

FORUM

CONSELHOS CIENTÍFICOS
DOS LABORATÓRIOS DO ESTADO

25

Outubro de 2021

Auditório do LNEC em Lisboa

SEMINÁRIO

**A INVESTIGAÇÃO NOS
LABORATÓRIOS DO ESTADO
E A CONSTRUÇÃO DE UMA
SOCIEDADE SEGURA E
MAIS RESILIENTE**

**Neutralidade carbónica em 2050 e a
sustentabilidade da exploração dos
recursos**

Sofia Simões



REPÚBLICA
PORTUGUESA



Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.

Transição energética para a neutralidade carbónica

2015



PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21·CMP11

2016



António Costa
Primeiro Ministro de Portugal
@COP22, dez-2016

“Portugal reafirma o seu compromisso firme de ser neutro em emissões de GEE no final da primeira metade do século”

2017

2018



Trajetórias alternativas para todos os setores da economia que permitam alcançar emissões de carbono nulas em 2050

2019



O Parlamento Europeu apoia o objetivo de neutralidade carbónica na sua resolução sobre clima (março 2019)

2020



PNEC
2030
PLANO NACIONAL
ENERGIA E CLIMA

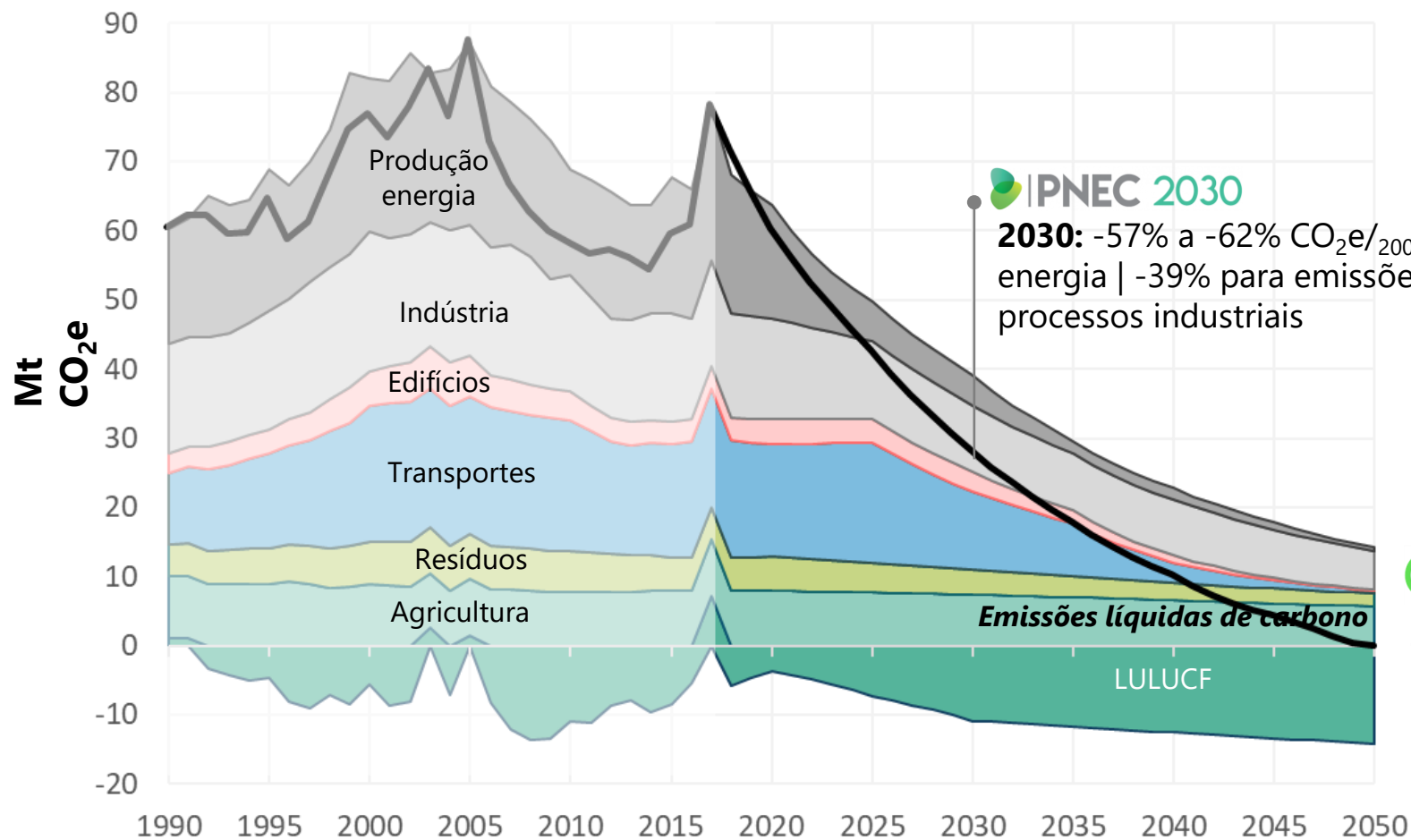
Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC)
[Metas de energia e emissões de GEE para 2030/2040]

2021



EN-H2
Estratégia Nacional para o hidrogénio

Trajetórias de descarbonização para Portugal




IPNEC 2030
2030: -57% a -62% CO₂e/2005 para a energia | -39% para emissões de processos industriais

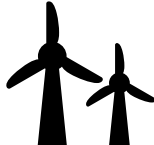
RNC2050
Carbon Neutrality Roadmap

2050: -90% CO₂e/2005 para todo o Sistema energético (energia + emissões de processo)

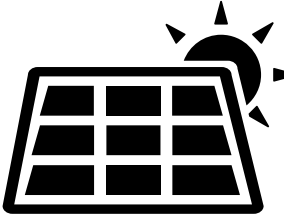
Aumento da capacidade instalada

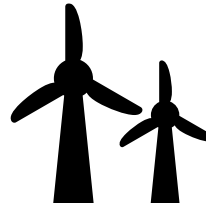
2019


0,8 GW


5,44 GW

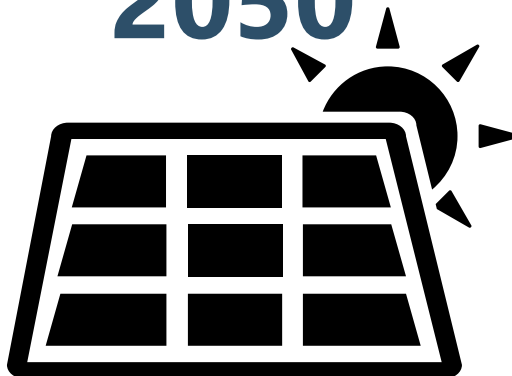
2030

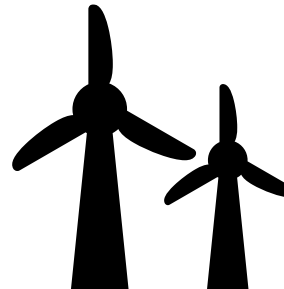

+8GW

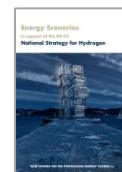

+3.5 GW



2050


+21GW / +45 GW


+11GW/ +15 GW



Energy Scenarios in support of the EN H2 National Strategy for Hydrogen. Supporting scenarios - should not be considered as targets or goals!!!

Recursos naturais para a transição energética

Solo (área de
implantação)

Água

Minerais e outros
materiais

Recursos
energéticos
endógenos



Trabalho em curso no LNEG

01

**Necessidades de
água para
produção de H₂
por eletrólise da
água**

02

**Atlas do H₂ verde
sustentável para
Portugal
(continental)**

03

**Necessidades de
materiais para
neutralidade
carbónica**

Necessidades de água para produção de H₂ por eletrólise

LNEG INVESTIGAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE POLICYBRIEF

ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE HIDROGÉNIO VERDE (RENOVÁVEL) VIA ELETRÓLISE EM PORTUGAL

Junho 2021

Autores
Sofia G. Simões, Filipa Amorim, Justina Catarina, Carmen M. Rangel, Tiago Lopes, Francisco Gírio, Ana Picado, Teresa Ponce de Leão
sofia.simoes@lneg.pt

Problema
Quais as melhores fontes de água para produção de H₂ verde por eletrólise?

Fontes de água
Superficiais (rios, lagoas, albufeiras, etc.); Subterâneas (poços); MIA; Rede Pública

Qualidade
Metodologia de avaliação das fontes de água

Apoio à tomada de decisão
Metodologia de avaliação das fontes de água para produção de H₂ verde por eletrólise

Custos
Análise de custos, identificação de oportunidades de redução

QUAIS AS FONTES DE ÁGUA PARA A PRODUÇÃO DE HIDROGÉNIO VERDE EM PORTUGAL?

O hidrogénio está na ordem do dia das agendas da política mundial. Em Portugal, o hidrogénio verde é considerado no planeamento estratégico:

- o Plano Nacional Energia e Clima (PNEC 2030) refere valores de H₂ em 2030 de 2,27 PJ (22 697 t) que representam aproximadamente 304 000m³ de água (0,4% do volume de águas residuais tratadas com tratamentos terciários em 2018);
- o Relatório Nacional para a Neutralidade Carbónica (RNC 2050) refere valores de H₂ em 2030 de 1,23-1,29 PJ (10 437 - 10 750 t), cerca de 144 000m³ (0,2% do volume de águas residuais tratadas com tratamentos terciários em 2018);
- a Estratégia Nacional para o Hidrogénio EN-H2, cerca de refere valores de H₂ em 2030 de 50 PJ (416 666 t) que representam aproximadamente 6 050 000m³ de água (~1% do volume de águas residuais tratadas com tratamentos terciários em 2018).

Quais os tipos de fonte de água disponíveis em Portugal para alimentar projetos de produção de H₂ por eletrólise?

Qual a qualidade de água necessária?

Quais as implicações da utilização de diferentes fontes de água nos custos de produção de H₂ verde?

www.lneg.pt

REPTALIA PORTUGUESA UNIVERSIDADE ALameda

Journal of Cleaner Production 315 (2021) 128124

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro

Water availability and water usage solutions for electrolysis in hydrogen production

Sofia G. Simoes, Justina Catarina, Ana Picado, Tiago F. Lopes, Santino di Berardino, Filipa Amorim, Francisco Gírio, C.M. Rangel, Teresa Ponce de Leão

Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. Estrada da Portela, Bairro de Zambujal Ap 7586, 2720-900, Amadora, Portugal

ARTICLE INFO

Handling editor: Yutao Yang

Keywords:
Energy
Hydrogen production
Sustainability index
Sustainable value
Water
Water electrolysis

ABSTRACT

Europe is committed to a new growth strategy with no net greenhouse gases emissions by 2050, where hydrogen has a clear role to play. Portugal's strategy for H₂ sees public policies promoting an industry focused on the hydrogen value chain. Considering the production of green hydrogen from renewable sources is key, water electrolysis becomes a priority, and with it, the need to assess the suitability of water sources, which is determined by both quantitative and qualitative factors. This work presents a new approach to assess the suitability of water sources for hydrogen production via water electrolysis by applying a Sustainable Value Methodology for decision-making support, combining economic, environmental and social criteria. The approach is applied to two different sites in Portugal: a semi-urban location on the Atlantic coast (site A) and a rural area far from the coast (site B). For both sites, water sources are evaluated regarding water availability, quality, transport options, abstraction costs, treatment needs and regulation (including environmental constraints) and social acceptance. The resulting sustainable value indicator, aggregator of different levels of information, enables a relative quantitative comparison of the performance of different water sources for electrolysis and the involved costs. It is found that the public grid water is the most suited source of water for electrolysis due to lower risk of supply, lower costs and avoids complex permitting processes. Likewise, seawater and wastewater treatment plant effluent (only in site A) showed to be possible water sources where the factors most affecting suitability are transport costs for water and waste disposal from water treatment.

1. Introduction

Europe is committed to a new growth strategy that will transform the Union into a modern, resource-efficient and competitive economy, aiming for carbon neutrality by 2050 (European Commission, 2018) and for decoupling economic growth from resource use. The European Green Deal is the plan for a sustainable economy in Europe (European Commission, 2019).

In 2020, after the adoption of the European Industrial Strategy, a plan for a future-ready economy, and of proposal of a Circular Economy Action Plan focusing on sustainable resource use, the EU also adopted the strategies on energy system integration (European Commission, 2020a) and on hydrogen (European Commission, 2020b) to pave the way towards a fully decarbonised, more efficient and interconnected energy sector. As stated by the IEA (2019), this is a critical time for hydrogen, which is today enjoying unprecedented momentum. The world should not miss this unique chance to make hydrogen an important part of our clean and secure energy future (Fatih Birol in IEA, 2019). The EU hydrogen strategy foresees at least 6 GW of renewable hydrogen electrolyzers deployed up to 2024, producing up to 1 million tonnes of H₂.

Cycles of expectations followed by disillusion are associated to H₂ technologies (Staffell et al., 2019). On the production side, hydrogen can be produced from different sources, namely fossil fuels, biomass, and water electrolysis powered with electricity, naturally with different degrees of impact on the environment (Partridge et al., 2019). For H₂ to make a significant contribution towards the clean energy transition, it needs to be adopted in sectors where it is almost completely absent, such as transport, buildings, and power generation (IEA, 2019).

According to Blank and Mollay (2020), roughly 96% of H₂ produced

* Corresponding author.
E-mail addresses: sofia.simoes@lneg.pt (S.G. Simoes), justina.catarino@lneg.pt (J. Catarina), ana.picado@lneg.pt (A. Picado), tiago.lopes@lneg.pt (T.F. Lopes), santino.diberardino@lneg.pt (S. di Berardino), filipa.amorim@lneg.pt (F. Amorim), francisco.girio@lneg.pt (F. Gírio), carmen.rangel@lneg.pt (C.M. Rangel), teresa.leao@lneg.pt (T. Ponce de Leão).

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128124>
Received 10 November 2020; Received in revised form 4 June 2021; Accepted 25 June 2021
Available online 27 June 2021
0959-6526/© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128124>

Atlas do H₂ verde sustentável para Portugal

Que determinantes afeta, o processo de licenciamento (ambiental)?

- Riscos industriais
- Fontes de água para eletrólise
- Emissões industriais
- (...)

Que critérios determinam a exclusão potencial do ponto de vista de ordenamento do território?

- Áreas de proteção da natureza
- Áreas urbanas
- Áreas agrícolas
- (...)

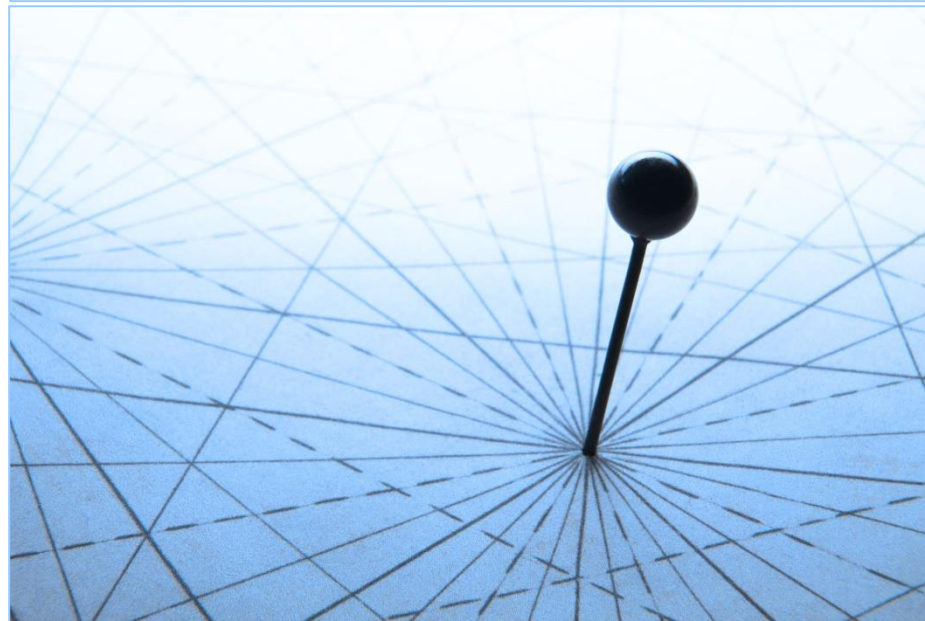
Quais as possibilidades quanto a infraestrutura disponível para armazenar, transportar e distribuir H₂?

- Distância a consumidores/ Produtores CO₂
- Pontos de injeção na rede de gás natural
- Outras possibilidades de transporte H₂
- Armazenagem em cavernas sal

Que opções para alimentar o processo de eletrólise com energia?

- Solar PV
- Éolica
- Hidroelétrica
- Bioenergia
- Distância rede elétrica

Atlas Português para o H₂ Verde Sustentável

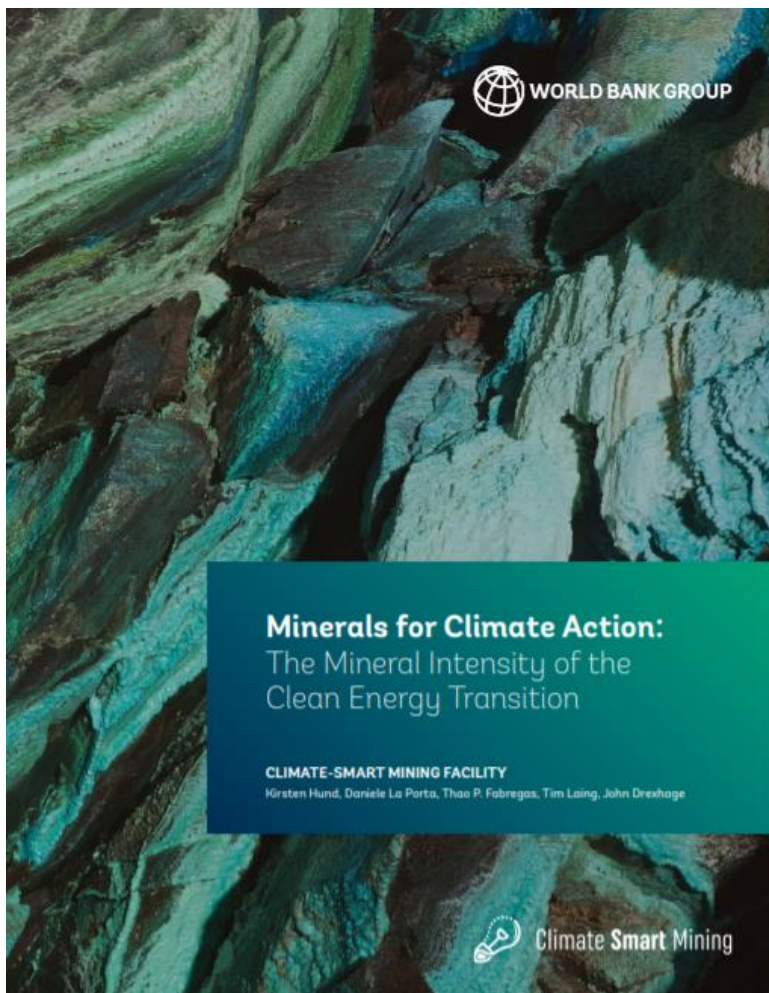


Definir critérios para avaliar adequabilidade de localização de unidades de produção de H₂

Mapear e avaliar restrições de uso do solo

Cenários alternativos para avaliar adequabilidade

Materiais para a transição energética



2020

World Bank (2020), *Minerals for Climate Action*

<http://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>














Julho 2021

IEA (2021), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, IEA, Paris

<https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

Necessidades de materiais para neutralidade carbónica

Ondas		Fe, Cu, Al, Cr, Ni, Mo, Ti [#7]	+cimento	Fontes JRC (2011, 2013, 2016) Garcia - Olivares et al. (2012) Ashby, Attwood and Lord, (2012) B.Guezuraga (2012) Corona et al. (2017) Elshkaki & Graedel (2013) Gamesa, (2014) Kavlak (2015) Kleijn and Voet (2010) Kleijn et al, (2018) Ohrlund (2012) Pihl, et al (2012) Primard, Pierre (2015) Till Zimmermann (2013) USGS (2011) Vestas, (2012) World Bank (2017) Zimmermann (2013)
Captura de CO ₂		Mn, Pr, Cr, Nb, Va, Mo, Co [#7]		
Baterias		Bauxite, Co, Fe, Li, Mn, Ni, Graphite, Cu [#8]		
Geotérmica		Fe, Ni, Cr, Al, Mo, Mn, Cu, Ti, Nb, Ta [#10]		
Hidroelétrica		Fe, Cu, Ni, Cr, Zn, Pb, Mo, Mn, Magnesite, Sn [#10]		
Solar PV		Al, Cu, Sn, Pb, Magnesite, Zn, Ag, Cd, Te, Se, In, Ga [#12]		
Solar concentrado		Fe, Al, Mn, Cr, Cu, Ni, Zn, Mo, Nb, Ag, Ti, Va [#12]		
Eólica onshore		Fe, Zn, Cr, Cu, Al, Mn, Ni, Mo, Nd, Pr, Dy, Tb, Pb [#13]		
Eólica offshore		Fe, Cu, Zn, Pb, Mn, Al, Cr, Ni, Nd, Mo, Pr, Dy, Tb [#13]		
Nuclear		Cr, Ni, Mo, Cu, Zr, Ag, W, Pb, Ti, Nb, In, Va, Cd, Yt [#14]		
Veículos elétricos		Al, B, Ce, Co, Cu, Dy, Ga, Ge, Au, Graphite, In, Fe, La, Pb, Li, Mn, Nd, Ni, Pd, Pr, Sm, Ag, Tb, Ti [#24]		

Ag (prata), Al (alumínio), B (boro), Cd (cádmio), Ce (cério), Co (cobalto), Cr (cromo), Cu (cobre), Dy (disprósio), Fe (ferro), Ga (gálio), Ge (germânio), In (índio), La (lantânio), Mg (magnésio), Mn (manganês), Mo (molibdénio), Nb (nióbio), Nd (neodímio), Ni (níquel), Pb (chumbo), Pd (paládio), Pr (praseodímio), Se (selénio), Sm (samário), Sn (estanho), Ta (tântalo), Tb (térbio), Te (telúrio), Ti (titânio), Va (vanádio), Yt (ítrio), W (tungsténio), Zn (zinco), Zr (zircónio).

Importância das necessidades materiais para Portugal

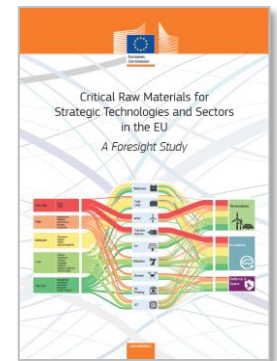
2050

esta análise



necessidades materiais para setor energético Português

utilização atual total de materiais na UE (2012-2017)

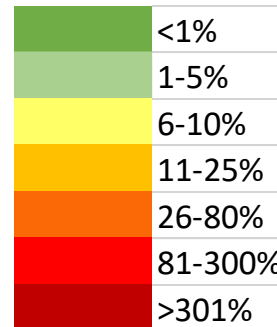
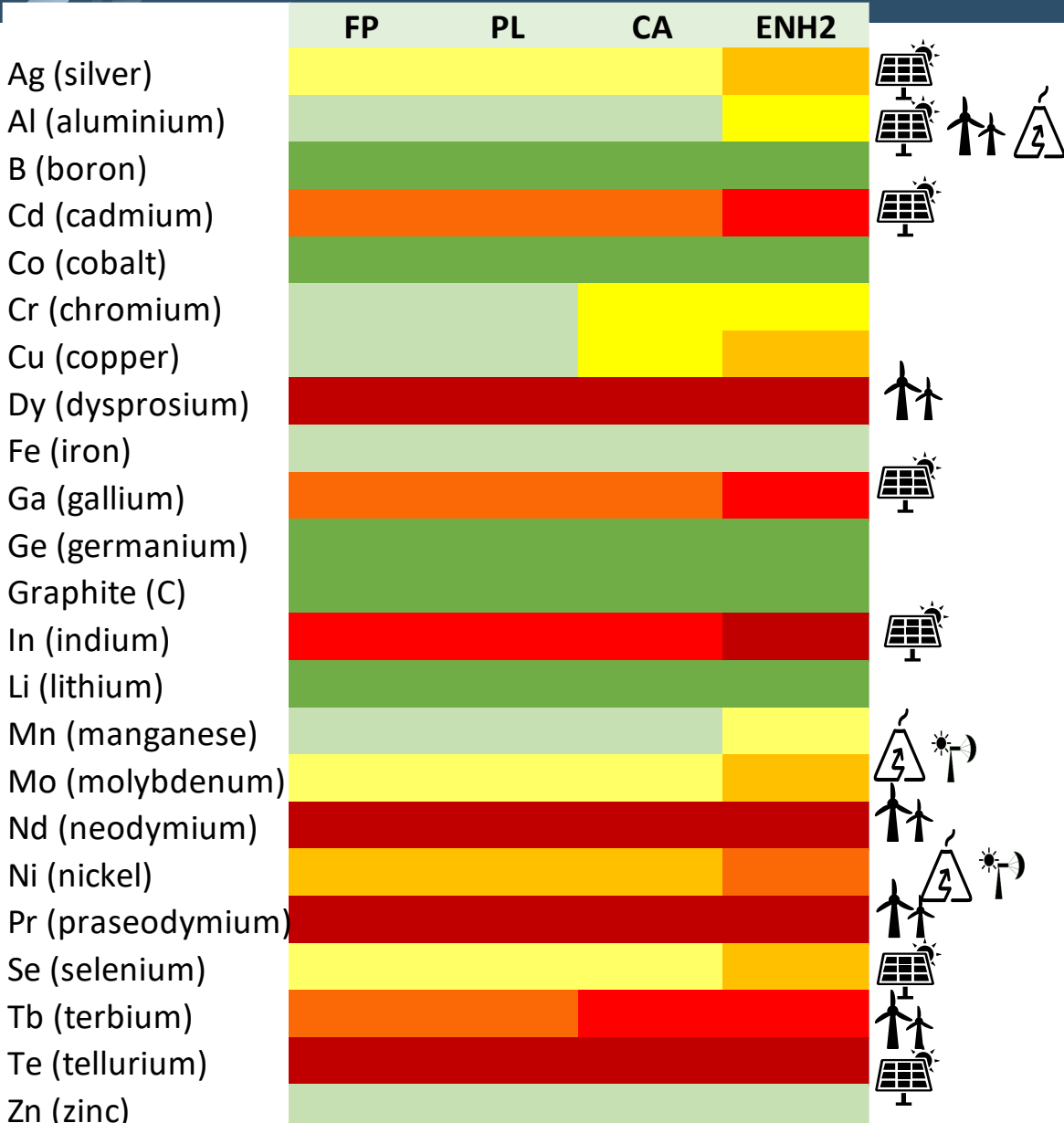


<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42881>

Potencial risco de abastecimento #13 materiais

Ag, Cd, Dy, Ga, In, Nd, Ni, Pr, Mo, Se, Tb and Te (> 10% procura atual da UE)

Al, Cr, Mn perto do limiar 10%





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

 Geology and Geological Risk	 Mineral Technology	BUILDING A STRONGER AND CLEANER FUTURE	
 Resource Economics	 Geo-Information		 Geological Resources
 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



Sofia G. Simões sofia.simoies@lneg.pt



FORUM

CONSELHOS CIENTÍFICOS
DOS LABORATÓRIOS DO ESTADO

25

Outubro de 2021

Auditório do LNEG em Lisboa

SEMINÁRIO

**A INVESTIGAÇÃO NOS
LABORATÓRIOS DO ESTADO
E A CONSTRUÇÃO DE UMA
SOCIEDADE SEGURA E
MAIS RESILIENTE**

Obrigado!

Sofia Simões

E-mail: sofia.simoes@lneg.pt



REPÚBLICA
PORTUGUESA



Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P.