



# Distribuição do consumo de eletricidade na indústria no território em Portugal Continental e a potencial satisfação desta procura por fonte solar fotovoltaica

## Relatório técnico

outubro 2023

Juliana Barbosa, Sofia G. Simões, Paula Oliveira,  
Pedro Patinha, Lídia Quental, Justina Catarino,  
Teresa Simões, Carlos Rodrigues,  
Paulo J.R. Pinto, João P. Cardoso

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia



## LNEG Relatório Técnico

### Contactos

Sofia G. Simões, Juliana Barbosa, Paula Oliveira | LNEG – UER

Lídia Quental, Pedro Patinha | LNEG – UIG

Justina Catarino, Teresa Simões, Carlos Rodrigues, João P. Cardoso | LNEG – UEREE

Paulo J.R. Pinto | LNEG – UME

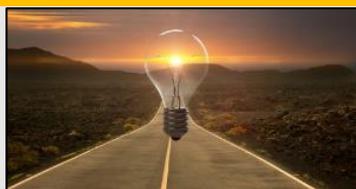
**Morada:** LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586 – Alfragide, 2610-999 AMADORA, Portugal

**Telefone:** +351 210 924 600/1

ISBN 978-989-675-131-9

© LNEG, 2023

**Como citar:** Barbosa, J., Simões, S.G., Oliveira, P., Patinha, P., Quental, L., Catarino, J., Simões, T., Rodrigues, C., Pinto, P.J.R., Cardoso, J.P. (2023) **Distribuição do consumo de eletricidade na indústria no território em Portugal Continental e a potencial satisfação desta procura por fonte solar fotovoltaica.** pp. 23. LNEG Relatório Técnico, Amadora, Portugal.



### Unidade de Economia de Recursos

A **Unidade de Economia de Recursos (UER)** é transversal às áreas de Energia e Geologia do LNEG. Desenvolve atividades de I&D&D e de apoio à decisão tanto para legisladores de políticas públicas quanto para o setor privado em economia de recursos energéticos e geológicos, visando a neutralidade carbónica e a exploração e uso sustentável de recursos. A unidade aplica **abordagens analíticas tecno-económicas e sociais** nas áreas de: (1) Sistemas de energia sustentável, (2) Uso de recursos para produção e consumo de energia, (3) Classificação de depósitos geológicos nacionais e recursos energéticos numa economia global, (4) Impacto económico e social da transição energética, (5) Economia circular, incluindo o design de produtos, serviços, sistemas e modelos de negócio, e (6) Contratação pública sustentável.



### Unidade de Informação Geocientífica

A **Unidade de Informação Geocientífica (UIG)** desenvolve atividade de I&D&D na disponibilização e gestão integrada de conteúdos geocientíficos institucionais, em formato digital e [em serviços de biblioteca e arquivo histórico](#). Os principais objetivos da unidade são a manutenção e desenvolvimento de sistemas de informação (SI) transversais aos dados energéticos e geológicos, garantindo a sua preservação e agilizando a pesquisa, visualização, consulta, análise, download e divulgação através do [geoPortal de Energia e Geologia](#). Os SI potenciam a utilização da informação geocientífica, apoiando a investigação e o ensino, as empresas, a administração pública, os centros de decisão, as políticas públicas e os cidadãos em geral.



### Unidade de Energias Renováveis e Eficiência Energética

A **Unidade de Energias Renováveis e Eficiência Energética (UEREE)** tem como missão realizar I&D e promover a Inovação, bem como apoiar o setor empresarial e a aplicação de políticas públicas nos domínios das energias renováveis, eficiência energética, armazenamento de energia e integração de sistemas energéticos. Desenvolve atividades de I&D de tecnologias para conversão de radiação solar em energia térmica e/ou elétrica e suas aplicações, incluindo a integração de sistemas solares térmicos em processos industriais. Desenvolve, I&D na caracterização do potencial eólico em ambientes onshore, offshore e urbanos, na avaliação de desempenho de conversores de energia eólica, das ondas e no desenvolvimento de tecnologia micro-eólica. Desenvolve metodologias para: aproveitamento de recursos renováveis; conceção e modelação de sistemas ~100% renováveis; estudando mercados de eletricidade com alta penetração renovável. Desenvolve ainda I&D em eficiência energética e em edifícios Net Zero Energy, rumo ao conceito Smart Cities, através do desenvolvimento energético sustentável das cidades, e envolvendo estudos de flexibilidade energética incluindo a integração de energias renováveis no contexto urbano. No âmbito da Rede de Laboratórios Credenciados do LNEG, a UEREE integra o Laboratório de Energia Solar.



### Unidade de Materiais para a Energia

As principais atividades da **Unidade de Materiais para Energia (UME)** focam: Contribuição para a promoção e desenvolvimento das energias renováveis e da transição energética na conversão, no armazenamento e nos vetores energéticos; Materiais inovadores para setores estratégicos da economia; Alinhamento com as questões da criticidade dos materiais: substituição, segunda vida, reciclabilidade; Valorização dos recursos endógenos, em linha com as estratégias nacionais. Está organizado em diversas áreas de competência e temas de investigação, nomeadamente: Desenvolvimento de Materiais para Energias Renováveis; Materiais para as Tecnologias do Hidrogénio e Baterias (desenvolvimento de novos materiais para as tecnologias do hidrogénio, nomeadamente a produção por eletrólise, o armazenamento e as células de combustível); Estudos prospetivos sobre a aplicação do H<sub>2</sub> como vetor energético; Tecnologias de baterias, como o estudo e desenvolvimento de materiais, bem como testes de estabilidade, durabilidade e ciclabilidade); Extração e reciclagem de materiais para Tecnologias Energéticas.

# Índice

Índice.....	3
Lista de figuras .....	4
Lista de tabelas.....	5
Lista de acrónimos .....	6
1 Enquadramento e Objetivos.....	7
1.1 Enquadramento e motivação.....	7
1.2 Objetivos e âmbito.....	8
2 Abordagem metodológica.....	9
2.1 Mapeamento do consumo de eletricidade em áreas industriais.....	9
2.2 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas industriais.....	10
2.3 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas envolventes das áreas industriais.....	11
3 Mapeamento do consumo de eletricidade na indústria em Portugal Continental .....	14
3.1 Identificação de áreas industriais em Portugal .....	14
3.2 Consumo médio de eletricidade na indústria por município.....	15
3.3 Intensidade do consumo de energia elétrica em áreas industriais.....	16
3.4 Mapeamento do consumo de eletricidade nas áreas industriais .....	17
4 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas industriais.....	18
4.1 Ocupação equivalente a 1% das áreas industriais.....	18
4.2 Análise de sensibilidade .....	20
5 Possibilidades de implantação de centrais de energia solar fotovoltaica nas proximidades das áreas industriais atuais .....	22
6 Limitações e notas a considerar .....	23

## Lista de figuras

Figura 1 - Abordagem metodológica para o mapeamento do consumo de eletricidade nas áreas industriais .....	10
Figura 2 – Metodologia usada para identificação da parcela de consumo satisfeita com PV dentro da área (telhado) .....	11
Figura 3 - Identificação das áreas envolventes das áreas industriais menos sensíveis .....	12
Figura 4 - Cálculo do atendimento do consumo nas áreas envolventes.....	12
Figura 5 – Exemplos de áreas industriais .....	14
Figura 6 - Distribuição regional das áreas industriais.....	14
Figura 7 - Consumo médio de eletricidade por município na indústria transformadora .....	15
Figura 8 - Mapa da intensidade do consumo de energia elétrica industrial por município (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	16
Figura 9 - Mapa e exemplos de consumo estimado de eletricidade por área industrial .....	17
Figura 10 - Comparação entre as áreas industriais e as áreas autossuficientes em termos da variação de áreas, consumos e geração.....	19

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Parcela do consumo satisfeita com geração nas áreas industriais com painéis fotovoltaicos que ocupem área equivalente a 1% da área industrial .....	20
Tabela 2 - Parcela do consumo satisfeita com geração nas áreas industriais com painéis fotovoltaicos que ocupem área equivalente a 2% da área industrial .....	20
Tabela 3 Parcela do consumo satisfeita com geração nas áreas industriais com painéis fotovoltaicos que ocupem área equivalente a 5 % da área industrial .....	21
Tabela 4 - Estimativa da capacidade de geração das áreas envolventes por região .....	22

## Lista de acrónimos

CAOPS	Carta Administrativa Oficial de Portugal
COS2018	Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) para 2018
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DGPC	Direção-Geral do Património Cultural
DGT	Direção Geral do Território
ICNF	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
NEPS	Número de horas anuais equivalentes à potência nominal
PDM	Plano Diretor Municipal
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
RAN	Reserva Agrícola Nacional
RED	Diretiva Energias Renováveis
REN	Reserva Ecológica Nacional
RNC2050	Roteiro da Neutralidade Carbónica
SIG	Sistema de Informação Geográfica

# 1 Enquadramento e Objetivos

Este documento descreve o trabalho desenvolvido pelo LNEG **com vista ao mapeamento do consumo de eletricidade na indústria em Portugal Continental e a potencial satisfação desta procura por energia solar fotovoltaica**. O presente estudo derivou do esforço anterior para a **identificação no país de áreas com menor sensibilidade (ambiental e patrimonial) para a instalação de centrais de geração de eletricidade de fonte renovável** e ampliou o seu âmbito para a investigação da potencial satisfação do consumo industrial de eletricidade em áreas artificializadas para fins industriais e nas áreas envolventes destas consideradas menos sensíveis.

A implementação de tecnologias de conversão de energia de fonte renovável de forma distribuída em ambiente construído/artificializado é fundamental para o país. No entanto, a análise pormenorizada desse universo necessita de mais tempo e recursos do que os disponíveis neste âmbito. Neste documento é apresentada uma análise exploratória da integração de sistemas solares fotovoltaicos na indústria, considerando o território por ela ocupado.

Deve notar-se que os resultados apresentados **traduzem a situação à data de janeiro / fevereiro de 2023**, sendo que muita da informação utilizada tem um caráter dinâmico pelo que os resultados deste trabalho enquadram-se num contexto temporal definido, necessitando de atualizações periódicas.

## 1.1 Enquadramento e motivação

Considerando o disposto na revisão da Diretiva (UE) 2018/2001 (Diretiva Energias Renováveis ou REDII), nomeadamente o previsto no n.º 1, alínea a) do novo artigo 15.º-C, na identificação de "Go-To Areas", os Estados-membro devem:



Dar **prioridade a superfícies artificiais e construídas**, como telhados, zonas de infraestruturas de transporte, parques de estacionamento, lixeiras, **zonas industriais**, minas, massas de água interiores, lagos ou reservatórios artificiais e, sempre que adequado, instalações de tratamento de águas residuais urbanas, bem como terrenos degradados não utilizáveis para a agricultura;



Excluir os **sítios da rede Natura 2000 e os parques e reservas naturais, as rotas migratórias de aves identificadas, bem como outras zonas identificadas** com base em mapas de sensibilidade e nos instrumentos referidos parágrafo seguinte, exceto as superfícies artificiais e construídas localizadas nessas zonas, como os telhados, os parques de estacionamento, ou as infraestruturas de transporte.



**Usar todos os instrumentos e conjuntos de dados apropriados** para identificar as áreas onde as unidades de conversão de energia de fonte renovável não terão um impacto ambiental significativo, incluindo mapeamento de sensibilidade da vida selvagem.

As **áreas artificializadas** são consideradas prioritárias, sendo que nesta fase **foram consideradas** apenas as **áreas industriais**. De notar que o despacho conjunto de 7 de outubro de 2021, da

APA/DGEG ([Despacho Conjunto APA/DGEG](#))<sup>1</sup>, já prevê a não aplicabilidade do regime jurídico da Avaliação de Impacte Ambiental a centros eletroprodutores que tenham por fonte primária a energia solar e que estejam localizados em áreas artificializadas.

Deve ser referido que a implementação de unidades de conversão de energia de fonte renovável em Portugal se enquadra no compromisso nacional para a redução das suas emissões de gases com efeito de estufa, prevista no Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC) e no Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050). Recentemente, Portugal aprovou metas ainda mais ambiciosas de incorporação de energia de fonte renovável no consumo final de energia. Estas metas vão além das que foram estabelecidas no PNEC e no RNC 2050. Os novos valores constam do Decreto-Lei n.º 84/2022, de 9 de dezembro, onde é especificado que a meta global de incorporação de energia de fonte renovável do país será de 49% em 2030, dois pontos percentuais acima do compromisso inscrito no PNEC, estipulando ainda objetivos intercalares, que passam por alcançar incorporações no consumo final de 34% em 2024, de 40% em 2026 e de 44% em 2028.

## 1.2 Objetivos e âmbito

Este trabalho tem como objetivo aprofundar a **análise preliminar realizada no estudo relativo à identificação das áreas com menor sensibilidade ambiental para a implementação de sistemas de produção de eletricidade de fonte renovável**. Enquadra-se no contexto do plano REPowerEU e na revisão da Diretiva (UE) 2018/2001 relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis (RED II), pretendendo contribuir para a resposta às recomendações da Comissão Europeia, tendo presente a ambição e compromissos nacionais.

O presente relatório é o segundo de um conjunto de **relatórios técnicos** que o LNEG desenvolveu no enquadramento dos objetivos do REPowerEU, a saber:

1. Identificação de áreas com menor sensibilidade ambiental e patrimonial para localização de unidades de produção de eletricidade com energia de fonte renovável (publicado em janeiro de 2023<sup>2</sup>);
2. Estimativa de potenciais técnicos de energia renovável em Portugal - eólico, solar fotovoltaico, solar concentrado, biomassa e oceanos (publicado em julho de 2023<sup>3</sup>);
3. Distribuição do consumo de eletricidade na indústria no território em Portugal Continental e a potencial satisfação desta procura por energia solar fotovoltaica (presente relatório).

---

<sup>1</sup> Despacho Conjunto APA/DGEG: <https://www.dgeg.gov.pt/media/0msn4oky/despacho-conjunto-apa-dgeg-final.pdf> sobre "Aplicabilidade do regime jurídico de AIA a centros eletroprodutores tendo como fonte primária a energia solar e localizados em áreas artificializadas"

<sup>2</sup> Simões, S.G., Barbosa, J., Oliveira, P., Patinha, P., Quental, L., Catarino, J., Simões, T., Rodrigues, C., Pinto, P.J.R., Azevedo, P., Cardoso, J.P., Picado, A. (2023) **Identificação de áreas com menor sensibilidade ambiental e patrimonial para localização de unidades de produção de eletricidade renovável**. pp. 61. LNEG Relatório Técnico, Amadora, Portugal. <http://hdl.handle.net/10400.9/4006>

<sup>3</sup> Simões, S.G., Simões, T., Barbosa, J., Rodrigues, C., Azevedo, P., Cardoso, J.P., Facção, J., Costa, P.A., Justino, P., Gírio, F., Reis, A., Passarinho, P.C., Duarte, L., Moura, P., Abreu, M., Estanqueiro, A., Couto, A., Oliveira, P., Quental, L., Patinha, P., Catarino, J., Picado, A. (2023) **Estimativa de potenciais técnicos de energia renovável em Portugal**. pp. 112. LNEG Relatório Técnico, Amadora, Portugal. ISBN 978-989-675-130-2. <http://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/4077>

## 2 Abordagem metodológica

Efectuou-se o mapeamento do consumo de eletricidade na indústria e estimou-se a possibilidade da sua satisfação com recurso a energia solar fotovoltaica gerada nas respetivas áreas industriais (coberturas) e nas áreas envolventes. Foi tida em conta a identificação de áreas de Portugal Continental não abrangidas por condicionantes ambientais e patrimoniais relevantes. Foi feita a compilação de informação espacial em Sistema de Informação Geográfica (SIG), mais especificamente o software SIG ArcGIS 10.8.2 © ESRI<sup>4</sup> (2023). Salienta-se que a heterogeneidade e complexidade destas áreas tornam o presente exercício suscetível a imprecisões. Ao considerar a intensidade energética de consumo industrial de eletricidade como uma função linear da área por ela ocupada em cada município, não se está a considerar as diferenças no consumo de eletricidade em industriais de setores diferentes.

Este capítulo detalha a abordagem metodológica adoptada, apresentando na secção 2.1 a abordagem usada para mapear o consumo de eletricidade no setor industrial. A secção 2.1 explana os pressupostos usados para estimar o potencial de satisfação do consumo de electricidade nas áreas industriais considerando a instalação de sistemas fotovoltaicos apenas nas áreas industriais (coberturas). A secção 2.3 descreve a metodologia usada para a estimar o potencial de satisfação da procura industrial de eletricidade com recurso a sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas envolventes consideradas menos sensíveis do ponto de vista ambiental e patrimonial.

### 2.1 Mapeamento do consumo de eletricidade em áreas industriais

A metodologia adotada no mapeamento do consumo de eletricidade do setor industrial seguiu uma abordagem faseada, encontrando-se ilustrada na Figura 1, consistindo nos seguintes passos:

1. **Estimativa das áreas industriais** existentes em Portugal Continental tendo em conta a ocupação do solo identificada pela Direção Geral do Território e refletida na Carta de Ocupação do Solo 2018 (COS2018) e combinando esta informação com a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) da mesma instituição. Identificaram-se 6 885 áreas da indústria classificadas como tal na COS2018. A utilização da CAOP para a atribuição destas áreas aos municípios resulta num total de 7 178 áreas. Destas, 13 áreas industriais (ou polígonos) são de muito pequena dimensão (totalizando 0,04km<sup>2</sup>) e estão localizadas no limite dos municípios da CAOP, não tendo sido possível alocá-las a um município, tendo ficado fora da análise subsequente;
2. **Identificação por município da intensidade energética das áreas industriais**, tendo por base os dados de consumo de eletricidade na indústria transformadora por município nos anos de 2016 a 2021, excetuando o ano de 2020 por ter sido atípico em função da pandemia de COVID-19, disponibilizados pela Direção Geral de Energia;

---

<sup>4</sup> Copyright 1995–2023 Esri. Todos os direitos reservados. Publicado nos Estados Unidos da América. <https://www.esri.com/en-us/legal/copyright-trademarks>

3. **Estimativa do consumo de eletricidade por área industrial** pela multiplicação das áreas industriais pela intensidade energética industrial de cada município.

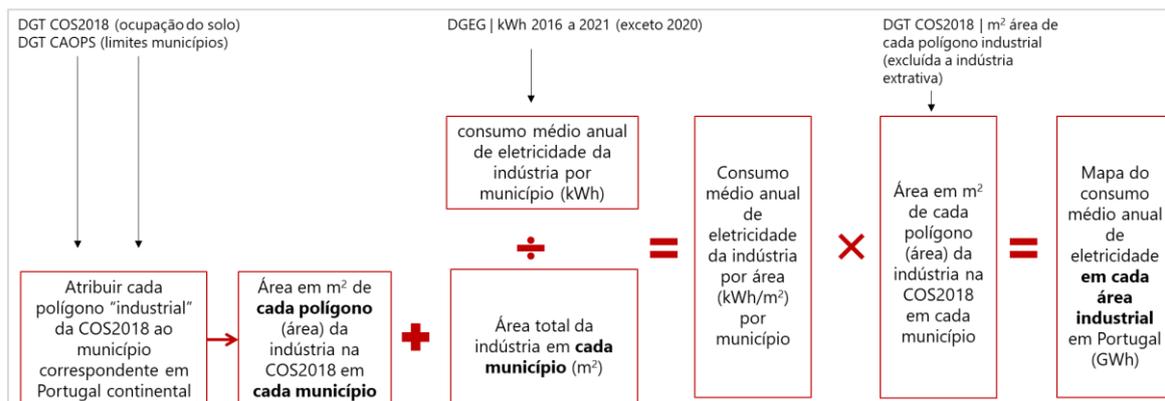


Figura 1 – Esquemática da metodologia utilizada no mapeamento do consumo de eletricidade nas áreas industriais

## 2.2 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas industriais

Considerando o mapeamento do consumo de eletricidade nas áreas industriais, procedeu-se à estimativa da **fração do consumo de eletricidade na indústria** que poderia ser satisfeito com a implementação de **sistemas solares fotovoltaicos em coberturas situadas no interior das próprias áreas industriais**. A Figura 2 representa esquematicamente os passos seguidos nessa estimativa. Assumiu-se que a área de módulos fotovoltaicos que se poderá instalar em condições ótimas numa determinada área industrial é equivalente a 1% da área industrial. Para o cálculo da capacidade que poderia ser instalada por metro quadrado considerou-se uma eficiência média dos módulos fotovoltaicos de 20%. Em seguida, combinou-se cada área industrial com a geração de eletricidade que seria possível obter por unidade de capacidade instalada tendo em conta a sua localização no território, e considerando os dados disponíveis no Global Solar Atlas<sup>5</sup>, PV-OUTPUT em kWh/kW<sub>p</sub>. Por exemplo, os territórios a Norte de Portugal gerariam anualmente, em média, cerca de 1300 kWh/kW<sub>p</sub>, enquanto a Sul, este valor seria da ordem dos 1700 kWh/kW<sub>p</sub>.

<sup>5</sup> <https://globalsolaratlas.info/>

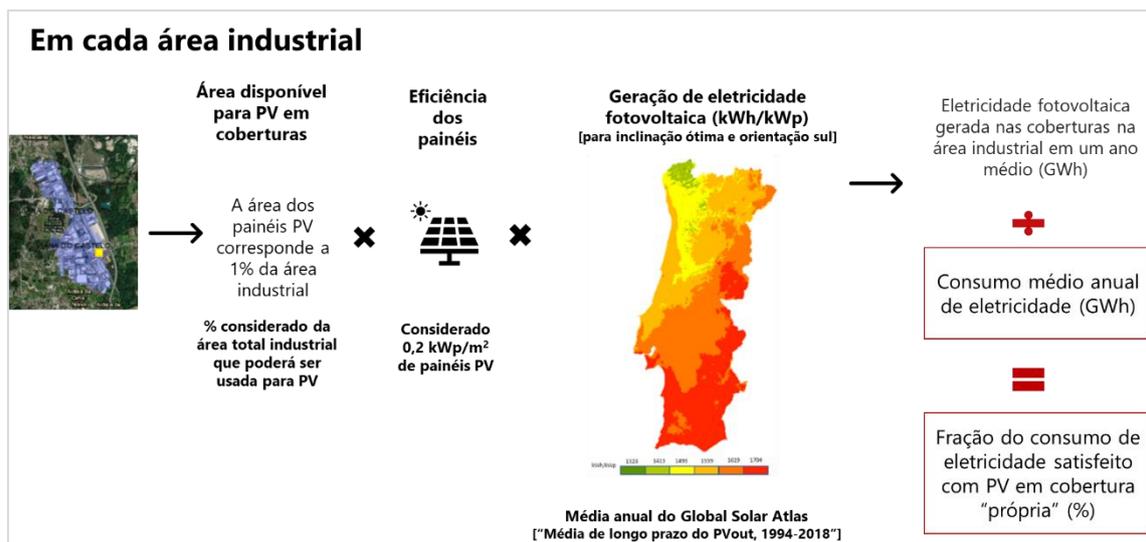


Figura 2 – Metodologia usada para estimar a fração do consumo de eletricidade que pode ser potencialmente satisfeita com sistemas PV instalados na área industrial (coberturas)

## 2.3 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas envolventes das áreas industriais

A avaliação do potencial técnico de implementação **de centrais fotovoltaicas no solo** nas **áreas envolventes** das áreas industriais considerou apenas as áreas com **menor sensibilidade ambiental e patrimonial**<sup>6</sup>. Deste modo, o primeiro passo consistiu na identificação das áreas envolventes às áreas industriais, considerando-se as áreas abrangidas por um buffer linear de 500 m para cada uma dessas 7 301 áreas industriais. Considerando o objetivo de estimar o potencial decorrente da instalação de sistemas PV apenas nas áreas envolventes, das áreas obtidas excluíram-se as áreas industriais por si só. De seguida foi feito o cruzamento das áreas remanescentes (manchas lilases na Figura 3) com as áreas identificadas como apresentando menor sensibilidade ambiental e territorial. Deste processo resultou a identificação de **27 014 áreas individuais**, com menor sensibilidade ambiental e patrimonial, envolventes às 3 337 áreas industriais identificadas no passo anterior.

<sup>6</sup> : Simões, S.G., Barbosa, J., Oliveira, P., Patinha, P., Quental, L., Catarino, J., Simões, T., Rodrigues, C., Pinto, P.J.R., Azevedo, P., Cardoso, J.P., Picado, A. (2023) Identificação de áreas com menor sensibilidade ambiental e patrimonial para localização de unidades de produção de eletricidade renovável. pp. 61. LNEG Relatório Técnico, Amadora, Portugal RelatorioLNEGAreasMenorSensibilidade\_Final.pdf

As áreas com menor sensibilidade foram revistas e os dados usados no presente relatório correspondem ao cenário 1 no slide 4 do documento disponível em :

[http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/4006/5/2aVersaoMapaAreasMenosSensiveis\\_Jul2023.pdf](http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/4006/5/2aVersaoMapaAreasMenosSensiveis_Jul2023.pdf)

<http://hdl.handle.net/10400.9/4006>

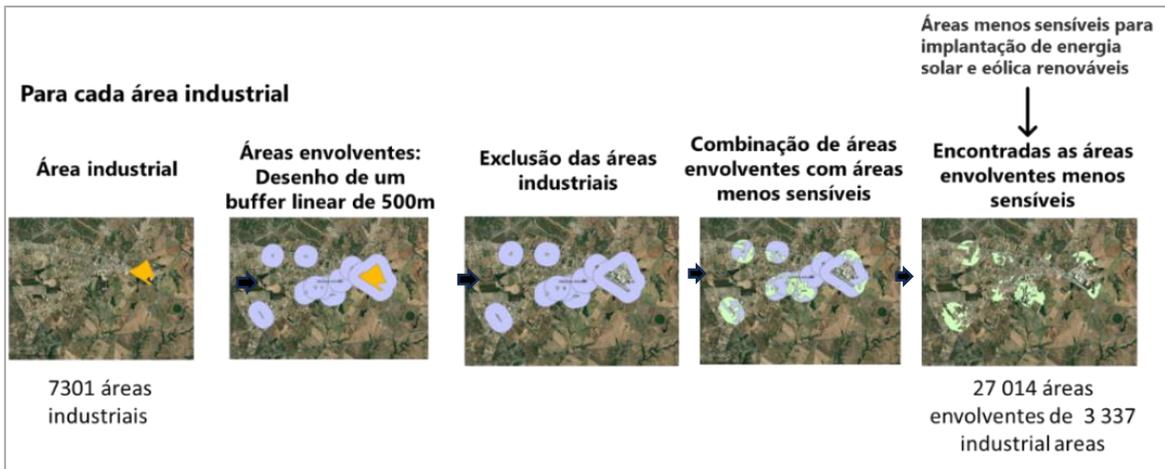


Figura 3 - Identificação das áreas envolventes às áreas industriais com menor sensibilidade ambiental e patrimonial

Após a identificação das áreas disponíveis para a instalação dos sistemas fotovoltaicos, o procedimento de estimativa da produção de energia elétrica nas áreas envolventes (Figura 4) foi similar ao realizado anteriormente para as coberturas. Contudo, neste caso, o potencial técnico existente nas áreas envolventes considera a aplicação de um fator de uso do solo por unidade de capacidade pico instalada de  $0,05 \text{ kW}_p/\text{m}^2$ .

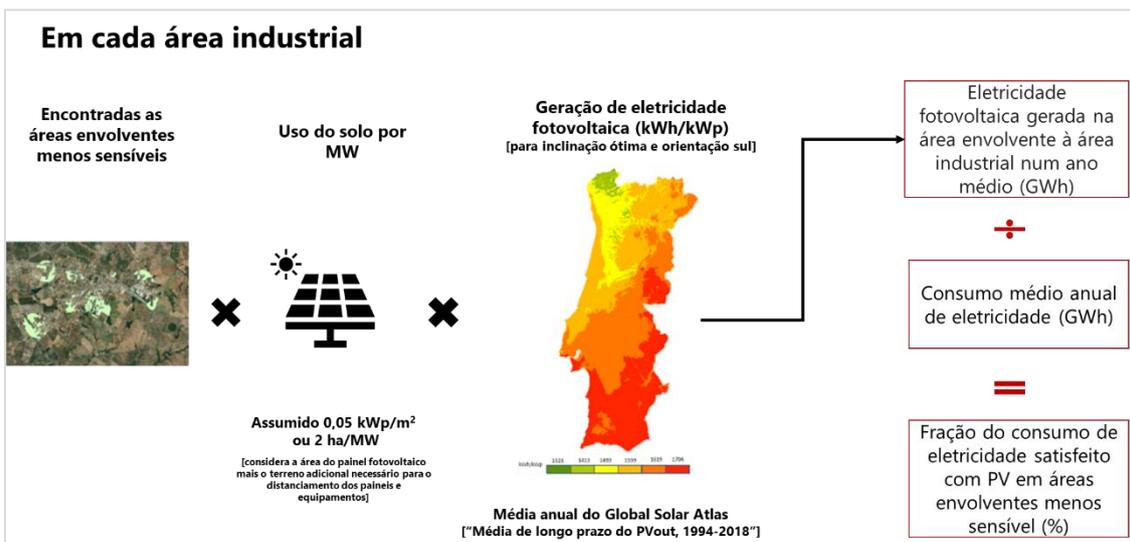


Figura 4 – Metodologia utilizada para estimar a fração do consumo de eletricidade que pode ser potencialmente satisfeita com sistemas PV instalados nas áreas envolventes

O presente trabalho desenvolveu-se num período curto, encontrando-se **limitados pelo tempo e pela disponibilidade de dados. Não foi considerada a informação constante nos diversos Planos Diretores Municipais (PDM)**, uma vez que não foi possível consultar individualmente cada um dos mesmos. Adicionalmente, não está ainda disponível o mapa com toda a REN e RAN no território nacional, sendo este um trabalho em curso.

As condicionantes de exclusão que foram usadas para a determinação das áreas com menor sensibilidade foram:

- zonas com inclinação superior a 20%, i.e., correspondentes a zonas com **risco de inundação e/ou geologicamente instáveis** (erosão, movimentos de terreno, etc.);
- zonas de proteção costeira, nomeadamente a **Faixa de Proteção Costeira** identificada nos novos Programas da Orla Costeira e as **Faixas de Salvaguarda aos riscos costeiros**;
- **áreas classificadas** para conservação da natureza;
- zonas protegidas no âmbito da **Diretiva Quadro da Água e zonas com risco de inundação**;
- áreas de recursos minerais: **Concessões Mineiras e Licenças de Exploração em vigor, áreas de Salvaguarda de Recursos Minerais**;
- zonas relevantes para **águas minerais e naturais**;
- condicionantes do **património cultural incluindo o arqueológico**;
- condicionantes relacionadas com o **regime florestal**.

### 3 Mapeamento do consumo de eletricidade na indústria em Portugal Continental

Nesta secção apresentam-se os resultados do mapeamento do consumo de eletricidade na indústria em Portugal Continental.

De acordo com a COS2018, existem 7 165 áreas industriais em Portugal Continental distribuídas por 275 concelhos. Não foram identificadas áreas industriais apenas em 3 municípios: Castelo de Vide, Crato e Mesão Frio. Note-se que uma área industrial única pode ter muitas indústrias localizadas nela.

Alguns exemplos de áreas industriais estão apresentados na figura 5.

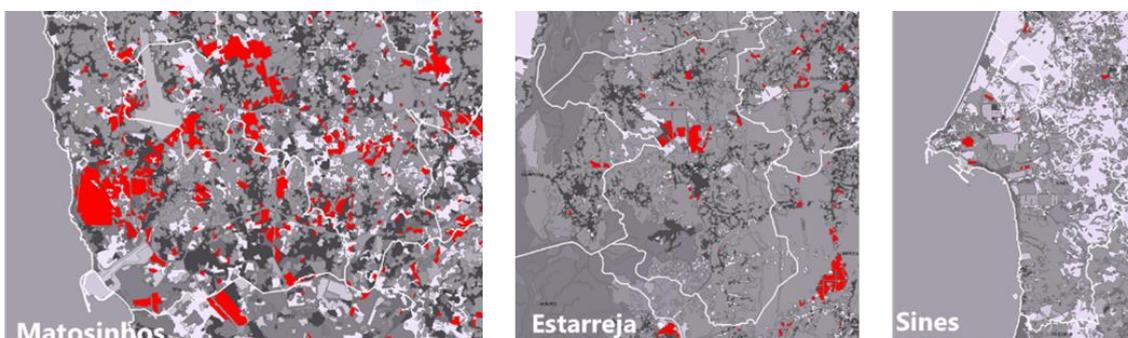


Figura 5 – Exemplos de áreas industriais

#### 3.1 Identificação de áreas industriais em Portugal

A distribuição regional das áreas industriais é apresentada na Figura 6. Observa-se que cerca de um terço das áreas industriais encontra-se na região Norte, encontrando-se cerca de outro terço na região Centro. As restantes encontram-se distribuídas entre as regiões do Alentejo, Algarve e Lisboa e Vale do Tejo.

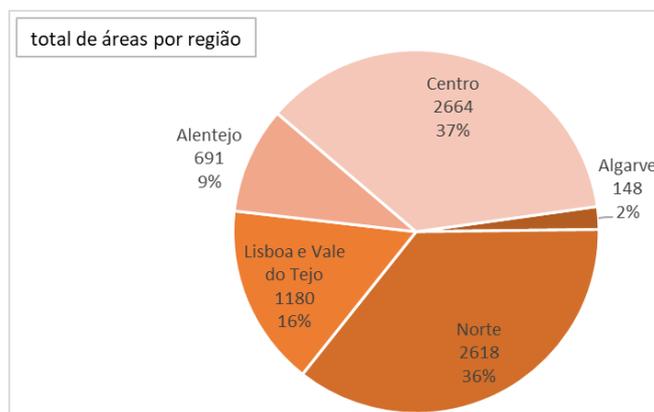


Figura 6 - Distribuição regional das áreas industriais

A área média das áreas industriais apresenta pouca variação entre as regiões, apresentando valores entre os 0,04 km<sup>2</sup> e 0,06 km<sup>2</sup>. Contudo, em termos relativos a fração da área industrial em cada município apresenta uma grande variação, observando-se valores medianos de 2,5% na região de Lisboa e Vale do Tejo e 0,09% nos municípios no Alentejo.

Em termos do número de áreas industriais por município observa-se que a grande maioria dos municípios (74%) apresenta até 19 áreas industriais. Um pequeno grupo de 22 municípios apresenta mais de 91 áreas industriais em cada município: Leiria, Sintra, Loures, Guimarães, Alcobaça, Vila Nova de Famalicão, Mafra, Palmela, Vila Nova de Gaia, Maia, Barcelos, Santa Maria da Feira, Ourém, Santo Tirso, Vila do Conde, Paredes, Oliveira de Azeméis, Braga, Torres Vedras, Santarém, Montijo, Coimbra.

### 3.2 Consumo médio de eletricidade na indústria por município

O consumo de eletricidade pela indústria transformadora no período de 2016 a 2021 (excluindo o ano de 2020), mostra uma concentração no litoral dos municípios com maiores consumos, especialmente no Norte do país. Nos municípios com áreas industriais, o consumo anual de eletricidade da indústria transformadora varia entre 0,02 GWh e 1 210 GWh. A maioria dos municípios apresenta um consumo industrial inferior a 37 GWh por ano.

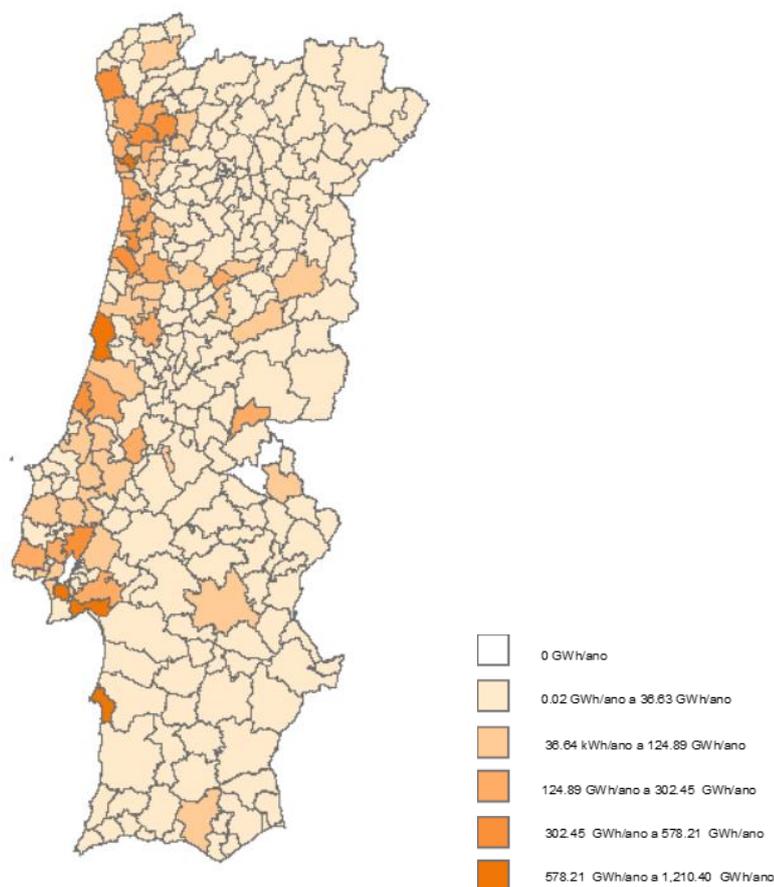


Figura 7 - Consumo médio de eletricidade por município na indústria transformadora

### 3.3 Intensidade do consumo de energia elétrica em áreas industriais

Considerando os valores do consumo industrial de eletricidade nos municípios e respetivas áreas industriais, foi calculado um **indicador da intensidade de consumo de energia elétrica em áreas industriais por município** (Figura 8).

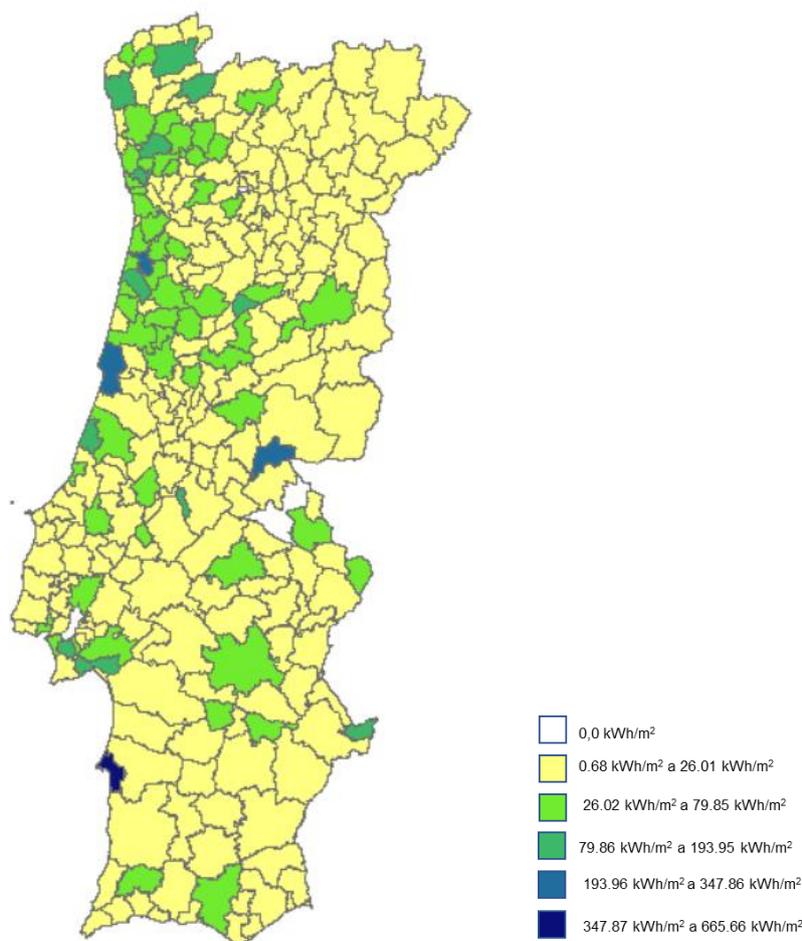


Figura 8 - Mapa da intensidade do consumo de energia elétrica industrial por município (kWh/m<sup>2</sup>)

Os valores encontrados variam entre 0,68 kWh/m<sup>2</sup> em Pampilhosa da Serra e 665,66 kWh/m<sup>2</sup> em Sines, apresentando uma mediana de 13,66 kWh/m<sup>2</sup>. A maioria dos municípios (72%) tem uma intensidade territorial de consumo estimado de eletricidade nas áreas industriais entre 0,68 kWh/m<sup>2</sup> e 26 kWh/m<sup>2</sup>.

### 3.4 Mapeamento do consumo de eletricidade nas áreas industriais

O consumo anual de eletricidade estimado nas áreas industriais apresenta uma mediana de 0,5 GWh com uma expressiva variabilidade entre as áreas industriais, tendo o valor máximo sido estimado para uma área industrial localizada em Sines (458,42 GWh). Em cerca de dois terços do total do território ocupado por indústrias, as áreas industriais apresentam áreas inferiores a 0,75 km<sup>2</sup>, estimando-se que consumam até 6 GWh/ano. A Figura 9 mostra um mapa com as áreas industriais e o consumo de eletricidade estimado em cada uma.

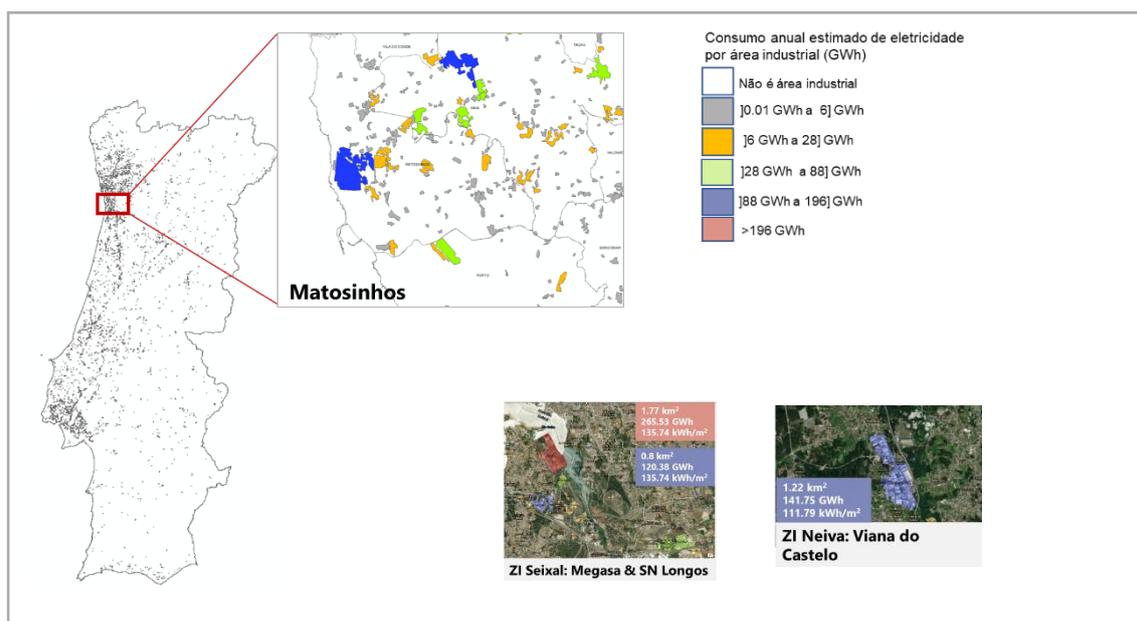


Figura 9 - Mapa e exemplos de consumo estimado de eletricidade por área industrial

## 4 Estimativa do potencial técnico de satisfação da procura de eletricidade com sistemas fotovoltaicos instalados nas áreas industriais

Nesta secção, avalia-se o potencial técnico de satisfação do consumo anual de eletricidade das áreas industriais com energia elétrica gerada em sistemas solares fotovoltaicos instalados nas próprias áreas industriais, como por exemplo nas coberturas. Note-se que nesta análise exploratória não foi considerada a variação intradiária quer do consumo quer da geração de eletricidade.

Assim, coloca-se a questão de o espaço estimado como disponível e o recurso natural (irradiação solar) nas áreas industriais serem suficientes para satisfazer parte do consumo industrial de eletricidade registado em anos recentes. Os resultados indicam que se se instalassem sistemas fotovoltaicos na totalidade das áreas industriais, com uma área de módulos equivalente a 1% da área das áreas industriais, o potencial técnico de capacidade instalada seria de 746 MW, a que corresponderá um potencial de geração de eletricidade de cerca de 1 177 GWh num ano médio. Em Portugal, no final do ano de 2022, a capacidade instalada de geração de eletricidade solar fotovoltaica era de 2 563 MW, dos quais 164 MW em mini/micro geração. A eletricidade solar fotovoltaica gerada nesse ano foi de cerca de 3 471 GWh.

### 4.1 Ocupação equivalente a 1% das áreas industriais

Considerando um limite máximo para a área de módulos fotovoltaicos instalados equivalente a **1%** de cada área industrial, identificaram-se 228 áreas industriais onde o consumo total anual de eletricidade estimado poderia ser totalmente satisfeito por energia solar. Existem três fatores que podem determinar se a área poderá satisfazer a procura ou não: consumo, região e dimensão. Quanto maior o consumo da área industrial menor será a possibilidade de satisfazer esse consumo. Os níveis de irradiação solar, temperatura e condições de terreno variam entre regiões, pelo que a eletricidade gerada por unidade de área de abertura varia nas diferentes regiões do país. Finalmente, quanto maior a área, maior a geração de eletricidade e maior a possibilidade de satisfação da procura.

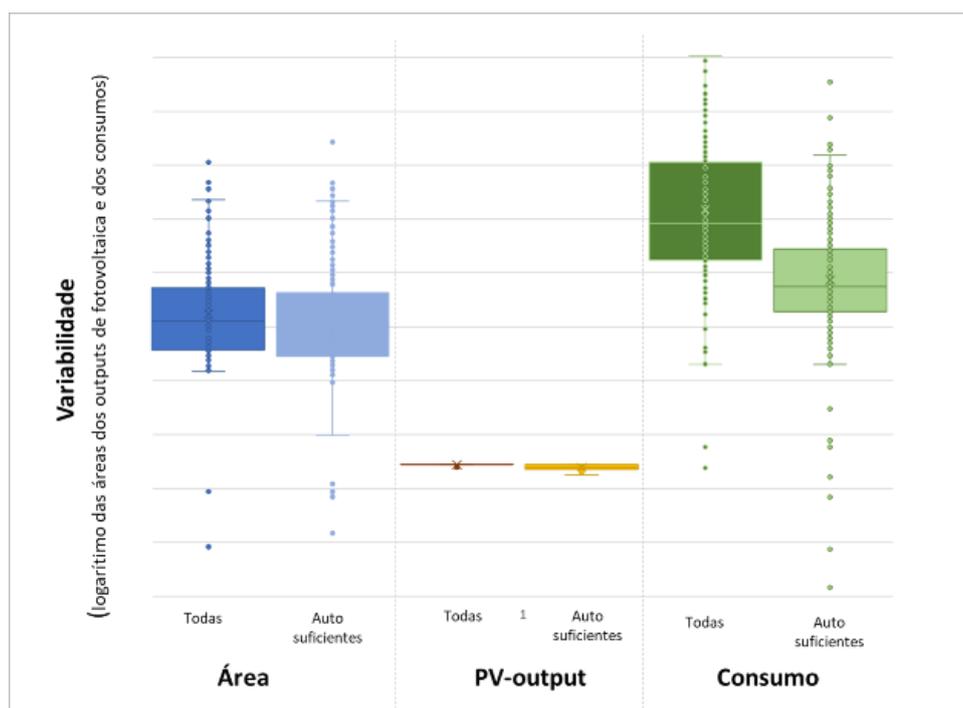


Figura 10 - Comparação entre as áreas industriais e as áreas autossuficientes em termos da variação de áreas, consumos e geração de eletricidade

A Figura 10 representa a comparação da variabilidade das áreas, da geração e do consumo na totalidade das áreas industriais e nas áreas autossuficientes, permitindo verificar que o consumo é inferior nas áreas consideradas autossuficientes comparativamente com a média de todas as áreas. A região com o maior número de áreas potencialmente autossuficientes é a região Centro, onde estão localizadas 52% das áreas com esta característica. Note-se que a região Centro é também a região com o maior número global de áreas industriais.

De uma forma geral, se se instalasse uma área de módulos fotovoltaicos equivalente a 1% das áreas industriais, uma pequena parte das áreas industriais (10%) teriam mais de metade das suas necessidades de eletricidade satisfeitas por essa geração. Observa-se uma diferença entre regiões: no Algarve 65% das áreas teriam mais de metade de seu consumo satisfeito e no Alentejo 28,5% do consumo poderia ser satisfeito nesta configuração, enquanto na região Norte em apenas 4% das áreas industriais a geração de eletricidade de origem solar permitiria satisfazer o consumo, sendo que, em termos globais, pelo menos metade da procura poderia ser satisfeita com sistemas fotovoltaicos com áreas de módulos equivalentes a 1% da área industrial (Tabela 1).

**Tabela 1 – Satisfação do consumo nas áreas industriais com módulos fotovoltaicos com uma área equivalente a 1% da área industrial**

% do consumo anual que pode ser satisfeito com geração de eletricidade solar em coberturas	Número de áreas industriais	Distribuição regional (NUTs II)				
		Algarve	Norte	Lisboa e Vale do Tejo	Alentejo	Centro
<=25%	5 414	29	2 195	865	345	1 980
26% to 50%	1 195	23	310	227	149	486
51% to 75%	309	30	40	88	122	29
75% to 100%	155	45	20	0	39	51
>100%	228	21	53	0	36	118
<b>Número de áreas industriais</b>						
<b>Total</b>	<b>7 301</b>	<b>148</b>	<b>2 618</b>	<b>1 180</b>	<b>691</b>	<b>2 664</b>

## 4.2 Análise de sensibilidade

Na sequência da análise efetuada quanto à satisfação do consumo, foi efetuada uma análise de sensibilidade que consistiu na avaliação do potencial de geração de eletricidade solar fotovoltaica se fossem usados sistemas fotovoltaicos com áreas **superiores a 1%** das áreas industriais. Nesta análise consideraram-se áreas equivalentes a 2% e 5% das áreas industriais.

Com uma área de módulos equivalente a 2% das áreas industriais, o número de áreas industriais que seriam potencialmente autossuficientes triplica, passando de 228 áreas para 692. As regiões Centro e Alentejo são as que têm o maior número de polígonos potencialmente autossuficientes (57%), como pode ser observado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Satisfação do consumo nas áreas industriais com uma área de painéis fotovoltaicos equivalente a 2% da área industrial**

% do consumo anual que pode ser satisfeito com geração de eletricidade solar em coberturas	Número de áreas industriais	Distribuição regional (NUTs II)				
		Algarve	Norte	Lisboa e Vale do Tejo	Alentejo	Centro
<=25%	3 440	22	1 641	432	198	1 147
26% to 50%	1 974	7	554	433	147	833
51% to 75%	645	0	196	59	138	252
75% to 100%	550	23	114	168	11	234
>100%	692	96	113	88	197	198
<b>Número de áreas industriais</b>						
<b>Total</b>	<b>7 301</b>	<b>148</b>	<b>2 618</b>	<b>1 180</b>	<b>691</b>	<b>2 664</b>

Num cenário de 5% de área equivalente, as áreas potencialmente autossuficientes são superiores a um terço das áreas totais. No Algarve e no Alentejo, a maioria das áreas industriais passaria a ser autossuficiente. Na região Norte, mesmo nas alternativas de 2% ou 5%, a maioria das áreas tem uma parcela de consumo abastecida inferior a 50%, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3 – Satisfação do consumo nas áreas industriais com uma área de painéis fotovoltaicos equivalente a 5 % da área industrial**

% do consumo anual que pode ser satisfeito com geração de eletricidade solar em áreas cobertas	Número de áreas industriais	Distribuição regional (NUTs II)				
		Algarve	Norte	Lisboa e Vale do Tejo	Alentejo	Centro
<=25%	814	0	422	137	17	238
26% to 50%	1 932	22	1 156	240	57	457
51% to 75%	1 157	0	137	123	130	767
75% to 100%	832	0	362	170	35	265
>100%	2 566	126	541	510	452	937
<b>Número de áreas industriais</b>						
<b>Total</b>	7 301	148	2 618	1 180	691	2 664

## 5 Possibilidades de implantação de centrais de energia solar fotovoltaica nas proximidades das áreas industriais atuais

Por fim, foi feita a estimativa das **áreas envolventes** das áreas industriais com um buffer de 500 metros, que foi combinada com o estudo anterior relativo às áreas de menor sensibilidade do ponto de vista patrimonial e ambiental. Assim, foram identificadas 27 014 áreas envolventes menos sensíveis ao redor de 3 337 áreas industriais. As demais 3 964 áreas industriais não apresentam áreas envolventes menos sensíveis do ponto de vista ambiental e patrimonial.

Os resultados mostram que em 94,5% das áreas industriais cujas áreas envolventes coincidem com áreas menos sensíveis do ponto de vista ambiental e patrimonial, a geração de eletricidade calculada seria superior ao consumo estimado nestas áreas.

Este levantamento identificou uma área total envolvente potencialmente disponível de **1 738,35 km<sup>2</sup>**. Neste território seria possível instalar cerca de 86,92 GW, o que poderia gerar cerca de 135,5 TWh. A Tabela 4 mostra a distribuição regional destes resultados.

Apenas a título de comparação, atualmente há 2,59 GW de capacidade instalada de geração de eletricidade solar fotovoltaica, conforme os dados da DGEG. O Roteiro para a Neutralidade Carbónica estima que deverá haver um aumento de 14,4 GW até 2050 e o Plano Nacional de Energia e Clima 2030 estima que até 2030 devam ser instalados cerca de 9 GW de capacidade solar fotovoltaica.

Tabela 4 - Estimativa da capacidade de geração de eletricidade das áreas envolventes por região

Região	Área (km <sup>2</sup> )	Capacidade (GW)	Geração (GWh)
Algarve	9,00	0,45	766,57
Norte	677,06	33,85	51 454,54
Alentejo	129,28	6,46	10 653,28
Lisboa e Vale do Tejo	178,02	8,90	14 508,97
Centro	744,99	37,25	58 092,71
<b>Total</b>	<b>1 738,35</b>	<b>86,92</b>	<b>135 476,07</b>

## 6 Limitações e notas a considerar

Todo o exercício em curso é função das **limitações da informação cartográfica para o país**, devendo-se ter presente as mesmas bem como outras, tais como:

- Incerteza muito grande no consumo anual estimado de energia;
- Algumas áreas industriais resultantes são excessivamente pequenas e devem ser removidas dos cálculos;
- Em algumas áreas da indústria, mesmo uma área de painéis fotovoltaicos equivalente a 1% da área industrial pode ser inviável;
- As estimativas de geração de eletricidade consideram um posicionamento ótimo dos módulos;
- Efeitos de sombreamento não são explicitamente considerados;
- Não é possível descontar todos os módulos fotovoltaicos nas coberturas e no solo já existentes nas áreas industriais;
- As áreas industriais também podem ter instalações de módulos PV no solo dentro dos seus limites e não necessariamente em áreas envolventes;
- Assumiu-se que toda a energia solar gerada pode ser armazenada e usada localmente, não tendo sido considerada a variação sazonal nem intradiária da geração de eletricidade fotovoltaica, nem da variação no consumo de energia;
- Não foram consideradas soluções híbridas combinando energia solar fotovoltaica na cobertura e no solo (nem hibridização com outras tecnologias de conversão de energia de fonte renovável, como a energia eólica, por exemplo);
- Quanto às áreas de menor sensibilidade, apesar de haver dinamismo na cartografia de muitas das variáveis aqui consideradas (ex.: património arqueológico, áreas de prospeção e pesquisa, unidades de produção renovável em licenciamento/em pedido), as áreas consideradas neste mapeamento refletem a situação em novembro/dezembro de 2022;
- Poderá haver desatualização por se recorrer à COS2018, uma vez que a ocupação do solo atual em 2023 poderá ser diferente (p. ex. devido a fogos, abate de árvores, construção, etc.);
- Os mapas de RAN e REN de alguns municípios não estão ainda disponíveis em mapa harmonizado para todo o país, não tendo sido considerados nesta análise.

No que respeita a **desenvolvimentos futuros** deste trabalho devem-se ter presentes os seguintes pontos:

- Cenários de evolução para mapa futuro, incluindo áreas industriais planeadas;
- Remoção de áreas industriais muito pequenas e centrais solares fotovoltaicas muito pequenas;
- Retificação das áreas disponíveis tendo em conta as centrais solares fotovoltaicas já existentes dentro ou nas proximidades de áreas industriais.

**LNEG**, sob o lema “Construir um futuro mais limpo e melhor”, tem como missão contribuir de forma independente para o desenvolvimento económico e melhoria da qualidade de vida, colocando o conhecimento ao serviço da sociedade.

A sua Visão é ser uma instituição de referência capaz de contribuir com excelentes soluções para uma economia descarbonizada.



**LNEG**  
Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

 Geology and Geological Risk	 Mineral Technology	<b>BUILDING A STRONGER AND CLEANER FUTURE</b>
 Resource Economics	 Geo-Information	
 Bioenergy and Biorefineries	 Energy in the Built Environment	 Integration of Renewable Energies in the Energy System
	 Materials for Energy	 Renewable Energies

 <http://www.lneg.pt>

 LNEG Estrada da Portela  
Bairro do Zambujal  
Apartado 7586, Alfragide  
2610-999 Amadora  
Portugal

 +351 210 924 600 / 1

 [info@lneg.pt](mailto:info@lneg.pt)

 **REPÚBLICA  
PORTUGUESA**  
AMBIENTE E  
AÇÃO CLIMÁTICA