

Trilema Energético

Segurança – Equidade – Sustentabilidade
uma perspetiva nacional



Relatório 2021

Future Energy Leaders Portugal

SOBRE A APE

A Associação Portuguesa da Energia (APE) é uma instituição não governamental, sem fins lucrativos e de utilidade pública, que visa dinamizar a reflexão e o debate sobre a transição energética sustentável nos vários níveis da cadeia de valor dos produtos e serviços energéticos, promovendo o contributo do setor para a economia e a qualidade de vida em Portugal.

A APE é o comité nacional membro do World Energy Council (WE Council), organização internacional em que Portugal está representado desde os anos trinta do século passado. Tendo sucedido à anterior Comissão Nacional do Congresso Mundial da Energia, a APE assume-se como a mais antiga e global associação existente no nosso País, no setor da energia.

Mais informação: <https://apenergia.pt/>

Copyright © 2021 Associação Portuguesa da Energia. Todos os direitos reservados. Esta publicação pode ser utilizada ou reproduzida toda, ou em parte, desde que a seguinte citação seja incluída em cada cópia ou transcrição: “*Utilizado com permissão da Associação Portuguesa da Energia*”.

Imagem de capa: Pixabay

Programa Future Energy Leaders Portugal

Associação Portuguesa da Energia

Estrada da Portela, Bairro Zambujal

Edifício LNEG, Alfragide

2610-413 Amadora

Portugal

SOBRE O FEL.PT

O programa Future Energy Leaders Portugal (FEL.PT) é uma iniciativa que visa promover a interação e o debate entre os futuros líderes do setor energético. A nível nacional esta comunidade conta com 20 jovens profissionais de exceção, de várias empresas do setor da energia, nacionais e internacionais, membros da academia e de várias sociedades de advogados. Além de promover o debate da evolução do setor energético, a comunidade FEL.PT pretende contribuir para a aceleração da transição energética, enquanto se garantem os princípios de sustentabilidade social e ambiental.

SOBRE O WORLD ENERGY COUNCIL

O World Energy Council (WE Council) é a mais antiga rede global de líderes e peritos de energia que visa promover sistemas energéticos seguros e ambientalmente sustentáveis e o acesso generalizado e equitativo aos serviços energéticos.

Fundado em 1923, o WE Council é uma organização independente e imparcial que congrega mais de 80 países através de comités-membros nacionais em que participam governos, empresas privadas e estatais, academia, ONGs e outras entidades representativas de todo o espectro do setor da energia.

O WE Council contribui para o desenvolvimento de estratégias de transição energética organizando eventos de alto nível, com destaque para a realização trienal do World Energy Congress, e publicando estudos que acolhem a experiência e as visões da sua extensa rede de membros, facilitando o diálogo mundial sobre políticas energéticas.

www.worldenergy.org @WECouncil

ÍNDICE

SUMÁRIO EXECUTIVO	I
Principais constatações	II
SEGURANÇA ENERGÉTICA	1
Introdução	1
Segurança de abastecimento e consumo de energia	2
Diversidade do abastecimento de energia primária	2
Dependência de importações	8
Resiliência do sistema energético	12
Diversidade das fontes de produção de energia elétrica	12
Armazenamento de energia	15
Estabilidade do sistema elétrico e capacidade de recuperação	19
Mensagens Chave	23
EQUIDADE ENERGÉTICA	24
Introdução	24
Acesso à energia	25
Acesso à energia elétrica	25
Acesso a combustíveis limpos para a confeção de alimentos	27
Qualidade do acesso à energia	28
Preços da energia	30
Preços da energia elétrica	30
Preços da gasolina e do gasóleo	33
Preço do gás natural	35
Acessibilidade da energia	38
Mensagens Chave	39
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	40
Introdução	40
Intensidade energética	41
Eficiência térmica da produção elétrica	43
Perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica	44
Produção de energia elétrica de origem renovável ou de baixo teor em carbono	45
Emissões de CO ₂ como um indicador dos GEE	48
Emissões de CO ₂ <i>per capita</i>	50
Emissões de CH ₄ <i>per Capita</i>	51
Valor médio anual do material particulado PM _{2.5}	53
Valor médio anual do material particulado PM ₁₀	55
Mensagens Chave	56
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	57
REFERÊNCIAS	60
AGRADECIMENTOS	63
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DA ENERGIA	64
DIREÇÃO	64
MEMBROS DO FEL.PT	64

Sumário Executivo

O World Energy Council (WE Council) publica anualmente, desde 2010, o estudo Energy Trilemma Index, em que os vários países que integram a organização são analisados na sua capacidade individual para equilibrar as três dimensões fundamentais para o desenvolvimento dos seus sistemas de energia: segurança energética, equidade no acesso à energia e sustentabilidade ambiental. Este índice é uma quantificação das três vertentes permitindo o conhecimento das diferentes políticas energéticas adotadas por cada país e os seus resultados práticos.

Neste primeiro ano de atividade os Future Energy Leaders Portugal (FEL.PT), da Associação Portuguesa da Energia, decidiram desenvolver uma análise ao percurso de Portugal nestas três vertentes, caracterizando a evolução do sistema energético. Com esta abordagem, os FEL.PT esperam contribuir para que Portugal melhore o seu posicionamento no World Energy Trilemma Index. Esta análise plurianual ao setor energético português foi coligida tendo como referência o período entre 2000 e 2020, abordando os três eixos do Trilemma, referidos anteriormente: segurança energética, equidade no acesso à energia e sustentabilidade ambiental.

A segurança energética pode ser categorizada em duas vertentes: a segurança de abastecimento, que avalia a capacidade de um país no acesso à energia e a resiliência do sistema energético relacionada com questões infraestruturais, nomeadamente a capacidade de resistir a incidentes e perturbações. Portugal possui uma apreciável variedade no que toca à diversidade das fontes primárias de energia. É, contudo, um país fortemente dependente da importação de combustíveis fósseis, não obstante a incorporação de geração renovável ser já significativa, o que ajuda reduzir a sua dependência e a diminuir a importação. A existência de reservas de energia é fundamental para suportar os riscos emergentes de eventos extraordinários, desde o petróleo e produtos petrolíferos, ao setor elétrico, e também do gás natural. Relativamente à infraestrutura elétrica, a diversidade de fontes de geração de eletricidade, bem como os bons resultados ao nível da estabilidade e capacidade de recuperação do sistema, contribuem positivamente para o incremento da segurança energética nacional.

A equidade energética é avaliada em três parâmetros fundamentais: disponibilidade de rede, que permita o acesso à energia; adequação do nível de consumo de energia e preços. De acordo com a metodologia do WE Council e da análise efetuada concluiu-se que o preço da energia é o parâmetro que apresenta maior margem de melhoria para fomentar a equidade energética em Portugal. Neste sentido, importa realçar o impacto considerável das taxas e impostos no preço de venda ao público dos diversos tipos de energia. Porém, considera-se que no contexto nacional há espaço para realizar uma avaliação mais abrangente que inclua todas as facetas do atual estado da equidade energética portuguesa, designadamente no que respeita à consideração das diversas formas de energia, e não considerando apenas a energia elétrica. Esta caracterização mais aprofundada permitirá criar recomendações para a elaboração de políticas e medidas que fomentem uma transição energética mais justa e equitativa em Portugal.

A sustentabilidade ambiental implica uma análise holística do impacto das atividades do setor energético no ecossistema e nas pessoas. Partindo da intensidade energética nacional, são analisadas a eficiência da cadeia de valor, a emissão de gases com efeito de estufa e respetivo impacto na qualidade do ar. No âmbito do estudo foi possível concluir que o incremento da penetração de energia de fontes de origem renovável tem vindo a potenciar a diminuição generalizada do consumo de combustíveis fósseis e uma conseqüente redução global das emissões. A introdução de tecnologias como a produção eólica na primeira década em análise, bem como a produção em regime especial (cogeração, micro e mini produção, resíduos e outras fontes renováveis) na segunda, associada à exponencial entrada de solar fotovoltaico nos últimos anos e ao descomissionamento de centrais a carvão, fomentaram uma redução das emissões globais de gases com efeito de estufa em Portugal.

A investigação e estudo baseados no desempenho nacional das duas últimas décadas terá como principal objetivo identificar possibilidades de melhoria e aprofundar esses estudos sob a forma de White Papers a serem desenvolvidos futuramente. Espera-se no final do ciclo de trabalho endereçar recomendações que apóiem valor para o desenvolvimento sustentável do setor energético nacional.

PRINCIPAIS CONSTATAÇÕES

- De forma generalizada verificou-se uma descida do consumo de petróleo bruto e produtos petrolíferos no mix energético nacional, nos últimos 20 anos.
- Em 2019 cerca de 1/4 da energia primária teve origem em recursos endógenos, o que representa uma evolução face ao ano de 2000, onde o valor registado foi de 1/6.
- As reservas estratégicas de petróleo bruto, produtos petrolíferos devem garantir, em caso de crise energética, o funcionamento da economia nacional durante 90 dias sem importações líquidas.
- As reservas de segurança mínimas de segurança de gás natural não podem ser inferiores a 15 dias de consumos não interrompíveis dos produtores de eletricidade em regime ordinário e a 20 dias dos restantes consumos não interrompíveis.
- O sistema elétrico português destaca-se pela sua diversidade, tanto ao nível de fontes primárias para produção de eletricidade, como relativamente ao peso de cada uma no panorama geral.
- Os indicadores SAIFI e SAIDI mostram que a Qualidade de Serviço em Portugal tem melhorado ao longo dos anos. Não obstante, as alterações climáticas poderão conduzir ao aumento da ocorrência de fenómenos atmosféricos extremos, o que poderá impactar na qualidade de serviço e fornecimento de energia.
- Portugal está bem classificado no contexto do acesso à energia elétrica e do acesso a combustíveis limpos para a confeção de alimentos, uma vez que 100% da população tem acesso a estas duas componentes.
- Uma correta avaliação do parâmetro acesso à energia em Portugal exige a consideração de todos os consumos de energia no setor residencial, para além de energia elétrica, designadamente: gás natural, butano, propano, gásóleo colorido para aquecimento, solar-térmico, lenhas e resíduos vegetais.
- As taxas e impostos têm um impacto muito significativo no preço da energia em Portugal, tendo representado, em 2020, cerca de 47% do valor total do preço da energia elétrica para consumo doméstico, mais de 60% do valor total do preço de venda ao público dos combustíveis rodoviários, e aproximadamente 28% do preço do gás natural.
- Em 2020, no setor industrial, as taxas e impostos representaram cerca de 42% do valor total do preço da energia elétrica e 25% no gás natural.
- Para efetivar potenciais políticas e medidas que fomentem uma transição justa e equitativa, com melhoria do acesso a serviços de energia adequados à escala nacional, é necessário promover análises regionais que caracterizem diferentes realidades.
- Entre 2005 e 2017, os níveis de intensidade energética em Portugal começaram a baixar até ao valor de 3,3 kJ/USD em 2017. No entanto, desde 2010 que a taxa de decréscimo é inferior à média dos restantes países da UE, o que pode ser explicado pelo facto de o PIB registar uma taxa de crescimento significativamente inferior nos últimos anos face aos níveis pré-2010.
- Ao longo dos últimos 20 anos a produção de energia elétrica de origem renovável em Portugal, impulsionada pela política energética favorável ao crescimento da produção endógena, tem vindo a aumentar de forma consistente, permitindo a Portugal alcançar o Top 5 dos países europeus com maior penetração de energia renovável no sistema eletroprodutor.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

- O aumento da penetração de fontes renováveis ao longo das duas últimas décadas tem vindo a reduzir a eficiência térmica da produção pelo incremento da necessidade de garantir flexibilidade horária do sistema, enquanto a estabilidade das perdas de transmissão e distribuição tem vindo a manter-se.
- O aumento da produção de energia elétrica através de fontes renováveis nos últimos 20 anos, aliado a um decréscimo do uso de combustíveis fósseis, em especial carvão, traduziu-se numa redução sustentada das emissões de CO₂ de 27%.
- As emissões de CH₄ resultantes da queima de combustíveis fósseis têm vindo a diminuir ao longo dos anos, sendo o decréscimo mais evidente entre os anos de 2000 e 2010. Entre 2010 e 2019 a tendência mantém-se estável, em resultado de recentes esforços de política pública para adoção de tecnologias mais sustentáveis de geração de energia.
- O material particulado PM_{2.5} e PM₁₀, registado nos postos de monitorização em Portugal, tem vindo a diminuir ao longo dos últimos anos e é, em média, inferior aos valores estabelecidos como recomendáveis pelas diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde.

Capítulo 1

Segurança Energética

INTRODUÇÃO

A segurança energética é um pilar estrutural dos sistemas de energia. A garantia de abastecimento tem, ao longo dos tempos, observado profícuas alterações, sempre com o propósito de salvaguardar o acesso dos cidadãos e das empresas à energia.

A definição do conceito de segurança energética não é literal, pelo que depende da perspetiva e da profundidade paradigmática da situação. Tendo em conta uma perspetiva globalizante, pode-se definir segurança energética como a capacidade de um país para garantir o abastecimento das necessidades energéticas, tanto no presente como numa perspetiva futura, bem como para assegurar a existência de capacidade de resposta a perturbações na cadeia de abastecimento, minimizando o risco de interrupção no fornecimento de energia. Para tal será necessário avaliar a eficácia na gestão das fontes de energia, bem como a resiliência das suas infraestruturas, desde os processos produtivos e de extração até ao consumidor final.

Neste capítulo pretende-se aferir, de uma perspetiva integrada e generalista, o estado atual da segurança energética em Portugal, através de dois pontos estruturantes: a segurança de abastecimento e consumo de energia e a resiliência do sistema energético.

O primeiro ponto encontra-se intimamente ligado à diversidade de fontes primárias de energia. Quanto maior a diversidade, maior será a segurança e a independência energética, na medida em que um sistema baseado num leque reduzido de fontes primárias será, probabilisticamente, sempre mais suscetível a falhas no abastecimento. Outro fator essencial é a dependência das importações, que quantifica, no panorama geral de um país, a relevância da importação de matéria-prima ou de energia produzida, para a satisfação do seu consumo energético, independentemente do setor de atividade – transportes, indústria, setor elétrico, entre outros.

O segundo ponto encontra-se relacionado com questões de natureza infraestrutural, nomeadamente no que respeita à diversidade de fontes de geração de eletricidade, assim como do armazenamento de petróleo, produtos petrolíferos e gás natural, cujas reservas devem garantir que não há roturas de abastecimento. A diversidade de fontes de produção elétrica é fundamental, pois garante a capacidade de resistir a situações de emergência, em que se possam verificar falhas específicas de um tipo de geração, assim como a capacidade de explorar de forma eficiente, segura e sustentável o seu portfólio de produção de energia.

Por último, e de forma a avaliar conjuntamente as perspetivas anteriores, dever-se-á analisar a estabilidade e capacidade de recuperação do sistema elétrico, através de parâmetros universais, como o SAIFI e o SAIDI, que comprovem a fiabilidade do sistema, de forma transparente.

SEGURANÇA DE ABASTECIMENTO E CONSUMO DE ENERGIA

DIVERSIDADE DO ABASTECIMENTO DE ENERGIA PRIMÁRIA

Este subcapítulo analisa a diversidade das fontes de energia primária em Portugal, com base nos dados dos Balanços Energéticos Nacionais publicados pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Esta análise inicia-se a partir do gráfico abaixo que mostra a evolução de consumo das diversas fontes de energia primária em Portugal.

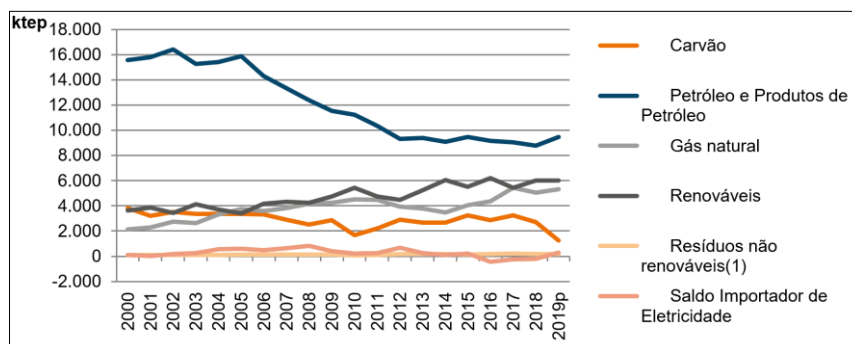


Figura 1 – Evolução do consumo de energia primária por fonte [1]

Nos últimos 20 anos, o principal aspeto a destacar é a descida acentuada, mas consolidada ao longo da última década, do consumo de petróleo e seus derivados. Entre 2000 e 2020 o consumo de produtos petrolíferos teve uma redução de 44%, dos quais 48% relacionados com o Fuelóleo, quer para geração de eletricidade, quer para todos os outros setores. Em segundo lugar, com impacto para esta descida, encontra-se a Gasolina com 20%, seguida da Nafta com 13% e do Gasóleo com 7%.

O consumo de Carvão Mineral, sobretudo utilizado para geração elétrica, apresenta uma descida mais ténue ao longo das últimas 2 décadas, iniciando em 2019 uma queda acentuada para valores próximos de zero, relacionada com a menor exploração das centrais termoelétricas a carvão.

Em sentido oposto, o Gás Natural e as Renováveis têm crescido gradualmente. Os principais consumidores destas fontes de energia primária são as centrais termoelétricas e a produção de calor para indústria, dedicada ou em cogeração.

Nas últimas décadas é evidente a importância das Renováveis e do Gás Natural na diversidade da matriz energética, sendo este um ponto forte, que importa manter e reforçar, no sentido de garantir a robustez do sistema energético nacional, no percurso da transição energética.

Em 2000 apenas cerca de 16% dos recursos energéticos utilizados a nível nacional eram endógenos. Em 2019 esta percentagem subiu para cerca de 24%, tendo havido, também, uma maior diversificação da dependência externa.

Apesar desta melhor distribuição das fontes de energia em Portugal, a pontuação no rating de um dos parâmetros da “Segurança” do Trilemma Index do Council desceu de 66,6 pontos em 2010 para 62,1 pontos em 2020, o que deve ser interpretado como uma consequência da transição energética, que conduziu ao descomissionamento de um tipo de centros eletroprodutores.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

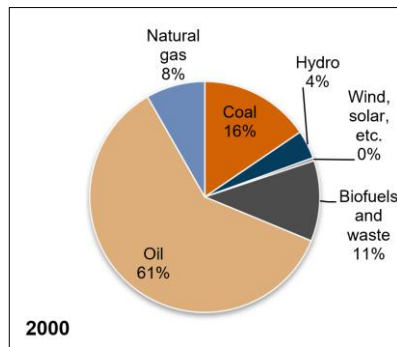


Figura 2 - Distribuição das fontes de energia primária em 2000 [2]

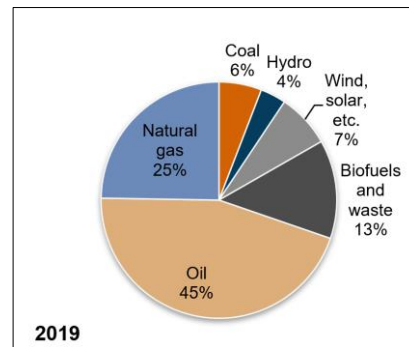


Figura 3 - Distribuição das fontes de energia primária em 2019 [2]

Carvão

Tal como referido anteriormente, em 2000 o consumo de carvão representava 16% do consumo final de energia em Portugal, valor que desceu para apenas 6% em 2019, tendo como principal utilização a produção de energia elétrica, como apresentado no gráfico da Figura 4.

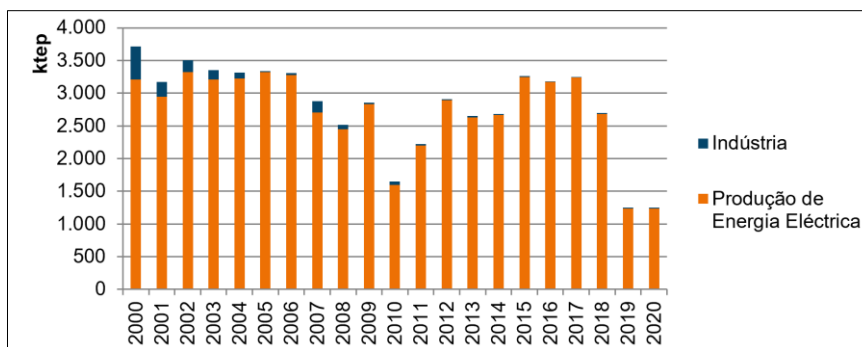


Figura 4 - Consumo de carvão por uso final [3]

À data deste relatório é já conhecida a decisão de terminar a exploração das centrais termoeletricas a carvão, que irá quase extinguir esta fonte de energia primária da matriz energética nacional, mantendo-se apenas uma pequena parcela, inferior a 1%, utilizada pela indústria, nomeadamente siderúrgica e metalúrgica.

Petróleo e seus derivados

Os produtos petrolíferos são a principal fonte de energia primária na matriz nacional. Portugal, tendo elevada capacidade instalada de refinação, importa petróleo bruto, transformando-o em diversos produtos que servem o mercado interno, mas também a exportação. O consumo interno final de produtos petrolíferos, apresenta-se no gráfico da Figura 5.

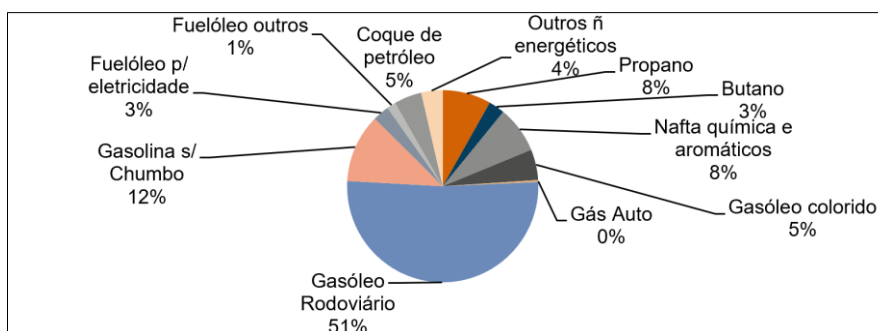


Figura 5 - Consumo de produtos petrolíferos por tipo de produto, no ano 2020 [4]

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

O Gasóleo Rodoviário ocupa a maior fatia do consumo de produtos petrolíferos, representando, em conjunto com a Gasolina s/ chumbo e o GPL Auto, 63,5%, demonstrando a expressividade do setor rodoviário na matriz energética nacional.

Em segundo lugar surge a Nafta Química, cuja principal aplicação é como matéria-prima na indústria petroquímica. O Propano e o Butano têm alguma representatividade global, com um total de 11%, sendo cerca de 42% do GPL utilizado também como matéria-prima. O restante uso como combustível é distribuído entre consumo doméstico e industrial, 67% e 33%, respetivamente.

O Coque de Petróleo e o Gasóleo Colorido, utilizados em aplicações mais específicas (indústria do cimento/cal e agricultura/floresta/aquecimento, respetivamente) ocupam uma fatia de 5% do consumo cada, apresentando uma tendência temporal relativamente estável.

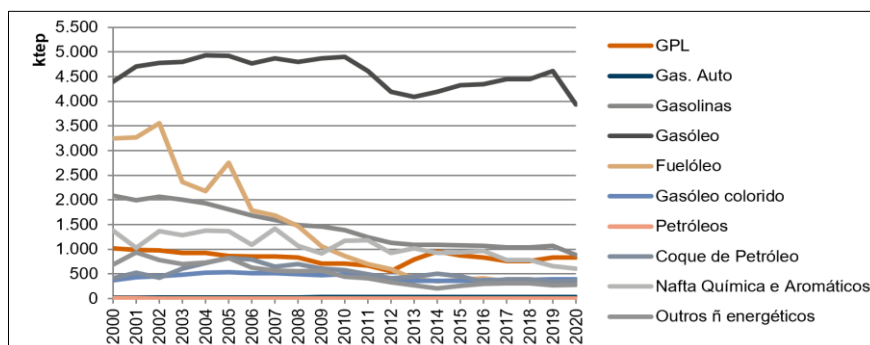


Figura 6 - Evolução do consumo de produtos petrolíferos em Portugal [5]

O Fuelóleo é o produto que registou maior alteração de consumo nos últimos 20 anos, motivado, sobretudo, pela transição para o Gás Natural, com uma redução de consumo de 90%, em absoluto, correspondendo a um total de 2,9 Mtep. Habitualmente dividido entre aplicação para geração elétrica, cogeração e outros setores, foi esta última subcategoria que registou uma descida mais acentuada.

Gás Natural

No ano 2019 o Gás Natural foi a segunda principal fonte de energia primária na matriz nacional, sendo no gráfico abaixo apresentados os tipos de consumo associados.

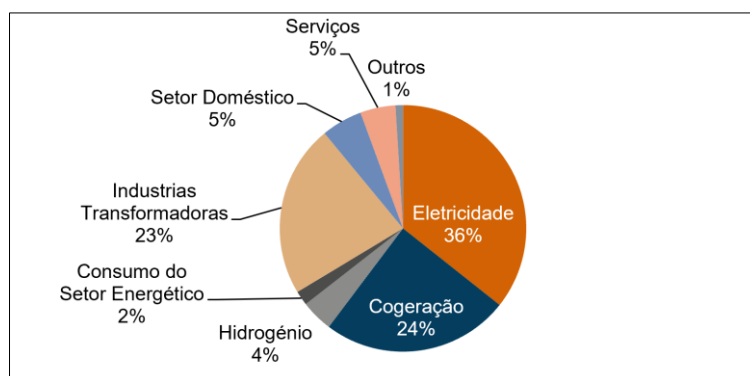


Figura 7 - Distribuição do consumo final de Gás Natural no ano 2019 [6]

Importa destacar que, nos últimos 20 anos, o Gás Natural deu um importante contributo para a redução da dependência dos produtos derivados de petróleo, nomeadamente o Fuelóleo. Esta alteração contribuiu para a redução da pegada carbónica uma vez que o Gás Natural emite menos 28% do CO₂ que o Fuelóleo, mas também, para a Eficiência Energética, através da modernização de equipamentos, quer na indústria quer na produção elétrica com a instalação das centrais de ciclo combinado, com eficiências superiores às tradicionais centrais a carvão ou fuelóleo, reduzindo ainda mais as emissões.

O Gás Natural para produção elétrica

A Cogeração e a produção dedicada de eletricidade representam 60% do consumo de Gás Natural. Em 2019 garantiu 57% da produção elétrica não renovável dedicada, sendo estimado que, em 2022, venha a assegurar perto de 100%, com o encerramento das centrais de Sines e Pego, em 2021. Ressalva-se a distinta realidade das Regiões Autónomas onde o Fuelóleo e o Diesel continuam a ter um papel preponderante na produção de energia elétrica.

O Gás Natural na Indústria

A cogeração, está intimamente ligada à Indústria, nomeadamente a indústria transformadora, cujas necessidades de calor correspondem a temperatura 100-200°C, encontra nesta solução altos níveis de eficiência operacional e baixos custos de operação. Por outro lado, a produção de energia elétrica também significa um contributo positivo na gestão da rede nacional.

Importa assinalar que na indústria transformadora, a transição para o Gás Natural e para a Cogeração não foi generalizada, identificando-se 2 realidades:

- A. Indústrias que necessitam de calor a muito alta temperatura (próximo da temperatura de combustão), como é o caso do cimento e cal, cerâmica e vidro, entre outras;
- B. Indústrias cuja atividade ainda não impulsionou a evolução para a cogeração, por motivos de viabilidade.

Nos casos do tipo A, a expectativa de evolução das tendências de consumo é estável. Contudo, reside neste setor uma oportunidade de transição para o hidrogénio ou outros gases renováveis, com soluções que podem ir desde a conversão parcial até à total, com instalações de produção deste combustível pelo próprio consumidor.

Para o tipo B, há uma evidente oportunidade de eficiência energética através da pequena cogeração, com transição para combustível renovável, nomeadamente a biomassa, que é uma fonte combustível cujo potencial de crescimento poderá estar descentralizado nestas aplicações.

A transição energética e o Hidrogénio

A estratégia da União Europeia para a transição energética aponta o Hidrogénio como um combustível essencial à descarbonização, passando, porém, a ser produzido a partir de fontes renováveis.

É relevante identificar a oportunidade que o hidrogénio representa como substituto do Gás Natural nos seus diversos tipos de utilização. Em 2019 a produção de hidrogénio representou 4% do consumo de Gás Natural.

Em segundo lugar, na indústria transformadora são vários os processos industriais que necessitam da queima direta de combustível, sendo a transição para o Hidrogénio uma oportunidade de modernização, apresentando-se como desafio à capacidade de investimento e ao know-how, para um paradigma de produção autónoma de combustível. Por outro lado, a evolução das cotações de CO₂ faz com que esta transição seja um vetor relevante na competitividade e na eficiência dos custos operacionais.

O setor doméstico, serviços e outros, no qual se inclui os transportes, pela sua diversidade dos equipamentos de consumo, condiciona a velocidade da transição para o Hidrogénio, destacando-se a importância da garantia da qualidade e estabilidade do combustível, resultado dos fatores de incorporação na mistura entre Gás Natural, Hidrogénio e outros Gases Renováveis.

Bioenergias

A energia derivada de materiais biológicos renováveis representou 13,2% do consumo de energia primária no ano de 2019, com uma contabilização total de 2957 ktep. A bioenergia é considerada uma fonte energética renovável, com base no princípio da sustentabilidade de exploração dos recursos.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

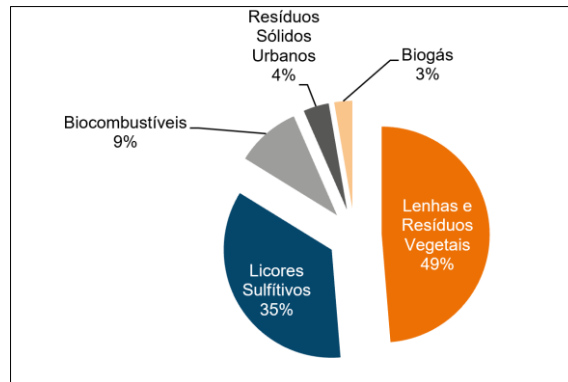


Figura 8 - Distribuição de consumo primário de bioenergia por tipo 2019 [1]

O principal recurso de bioenergia utilizado em Portugal é a biomassa lenhosa e resíduos vegetais, nomeadamente: sobrantes das atividades florestais e agrícolas, pellets de madeira, ou ainda a lenha usada para consumo doméstico, que representam 53% da sua utilização. Segue-se a transformação em outras formas de energia, nomeadamente eletricidade, em ciclo termoelétrico ou cogeração. O restante é utilizado na indústria transformadora, sobretudo para produção de calor.

O segundo recurso de bioenergia mais usado são os Licores Sulfiticos, que são fundamentalmente o subproduto da indústria de Pasta de Celulose, sendo na sua quase totalidade utilizados para cogeração.

E, como terceiro recurso, os biocombustíveis ocupam uma dimensão cada vez maior, sendo o seu consumo variável em função das exportações, uma vez que Portugal exporta uma parte significativa da sua produção de biocombustíveis. A sua principal utilização é no setor dos transportes, com 11% de incorporação obrigatória nos combustíveis rodoviários.

Os resíduos sólidos urbanos representam uma fonte de energia particularmente associada à produção termoelétrica, em duas grandes centrais instaladas nas maiores regiões urbanas do país (Lisboa e Porto), sendo a sua utilização constante desde há vários anos.

Por último o biogás, que, representando em 2019 apenas 3% do consumo primário de bioenergias, terá um esperado crescimento nos próximos anos.

Eletricidade Renovável

Ao analisar a eletricidade renovável (excluindo a produzida por biomassa), deve-se ter presente que esta é a fonte de energia primária mais “útil”, ou seja, sem perdas de transformação até ao uso final, sendo a única forma de energia, no balanço energético nacional, em que as entradas são aproximadamente iguais aos usos de energia final.

Isto também significa que um aumento da geração elétrica renovável corresponde a uma diminuição do consumo primário de outras fontes não renováveis até 3 vezes superior.

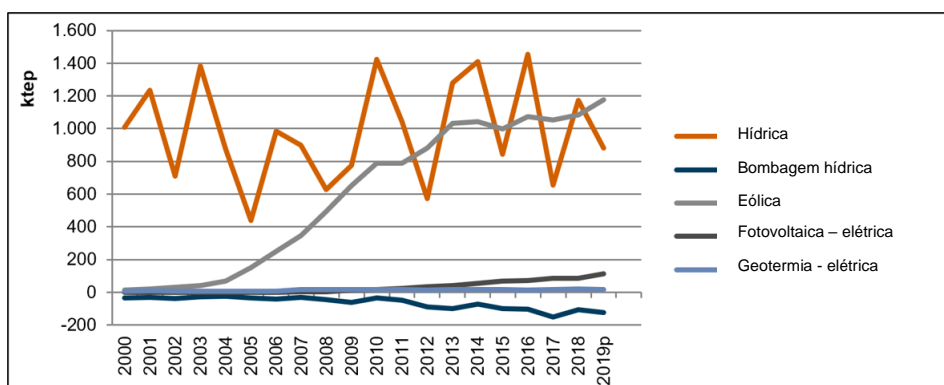


Figura 9 - Evolução da produção elétrica renovável [1]

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

Este tema irá merecer uma análise mais detalhada em capítulos posteriores, contudo, no âmbito da diversidade energética importa concluir que:

1. A geração hidroelétrica tem sido, ao longo dos últimos anos, a principal fonte de geração elétrica renovável, estando, no entanto, dependente das condições pluviométricas, que fazem variar fortemente o Índice de Produtibilidade Hidroelétrica de ano para ano.
2. A bombagem, que faz parte da estratégia de armazenamento de energia, mostra uma tendência crescente.
3. A energia eólica foi a fonte primária renovável com maior crescimento nos últimos 20 anos, registando, nos anos 2012, 2015, 2017, 2018 e 2019 produções superiores à hídrica.
4. A geração de eletricidade, por via fotovoltaica registou um crescimento lento na última década, centrada especialmente em pequenas instalações de autoconsumo, estando atualmente a assumir um papel preponderante.

Por fim a geotermia tem especial significado na Região Autónoma dos Açores, sendo uma importante fonte de geração elétrica que garante a base, e sobretudo a segurança de abastecimento nesta região.

DEPENDÊNCIA DE IMPORTAÇÕES

Este capítulo tem como objetivo analisar a dependência externa do país na garantia do abastecimento Energético Nacional. No âmbito do Trilemma este indicador avalia a autonomia energética, pela quantidade de energia importada em relação ao consumo total de fontes primárias. Em segundo plano analisa, também, as respetivas fontes de fornecimento externo, quer pela sua diversidade, quer pela robustez das suas origens.

Este indicador é aquele em que Portugal mais evoluiu nos últimos 10 anos, partindo de uma pontuação 17,2 em 2010, para 52,6 em 2020. Esta subida foi impulsionada pela situação extraordinária da pandemia Covid-19, sendo também o resultado consistente de 3 fatores, conforme analisado no capítulo anterior:

1. Diminuição do consumo de produtos petrolíferos;
2. Maior incorporação do Gás Natural na matriz energética nacional;
3. Redução significativa do carvão para produção de eletricidade (mais recente em 2020)

Esta análise centra-se nas duas principais fontes de energia primária: Produtos Petrolíferos e Gás Natural; mas também na eletricidade como uso final de energia, sobre o qual é relevante avaliar o nível de autonomia.

Através dos dados do Eurostat, pode-se observar que em 2019 Portugal é o 9º país com a maior dependência energética na União Europeia. Este valor, claramente acima da média, advém das condições naturais do país que, sem fontes naturais de energia fóssil, se vê obrigado a importar uma parte significativa do seu consumo total de energia primária.

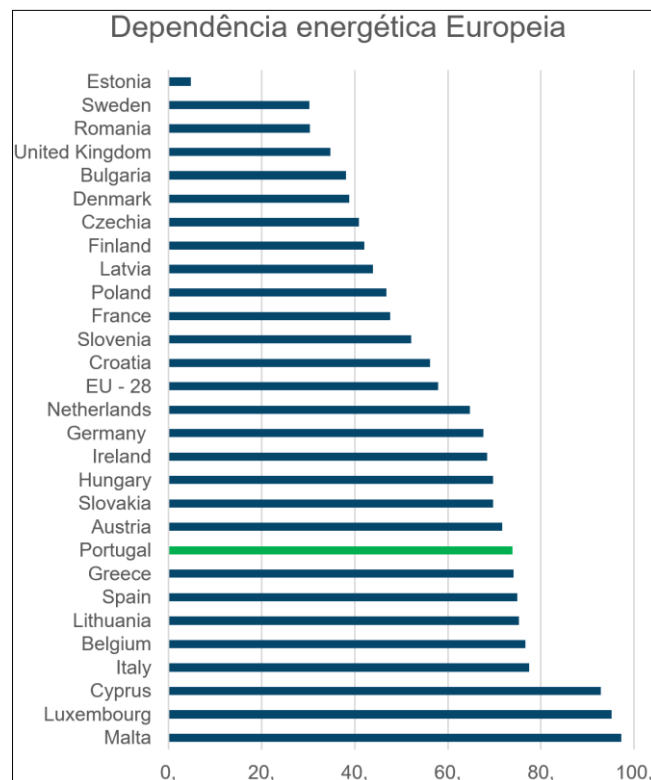


Figura 10 - Dependência energética europeia em 2019 [7]

Analisando os dados disponibilizados pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), pode-se observar que a dependência energética do país tem vindo a diminuir ao longo dos últimos 20 anos. A produção de eletricidade através de energia hídrica sempre teve um peso importante na matriz energética nacional e, mais recentemente, a energia eólica assume igualmente uma dimensão preponderante. Devido à variabilidade interanual destas duas fontes de produção, principalmente da

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

hidroelétrica, o gráfico seguinte (Figura 11) apresenta a dependência energética efetiva e normalizada destas duas fontes segundo a Diretiva 28/2009/CE de 23 de abril.

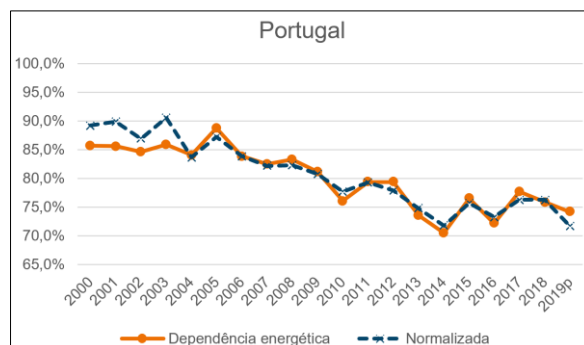


Figura 11 - Dependência energética portuguesa nos últimos 20 anos [8]

Ao longo dos últimos 20 anos, observa-se uma tendência favorável da dependência energética portuguesa normalizada, passando de um valor de cerca de 90% em 2000 para menos de 75% em 2019. Esta tendência é fruto da aposta em produção de eletricidade através de fontes renováveis endógenas e de um aumento da eficiência energética, que tem sido promovida nos últimos anos.

Energia elétrica

No setor elétrico, é importante realçar o peso que as fontes de origem renovável ganharam nos últimos 20 anos, representando, desde 2010, cerca de 50% do total de produção elétrica, evitando desta forma o consumo de energia primária de origem fóssil, e necessariamente importada, para produção de eletricidade.

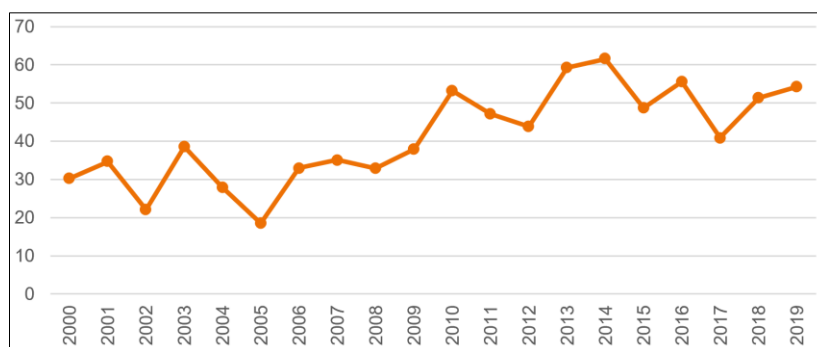


Figura 12 - Produção percentual de fontes de energia renovável em Portugal

Entre as diversas fontes de energia renovável podemos observar a influência crescente da eólica, que assumiu cerca de metade da produção renovável.

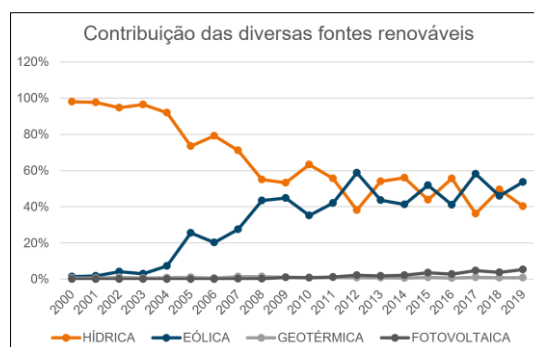


Figura 13 - Contribuição de cada uma das fontes renováveis na produção total [9]

Ao longo dos últimos anos, também se observou um reforço das interligações elétricas entre Portugal e Espanha, permitindo maiores transações energéticas entre ambos os países.

Petróleo Bruto e Produtos Petrolíferos

O consumo nacional de produtos petrolíferos tem origem direta ou indireta em importações. Entenda-se direta como a importação de produtos petrolíferos e indireta como a importação de petróleo bruto. Como veremos em capítulos posteriores, Portugal possui uma forte capacidade de refinação de petróleo e, por este motivo, importa sobretudo Petróleo Bruto, transformando-o em subprodutos. A maior fatia destes produtos serve o mercado interno, sendo outra parte para exportação.

Os valores apresentados na Figura 14 indicam que as importações de petróleo bruto têm flutuado ao longo dos últimos anos, sendo o decréscimo acentuado entre 2009 e 2014 coincidente com as crises económicas mundial e europeia. Os países de origem são diversificados, destacando-se: Angola, Arábia Saudita, Argélia, Azerbaijão, Brasil, Cazaquistão e Rússia [10].

Em 2020, a importação de petróleo bruto para refinação (88% de crudes médios), foi proveniente de 17 países, na sua maioria África Ocidental (37%) e América Latina (26%). Pode-se concluir que, apesar de Portugal ser dependente de fornecimento externo para esta fonte energética, o seu aprovisionamento é geograficamente muito diversificado, garantindo assim uma boa segurança de abastecimento.

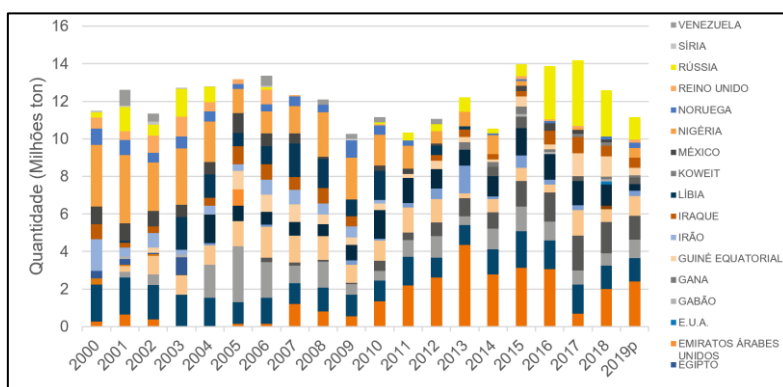


Figura 14 - Importação de petróleo bruto por países de origem (DGEG, 2020)

Os produtos petrolíferos presentes no sistema petrolífero português são adquiridos pelos principais operadores com presença no retalho, através de importação ou de revenda da empresa refinadora nacional. Segundo a DGEG (Figura 15) a importação de produtos petrolíferos tem registado uma relativa variabilidade ao longo dos últimos 20 anos. Em 2019, cerca de 38% das importações de produtos petrolíferos energéticos são provenientes de Espanha, seguindo-se a Bélgica (13%) e a Rússia (11%).

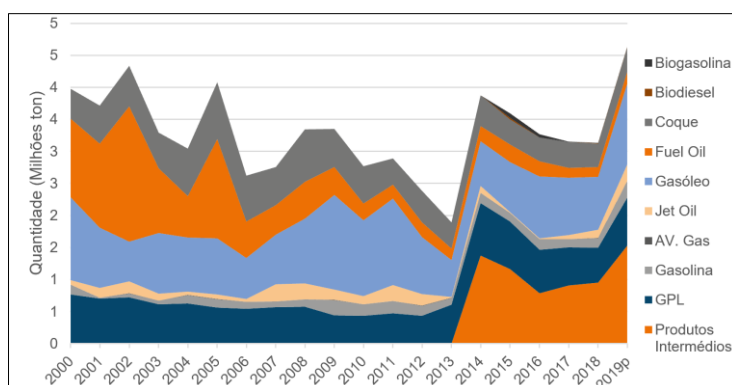


Figura 15 - Importação de produtos petrolíferos energéticos

No total, a atividade de refinação e *trading* da empresa responsável pela refinação resultou em 13,9 Mt de volume de venda em produtos petrolíferos em 2020, com 44.6% direcionados à sua unidade comercial, 20.1% a outros operadores e 35.1% exportados. Destaca-se o fuelóleo (35%), a gasolina (25%) e o gasóleo (24%) como os principais produtos exportados, maioritariamente para os Estados Unidos da América, Espanha e Gibraltar [11].

Gás Natural

O gás natural é a segunda fonte de energia primária em Portugal, de acordo com o que foi apresentado no capítulo anterior. Portugal não possui exploração e produção de hidrocarbonetos, como tal, também o Gás Natural tem um impacto relevante na dependência das importações. O consumo de Gás Natural em Portugal depende, sobretudo, das importações via gasoduto e via marítima. Os volumes importados de Gás Natural têm acompanhado a evolução do consumo aos longo dos últimos 20 anos, com uma duplicação de volumes importados face a 2000 (Figura 16).

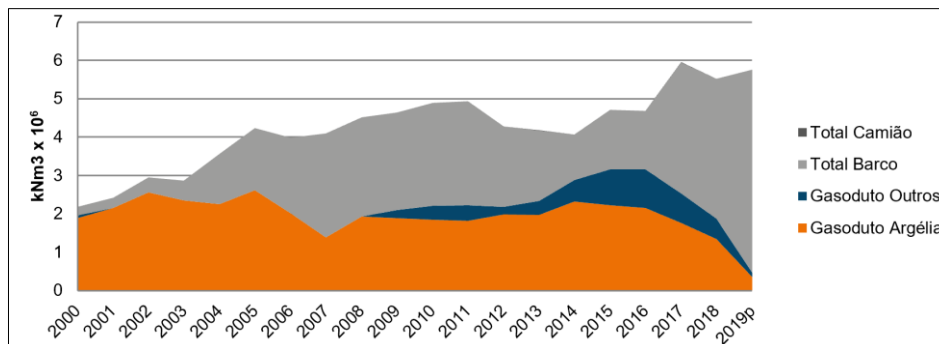


Figura 16 - Importações de Gás Natural por meio de receção [12]

Entre 2016 e 2019, verificou-se uma redução acentuada nas importações de Gás Natural via gasoduto, levando a que, em 2019, cerca de 92% das importações tivessem ocorrido através de Gás Natural Liquefeito (GNL) em navios-metaneiros rececionados no terminal de Sines. Existe uma quantidade residual de Gás Natural exportado para Espanha nas interligações de gasoduto que deduzem 2,6% ao total das importações (valor de referência 2019) [13].

Do ponto de vista das fontes de fornecimento, existe uma menor diversificação no Gás Natural comparativamente ao Petróleo Bruto, registando-se uma forte concentração em 4 países de origem. O abastecimento em grande escala iniciou-se em 1996 com o Gasoduto da Argélia que entra na Península Ibérica a partir do estreito de Gibraltar. Durante muitos anos esta foi a principal base de importação do nosso país.

Com a transição do Fuelóleo para o Gás Natural e o aumento significativo no consumo deste combustível, o país procurou outras fontes de fornecimento tendo com isso crescido a receção de navios metaneiros. Em 2019 registou-se uma representatividade atipicamente elevada desta forma de abastecimento. Na Figura 17 apresentam-se os países de origem dos navios de importação de Gás Natural liquefeito. A Nigéria é destacadamente o principal país de origem, tendo assumido durante muitos anos a exclusividade neste tipo de fornecimento. Em 2019 representou 53,5% do total das importações de Gás Natural. Em conjunto com o Catar e EUA, correspondem a 85,7%.

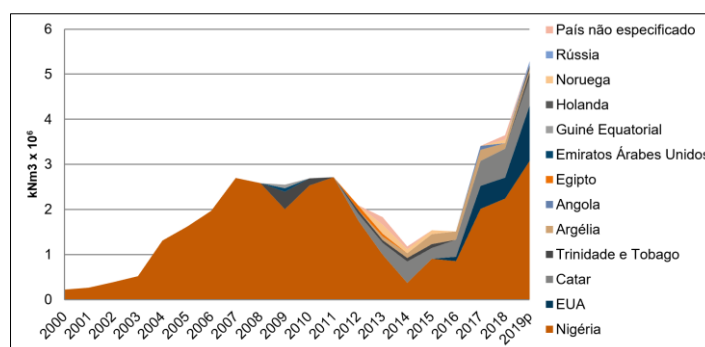


Figura 17 - Origens geográficas da importação de navios metaneiros [12]

RESILIÊNCIA DO SISTEMA ENERGÉTICO

DIVERSIDADE DAS FONTES DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Este subcapítulo aborda a diversificação da produção elétrica nacional, bem como as perspetivas de longo prazo do sistema elétrico, com o propósito de avaliar a sua resiliência bem como a capacidade de suportar os riscos emergentes a eventos extraordinários, principalmente de natureza climática.

Enquadramento do paradigma elétrico nacional

O sistema elétrico português sempre usufruiu de um relativo grau de diversidade, face aos seus pares europeus, devido à idiosincrasia do seu território, principalmente a nível hidrográfico. A existência de rios com diferentes tipologias e geografias possibilitaram a instalação de distintos mecanismos de produção de energia hidroelétrica, que permitiram, desde o início da eletrificação em Portugal, garantir uma segurança e diversificação no abastecimento de energia elétrica.

Em 2000 Portugal tinha o seguinte portfólio de potência instalada para produção de energia elétrica: 6448 MW de centrais a combustíveis fósseis (carvão, gás natural, fuelóleo, gasóleo, nafta e afins), 4303 MW de produção hídrica, entre grande hídrica (*fio-de-água e albufeira*) e pequena hídrica, 83 MW de energia eólica e 1 MW de energia solar.

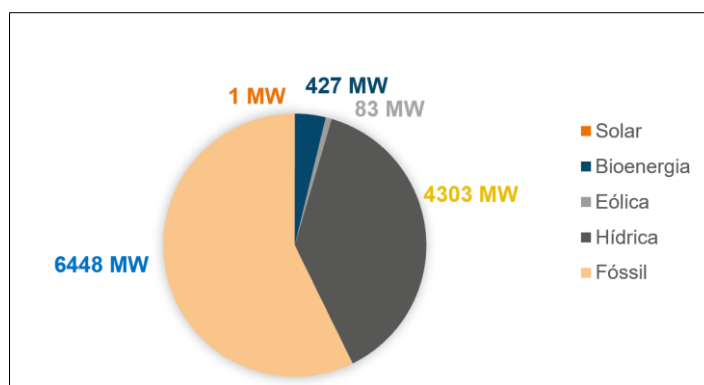


Figura 18 – Mix de potência instalada nos centros eletroprodutores em 2000 [14]

Com a implementação das políticas europeias de descarbonização do setor da energia e consequente transposição das mesmas para a legislação nacional, Portugal, uma década depois, possuía já um portfólio de potência instalada com um relativo grau de diversidade e incremento considerável de energia renovável.

De referir que não se observou apenas o crescimento de geração elétrica renovável em Portugal, mas também a implementação de centrais de ciclo combinado a gás natural, para acompanhar o crescimento do consumo de energia elétrica e salvaguardar a garantia de abastecimento, dado o progressivo descomissionamento de centrais de energia elétrica a gasóleo e fuelóleo, que se observou na primeira década de 2000.

No final de 2010, o portfólio de produção de energia elétrica em Portugal era o seguinte: centrais a combustíveis fósseis 9949 MW (dos quais cerca de 4000 MW a Gás Natural), 4896 MW de potência instalada de produção hidroelétrica e quase 4000 MW de geração eólica instalada.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

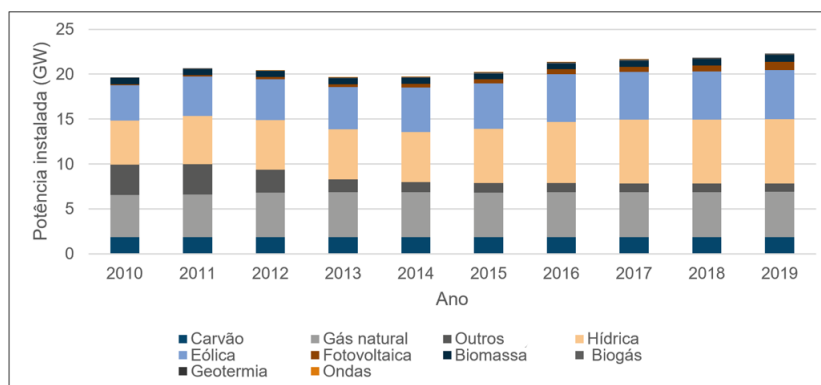


Figura 19 – Evolução da capacidade de produção elétrica por fonte [15]

A senda de investimentos em produção de energia elétrica manteve-se na segunda década dos anos 2000, embora com uma maior dispersão.

Verificou-se o descomissionamento da totalidade da produção de centrais a gasóleo e fuelóleo e um incremento da produção hidroelétrica superior a 3000 MW, resultado não só da construção de novas centrais hidroelétricas, mas também de reforços de potência em aproveitamentos já existentes.

Os aproveitamentos eólicos instalados também registaram um considerável incremento, embora inferior em cerca de 30% ao observado na primeira década, verificando-se igualmente a aceleração da implementação de geração fotovoltaica no portfólio de produção nacional.

De salientar, ainda que na primeira metade da segunda década assistiu-se a uma diminuição do consumo de energia elétrica devido ao contexto macroeconómico desfavorável que se verificou na sociedade portuguesa.

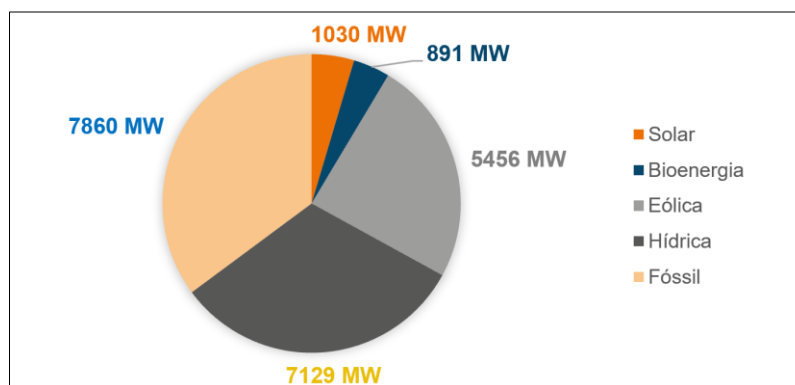


Figura 20 – Potência instalada nos centros eletroprodutores em 2020 [16]

Em março de 2020, Portugal viu a sua realidade ser alterada ao ser atingido pela pandemia de SARS-CoV-2, com a redução da atividade económica em território nacional aos serviços mínimos e ativação dos mecanismos de teletrabalho, tendo o decréscimo de atividade em abril e maio de 2020 originado uma diminuição do consumo de eletricidade face ao mês homólogo do ano anterior, o que conduziu a uma diminuição da produção de eletricidade a partir de carvão e gás natural.

Nos meses seguintes a atividade económica do país começou a normalizar-se, não tendo o regime de teletrabalho efeitos visíveis ao nível de produção de eletricidade face ao ano anterior, interferindo apenas na localização dos consumos.

Apesar de Portugal apresentar elevada capacidade e diversidade de fontes ao nível do sistema eletroprodutor, observa-se, nos meses de menor consumo de 2020, um consumo superior à produção.

Esta diferença justifica-se pela opção de importação de energia elétrica resultante dos preços competitivos dos centros eletroprodutores espanhóis e da simultânea diminuição de consumo do país vizinho durante esses meses.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

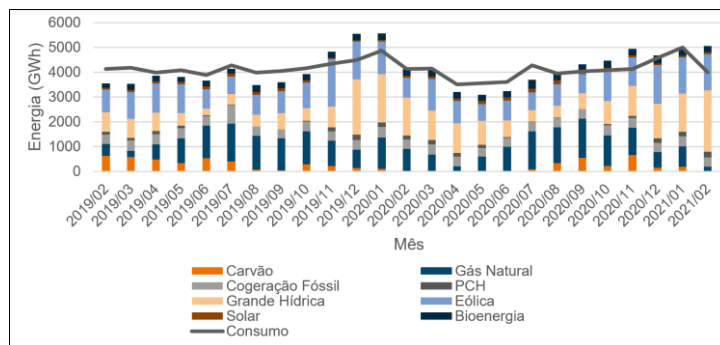


Figura 21 – Produção de eletricidade por fonte [16]

Em 2021 vão ser descomissionadas as centrais a carvão de Sines e do Pego, que totalizam uma potência instalada superior a 1700 MW, deixando a eletricidade produzida a partir do carvão de fazer parte do portfólio disponível.

Com a construção da central do Alqueva, aliada ao reforço da Rede Nacional de Transporte, a central de Sines foi perdendo a sua importância ao nível geográfico e aliada à introdução dos certificados verdes, foi deixando de ser competitiva do ponto de vista de mercado.

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Neste subcapítulo iremos aferir a resiliência do sistema energético nacional em caso de interrupção no abastecimento de petróleo, produtos petrolíferos e gás natural. Este indicador contabiliza a capacidade de armazenagem e de refinação, demonstrando a flexibilidade do sistema energético nacional para garantir o abastecimento destes produtos face ao consumo.

Entre o ano 2010 e 2020, a performance do indicador “armazenamento energético” registou uma melhoria de 14.6% (de 51% para 65.6%). Considerando os parâmetros analisados, a sua evolução positiva pode ser explicada pelo compromisso na redução de GEE, com uma forte aposta na eficiência energética, em energias renováveis e na diminuição do consumo de combustíveis fósseis.

Esta tendência é favorecida pelo facto de Portugal ter sido pioneiro ao assumir, em 2019, o compromisso para a neutralidade carbónica em 2050, através do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050) do qual resultaram o Plano Nacional para a Energia e Clima 2030 (PNEC 2030) e a Estratégia Nacional para o Hidrogénio (EN-H2).

Desde 2000 que a diminuição no consumo combustível fóssil tem vindo a verificar-se, projetando-se uma redução cada vez mais acentuada durante os próximos 30 anos, impulsionada pelas metas de descarbonização estabelecidas a nível nacional e europeu [17]. Este contexto permitirá uma maior segurança na armazenagem nacional destes produtos, cuja discussão é apresentada nos subcapítulos seguintes.

Armazenamento de Petróleo e de Produtos Petrolíferos

As instalações de receção, armazenamento e expedição de combustíveis líquidos desempenham um papel fundamental na gestão do sistema petrolífero nacional. Compete à ENSE [18] – Entidade Nacional para o Mercado dos Combustíveis a aquisição, manutenção, gestão e mobilização de 1/3 das reservas de segurança de petróleo bruto e de produtos petrolíferos, a título de reservas estratégicas, assegurando as funções de entidade central de armazenagem nacional. Compete-lhe também verificar se os operadores responsáveis pela introdução no circuito de consumo cumprem as suas obrigações em termos de manutenção das reservas obrigatórias, correspondente aos restantes 2/3 do total.

As empresas petrolíferas com maior representatividade na comercialização grossista e no retalho de produtos petrolíferos são também as detentoras das grandes instalações de armazenagem que asseguram a sua logística e são responsáveis por 95% das introduções ao consumo [19].

Segundo a ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, as instalações de receção, armazenagem e de expedição são divididas em três categorias: i) terminais de granéis líquidos onde se realizam as importações de petróleo e seus derivados e a movimentação por navio entre terminais de grandes quantidades de produtos intermédios e produtos finais; ii) instalações de armazenagem e expedição de produtos petrolíferos; iii) oleodutos que interligam instalações de armazenagem.

O nível mínimo de reservas de petróleo bruto e/ou produtos petrolíferos deve garantir, em caso de crise energética, o funcionamento da economia nacional em autonomia durante 90 dias, sem necessidade de importação ou refinação adicional, ou seja, o equivalente a 90 dias de importações líquidas diárias.

As reservas estão distribuídas por diversas localizações em território nacional (armazenadas fisicamente em instalações de armazenagem – Figura 22) e a nível internacional (em *tickets* – contratos efetuados entre a ENSE e entidades privadas no estrangeiro, para disponibilização de determinado produto petrolífero no máximo de 45 dias).

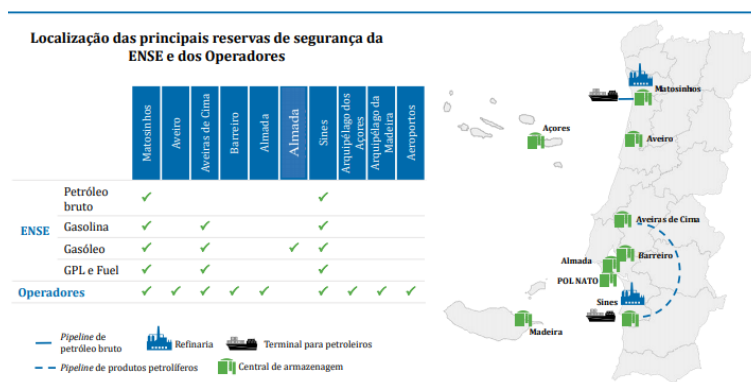


Figura 22 – Localização das principais reservas de segurança [20]

As instalações de armazenagem são operadas na sua maioria pelas empresas petrolíferas, sendo as duas refinarias os polos principais de armazenamento complementado com instalações distribuídas de Norte a Sul de Portugal Continental (nomeadamente o Parque da Boa Nova, no Norte no Parque de Aveiras de Cima no Centro e a instalação da Tanquisado (Centro-Sul)) e nas Regiões Autónomas [21], [22], [23].

Os mapas das reservas físicas nacionais estratégicas reportados pela ENSE (Figura 22) indicam que as quantidades não sofreram alterações significativas ao longo dos últimos cinco anos, apresentando variações no máximo de 0.1%. No primeiro trimestre de 2021, as reservas físicas estavam distribuídas por cinco instalações de norte a sul de Portugal Continental (em toneladas):

- **Matosinhos (19.5%)** - Gasolina (30k), Gasóleo (40k), Fuel (13,5k), Petróleo Bruto (100k).
- **Perafita** - GPL (1k)
- **Aveiras** - GPL (1,5k), Gasolina (0,5k) e Gasóleo (10k).
- **POL Nato, Trafaria (14.8%)** - Gasóleo (139,6k).
- **Sines (64.2%)** - GPL (3,5K), Gasolina (20,9k), Gasóleo (108,4k), Fuel (31,5k), Petróleo Bruto (438,1k).

Capacidade de refinação de petróleo e produtos petrolíferos

A atividade de refinação em Portugal é exercida apenas pelo grupo Galp. Como referido anteriormente até dezembro de 2020, o aparelho refinador nacional era composto por duas refinarias – as refinarias de Sines e de Matosinhos (atualmente encerrada) – representando em conjunto 20% da capacidade de refinação da península ibérica [24].

Para além das exportações, maioritariamente gasolinas, para o mercado dos Estados Unidos da América e África, o aparelho refinador nacional fornece produtos para os postos de abastecimento em Espanha e Portugal e abastece o mercado ibérico de jet.

As medidas impostas para controlar a situação pandémica mundial, provocada pelo SARS-CoV2, originaram uma quebra acentuada na procura global de produtos petrolíferos e, consequentemente, na sua produção, conduzindo a uma suspensão temporária da operação da refinaria de Sines, originada pelos elevados níveis de armazenamento.

Segundo o Relatório Integrado de Gestão de 2020 da Galp, as alterações nos padrões de consumo de produtos petrolíferos ao longo dos últimos anos, motivados pelo contexto regulatório europeu e pelos efeitos da pandemia, originaram um impacto significativo nas suas atividades industriais.

Ao longo de 2020, cerca de 87,7 Mbep de matérias-primas foram processadas (89% crude), representando uma diminuição de 9% face ao ano anterior. Também a produção de produtos petrolíferos sofreu uma alteração face aos anos anteriores, nomeadamente no decréscimo da produção de jet (Figura 23), causados pelas medidas de confinamento impostas a nível global.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

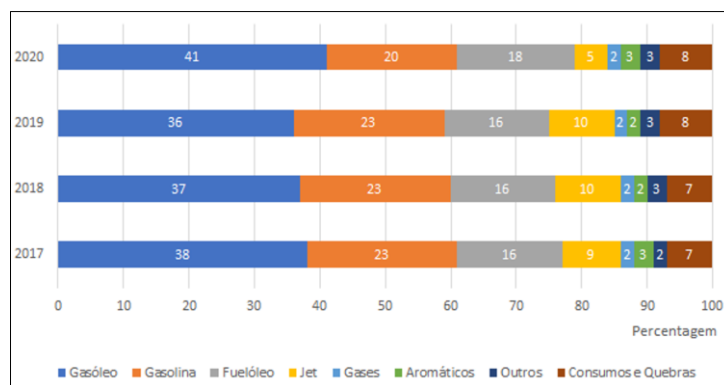


Figura 23 – Percentagem de produtos produzidos nas refinarias de Sines e Matosinhos em 2017, 2018, 2019 e 2020 [25], [26]

A Galp decidiu concentrar as suas atividades no complexo de Sines e descontinuar as operações de refinação em Matosinhos, a partir de janeiro de 2021.

As projeções indicam uma diminuição no consumo de produtos petrolíferos devido ao compromisso mundial para a neutralidade climática, o que irá não só diminuir as importações para refinação e consumo no mercado interno, mas também as exportações.

Armazenamento de gás natural

Segundo a ENSE, as reservas estratégicas para a segurança energética consideram o gás natural e o gás natural liquefeito (GNL) presentes em: i) instalações de armazenamento subterrâneo ii) instalações de armazenamento de GNL em terminais de receção, armazenagem e regaseificação de GNL e iii) navios metaneiros que se encontrem em trânsito devidamente assegurado para um terminal de GNL existente em território nacional, no máximo a nove dias de trajeto [27], [28].

A reserva mínima de segurança de gás natural não pode ser inferior a 15 dias de consumos não interrompíveis dos produtores de eletricidade em regime ordinário e a 20 dias dos restantes consumos não interruptíveis. Estas reservas são expressas em dias, considerando a média diária dos consumos supracitados, nos 12 meses anteriores ao mês de contagem. No caso de novos produtores de eletricidade em regime ordinário e para os primeiros 12 meses do respetivo funcionamento, é tomada como referência a média diária dos consumos verificados, a cumprir um mês após a entrada em funcionamento.

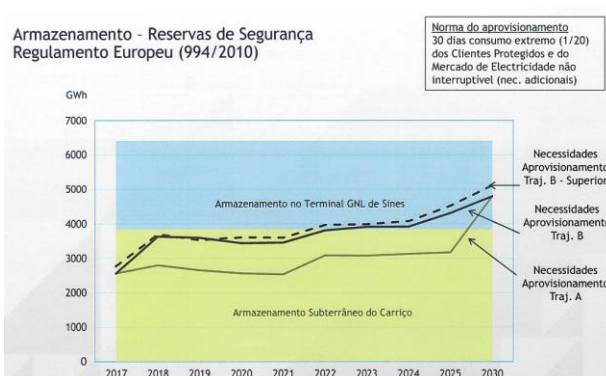


Figura 24 - Projeção da necessidade de armazenamento até 2030 [27]

Como ilustra a Figura 24, a capacidade de armazenagem do terminal de Gás Natural Liquefeito (GNL) de Sines e do armazenamento subterrâneo do Carrigo é suficiente para suprir as necessidades de aprovisionamento, segundo as diferentes projeções para 2030.

No Terminal de Gás Natural Liquefeito de Sines (TGN), o GNL é rececionado, armazenado e regaseificado antes de ser reintroduzido na rede nacional de alta pressão. O TGN permite a receção de navios metaneiros até 225.000 m³ e o armazenamento de gás natural liquefeito em três tanques com capacidade total de 390 000 m³.

O gás natural pode ser direcionado para os consumidores finais ou para armazenamento subterrâneo. Perto da Figueira da Foz, o armazenamento subterrâneo do Carriço é feito em seis cavidades presentes numa formação salina, com uma capacidade de armazenagem total de 332 Mm³, com capacidade de extração de 7.2 Mm³/dia e injeção de 2 Mm³/dia. [29]

Armazenamento no sistema elétrico

Não sendo um tema abrangido na metodologia do Trilemma Index, especificamente no armazenamento de energia, importa referir que este vetor poderá ter uma relevância elevada para países como o Portugal, onde a tendência é a crescente eletrificação, com a introdução massiva de energias renováveis que, por sua vez, irão necessitar de um incremento da capacidade de armazenamento nas diversas tecnologias para dar suporte à rede elétrica. Consequentemente, uma parte significativa da capacidade de armazenamento de energia poderá migrar para o sistema elétrico.

Em Portugal o principal mecanismo de armazenamento de energia deste setor é a bombagem hidroelétrica e, embora existam outras tecnologias, têm ainda pouca expressão e encontram-se maioritariamente concentradas nas Regiões Autónomas.

Apesar de existir pouca diversificação do armazenamento de energia no sistema elétrico, atualmente, a capacidade de bombagem hidroelétrica existente é muito significativa. Em 2020, em Portugal, identificaram-se 17 instalações de armazenamento de energia associadas à operação do sistema elétrico, entre albufeiras (com e sem bombagem) e as de baterias, com potências instaladas entre 500 kW e 778 MW.

Centrais Hidroelétricas com albufeira e bombagem

A capacidade de armazenamento de energia instalada em Portugal com o objetivo de servir a operação do sistema elétrico baseia-se quase na sua totalidade na bombagem hídrica, utilizando turbinas reversíveis que permitem acumular água nos reservatórios a montante, nos períodos em que existe uma considerável produção de energia renovável variável. Existem vários aproveitamentos hidroelétricos que utilizam esta tecnologia, com uma potência instalada atualmente superior a 2,5 GW. A aposta em investimentos hidroelétricos com bombagem, auxiliariam eficazmente a gestão do sistema elétrico, principalmente nos períodos de elevada produção fotovoltaica e eólica. Entre 2003 e 2016, a energia de bombagem triplicou, o que revela a crescente importância deste tipo de instalações para o aproveitamento dos recursos naturais (vento, sol e água), reforçada pelo facto de a energia elétrica produzida nas centrais de albufeira ter aumentado 27% no mesmo período.

Armazenamento em Baterias

Para além dos sistemas de bombagem hídrica, em termos de baterias foram identificadas 3 instalações: a EDP instalou em Évora um projeto de armazenamento baseado em baterias de ião lítio cuja potência instalada é de 500 kW; a EDA – Eletricidade dos Açores instalou na ilha Graciosa um sistema de 7,4 MW e a EEM – Empresa de Eletricidade da Madeira instalou em Porto Santo um sistema de 4 MW.

Existem ainda várias instalações de menores dimensões disseminadas pelo país e, geralmente, associadas ao regime de autoconsumo. Uma delas é uma instalação piloto (5 kW) em Évora, com um sistema de baterias de fluxo associado a um sistema solar de autoconsumo. A Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa instalou um sistema de armazenamento de 60 kW com baterias de ião de lítio, associado a uma instalação fotovoltaica de 220 kW.

Outros sistemas estão neste momento a ser desenvolvidos nas ilhas da Madeira, Terceira e São Miguel.

ESTABILIDADE DO SISTEMA ELÉTRICO E CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO

Neste capítulo aborda-se a resiliência do sistema elétrico, tendo em consideração os dois principais indicadores comumente utilizados: o SAIFI, para avaliar a frequência de interrupções de energia elétrica; e o SAIDI que avalia a sua duração. A conjugação destes dois indicadores permite avaliar, de uma forma cabal, a robustez do sistema elétrico.

O consumo de eletricidade é, atualmente, maior do que nunca, e com expectativa de inexistência de falhas ou interrupções de serviço, os atores envolvidos estão cada vez mais interessados no nível da qualidade de fornecimento de eletricidade.

A nível nacional, o Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Elétrico e Setor do Gás Natural (RQS), elaborado pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e aprovado pelo Regulamento n.º 629/2017 de 20 de dezembro de 2017, estabelece as obrigações de qualidade de serviço, de natureza técnica e comercial, aplicáveis ao Sistema Elétrico Nacional e ao Sistema de Gás Natural, que devem ser cumpridas por todos os operadores de rede.

Adicionalmente, o artigo 22.º do RQS estabelece, o “Mecanismo de incentivo à melhoria da continuidade de serviço”, aplicável ao operador da rede de distribuição em Média Tensão (MT) e Alta Tensão (AT) em Portugal Continental, com o objetivo promover a continuidade global de fornecimento de energia elétrica e incentivar a melhoria do nível de continuidade de serviço dos clientes menos bem servidos.

Segundo o RQS, um dos campos através dos quais se avalia a qualidade da distribuição de eletricidade é a continuidade de serviço e, para tal, é necessário analisar a estabilidade do sistema elétrico (número de interrupções) e a sua capacidade de recuperação (duração das falhas de fornecimento).

A estabilidade do sistema elétrico pode ser avaliada através da análise do índice de frequência média de interrupções do sistema (SAIFI, do inglês, *System Average Interruption Frequency Index*), i.e., o número médio de interrupções no fornecimento de energia elétrica, que é medido em número de interrupções por cliente ou ponto de entrega (Nº interrupções/ponto de entrega).

$$SAIFI = \frac{\text{Número total de interrupções num grupo de clientes ou pontos de entrega}}{\text{Número total de clientes ou pontos de entrega}}$$

A capacidade de recuperação do sistema elétrico pode ser avaliada pela análise do índice de duração média de interrupções do sistema (SAIDI, do inglês, *System Average Interruption Duration Index*), i.e., a duração média das interrupções no fornecimento de energia elétrica, que é medida em minutos por cliente ou ponto de entrega (minutos/ponto de entrega).

$$SAIDI = \frac{\text{Duração total das interrupções num grupo de clientes ou pontos de entrega}}{\text{Número total de clientes ou pontos de entrega}}$$

Um valor baixo destes dois índices é a garantia de um sistema elétrico estável, seguro e com uma elevada capacidade de recuperação após falha.

Esta noção de continuidade de serviço encontra paralelo no indicador “*System Stability and Recovery Capacity*” que se inclui no mais abrangente “*Resilience of Energy Systems*” que, por sua vez, representa 1/5 da dimensão “*Energy Security*” do World Energy Trilemma Index.

A secção seguinte irá analisar a estabilidade e capacidade de recuperação do sistema elétrico português, baseado nos últimos dados disponíveis para os índices SAIFI e SAIDI.

Estabilidade do Sistema Elétrico Português

Como referido anteriormente a estabilidade de um sistema elétrico pode ser avaliada pelo número de interrupções de fornecimento de energia elétrica a um determinado conjunto de clientes.

Nas figuras abaixo, é possível observar a evolução anual (2002 a 2019) do indicador SAIFI, para Baixa e Média Tensão em Portugal Continental, assim como a desagregação do mesmo em:

- **Interrupções Previstas** – Interrupções em que os clientes são informados com a antecedência mínima fixada no Regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico (RRCEE);
- **Interrupções Acidentais** - Interrupções em que os clientes não são informados antecipadamente;
- **Interrupções resultantes de Eventos Excepcionais** – Interrupções resultantes de eventos com baixa probabilidade de ocorrência, que provoquem uma significativa diminuição da qualidade de serviço, cujas consequências não possam ser evitáveis na sua totalidade (em termos económicos) pelos operadores de rede e comercializadores e que não sejam imputáveis aos mesmos.

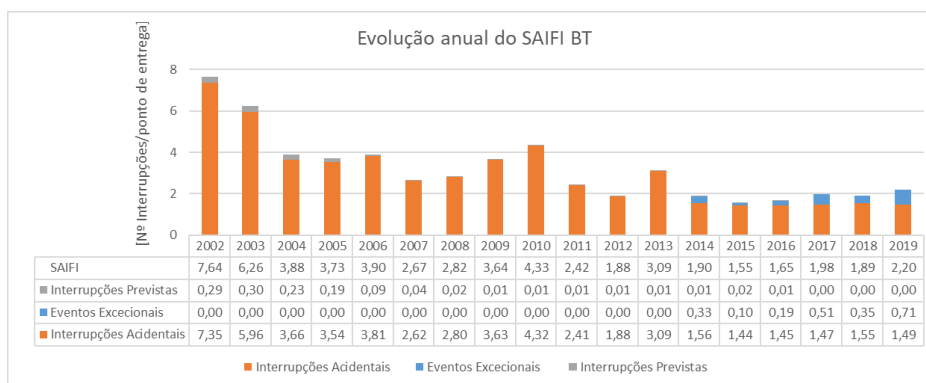


Figura 25 – Evolução anual do SAIFI BT [30]

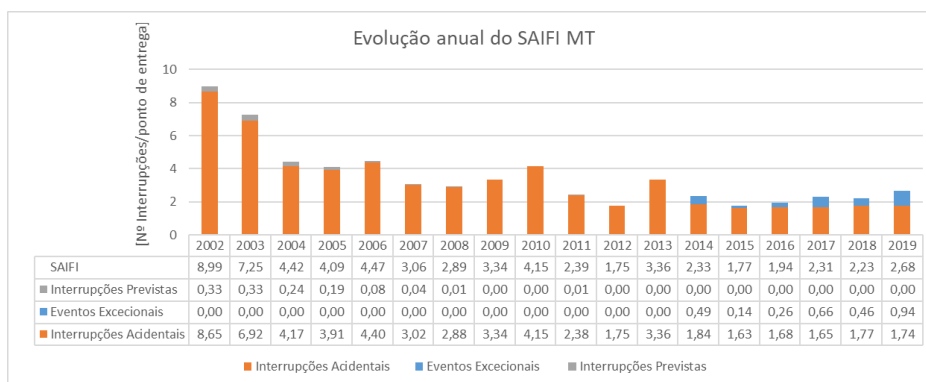


Figura 26 – Evolução anual do SAIFI MT [30]

Analisando os dados disponíveis é possível perceber que o SAIFI tem vindo a melhorar ao longo dos anos, ou seja a diminuir, pese embora algumas exceções. É ainda possível verificar que, ao nível das interrupções acidentais, os valores têm-se mantido praticamente constantes e num valor baixo desde 2014.

Da análise das figuras anteriores é ainda possível verificar que as interrupções previstas têm vindo a diminuir significativamente, chegando a próximo de 0 nos últimos anos. Isto poderá ser sinal de um correto desenvolvimento e gestão da rede, com aumento da redundância das ligações aos clientes, o que leva, a que não seja necessário proceder a interrupções do fornecimento para que se proceda a ações de manutenção ou remodelação de instalações e equipamentos.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

A partir de 2014 surgem as primeiras classificações de algumas interrupções como resultantes de eventos excepcionais, como: interrupções provocadas por aves, descargas atmosféricas diretas, incêndios, ventos de intensidade excepcional, inundações imprevisíveis, entre outros.

Relativamente ao indicador SAIFI para a Alta Tensão, analisando, na figura abaixo, os dados disponíveis entre 2014 e 2019, é possível verificar a manutenção dos mesmos em valores baixos e razoavelmente constantes.

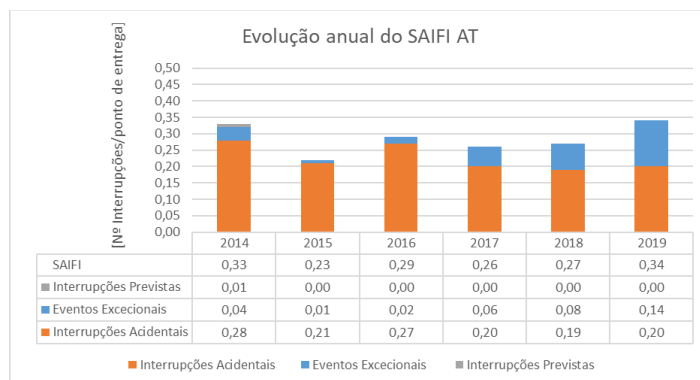


Figura 27 – Evolução anual do SAIFI AT [30]

Capacidade de Recuperação do Sistema Elétrico Português

Uma das formas possíveis para avaliar a capacidade de recuperação de um sistema elétrico a análise do indicador SAIDI. Com esse intuito, resumem-se, nas figuras abaixo, os valores do SAIDI [30], para Baixa e Média Tensão, em Portugal Continental, desagregados em interrupções previstas, interrupções acidentais e eventos excepcionais.

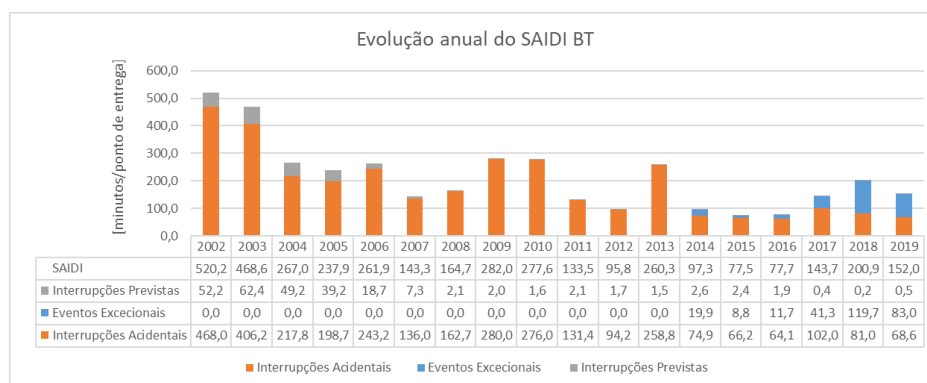


Figura 28 – Evolução anual do SAIDI BT [30]

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

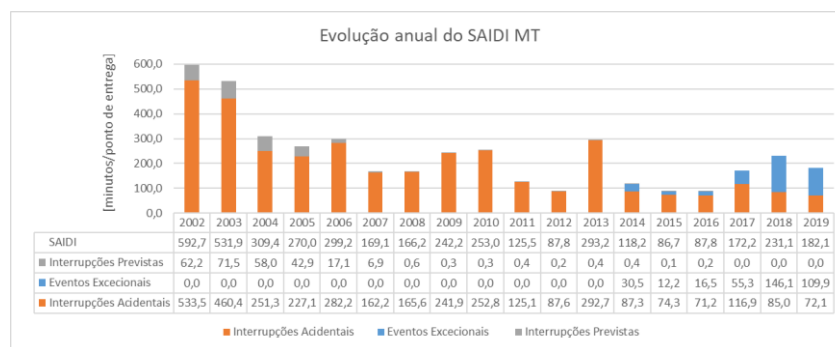


Figura 29 – Evolução anual do SAIDI MT [30]

Também neste caso é possível verificar uma diminuição dos valores do indicador ao longo dos anos, salvo algumas exceções, o que se tem traduzido na diminuição das durações das interrupções do fornecimento de energia elétrica sentidas pelos consumidores.

Da análise conjunta dos indicadores SAIFI e SAIDI resulta que, no global, os clientes em Portugal têm sido sujeitos não só de um menor número de interrupções, mas também de interrupções mais curtas.

Existem várias causas possíveis para as visíveis melhorias na continuidade de serviço do sistema elétrico português, tanto ao nível técnico como regulamentar, podendo-se destacar, como exemplos:

- Início da regulação ao nível da qualidade de serviço técnico, que obrigou ao cumprimento de padrões de qualidade por zonas (zonas A, B e C de qualidade de serviço) [31];
- Introdução do mecanismo de incentivo à qualidade de serviço, que motivou os operadores a melhorarem e manterem em níveis aceitáveis os seus padrões de qualidade;
- Introdução de melhorias ao nível do comando, controlo e automação dos sistemas, por parte do operador de rede, assim como a modernização de equipamentos nas instalações, que permitiram não só uma redução das interrupções acidentais como também uma diminuição dos tempos de interrupção (e.g. introdução de equipamentos com rearme mais rápido).

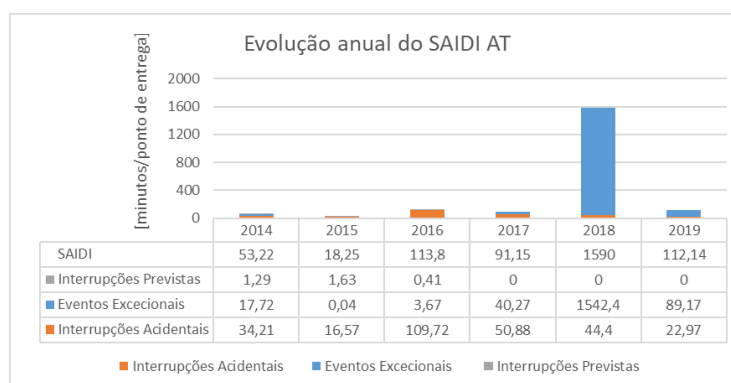


Figura 30 – Evolução anual do SAIDI AT [30]

A análise da evolução do SAIDI AT facilita a percepção da possível importância da ocorrência de eventos excepcionais. Embora se verifiquem valores de SAIDI relativamente baixos ao longo dos anos observou-se, em 2018 e 2019, uma proporção bastante elevada de eventos excepcionais, o que poderá ser justificado pelo aumento da ocorrência de fenómenos atmosféricos severos (e.g. tempestade Leslie e depressões Elsa e Fabien) que se têm verificado em Portugal nos últimos anos, sendo que em 2018 os efeitos desses eventos excepcionais levaram a um aumento significativo do SAIDI em comparação com os restantes anos.

MENSAGENS CHAVE

- De forma generalizada verificou-se uma descida do consumo de petróleo bruto e produtos petrolíferos no mix energético nacional, nos últimos 20 anos.
- Em 2019 cerca de 1/4 da energia primária teve origem em recursos endógenos, o que representa uma evolução face ao ano de 2000, onde o valor registado foi de 1/6.
- As reservas estratégicas de petróleo bruto, produtos petrolíferos devem garantir, em caso de crise energética, o funcionamento da economia nacional durante 90 dias sem importações líquidas.
- As reservas de segurança mínimas de segurança de gás natural não podem ser inferiores a 15 dias de consumos não interrompíveis dos produtores de eletricidade em regime ordinário e a 20 dias dos restantes consumos não interrompíveis.
- O sistema elétrico português destaca-se pela sua diversidade, tanto ao nível de fontes primárias para produção de eletricidade, como relativamente ao peso de cada uma no panorama geral.
- Os indicadores SAIFI e SAIDI mostram que a Qualidade de Serviço em Portugal tem melhorado ao longo dos anos. Não obstante, as alterações climáticas poderão conduzir ao aumento da ocorrência de fenómenos atmosféricos extremos, o que poderá impactar na qualidade de serviço e fornecimento de energia.

Capítulo 2

Equidade Energética

INTRODUÇÃO

O capítulo da equidade energética propõe-se avaliar e caracterizar o acesso nacional a energia segura, estável e a preços justos e acessíveis, tanto para uso doméstico como para uso comercial e serviços. Para a elaboração desta análise irão ser considerados os seguintes parâmetros: o acesso a energia, definido pela abrangência geográfica da rede pública nacional, a qualidade de acesso a energia, caracterizado pelos níveis de consumo, e a adequação do respetivo preço ao poder de compra dos consumidores.

Atualmente, já é comumente aceite que a garantia de acesso à energia é um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável, com potenciais impactos na redução da pobreza energética e crescimento económico. Para que este parâmetro seja passível de comparação entre vários países mundiais, o *World Energy Council (Council)*, definiu que o acesso à energia poderia ser globalmente avaliado através de dois fatores: acesso a energia elétrica e acesso a combustíveis limpos, isto é, sem emissão de partículas, para confeção alimentar.

Na métrica desenvolvida, são também incluídas informações relativas ao consumo de eletricidade residencial da população por ano (kWh per capita). O consumo elevado de energia elétrica indica, indiretamente, a capacidade que um país dispõe para fornecer eletricidade a vários eletrodomésticos básicos e suprir as necessidades de aquecimento e/ou refrigeração das habitações, indicando o respetivo potencial de crescimento. Neste sentido e através da métrica acima referida, cada país recebe uma pontuação, categorizada com base no consumo doméstico médio de energia elétrica *per capita*.

Finalmente, a análise dos preços da energia é incontornável na avaliação da equidade energética, pelo que, neste capítulo, é efetuada a análise da evolução temporal dos preços e o impacto que as taxas e os impostos têm no valor final de venda ao consumidor.

Assim sendo e procurando uma padronização de análise, será efetuada uma análise semelhante à realizada pelo *Council* no estudo e caracterização nacional aqui desenvolvido.

No entanto, considerando as especificidades de Portugal e a intenção de captar todas as dimensões que nos propomos estudar, foi considerada essencial a análise de fontes de informação suplementares, nomeadamente bases de dados de energia nacionais, para explanar o panorama energético nacional e as suas idiosincrasias e singularidades, com especial foco nos setores de uso final.

ACESSO À ENERGIA

Neste indicador é avaliada a capacidade de um país garantir, de forma universal, o acesso à energia a preços justos e acessíveis e em quantidade adequada às suas populações. O resultado da avaliação do acesso à energia, de forma segura e estável, constitui um indicador importante na avaliação da prosperidade de cada país, ou região. Na União Europeia, o acesso à energia tornou-se abrangente, permitindo o rápido desenvolvimento da sociedade. Atualmente, o foco nos países europeus centra-se mais na qualidade, custo e fiabilidade dos serviços energéticos, uma vez que estes países já têm disponíveis redes de energia que abrangem todo, ou quase todo, o seu território.

No âmbito da análise efetuada, o acesso à energia é avaliado tendo em consideração a energia elétrica e a utilização de combustíveis para a confeção de alimentos (sem emissão de partículas poluentes), tal como definido no “Objetivo 7 de Desenvolvimento Sustentável da ONU” [32].

No panorama português, considera-se que a análise do acesso a outros tipos de energia, nomeadamente a rede de gás natural, poderia contribuir para uma análise mais aprofundada sobre esta temática. De facto, Portugal, embora disponha de uma rede elétrica territorialmente abrangente, não dispõe de uma rede de gás natural que permita o acesso de toda a população, sendo esta realidade mais evidente em certos concelhos do interior do país.

ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA

Desde 2010, ano de lançamento do *World Energy Trilemma Index* pelo *Council*, Portugal tem vindo a obter a pontuação máxima no parâmetro de acesso à eletricidade, que se tem mantido de forma consistente, a cada revisão anual. Neste sentido, não se antevê potencial de melhoria neste parâmetro.

Com o objetivo de detalhar a realidade nacional, aferiu-se o número de consumidores de eletricidade, apresentando-se na Tabela 1 o número de consumidores de eletricidade, por tipo de consumo. Por número de consumidores deverá entender-se os pontos de ligação à rede pública de eletricidade, que incluem consumidores, que podem ser domésticos, não domésticos (incluindo a iluminação de vias públicas e os edifícios do estado), indústria, agricultura e tração.

Tabela 1 - Consumidores de energia elétrica por tipo de consumo [9]

Ano	Consumidores de energia elétrica por tipo de consumo					
	Total	Doméstico	Não doméstico	Indústria	Agricultura	Tração
2000	5 601 807	4 510 594	759 287	167 176	164 722	28
2001	5 736 946	4 615 004	785 604	169 234	167 077	27
2002	5 870 868	4 934 674	598 92	167 287	169 946	41
2003	5 950 643	5 012 982	608 676	156 601	172 343	41
2004	6 082 337	5 088 197	669 29	151 368	173 441	41
2005	6 173 542	5 178 805	680 421	140 791	173 485	40
2006	6 259 673	5 270 194	690 493	128 094	170 854	38
2007	6 318 742	5 309 001	713 372	127 648	168 678	43
2008	6 361 662	5 355 280	721 457	120 038	164 844	43
2009	6 360 520	5 396 061	703 291	103 073	158 056	39
2010	6 398 061	5 435 687	713 005	95 901	153 425	43
2011	6 422 903	5 435 233	738 036	97 924	151 689	21
2012	6 385 442	5 386 068	784 017	91 146	124 191	20
2013	6 368 632	5 377 960	811 979	68 316	110 36	17
2014	6 377 725	5 308 430	932 378	53 776	83 124	17
2015	6 402 664	5 373 731	906 138	52 734	70 044	17
2016	6 440 659	5 585 659	681 618	111 141	62 19	51
2017	6 478 784	5 606 733	703 979	106 602	61 404	66
2018	6 518 194	5 637 345	723 361	97 028	60 408	52
2019	6 575 444	5 681 692	736 660	98 791	58 250	51

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

Cumpra realçar que, sendo a “energia para as pessoas” um dos focos primordiais deste estudo, afigurou-se essencial efetuar uma análise detalhada sobre a distribuição do número de consumidores domésticos, por Concelho. Os dados referentes ao ano de 2019 apresentam-se na Figura 31.

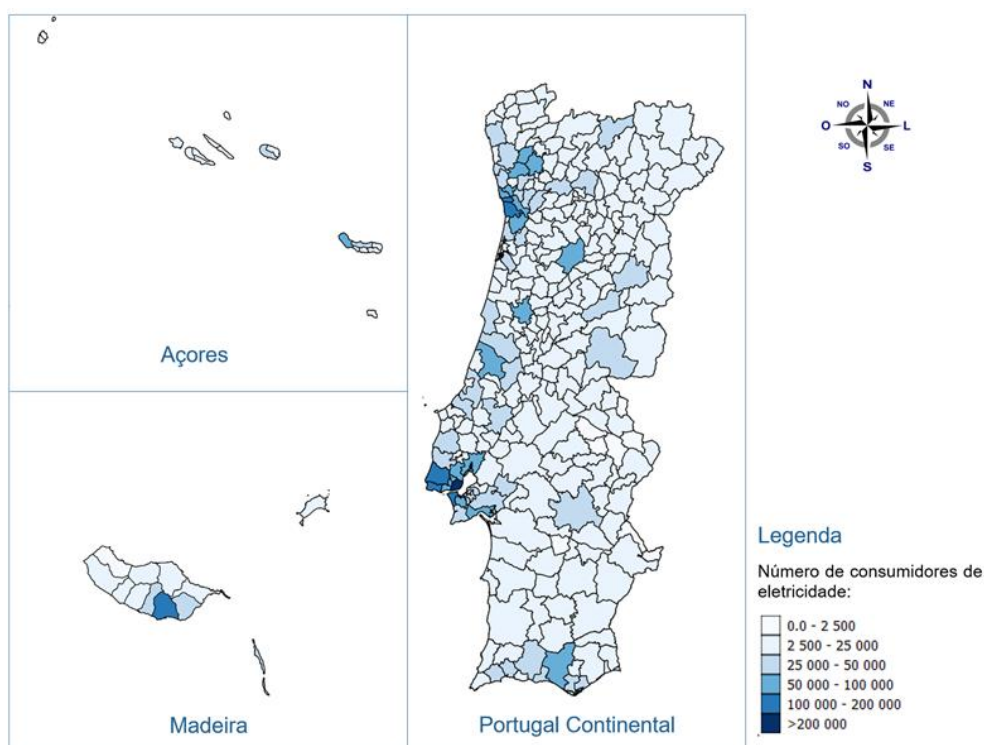


Figura 31 - Consumidores de energia elétrica, por município [9]

Pela análise da figura anterior é possível verificar que a maior concentração de consumidores de energia elétrica encontra-se nos Concelhos litorais, evidenciando a distribuição geográfica da população em Portugal.

Sucede que, de acordo com o artigo 14º do Regulamento da Qualidade do Serviço (ERSE, 2021), localidades com maior densidade de clientes obrigam a níveis de qualidade mais exigentes, o que significa que os consumidores que se encontrem na zona geográfica C poderão ter um atendimento menos prioritário em caso de interrupção do serviço. Na Tabela 2 sistematizam-se os critérios que permitem a definição de três zonas geográficas de acordo com a qualidade de serviço.

Tabela 2 – Classificação das zonas de qualidade de serviço [31]

Zona geográfica	Portugal continental	Madeira	Açores
A	- Capitais de distrito. - Lugares com mais de 25 000 clientes;	- Lugar Funchal a sul da Via Rápida 1 (via cota 200);	- Cidades de Ponta Delgada, Angra do Heroísmo e Horta - Localidades com mais de 25000 clientes
B	- Lugares com um número de clientes compreendido entre 2 500 e 25 000	- Sedes de concelho - Lugares com um número de clientes compreendido entre 2 000 e 25 000 clientes - Lugar Funchal a norte da Via Rápida 1 (via cota 200); - Zona Franca Industrial do Caniçal (ilha de qualidade de serviço);	- Lugares com número de clientes compreendido entre 2 500 e 25 000
C	- Os restantes locais não incluídos na Zona A ou Zona B		

Na Figura 32 apresenta-se uma visão nacional da continuidade do serviço de energia elétrica, nomeadamente em termos da duração e da frequência média das interrupções longas do serviço, tendo em consideração os dados de 2019, referentes à rede de baixa tensão.

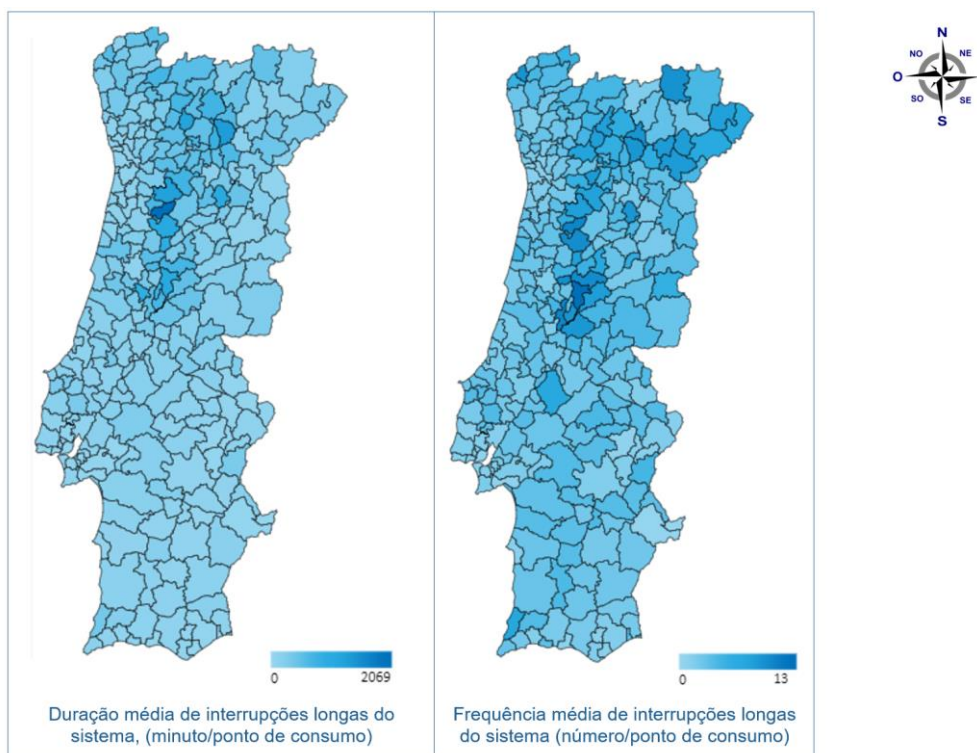


Figura 32 – Continuidade de serviço no setor elétrico, em 2019 [30]

Como se pode observar, os concelhos das regiões do Centro e Norte tiveram, em 2019, interrupções de fornecimento de energia elétrica com maior impacto, em termos de duração e frequência, do que os concelhos da região Sul.

ACESSO A COMBUSTÍVEIS LIMPOS PARA A CONFEÇÃO DE ALIMENTOS

A garantia do acesso a combustíveis limpos para confeção de alimentos, ou seja, sem a emissão de partículas poluentes, é fundamental para o desenvolvimento sustentável e redução da pobreza de um país, assim como para a melhoria da qualidade do ar e mitigação dos respetivos impactos na saúde.

De acordo com a International Energy Agency [33], a nível mundial, o número de pessoas sem possibilidade de aceder a confeção alimentar designada limpa tem diminuído gradualmente, mas a pandemia de Covid-19 ameaça reverter esse progresso. Portugal tem vindo a ser consistentemente classificado, ao longo dos anos, com pontuação máxima (100) no World Energy Trilemma Index, não se prevendo que haja uma redução deste valor, mesmo com o impacto da pandemia.

QUALIDADE DO ACESSO À ENERGIA

No âmbito da análise efetuada, à qualidade do acesso à energia é avaliada a capacidade de um país fornecer, para consumo doméstico, níveis de eletricidade que potenciem o seu desenvolvimento próspero. Este parâmetro é quantificado pelos dados do consumo anual doméstico de eletricidade *per capita* (kWh/capita), de acordo com uma classificação de 3 categorias: [0; 50; 100].

- Se for inferior a 300 kWh/capita, a pontuação será 0.
- Se o consumo de eletricidade per capita se encontrar entre 300 e 1000 kWh/capita, a pontuação será 50.
- Se for superior a 1000 kWh/capita, a pontuação será 100.

Portugal, atualmente, está classificado com pontuação máxima (100). Não obstante, em 2019, analisando em detalhe à escala municipal, verificou-se que alguns municípios apenas obtiveram uma pontuação de 50, conforme a Figura 33.

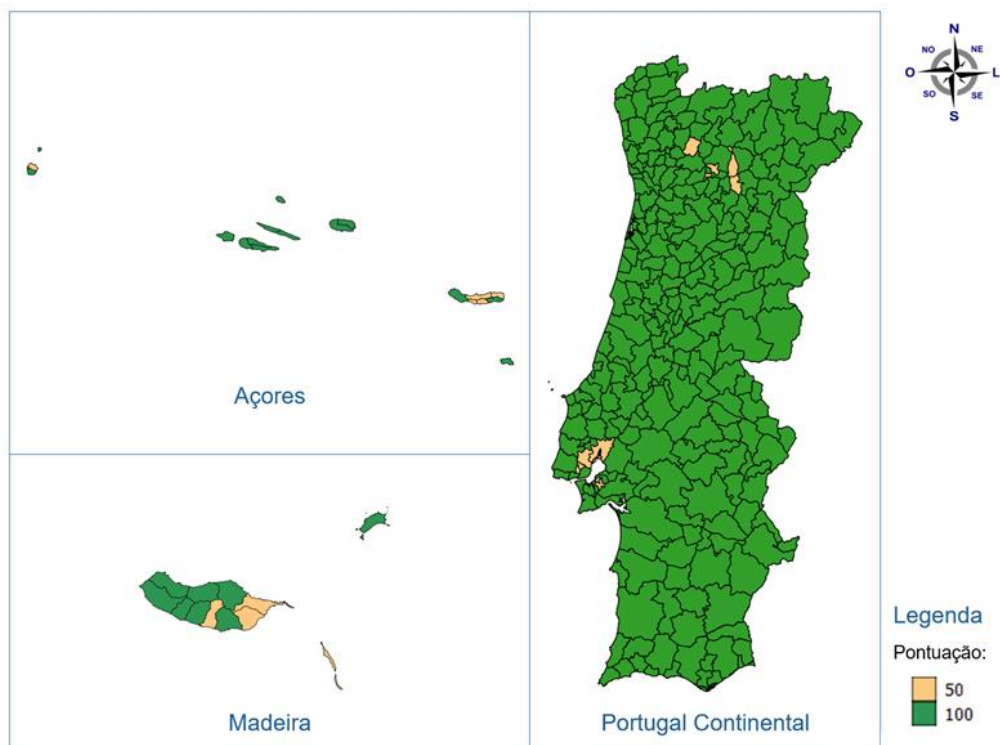


Figura 33 - Indicador do consumo doméstico de eletricidade per capita, em 2019, em Portugal por município [9]

Com efeito, destacam-se quatro *clusters* geográficos com classificação igual a 50: municípios envolventes ao concelho de Lisboa (Amadora, Loures, Moita, Odivelas, Vila Franca de Xira), municípios da zona centro da região Norte (Celorico de Basto, Tabuaço, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião e Mesão Frio), concelhos da zona Este da ilha da Madeira (Câmara de Lobos, Machico e Santa Cruz) e municípios dos grupos oriental e ocidental dos Açores (Nordeste, Vila Franca do Campo, Lagoa, Santa Cruz das Flores e Ribeira Grande).

A explicação destes *clusters* exige uma análise aprofundada entre o consumo de eletricidade e os seus possíveis fatores explicativos, como, por exemplo, o acesso a outras fontes de energia, a caracterização sociográfica da população, o tipo de equipamentos domésticos, o parque habitacional, o clima, etc.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

Embora a qualidade do acesso à energia seja avaliada unicamente através da análise do consumo de eletricidade *per capita*, para se visualizar eficazmente o panorama específico do consumo energético português, será necessário contabilizar também as restantes fontes de energia. Desta forma, na Tabela 3 apresenta-se a síntese dos consumos domésticos de energia anuais *per capita*, para os diferentes tipos de energia consumida, disponibilizados pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG).

Tabela 3 – Consumo anual doméstico de energia, em 2019, por tipo de energia consumida [9]

Tipo de energia consumida	Consumo anual doméstico, em 2019	Consumo anual, em 2019, per capita (kWh/cap)
Energia elétrica	13 029 037 955 kWh	1266,64
Gás Natural	309 687x10 ³ m ³	323,95**
Butano*	150 652 ton	186,00**
Propano*	191 460 ton	233,22**
Gasóleo colorido para aquecimento*	45 961 ton	56,75**
Solar Térmico	50 918 tep	57,57**
Lenhas e Resíduos Vegetais	760 954 tep	860,36**

* Estes valores referem-se às quantidades vendidas para consumo doméstico

** Os fatores de conversão utilizados foram: Gás Natural 10.76 kWh/m³; Butano 12.70 kWh/kg; Propano 12.53 kWh/kg, Gasóleo colorido para aquecimento 12.70 kWh/kg e 1 tep = 11.63 MWh.

Pela análise da tabela anterior é possível verificar que, de facto, a energia elétrica é a fonte preferencial no consumo doméstico português, principalmente quando comparada com os restantes tipos de energia utilizados, aos quais se recorre essencialmente para aquecimento e confeção de alimentos.

PREÇOS DA ENERGIA

No que diz respeito aos preços da energia, é feita uma avaliação dos preços das principais fontes de energia – elétrica, combustíveis para transporte rodoviário (gasolina e gasóleo) e gás natural que constituem um aspeto central para garantir a equidade da energia

PREÇOS DA ENERGIA ELÉTRICA

Para que se possa analisar os preços da eletricidade em Portugal, é efetuada uma distinção dos preços associados à natureza de utilização, dividindo para esse efeito, entre utilizadores domésticos e industriais. Dada a sua abrangência, cada um destes dois grupos é, por sua vez, dividido em bandas de acordo com os consumos anuais, conforme resumido na Tabela 4 e na Tabela 5

Tabela 4 - Bandas de consumo para utilizadores domésticos [9]

Bandas de consumo	Consumo anual de energia elétrica (kWh)	
	Mínimo	Máximo
Banda - DA	< 1 000	
Banda - DB	≥ 1 000	< 2 500
Banda - DC	≥ 2 500	< 5 000
Banda - DD	≥ 5 000	< 15 000
Banda - DE	≥ 15 000	

Tabela 5 - Bandas de consumo para utilizadores industriais [9]

Bandas de consumo	Consumo anual de energia elétrica (MWh)	
	Mínimo	Máximo
Banda - IA	< 20	
Banda - IB	≥ 20	< 500
Banda - IC	≥ 500	< 2 000
Banda - ID	≥ 2 000	< 20 000
Banda - IE	≥ 20 000	< 70 000
Banda - IF	≥ 70 000	< 150 000
Banda - IG	≥ 150 000	

Por forma a poder capturar-se o atual panorama dos preços da energia elétrica em Portugal, foram analisados os dados da DGEG, para o período entre 2010 e 2020.

Na Figura 34 apresenta-se a evolução temporal dos preços da energia elétrica para os consumidores domésticos e industriais. Cumpre ressaltar a importância da análise comparativa do efeito das taxas e impostos nacionais associados ao preço da energia elétrica, por forma a podermos fazer uma análise cabal da equidade do preço da mesma em Portugal.

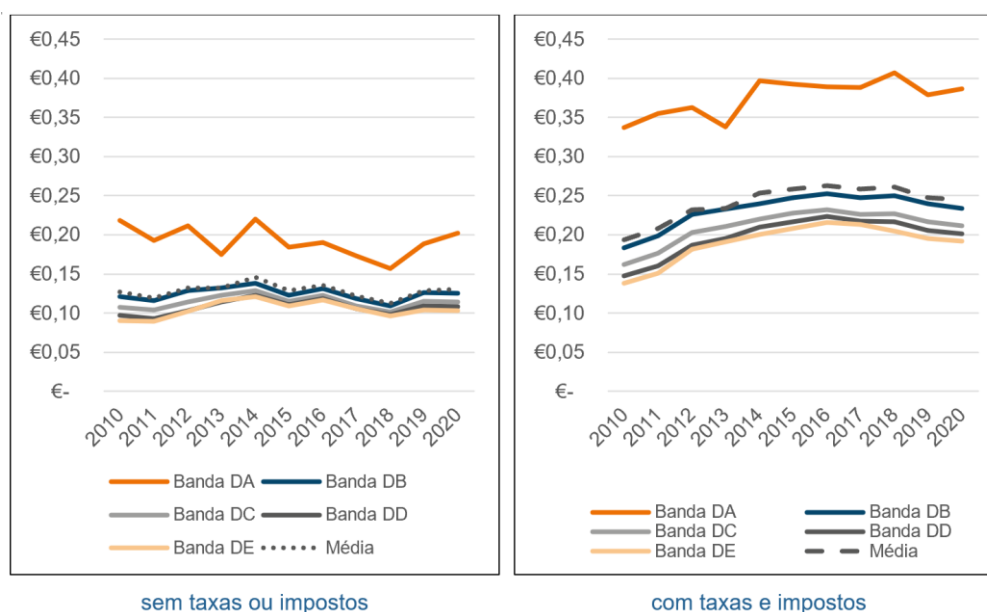


Figura 34 - Evolução do preço de energia elétrica, em Portugal 2010-2020 - Consumidores Domésticos [9]

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

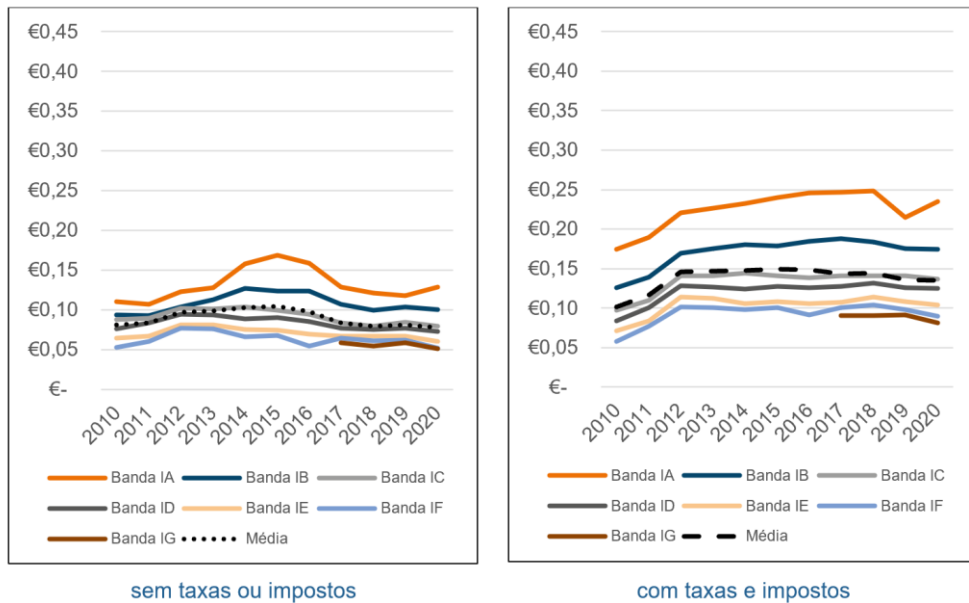


Figura 35 - Evolução do preço energia elétrica, em Portugal 2010-2020 - Consumidores Industriais [9]

Quando se analisam os dados dos preços da energia elétrica para os grupos de utilizadores domésticos e industriais verifica-se que, sem efeito das taxas e impostos, para ambos os grupos de utilização, mantiveram-se aproximadamente estáveis, apresentando inclusivamente uma redução em alguns períodos. Porém, ao estender a análise ao preço da energia elétrica com inclusão das respetivas taxas e impostos observa-se que os preços subiram consideravelmente, o que espelha as políticas tributárias implementadas ao longo da última década.

O aumento das taxas e impostos ao longo desta década permite explicar, em grande medida, a perda de pontuação na classificação de Portugal. Na Figura 36 detalha-se a evolução temporal dos preços médios da energia elétrica para consumo doméstico, fazendo a média aritmética de todas as bandas, enquanto na Figura 37 se representam os preços médios referentes ao consumo industrial. Embora este valor médio não tenha a representatividade associada a uma banda em particular, permite avaliar a tendência global de crescimento positivo ou negativo ao longo do período de análise.

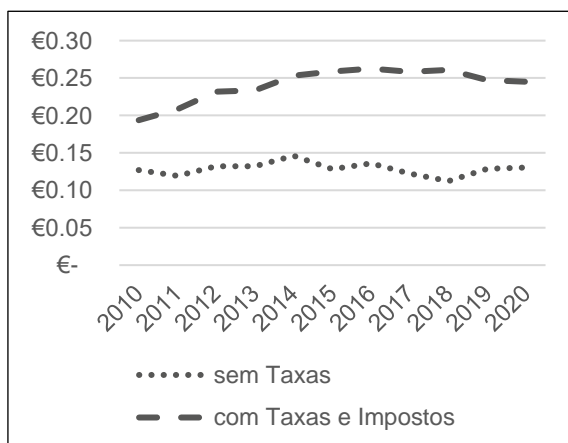


Figura 36 – Evolução do preço médio da energia elétrica, das bandas do consumo doméstico em Portugal [9]

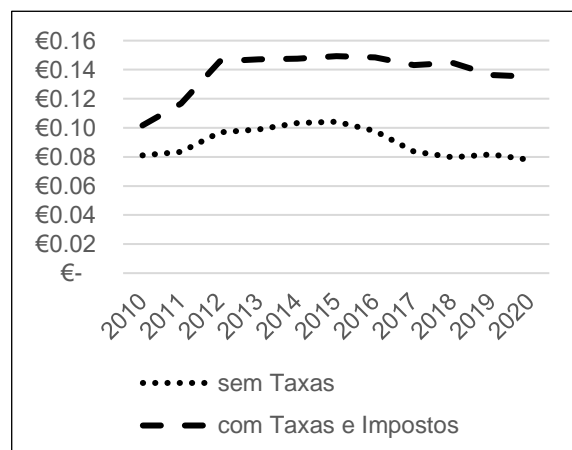


Figura 37 – Evolução dos preços médios da energia elétrica, das bandas do consumo industrial em Portugal [9]

Fazendo a decomposição dos preços da energia elétrica para consumo doméstico para o ano de 2020, obtém-se a Figura 38. As taxas e impostos representam cerca de 47% do valor total.

Na Figura 39 efetuou-se uma análise semelhante para o preço das bandas do consumo industrial, em 2020. Neste caso, as taxas e impostos representam cerca de 42% em 2020, no valor global dos preços

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

de energia elétrica no setor industrial, verificando-se, contudo, um decréscimo do seu peso para os grandes consumidores.

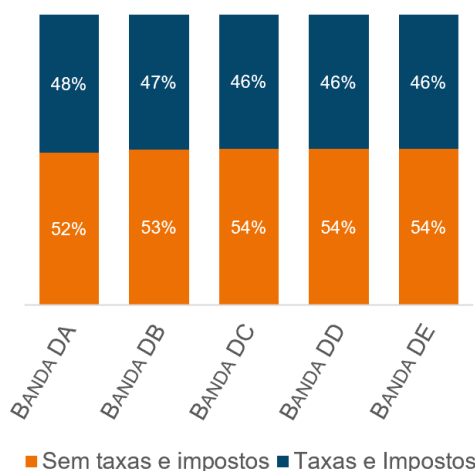


Figura 38 – Decomposição de preços da energia elétrica para consumo doméstico em Portugal, em 2020, para as bandas DA, DB, DC, DD e DE [9]

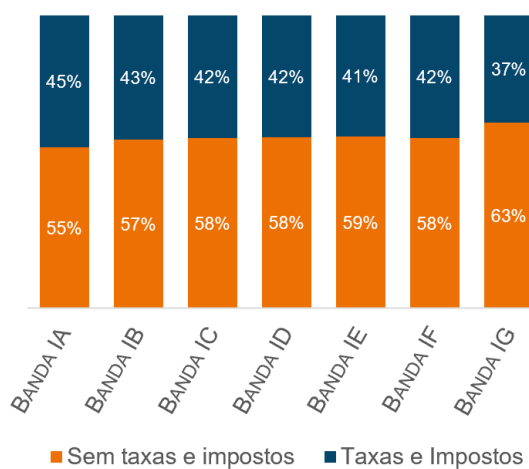


Figura 39 – Decomposição de preços da energia elétrica para consumo industrial em Portugal, em 2020, para as bandas IA, IB, IC, ID, IE, IF e IG [9]

Para avaliar a equidade do preço da energia elétrica será necessário estender esta análise, levando em consideração a evolução do PIB *per capita* e comparando-a com a evolução dos preços da energia elétrica.

Durante o período entre 2010 e 2020, o PIB *per capita* português apresentou um aumento em torno dos 16% [34], [35]. Na Figura 40 apresenta-se a evolução temporal dos valores de PIB *per capita* de Portugal.

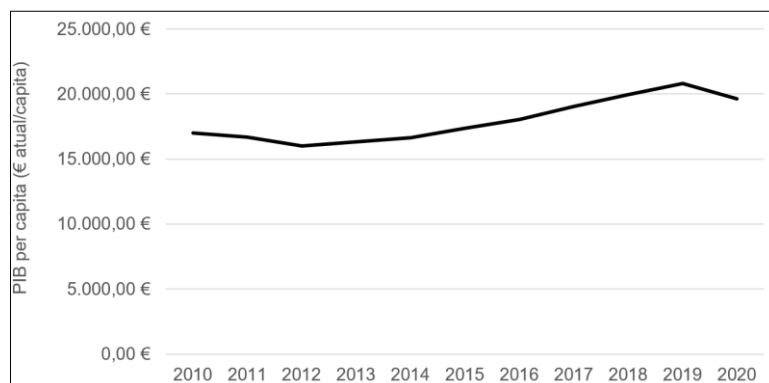


Figura 40 – PIB per capita de Portugal [9]

Como os preços da energia elétrica têm vindo igualmente a aumentar importa averiguar se o ritmo de crescimento é, em média, superior ao crescimento do PIB *per capita*. Na Figura 41 apresenta-se a variação percentual do preço da energia elétrica em Portugal, em função da variação do PIB *per capita*, tomado como ponto de referência os valores de 2010.

De forma análoga, quando se analisa o panorama dos preços da energia para utilizadores industriais, verifica-se que a variação dos preços da eletricidade no período entre 2010 e 2020 é significativamente mais elevada, quando comparada com o aumento dos utilizadores domésticos – ver Figura 42.

Como em termos médios a variação percentual dos preços da energia elétrica, entre 2010 e 2020, foi superior à variação do PIB *per capita* é possível concluir que os consumidores sofreram uma perda de capacidade aquisitiva no que diz respeito à energia elétrica.

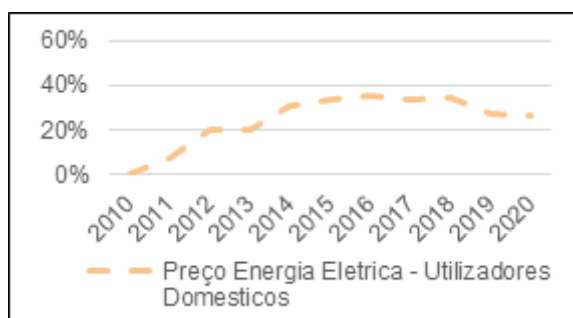


Figura 41 – Evolução do preço da energia elétrica (com taxas e impostos) em Portugal – Consumidores industriais, por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]

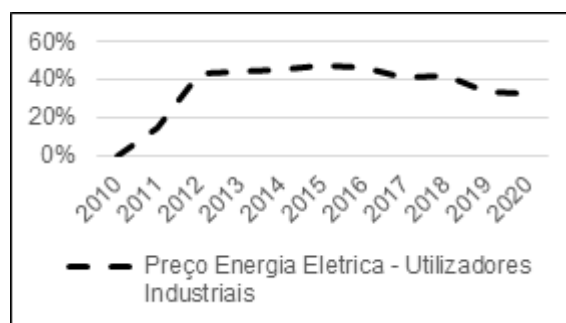


Figura 42 – Evolução do preço do preço da energia elétrica (com taxas e impostos) em Portugal - Consumidores industriais, por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]

PREÇOS DA GASOLINA E DO GASÓLEO

Os preços da gasolina e do gasóleo rodoviários são indicadores usualmente utilizados para caracterizar a equidade energética de um país. Em Portugal, nos dados disponibilizados pelas entidades oficiais, o preço dos combustíveis é apresentado e definido em €/litro. O preço médio dos vários tipos de gasolina e gasóleo rodoviário vendidos em Portugal com impostos poderá ser consultado na Tabela 6.

Tabela 6 – Preços médios dos combustíveis [9]

Ano	Gasolina sem chumbo I.O.95 €/litro	Gasolina sem chumbo I.O.98 €/litro	Gasóleo Rodoviário €/litro
2010	1,37	1,44	1,15
2011	1,55	1,61	1,37
2012	1,64	1,72	1,45
2013	1,58	1,66	1,39
2014	1,52	1,61	1,30
2015	1,43	1,55	1,20
2016	1,41	1,53	1,18
2017	1,50	1,54	1,28
2018	1,58	1,62	1,39
2019	1,54	1,58	1,41
2020	1,44	1,52	1,30

Na Figura 43 é apresentada a evolução do preço dos combustíveis rodoviários mais comuns gasolina e gasóleo, por PIB *per capita*, tendo como ano de referência 2010. Pode-se verificar, na comparação de 2020 com 2010, uma diminuição do preço destes combustíveis por PIB per capita.

O procedimento anterior foi aplicado ao preço da gasolina e do gasóleo, neste caso, sem taxas e impostos, tendo sido aferido que o ano de 2020 sofreu uma diminuição face ao ano de 2010, apesar das flutuações significativas de outros anos, tal como pode ser observado na Figura 44.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

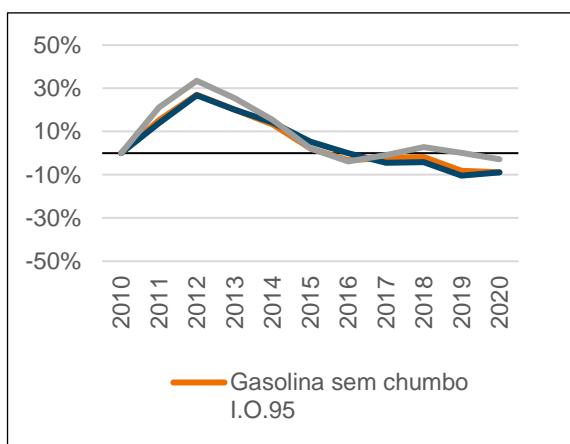


Figura 43 – Evolução do preço dos combustíveis rodoviários por PIB per capita, 2010 [9], [35]

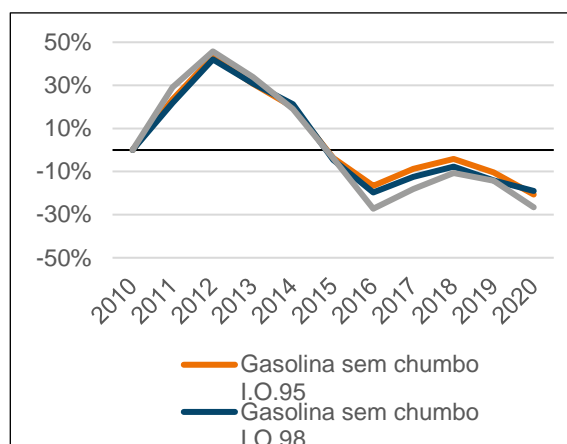


Figura 44 – Evolução do preço dos combustíveis rodoviários (sem taxas e impostos) por PIB per capita, 2010 [9], [35]

Na Figura 45 é apresentado o valor percentual médio de taxas e impostos no Preço Médio de Venda ao Público (PMVP) dos combustíveis rodoviários. Como se pode observar, estes valores têm-se mantido relativamente estáveis durante a última década, apesar dos picos observados em 2016 e em 2020.

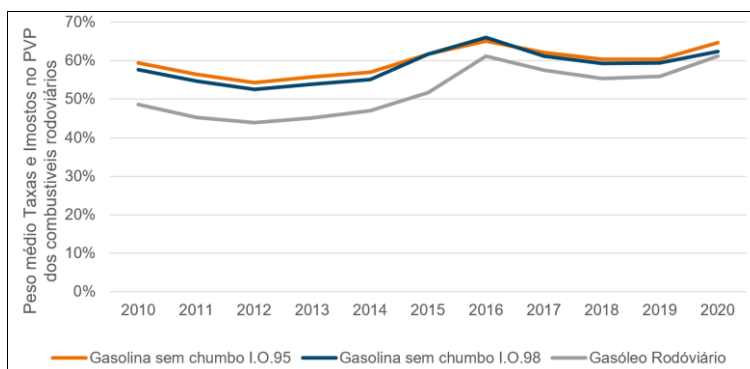


Figura 45 – Percentual de Taxas e Impostos no PMVP dos combustíveis rodoviários [9]

Na Figura 46 apresenta-se a decomposição de preços médios de venda ao público (PMVP) em 2020, verificando-se que as taxas e impostos representam mais de 60% do valor global dos combustíveis rodoviários.

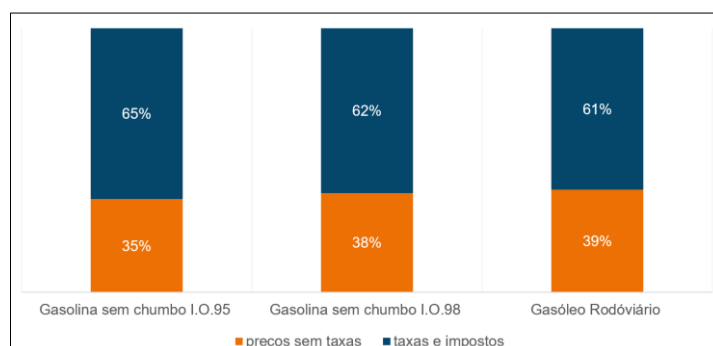


Figura 46 - Decomposição do PMVP da gasolina e do gasóleo, em Portugal, em 2020 [9]

O preço dos combustíveis rodoviários em Portugal é influenciado por diversos fatores, sendo que os cerca de 40% referentes ao preço sem taxas, correspondem aos custos associados à produção e comercialização do produto vendido ao público:

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

- Cotação do produto gasóleo/gasolina, que é transacionado em USD e como tal influenciado pela variação do câmbio;
- Sobrecusto associado à incorporação obrigatória de biocombustíveis - 11% em teor energético para 2021;
- Custos associados à armazenagem, distribuição e comercialização por parte das empresas operadoras.

Sobre o preço sem taxas é aplicado o ISP – Imposto sobre Produtos Petrolíferos, que inclui a contribuição de serviço rodoviário e a taxa de carbono. Por sua vez, o IVA é aplicado sobre o preço com ISP, totalizando cerca de 60% do valor global em impostos.

PREÇO DO GÁS NATURAL

O preço do Gás Natural no setor doméstico em Portugal é dividido em bandas de acordo com a intensidade de consumo, similarmente ao que acontece no setor da eletricidade e conforme sumarizado na Tabela 7 e na Tabela 8.

Tabela 7 - Bandas de Consumo Utilizadores Domésticos [9]

Bandas de Consumo	Consumo Anual de Gás Natural (MWh)	
	Mínimo	Máximo
D1	< 6	
D2	≥ 6	< 56
D3	≥ 56	

Tabela 8 - Bandas de Consumo Consumidores Industriais [9]

Bandas de Consumo	Consumo Anual de Gás Natural (GWh)	
	Mínimo	Máximo
I1	< 0.3	
I2	≥ 0.3	< 2.8
I3	≥ 2.8	< 28
I4	≥ 28	< 280
I5	≥ 280	< 111
I6	≥ 1111	

Na Figura 47 apresenta-se a variação do preço do Gás Natural para as três bandas, referente ao setor doméstico. Constata-se que a variação do preço para as três bandas é praticamente paralela ao longo do período em análise, pelo que a utilização dos valores médios é aceitável para ilustrar a evolução temporal. Já no que diz respeito ao preço do gás natural para o setor industrial, este dispõe de 6 bandas como descrito na Figura 48 (I1 a I6), sendo que o mesmo racional foi aplicado:

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

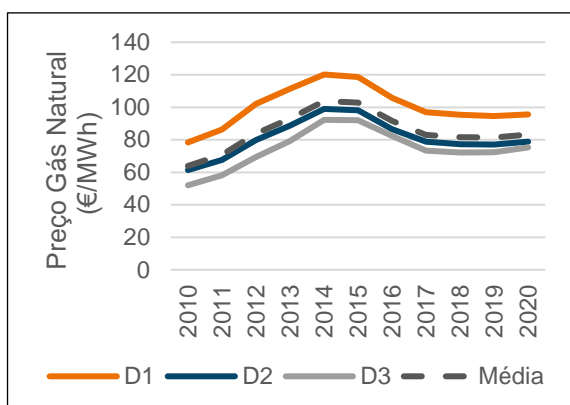


Figura 47 – Evolução temporal do preço de Gás Natural setor doméstico, com taxas e impostos [9]

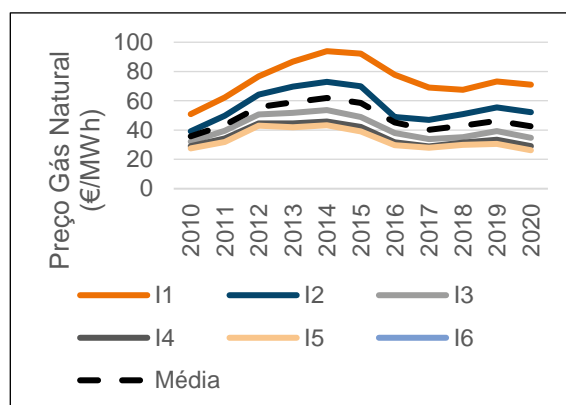


Figura 48 – Preço de Gás Natural setor Industrial, com taxas e impostos [9]

Na Figura 49 é apresentada a evolução do preço do Gás Natural por PIB per capita para os setores doméstico e industrial, tendo como ano de referência 2010. De 2010 a 2014 verifica-se um aumento do preço, tendo-se, a partir de 2015, verificado a tendência inversa, registando-se, a partir de 2016, um valor inferior ao de 2010.

O procedimento anterior foi igualmente aplicado ao preço do gás natural, sem taxas e impostos incluídos, tendo sido verificado que no ano de 2020 o preço do gás natural para os consumidores industriais teve um aumento de 40% face ao ano de 2010, por PIB *per capita*, tal como poderá ser observado na Figura 50.

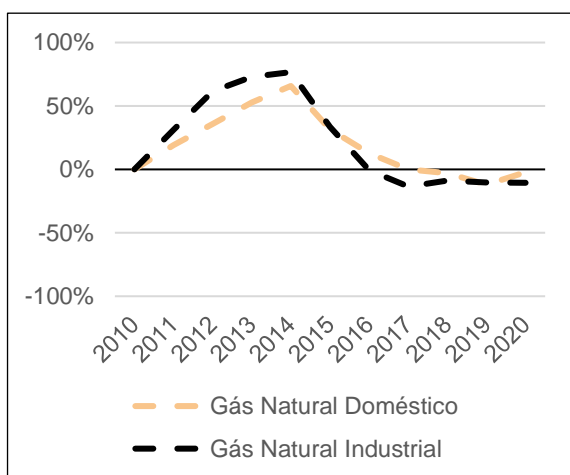


Figura 49 - Evolução do preço do Gás Natural por PIB per Capita, ano de referência 2010 [9], [35]

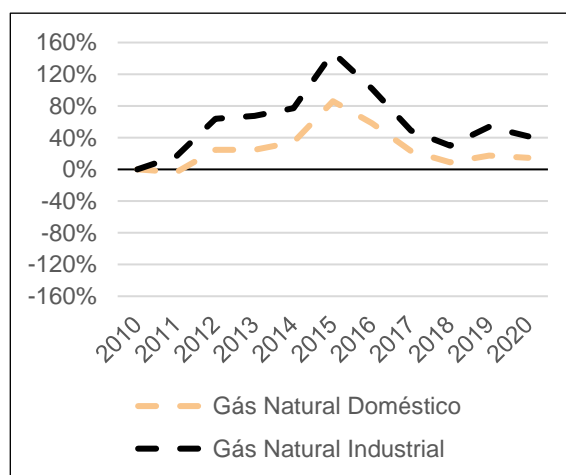


Figura 50 – Evolução do preço Gás Natural (sem taxas e impostos) por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]

Na Figura 51 é apresentado o impacto percentual médio de taxas e impostos no PVP do gás natural, o que vem explicar o aumento significativo dos preços durante a última década.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

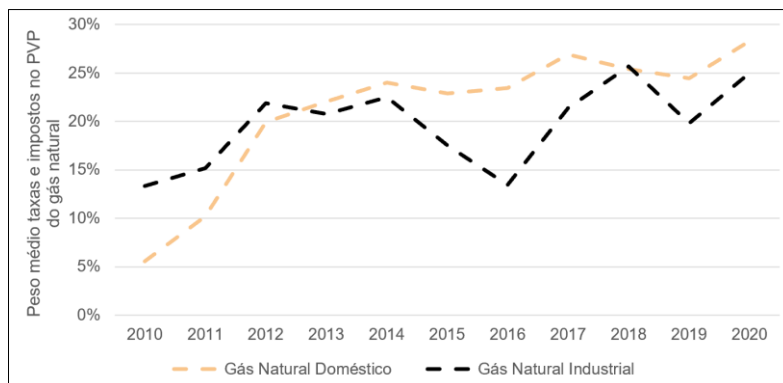


Figura 51 - Percentual de taxas e impostos no PVP médio do gás natural [9]

Pela análise da figura anterior é possível verificar que as taxas e impostos do gás natural aumentaram significativamente desde 2010 até 2020. Este aumento foi mais acentuado no setor doméstico do que no setor industrial.

Na Figura 52 representa-se o impacto que as taxas e impostos têm no valor de venda ao público, para o ano de 2020. Deste modo, verifica-se que as taxas e impostos no setor doméstico corresponderam a cerca a 28% do valor total, enquanto no setor industrial o impacto das taxas e impostos representou cerca de 25%.

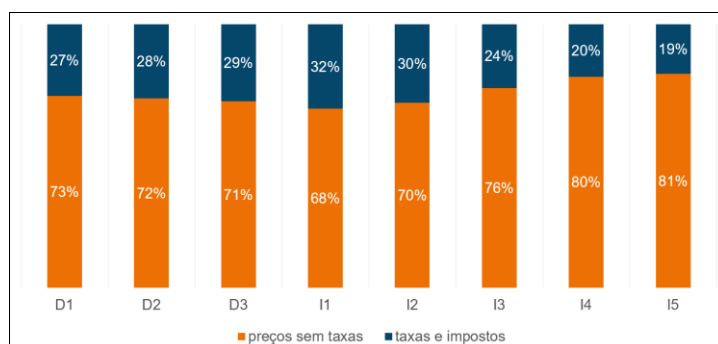


Figura 52 - Decomposição dos preços do gás natural para consumo doméstico (D1, D2 e D3) e para o consumo industrial (I1, I2, I3, I4 e I5), em Portugal, em 2020 [9]

ACESSIBILIDADE DA ENERGIA

Um dos aspetos cruciais para avaliar a equidade da energia está relacionado com a acessibilidade da eletricidade para os consumidores domésticos. O *Council* utiliza um indicador adimensional que pretende avaliar o grau de acessibilidade da energia elétrica dos utilizadores domésticos. Este indicador é calculado como o rácio entre o somatório do produto do consumo pelo preço da energia elétrica para os utilizadores domésticos e a população residente, que é posteriormente dividido pelo valor do PIB per capita. Assim, quanto maior for o valor deste indicador, menor será a acessibilidade da energia à população em geral. Na Figura 53 apresenta-se a evolução temporal deste indicador para Portugal no período entre 2010 e 2020.

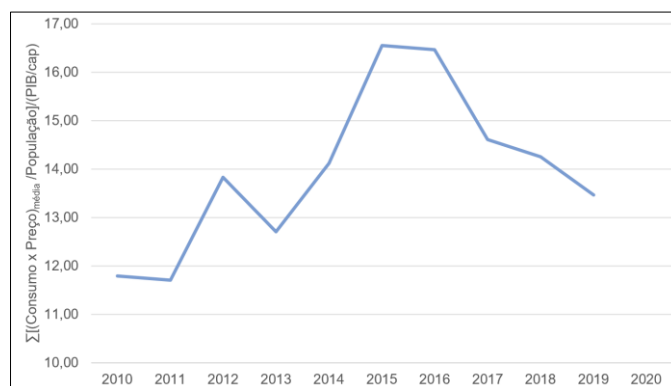


Figura 53 - Acessibilidade Eletricidade a Residentes em Portugal [9], [35]

No caso português verificou-se uma degradação da acessibilidade à energia elétrica, que poderá ser justificada pela evolução desfavorável do produto entre consumo e preço da energia elétrica. Esta mesma evolução é capturada igualmente no *Trilema Index*. De referir que a introdução da Tarifa Social que vem atenuar significativamente este efeito não é tida em conta na análise do *Council*.

MENSAGENS CHAVE

- Portugal está bem classificado no contexto do acesso à energia elétrica e do acesso a combustíveis limpos para a confeção de alimentos, uma vez que 100% da população tem acesso a estas duas componentes.
- Uma avaliação mais correta do parâmetro acesso à energia em Portugal exige a consideração de todos os consumos de energia no setor residencial, designadamente: gás natural, butano, propano, gasóleo colorido para aquecimento, solar-térmico, lenhas e resíduos vegetais.
- As taxas e impostos têm um impacto muito significativo no preço da energia em Portugal, tendo representado, em 2020, cerca de 47% do valor total do preço da energia elétrica para consumo doméstico, mais de 60% do valor total do preço de venda ao público dos combustíveis rodoviários, e aproximadamente 28% do preço do gás natural.
- Em 2020, no setor industrial, as taxas e impostos representaram cerca de 42% do valor total do preço da energia elétrica e 25% no gás natural.
- Para efetivar potenciais políticas e medidas que fomentem uma transição justa e equitativa, com melhoria do acesso a serviços de energia adequados à escala nacional, é necessário promover análises regionais que caracterizem diferentes realidades.

Capítulo 3

Sustentabilidade Ambiental

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental dos sistemas de energia mede a capacidade de um país de mitigar e evitar degradação ambiental e impactos das mudanças climáticas. Este indicador centra-se na produtividade e eficiência de produção, transmissão e distribuição de energia, descarbonização e qualidade do ar.

A demografia, localização geográfica, maturidade económica e o historial das opções de política pública nos setores ambiental e da energia condicionam fortemente o desempenho nacional neste indicador, sendo relevante a contextualização de alguns resultados, bem como a sua comparação com *top performers* na União Europeia.

Neste contexto, Portugal apresenta uma idiossincrasia particular na penetração de fontes renováveis de energia no setor da produção de energia, fruto das políticas públicas favoráveis no início do milénio. Não obstante, regista ainda uma elevada dependência de combustíveis fósseis importados (superior a 75%) enquanto fontes de energia primária, impactando, naturalmente, nos indicadores de sustentabilidade ambiental.

Numa perspetiva ampla de gestão dos recursos naturais, e centrando a sua análise na produção de energia elétrica prevista para esta década, fortemente alavancada pela penetração das energias eólica e solar, este relatório pretende analisar o impacto das tecnologias nos ecossistemas.

INTENSIDADE ENERGÉTICA

A intensidade energética é um indicador de sustentabilidade relevante, na medida em que permite relacionar a dependência de fontes energéticas com o desenvolvimento económico de um país, sendo calculada pelo rácio entre o consumo total de energia primária e o produto interno bruto (PIB).

Os países mais dependentes dos hidrocarbonetos no seu consumo primário de energia têm, tipicamente, piores classificações neste indicador, resultando num nível mais elevado de emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e uma economia mais dependente dos preços flutuantes do petróleo, carvão e gás natural. As economias menos dependentes de hidrocarbonetos têm, por norma, consumos energéticos mais assentes em produção de energia renovável, nomeadamente hídrica, eólica e solar e, conseqüentemente, um menor nível de emissões de GEE.

De acordo com os dados disponibilizados pela International Energy Agency (IEA), Portugal é um país que, quando comparado com os homólogos na EU-27, posiciona-se em torno do 8º - 9º lugar, ao longo da última década, no ranking deste indicador.

Como se pode verificar na figura seguinte, Portugal, antes de 2000, posicionava-se em 2º lugar do referido ranking, o que é significativamente positivo para o país. O decréscimo do posicionamento ao longo dos anos é consequência do aumento do consumo de energia primária numa maior proporção que o crescimento do PIB.

Sem uma análise detalhada dos restantes países da EU-27, torna-se relevante analisar a evolução da intensidade energética em Portugal, neste período temporal.

Uma análise mais detalhada na evolução deste indicador demonstra que, apesar do posicionamento de Portugal ter variando ao longo dos anos, a intensidade energética foi aumentando até 2005 para 3,97 kJ/USD, decrescendo, desde então, para 3,3 kJ/USD. 2005 foi um ano particular, devido ao elevado incentivo à penetração de renováveis em Portugal, com um significativo aumento de parques eólicos e solares, o que deverá justificar, em parte, esse decréscimo.

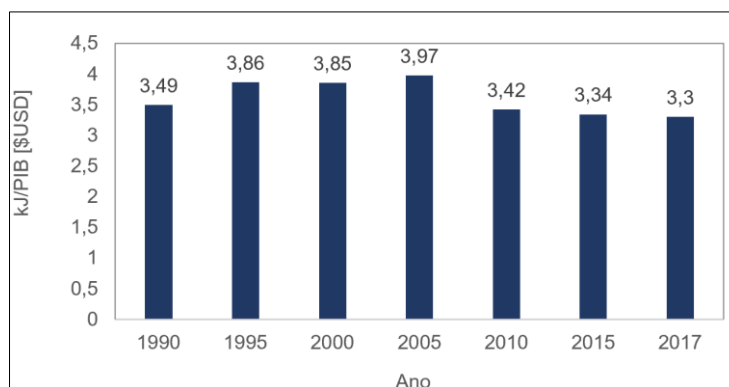


Figura 54 – Evolução da intensidade energética em Portugal [36]

Analisando a evolução do PIB *per capita* em Portugal na Figura 55, verifica-se que este tem vindo a aumentar cerca de 20% a cada 5 anos, tendo, no entanto, aumentado apenas cerca de 8% entre 2010 e 2015, recuperando com um crescimento de 11% até 2017. O baixo crescimento económico entre 2010 e 2015 é justificado pela crise económica em Portugal nesse período.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

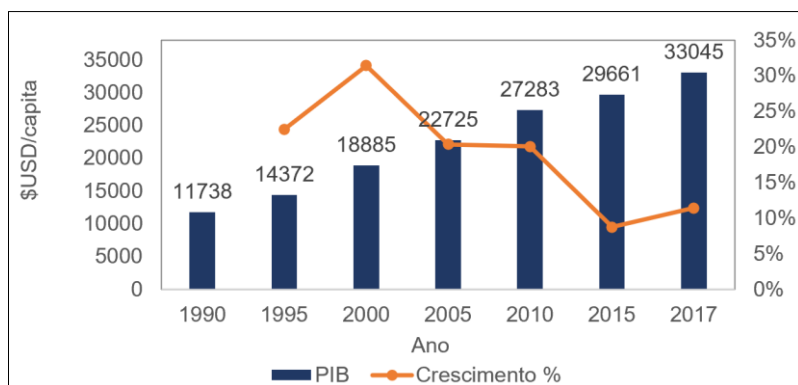


Figura 55 – Evolução do PIB per capita em Portugal [36]

Portugal melhorou significativamente o índice de intensidade energética de 2005 para 2010, período em que o PIB aumentou 20%, estando em linha com os anos anteriores. A partir de 2010, contudo, o país sofreu uma recessão económica e, conseqüentemente, o PIB teve um crescimento menos acentuado. Apesar disso, o índice de intensidade energética continuou a melhorar ligeiramente devido à diminuição do consumo primário de energia. Esta diminuição é explicada, em parte, pelo contínuo aumento de produção de energia através de fontes renováveis no país, assim como pela implementação de políticas promotoras de eficiência energética.

Top performers

Os 5 países com melhor performance neste indicador, no último ano com dados (2017), são Malta, Irlanda, Dinamarca, Luxemburgo e Itália. A Figura 56 demonstra a progressão destes países ao longo desses anos, assim como a evolução homóloga em Portugal.

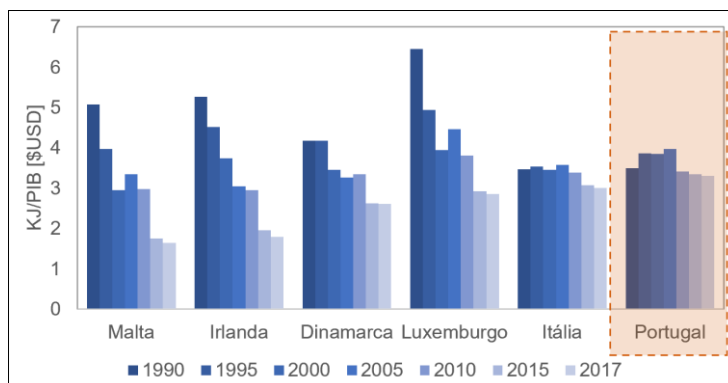


Figura 56 – Análise comparativa dos top performers da eu [36]

Verifica-se que Malta tem estado, de forma consistente, na liderança dos restantes países no indicador de intensidade energética. Irlanda, Dinamarca e Luxemburgo, por sua vez, encontram-se em segundo, terceiro e quarto lugares, respetivamente, demonstrando uma significativa evolução face a 1990.

Itália tem demonstrado uma evolução mais atenuada, à semelhança de Portugal, evidenciando consistência na sua performance.

Já Portugal piorou a sua performance neste indicador até 2005, tendo melhorado até 2017, sendo que a taxa de redução da intensidade energética é notoriamente inferior à dos restantes 5 países, o que justifica o pior posicionamento de Portugal, quando comparado com os países homólogos.

EFICIÊNCIA TÉRMICA DA PRODUÇÃO ELÉTRICA

O sistema elétrico de geração convencional foi suportado por grupos de geração a carvão associados a centrais de ciclo combinado a gás natural, assegurando, quer a base de produção do sistema elétrico nacional, quer a capacidade necessária para suprir a variabilidade das fontes renováveis de energia.

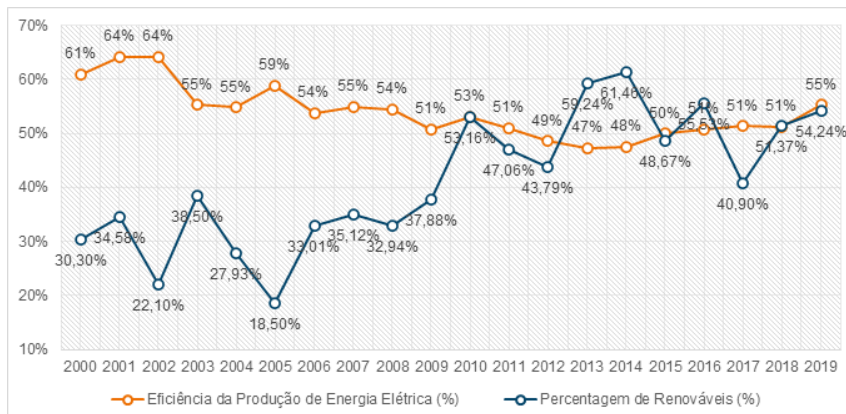


Figura 57 – Eficiência Térmica da Produção Elétrica vs. Share de Renováveis no Sistema Eletroprodutor [9]

Note-se que o valor da penetração de fontes renováveis tem vindo a aumentar ao longo das duas últimas décadas, impulsionado pela política energética favorável ao crescimento da produção endógena, tendo vindo a reduzir a eficiência térmica pelo incremento da necessidade de flexibilidade horária do sistema.

Top performers

O desempenho português neste indicador tem sido sistematicamente acima da média europeia, naturalmente pela idiosincrasia do sistema eletroprodutor térmico, com uma base de gás natural de elevada amplitude, conjugada com centrais a carvão. Não obstante, países como a Suécia, Lituânia, Letónia, Lituânia e Finlândia apresentam-se como top performers face à sua diversidade de fontes de produção térmica, nomeadamente com centrais de biomassa [37].

PERDAS NA TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O indicador de perdas na transmissão e distribuição de energia elétrica tem vindo a apresentar uma elevada consistência ao longo dos anos, rondando os 8% de toda a energia veiculada no sistema elétrico nacional, com maior expressão na distribuição do que na transmissão - de maior extensão e capilaridade – com um posicionamento mediano no conjunto dos vários países da União Europeia. A estabilidade deste indicador tem vindo a manter-se ao longo dos anos, apesar do aumento da penetração de fontes renováveis cuja variabilidade poderia induzir maiores perdas no sistema.

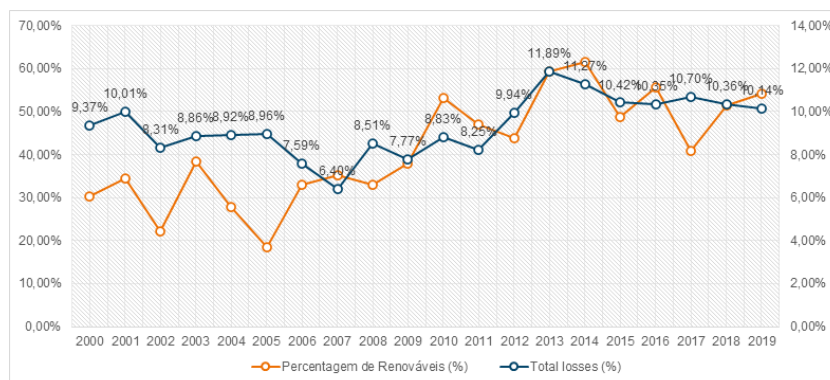


Figura 58 – Perdas na Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica vs. Share de Renováveis [9]

Top performers

Em países de dimensão reduzida, ou com redes de distribuição de complexidade reduzida, o nível de perdas é bastante inferior ao dos restantes, caso dos países que lideram o ranking europeu: Lituânia, Áustria, Letónia, Sérvia e Dinamarca.

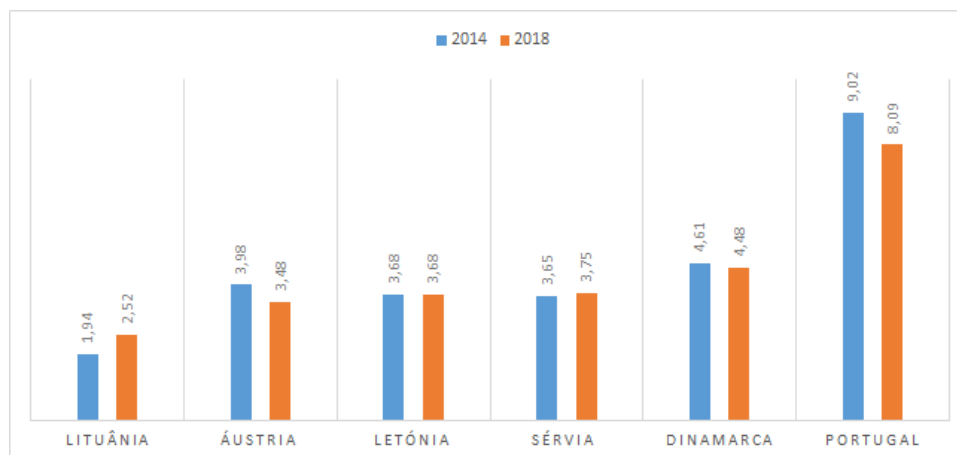


Figura 59 – Perdas na Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica (Comparação Top performers EU 2014-2018) [38]

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DE ORIGEM RENOVÁVEL OU DE BAIXO TEOR EM CARBONO

A produção de energia elétrica através de fontes renováveis de energia em Portugal tem vindo a aumentar ao longo dos últimos vinte anos, devido ao aumento consistente de capacidade instalada em energia eólica, centrais hidroelétricas e, mais recentemente, centrais solares fotovoltaicas.

Nesta secção realiza-se uma análise à contribuição das fontes renováveis de energia no “mix” português, considerando o território de Portugal continental e arquipélagos dos Açores e Madeira no período de 2000 a 2020.

O papel fundamental da energia hídrica e eólica

Os dados obtidos para esta análise foram recolhidos nos boletins de estatística rápidas da DGEG e têm como principal referência os critérios definidos na diretiva 2009/28/CE. Esta diretiva promove a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, estabelece objetivos a atingir em 2020 e critérios de normalização dos valores de produção de energia eólica e hídrica de acordo com as respetivas capacidades instaladas e fatores de carga registados em anos anteriores. Os dados referentes à geração hídrica entre os anos de 2000 e 2005 são corrigidos de acordo com o índice de produtividade hídrica definida de acordo com a diretiva 2001/77/CE.

Produção de energia elétrica por fontes renováveis e não renováveis

Durante os últimos 20 anos a energia elétrica consumida em Portugal tem aumentado de uma forma sistemática a uma taxa média anual de 1,3%, tendo evoluído de 43.535GWh em 2000 para 55.004 GWh em 2020. Do total de energia consumida a parcela relativa a energia de fontes renováveis aumentou de 27,5% em 2005 para 55,4% em 2020 (Figura 60). Este facto decorre da instalação de parques eólicos entre 2004 e 2011 que foi preponderante para o acréscimo de produção de 865 GWh em 2004 para 12.814 GWh em 2020 como demonstra a Figura 60.

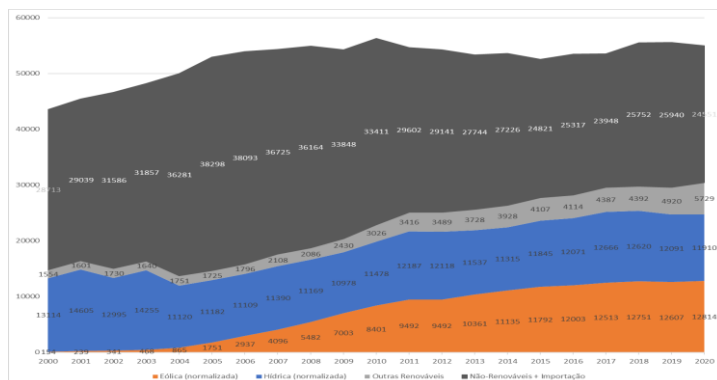


Figura 60 - Consumo global de energia por fontes renováveis e não renováveis [39]

A Figura 61 ilustra o contributo da produção de energia renovável no “energy mix” português considerando a produção real e produção normalizada, de acordo com as diretivas 2001/77CE até 2004 e 2009/28/CE a partir de 2005.

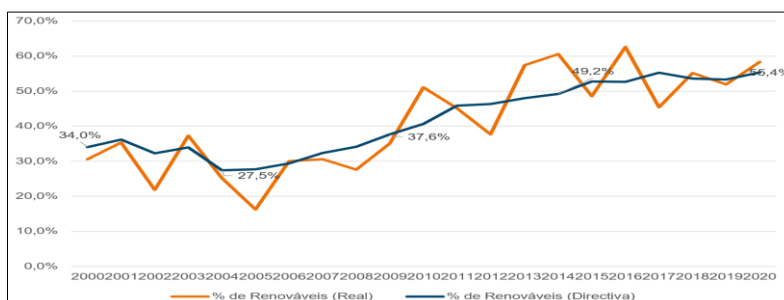


Figura 61 - Penetração de energia produzida através de fontes renováveis [40]

O papel fundamental da energia hídrica e eólica

Como resultado da grande penetração de energia eólica durante o período entre 2004 e 2011, em 2000 a energia hídrica que representava 88% do total da produção renovável em Portugal e passou, em 2020, a representar apenas 39%, tendo sido inclusive ultrapassada pela produção eólica.

Outras fontes de produção de energia elétrica de origem renovável, como solar, geotermia, biomassa e resíduos totalizavam 11% da produção renovável em 2000 e 19% em 2020. De acordo com a diretiva 2009/28/CE, a partir do ano de 2005 é feita a distinção entre a fração renovável e não renovável da energia produzida através de resíduos sólidos urbanos. Desta forma, até 2005 a totalidade de energia produzida a partir de RSU é contabilizada como renovável e corresponde a cerca de 3% to total de energia produzida entre os anos de 2000 e 2005. A partir de 2005, dado que só a fração renovável de RSU é contabilizada a sua contribuição é reduzida para cerca de 2% até 2020 como é visível Figura 62.

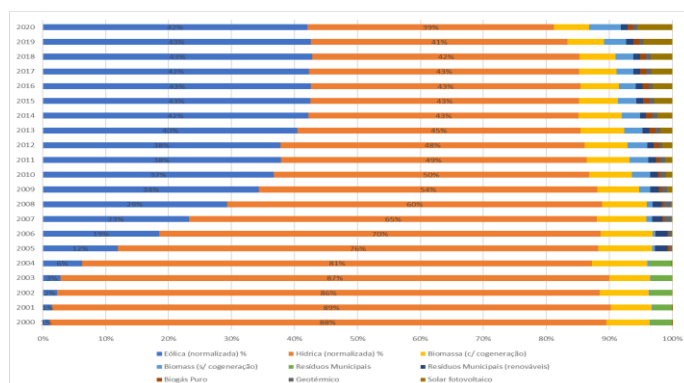


Figura 62 - Distribuição da geração de energia por fonte de origem renováveis [39], [41], [42]

Observando o comportamento da produção de energia renovável real em comparação com os dados de pluviosidade anual na Figura 63, constata-se que há uma forte correlação entre os anos de baixa precipitação e o decréscimo da contribuição da energia renovável dado o peso relevante que a geração hídrica tem no sistema elétrico nacional.

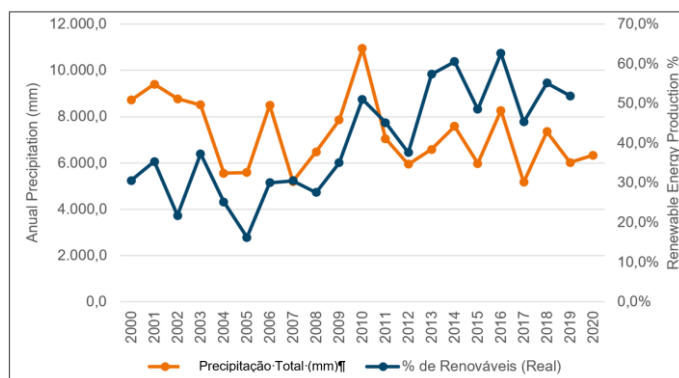


Figura 63 - Contribuição Energia Fontes Renováveis vs. Precipitação Total Anual [39], [41], [42]

Outras energias renováveis

Fazendo uma análise mais aprofundada à geração de energia renovável não-solar e não-hídrica da Figura 64, constata-se que nos últimos 20 anos a produção de energia em centrais de biomassa com cogeração, encontradas nas principais indústrias papelarias foi equalizado pela produção de energia em centrais de biomassa convencionais.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

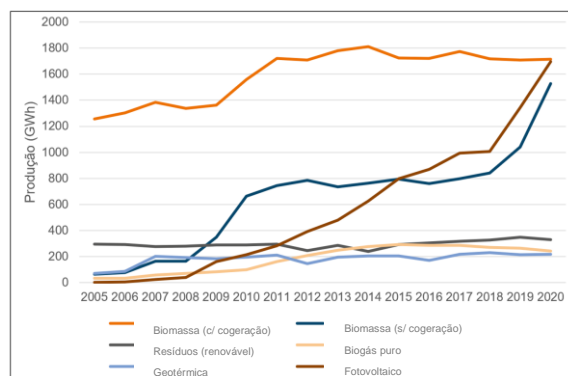


Figura 64 - Produção de energia elétrica renovável excluindo energia hídrica e eólica [40]

A estratégia do país de promover investimentos em centrais solares, impulsionado pelos baixos custos da tecnologia fotovoltaica fez com que desde 2018 até 2020 a produção de energia elétrica de origem solar passasse de 841 GWh para 1529 GWh, um acréscimo de 82%. Considerando os resultados do último leilão solar (Despacho SEAE n5921/2020, de 29 de maio) é expectável que nos próximos dois anos a energia produzida de origem fotovoltaica se venha a tornar a 3ª fonte renovável com maior contribuição para o sistema elétrico nacional.

Desde 2005 que o contributo das energias renováveis no consumo de energia elétrica tem vindo a subir cerca de 2% ao ano. De acordo com o relatório Balanço Energético 2019, DGEG, publicado a 2 de novembro de 2020, o contributo global da energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto de energia, em 2019 foi de 30,7%, estando muito próximo do objetivo de 31% definido por Portugal para o ano de 2020.

“Top performers” europeus

Entre os anos de 2004 e 2019 Portugal foi dos países europeus em que o consumo de energia elétrica de origem renovável mais cresceu. Como demonstra a Figura 65, a forte aposta de Portugal em energias renováveis desde 2004, fez com que se tornasse em 2019 o quinto país com maior penetração de eletricidade de origem renovável (53,3%) sendo ultrapassado por países que, à exceção da Dinamarca já possuíam historicamente uma grande componente de origem hídrica no seu sistema elétrico. Na Dinamarca pelas características endógenas do país 69% da energia renovável produzida é proveniente de energia eólica, tendo-se tornado inclusive líderes mundiais no desenvolvimento desta tecnologia.

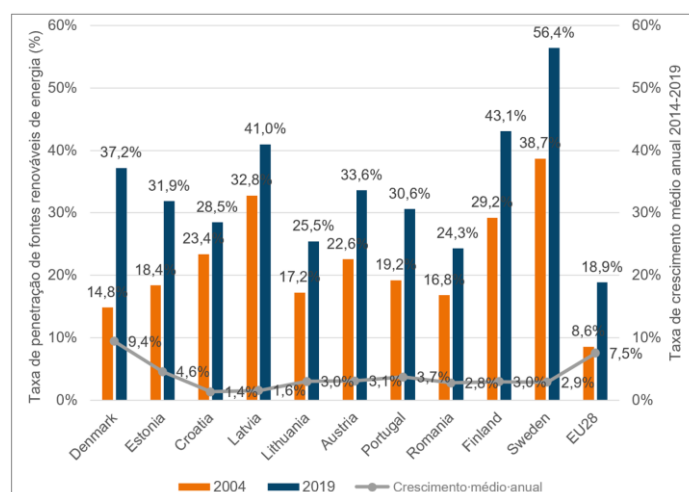


Figura 65 – Penetração de fontes renováveis de energia – Top performers EU

EMISSÕES DE CO₂ COMO UM INDICADOR DOS GEE

O aumento da produção de energia elétrica através de fontes renováveis em Portugal nos últimos vinte anos, aliado a um decréscimo do uso de combustíveis fósseis, em especial carvão, traduziu-se numa redução das emissões de CO₂. Entre 2000 e 2019, as emissões de CO₂ resultantes da queima de combustíveis fósseis reduziram 27%, para o que contribuiu também a elevada hidraulicidade em 2018 e 2019 (Figura 66) [43].

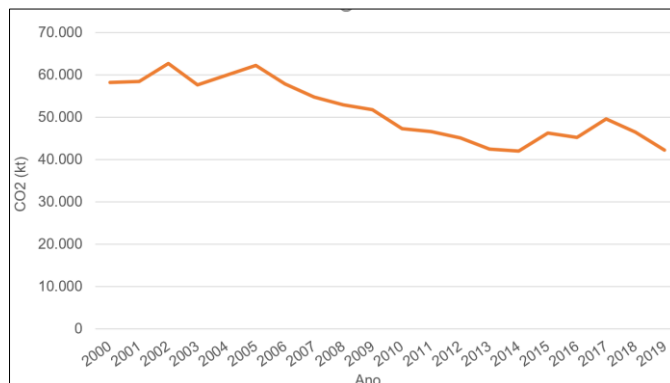


Figura 66 - Evolução das emissões de CO₂ resultantes da queima de combustíveis fósseis, entre 2000 e 2019.

Paralelamente, entre 2000 e 2019 o consumo de carvão diminuiu de 5.963.290 toneladas para 2.115.663 toneladas (-65%) (Figura 67) [44]. O decréscimo substancial das emissões portuguesas de CO₂ torna-se particularmente evidente a partir de 2018, devido ao aumento da carga fiscal aplicada às centrais a carvão, como resultado do fim da isenção do Imposto sobre os Produtos Petrolíferos e à introdução de uma taxa de carbono através do Orçamento do Estado daquele ano. Entre 2000 e 2019, verifica-se uma correlação de 60% entre emissões de CO₂ e consumo de carvão.

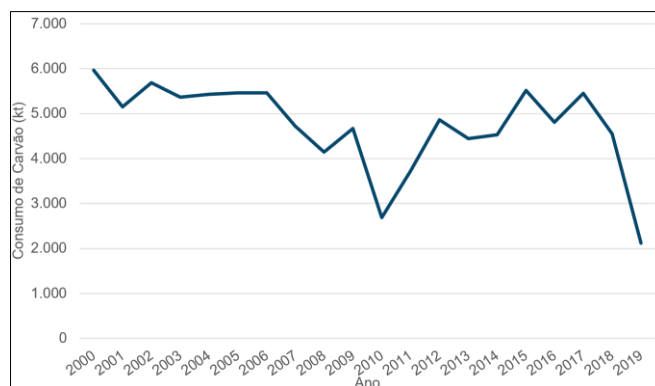


Figura 67 - Evolução do Consumo de Carvão, entre 2000 e 2019.

Ao se analisar da evolução das emissões de CO₂, em relação ao total dos gases com efeito de estufa (GEE), verifica-se que a queima de combustíveis fósseis representa, em média, 78% dos GEE, quando se contabilizam as emissões da alteração do uso do solo e florestas (LULUCF, do inglês *Land Use, Land-use Change and Forestry*). A exceção ocorre no ano de 2017, período em que os GEE atingiram o valor mais alto da última década, como resultado dos incêndios florestais que assolaram o país [45]

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

Ao não se considerarem os LULUCF, as emissões de CO₂ correspondem em média a 70% do total de GEE (Figura 69).

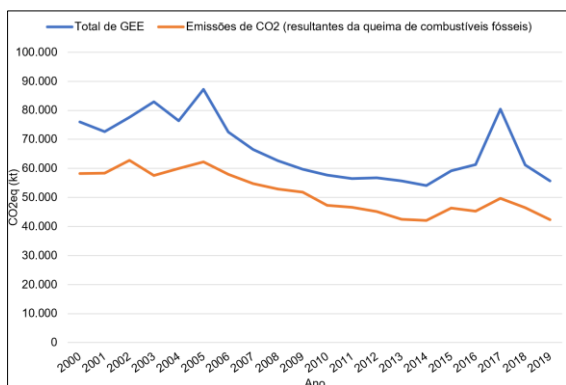


Figura 68 - Evolução das emissões de CO₂ e GEE, entre 2000 e 2019 com LULUCF

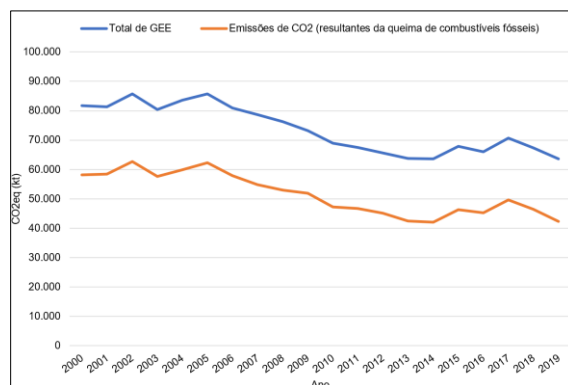


Figura 69 - Evolução das emissões de CO₂ e GEE, entre 2000 e 2019 sem LULUCF

Outro gás com efeito de estufa de elevada relevância para a sustentabilidade do setor energético nacional é o óxido nítrico (N₂O). Resultante das atividades industriais e do transporte rodoviário, o N₂O possui uma propriedade de retenção de calor cerca de 300 vezes maior que o CO₂, pelo que, apesar do seu baixo nível de emissões, é um dos gases que mais contribui para as alterações climáticas.

Nas figuras 70 e 71 apresenta-se a evolução das emissões de N₂O para Portugal, entre 2000 e 2019, resultantes da queima de combustíveis fósseis, bem como o total das emissões de N₂O, com e sem efeito dos LULUCF. Verifica-se uma tendência decrescente do N₂O, tanto nas emissões resultantes da combustão, que reduziram em 31%, como no valor global de emissões que, considerando LULUCF, reduziu em 28% (Figura 70), e cujo total, sem LULUCF, reduziu 27% (Figura 71).

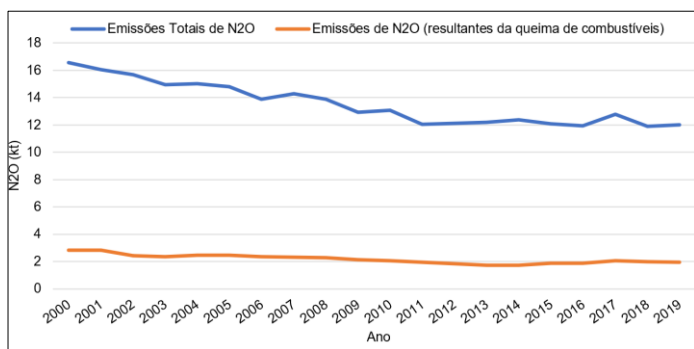


Figura 70 - Evolução das emissões de N₂O, entre 2000 e 2019 com LULUCF

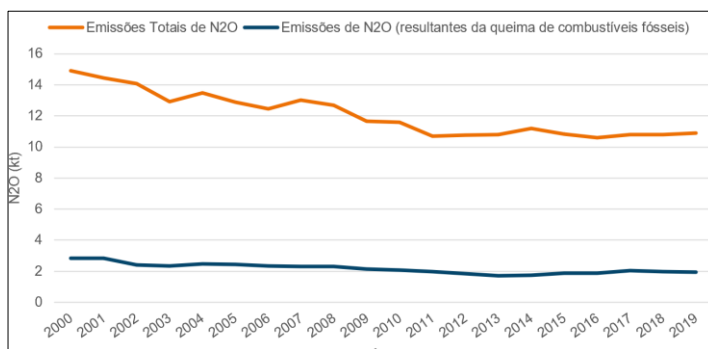


Figura 71 - Evolução das emissões de N₂O, entre 2000 e 2019 sem LULUCF

“Top performers” europeus

A nível da União Europeia, os cinco países que mais se destacam por alcançar uma maior percentagem de redução das emissões de CO₂, resultantes da queima de combustíveis fósseis, no total das emissões de GEE são [46]:

1. Letónia
2. Irlanda
3. Dinamarca
4. Lituânia
5. República Checa

Na Figura 72, encontra-se representado o peso das emissões de CO₂, resultantes da queima de combustíveis fósseis, no total das emissões de GEE para os *top performers* supramencionados. No período analisado o país europeu que obteve a maior redução de CO₂ foi a Lituânia. De 2009 a 2018, a Lituânia reduziu o peso do CO₂ de 90,4% para 68,6%, do total de GEE.

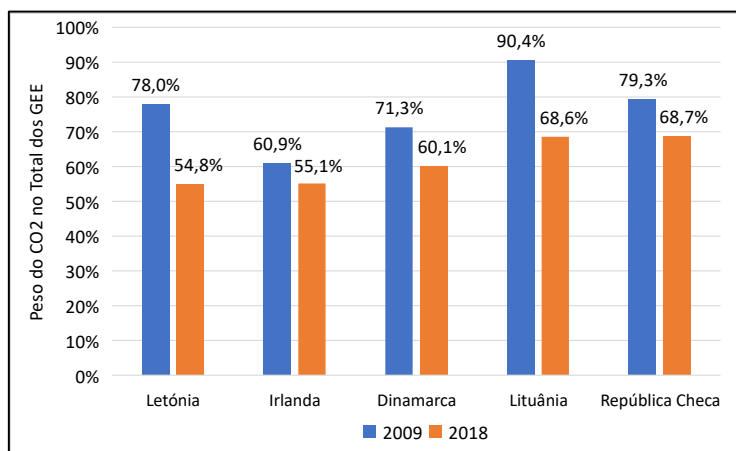


Figura 72 - Peso das Emissões de CO₂, resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis, no Total das Emissões de GEE

EMISSÕES DE CO₂ PER CAPITA

Existe uma forte relação entre as emissões *per capita* e rendimento per capita, ou seja, países com maior rendimento *per capita* apresentam níveis de emissões *per capita* mais elevados. Isto deve-se a consumos mais elevados e estilos de vida intensivos de energia, embora outros fatores, tais como, reservas de energia, comércio, densidade populacional e localização e características geográficas também influenciem as emissões per capita de cada país. A diferença de emissões de GEE *per capita*, geralmente aumenta entre países mais e menos ricos, quando apenas as emissões relacionadas com o CO₂ são consideradas

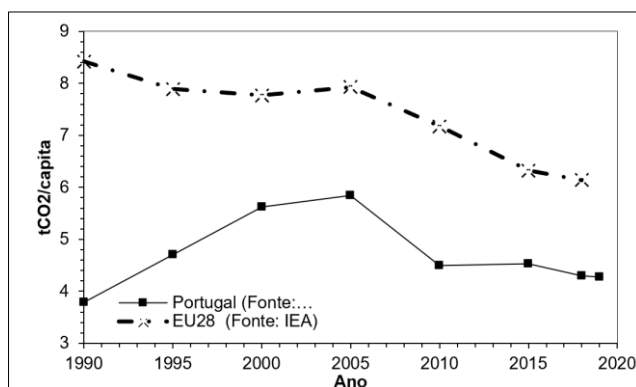


Figura 73 - Evolução das emissões de CO₂ per capita

As emissões de CO₂ per capita em Portugal têm vindo a decrescer ao longo dos anos, com um declínio mais acentuado a partir de 2005. Este decréscimo está associado ao processo de descarbonização da economia portuguesa, ou seja, a transição para uma economia nacional com menor emissão de carbono por cada unidade de riqueza produzida, como detalhado no indicador relativo às emissões de CO₂ por PIB - PPP. Em 2019, as emissões de CO₂ per capita em Portugal correspondiam a 4,3 toneladas per capita, valor inferior à média europeia de 5,7 tCO₂/capita.

“Top performers” europeus

1. Suécia - 3,2 tCO₂/capita (país da lista que mais energia fornece *per capita*: 4,6 tep/capita, contudo com menor emissão de CO₂)
2. Letónia – 3,5 tCO₂/capita (fornece 2,3tep/capita, o mesmo que a China, mas com emissão menor – 6.8 tCO₂/capita)
3. Roménia – 3,7 tCO₂/capita (país da lista que menos energia fornece: 1,7 tep/capita)
4. Lituânia – 4,0 tCO₂/capita (fornece 2,7 tep/capita)
5. Portugal - 4,3 tCO₂/capita (fornece 2,1 tep/capita)

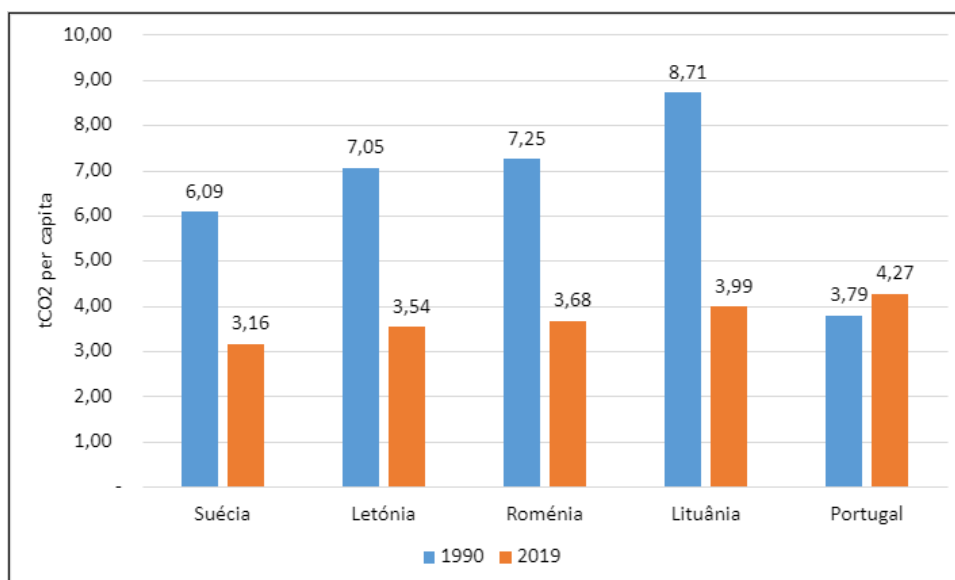


Figura 74 - Evolução dos Top Performers (1990 - 2019)

EMISSÕES DE CH₄ PER CAPITA

As emissões de Metano (CH₄), estão presentes na cadeia de produção, extração e queima de combustíveis fósseis, entre outros.

Estas emissões têm, ao longo dos anos, sido vistas como a parte negligenciável, resultante da cadeia de valor de produção deste setor. Apesar do impacto das emissões de CH₄ ter sido sempre reconhecido, os gastos para as reduzir foram, durante muito tempo, considerados excessivos, sem benefício, secundários e alvo de exceções regulatórias de contabilização. Só em 2017 algumas das principais petrolíferas assinaram um compromisso com regras de conduta visando a redução das emissões de metano. O metano apesar de ter uma vida atmosférica muito mais curta do que o CO₂, cerca de 12 anos em comparação com os séculos do CO₂, tem uma capacidade de absorção de energia muito superior enquanto perdura na atmosfera sendo, por isso, um gás de efeito de estufa muito prejudicial.

TRILEMA ENERGÉTICO – UMA PERSPECTIVA NACIONAL

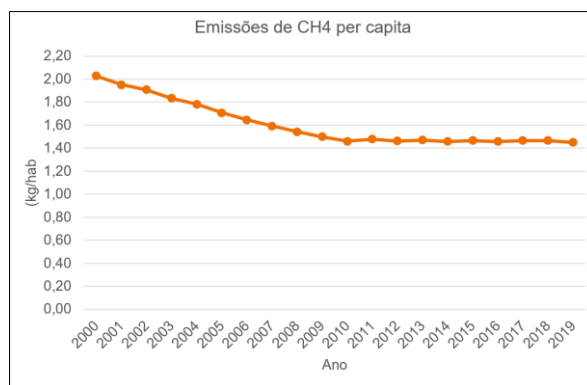


Figura 75 - Peso das Emissões de CH₄, resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis, no Total das Emissões de GEE [43]

As emissões de CH₄ resultantes da queima de combustíveis fósseis têm vindo a diminuir ao longo dos anos, sendo mais evidente entre os anos de 2000 e 2010. Entre 2010 e 2019 a tendência de diminuição mantém-se quase linear, em resultado de recentes esforços para adotar técnicas mais sustentáveis de geração de energia, sendo que o valor de emissões de CH₄ em Portugal é, atualmente, de cerca de 1,4 kg/habitante.

“Top performers” europeus

Os cinco países da União Europeia que mais se destacam por menores emissões de tCO_{2e} per capita, resultantes da conversão das emissões de CH₄, são os seguintes:

1. Malta
2. Chipre
3. Portugal
4. Suécia
5. França

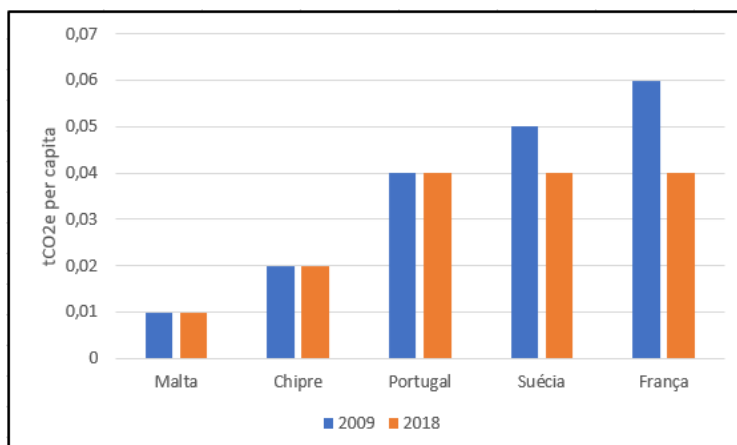


Figura 76 - Top performers da UE nas emissões de CH₄ resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis

VALOR MÉDIO ANUAL DO MATERIAL PARTICULADO PM_{2.5}

De acordo com o DL 102/2010 designam-se PM_{2.5} as partículas em suspensão suscetíveis de passarem através de uma tomada de ar seletiva, tal como definido no método de referência para a amostragem e medição preconizado na norma EN 14907, com uma eficiência de corte de 50% para um diâmetro aerodinâmico de 2.5 µm. Estas partículas finas poderão penetrar nos alvéolos pulmonares, tendo assim impacto na saúde da população.

O material particulado, comumente designado como poeiras, é uma mistura de partículas suspensas no ar. A sua origem pode ser natural ou antropogénica. No primeiro caso, estas poeiras podem ser sais marinhos, cinzas vulcânicas, pólen e materiais do solo que são transportados pela ação do vento, como é o caso das poeiras provenientes do deserto de África e que atingem Portugal. No segundo caso, as partículas resultam maioritariamente de processos de combustão. Na Figura 77 representa-se graficamente as emissões por setor, sendo possível verificar que a combustão associada ao setor comercial, institucional e residencial é a que representa maior impacto no valor de emissões de PM_{2.5} para os países da União Europeia [47].

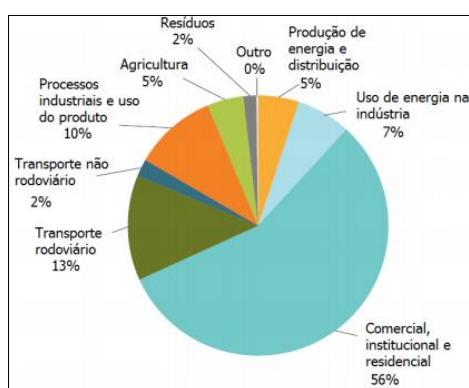


Figura 77 - Emissões de PM_{2.5} nos países da UE por setor, referente a 2014 [47], [48]

A produção e distribuição de energia e o uso de energia para fins industriais tiveram globalmente um impacto menor do que o produzido pelo setor dos transportes rodoviários e indústria [47].

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), “a poluição atmosférica urbana deverá tornar-se a primeira causa ambiental de mortalidade em todo o mundo até 2050, à frente da poluição da água e da falta de saneamento” [49]. É neste sentido que se torna necessário monitorizar a qualidade do ar para averiguar se os valores registados estão abaixo dos máximos recomendáveis. De acordo as diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde (OMS), o valor estabelecido como recomendável para as concentrações de PM_{2.5} deverá ser igual ou inferior a 10 µg/m³ [50]. Analisando a informação disponível na base de dados do World Bank verifica-se que os valores anuais médios de PM_{2.5} tem vindo a diminuir nos últimos anos em Portugal, como se ilustra na Figura 78, mantendo-se abaixo dos 10 µg/m³ desde 2012. Pode, então, afirmar-se que Portugal tem registado valores médios compatíveis com as recomendações da OMS.

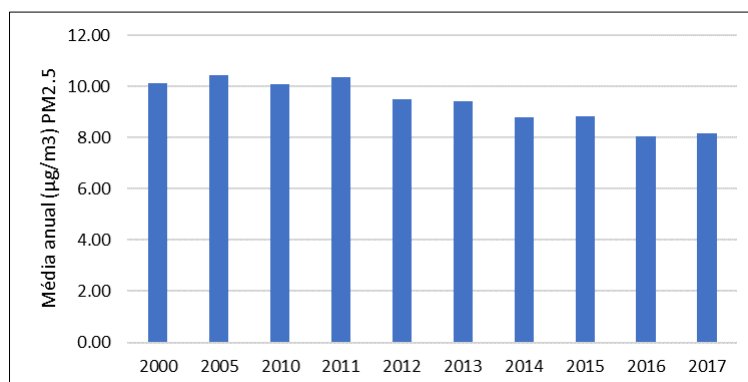


Figura 78 - PM_{2.5} média anual de Portugal (diária) (µg/m³) – 2020. [51]

Para uma análise mais pormenorizada a nível nacional consultou-se a aplicação QUALAR, disponibilizada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Consultaram-se os valores médios anuais entre 2015 e 2019 para as estações de monitorização disponíveis, tendo-se obtido as imagens da Figura 79 - PM_{2.5} média anual (diária) (µg/m³) - 2015 a 2019 [52].

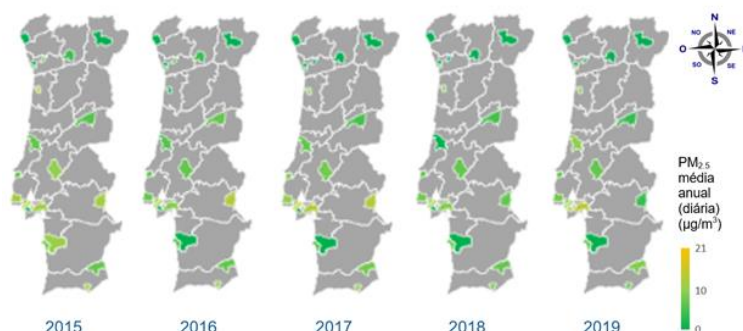


Figura 79 - PM_{2.5} média anual (diária) (µg/m³) - 2015 a 2019 [52]

Pela análise da figura anterior é possível concluir que as zonas litorais urbanas são mais suscetíveis a apresentarem valores de PM_{2.5} mais elevados do que as regiões do interior.

Em Portugal, nas zonas litorais, algumas das razões de insatisfação das populações locais, no que respeita à qualidade do ar, estão relacionadas com a movimentação de coque de petróleo (Gafanha da Nazaré, Porto de Aveiro) e com as descargas de clínquer no porto de Sines e no porto de Setúbal [48]. Para além deste aspeto, o transporte marítimo é também identificado como responsável por uma emissão significativa de partículas. Embora em Portugal a concentração de partículas suspensas seja classificada como baixa é fundamental continuar a melhorar da qualidade do ar para reduzir os riscos de saúde [53].

“Top performers” europeus

Para que seja possível comparar os valores de concentração de PM_{2.5} em Portugal com os homólogos médios Europeus apresenta-se na Figura 80 os intervalos representados no relatório da Agência Europeia do Ambiente (European Environment Agency, EEA).

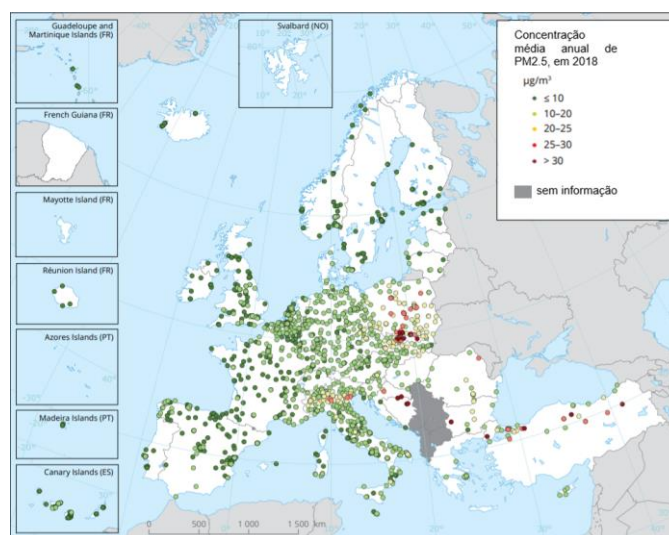


Figura 80- Concentração média anual (µg/m³) de PM_{2.5} na Europa – 2018 [54]

Da análise da figura anterior é possível concluir que Portugal apresenta um valor de concentração médio de PM_{2.5} baixo. No entanto, identificam-se alguns países europeus que apresentam valores médios inferiores (representados a verde-escuro). São de destacar os seguintes países que ocupam as posições mais favoráveis, designados como *top performers*, no que respeita à concentração de partículas PM_{2.5}: a Islândia, a Estónia, a Finlândia, a Suécia, a Noruega e a Irlanda [54].

VALOR MÉDIO ANUAL DO MATERIAL PARTICULADO PM₁₀

De acordo com o DL 102/2010, designam-se PM₁₀ as partículas em suspensão com um diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm. Estas partículas são inaláveis, podendo depositar-se na traqueia e nos brônquios, estando, portanto, associadas ao aumento dos riscos de saúde para a população [48].

Tal como as partículas PM_{2.5}, as PM₁₀ têm origem natural ou antropogénica. Portugal é um dos países europeus afetados pelas poeiras provenientes de zonas áridas como é o caso das poeiras do deserto do Sahara, sendo este um dos motivos naturais que pode justificar a subida das concentrações de PM₁₀ em alguns dias. Relativamente às fontes antropogénicas, de acordo com a informação disponibilizada pela Agência Europeia do Ambiente, o principal setor emissor de partículas PM₁₀ é o comercial, institucional e residencial [48]. Na Europa, em termos médios, os valores das concentrações de material particulado PM₁₀ tem vindo a diminuir (EEA, 2021). Esta diminuição poderá eventualmente ser justificada com a implementação de medidas de redução de emissões nos setores de energia, transporte rodoviário e industrial.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceu os valores de referência para a concentração média anual de PM₁₀, sendo 20 µg.m³ o valor limite máximo recomendável.

Para averiguar quais os valores médios de material particulado PM₁₀ consultou-se a aplicação QUALAR, disponibilizada pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Na Figura 81 apresentam-se os valores referentes ao período entre 2015 e 2019, sendo de notar uma melhoria generalizada ao longo do tempo.

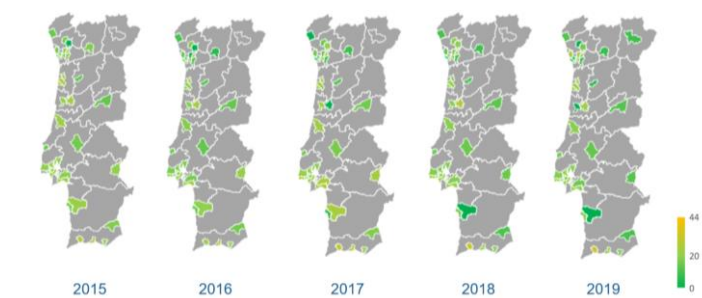


Figura 81 - Média anual (diária) (µg/m³) PM₁₀ - 2015 a 2019 [52]

“Top performers” europeus

Na Figura 82 apresenta-se o valor da concentração média anual das partículas PM₁₀, para os países da Europa. Os círculos a vermelho indicam concentrações acima do valor limite.

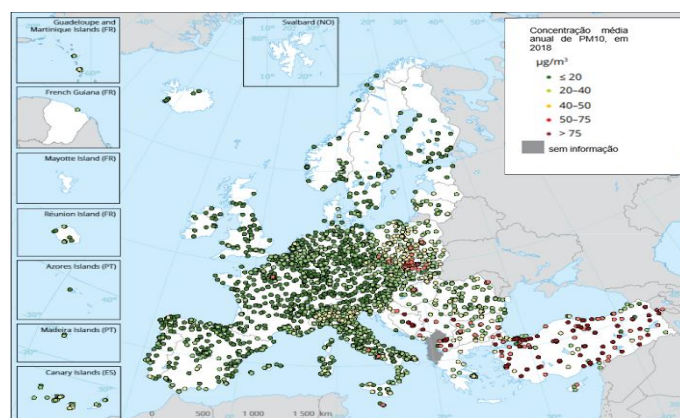


Figura 82 - Concentração média anual (µg/m³) de PM₁₀ na Europa - 2018 [54]

Pela análise da Figura 82 é possível concluir que Portugal apresenta um valor de concentração médio de PM₁₀ baixo. No entanto, identificam-se alguns países europeus que apresentam valores médios inferiores (representados a verde-escuro). São de destacar os seguintes países que ocupam as posições de topo, designados como *top performers*, no que respeita à baixa concentração de partículas PM₁₀: a Islândia, a Finlândia, a Estónia, a Irlanda, a Suíça, a Noruega, o Reino Unido e a Suécia [54].

MENSAGENS CHAVE

- Entre 2000 e 2017, os níveis de intensidade energética em Portugal aumentaram, registando um valor de 3,3 kJ/USD em 2017. Um fator que terá contribuído para esta situação será o facto de o PIB registar uma taxa de crescimento significativamente inferior nos últimos anos face aos níveis pré-2010.
- Ao longo dos últimos 20 anos a produção de energia elétrica de origem renovável em Portugal, impulsionada pela política energética favorável ao crescimento da produção endógena, tem vindo a aumentar de forma consistente, permitindo a Portugal alcançar o Top 5 dos países europeus com maior penetração de energia renovável no sistema eletroprodutor.
- O aumento da penetração de fontes renováveis ao longo das duas últimas décadas tem vindo a reduzir a eficiência térmica da produção pelo incremento da necessidade de garantir flexibilidade horária do sistema, enquanto a estabilidade das perdas de transmissão e distribuição tem vindo a manter-se.
- O aumento da produção de energia elétrica através de fontes renováveis nos últimos 20 anos, aliado a um decréscimo do uso de combustíveis fósseis, em especial carvão, traduziu-se numa redução sustentada das emissões de CO₂ de 27%.
- As emissões de CH₄ resultantes da queima de combustíveis fósseis têm vindo a diminuir ao longo dos anos, sendo o decréscimo mais evidente entre os anos de 2000 e 2010. Entre 2010 e 2019 a tendência mantém-se estável, em resultado de recentes esforços de política pública para adoção de tecnologias mais sustentáveis de geração de energia.
- O material particulado PM_{2.5} e PM₁₀, registado nos postos de monitorização em Portugal, tem vindo a diminuir ao longo dos últimos anos e é, em média, inferior aos valores estabelecidos como recomendáveis pelas diretrizes de qualidade do ar da Organização Mundial de Saúde.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

FIGURAS

Figura 1 – Evolução do consumo de energia primária por fonte [1]	2
Figura 2 - Distribuição das fontes de energia primária em 2000 [2]	3
Figura 3 - Distribuição das fontes de energia primária em 2019 [2]	3
Figura 4 - Consumo de carvão por uso final [3]	3
Figura 5 - Consumo de produtos petrolíferos por tipo de produto, no ano 2020 [4]	3
Figura 6 - Evolução do consumo de produtos petrolíferos em Portugal [5]	4
Figura 7 - Distribuição do consumo final de Gás Natural no ano 2019 [6]	4
Figura 8 - Distribuição de consumo primário de bioenergia por tipo 2019 [1]	6
Figura 9 - Evolução da produção elétrica renovável [1]	6
Figura 10 - Dependência energética europeia em 2019 [7]	8
Figura 11 - Dependência energética portuguesa nos últimos 20 anos [8]	9
Figura 12 - Produção percentual de fontes de energia renovável em Portugal	9
Figura 13 - Contribuição de cada uma das fontes renováveis na produção total [9]	9
Figura 14 - Importação de petróleo bruto por países de origem (DGEG, 2020)	10
Figura 15 - Importação de produtos petrolíferos energéticos	10
Figura 16 - Importações de Gás Natural por meio de receção [12]	11
Figura 17 - Origens geográficas da importação de navios metaneiros [12]	11
Figura 18 – Mix de potência instalada nos centros eletroprodutores em 2000 [14]	12
Figura 19 – Evolução da capacidade de produção elétrica por fonte [15]	13
Figura 20 – Potência instalada nos centros eletroprodutores em 2020 [16]	13
Figura 21 – Produção de eletricidade por fonte [16]	14
Figura 22 – Localização das principais reservas de segurança [20]	16
Figura 23 – Percentagem de produtos produzidos nas refinarias de Sines e Matosinhos em 2017, 2018, 2019 e 2020 [25], [26]	17
Figura 24 - Projeção da necessidade de armazenamento até 2030 [27]	17
Figura 25 – Evolução anual do SAIFI BT [30]	20
Figura 26 – Evolução anual do SAIFI MT [30]	20
Figura 27 – Evolução anual do SAIFI AT [30]	21
Figura 28 – Evolução anual do SAIDI BT [30]	21
Figura 29 – Evolução anual do SAIDI MT [30]	22
Figura 30 – Evolução anual do SAIDI AT [30]	22
Figura 31 - Consumidores de energia elétrica, por município [9]	26
Figura 32 – Continuidade de serviço no setor elétrico, em 2019 [30]	27
Figura 33 - Indicador do consumo doméstico de eletricidade per capita, em 2019, em Portugal por município [9]	28
Figura 34 - Evolução do preço de energia elétrica, em Portugal 2010-2020 - Consumidores Domésticos [9]	30

Figura 35 - Evolução do preço energia elétrica, em Portugal 2010-2020 - Consumidores Industriais [9]	31
Figura 36 – Evolução do preço médio da energia elétrica, das bandas do consumo doméstico em Portugal [9]	31
Figura 37 – Evolução dos preços médios da energia elétrica, das bandas do consumo industrial em Portugal [9]	31
Figura 38 – Decomposição de preços da energia elétrica para consumo doméstico em Portugal, em 2020, para as bandas DA, DB, DC, DD e DE [9]	32
Figura 39 – Decomposição de preços da energia elétrica para consumo industrial em Portugal, em 2020, para as bandas IA, IB, IC, ID, IE, IF e IG [9]	32
Figura 40 – PIB per capita de Portugal [9]	32
Figura 41 – Evolução do preço da energia elétrica (com taxas e impostos) em Portugal – Consumidores industriais, por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]	33
Figura 42 – Evolução do preço do preço da energia elétrica (com taxas e impostos) em Portugal - Consumidores industriais, por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]	33
Figura 43 – Evolução do preço dos combustíveis rodoviários por PIB per capita, 2010 [9], [35]	34
Figura 44 – Evolução do preço dos combustíveis rodoviários (sem taxas e impostos) por PIB per capita, 2010 [9], [35]	34
Figura 45 – Percentual de Taxas e Impostos no PMVP dos combustíveis rodoviários [9]	34
Figura 46 - Decomposição do PMVP da gasolina e do gasóleo, em Portugal, em 2020 [9]	34
Figura 47 – Evolução temporal do preço de Gás Natural setor doméstico, com taxas e impostos [9]	36
Figura 48 – Preço de Gás Natural setor Industrial, com taxas e impostos [9]	36
Figura 49 - Evolução do preço do Gás Natural por PIB per Capita, ano de referência 2010 [9], [35]	36
Figura 50 – Evolução do preço Gás Natural (sem taxas e impostos) por PIB per capita, ano de referência 2010 [9], [35]	36
Figura 51 - Percentual de taxas e impostos no PVP médio do gás natural [9]	37
Figura 52 - Decomposição dos preços do gás natural para consumo doméstico (D1, D2 e D3) e para o consumo industrial (I1, I2, I3, I4 e I5), em Portugal, em 2020 [9]	37
Figura 53 - Acessibilidade Eletricidade a Residentes em Portugal [9], [35]	38
Figura 54 – Evolução da intensidade energética em Portugal [36]	41
Figura 55 – Evolução do PIB per capita em Portugal [36]	42
Figura 56 – Análise comparativa dos top performers da eu [36]	42
Figura 57 – Eficiência Térmica da Produção Elétrica vs. Share de Renováveis no Sistema Eletroprodutor [9]	43
Figura 58 – Perdas na Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica vs. Share de Renováveis [9]	44
Figura 59 – Perdas na Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica (Comparação Top performers EU 2014-2018) [38]	44
Figura 60 - Consumo global de energia por fontes renováveis e não renováveis [39]	45
Figura 61 - Penetração de energia produzida através de fontes renováveis [40]	45
Figura 62 - Distribuição da geração de energia por fonte de origem renováveis [39], [41], [42]	46
Figura 63 - Contribuição Energia Fontes Renováveis vs. Precipitação Total Anual [39], [41], [42]	46
Figura 64 - Produção de energia elétrica renovável excluindo energia hídrica e eólica [40]	47
Figura 65 – Penetração de fontes renováveis de energia – Top performers EU	47

Figura 66 - Evolução das emissões de CO ₂ resultantes da queima de combustíveis fósseis, entre 2000 e 2019.....	48
Figura 67 - Evolução do Consumo de Carvão, entre 2000 e 2019.....	48
Figura 68 - Evolução das emissões de CO ₂ e GEE, entre 2000 e 2019 com LULUCF	49
Figura 69 - Evolução das emissões de CO ₂ e GEE, entre 2000 e 2019 sem LULUCF	49
Figura 70 - Evolução das emissões de N ₂ O, entre 2000 e 2019 com LULUCF	49
Figura 71 - Evolução das emissões de N ₂ O, entre 2000 e 2019 sem LULUCF	49
Figura 72 - Peso das Emissões de CO ₂ , resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis, no Total das Emissões de GEE	50
Figura 73 - Evolução das emissões de CO ₂ per capita.....	50
Figura 74 - Evolução dos Top Performers (1990 - 2019).....	51
Figura 75 - Peso das Emissões de CH ₄ , resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis, no Total das Emissões de GEE [43]	52
Figura 76 - Top performers da UE nas emissões de CH ₄ resultantes da Queima de Combustíveis Fósseis	52
Figura 77 - Emissões de PM _{2.5} nos países da UE por setor, referente a 2014 [47], [48]	53
Figura 78 - PM _{2.5} média anual de Portugal (diária) (µg/m ³) – 2020. [51]	53
Figura 79 - PM _{2.5} média anual (diária) (µg/m ³) - 2015 a 2019 [52]	54
Figura 80- Concentração média anual (µg/m ³) de PM _{2.5} na Europa – 2018 [54].....	54
Figura 81 - Média anual (diária) (µg/m ³) PM ₁₀ - 2015 a 2019 [52]	55
Figura 82 - Concentração média anual (µg/m ³) de PM ₁₀ na Europa - 2018 [54]	55

TABELAS

Tabela 1 - Consumidores de energia elétrica por tipo de consumo [9]	25
Tabela 2 – Classificação das zonas de qualidade de serviço [31].....	26
Tabela 3 – Consumo anual doméstico de energia, em 2019, por tipo de energia consumida [9]	29
Tabela 4 - Bandas de consumo para utilizadores domésticos [9].....	30
Tabela 5 - Bandas de consumo para utilizadores industriais [9].....	30
Tabela 6 – Preços médios dos combustíveis [9].....	33
Tabela 7 - Bandas de Consumo Utilizadores Domésticos [9].....	35
Tabela 8 - Bandas de Consumo Consumidores Industriais [9].....	35

REFERÊNCIAS

- [1] DGEg, “Consumo de Energia,” 2020. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/zu2cln22/dgeg-iie-1995-2019.xlsx>.
- [2] IEA, “Imports/Exports: Oil products imports vs. exports,” 2019. <https://www.iea.org/countries/portugal>.
- [3] DGEg, “Consumo de carvão.” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/evklk33d/i015381.xls>.
- [4] DGEg, “Vendas Mensais de Produtos de Petróleo em Portugal 2020,” 2021. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/zl3d0ybs/dgeg-omn-2020-12.xlsx>.
- [5] DGEg, “Vendas de Produtos de Petróleo em Portugal 1970 - 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/cvrlcvv0/dgeg-osl-1970-2020.xlsx>.
- [6] DGEg, “Renováveis,” 2020. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/ssxaj5tk/dgeg-rbe-1999-2020.xlsx>.
- [7] Eurostat, “Energy dependence,” 2021. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020_rd320/default/table?lang=en.
- [8] DGEg, “Importações/Exportações (dgeg.gov.pt),” 2021. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/petroleo-e-derivados/importacoes-exportacoes/>.
- [9] DGEg, “Estatística,” 2021. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/>.
- [10] GALP, “Resultados - 2º trimestre e primeiro semestre de 2020,” 2021. https://www.galp.com/corp/Portals/0/Recursos/Investidores/SharedResources/Relatorios/PT/Galp_2Q20vpt.pdf.
- [11] GALP, “Aprovisionamento & Trading,” 2021. <https://www.galp.com/corp/pt/sobre-nos/o-que-fazemos/midstream-refinacao-e-distribuicao/aprovisionamento-trading>.
- [12] DGEg, “Importações de gás natural.” <https://www.dgeg.gov.pt/media/o0ng0cpm/dgeg-gia-2000-2019.xls>.
- [13] GALP, “Refinação e logística,” 2021. <https://www.galp.com/corp/pt/sobre-nos/o-que-fazemos/midstream-refinacao-e-distribuicao/refinacao-e-logistica>.
- [14] APREN, “Evolução da Potência Instalada nos Centros Eletroprodutores de Portugal Continental,” 2021. <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/potencia>.
- [15] DGEg, “Produção anual e potência instalada.” <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/eletricidade/producao-anual-e-potencia-instalada/>.
- [16] APREN, “Energias Renováveis,” 2021. <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques>.
- [17] Observatório da Energia, “Armazenamento de energia em Portugal,” 2021. <https://www.observatoriodaenergia.pt/pt/comunicar-energia/post/8931/armazenamento-de-energia-em-portugal/>.
- [18] ENSE, “Indicadores,” 2021. <https://www.ense-epe.pt/reservaspetroliferas/indicadores/>.
- [19] ENSE, “Segurança Energética em Tempos de Mudança (Tema 1 – Reservas Petrolíferas),” 2021. <https://www.ense-epe.pt/news/seguranca-energetica-em-tempos-de-mudanca/>.
- [20] ENSE, “Plano de intervenção e utilização das reservas de segurança,” 2019. https://www.ense-epe.pt/wp-content/uploads/2019/05/Plano_Intervencao_-_Utilizacao_Reservas_-_Seguranca_2019.pdf.
- [21] Companhia Logística de Combustíveis, “CLC webpage,” 2021. <http://www.clc.pt/parqcomb/>.
- [22] Porto de Lisboa, “Porto de Lisboa webpage,” 2021. <https://www.portodelisboa.pt/terminais>.
- [23] Porto de Sines, “Terminais portuários,” 2021. <http://www.portodesines.pt/o-porto/terminais-portuarios/>.
- [24] Concawe, “Refinery Sites in Europe,” 2021. <https://www.concawe.eu/refineries-map/>.

- [25] ERSE, “Análise do mercado de combustíveis líquidos rodoviários (2018-2020),” 2020. <https://www.erse.pt/media/1uiff13h/relatório-análise-do-mercado-de-combustíveis-líquidos-rodoviários.pdf>.
- [26] GALP, “Relatório Integrado de Gestão 2020. Leading today’s energy into our future,” 2020. <https://www.galp.com/corp/Portals/0/Recursos/Investidores/SharedResources/Relatorios/pt/2020/GalpRC20RIG.pdf>.
- [27] ENSE, “Segurança Energética em Tempos de Mudança (Tema II – Reservas de Gás Natural),” 2021. <https://www.ense-epe.pt/news/seguranca-energetica-em-tempos-de-mudanca-tema-ii-reservas-de-gas-natural/>.
- [28] Porto de Sines, “TGN - Terminal de gás natural,” 2021. <http://www.portodesines.pt/o-porto/terminais-portuários/tgn-terminal-de-gás-natural/>.
- [29] REN, “Armazenamento subterrâneo,” 2021. <https://www.ign.ren.pt/armazenamento-subterraneo3>.
- [30] ERSE, “Continuidade de Serviço - Setor Elétrico.” <https://infoqstecnica.erse.pt/>.
- [31] ERSE, “Regulamento da qualidade de serviço dos setores elétrico e do gás.” [Online]. Available: <https://www.erse.pt/ebooks/regulamentos-manuais-guias/eletricidade/regulamento-da-qualidade-de-servico-setor-eletrico-e-setor-do-gas-natural/>.
- [32] United Nations, “Goals 7. Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all,” 2021. <https://sdgs.un.org/goals/goal7>.
- [33] IEA, “Access to clean cooking,” 2021. <https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections/access-to-clean-cooking>.
- [34] Pordata, “PIB per capita (base=2016),” 2021. [https://www.pordata.pt/Portugal/PIB+per+capita+\(base+2016\)-2297](https://www.pordata.pt/Portugal/PIB+per+capita+(base+2016)-2297).
- [35] INE, “Produto interno bruto,” 2021. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0009884&contexto=bd&selTab=tab2.
- [36] IEA, “Energy Indicators,” 2021. <https://www.iea.org/>.
- [37] EEA, “EEA webpage.” <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/efficiency-of-conventional-thermal-electricity-generation-4/assessment-2>.
- [38] ACER, “Agency for the Cooperation of Energy Regulators,” 2021. <https://www.acer.europa.eu/the-agency/about-acer>.
- [39] DGEG, “Renováveis. Estatísticas rápidas - nº 195 - fevereiro de 2021,” 2021. <https://www.dgeg.gov.pt/media/v0la0rem/dgeg-arr-2021-02.pdf>.
- [40] Eurostat, “Energy from renewable sources.” <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>.
- [41] DGEG, “Renováveis. Estatísticas rápidas Dezembro 2008,” 2008. <https://www.dgeg.gov.pt/media/w3ubrjo5/i009389.pdf>.
- [42] DGEG, “Renováveis. Estatísticas rápidas 2012,” 2012. <https://www.dgeg.gov.pt/media/z2gj3itx/i011238.pdf>.
- [43] APA, “Inventário Nacional de Emissões por Fontes e Remoção por Sumidouros de Poluentes Atmosféricos (INERPA),” 2020. <https://apambiente.pt/clima/inventario-nacional-de-emissoes-por-fontes-e-remocao-por-sumidouros-de-poluente-atmosfericos>.
- [44] DGEG, “Consumos por Município e por Setor de Atividade,” 2021. <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/eletricidade/consumo-por-municipio-e-setor-de-atividade/>.
- [45] Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, “Relatório Provisório de Incêndios Florestais.”
- [46] EEA, “Statistics | Eurostat,” Feb. 2021. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_air_gge/default/table?lang=en.

- [47] EEA, “Qualidade do ar na Europa em 2014,” 2016. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>.
- [48] A. M. E. V. Silva, “Emissões fugitivas de partículas para a atmosfera: caracterização, impactos e mitigação,” Universidade de Aveiro, 2017.
- [49] OCDE, “Comunicação da comissão ao parlamento europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões Um Programa Ar Limpo para a Europa /* COM/2013/0918 final */,” 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0918&from=EN>; <https://www.oecd.org/environment/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm>.
- [50] World Health Organization, “Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment.,” Switzerland, 2006. [Online]. Available: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [51] The World Bank, “PM2.5 air pollution, mean annual exposure (micrograms per cubic meter) - Portugal,” 2021. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.PM25.MC.M3?locations=PT>.
- [52] APA, “Estatísticas,” 2021. <https://qualar.apambiente.pt/estatisticas>.
- [53] World Health Organization, “Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report,” 2013. [Online]. Available: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf.
- [54] EEA, “Qualidade do ar na Europa, Relatório nº9/2020,” 2020. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.

AGRADECIMENTOS

Os membros do programa Future Energy Leaders Portugal agradecem a revisão cuidada do relatório realizada pelo Eng. Bento Morais Sarmiento e a contribuição dos consultores Margarida Gonçalves, João Paulo Henriques e João Pedro Gouveia na elaboração e revisão deste relatório.

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DA ENERGIA

DIREÇÃO

JORGE CRUZ MORAIS
Presidente

PEDRO AMARAL JORGE
Vice-Presidente

NUNO SILVA
Vice-Presidente

FREDERICO PISCO
Vice-Presidente

PEDRO ÁVILA
Vice-Presidente

NUNO PIGNATELLI
Tesoureiro

BENTO MORAIS SARMENTO
Secretário Executivo

MEMBROS DO FEL.PT

Alexandre Santos

Ana Rita Gomes

Bruna Tavares

Bruno Lamas

Bruno Henrique Santos

Catarina Santos

Francisco Botelho Carlos

Henrique Pombeiro

Ismael Miranda

João Graça Gomes

José Sarilho

Mariana Figueiredo

Miguel Teixeira Miguel

Muriel Iten

Nevin Alija

Nuno Bairinhas

Nuno Carvalho

Nuno Marinho

Pedro Frade

Rui Vasconcelos Pinto

PEDRO FERREIRA
Presidente

ANA SOUSA
Secretária-Geral