

POSITION PAPER

#2/25

Sobre a Eficiência Energética

JOÃO DE JESUS FERREIRA

OBSERVATÓRIO DA INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E ENERGIA DA SEDES

Objetivo e Responsabilidade:

Os Position Papers da SEDES destinam-se a apresentar uma opinião fundamentada sobre um tema de desenvolvimento económico e social, em termos consentâneos com os objetivos estatutários da Associação. Os Position Papers assumem igualmente a natureza de *working papers*, isto é, não devem ser considerados produção científica acabada, mas sim textos em progresso suscetíveis de aprofundamento. A autoria pode ser coletiva ou individual, podendo parte ou a totalidade do documento ser usado em outras publicações.

Embora sujeitos a critérios editoriais, que designadamente validam a consonância do documento com os fins dos Position Papers da SEDES, a posição expressa é da exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Sobre a Eficiência Energética

JOÃO DE JESUS FERREIRA¹

Sumário Executivo

Este documento tem como objectivo esclarecer o conceito de **Eficiência Energética**, apresentar as métricas e técnicas mais adequadas para monitorizar a sua evolução e alertar para os erros cometidos no **Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)**.

A abordagem actual do PNEC 2030, que mede a eficiência energética pela redução do consumo total de energia primária ou final, é criticada por não reflectir, de facto, melhorias na eficiência. A eficiência energética deve ser avaliada pela relação entre a energia útil e a energia total consumida, e não apenas pela redução do consumo.

Principais Conceitos

A eficiência energética pode ser definida como a relação entre a **energia útil** e a **energia total consumida** num determinado processo. O seu objectivo é garantir que o menor input energético possível seja necessário para alcançar um mesmo nível de output, sem comprometer o desempenho ou o conforto.

Embora frequentemente associadas, a eficiência energética e as energias renováveis são conceitos distintos:

- **Eficiência Energética:** Redução de perdas e aumento da produtividade no uso da energia, independentemente da fonte.
- **Fontes Renováveis:** Produção de energia a partir de recursos naturais sustentáveis (solar, eólica, biomassa, etc.), sem relação directa com o consumo eficiente da energia.

¹ O autor escreve, por opção pessoal, de acordo com a antiga ortografia.

Políticas e Objectivos

Em Portugal, o **Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)** estabelece metas ambiciosas de eficiência energética, alinhadas com os excessivos objectivos da União Europeia, incluindo:

- **Redução do consumo de energia primária e final:** 35% e 32,5% até 2030, respectivamente.
- **Melhoria da intensidade energética:** Promoção de uma economia mais eficiente no uso da energia.

Contudo, este documento critica a abordagem errada de medir a eficiência energética pela redução do consumo total de energia primária ou final, pois esta métrica não reflecte melhorias na eficiência.

Indicadores de Eficiência Energética

Os **indicadores de eficiência energética** permitem avaliar o desempenho energético ao nível **macro** (país, sector) e **micro** (empresa, edifício, equipamento). Estes indicadores dividem-se em:

1. **Indicadores Descritivos:** Medem a eficiência energética sem explicar variações (exemplo: intensidade energética do PIB).
2. **Indicadores Explicativos:** Identificam as causas das variações na eficiência energética (exemplo: impacto da tecnologia ou da estrutura económica no consumo energético).

Principais Indicadores

- **Intensidade Energética:** Razão entre consumo de energia e actividade económica (exemplo: consumo energético por unidade do PIB).
- **Elasticidade do Consumo de Energia:** Relação entre o crescimento do consumo de energia e o crescimento do PIB.
- **Consumo Específico:** Energia consumida por unidade de produto (exemplo: kWh por tonelada de aço produzido).
- **Consumo Unitário:** Energia necessária para realizar uma função específica (exemplo: litros de combustível por 100 km num veículo).

Métodos de Avaliação

O presente documento apresenta o **método de Laspeyres**, que desagrega a variação no consumo de energia em três efeitos:

- **Efeito de Actividade:** Variação do consumo devido ao crescimento da produção.
- **Efeito de Estrutura:** Mudanças na composição sectorial da economia.
- **Efeito de Eficiência:** Melhoria ou deterioração do desempenho energético dos processos.

Conclusão

A eficiência energética é uma ferramenta fundamental para a transição energética sustentável, promovendo a redução de custos e emissões sem comprometer o crescimento económico. No entanto, sua maximização exige um **esforço conjunto entre governos, empresas e consumidores**, com foco em **educação, regulamentação** e, eventualmente, **incentivos financeiros**. A adopção de métricas precisas e técnicas validadas é crucial para evitar decisões que perpetuem a ineficiência e comprometam os objectivos de competitividade e sustentabilidade.

Introdução

A eficiência energética é um dos pilares fundamentais para a construção de sociedades sustentáveis e economicamente viáveis. Este conceito refere-se à utilização racional e eficiente da energia, com o objectivo de reduzir o desperdício e maximizar o aproveitamento útil das fontes de energia disponíveis. É importante salientar que a eficiência energética não se confunde com a produção de energia, incluindo a produção a partir de fontes renováveis, mas sim com o uso otimizado da energia em todas as etapas de conversão, transporte e consumo.

O desenvolvimento de políticas públicas, como o caso do Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC), deve assentar numa base sólida de análise técnica rigorosa, para garantir a sua eficácia e a consecução dos objectivos traçados. No entanto, tem-se verificado que algumas dessas políticas podem estar a ser construídas com base em erros técnicos elementares, comprometendo, assim, a sua real capacidade de promover uma transição energética eficiente e sustentável.

Um exemplo evidente disso pode ser observado nas métricas de eficiência energética adoptadas por alguns planos e políticas, nomeadamente no Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC). As definições e metodologias de cálculo dessas métricas, muitas vezes, não reflectem a complexidade do sistema energético, nem capturam adequadamente as dinâmicas envolvidas no consumo de energia em diferentes contextos. A utilização métricas mal definidas pode levar a conclusões erradas sobre os ganhos de eficiência alcançados, induzindo a erro os responsáveis pela implementação e o público em geral.

Por exemplo, ao considerar a eficiência energética de forma isolada, sem integrar aspectos como a evolução do mix energético ou as particularidades dos sistemas regionais, os planos podem exagerar os benefícios das intervenções realizadas. A métrica da "eficiência energética" muitas vezes ignora a complexidade de factores como o comportamento dos consumidores, a interacção entre diferentes fontes de energia, ou as perdas associadas a redes de distribuição, que podem influenciar significativamente os resultados.

Além disso, devem ser ponderados os eventuais efeitos do **Paradoxo de Jevons**² no contexto das métricas de eficiência energética: à medida que se tornam mais eficientes os sistemas energéticos, é possível que o custo de utilização da energia se reduza, o que pode resultar num aumento global do consumo de energia (mesmo que mais eficiente na sua utilização), contradizendo o objectivo inicial, de redução do consumo e das consequentes eventuais emissões de carbono. Este fenómeno, em que a eficiência leva paradoxalmente a um aumento da procura, é um factor que deve ser ponderado nas estratégias de política pública. Se as políticas não forem desenhadas para mitigar esse efeito, ao focar-se exclusivamente na redução do consumo de energia primária ou final, sem um controle adequado sobre os dados técnicos, o objectivo do incremento da eficiência energética será, certamente, prejudicado.

Portanto, é imperativo que as políticas públicas, especialmente no contexto do PNEC, sejam baseadas em métricas precisas e técnicas validadas, que contemplem a complexidade e a especificidade dos sistemas energéticos. Caso

² O **Paradoxo de Jevons**, formulado por William Stanley Jevons no século XIX, é um conceito que descreve uma situação aparentemente contraditória: à medida que as melhorias na eficiência energética tornam uma utilização de recursos mais económica, isso pode, paradoxalmente, levar ao aumento do consumo global desse recurso. Isto ocorre porque o aumento da eficiência pode vir a reduzir o custo unitário do uso de energia, o que pode resultar em uma maior procura da energia, ao invés de uma redução no consumo total.

contrário, corre-se o risco de tomar decisões que, em vez de impulsionar uma verdadeira transição energética, podem perpetuar ou até agravar os problemas de ineficiência, desajustamento e insustentabilidade.

Assim, o objectivo do presente documento é clarificar o conceito “Eficiência Energética” e contribuir para o conhecimento das métricas e técnicas mais adequadas de monitorização da sua evolução.

Conceito de Eficiência Energética

De forma simplificada, eficiência energética pode ser definida como a relação entre a energia útil e a energia total consumida em determinado processo. O seu objectivo é garantir que o menor *input* energético possível seja necessário para alcançar o mesmo nível de *output*, sem comprometer o desempenho ou o conforto.

Por exemplo, substituir uma lâmpada incandescente por uma lâmpada **LED**³ mais eficiente é uma medida de eficiência energética, pois ambas podem fornecer o mesmo nível de iluminação desejado, mas a lâmpada **LED** consome, significativamente, menos energia para a mesma prestação luminotécnica.

A Diferença entre Eficiência Energética e Fontes Renováveis

Embora frequentemente associados, os conceitos de eficiência energética e energias renováveis são distintos.

- **Eficiência Energética:** Foca-se no uso racional da energia, reduzindo perdas e aumentando a produtividade. É aplicável tanto a fontes de energia renováveis como não-renováveis.
- **Fontes Renováveis:** Referem-se à geração de energia a partir de recursos naturais como sol, vento, biomassa ou água. A geração de energia eléctrica a partir destas fontes pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas não está relacionada, por si só, com a eficiência no consumo dessa energia.

Por exemplo, um edifício alimentado exclusivamente por energia solar fotovoltaica pode ter um desempenho energético ineficiente caso o isolamento térmico da envolvente exterior seja inadequado ou os sistemas de iluminação e climatização sejam antiquados.

³ light-emitting diode.

O **PNEC 2030**⁴ define os objectivos de Portugal em cinco dimensões principais, alinhados com o quadro de acção da União Europeia para a energia e o clima, entre as quais a eficiência energética. As Metas de Eficiência Energética inscritas no PNEC 2030, são:

- **Redução do Consumo de Energia Primária e Final:**
 - **Energia primária:** Redução de 35% até 2030, em relação ao consumo previsto no cenário de referência.
 - **Energia final:** Redução de 32,5% até 2030.

- **Intensidade Energética:**
 - Reduzir a intensidade energética do PIB, promovendo maior eficiência no uso da energia sem comprometer o crescimento económico, **sem quaisquer quantificações**

METAS NACIONAIS	EMISSIONES (sem LULUCF; em relação a 2005)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (redução em energia primária e meta de consumo)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (Meta de consumo de energia final) ⁹	RENOVÁVEIS (no consumo final bruto de energia)	RENOVÁVEIS NOS TRANSPORTES	INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS
PNEC 2030	-45% a -55%	35%	-	47%	20%	15%
Revisão	-55%	16 711 ktep ¹⁰	14 371 ktep	51%	29%	15%

Na tabela anterior são mostradas as várias metas inseridas no **PNEC 2021-2030**, sendo estes os únicos quantificados em termos de objectivos.⁵

⁴ Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC) 2030

⁵ Relativamente às **Interligações Eléctricas**, segundo o **Eng.º Luis Mira Amaral**, a Teoria dos Mercados Contestáveis permite explicar do ponto de vista económico as capacidades de interligação entre duas redes nacionais: capacidade de transporte suficiente para permitir que a oferta de energia *cross border* torne um mercado nacional contestável, ou seja que a oferta de energia feita doutro mercado nacional através das interligações venha contestar a posição dominante dos operadores desse mercado nacional. A esta luz, as interligações eléctricas entre Portugal e Espanha já são suficientes para que os mercados eléctricos português e espanhol integrados no MIBEL sejam contestáveis pelos operadores do mercado vizinho, havendo no quadro do MIBEL ofertas de operadores espanhóis sobre o mercado português e de operadores portugueses sobre o mercado espanhol, não havendo significativos congestionamentos nessas interligações, o que permite evitar situações de separação dos mercados (*market split*) entre os dois mercados.

O mesmo não se passa nas interligações eléctricas entre Espanha e França, o que configura uma situação de não contestabilidade do mercado ibérico pelo mercado europeu e vice-versa. A esta luz, temos um mercado ibérico - o Mibel - que não está plenamente integrado no grande mercado europeu.

Por outro lado, o critério da UE de pretender que as interligações representem em capacidade de transporte quinze por cento da capacidade electroprodutora instalada num país aparece como claramente excessivo num contexto de instalação de grandes potências renováveis intermitentes, sabendo-se que a relação entre potência instalada e energia produzida é muito mais elevada nas centrais eólicas e fotovoltaicas do que nas centrais clássicas. Assim, alinhar a capacidade de transporte das interligações pela potência instalada numa rede, a qual tendo essas renováveis terá um grande aumento de capacidade instalada levará a um sobredimensionamento das

Conforme já referido e como já vai sendo habitual nestes planos, realizados pelo governo português, desde sempre, continuam a **insistir num erro inadmissível**, que não sendo por incompetência é por falsidade premeditada.

Este erro tem a ver com a forma como é medida a eficiência energética ou como é avaliado o seu impacto. A eficiência energética não pode ser monitorizada a partir das reduções dos consumos totais seja de energia primária seja de energia final.

A eficiência energética não se refere necessariamente à diminuição do volume total de energia consumida, mas sim à relação entre o **output útil** (prestação energética esperada: energia ou trabalho gerado) e o **input energético**. Em termos práticos:

- **Eficiência Energética:** Implica usar menos energia para realizar a mesma tarefa ou obter o mesmo resultado ou prestação esperada. Por exemplo, um motor mais eficiente consome menos energia para produzir a mesma quantidade de movimento.
- **Redução de Consumo Total de Energia Primária:** Envolve uma diminuição geral do consumo, o que pode ocorrer mesmo sem melhorias de eficiência, por meio de mudanças no comportamento ou redução da actividade económica.

Portanto, enquanto a eficiência energética se concentra no uso mais racional da energia, a redução do consumo total pode ser alcançada por factores alheios à eficiência, como crises económicas, desinvestimentos ou alterações nos padrões de consumo.

Algumas são as Limitações em Associar Redução de Consumo à Eficiência Energética:

- **Alterações no Comportamento**

A redução no consumo pode ser temporária ou não sustentável. Por exemplo, desligar temporariamente equipamentos ou reduzir o uso de veículos pode diminuir o consumo, mas não reflecte uma melhoria na eficiência.

- **Dependência de Fontes de Energia**

A mudança para fontes renováveis, como solar ou eólica, reduz o uso de energia primária não renovável. No entanto, isso não implica que os

capacidade de transporte das interligações, as quais se afastarão muito da capacidade de transporte necessária para assegurar a contestabilidade dos mercados nacionais.

sistemas consumidores sejam mais eficientes, apenas que as fontes de energia são outras.

- **Impactos na Economia**

Se a redução do consumo de energia primária resultar de uma recessão ou de uma menor actividade económica, isso pode reflectir uma ineficiência sistémica em vez de uma melhoria energética.

Embora a eficiência energética possa contribuir indirectamente para a redução do consumo de energia primária, os dois conceitos não são equivalentes. A eficiência energética está intrinsecamente ligada à produtividade, ao desempenho e à redução de desperdícios energéticos, sem comprometer a actividade ou a qualidade dos resultados.

Por outro lado, reduzir o consumo total de energia primária como um objectivo isolado pode comprometer o crescimento económico, o conforto e a qualidade de vida, se não for acompanhado por estratégias que melhorem o desempenho dos sistemas consumidores de energia.

A redução do consumo total de energia primária não pode ser considerada uma medida de eficiência energética porque não reflecte, necessariamente, melhorias no desempenho ou na racionalidade do uso da energia. Eficiência energética significa fazer mais com menos, enquanto a redução no consumo de energia primária pode decorrer de factores externos, mudanças comportamentais ou transições para fontes alternativas.

As variações nos consumos totais de energia dependem de muitos factores, tais como:

- Evolução da actividade económica;
- Modos e factores de conversão para energia primária⁶;
- Efeitos de medidas de utilização racional e eficiente da energia;
- Efeitos das alterações da estrutura produtiva da economia;
- Efeitos da inflação sobre o produto;
- ...

Portanto, a eficiência energética nunca pode ser medida pelas variações da quantidade da energia primária (ou final) consumida. Numa economia podemos ter um aumento do consumo de energia primária e uma forte redução dos

⁶ Nos balanços energéticos a energia eléctrica de origem renovável é convertida em **tep** de energia primária através do factor 1GWh=86tep. A energia eléctrica de outras origens é convertida através do factor 1GWh=220tep

consumos específicos, isto é, uma melhoria da eficiência energética

Conforme citado, a **eficiência energética** é definida como a relação entre a quantidade de energia útil utilizada para realizar uma determinada função ou tarefa (a prestação energética esperada) e a quantidade total de energia consumida para essa função. Em termos simples, é a capacidade de um sistema, dispositivo, ou processo de obter o máximo de prestação com o mínimo de energia consumida.

Indicadores de Eficiência Energética

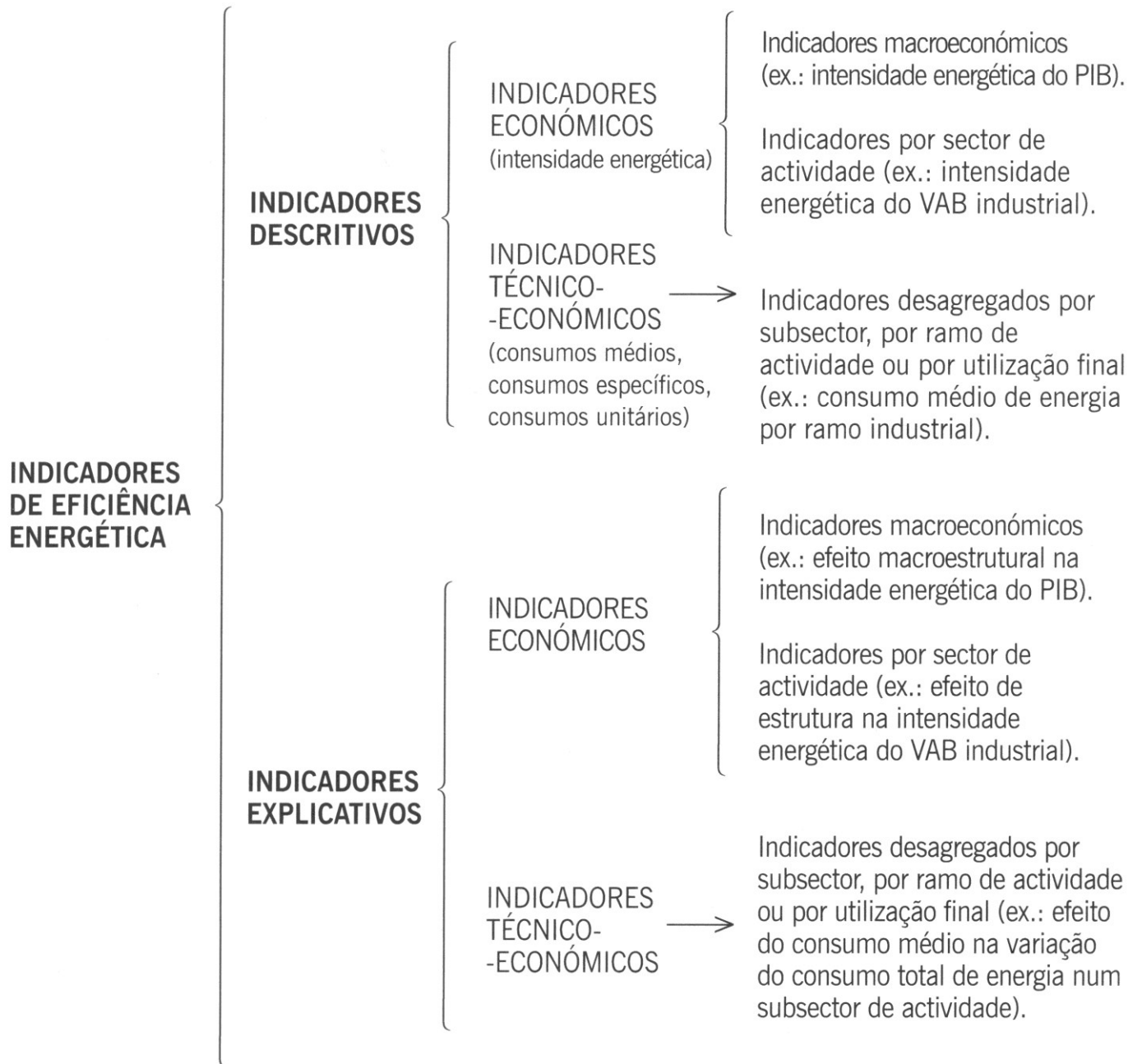
Os indicadores de eficiência energética são estabelecidos através de relações e de variáveis que podem ser usadas ao nível macro e micro com o objectivo de monitorizar as variações e desvios na eficiência energética dos sistemas. Estes indicadores podem ser definidos a um nível agregado (a economia no seu conjunto, um sector da actividade) ou a um nível desagregado (utilizações finais), e estabelecidos através de relações (por exemplo um consumo de energia a dividir por um indicador de actividade). A sua selecção e cálculo estão, mais ou menos, convencionados enquanto a sua interpretação é matéria mais complicada requerendo uma análise cruzada e profunda.

Os indicadores de eficiência energética podem ser definidos para caracterizar a eficiência de um país, ou região, sendo neste caso classificados como macroindicadores e estão relacionados com a economia no seu todo, com um subsector ou ramo da actividade ou com uma utilização final. Estes indicadores podem, também, ser definidos para caracterizar a eficiência de uma empresa, edifício, habitação e neste caso são classificados como microindicadores pois são aplicados à análise de nível microeconómico.

No universo anteriormente definido (macroindicadores e microindicadores) podem ser identificadas duas categorias de indicadores em função dos seus objectivos:

- **Indicadores descritivos** que caracterizam a situação de eficiência energética sem procurar a justificação para as suas alterações ou desvios.
- **Indicadores explicativos** que explicam as razões pela qual se deram variações ou desvios nos indicadores descritivos, isto é, a deterioração ou progressos na eficiência energética de um país, região, sector de actividade, ramo de actividade, empresa ou utilizações finais. Os indicadores explicativos são de grande

utilidade para identificar a contribuição dos vários efeitos (alterações tecnológicas, alterações estruturais e alterações de comportamento) nas variações de eficiência energética.



Indicadores de eficiência energética

Os indicadores descritivos e explicativos podem ser estabelecidos tendo em consideração dois critérios básicos:

Critério económico (indicadores económicos) que é utilizado quando a eficiência energética é medida a um nível elevado de agregação, não sendo possível caracterizar a actividade com indicadores técnicos ou físicos. Estes indicadores são designados por **Intensidade Energética**. A intensidade energética mede a **produtividade energética** de uma economia, ou de um sector da actividade, ou de uma empresa.

Critério técnico-económico (indicadores técnico-económicos) que é utilizado quando a eficiência energética é medida a um nível desagregado (subsector, ramo de actividade, utilizações finais ou empresa), relacionando o consumo de energia com um indicador de actividade medido em unidades físicas (toneladas de aço, número de passageiros, km, número de ocupantes, ...). Estes indicadores técnico-económicos são designados por **consumo específico**, **consumo médio** ou **consumo unitário** consoante a sua aplicação.

Indicadores Descritivos

Assim no que se refere aos **Indicadores Descritivos** podemos identificar os seguintes «ratios» fundamentais:

- **Intensidade Energética (I)** — Este indicador pode ser definido como sendo a razão entre o consumo de energia (em tep, por exemplo) e um indicador de actividade económica (por exemplo: o PIB; o VAB; o Consumo das famílias; etc.) sendo, portanto, um indicador que é medido em «unidade energética/unidade monetária».

$$I_{vi} = \frac{CTEF}{VAB} = N \text{ tep}/10^3 \text{€}^7$$

O cálculo das intensidades energéticas deverá, sempre, ser efectuado a preços constantes para não sofrer a influência dos efeitos da inflação.

⁷ I_{vi} — Intensidade energética da actividade industrial

CTEF — Consumo Total de Energia Final

VAB — Valor Acrescentado Bruto de um sector, ramo ou empresa

Tep — Tonelada equivalente de petróleo = 10^7 kcalorias

Conforme citado as intensidades energéticas medem a **produtividade energética** de uma economia, sector de actividade ou empresa.

- **Elasticidade do Consumo de Energia** (em relação ao PIB ou VAB) mede a variação do crescimento do consumo de energia em relação à variação do crescimento do PIB ou do VAB.

$$\varepsilon_{E/PIB} = \frac{\frac{\Delta CTE}{CTE}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}}$$

Este indicador permite avaliar sobre o ritmo de crescimento do consumo de energia em relação ao do crescimento da economia (produção industrial, etc.) Se esta elasticidade for superior à unidade significa que a taxa de crescimento do consumo de energia é superior à do crescimento da economia. Normalmente esta é uma situação indesejável. O aumento na eficiência energética das economias conduz, normalmente, a elasticidades inferiores à unidade.

- **Consumo médio (C_m)** de um ramo de actividade (ou de um subsector) mede a quantidade de energia agregada à produção de um ramo de actividade, por unidade de produção, e é definido como sendo a razão entre o consumo de energia final e a quantidade de produção, do subsector ou ramo de actividade, em unidades físicas (toneladas, toneladas × km transportadas, número de utilizadores, etc.). Este indicador tenta reflectir um consumo específico médio, como seja por exemplo,

$$C_m = \frac{CEF}{t_{devidro}} = N_{tep}/t$$

que caracteriza o consumo médio da produção de vidro num país ou região, em tep por tonelada de produto fabricado.

- **Consumo específico (C_e)** de um produto determinado mede a quantidade de energia consumida para produzir uma unidade (toneladas, litros, unidades, ...) daquele produto e é definido como sendo a razão entre o consumo de energia final e a

quantidade de produção, do produto em análise, em unidades físicas. Este indicador é utilizado ao nível microeconómico de uma determinada empresa e é essencialmente função da produção, como seja por exemplo:

$$C_e = \frac{CEF}{t_{\text{vidro plano}}} = N \text{ kgep/t}$$

que determina a quantidade de energia consumida (em kgep), numa empresa do ramo do vidro, para produzir uma tonelada de vidro plano com uma determinada espessura.

- **Consumo unitário (C_u)** de um determinado equipamento mede, em condições normalizadas, a quantidade de energia consumida para a prestação de um serviço e é definido como sendo a razão o consumo de energia final e o serviço pretendido (mobilidade, temperatura, nível de iluminação, ...). Este indicador é utilizado ao nível do equipamento e é independente da produção corrente, pois ele é determinado em condições normalizadas de produção, normalmente através de ensaios realizados pelo fabricante desse equipamento. Um exemplo muito popular é o consumo unitário de uma viatura que determina a quantidade de energia necessária para percorrer 100 km em circuito normalizado.

$$C_u = \frac{CEF}{100\text{km}} = Nl/100\text{km}$$

Os **indicadores descritivos** apresentados são os mais utilizados em análises e caracterizações energéticas e constituem elementos fundamentais para a prática da gestão da energia aos níveis micro e macroeconómico. A sua aplicação poderá, no entanto, ser bastante mais desagregada em função das análises que se pretendam fazer.

Indicadores Explicativos

Os **indicadores explicativos**, conforme já referido, têm como função identificar a contribuição dos vários efeitos nas variações dos indicadores descritivos.

A quantificação dos efeitos a nível macroeconómico poderá ser muito variada e extensa dependendo apenas do tipo de efeitos que se pretendem determinar e

dos indicadores sobre os quais se pretende medir aqueles efeitos. Assim o cálculo dos vários efeitos poderá incidir sobre todos os indicadores descritivos já apresentados ou a desenvolver.

Um conjunto de efeitos, que explicam as variações de indicadores energéticos sectoriais, podem ser quantificados em função do tipo de avaliação que se pretende efectuar.

Alguns exemplos destes indicadores explicativos são:

Indicadores Explicativos — Indicadores Económicos — Exemplos:

Indicadores macroeconómicos

Efeito de clima⁸ na intensidade energética do PIB, representado pela diferença entre a actual intensidade energética do PIB (a estrutura corrente) a intensidade energética do PIB corrigido para as variações de clima (em relação a um valor tido como normalizado).

Efeito macroestrutural na intensidade energética do PIB, representado pela diferença entre a actual intensidade energética (a estrutura corrente) e a intensidade energética a estrutura constante.

A quantificação dos efeitos a nível macroeconómico poderá ser muito variada e extensa dependendo apenas do tipo de efeitos que se pretendem determinar e dos indicadores sobre os quais se pretende medir aqueles efeitos. Assim o cálculo dos vários efeitos poderá incidir sobre todos os indicadores descritivos já apresentados ou a desenvolver.

Indicadores Explicativos — Indicadores Técnico-económicos — Exemplos:

Um conjunto de efeitos, que explicam as variações de indicadores energéticos sectoriais, podem ser quantificados em função do tipo de avaliação que se

⁸ No presente documento a referência ao clima, no contexto de “clima normalizado” pretende caracterizar os “efeitos atmosféricos” como sejam o impacto da temperatura, da precipitação ou de outros factores meteorológicos na intensidade energética.

pretende efectuar. Dado que não é objectivo deste trabalho a explicação exaustiva dos indicadores de eficiência energética, passaremos a apresentar alguns exemplos de efeitos que, nos vários sectores da actividade, podem ser úteis para explicar variações dos correspondentes indicadores descritivos.

Indicadores Técnico-económicos para o sector Industrial

Efeito do consumo médio (ou do consumo específico) nas variações do consumo de energia final nos diversos subsectores ou ramos de actividade individual (vidro, aço, cimento, papel, etc.).

Efeito quantitativo da produção nas variações do consumo de energia final nos diversos subsectores ou ramos de actividade industrial.

Indicadores Técnico-económicos para o sector Terciário

Efeito do consumo médio (ou do consumo específico) nas variações do consumo de energia final no sector terciário.

Efeito quantitativo (do número de empregados) nas variações do consumo de energia final no sector terciário.

Efeito do clima⁶ nas variações do consumo de energia final no sector terciário

Um Método de Avaliação

Como referência iremos citar, de forma sucinta, um método de avaliação sustentado numa técnica para a determinação de efeitos, conhecida por **método Laspeyre**.

Se considerarmos a evolução de um subsector industrial, num dado período (0-t), podemos definir os seguintes parâmetros quantitativos:

- **nível de actividade (A)** definido como sendo a produção total medida em termos de valor acrescentado;
- **alterações estruturais ($S_i = A_i/A$)** que correspondem às mudanças na contribuição de cada ramo de actividade para a formação do valor acrescentado do subsector considerado;

- **intensidade energética (I_i)** que corresponde à intensidade energética de cada ramo de actividade do subsector em análise;
- **consumo de energia ($E = A \sum_i S_i I_i$)** que representa o consumo de energia no subsector em estudo;

a partir dos quais podem ser definidos os **índices de Laspeyre**:

– efeito de actividade $\rightarrow LA_t = \frac{A_0 \sum_i S_{i0} I_{i0}}{E_0}$

– efeito de estrutura $\rightarrow LS_t = \frac{A_0 \sum_i S_{it} I_{i0}}{E_0}$

– efeito de eficiência $\rightarrow LI_t = \frac{A_0 \sum_i S_{i0} I_{it}}{E_0}$
(ou efeito de intensidade)

Estes indicadores podem ser determinados para os vários combustíveis e formas de energia, como por exemplo a energia eléctrica.

Os **índices de Laspeyres** são ferramentas úteis para analisar a variação de um indicador (como o consumo de energia, preço ou produção) ao longo do tempo. Baseiam-se na comparação de valores de diferentes períodos, mantendo as condições iniciais (do período base) como referência. A sua interpretação centra-se em desagregar os factores que explicam as mudanças observadas.

Cada índice mede a variação causada por um factor específico, enquanto mantém os outros factores constantes. Em termos da análise energética de um subsector industrial, os índices interpretam-se da seguinte forma:

Índice de Actividade (Efeito de Actividade - EA):

- **O que mede?**

Mede o impacto da variação no nível total de actividade (produção ou valor acrescentado) no consumo de energia, assumindo que a estrutura e a intensidade energética não mudam.

- **Interpretação:**

Se o índice for elevado, significa que o aumento do nível de actividade é responsável por um crescimento significativo no consumo de energia.

Exemplo: Um aumento da produção industrial normalmente leva a um aumento do consumo de energia, mesmo que a eficiência ou a estrutura permaneçam inalteradas.

Índice de Estrutura (Efeito de Estrutura - EE):

1. **O que mede?**

Mede o impacto das mudanças na distribuição relativa da produção entre diferentes ramos de actividade, assumindo que a intensidade energética e o nível de actividade global se mantêm constantes.

2. **Interpretação:**

Este índice reflecte como mudanças estruturais (ex.: maior peso de actividades mais intensivas em energia) afectam o consumo energético.

Exemplo: Se o subsector muda para incluir mais actividades de alto consumo energético (ex.: metalurgia), o consumo total de energia aumenta, mesmo que o nível de actividade geral e a eficiência permaneçam constantes.

Índice de Intensidade (Efeito de eficiência - EI):

• **O que mede?**

Mede o impacto das mudanças na intensidade energética (ou eficiência energética) sobre o consumo total de energia, assumindo que o nível de actividade e a estrutura permanecem constantes.

• **Interpretação:**

Um índice elevado indica um aumento na intensidade energética (ou redução na eficiência), enquanto um índice baixo ou negativo sugere uma melhoria na eficiência energética.

Exemplo: A adopção de tecnologias mais eficientes pode reduzir o consumo energético, mesmo que o nível de actividade e a estrutura permaneçam inalterados.

Interpretação Geral

- **Positivo:** Um índice positivo (ou crescente) indica que o factor em análise contribuiu para um aumento no consumo de energia.
- **Negativo:** Um índice negativo (ou decrescente) indica que o factor em análise contribuiu para uma redução no consumo de energia.

Ao somar os três índices, obtém-se a **variação total no consumo de energia**. Isto permite avaliar qual dos factores teve maior influência no comportamento observado.

Exemplo

Se o consumo de energia total aumentou 10% num subsector:

- O **efeito de actividade** pode ser responsável por +8% (mais produção).
- O **efeito de estrutura** pode ser responsável por +3% (maior peso de sectores mais intensivos).
- O **efeito de intensidade** pode ser responsável por -1% (melhoria na eficiência energética).

A maior parte do aumento foi impulsionada pelo crescimento da actividade, com as mudanças estruturais a contribuíram, enquanto ganhos de eficiência ajudaram a mitigar o crescimento do consumo.

Foram aqui apresentados alguns dos indicadores mais utilizados na análise e na comparação do nível de eficiência energética quer ao nível macroeconómico, quer ao nível microeconómico. Este conjunto de indicadores não esgota todo o universo possível de indicadores de eficiência energética que podem ser construídos e cuja determinação poderá, também, depender da imaginação criativa do Economista de Energia ou do Gestor da Energia.

Pretendeu-se, fundamentalmente, dar alguns exemplos que permitem fornecer ao leitor algumas indicações de carácter global para melhor compreender o universo das interdependências energéticas com o sistema produtivo.

A eficiência energética é uma ferramenta essencial para a uma transição energética sustentável e amiga do consumidor, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e a prosperidade económica. Ao promover o uso racional da energia, é possível alcançar significativas reduções nos custos e emissões, enquanto se preservam os recursos naturais. Contudo, para maximizar o seu impacto, é necessário um esforço conjunto entre governos, empresas e consumidores, com foco em educação, regulamentação e incentivos financeiros que permitam ultrapassar as barreiras existentes.

Sugestão para Avaliação Correcta da Eficiência Energética no PNEC

A avaliação da eficiência energética no **Plano Nacional de Energia e Clima 2030** (PNEC 2030) deve basear-se em indicadores precisos que reflectem melhorias reais na utilização da energia. A adopção de uma abordagem que

mede a eficiência apenas pela redução do consumo total de energia primária ou final é inadequada, pois não distingue entre ganhos reais de eficiência e reduções resultantes de factores externos, como crises económicas ou mudanças no mix energético.

Indicadores Fundamentais

Para garantir uma análise rigorosa da eficiência energética, o PNEC deve incluir indicadores que realmente reflectam melhorias na eficiência, tais como:

- **Intensidade Energética (IE)**

- Razão entre o consumo de energia e a actividade económica (PIB ou VAB).
- Permite aferir a eficiência com que a energia é utilizada para gerar valor económico.

- **Consumo Específico (CE)**

- Energia consumida por unidade de produto (ex.: kWh/tonelada de aço produzido).
- Mede melhorias tecnológicas e práticas industriais mais eficientes.

- **Elasticidade do Consumo de Energia (ϵ_E /PIB)**

- Relação entre o crescimento do consumo de energia e o crescimento do PIB.
- Um valor inferior a 1 indica que a economia cresce mais rapidamente do que o consumo energético, evidenciando ganhos de eficiência.

- **Análise dos Efeitos (EE) - Método de Laspeyres**

Separa a variação do consumo de energia em três factores:

- **Efeito de Actividade:** impacto do crescimento económico no consumo energético.
- **Efeito de Estrutura:** impacto das mudanças na composição sectorial da economia.
- **Efeito de Eficiência:** impacto da adopção de tecnologias mais eficientes.

Evitar Indicadores Enganosos

- **Evitar utilizar a redução do consumo total de energia primária ou final como métrica principal de eficiência.**
 - Reduções no consumo podem resultar de recessões económicas, electrificação ou mudanças comportamentais temporárias, sem significar reais ganhos de eficiência.

Considerar Externalidades e Impactos Económicos

- Incorporar a análise custo-benefício das medidas de eficiência energética.
- Considerar indicadores como o **Return on Invested Energy**⁹, garantindo que as políticas maximizem a relação entre energia investida e energia útil obtida.

O PNEC 2030 deve substituir a abordagem actual, baseada exclusivamente na redução do consumo total de energia, por um conjunto de indicadores que realmente reflectem a eficiência energética. Estes indicadores permitirão avaliar correctamente os progressos na eficiência sem comprometer o crescimento económico, garantindo um planeamento energético mais rigoroso e sustentável.

⁹ O Return on Invested Energy (ROIE), também conhecido como Energy Return on Investment (EROI ou EROEI - Energy Returned on Energy Invested), é um indicador que mede a eficiência energética de um sistema de produção de energia. Ele expressa a quantidade de energia útil obtida em relação à energia necessária para a sua extracção, produção ou conversão.

Bibliografia

Livros e Manuais

- **FERREIRA, João de Jesus; FERREIRA, Teresa.** *Economia e Gestão da Energia*. Lisboa: Texto Editora, 1994.
- **GOLDEMBERG, José.** *Energia e Meio Ambiente no Brasil*. São Paulo: Edusp, 1998.
- **CULLEN, Jonathan M.** *Energy: A Beginner's Guide*. Oxford: Oneworld Publications, 2016.
- **PATTERSON, Murray G..** *What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues*. *Energy Policy*, v. 24, n. 5, p. 377-390, 1996.
- **TURNER, Wayne C.; DOTY, Steve.** *Energy Management Handbook*. 9.^a ed. Lilburn: The Fairmont Press, 2012.
- **SAHNI, Navdeep; SCHEINER, Alex.** *Energy Efficiency: Towards the End of Demand Growth*. McKinsey & Company, 2016.
- **LABANDEIRA, Xavier; LÓPEZ-OTERO, Xiral.** *Energy efficiency: economics and policy*. *Journal of Economic Surveys*, v. 34, n. 2, p. 312-343, 2020.
- **FARIA, Pedro; SOUZA, Matheus.** *Indicadores de Eficiência Energética: Conceitos e Aplicações no Setor Elétrico*. São Paulo: Blucher, 2017.

Relatórios de Organizações Internacionais

- **International Energy Agency (IEA).** *Energy Efficiency 2023: Market Report*. Paris: IEA, 2023.
- **United Nations Environment Programme (UNEP).** *Sustainable Energy and Energy Efficiency Policies*. Genebra: UNEP, 2022.
- **European Commission.** *Energy Efficiency Trends and Policies in Europe*. Bruxelas: European Commission, 2022.
- **World Bank.** *Sustainable Energy for All (SE4ALL) Global Tracking Framework*. Washington, D.C.: World Bank, 2020.
- **International Renewable Energy Agency (IRENA).** *Innovation Landscape for Smart Electrification and Energy Efficiency*. Abu Dhabi: IRENA, 2023.
- **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** *Climate Change Mitigation: Energy Demand and Efficiency Strategies*. Cambridge: IPCC, 2022.

Normas Técnicas e Legislação

- **ISO 50001:2018** – *Sistemas de gestão de energia – Requisitos com orientações para uso*. Genebra: International Organization for Standardization, 2018.
- **Diretiva 2018/2002/UE** – *Revisão da Diretiva 2012/27/UE relativa à Eficiência Energética*. Bruxelas: Parlamento Europeu e Conselho Europeu, 2018.
- **Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril** – *Regime jurídico da eficiência energética dos edifícios*. Lisboa: Diário da República, 2015.
- **Plano Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)** – Portugal. Lisboa: Agência para a Energia (ADENE), 2020.

Artigos Científicos sobre Indicadores de Eficiência Energética

- **PATTERSON, M. G.**. *What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues*. Energy Policy, v. 24, n. 5, p. 377-390, 1996.
- **SCHIPPER, Lee; MEYERS, Stephen**. *Energy Efficiency and Human Activity: Past Trends, Future Prospects*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- **FILIPPINI, Massimo; HUNT, Lester C.**. *Measuring persistent and transient energy efficiency in the US*. Energy Efficiency, v. 9, p. 663-675, 2016.
- **ADEME (Agence de la Transition Écologique)**. *Energy efficiency indicators: Methodology and best practices*. Paris: ADEME, 2021.
- **IEA (International Energy Agency)**. *Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics*. Paris: IEA, 2014.
- **BALTIERI, H.; SANTOS, S. M.**. *A evolução da eficiência energética no Brasil: análise a partir de indicadores estruturais*. Revista Brasileira de Energia, v. 25, n. 2, p. 33-52, 2020.
- **LINA, João; SANTOS, Fernando**. *Indicadores de eficiência energética na indústria: uma abordagem quantitativa*. Revista Engenharia Energética, v. 29, p. 21-39, 2021.

20

Sobre

A SEDES

A SEDES é uma das mais antigas associações cívicas portuguesas, operando, desde 1970, como um “think tank” independente, comprometido a pensar Portugal ao centro. A sua missão é promover o desenvolvimento económico e social do país, através de contributos especializados e plurais em vários setores das políticas públicas.

25