pluviais (leia-se permeabilidade e capacidade de retenção de água dos solos como efeito moderador de temperatura, o efeito da retenção de calor proporcionada pela malha urbana de betão, modificações de albedo (refletividade do solo à radiação solar), modificações proporcionadas pela poluição e aerossóis, entre outros efeitos geradores, acumuladores e fixadores de calor – Definição IPCC

⁹⁵ Podem ser pessoas locais ou turistas

Assim sendo, os **indicadores** propostos para acompanhar este impacto são:

- Temperatura;
- Humidade;
- Radiação solar;
- Consumo de energia elétrica;
- Potência de climatização instalada;
- COP⁹⁶ de arrefecimento ponderado à potência instalada;
- Número de residentes locais;
- Número de turistas.

Resultado da **avaliação**, -2, muito negativo e na mesma linha de avaliação do impacto do aumento da procura de energia para efeitos de refrigeração e congelamento, conforme o explicado no capítulo da Avaliação.

Aumento da procura de energia para refrigeração e congelamento

Como seria de esperar, o aumento do consumo de energia para a refrigeração e congelamento de bens alimentares usando máquinas de frio (ou de ciclo frigorífico) e processos industriais de arrefecimento (com ou sem o uso de máquinas de frio) ocorre em todos os sectores de consumo que façam uso destes equipamentos quando há uma **exposição** a temperaturas do ar mais elevadas.

Máquinas de frio de frigoríficos, expositores de alimentos refrigerados ou congelados, arcas de frio, produção de gelo ou água gelada associada a processos industriais, consomem mais energia devido a ganhos térmicos provenientes do exterior e perdas de rendimento associadas ao ciclo térmico das máquinas de frio (frigoríficos ou congeladores) ou ao arrefecimento de fluídos para uso em processos industriais⁹⁷.

Uma temperatura maior de entrada de alimentos em espaços de frio (refrigeração ou congelamento) origina um consumo energia adicional para os arrefecer. O acesso a estes espaços de frio aumenta o consumo de energia devido à entrada direta de calor proveniente do ar em redor das portas de abertura. É ainda espectável que o consumo de bebidas frescas aumente em períodos de calor, em especial durante festividades, o que aumentará o movimento nos espaços de frio e consequentemente o consumo de energia.

Os equipamentos, máquinas, processos e naves industriais que os albergam, tendem a acumular mais calor, o que sobrecarrega sistemas industriais de arrefecimento.

Para além do fator da temperatura ambiente exterior influenciar o consumo de energia elétrica, as opções de **escolha, utilização** e a **manutenção** dos equipamentos de frio têm uma forte componente no consumo final.

A **escolha** destes equipamentos tem três componentes que influenciam o consumo final de energia elétrica:

⁹⁶ Coefficient of Performance, relação entre a energia obtida no equipamento de frio e a energia fornecida ao equipamento de frio para este funcionar

⁹⁷ Estes processos industriais podem não fazer uso de máquinas de frio, podendo apenas depender de ventiloconvectores para efetuar trocas de calor com exterior

- Eficiência, que resulta:
 - da eficiência do sistema de frio;
 - dos isolamentos da instalação;
- Capacidade de refrigeração, seja:
 - em volume útil, associado ao armazenamento de alimentos a refrigerar;
 - em potência de arrefecimento, associado a um processo industrial.
- Localização do equipamento relativamente a fontes de calor.

A **escolha** da eficiência, capacidade de refrigeração e localização do equipamento deve ser a indicada às necessidades do serviço de frio dos consumidores. A eficiência do sistema de frio será tanto mais compensadora do ponto de vista económico quanto maior o grau de utilização do serviço de frio e o preço da energia. No caso de instalações maiores, a eficiência depende não só da eficiência individual dos equipamentos instalados como também das opções de projeto e qualidade de execução das instalações de frio. Os isolamentos são relevantes para reduzir ao mínimo possível os ganhos térmicos a partir do ar exterior. A capacidade de refrigeração deve ser adequada às necessidades de frio porque uma capacidade maior que a necessária tende a gastar mais que um espaço de frio de menor capacidade ou tamanho. A localização de um equipamento de frio é relevante tanto para os componentes da máquina de frio (por exemplo um condensador colocado ao sol), como para o espaço de frio em si (por exemplo um frigorífico colocado perto de um forno elétrico). Quanto mais fresco for o local onde os equipamentos de frio são instalados menos energia será consumida por estes equipamentos.

Regra geral, a **utilização** de um equipamento de frio deve ser a mais aproximada possível do fim para que foi pensado no momento da sua escolha, o que apesar de ser óbvio nem sempre ocorre. A regulação da temperatura de frio deve ser a estritamente necessária, porque a produção de frio a temperaturas mais baixas tende a diminuir a eficiência do equipamento e os ganhos térmicos do exterior.

A **manutenção** dos equipamentos de frio deve garantir que o equipamento funciona o mais próximo possível das suas capacidades de origem. Por exemplo, é problemática, a acumulação de gelo nos evaporadores (localizados nos espaços de frio), a existência de fugas de estanquicidade nas portas de frigoríficos ou o estado de conservação de isolamentos da instalação de frio.

A **sensibilidade** de equipamentos associados à refrigeração e congelação será maior, quanto:

- Maior for a dependência da temperatura do ar, como fonte fria (para a condensação em máquinas de frio e no arrefecimento em processos industriais), em especial quando:
 - Há pouca circulação de ar ou vento nos permutadores de calor exteriores;
 - Não há possibilidade de permuta de calor por arrefecimento evaporativo ou a utilização de uma fonte fria de água de passagem ou de depósito de água fria;
 - O permutador de calor exterior é menos eficiente, sendo necessário forçar mais ar o que faz gastar mais energia;
- Maior for a exposição à radiação solar direta, que incorpora calor no sistema através de ganhos solares:
 - nos equipamentos de frio, tubagens ou espaços refrigerados;
 - nos equipamentos, processos ou alimentos a refrigerar;
- Maior for a temperatura de o ar interior do edificado que albergue espaços de frio ou processos industriais com arrefecimento;
- Maior for o número de pessoas presentes em cada ilha;
- Maior for a proporção de turistas em relação aos residentes locais;
- Maior for o movimento de mercadoria refrigerada, congelada ou a produção industrial;
- Menor for a temperatura regulada para o espaço de frio ou de arrefecimento industrial devido a:
 - Maiores trocas de calor diretas (ar exterior que entra no espaço de frio) e indiretas (entradas de calor através da envolvente do espaço de frio);
 - Menor eficiência do ciclo de frio que tende a decrescer quando a temperatura do serviço de frio é menor;
- Menor for o grau de isolamento dos sistemas de arrefecimento industrial, instalações e espaços de frio;
- Menor for a eficiência das instalações de frio, em especial a sua capacidade de adaptação a condições de condensação e evaporação variáveis;
- Menor for a capacidade de as instalações de frio diferirem consumos do horário de ponta (quando a temperatura do ar é maior) para o vazio (quando a temperatura do ar é menor);
- Menor for a sofisticação do controlo de temperatura de frio;
- Menor for a capacidade de distribuição do frio onde ele é mais necessário;
- Menor for o grau de sensibilização de pessoas e empresas para a eficiência energética e o consumo de energia:
- Menor for o grau de conhecimentos de projetistas, instaladores e utilizadores sobre equipamentos de frio, no que toca à escolha, utilização e manutenção corretas;
- Menor for a adequabilidade dos acessos aos espaços de frio, designadamente a sua abertura e fecho;
- Menor for a capacidade do sistema elétrico em responder a picos de consumo de potência e energia.

Os **indicadores** propostos para acompanhar este impacto são:

- Temperatura do ar exterior;
- Radiação solar;
- Velocidade do vento;
- Consumo sectorial de energia elétrica;
- Volume de vendas bruto⁹⁸ no comércio a retalho;
- Volume de produção industrial;
- Eficiência dos equipamentos ponderada à sua potência elétrica;
- Potência de refrigeração instalada;
- Número de residentes locais;
- Número de turistas.

Resultado da **avaliação**, -2, **muito negativo** e na mesma linha de avaliação do impacto do aumento da procura de energia para efeitos de climatização, conforme o explicado no capítulo da Avaliação.

8.4.3 Avaliação

O resultado da **avaliação** do **impacto** da **exposição** do sistema elétrico a temperaturas mais elevadas é **muito negativo** (-2). A parte deste impacto mais importante é o aumento do consumo de energia primária de origem fóssil. A possível sobrecarga na infraestrutura elétrica e a tendência para a degradação da qualidade da energia têm neste momento pouca importância dada a elevada capacidade e baixa sensibilidade do sistema elétrico para responder a situações de ponta. Esta constatação é suportada pelo facto de não ter sido encontrada uma ligação entre dados da continuidade da energia e a temperatura. Contudo, existe uma maior carga que obriga o sistema a ter capacidade de resposta, que de outra forma, se o impacto da temperatura não fosse tão pronunciado, não teria de existir.

De todos os fatores de sensibilidade que foram descritos, os mais importantes e com maior potencial de melhoria, são:

- O grau de conhecimento de projetistas, instaladores e utilizadores sobre equipamentos de frio, no que toca à escolha, utilização e manutenção corretas;
- A capacidade dos equipamentos de frio em se adaptarem a condições variáveis de temperatura exterior (condensação) e interior (evaporação);
- A capacidade de as instalações de frio diferirem consumos do horário de ponta (quando a temperatura do ar é maior) para o vazio (quando a temperatura do ar é menor);
- A exposição a radiação solar direta que dê origem a ganhos solares:
 - nos espaços de frio, como o edificado ou arcas frigoríficas;
 - nos equipamentos e sistemas de frio;
 - nas mercadorias ou processos a refrigerar ou congelar.
- A exposição a radiação solar direta no exterior que nas pessoas irá induzir maior stress térmico;

⁹⁸ Idealmente seria o volume de vendas de produtos alimentares refrigerados ou congelados

- A adequabilidade dos acessos aos espaços de frio, designadamente a sua abertura e fecho, conveniente e eficaz;

8.5 Clima-Qualidade

Este impacto decorre da **exposição** a fenómenos climáticos com consequências ao nível de indicadores de qualidade da continuidade do sector elétrico. Ficou estabelecido no capítulo 6.5 que as ocorrências com códigos relativos a eventos climáticos têm um impacto muito maior por ocorrência, do que ocorrências com outros códigos, em especial ocorrências ligadas ao vento extremo. Isto significa que se ocorrências deste tipo duplicarem de valor o seu peso final nos indicadores poderá mais que duplicar. Dado que é esperado um agravamento dos fenómenos climáticos extremos, em frequência e intensidade, designadamente ciclones, é espectável que o número de ocorrências aumente.

Os códigos identificados como climáticos foram:

- 2110 - Vento de intensidade excepcional;
- 2120 - Inundações imprevisíveis⁹⁹;
- 2130 - Descarga atmosférica direta;
- 2410 - Ação atmosférica;
- 2420 - Ação ambiental;
- 9100 - Vento Intensidade Excepcional.

A **sensibilidade** será tanto menor quanto maior for:

- O conhecimento sobre a intensidade e período de retorno de fenómenos extremos;
- A adequabilidade da infraestrutura à realidade da região;
- A existência de infraestrutura redundante a infraestrutura sob maior risco;
- A capacidade de intervir na infraestrutura
 - para recuperar a infraestrutura após uma ocorrência com impacto;
 - para ta tornar mais resiliente e menos sensível a impactos;
- O grau de resolução da informação recolhida nas ocorrências;
- A sistematização do acompanhamento do impacto de fenómenos climáticos;
- A incorporação em especificações técnicas para a infraestrutura (nova ou renovada), das solicitações decorrentes de fenómenos extremos.
- A capacidade de intervir direta ou indiretamente em elementos do território;

Os **indicadores** propostos para acompanhar este impacto são:

- Registo de ocorrências com impacto na qualidade do serviço energético com causas relacionadas a eventos climáticos, nas categorias:
 - vento de intensidade excepcional;
 - chuva extrema/granizo;
 - descarga atmosférica direta;
 - inundações imprevisíveis;
 - destabilização de solos/fundações;
 - aluimento de terras (movimentos de vertente);

⁹⁹ Sem ocorrências no período em análise 2011-2014

- queda de árvores;
- galgamentos de mar;
- Indicadores habituais de qualidade do serviço energético aplicados às causas climáticas;
- Registo dos parâmetros climáticos que antecederam e ocorreram no momento da ocorrência e nas 24 horas que antecederam a ocorrência:
 - Velocidade média e máxima (rajada sustentada de 3 segundos) do vento;
 - Precipitação acumulada e intensidade máxima da precipitação;
 - Dimensão média e máxima do granizo.
- Registo de perda de valor¹⁰⁰ (custos) decorrentes dos danos à infraestrutura por ocorrência;
- Contribuição média por ocorrência, para cada indicador de qualidade e custos de cada tipo de causa:
 - Prevista e não climática;
 - Imprevista e climática;
 - Imprevista e não climática.

A avaliação deste impacto é **negativa** (-1), uma vez que contribuí negativamente para os indicadores de qualidade do serviço de energia elétrica, com um número de ocorrências reduzido. Por exemplo, as ocorrências com causas climáticas representaram 7.7% da energia não fornecida (END(MWh)), para 1% das ocorrências, entre 2011 e 2014. Cumulativamente é espectável que com o agravamento dos fenómenos climáticos extremos venham a surgir custos decorrentes de fenómenos climáticos extremos.

8.6 AC-Custo da energia fóssil

8.6.1 Descrição do mecanismo do impacto

Este impacto está relacionado com efeitos de conscientização coletiva e políticos à escala global, sobre o problema das AC, devido à **exposição** a fenómenos climáticos extremos com impactos severos. Impactos severos de grande escala e mediáticos¹⁰¹, poderão motivar¹⁰² uma maior incorporação do custo do carbono ao consumidor na energia de origem fóssil e impossibilite a discriminação positiva de preços da energia de origem fóssil. Esta imputação de custo terá um impacto no custo da energia elétrica, que tenha predominantemente origem fóssil, como é o caso da RAA.

À escala nacional, esta imputação será cumulativa e poder-se-á materializar sob a forma de novas taxas diretas de carbono, limites de emissões sectoriais mais apertados, mecanismos de regulação de preço do comércio de créditos de carbono mais exigentes ou a remoção de apoios a atividades económicas que façam uso da energia fóssil.

Adicionalmente, o impacto direto e indireto na cadeia de valor da indústria de abastecimento de energia fóssil, em especial a do petróleo, resultantes da exposição a fenómenos

¹⁰⁰ Será o custo de reparação, substituição ou valor residual da infraestrutura danificada, conforme for entendido ser o mais apropriado

¹⁰¹ Por exemplo, a perda da camada de gelo no círculo polar Ártico (Years of Living Dangerously, Season 1: Episode 4 Clip - Arctic Ice, Showtime)

¹⁰² Por exemplo, na sequência de pressões da sociedade civil como na campanha

climáticos extremos, poderá induzir um maior custo de extração da energia de origem fóssil. Por exemplo, a ocorrência de temperaturas mais elevadas no Médio Oriente, poderá ter impactos diretos ou indiretos (quando associadas a fenómenos de seca ¹⁰³), no abastecimento mundial de petróleo. É possível afirmar que estes e outros impactos serão incorporados em novos custos indiretos, mas, dada a complexidade da formulação do preço da energia fóssil no mercado mundial, não é possível estabelecer uma relação causa-efeito, entre a exposição a fenómenos climáticos extremos e preço de mercado (motivado por outras forças altamente complexas, como as geopolíticas).

Em anexo é explicado com maior detalhe porque é espectável que o custo do carbono venha a subir, com o propósito de se transformar um dissuasor do uso de combustíveis fósseis.

Dependência da Energia fóssil na RAA

Para a RAA, a imputação de um maior custo do carbono sobre os combustíveis fósseis terá impacto no custo da energia, dado que a sua matriz energética é muito dependente da energia fóssil. Em 2014, de acordo com o balanço energético da região (DGEG), apenas 8,8% (29 641 tep) da energia primária que entrou na região foi renovável, dos quais 7,9% (26548 tep), resultaram da entrada de energia elétrica renovável. Essa energia elétrica renovável representou 20,2% do total da energia primária¹⁰⁴ que entrou no sector da eletricidade (131501 tep), sendo os restantes 79,8% (104953 tep) tiveram origem fóssil (fuel 88301 tep (84,1%)) e gásóleo (16652 tep (15,9%)).

Preços do fuel óleo na RAA

No caso do fuel óleo, o combustível mais importante para a RAA e que tem um elevado teor de carbono ¹⁰⁵, os preços (antes de impostos) são relativamente elevados quando comparados com os preços praticados noutros países europeus. Conforme se pode verificar no gráfico abaixo, o país tem o quinto fuel óleo mais caro (511 €/ton), seja por ser uma economia com menor poder negocial ou porque o seu mercado de combustíveis não é suficientemente concorrencial.

¹⁰³ Por exemplo, associadas com eventos de seca extrema, induzindo insuficiências no abastecimento de água de consumo humano e agropecuário, podendo destabilizar politicamente uma região que já é vulnerável em termos de estabilidade e paz (Seeds of war, Global warming helped trigger Syria's bloody civil war, Andrew Freedman, Mashable, 2015/03/02)

¹⁰⁴ O que correspondeu a 38,0 % de energia final com origem renovável

¹⁰⁵ 3236,4 kgCO₂eq/tep, segundo do Despacho n.º 17313/2008

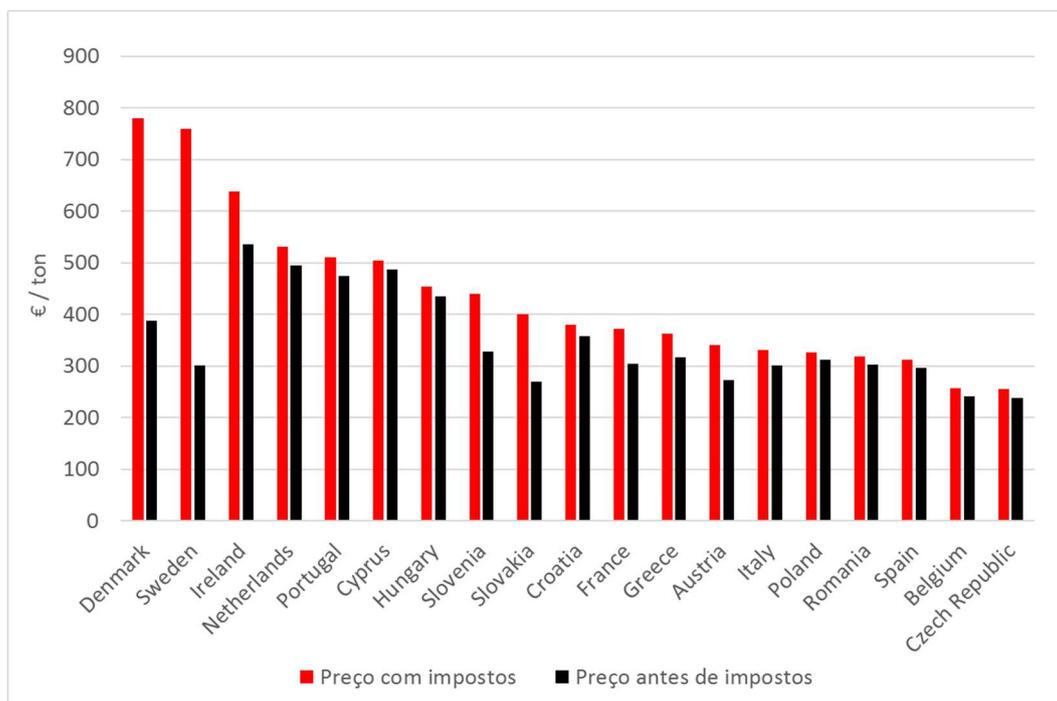


Gráfico 17 – Preço do fuel óleo em vários países europeus com e sem imposto (Comissão Europeia, Weekly Oil Bulletin, 26/9/2016)

Conforme é confirmado no gráfico abaixo, o esforço fiscal sobre o fuel óleo em Portugal aparenta ser baixo quando comparado com outros países.

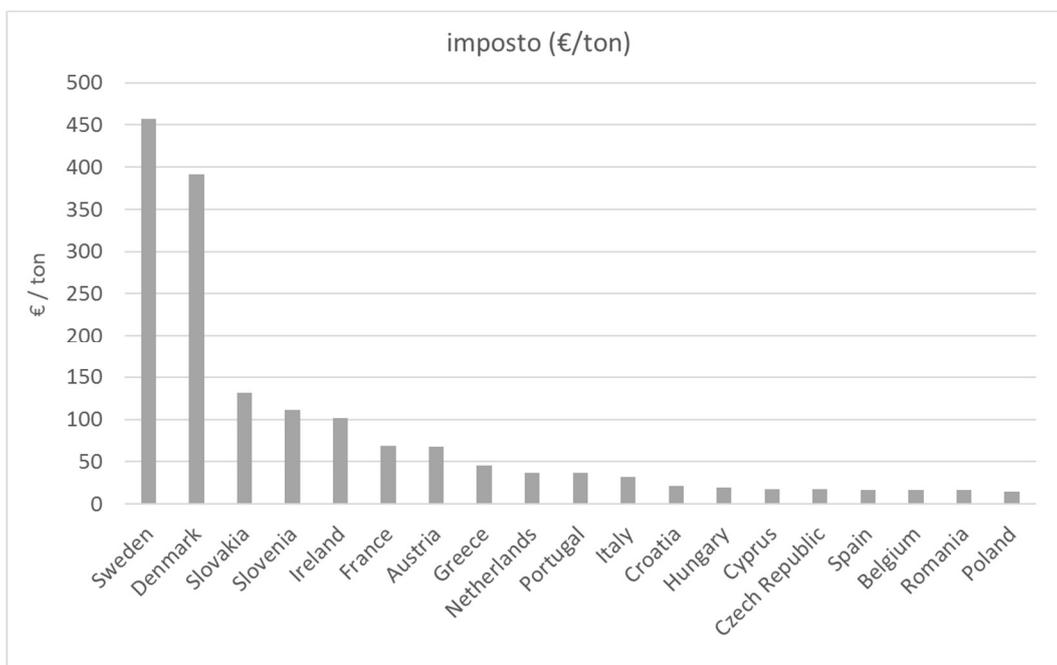


Gráfico 18 - impostos sobre o fuel óleo (Comissão Europeia, Weekly Oil Bulletin, 26/9/2016)

Apesar do imposto ser aparentemente baixo, o esforço da economia é elevado, porque a economia do país é pequena e depende substancialmente de combustíveis fósseis. Em regiões como a RAA, que vive num contexto de insularidade¹⁰⁶, os preços do fuel óleo, para a produção de eletricidade¹⁰⁷ e outros fins¹⁰⁸, são ajustados à realidade desse contexto e regulados para os valores representados no gráfico abaixo.

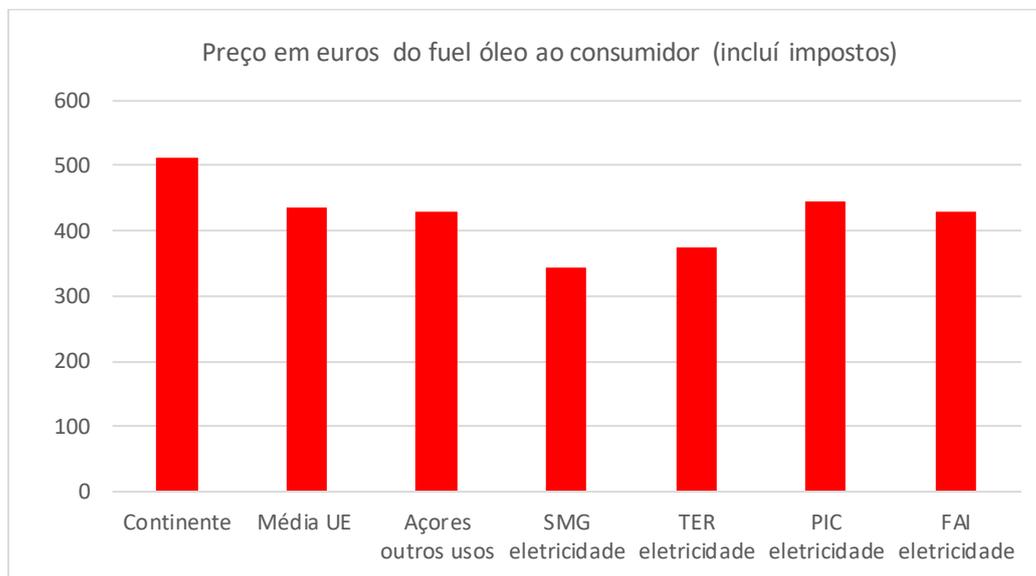


Gráfico 19 - Comparação de preços de fuel óleo no Continente, União Europeia e RAA

Conforme se pode verificar acima, na RAA existe um esforço significativo de correção do preço do fuel. Este esforço é tanto maior para as finanças da região quanto maior for o preço antes de impostos do mercado europeu, custos de transporte e margens comerciais. O esforço para a economia da região será tanto maior quanto o preço médio de venda ao público praticado no continente.

O critério para a fixação do preço de venda ao público médio na RAA tem seguido o preço médio cobrado no continente, que por sua vez depende dos impostos lá cobrados, apesar do mercado de revenda de combustíveis ser liberalizado (no continente). O esforço é maior para a economia porque o preço de venda ao público, fixado administrativamente na RAA, apenas tem por objetivo atenuar variações abruptas do custo da energia e dar uma pequena diferenciação positiva em relação aos preços médios praticados no continente. Esta regulação é feita à custa de receitas fiscais para a região, havendo uma decisão política sobre isso e sobre as margens a pagar ao transporte e revenda. Na prática isto significa que se o preço no continente aumentar também o preço na RAA acabará por aumentar, mesmo que continue a existir diferenciação.

Se ao nível da gestão financeira das finanças públicas regionais, a margem de manobra para a fixação de preços regulados aumenta com o aumento de impostos no continente, ao nível da economia regional haverá um maior esforço. No balanço final é sempre a RAA

¹⁰⁶ Sendo inclusivamente considerada como Região ultraperiférica (RUP), Artigos 349.º e 355.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE) – Parlamento Europeu

¹⁰⁷ Despacho Normativo n.º 34/2016 de 26 de setembro de 2016

¹⁰⁸ Despacho Normativo n.º 24/2016 de 7 de julho de 2016

como um todo que faz um esforço maior para acomodar maiores custos na energia fóssil, independentemente do seu preço de venda ao público.

Conclusão sobre o mecanismo do impacto

O custo da energia em ilhas, em particular as que têm origem predominante em combustíveis fósseis, é declaradamente elevado. O IPCC reconhece¹⁰⁹ que “os preços da energia em pequenas ilhas¹¹⁰ estão entre os mais elevados do mundo, principalmente por causa da sua dependência sobre os combustíveis fósseis e a sua capacidade limitada em aproveitar economias de escala, incluindo (o efeito de desconto de) compras feitas em grande quantidade”. Apesar deste reconhecimento, é espectável que continue a existir uma pressão política internacional de cobrar custos de carbono nestes contextos, havendo apenas espaço para discriminação positiva no apoio ao investimento em alternativas de baixo carbono.

O princípio da imputação do custo do carbono ao utilizador final já está a ser implementado em Portugal e no mundo, mostrando sinais de desenvolvimento e expansão deste princípio. A crescente vontade política do combate às AC e a obtenção de melhorias ambientais relacionadas com a redução da poluição tornam esta medida atrativa e popular.

Em Portugal existe uma aparente margem para o aumento do esforço fiscal sobre o carbono, que se poderá somar ou substituir à carga fiscal já existente. Os apoios a atribuir à economia, designadamente a discriminação positiva de custos de energia, tenderão a estar relacionados com as alternativas às tecnologias de carbono.

Um custo maior do carbono em Portugal irá aumentar o preço depois de impostos no continente e conseqüentemente o preço na RAA, apesar de na região atualmente existir autonomia para uma correção administrativa de preços. Nesse cenário o custo da energia ao consumidor final na RAA será maior, o que levará um também maior esforço financeiro exercido sobre pessoas e empresas. Dado o contexto político que proporcionou os atuais acordos de redução de emissões de GEE, é espectável que um eventual alívio a este esforço no contexto insular, proporcionado por uma discriminação positiva de custos de energia, seja apenas possível fazendo uso de medidas de incentivo à redução do consumo de energia fóssil, tais como as relacionadas com eficiência energética ou fontes de energia renovável endógenas.

8.6.2 Impacto das AC no custo da energia

O impacto no custo da energia decorre quando, à escala global, é imposta uma penalização sistemática e universal das emissões de carbono, com efeito dissuasor à utilização de combustíveis fósseis. A forma como essa penalização é feita poderá passar pela imposição de taxas adicionais aos produtos com emissões de GEE, pela diminuição de atribuição de créditos de carbono ou pelo aumento do preço de créditos de carbono nos mercados internacionais de carbono.

A **exposição** a fenómenos climáticos extremos à escala planetária, com impactos severos, continuará a provocar um efeito mediático que se provavelmente se traduzirá numa pressão

¹⁰⁹ IPCC, Chapter 29 – Small Islands, Working group II, Fifth assessment report

¹¹⁰ Leia-se pequenos arquipélagos nação, como o caso das ilhas Maurícias ou do Tuvalu

social e política para introdução de custos de carbono. Dado que especialistas consideram que o próprio acordo de Paris não é suficiente¹¹¹, a ambição de mitigar mais será crescente à medida que os impactos forem mais óbvios. A introdução destes custos terá um impacto direto no custo da energia na RAA, que é predominantemente fóssil.

O objetivo da aplicação de taxas e créditos de carbono é o de incorporar externalidades ambientais¹¹² no custo de bens e serviços que emitam GEE, criando desta forma um incentivo adicional para a busca de alternativas viáveis. A tentativa de estabelecer regimes de exceção tenderá a encontrar fortes resistências por parte de centros de decisão fora da RAA, em especial nas instâncias europeias, por forma a evitar fugas de carbono¹¹³.

Desta forma, será tendencialmente mais difícil criar exceções à aplicação de taxas ou manter apoios diretos que impliquem o subsequente consumo de energia fóssil. Será dada uma maior preferência a apoios diretos de discriminação positiva dos custos de energia que sejam coerentes com princípios associados à descarbonização da economia, pois estes estarão alinhados com objetivos e acordos internacionais e comunitários de redução de emissões de GEE.

A **sensibilidade**, no contexto da RAA, será tanto maior quanto for:

- A dependência de fontes de energia fóssil;
- O peso de apoios diretos e indiretos ao consumo de energia fóssil;
- A aceitação das pessoas sobre o princípio custo do carbono;
- A ligação aos preços praticados no Continente;
- A pressão exterior exercida sobre a RAA para uma maior incorporação do custo do carbono;
- A aceitação exterior à RAA para a manutenção de políticas de correção de preços e discriminação positiva de preços, devido a receios de fenómenos de fugas de carbono;
- E tanto menor, quanto for:
 - a capacidade adaptativa:
 - de todos os setores (para além do energético) às AC;
 - do sistema elétrico em permitir o encaixe de uma maior percentagem de energia com emissão de GEE reduzidas;
 - do sistema elétrico e dos consumidores em passar produção e consumos de energia elétrica para o período noturno (onde a energia é predominantemente renovável e as perdas de energia são menores);
 - dos consumidores:

¹¹¹ Synthesis report on the aggregate effect of intended nationally determined contributions (INDCs), United Nations Framework Convention on Climate Change, 2 May 2016

¹¹² Definidas e contabilizadas pela Agência Europeia do Ambiente (EN35 - External costs of electricity production, indicator code ENER 035, Prod-ID: IND-126-en, Policy issue: "Are environmental costs better incorporated into the pricing system?", EEA, 2008 e revisão de 2015)

¹¹³ Conforme a definição de "Carbon Leakage" ou "Leakage" dada pelo IPCC ("Glossary, Acronyms and Chemical Symbols", Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- para reduzir consumos, melhorando a eficiência dos seus equipamentos;
- diminuir necessidades de energia, evitando o consumo de energia¹¹⁴;
- usar fontes de energia com menores emissões de carbono¹¹⁵;
- usar diferentes formas de energia final para uma mesma necessidade ou serviço¹¹⁶;
- a disseminação e integração da informação eficaz e correta sobre eficiência energética;
- a capacidade de aproveitamento de mecanismos financeiros de estímulos à redução do consumo de energia fóssil;
- a capacidade dos seus sumidouros de carbono¹¹⁷.

A **avaliação** deste impacto é **negativa** (-1), apesar de, no presente (2016), ser pequeno, quase **neutro** (zero), a situação poderá mudar repentinamente, em poucos anos e em menos de uma década.

O impacto na economia do preço do fuel é diminuído pelo facto da RAA manter uma forte capacidade de regulação de preços de venda ao consumidor. Esta gestão discrimina positivamente os custos da energia e de serviços que dependem dos combustíveis fósseis. Até ao momento esta capacidade de regulação goza de uma concordância tácita do exterior, à qual não é alheia o esforço de investimento em energias renováveis e eficiência energética que a região tem feito.

No setor elétrico o impacto é agravado pelo fato de existir pouca capacidade para diferir consumos elétricos para o período de vazio, o que permitiria um maior encaixe de energia renovável.

O impacto poderá ser agravado de futuro caso a sensibilização do público para o problema das AC apontar para soluções de custos de carbono. Esta possibilidade é coerente com a percepção¹¹⁸ dos Açorianos sobre a relação entre a atividade humana e o ambiente:

- existem problemas ambientais graves originados pela ação humana;
- a humanidade está a abusar severamente do ambiente;
- que se nada for feito o resultado será catastrófico;
- que a natureza não conseguirá sempre ultrapassar os efeitos negativos da industrialização;
- que a responsabilidade de resolução de problemas ambientais pertence a todas as gerações de açorianos;

¹¹⁴ Por exemplo, melhorando o edificado (usando sombreamentos exteriores no edificado, como precianas, que permitam a eliminação eficaz de ganhos solares através da projeção de sombra nos envidraçados) ou reduzindo as deslocações

¹¹⁵ Por exemplo, fontes de energia renovável (usando energia solar térmica ou caldeiras a lenha ou pelets para águas quentes sanitárias)

¹¹⁶ Por exemplo, recorrendo à mobilidade suave no lugar do transporte particular, satisfazendo uma mesma necessidade de transporte

¹¹⁷ Constituídos por sistemas naturais de sequestro e armazenamento de carbono

¹¹⁸ Generations of Azoreans and Renewable Energy, Relatório Final 2011, Rosa Neves Simas et.al.

- que os poderes local e regional deverão ser os responsáveis para resolver questões energéticas (porque reúnem uma maior confiança da população).

É espectável que este impacto seja agravado antes do fim horizonte tempo de curto prazo (2030), ou até mesmo num período inferior a uma década. O impacto será despoletado caso passe a existir uma maior pressão nacional e supranacional, para que o custo do carbono seja implementado sem hipótese de fuga de carbono, nos termos explicados anteriormente (sem exceções e valorizando as alternativas de investimento em tecnologias que permitam a redução de GEE).

Será importante, antes do fim do período de curto prazo (2030), que a RAA reforce a sua capacidade adaptativa, em especial para que outros impactos sejam mitigados e para que se possa fazer os possíveis para reduzir as emissões de GEE.

9 VULNERABILIDADES - RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 Capacidade adaptativa a fenómenos extremos

Verifica-se que existe um número significativo de impactos, sendo que estes são compensados pela forte capacidade adaptativa da região, o que resulta em vulnerabilidades de menor escala que o esperado.

Essa capacidade adaptativa é autónoma porque surge de uma reação ao clima local já verificado e resulta independente da perceção das alterações climáticas. Se as alterações climáticas fossem progressivas o suficiente a região seria capaz de se adaptar a novas realidades, porque tem a capacidade técnica e organizacional de o fazer. Seguem-se alguns exemplos da resposta dada a alguns eventos extremos.

A existência de meios e capacidade técnica para controlar e intervir na rede elétrica tornou esta parte da infraestrutura capaz de enfrentar os rigores das tempestades, com ventos fortes, como no caso do dia 4 para 5 de fevereiro de 2014 na ilha das Flores. Nesse dia foram registados ventos de 213 km/h na rajada máxima, que deram origem a vários incidentes nas linhas de transmissão de energia, alguns com danos que só poderão ser reparados horas depois. O impacto deste evento pode ser verificado no quadro abaixo para o caso da ilha das Flores, parâmetro END (Energia não fornecida em MWh), no mês de fevereiro, com 9.0 MWh de 9.2 MWh total.

Tabela 10 – Indicador END (MWh) no ano de 2014 para todas as ilhas

Sum of END (MWh)	Ilha										Grand Total
	Mês	FLORES	CORVO	FAIAL	GRACIOSA	PICO	SAO JORGE	TERCEIRA	SAO MIGUEL	SANTA MARIA	
1	0,0		0,0		1,6	2,7	6,1	21,6	0,2	32,2	
2	9,2		1,9	0,6	8,7	12,5	5,5	5,6	0,1	44,0	
3	0,8	0,0	3,2	0,6	13,6	3,2	2,7	6,1	0,2	30,5	
4			0,6	0,4	0,7	1,0	1,9	1,6	0,6	6,9	
5	0,1		4,9	0,4	1,5	1,8	35,4	8,0	1,4	53,7	
6	0,2		0,2	0,5	0,7	3,7	7,2	1,1	0,9	14,5	
7	1,0		7,0		8,7	0,1	15,4	7,2	0,3	39,8	
8	0,2		0,1	0,5	1,5	0,0	4,7	12,6	0,2	19,9	
9	0,2		0,4	0,2	12,8	4,0	5,9	10,3	0,2	34,0	
10	1,8		0,2	0,2	3,4	2,2	5,0	13,9	1,4	28,0	
11	0,5	0,1	0,7	1,1	14,7	2,1	91,2	11,4	0,9	122,7	
12	0,2	0,1	0,7	1,0	2,1	0,0	10,7	3,1	0,2	18,1	
Grand Total	14,3	0,2	19,8	5,6	70,1	33,2	191,7	102,7	6,6	444,1	

Em baixo, pode verificar-se que os indicadores do mês fevereiro para vento extremo foram elevados, o que indica que este evento teve um impacto mais significativo nas ilhas das Flores, Faial, Graciosa, Pico, São Jorge, Terceira e São Miguel.

Tabela 11 – Indicador END (MWh) apenas para causas climáticas no ano de 2014 para todas as ilhas

Sum of END (MWh)		Ilha								Grand Total
Mês	CodigoCausa	FLORES	FAIAL	GRACIOSA	PICO	SAO JORGE	TERCEIRA	SAO MIGUEL		
1	2410				0,0				0,0	
	2420				0,0				0,0	
2	2110	1,9							1,9	
	2410				0,1				0,1	
	9110	7,0	1,1	0,5	2,2	6,7	3,5	1,0	22,0	
4	2410		0,0						0,0	
	2410		0,1		7,2	0,1	0,4		7,8	
7	2420							0,1	0,1	
	2410		0,0		2,5				2,5	
9	2420							0,1	0,1	
	2410					0,1			0,1	
10	2110					0,3			0,3	
	9110				1,1			1,2	2,3	
12	2110		0,5						0,5	
Grand Total		9,0	1,8	0,5	13,2	7,2	3,9	2,4	37,9	

No dia 13 de março de 2013 ocorreram chuvas intensas às quais estiveram associados movimentos de vertente (aluímentos de terra) que provocaram mortos em Faial da Terra, na ilha de S. Miguel. Na fotografia abaixo é visível um troço de linha de distribuição que poderá ter sido danificado por este evento.



Figura 9 - Fotografia da derrocada (movimento de vertente) no Faial da Terra, São Miguel (Fotografia: Eduardo Resendes/Açoriano Oriental)

É de salientar que este local foi identificado como vulnerável a movimentos de vertente, no trabalho de análise¹¹⁹ que foi feito no capítulo 7, do qual se destaca o detalhe apresentado abaixo.

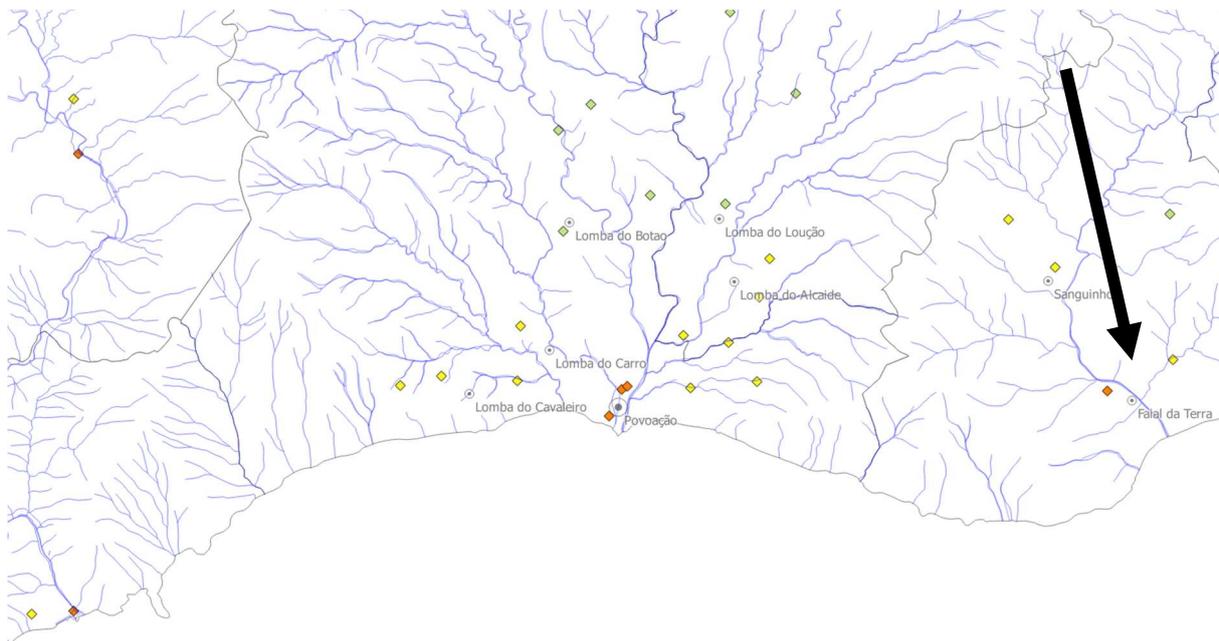


Figura 10 – Detalhe do risco de movimentos de vertente que em dois locais de risco, perto de Faial da Terra (São Miguel), é alto (laranja) e médio (amarelo)

No dia 14 para 15 de dezembro de 2015, na ilha de São Miguel, houve um episódio de tempestade com impactos na produção de energia hídrica, conforme a tabela abaixo, mas do qual não são conhecidos danos.

Tabela 12 – Exemplo do impacto no potencial e produção de energia hídrica devido ao evento de 14 para 15 de dezembro de 2015 na ilha de São Miguel

data	Sum caudal	Sum of PREC santana	Sum of INT MAX PRÉ	SUM ENERG
12/12/2015	331802674	4,0	9,0	62575
13/12/2015	134758844	3,3	12,0	75435
14/12/2015	441529122	13,5	51,6	63215
15/12/2015	693054388	53,4	145,2	48145
16/12/2015	396923466	10,2	23,4	44285
17/12/2015	185850953	1,2	4,8	75925
18/12/2015	179726835	6,6	27,0	76900

Conforme se pode verificar na tabela acima, apesar de ter existido um impacto também existiu uma boa capacidade adaptativa que conseguiu repor a situação na normalidade.

¹¹⁹ Foram identificados riscos da rede elétrica a movimentos de vertente, galgamentos de mar e cheias e inundações

A análise a dados de vento e produção eólica, dos quais são destacados os dados de dezembro de 2015, confirmaram a hipótese de impactos no potencial eólico em:

- períodos extremos com maior média de vento (ex: dias 14 e 15 de dezembro de 2015)
- períodos de vento fraco e instáveis (ex: dias 8 e 9 de dezembro de 2015)

Tabela 13 - Ventos médios e energia eólica produzida em dezembro de 2015

			Values	
Ano	Mês	Dia	Average of VENT_espigao_	Sum of ENER_72EOGR
2015	12	1	31,5	115800
		2	34,3	116205
		3	14,6	89495
		4	9,1	9015
		5	18,4	75060
		6	41,0	100985
		7	18,7	43275
		8	7,8	8400
		9	8,5	12085
		10	19,6	120730
		11	42,8	106325
		12	26,4	66000
		13	15,8	20550
		14	49,2	29850
		15	47,3	47490
		16	30,0	40675
		17	43,7	69285
		18	39,1	75150
		19	27,2	114250
		20	21,1	57350
		21	22,2	69225
		22	19,6	54740
		23	17,2	33730
		24	32,6	98850
		25	26,6	65725
		26	27,8	132910
		27	30,4	65550
		28	23,8	54365
		29	40,5	106235
		30	26,6	54565
		31	31,9	82150

Os eventos apresentados não são exaustivos, podendo a identificação deste tipo de eventos climáticos extremos ser expandida. Para isso podem ser usados os registos climáticos, avisos meteorológicos, notícias da imprensa, registo de produção e registo de ocorrências na continuidade do serviço de energia.

9.2 Estrutura das Vulnerabilidades

A RAA depende fortemente de combustíveis fósseis, sendo que o sector elétrico (conforme o gráfico abaixo), não é exceção.

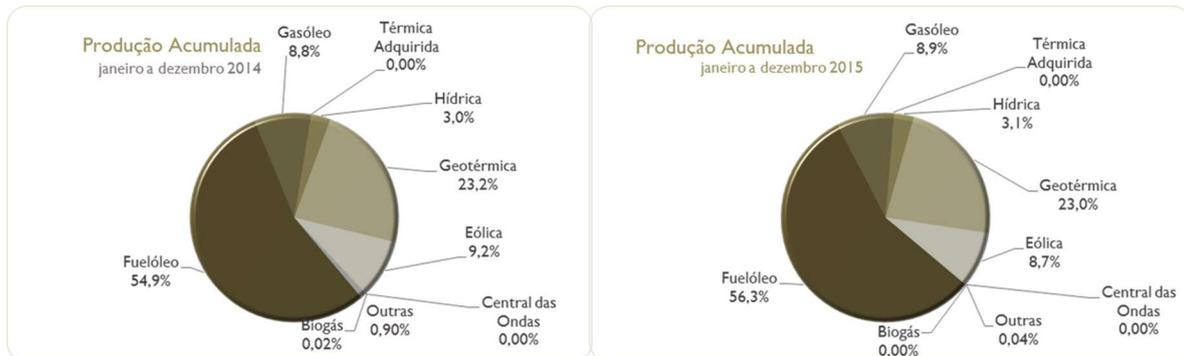


Gráfico 20 - Origem da energia final elétrica produzida na RAA

Conforme se pode verificar acima existe um enorme peso da energia térmica fóssil na RAA (fuel e gasóleo), porque a qualidade da energia e reserva de potência, em todos os sistemas elétricos das nove ilhas, é feito por esta fonte de energia.

Na ilha de São Miguel, a existência de duas centrais geotérmicas influencia fortemente a percentagem de energia renovável na região. Conforme se pode verificar no gráfico abaixo, o restante arquipélago dependeu em 2015 em 85% de energia produzida em centrais térmicas.

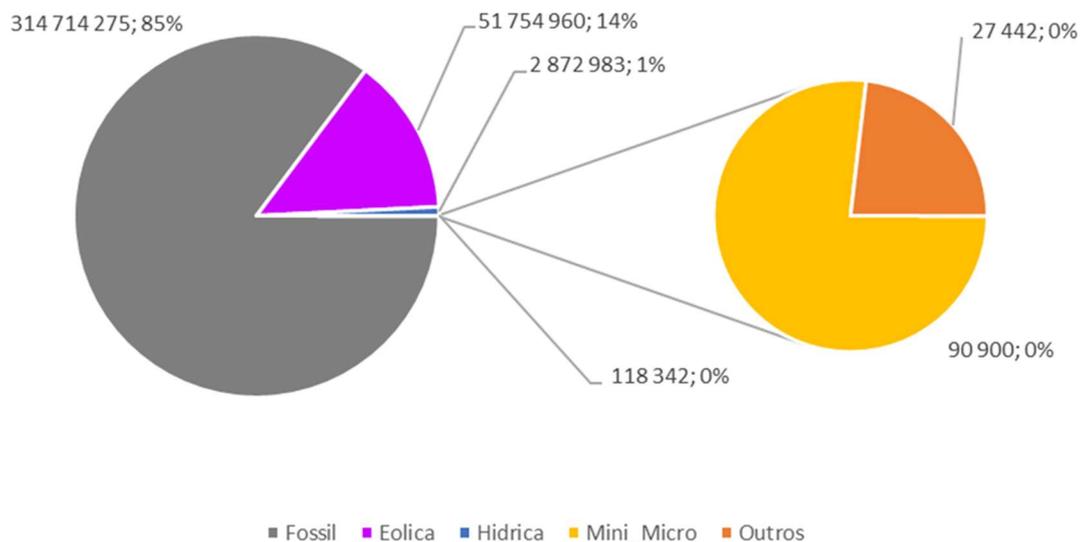


Gráfico 21 - Origem da energia final produzida (kWh) em todo o arquipélago exceto na Ilha de São Miguel

Neste sentido, todos os impactos que ocorrem noutras formas de energia, como a energia eólica ou a energia hídrica, vão-se repercutir nos centros de produção térmica, conforme o esquema abaixo.

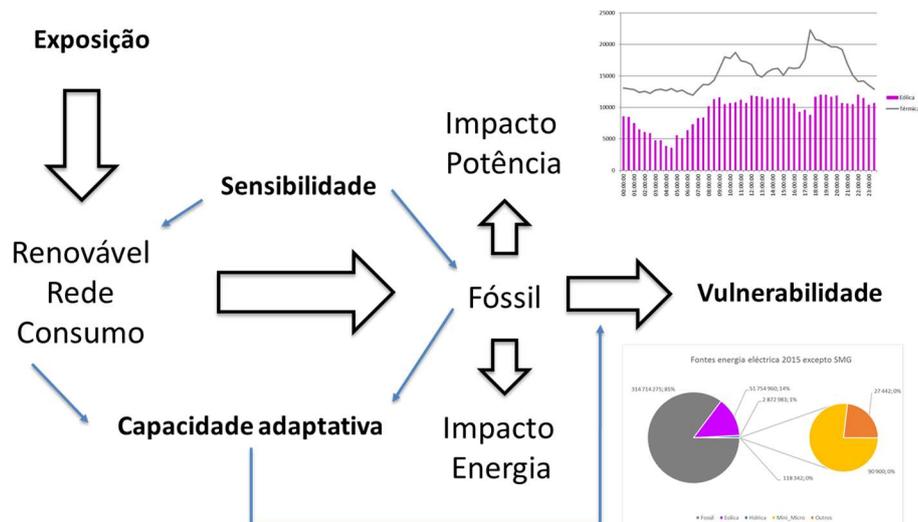


Gráfico 22 - Esquema do percurso dos impactos na energia renovável até à vulnerabilidade na energia fóssil

Estes impactos poderão ser simultâneos ou até autoalimentados, resultado numa vulnerabilidade cruzada como a que é exemplificada na figura abaixo.

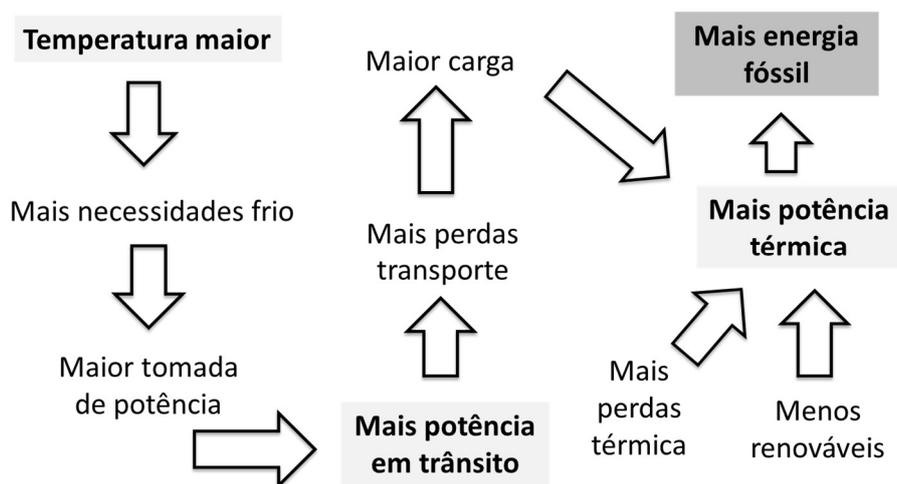


Gráfico 23 - Vulnerabilidade cruzada do efeito da temperatura no sector da energia

Como se pode verificar acima, fruto de impactos que foram identificados anteriormente e que estão relacionados com o aumento da temperatura, surge uma vulnerabilidade que recai sobre os centros de produção térmica.

Apenas considerando o impacto da temperatura no sistema elétrico, é projetado que, em todos os cenários exista um maior consumo de energia, conforme o gráfico abaixo.

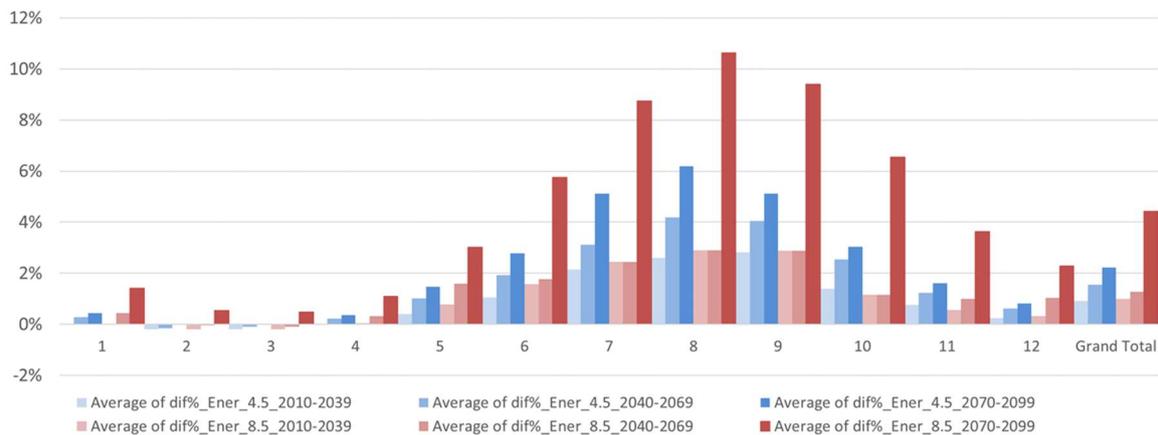


Gráfico 24 - Projecção do consumo de energia final elétrica usando as anomalias de temperatura previstas para cada cenário de projecção climática

Este impacto é ainda agravado pelo facto de existir um impacto significativo de redução de potência nas centrais geotérmicas o que resulta numa menor contribuição de energia para a região, conforme se pode verificar abaixo.

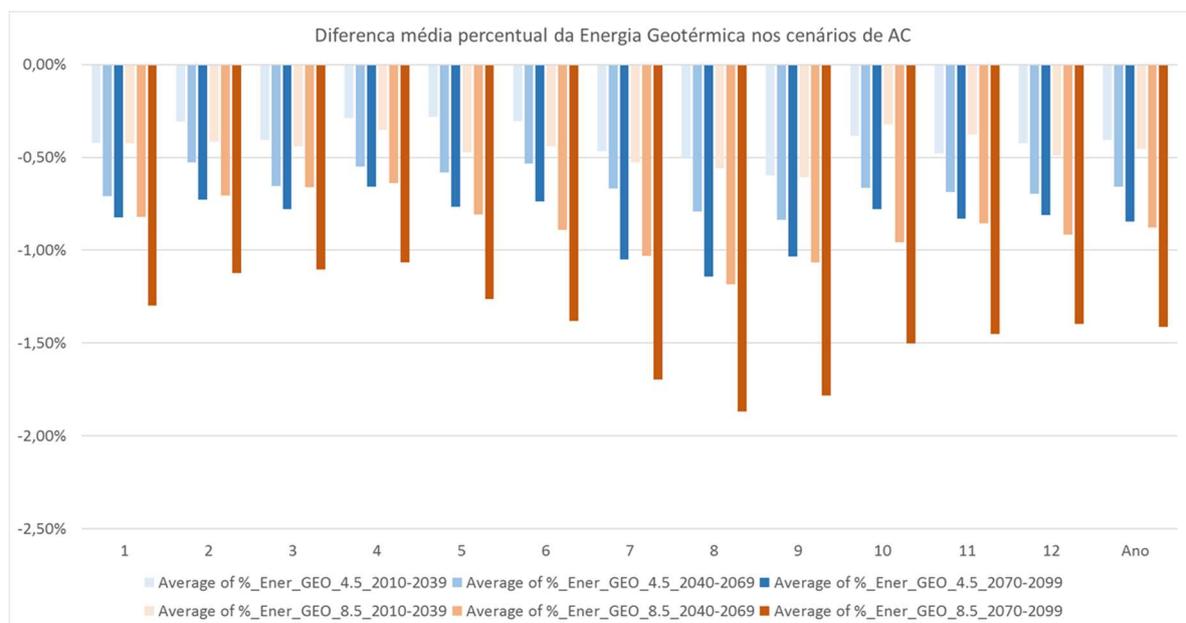


Gráfico 25 - Projecção da redução de produção de energia geotérmica usando as anomalias de temperatura previstas para cada cenário de projecção climática

Assim sendo, se o sistema continuar o mesmo, esta energia terá de ser substituída por energia fóssil, alimentando uma vulnerabilidade relacionada com a dependência de combustíveis fósseis.

Ao nível de potência situação será pior porque, como se pode verificar nos gráficos acima, nos meses e dias mais quentes, haverá uma enorme sobrecarga no sistema elétrico. Essa sobrecarga é agravada por outras perdas no sistema elétrico agravando ainda mais o impacto relacionado com a temperatura.

Conforme a tabela abaixo é espectável que a maior contribuição para este problema venha do sector doméstico, indústria e comércio, e que na raiz deste problema esteja o aumento de necessidades de frio para climatização, refrigeração e congelação.

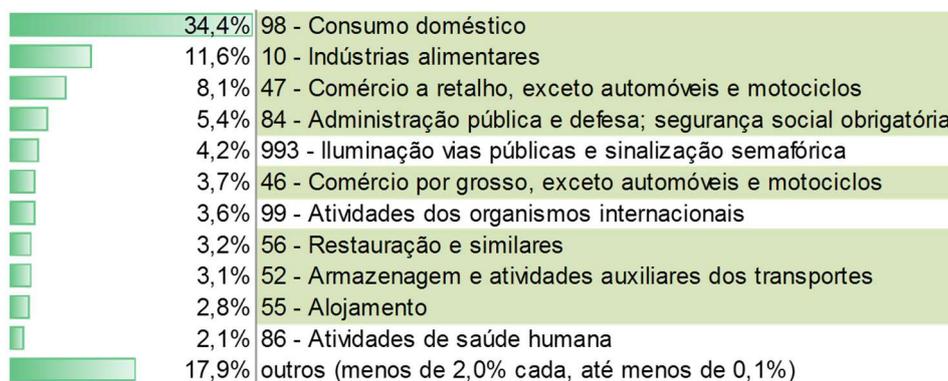


Gráfico 26 - Distribuição por sector de atividade do consumo de energia elétrica

9.3 Vulnerabilidades presentes e futuras

Conforme ficou estabelecido anteriormente, vários tipos de impactos irão contribuir de forma diferente para uma vulnerabilidade. As vulnerabilidades do sector da energia foram agrupadas em quatro categorias principais:

1. Fenómenos de intensidade extrema: são fenómenos climáticos com risco de dano incapacitante do serviço de energia elétrica, em toda a infraestrutura energética, associada ou não a elementos do ordenamento do território;
2. Impactos conjugados nos centros de produção com função de regulação da qualidade e reserva de potência: ocorrem quando os centros de produção de regulação de qualidade são obrigados a funcionar em regimes desfavoráveis ou a realizar tomadas de carga buscas, devido a perturbações provocadas pelo clima nos centros renováveis ou na procura, em especial quando conjugadas com variações bruscas na procura de energia;
3. Produtividade dos centros produtores a padrões climáticos desfavoráveis:
 - a. Na energia hídrica e eólica relaciona-se com perturbações no recurso hídrico e eólico que afetam o potencial energético;
 - b. No caso da energia geotérmica e energia térmica (fóssil) relaciona-se com a perda de eficiência a temperaturas do ar mais elevadas;
 - c. No caso das redes relaciona-se com:
 - i. a perda de eficiência a temperaturas do ar mais elevadas;
 - ii. perda de eficiência devido a maiores cargas, quando estas motivadas por fatores climáticos;
4. Aumento do custo de energia: no âmbito das AC está relacionado com a expectativa de aumento do preço da energia fóssil, predominante na RAA, devido à expansão da incorporação do custo das emissões de CO₂.

Cada vulnerabilidade terá um ou mais impactos associados, cada um deles com uma capacidade adaptativa associada e respetiva classificação de vulnerabilidade de -3 a 2:

- 2 – Muito Positivo – As alterações climáticas são uma oportunidade a explorar e o sistema encontra-se no ponto ótimo de aproveitamento das oportunidades;
- 1 – Positivo – As alterações climáticas permitem a exploração de algumas oportunidades;
- 0 – Neutro – Não se esperam alterações nem positivas nem negativas, sendo que o sistema não é vulnerável;
- -1 – Negativo – Espera-se que o impacto seja tendencialmente negativo, sendo que o sistema apresenta uma vulnerabilidade baixa;
- -2 – Muito Negativo – O impacto potencial será claramente negativo, sendo que o sistema apresenta vulnerabilidade reversível.
- -3 – Crítico – Se nada se fizer os impactos causados poderão forçar o sistema para o ponto de não-retorno; o sistema apresenta vulnerabilidade muito alta e de reversibilidade reduzida

A cada impacto, capacidade adaptativa e vulnerabilidade é aplicada uma escala de confiança de baixa, média ou alta.

É apresentada **em anexo** a matriz de vulnerabilidades dividida em três tabelas para melhor legibilidade: **impactos, capacidade adaptativa e vulnerabilidades**.

A tabela de impactos apresenta as quatro categorias de vulnerabilidade e quais os impactos que a elas estão associados. É descrito o impacto resumidamente, a exposição ao clima, a sensibilidade dessa exposição e a avaliação. Os indicadores que aparecem na matriz de vulnerabilidades são os são considerados como sendo os mais importantes para o PRAC.

A tabela da capacidade adaptativa associada a cada impacto indica os pontos mais importantes, propõe indicadores e uma avaliação.

A tabela de avaliação das vulnerabilidades presentes e futuras faz o balanço entre o impacto e a capacidade adaptativa.

As medidas propostas no capítulo seguinte vão responder a estas vulnerabilidades e aos objetivos da adaptação de sucesso definidos no capítulo 3.

10 MEDIDAS

Medida ENER1. Validar os riscos de clima extremo e elementos do território		
Objetivos	<p>Verificação rápida da adequação do mapeamento da exposição do sistema elétrico a riscos associados ao clima e elementos do território.</p> <p>Responde à vulnerabilidade a fenómenos de intensidade extrema (V1) e ao objetivo de adaptação de preservar e proteger a infraestrutura (OP.5)</p>	
Descrição	<p>Verificação do mapeamento de vulnerabilidade produzido no relatório da adaptação do sector da energia âmbito do PRAC para que possa ser usado em medidas <i>ad-hoc</i> de curto prazo e urgentes para a proteção da infraestrutura elétrica crítica.</p> <p>Verificar <i>in situ</i> por amostragem o mapeamento de riscos de exposição a fenómenos de movimento de vertente (deslizamentos de terras), inundações e galgamentos de mar. Deve usar também o mapeamento feito pelo Copernicus EMSN018.</p> <p>Poderá estar ligado a competências do sector dos Recursos Hídricos e do sector do Ordenamento do Território</p>	
Âmbito Territorial	<p>Até 2018: São Miguel; Terceira e São Jorge</p> <p>Até 2019: Região Autónoma dos Açores</p>	
Promotor e Parceiros	EDA	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)	x	x
2 (Médio)		
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	x	x
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	8.250 €	
Custo de manutenção (€/ano)	-	
Fonte de Financiamento		

Monitorização	Indicadores de Implementação	Relatório locais 2018 validado: S/N; Relatório locais 2019 validado: S/N
	Indicadores de Resultado	número de locais de risco de cada categoria (muito baixo a muito elevado); %concordância entre o nível de risco mapeado e o verificado; diferença global entre o nível de risco verificado e o mapeado (acima do esperado a abaixo do esperado)
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER2. Criar códigos de ocorrência clima extremo		
Objetivos	<p>Criação de códigos de ocorrência associados a fenómenos climáticos extremos, no registo de ocorrências de continuidade e qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica.</p> <p>Responde à vulnerabilidade a fenómenos de intensidade extrema (V1) e aos objetivos de adaptação de manter e melhorar onde necessário a qualidade do serviço de fornecimento energético (OP.2) e de preservar e proteger a infraestrutura (OP.5)</p>	
Descrição	<p>Adaptar o sistema de registo de ocorrências existente, para que este possa fornecer informação relevante para a análise continuada no tempo, sobre impactos de fenómenos climáticos extremos na infraestrutura elétrica.</p> <p>Criar uma categoria causa de ocorrência de fenómenos climáticos extremos no registo de ocorrências de continuidade e qualidade do serviço especificando as subcategorias: vento de intensidade excepcional, chuva extrema/granizo, descarga atmosférica direta, queda de árvores, inundações imprevisíveis, destabilização de solos/fundações, aluimento de terras (movimentos de vertente) e galgamentos de mar.</p> <p>Incluir procedimentos para o registo que sejam pertinentes para análise futura e que garantam a continuidade dos indicadores já existentes (referências: 2110, 2120, 2130, 2140, 2410, 2420 e 9100)</p> <p>Incluir uma estimativa perda de valor (custos) decorrentes dos danos à infraestrutura por ocorrência ou agregado de ocorrência.</p> <p>Perda de valor será o custo de reparação, substituição ou valor residual da infraestrutura danificada, conforme for mais apropriado</p>	
Âmbito Territorial	Até 2018: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)	X	X
2 (Médio)		
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X
2020-2039		

2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	16.500 €	
Custo de manutenção (€/ano)	1000 €/ano (dois anos para verificação e melhoria da utilização)	
Fonte de Financiamento	POAÇORES5.2; MAC5.B; INTERREGEA3.1; H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Códigos de ocorrência associados a fenómenos climáticos extremos criados (S/N)
	Indicadores de Resultado	% de utilização de novos códigos; relatório de ocorrências com os novos códigos e estimativa de perda de valor
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER3. Elaborar mapas de vulnerabilidade de toda a infraestrutura elétrica		
Objetivos	<p>Elaboração de mapas de vulnerabilidade de toda a infraestrutura elétrica (centros de produção, transporte e distribuição) a riscos associados ao clima e elementos do território, para movimentos de vertente (aluímento de terras), galgamentos de mar e inundações.</p> <p>Responde à vulnerabilidade a fenómenos de intensidade extrema (V1) e ao objetivo de adaptação de preservar e proteger a infraestrutura (OP.5)</p>	
Descrição	<p>Exposição: elaborar mapas de exposição para fins de proteção e redução do risco na infraestrutura existente e para planos de expansão ou alteração da infraestrutura.</p> <p>Sensibilidade: caracterizar a resistência da infraestrutura aos fenómenos naturais a que estão expostos e priorizar a importância da infraestrutura em cada local de risco (pode incluir valor de reconstrução e perda de valor associado à exploração).</p> <p>Vulnerabilidade: conjugação do risco de exposição ao fenómeno com a sensibilidade da infraestrutura</p> <p>Usar cartas de risco e cartas de perigo disponibilizadas gratuitamente pelo projeto Copernicus (ativação EMSN018) para movimentos de vertente (aluímento de terras), galgamentos de mar e inundações.</p> <p>Usar relatório da adaptação no sector da energia.</p> <p>Usar estudos sectoriais de ordenamento do território e recursos hídricos.</p> <p>Usar observações <i>in-situ</i> e imagens de satélite</p> <p>Considerar o registo de ocorrências da continuidade do serviço e qualidade de energia elétrica.</p> <p>Poderá estar ligado a competências do sector dos Recursos Hídricos e do sector do Ordenamento do Território</p>	
Âmbito Territorial	Até 2019: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de Energia	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5

1 (Alto)	X	X
2 (Médio)		
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	22.500 €	
Custo de manutenção (€/ano)	-	
Fonte de Financiamento	POAÇORES5.2; MAC5.B; INTERREGEA3.1; H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Mapa de vulnerabilidade da infraestrutura elétrica elaborado (S/N)
	Indicadores de Resultado	Número de locais por categoria de vulnerabilidade, por ilha; Estimativa da potencial perda de valor da infraestrutura por categoria de vulnerabilidade; Vulnerabilidade por ilha
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER4. Plano de proteção à infraestrutura crítica	
Objetivos	<p>Plano de proteção à infraestrutura elétrica energética crítica da exclusiva responsabilidade dos stakeholders da energia (sejam eles públicos ou privados), com especificação de obra.</p> <p>Responde à vulnerabilidade a fenómenos de intensidade extrema (V1) e ao objetivo de adaptação de preservar e proteger a infraestrutura (OP.5)</p>
Descrição	<p>Elaboração e implementação de um plano de proteção e a redução da exposição a riscos associados ao clima e elementos do território, nomeadamente cheias, movimentos de vertente e galgamentos de mar.</p> <p>Especifica medidas a aplicar em elementos do território que não estejam cobertas por planos de outros sectores e na própria infraestrutura de energia elétrica.</p> <p>A especificação das medidas deverá incluir a especificação das obras de proteção ou reforço para submeter a concurso.</p> <p>Precisa de ter disponível um mapeamento da vulnerabilidade da infraestrutura elétrica (centros de produção, transporte e distribuição) a riscos de origem climática. Inclui Identificação da infraestrutura crítica para a autossuficiência e viabilidade económica de cada ilha.</p>

Âmbito Territorial	Até 2019: Elaboração do Plano na Região Autónoma dos Açores Até 2022: Implementação do Plano na Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de Energia	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X
2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020		X
2020-2039	X	
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	67500 € (Elaboração); Investimento de implementação depende da decisão política de investimento	
Custo de manutenção (€/ano)	5500 €/ano, a cada 4 anos ou após eventos extremos, para atualização do plano	
Fonte de Financiamento	POAÇORES5.2; MAC5.B; INTERREG3.1; H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Plano de Proteção à infraestrutura crítica elaborado (S/N) e implementado (S/N)
	Indicadores de Resultado	% de vulnerabilidades protegidas por outros planos
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER5 Criar uma base de dados climática	
Objetivos	Criação de uma base de dados climática Responde à Vulnerabilidade e impactos conjugados nos centros de produção com função de regulação da qualidade e reserva de potência (V2) e à Vulnerabilidade da produtividade dos centros produtores a padrões climáticos desfavoráveis (V3) e aos objetivos de adaptação de manter e melhorar onde necessário a qualidade do serviço de fornecimento energético (OP.2) e de preservar e proteger a infraestrutura (OP.5)

Descrição	<p>Criação de um registo climático numa base de dados, com os parâmetros de precipitação, vento, temperatura, radiação solar e humidade, que afetam a integridade e a eficiência da infraestrutura elétrica ou o consumo.</p> <p>Este registo servirá para realizar análises de causa efeito entre o clima e a energia elétrica, antecipando tendências e quantificando impactos.</p> <p>Deve agregar dados climáticos que o Governo Regional recolhe e disponibiliza (inclui as séries de dados passadas de longo prazo).</p> <p>Deve agregar dados climáticos que são recolhidos atualmente pelos sistemas de gestão da infraestrutura elétrica.</p> <p>Poderá despoletar a instalação de novas estações meteorológicas se isso for considerado essencial para caracterizar o clima no contexto da energia.</p>	
Âmbito Territorial	<p>Até 2018: Santa Maria, São Miguel e Pico</p> <p>Até 2019: Região Autónoma dos Açores</p>	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com que tutele a Rede Hidrometeorológica dos Açores ou redes similares	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X
2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	2500 €	
Custo de manutenção (€/ano)	500€/ano	
Fonte de Financiamento	H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Base de dados criada (S/N)
	Indicadores de Resultado	Número total de leituras individuais de parâmetros necessárias; % de leituras individuais registadas
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER6 Recolher informação, calcular indicadores e apurar conclusões quanto à relação entre estado do tempo, clima e produção de eletricidade		
Objetivos	Registrar stress atuais na regulação da qualidade, apurar limites atuais da penetração das FER determinados pelo despacho, identificação de mínimos operacionais na regulação da rede e estabelecer ligação clima-carga total	
Descrição	<p>1. Criação de indicadores do número de eventos e severidade de tomadas de carga imposta aos geradores que fazem a regulação da qualidade e a potência de reserva, no registo de operações, nomeadamente, o número de tomadas de carga:</p> <p>a) mais bruscas que o limite operacional recomendado para os equipamentos em produção</p> <p>b) pouco antes do limite operacional desses equipamentos (por exemplo, 90%)</p> <p>2. Inclusão no registo operacional contínuo do número de horas equivalentes de produção perdidas em Fontes de Energia Renovável (FER), devido a limitação imposta pelo despacho, por exemplo quando geradores eólicos são limitados mesmo havendo vento para maior produção</p> <p>3. Registo do limite mínimo operacional que é definido para os geradores que regulam a qualidade e da energia produzida por todos os centros de produção, para análise posterior de impactos nos próprios geradores e na gestão da rede.</p> <p>4. Determinação dos fatores climáticos que mais influenciam a carga total de energia elétrica (ligação clima-carga total) e implicações no despacho</p>	
Âmbito Territorial	Até 2018: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X
2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X 1 3 5	X 1 3 5
2020-2039	2	
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	1. 33000 € 2. 49500 € 3. 3750 € (depende de 1) 4. 33000€ (modelo de relação clima-carga) ou 67500€ (modelo de relação clima energia e integração com o modelo de despacho)	
Custo de manutenção (€/ano)	1. 1250 €/ano (2 anos) 2. 3750 €/ano (ano 1) e 1250 €/ano (ano 2 e 3) 3. 500 €/ano (2 anos) 5. 5500 €/ano (ano 1 e ano 2)	
Fonte de Financiamento	1. Fundos Regionais 2.Fundos Regionais 3.Fundos Regionais 4. H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	1. Indicadores implementados em sistema (S/N) 2. Indicador de horas perdidas em FER por ordem do despacho implementado 3. Registo de limite mínimo implementado em sistema (S/N) 4. Estudo de ligação clima-carga efetuado (S/N); Estudo de ligação clima-carga efetuado e implementação no despacho

		(S/N)
	Indicadores de Resultado	1. Número de tomadas de carga tipo a e tipo b; correlação com fatores climáticos 2. Número de horas equivalentes perdidas por centro produtor FER; % energia perdida por energia potencial disponibilizada pelo recurso renovável 3. Limite operacional mínimo, médio, máximo por centro produtor em dias de semana e fim de semana 4. Modelo de relação entre fatores climáticos e a carga total; identificação da proporção entre autoconsumos, perdas na rede e consumo final na carga total; modelo de relação clima-carga com a inclusão de outros fatores não climáticos; Integração dos modelos de despacho com os modelos clima-carga
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER7 Avaliar, calcular e mapear os impactes provocados pela alteração de padrões climáticos no esforço de regulação da qualidade e reserva de potência		
Objetivos	Apuramento do número de horas equivalentes de produção FER perdida devido a padrões climáticos desfavoráveis à produção elétrica (ligação clima-energia FER)	
Descrição	<p>Avaliação, cálculo e mapeamento, por centro de produção FER, dos impactes e vulnerabilidades associados a padrões climáticos desfavoráveis à produção através da modelação da relação ligação clima-energia de FER.</p> <p>Serve para identificar qual é o esforço adicional de regulação da qualidade e reserva de potência, provocado por padrões climáticos desfavoráveis à produção no presente e no futuro. Assim, será possível identificar os constrangimentos técnicos que impedem uma maior penetração das FER no sector elétrico. Deve criar uma ferramenta de análise que permita utilizar novas bases de dados à medida que estas forem criadas em sistema.</p> <p>Deve dispor do registo operacional de indicadores de tomada de carga e horas perdidas por despacho, para distinguir a origem das perturbações sentidas na regulação e reserva (se originadas por operação e despacho do sistema ou originadas por fenómenos climáticos)</p> <p>Deve considerar o trabalho desenvolvido no âmbito do PRAC sobre os impactos do clima na energia e as relações causa efeito estabelecidas, desenvolvendo as lacunas metodológicas enunciadas.</p> <p>Deve fazer uso de um registo climático.</p>	
Âmbito Territorial	Até 2019: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X
2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020		X
2020-2039	X	
2040-2069		

2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	4. 67500 € (ligação com clima atual) ou 89500 € (ligação com clima atual e impactos do clima futuro)	
Custo de manutenção (€/ano)	2500€/ano (ano 1)	
Fonte de Financiamento	H2020-SC5-01-05	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Mapeamento e modelo da ligação clima atual – energia FER efetuado (S/N) ou Mapeamento e modelo da ligação clima atual e futuro – energia FER efetuado (S/N)
	Indicadores de Resultado	Modelos de relação clima-energia FER com identificação do impacto de padrões desfavoráveis de clima; situação atual ou, se possível, situação atual e futura
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER8 Avaliar os limites técnicos atuais à penetração das FER na rede elétrica		
Objetivos	Avaliação limites técnicos atuais à penetração das FER na rede elétrica na dinâmica da regulação da qualidade e da reserva de potência. Identificação de soluções futuras de regulação com baixa emissão de GEE.	
Descrição	<p>Avaliação limites técnicos atuais do controlo de qualidade de energia e potência de reserva, que limitam a penetração das FER na rede elétrica, e aplicação de soluções do estado da arte.</p> <p>Pode ser aplicada como ferramenta de apoio à decisão e planeamento em investimentos que irão envolver uma maior penetração em FER no sistema.</p> <p>Deve considerar o mapeamento e avaliação de impactos das FER no esforço de regulação da qualidade e reserva de potência, considerando padrões climáticos desfavoráveis à produção.</p> <p>Deve encontrar soluções que permitam a regulação da qualidade e reserva de potência com emissões de GEE reduzidas ou nulas.</p> <p>Deve considerar soluções que integrem a interação entre o consumo e a produção</p>	
Âmbito Territorial	Até 2020: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com que tutele a Rede Hidrometeorológica dos Açores ou redes similares	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X
2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5

Até 2020	X	X
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	Objetivos da medida a serem incluídos na medida de mitigação correspondente	
Custo de manutenção (€/ano)	-	
Fonte de Financiamento	Consultar linhas de programas de financiamento relacionados com a Mitigação das Alterações Climáticas	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Limites técnicos avaliados (S/N)
	Indicadores de Resultado	Limites técnicos atuais de %FER (não despacháveis) por ilha; Potência disponível para expansão das FER com a tecnologia atual; Limites técnicos de %FER (não despachável) com nova tecnologia de regulação com baixas emissões GEE
Estado de implementação		

Medida ENER9 Implementação da capacidade de controlo de qualidade de energia e potência de reserva da rede elétrica com baixas emissões de GEE		
Objetivos	Implementação da capacidade de controlo de qualidade de energia e potência de reserva da rede elétrica com baixas emissões de GEE	
Descrição	<p>Implementação no sistema elétrico de uma capacidade de controlo de qualidade de energia e potência de reserva da rede elétrica com baixas emissões de GEE.</p> <p>Os objetivos específicos serão:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maximizar a substituição da energia primária fóssil gasta regulação e reserva de potência por FER; - permitir uma maior penetração de FER no sistema elétrico. <p>Uma maior penetração de FER permitirá satisfazer necessidades de energia na forma elétrica substituindo, consumos atualmente satisfeitos por energia fóssil.</p> <p>Essa capacidade poderá ser centralizada ou distribuída. Poderá ter maior ou menor interação direta com o consumo, conforme for mais favorável em cada ilha.</p> <p>Deve incorporar análises e recomendações relacionadas com o estado da arte.</p>	
Âmbito Territorial	Início 2020: Flores e na Graciosa Até 2030: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de energia	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		X

2 (Médio)	X	
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020		
2020-2039		X
2040-2069	X	
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	Medida de mitigação a definir futuramente. Custo de investimento elevado.	
Custo de manutenção (€/ano)	Custos de manutenção apenas para sistemas protótipo ou de teste	
Fonte de Financiamento	Consultar linhas de programas de financiamento relacionados com a Mitigação das Alterações Climáticas	
Monitorização	Indicadores de Implementação	% Controlo de qualidade e potência de reserva de baixo carbono
	Indicadores de Resultado	Emissões por kWh da eletricidade
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER10 Elaborar um estudo de boas práticas FER	
Objetivos	Estudo técnico-económico sobre boas práticas de projeto em FER, no contexto da regulação da qualidade da energia e da adaptação às alterações climáticas
Descrição	<p>Estudo técnico-económico sobre boas práticas de projeto em FER, com o objetivo de diminuir o esforço regulação da qualidade da energia (e reserva de potência) e a capacidade adaptativa ao clima presente e futuro.</p> <p>Serve para criar recomendações de boas práticas de projeto e planos de investimento de melhoria contínua e aumento da penetração das FER.</p> <p>Deve considerar a avaliação de limites técnicos atuais à penetração das FER na rede elétrica, bem como as alternativas de controlo de qualidade de energia e potência de reserva de baixo carbono</p> <p>Deve considerar as boas práticas atuais que estejam formalizadas ou que tenham resultado de processos de decisão não formalizados</p>

Âmbito Territorial	Até 2018: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de energia	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		
2 (Médio)	X	X
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	19250 €	
Custo de manutenção (€/ano)	-	
Fonte de Financiamento	Consultar linhas de programas de financiamento relacionados com a Mitigação das Alterações Climáticas	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Estudo efetuado (S/N)
	Indicadores de Resultado	Número de boas práticas identificadas; Boas práticas já formalizadas autonomamente
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER11 Prioridades de investimento em mitigação na ótica da adaptação	
Objetivos	Definir prioridades de investimento em mitigação avaliando o valor estratégico e de custo de oportunidade, na ótica da adaptação
Descrição	Ordenar as opções disponíveis de mitigação, para a redução de consumo de energia fóssil, por rácio custo/redução de consumo de energia fóssil e valor estratégico para a região como oportunidade para adaptação. Serve para definir prioridades de investimento ao identificar custos de oportunidade que decorrem

	<p>quando uma medida é feita no lugar de outra.</p> <p>Deve analisar oportunidades de redução do consumo de energia fóssil quer na produção, quer no consumo de energia elétrica.</p> <p>Deve considerar que a redução do consumo pode decorrer através da diminuição das necessidades de energia (energia final), do aumento da eficiência de consumo (energia útil) ou da eficiência da conversão/produção de energia (energia primária convertida em energia final).</p> <p>Deve valorizar opções que estrategicamente se traduzam numa menor dependência do exterior de fornecimentos de materiais e serviços.</p> <p>Deve valorizar efeitos multiplicadores na economia da região através da incorporação e disseminação local do conhecimento.</p> <p>Deve considerar que os custos dizem respeito a todo o ciclo de vida útil do investimento (financiamento, instalação, manutenção, renovação, externalidades e fim de vida).</p> <p>Deve ser dada prioridade nos seguintes tópicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produção de frio de climatização (o que inclui medidas no edificado), refrigeração e congelação; - Eficiência do transporte público e privado; - Equilíbrio da procura entre vazio e cheia de energética, o que inclui estratégias de armazenamento de energia no lado da oferta e da procura; - Formação e sensibilização nos tópicos anteriores; - Investimento em FER após realizadas as medidas da adaptação sobre FER. <p>Deve ter disponíveis estudos da influência do clima na carga total, de limites técnicos à penetração das FER na rede elétrica e de boas práticas no investimento em FER (medidas de adaptação anteriores)</p>	
Âmbito Territorial	Até 2019: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA, Departamento do Governo Regional com competência em matéria de energia e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de transportes	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		
2 (Médio)	X	X
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X
2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	84000 €	
Custo de manutenção (€/ano)	-	
Fonte de Financiamento	Consultar linhas de programas de financiamento relacionados com a Mitigação das Alterações Climáticas	
Monitorização	Indicadores de	Estudo de prioridades efetuado (S/N)

	Implementação	
	Indicadores de Resultado	Previsão de emissões de CO2eq poupadas em medidas de eficiência; Previsão emissões evitadas em medidas de eliminação de consumos; Previsão emissões evitadas em medidas de desvio de consumos; ranking do rácio previsto entre custo/eficácia de redução de emissões; variação prevista da vulnerabilidade às AC em cada medida;
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER12 Mitigar conforme as prioridades definidas na ótica da adaptação		
Objetivos	Planear, implementar e controlar medidas de mitigação de acordo com as prioridades definidas por critérios estratégicos e de custos de oportunidade na ótica da adaptação	
Descrição	<p>Implementar medidas de mitigação de acordo com as prioridades definidas anteriormente por critérios estratégicos e de custos de oportunidade.</p> <p>Serve para, ao menor custo, reduzir ao mínimo o consumo de energia fóssil e as vulnerabilidades ao clima.</p> <p>Deve considerar os objetivos e opções da adaptação de sucesso</p> <p>Deve ser um investimento sequenciado e prolongado no tempo, aproveitando as oportunidades de financiamento.</p> <p>Devem ser produzidos relatórios de acompanhamento em anos subsequentes.</p> <p>Deve ter metas ambiciosas de redução das emissões de GEE.</p> <p>Deve continuamente medir, avaliar e corrigir os rácios de custo/redução de consumo fóssil.</p> <p>Deve considerar os custos dizem respeito a todo o ciclo de vida útil do investimento (financiamento, instalação, manutenção, renovação, externalidades e fim de vida).</p>	
Âmbito Territorial	De 2020 a 2040: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	EDA, Departamento do Governo Regional com competência em matéria de energia e Departamento do Governo Regional com competência em matéria de transportes	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		
2 (Médio)	X	X
3 (Baixo)		
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020		
2020-2039	X	X
2040-2069		
2070-2099		

Estimativa de Investimento (€)	67500 € e medidas de mitigação/adaptação que forem aprovadas para implementação	
Custo de manutenção (€/ano)	5500€ no segundo ano, 5500€ no quarto	
Fonte de Financiamento	Consultar linhas de programas de financiamento relacionados com a Mitigação das Alterações Climáticas	
Monitorização	Indicadores de Implementação	Planeamento de acordo com prioridades pré-definidas (S/N); Implementação do plano de medidas prioritizadas (S/N); Controlo de implementação de medidas prioritizadas (S/N)
	Indicadores de Resultado	Redução de emissões de CO2eq; Relação custo/eficácia verificado na redução de emissões; Variação verificada das vulnerabilidades; comparação dos indicadores anteriores com os previstos.
Estado de implementação	Por implementar	

Medida ENER13 Reduzir apoios à energia fóssil e oferecer alternativas		
Objetivos	Reduzir apoios diretos ou indiretos ao consumo de energia fóssil oferecendo alternativas	
Descrição	<p>Reduzir apoios diretos ou indiretos ao consumo de energia fóssil, oferecendo alternativas com baixas emissões de GEE à economia.</p> <p>Serve para criar o estímulo de descarbonização da economia.</p> <p>Deve fazer uma discriminação positiva de custos com a energia baseada no investimento alternativas duradouras, endógenas e de baixas emissões de GEE</p> <p>Deve reduzir o peso da regulação dos preços de venda ao público de energia fóssil.</p> <p>Deve reduzir o peso do apoio dado a sectores que dependem do consumo de energia fóssil (como os transportes) e direcionar esses apoios para a descarbonização de serviços ou produtos.</p> <p>Apoios atuais podem ser desviados para medidas de redução do consumo de energia fóssil, para diminuir custos de energia.</p> <p>Pode incluir campanhas de informação, sensibilização e formação</p>	
Âmbito Territorial	Até 2018: Região Autónoma dos Açores	
Promotor e Parceiros	Governo Regional	
Grau de Prioridade	RPC 4.5	RPC 8.5
1 (Alto)		
2 (Médio)		X
3 (Baixo)	X	
Cronograma de Implementação	RPC 4.5	RPC 8.5
Até 2020	X	X

2020-2039		
2040-2069		
2070-2099		
Estimativa de Investimento (€)	49500 €	
Custo de manutenção (€/ano)	5500 €/ano durante 5 anos	
Fonte de Financiamento	Transferência de fundos regionais dos apoios atuais para as alternativas futuras Fundos vocacionados para a informação, sensibilização e formação na área da energia	
Monitorização	Indicadores de Implementação	% de redução de apoios especiais diretos ou indiretos ao consumo de energia fóssil
	Indicadores de Resultado	Transferência total de fundos de impostos a combustíveis fósseis para o apoio a fontes de energia ou soluções alternativas; Variação do consumo fóssil per capita; Variação do consumo de energia renovável per capita; Variação do consumo de energia per capita;
Estado de implementação		

10.1 Notas sobre as medidas

Todas as medidas não são fechadas a uma tecnologia ou solução técnica, havendo primazia para o critério do custo de oportunidade, que deve ser avaliado quando uma determinada solução tecnológica ou organizacional é implementada em detrimento de outras possivelmente melhores.

Na perspetiva da Adaptação de sucesso no sector da energia, será tão ou mais importante intervir no consumo quanto investir na produção. Medidas de racionalização e melhoramento da eficiência do consumo de energia merecem destaque porque tendencialmente têm um efeito mais permanente, duradouro e apostam mais na capacitação local do público e dos técnicos.

Medidas relacionadas diretamente com a mitigação são consideradas uma oportunidade para a adaptação. A este facto não é alheia a cooperação entre ambas as equipas ao longo do projeto do PRAC. Uma proposta da mitigação, relativa a um estudo sobre alternativas de controlo de qualidade de energia da rede elétrica de origem renovável¹²⁰, foi transposta e desenvolvida na medida ENER8. Essa medida é considerada de adaptação e de mitigação devendo por isso haver uma visão holística na aplicação da medida. As medidas ENER10, ENER11 e ENER12 são medidas que propõem a operacionalização das restantes medidas de mitigação no contexto da adaptação. Em anexo estão listadas as medidas de mitigação e identificadas as opções que essas medidas devem responder para uma adaptação de sucesso.

As medidas de adaptação têm uma vocação mais relacionada com as vulnerabilidades identificadas ao nível da integridade da infraestrutura, perturbação da qualidade e redução do potencial de produção de energia. As medidas de mitigação estão, na perspetiva da adaptação, mais relacionadas com a vulnerabilidade relacionada com o aumento dos custos de energia fóssil e com os objetivos e opções da adaptação de sucesso. Contudo, não existe uma linha clara de separação entre mitigação e adaptação. Por exemplo, as medidas de mitigação relacionadas com a produção ou armazenamento de frio no período de vazio (RS1.3, RS1.4 e I.1.1), são relevantes para a vulnerabilidade da perturbação da qualidade da energia (por sobrecarga do sistema).

As medidas de mitigação irão também incluir áreas não cobertas pelo estudo como os transportes. Estas medidas também irão contribuir para a adaptação de sucesso, por exemplo, ao contribuírem para uma maior autonomia e segurança energética através da diminuição do consumo no sector dos transportes.

As medidas de adaptação procuram também responder ao paradoxo da aposta nas Fontes de Energia Renovável (FER). Este paradoxo diz-nos que existem motivos fortes para apostar nas FER, quer na adaptação, quer na mitigação, mas que existem barreiras importantes que a adaptação identifica na forma de vulnerabilidades. As medidas propostas identificam um caminho possível para uma maior aposta nas FER tendo em conta as vulnerabilidades atuais e futuras.

¹²⁰ Proposta no eixo de investigação, desenvolvimento e inovação das medidas de mitigação para o sector da Indústria transformadora, eletricidade, usos de energia na agricultura e pescas

11 CONCLUSÃO

As AC nos Açores terão potencialmente menos expressão do que noutros pontos do território nacional, no entanto o contexto específico da região poderá resultar em impactos mais significativos. A urografia, as suas características ultraperiferias e a dificuldade de unir nove sistemas elétricos entre si, alguns muito pequenos, coloca limitações às opções de adaptação e mitigação que não existem, por exemplo, no Continente

Apesar da elevada capacidade adaptativa do sistema elétrico, existem vulnerabilidades na RAA que precisam de ter respostas no contexto da adaptação às AC. Essas vulnerabilidades estão relacionadas com impactos na integridade da infraestrutura, perdas de produção, redução da eficiência e aumento de custos. Todas as vulnerabilidades têm tendência a aumentar até ao final do século, a maioria tornando-se muito negativas ou mesmo críticas.

No presente estudo foi dado destaque ao setor elétrico, uma vez que a evolução do setor da energia aponta para a continuação do processo de eletrificação da sociedade e da economia, designadamente assumindo o contexto de incorporação da mobilidade elétrica. A análise centrou-se nas Fontes de Energia Renovável (FER), uma vez que será a tecnologia a que terá um papel predominante no fornecimento de energia à sociedade. Apesar do contributo de algumas destas fontes de energia ser atualmente pequeno ou apenas complementar (apenas 20,2% da energia primária do setor elétrico), é espetável e imperativo criar condições para o seu desenvolvimento.

Conclui-se que as FER podem sofrer impactos das Alterações Climáticas, sendo que estes são compensados pelas fontes fósseis, que funcionam como âncora do sistema e através da arquitetura redundante da infraestrutura. Por exemplo, na ilha de São Miguel, no dia de maior procura entre 2011 e 2015, 68% da energia teve origem fóssil, mas essa procura corresponde apenas a 74,4% da capacidade instalada. Atualmente a fonte fóssil oferece garantias para a qualidade do serviço de energia elétrica, designadamente porque é despachável.

O caminho para um futuro com mais incorporação de FER passa por, atender aos desafios da adaptação às AC e transitar para uma arquitetura de regulação da qualidade de baixo carbono. Este caminho é proposto nas medidas de adaptação e mitigação.

Foram também descritos impactos diretos na infraestrutura decorrentes de fenómenos climáticos extremos, cuja expectativa é que se tornarem mais intensos e frequentes até ao final do século. Neste contexto, é considerada mais provável a passagem de tempestades tropicais que atualmente passam ao largo do arquipélago. Atualmente estes impactos são eficazmente geridos por haver uma boa capacidade adaptativa.

As redes de transporte de energia têm autonomia de intervenção após eventos, e boas práticas de projeto, adaptadas à realidade local, como a arquitetura da rede em anel e especificação de obra para as fundações. No entanto a capacidade adaptativa atual não é suficiente para lidar com vulnerabilidades futura agravadas pelas AC. Para melhoria do desempenho no contexto da capacidade adaptativa propõem-se intervenções em setores chave como os recursos hídricos, o ordenamento do território e a segurança de pessoas e bens. As medidas de adaptação propostas oferecem possibilidades de interação com estes setores no âmbito da integridade da infraestrutura energética.

São também contempladas medidas que visam o registo de parâmetros climáticos e indicadores de qualidade, visando o acompanhamento e estudo dos impactos associados a eventos extremos e padrões climáticos desfavoráveis. A construção do conhecimento é também relevante para a sistematização e formalização de boas práticas para o setor da energia, no presente estudo são concretizadas proposta nesta área sendo que parte deste trabalho é já uma prática habitual do setor.

Este relatório também procurou demonstrar que os padrões de consumo são relevantes para compreender e ajudar na resolução de impactes e vulnerabilidades. As medidas associadas ao consumo, visam valorizar soluções que passam não só pela aposta em FER como também na redução das necessidades de energia, por exemplo intervindo no edificado, e na eficiência energética (por exemplo no aumento do rendimento dos sistemas de ar condicionado). Esses ganhos poderão ser atingidos através do investimento em tecnologias apropriadas ao contexto da RAA e também através da capacitação, por exemplo na formação de projetistas de ar condicionado.

Ficou ainda estabelecido que a RAA poderá vir a sofrer com o aumento dos custos de carbono, motivados por efeitos políticos dos impactos das AC à escala global. Estes custos vão incidir sobre os combustíveis fósseis, dos quais a região ainda depende fortemente (em 91,2% da energia primária que entra no arquipélago), fazendo aumentar os custos da energia, onde se inclui a energia elétrica. A vulnerabilidade atual é nula, mas mudanças no clima político poderão ditar uma vaga de mudanças que irão testar ao limite a capacidade adaptativa.

Caso as medidas propostas para o plano não tenham seguimento, a região poderá vir a sofrer consequências ao nível da integridade da infraestrutura, aumentos do custo da energia e diminuição da resiliência do setor da energia.

Este relatório setorial da energia visa contribuir para uma transição para uma sociedade de baixo carbono, recomendando cautela nas suas medidas e aproveitando ao máximo o potencial humano e técnico que existe no arquipélago.

12 AGRADECIMENTOS

Agradeço todo o apoio, confiança e generosidade que recebi ao longo deste projeto da minha equipa, da equipa de mitigação energia, quer dos *stakeholders*, e nomeio as pessoas pelo seu nome, sem títulos, mas mantendo todo o respeito que a sua posição merece.

Agradeço ao Hugo Costa, por todo o acompanhamento, confiança e ajuda que recebi ao longo deste trabalho. Agradeço também aos membros da minha equipa no CCIAM que trabalharam diretamente ou indiretamente comigo, como a Filipa Vasconcelos, o Pedro Garrett, a Andreia Sousa e a Filipe Duarte Santos. Agradeço também ao Tiago Capela, Ana Gomes, Ângela Antunes e ao David Avelar.

Agradeço a Gonçalo Cavalheiro e Inês Mourão do CAOS pelo apoio prestado quando este foi necessário.

Agradeço também à Ana Goulart e à Sónia Santos da DRA, por todo o seu empenho no acompanhamento do trabalho e resolução de todas as questões que tivemos. Agradeço à Raquel Cymbron da DRA pela informação disponibilizada.

Agradeço a José Rosa Nunes, Diretor da DREn, pelo seu interesse e empenho em acompanhar o projeto. Também agradeço a Maria Adriana Moniz da DREn e a Nuno Mota da DRT, por todo o tempo e informações disponibilizados, onde se incluí a participação em workshops, entrevistas e apresentações.

Agradeço ainda à EDA pela ajuda e disponibilidade demonstradas, dadas por José Marques, Alberto Borges, Nuno Gomes, David Estrela e Alexandre Pereira, designadamente para a obtenção de dados, visita de instalações, participação em workshops e entrevistas.

Agradeço à equipa de mitigação pela sua abertura em colaborarmos e toda informação que partilhámos, em concreto Ricardo Silva Pereira, Sara Manso, Paulo Canaveira, Mário Brito Tânia Sousa e Carlos Silva. Lanço também uma palavra de apreço a todos os que *stakeholders* que colaboraram com a equipa de mitigação e que indiretamente ajudaram a adaptação.

Agradeço a Massimiliano Rossi, Christof, Giuseppe, Christof Weissteiner, Giuseppe Cornaglia e Peter Spruyt pela colaboração na obtenção de dados GIS do projeto Copernicus.

Agradeço a todos os açorianos que conversaram comigo no avião, na rua, no supermercado, no autocarro, no táxi, no barco, no café, junto ao mar, em sua casa, numa festa de rua, na cidade da Horta no Faial, na ilha do Pico (Madalena, Lajido e São Caetano) e em Ponta Delgada, São Miguel. Direta ou inadvertidamente todos eles generosamente contribuíram para cimentar as outras fontes deste trabalho.

Agradeço aos meus filhos por estarem disponíveis e acreditarem no pai, e também o suporte da mãe deles nas minhas viagens aos Açores e no cumprimento de prazos deste trabalho.

13 ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABELAS E FIGURAS

Gráfico 1 – Produção média horária por semana e precipitação média horária por semana (2011-2015).....	21
Gráfico 2 – Produção média horária por semana e precipitação média horária por semana em 2014.....	22
Gráfico 3 – Distribuição da produção da energia e do número de casos por velocidade do vento (anos e correções)	25
Gráfico 4 – Produção da energia eólica e número de casos por valor inteiro de velocidade do vento.....	26
Gráfico 5 – Produção da energia eólica e número de casos por rácio DP/VEL (anos e correções).....	26
Gráfico 6 – Potência média eólica e velocidade média do vento por rácio DP/VEL (anos e correções).....	27
Gráfico 7 – Potência média geotérmica em Pico Vermelho (72GTPV), Ribeira Grande (72GTRG) e a temperatura média em Santana no trimestre de verão, representadas por horas.....	30
Gráfico 8 – Potência média geotérmica por temperatura (dados de Santana) em Pico Vermelho (72GTPV) e Ribeira Grande (72GTRG), com critério de valores mínimos de plena tomada de potência.....	31
Gráfico 9 – Diferença percentual entre a potência média geotérmica e a potência média ponderada, usando a média dos dados e o modelo de regressão, em Pico Vermelho (72GTPV) e Ribeira Grande (72GTRG)	32
Gráfico 10 – Valores médios horários da carga e da temperatura por semana, relativos ao período de 2011-2015.....	35
Gráfico 11 – Valores médios horários da carga e número médio mensal de turistas, relativos ao período de 2011-2015.....	35
Gráfico 12 – Valores médios horários da carga e da temperatura, relativos ao período de 2011-2015.....	36
Gráfico 13 – Relação na base semanal entre a carga (representada pelo somatório da energia produzida semanalmente) e a temperatura	37
Gráfico 14 – Comparação mensal entre valores de carga verificada e a carga calculada a partir do modelo temperatura-carga.....	38
Gráfico 15 – Proporção de indicadores de continuidade do serviço e número de ocorrências, associadas grupos de causa.....	40
Gráfico 16 – indicador de energia não fornecida por número de casos de ocorrências, associadas grupos de causa.....	40

Gráfico 17 – Preço do fuel óleo em vários países europeus com e sem imposto (Comissão Europeia, Weekly Oil Bulletin, 26/9/2016)	78
Gráfico 18 - impostos sobre o fuel óleo (Comissão Europeia, Weekly Oil Bulletin, 26/9/2016)	78
Gráfico 19 - Comparação de preços de fuel óleo no Continente, União Europeia e RAA.....	79
Gráfico 20 - Origem da energia final elétrica produzida na RAA	88
Gráfico 21 - Origem da energia final produzida (kWh) em todo o arquipélago excerto na Ilha de São Miguel.....	88
Gráfico 22 - Esquema do percurso dos impactos na energia renovável até à vulnerabilidade na energia fóssil.....	89
Gráfico 23 - Vulnerabilidade cruzada do efeito da temperatura no sector da energia.....	89
Gráfico 24 - Projeção do consumo de energia final elétrica usando as anomalias de temperatura previstas para cada cenário de projeção climática	90
Gráfico 25 - Projeção da redução de produção de energia geotérmica usando as anomalias de temperatura previstas para cada cenário de projeção climática	90
Gráfico 26 - Distribuição por sector de atividade do consumo de energia elétrica.....	91
Tabela 1 – Objetivos da RAA para o sector da Energia	10
Tabela 2 - Coeficientes de Pearson e Spearman da relação entre as variáveis de temperatura e produção geotérmica da Ribeira Grande (*correlação é significativa ao nível de 0.05 (valor p), **correlação é significativa ao nível de 0.01 (valor p)).....	29
Tabela 3 - Coeficientes de Pearson e Spearman da relação entre as variáveis de temperatura e produção geotérmica em Pico Vermelho (*correlação é significativa ao nível de 0.05 (valor p), **correlação é significativa ao nível de 0.01 (valor p)).....	29
Tabela 4 - Caracterização dos modelos de regressão quadráticos para a relação temperatura - energia geotérmica	32
Tabela 5 - Caracterização dos modelos de regressão quadráticos para a relação temperatura-carga	37
Tabela 6 - Vulnerabilidade de movimentos de massa no arquipélago dos Açores	52
Tabela 7 - Vulnerabilidade de sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica (<i>storm surge</i>) no arquipélago dos Açores	52
Tabela 8 - Vulnerabilidade de cheia e inundações no arquipélago dos Açores	53
Tabela 9 - Tabela de Avaliação de Impactes	56
Tabela 10 – Indicador END (MWh) no ano de 2014 para todas as ilhas	84

Tabela 11 – Indicador END (MWh) apenas para causas climáticas no ano de 2014 para todas as ilhas.....	85
Tabela 12 – Exemplo do impacto no potencial e produção de energia hídrica devido ao evento de 14 para 15 de dezembro de 2015 na ilha de São Miguel.....	86
Tabela 13 - Ventos médios e energia eólica produzida em dezembro de 2015.....	87
Figura 1 - Esquema metodológico de análise	15
Figura 2 - Esquema metodológico de trabalho.....	16
Figura 3 - Postos de transformação expostos a vulnerabilidade a cheias e inundações na Ilha do Pico no Concelho de Ribeiras. Legenda da Escala de Risco: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)	46
Figura 4 - Postos de transformação vulneráveis a movimentos de massa na Ilha de São Jorge na Região de Norte Grande e de Norte Pequeno. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)	48
Figura 5 - Postos de transformação expostos a movimentos de massa na Ilha do Faial junto ao vulcão dos Capelinhos. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)	48
Figura 6 - Postos de transformação expostos a Vulnerabilidade de sobrelevação marítima na Ilha do Pico no Concelho de Madalena. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)	50
Figura 7 - Postos de transformação expostos a Vulnerabilidade de sobrelevação marítima na Ilha de São Miguel em Ponta Delgada. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (vermelho)	50
Figura 8 - Postos de transformação expostos a Vulnerabilidade de sobrelevação marítima na Ilha de São Miguel no Concelho de Povoação. Legenda da Escala de Vulnerabilidade: 1 - Muito baixo (Verde escuro); 2 – Baixo (Verde claro); 3 – Médio (amarelo); 4 – Alto (laranja); 5 - Muito alto (Vermelho).....	51
Figura 9 - Fotografia da derrocada (movimento de vertente) no Faial da Terra, São Miguel (Fotografia: Eduardo Resendes/Açoriano Oriental).....	85
Figura 10 – Detalhe do risco de movimentos de vertente que em dois locais de risco, perto de Faial da Terra (São Miguel), é alto (laranja) e médio (amarelo).....	86