Células e Módulos bifaciais: tecnologia e uso em usinas fotovoltaicas

Eduardo Lorenzo

Instituto de Energía Solar – Universidad Politécnica de Madrid

O Burguês Fidalgo, Moliere (1622 – 1673)



……

Jourdain:

Como! Quando eu falo: “Nicolasa, me dê o meu gorro para dormir” Esso e prosa?

Professora de literatura:

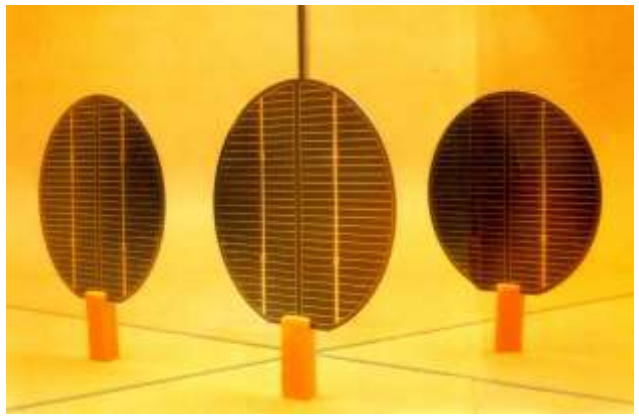
Si senhor

Jourdain:

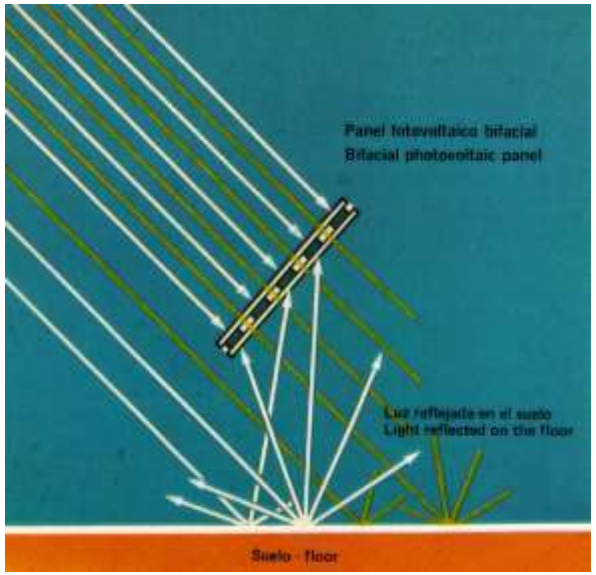
Então faz mais de quarenta anos que falo em prosa sem sabê-lo!

……

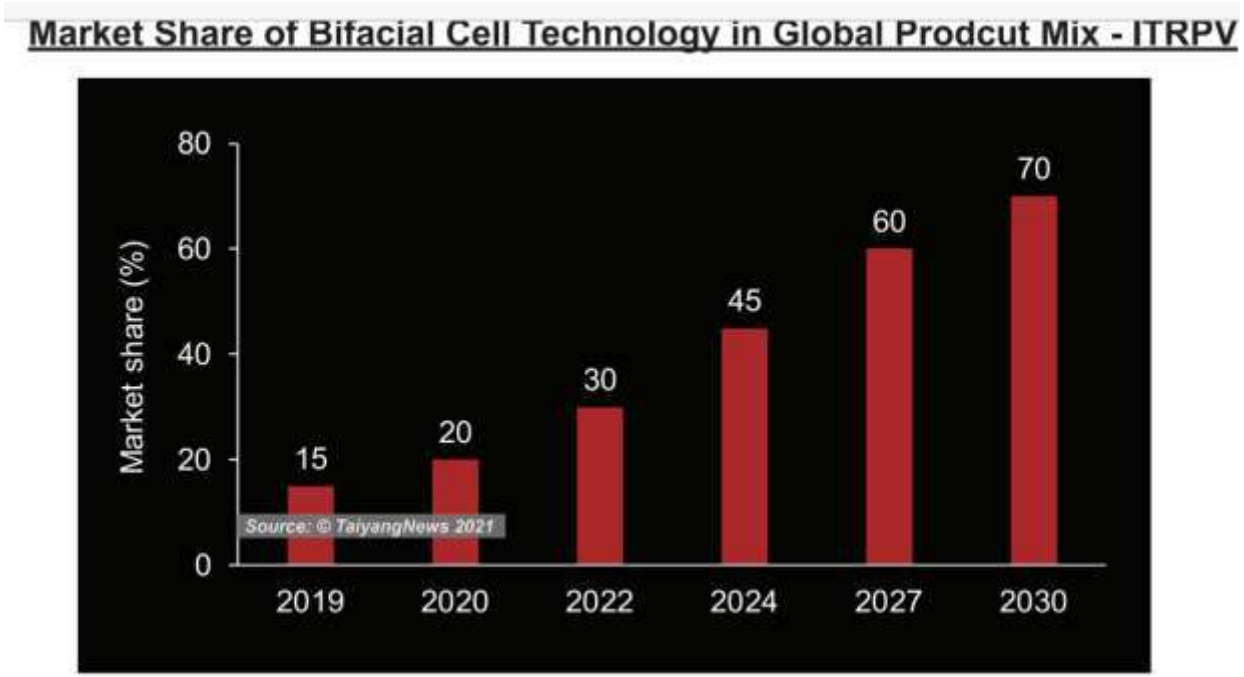
Uma célula ou um painel bifacial



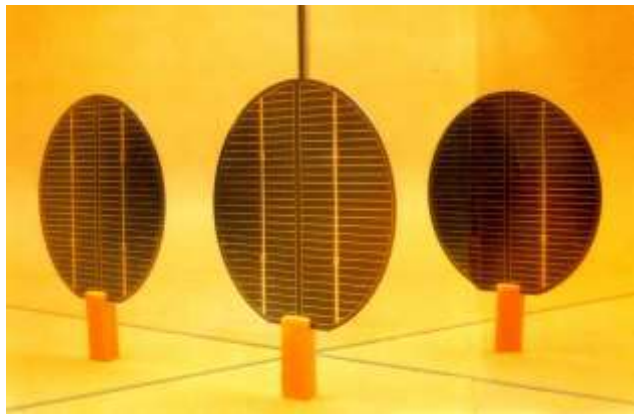
parece igual pelas duas caras....



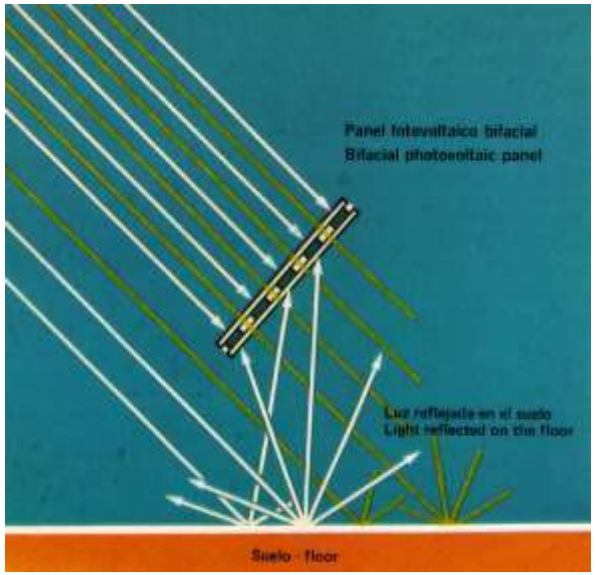
e aproveita a luz refletida pelo entorno



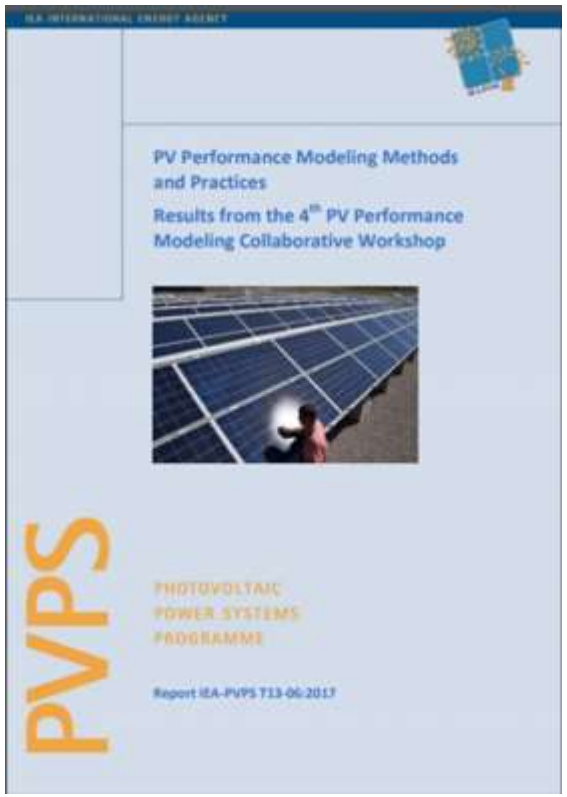
Uma célula ou um painel bifacial



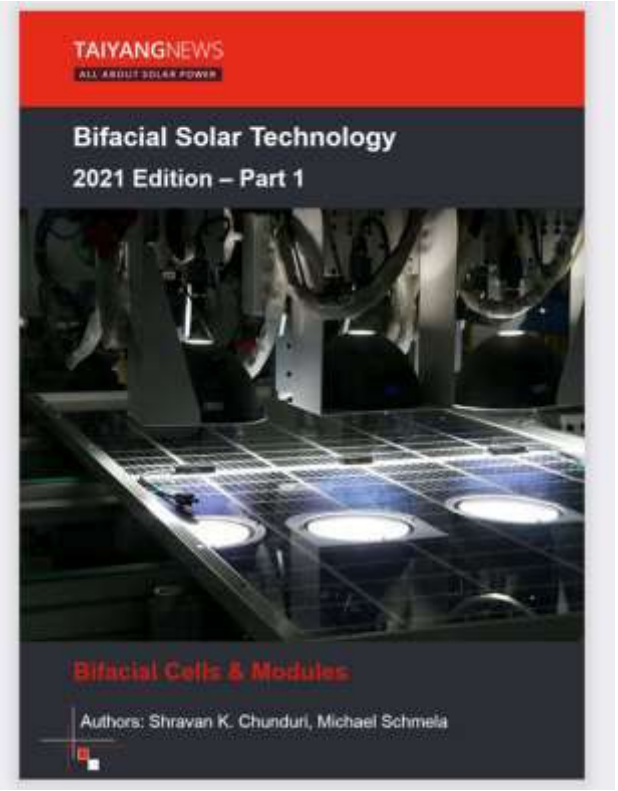
parece igual pelas duas caras....



e aproveita a luz refletida pelo entorno

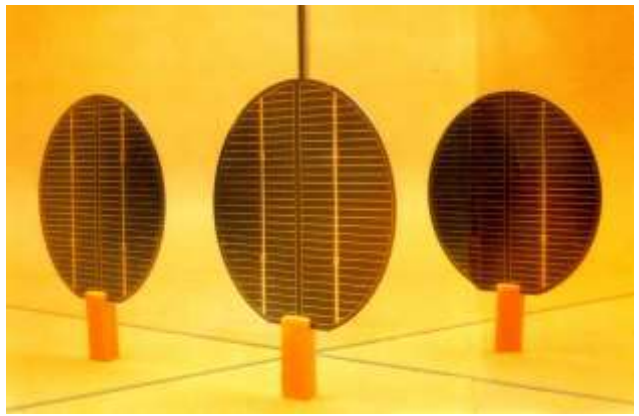


"…In 2009, the first commertial bifacial modules were realeased by Sanyo……"

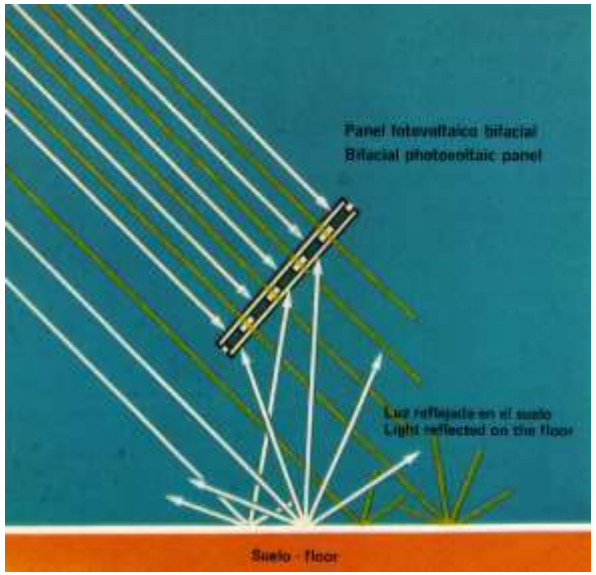


"….The year 2000….Sanyo (no Panasonic) started commercializing bifacial modules based on its propietary HIT design…"

Uma célula ou um painel bifacial



parece igual pelas duas caras....



e aproveita a luz refletida pelo entorno

1983-1987

Primeira industrialização em ISOFOTON (IES-UPM spin-off)

n-PERC, metalização Ni-Sn







A evolução bifacial

Episódios bifaciais				
Período	**Empresa**	**Célula**	**Eficiência (%)**	**Circunstancia**
1983 -1987	ISOFOTON	n-PERT	16	Concentradores
2000 - 2004	SANYO	HJT	20	Six-Sia
Atual (> 2018)	Todos	PERC	23 -26	BSF→ PERC



Episódios sem relação evolutiva direta

A raiz comum:
A bifacialidade é um fruto natural da alta eficiência
O custo está na “alta eficiência”. Adicionar o adjetivo “bifacial” é quase gratuito

O episódio atual afeta não a um galho mas ao tronco da árvore.

O gerador bifacial “antecesor”



















A bifacialidade não justifica alterar nem o chão nem a geometria dos geradores





Que se pode esperar da bifacialidade? ou Quanta radiação incide pela parte posterior?





Que se pode esperar dos painéis bifaciais? ou Quanta radiação incide pela parte posterior?





Método dos fatores de visão:

Contribuição de um elemento (chão, parede…) para a irradiância num ponto da cara posterior, G_{REAR}

= Irradiância emitida x fator de visão =
Irradiância recebida x refletância x área (A''B''C'')/π

Solar Cells, 13 (1984 - 1985) 277 - 292

DIFFUSING REFLECTORS FOR BIFACIAL PHOTOVOLTAIC PANELS

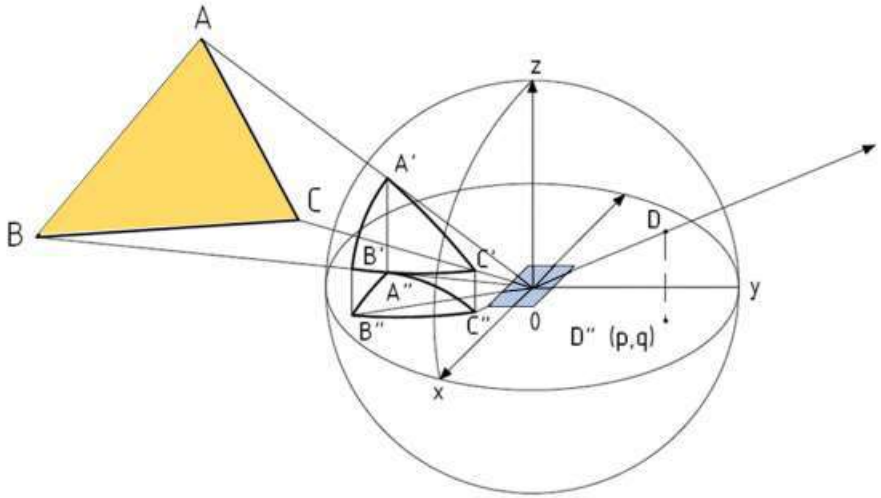
A. LUQUE, E. LORENZO and G. SALA
Instituto de Energía Solar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid 3 (Spain)
S. LÓPEZ-ROMERO
Universidad Nacional Autonoma de México, Mexico (Mexico)

(Received June 27, 1984; accepted August 3, 1984)

1984

Summary

We present here a model for the collection of energy on both sides of a bifacial photovoltaic panel surrounded by white-painted planes which



A tese de doutorado de Arno Krenzinger em 1986 : solução em 3D e para refletores múltiples



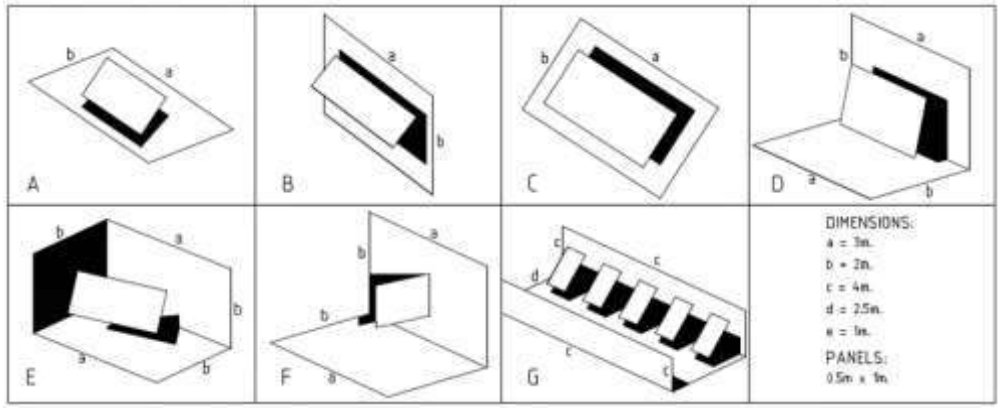
Int. J. Solar Energy, 1986, Vol. 4, pp. 297–319
0142–5919/86/0405–0297$12.00/0
© 1986 harwood academic publishers GmbH
Printed in the United Kingdom

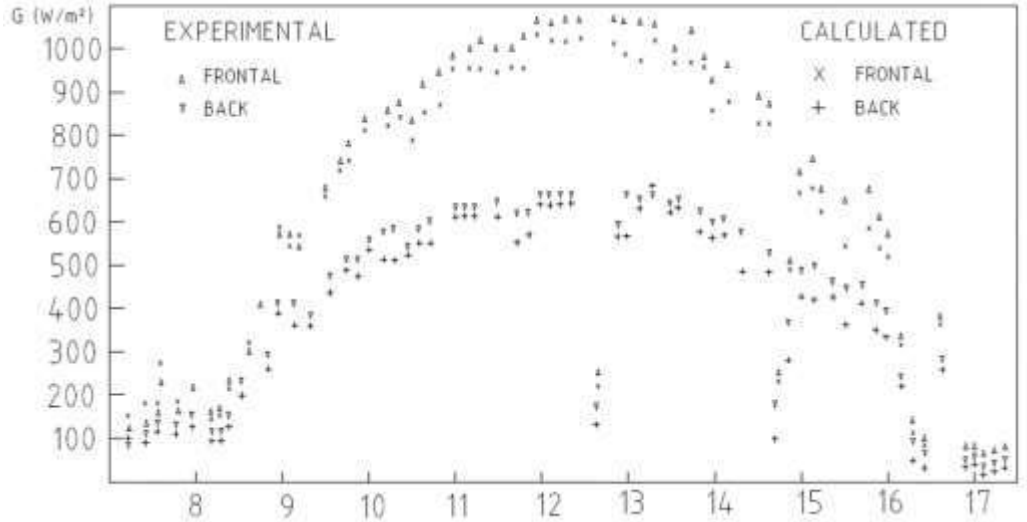
1986

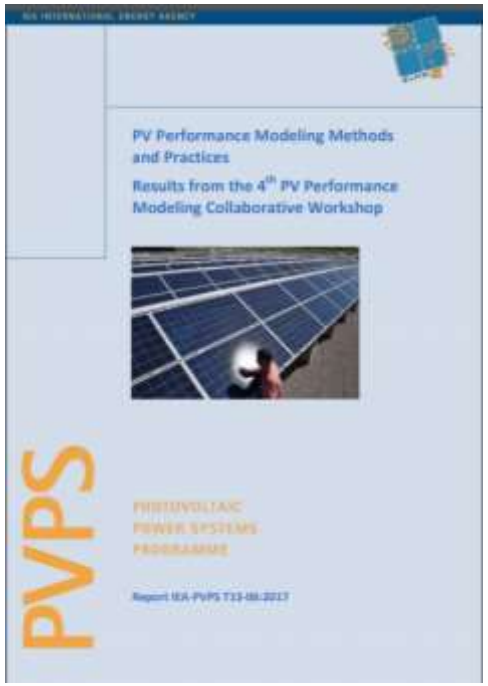
Estimation of Radiation Incident on Bifacial Albedo-Collecting Panels

ARNO KRENZINGER†
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS, Brazil

EDUARDO LORENZO
Instituto de Energía Solar, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Spain







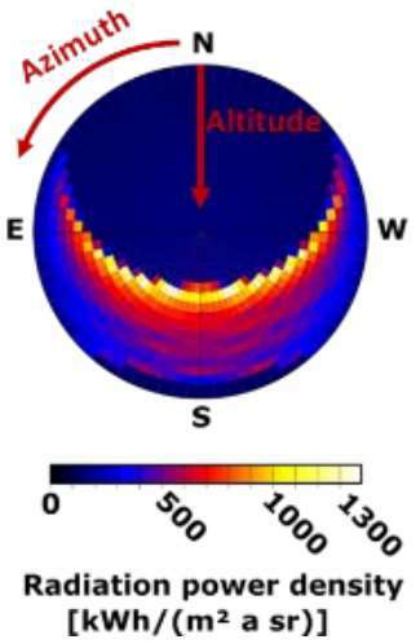
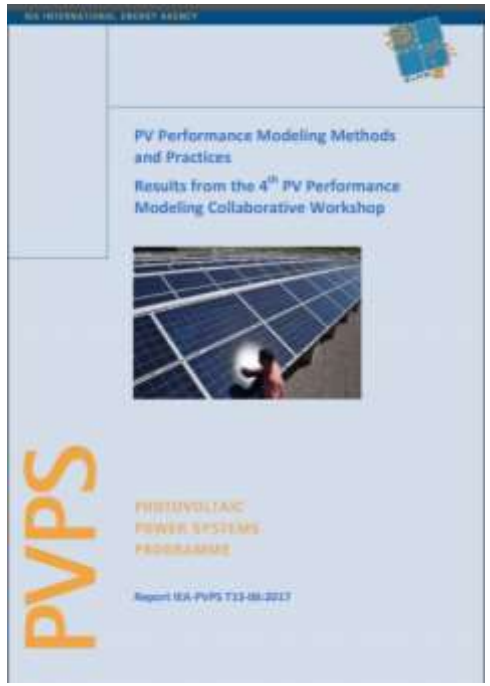
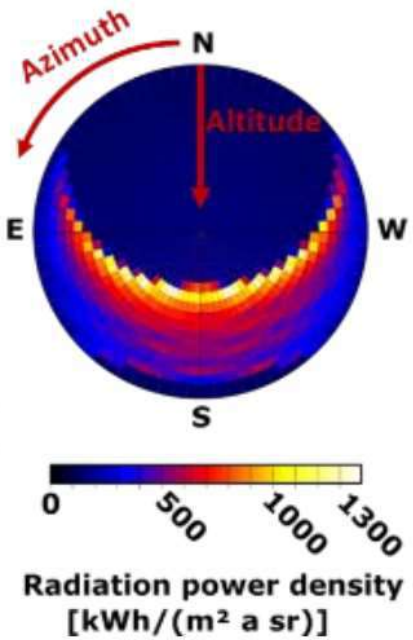


Fig 47 (pg 61)

“Utilizing **our daylight modeling approach**, the celestial hemisphere is partitioned into intervals...

O que fazia Arno há trinta anos





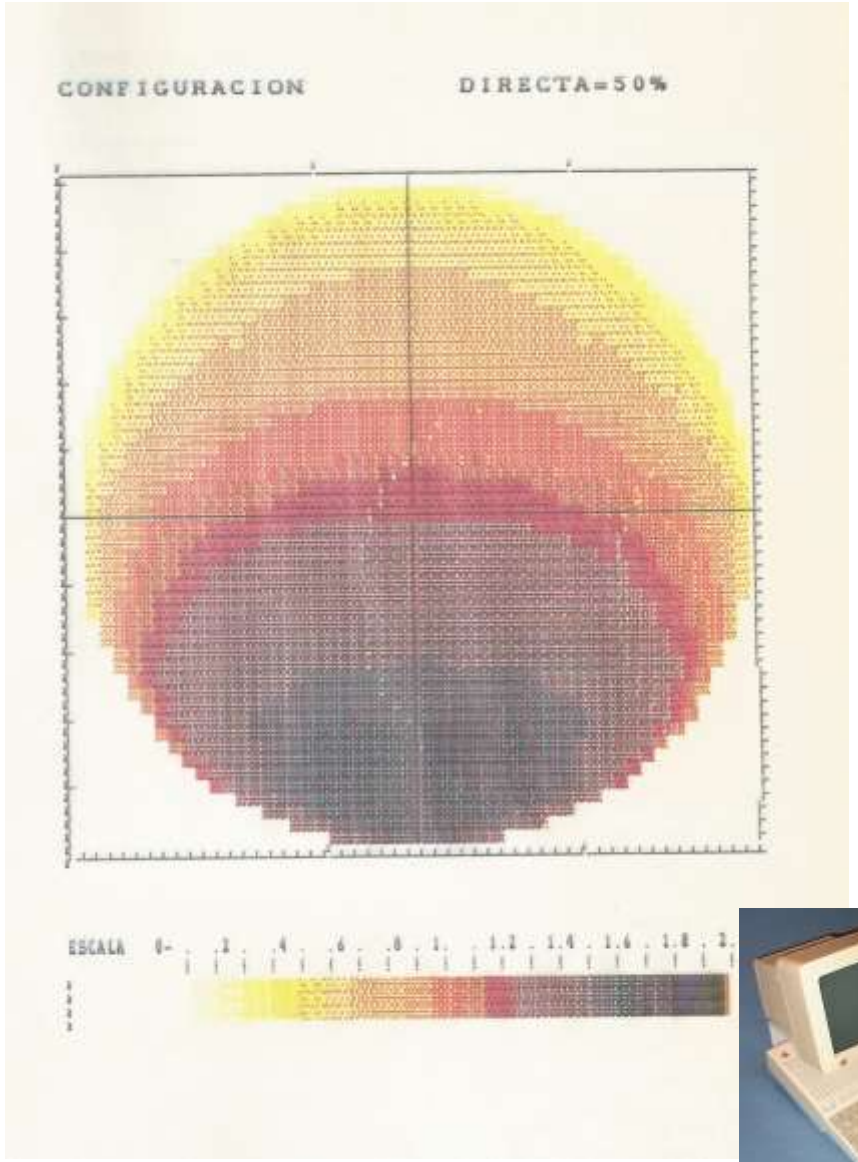


Fig 47 (pg 61)

“Utilizing **our daylight modeling approach**, the celestial hemisphere is partitioned into intervals...

Software de simulação atual (PVsyst, SISIFO…) : solução em 2D e para refletor único

Renewable Energy Focus 41 (2022) 179–187

Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy Focus

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



Research Paper (blue)

Study of energy improvement with the insertion of bifacial modules and solar trackers in photovoltaic installations in Brazil

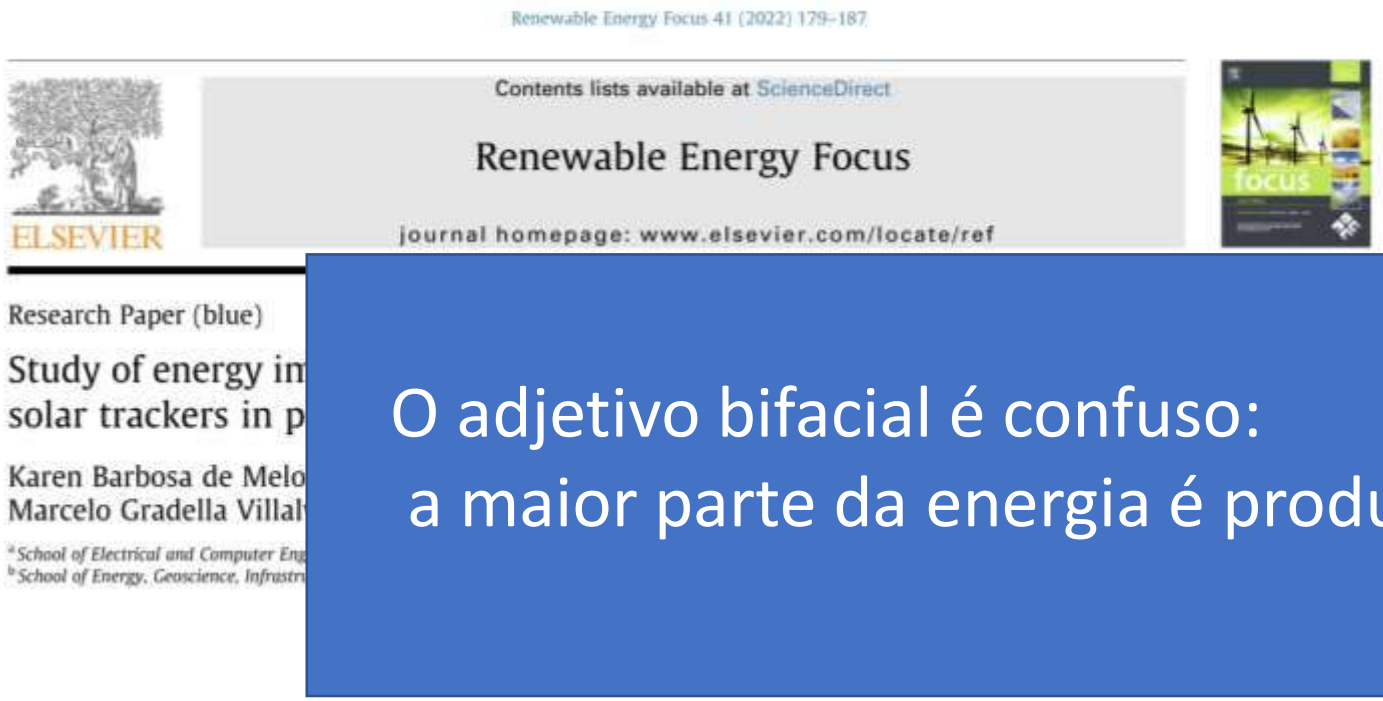
Karen Barbosa de Melo [a,*], Michelle Kitayama da Silva [b], João Lucas de Souza Silva [a], Tatiane Silva Costa [a], Marcelo Gradella Villalva [a]

[a] School of Electrical and Computer Engineering, University of Campinas, UNICAMP, Brazil
[b] School of Energy, Geoscience, Infrastructure and Society, Heriot-Watt University, Edinburgh, United Kingdom

Simulações com PVsyst

Com albedo de 0.2, o ganho bifacial varia entre 4% e 5 % com seguidores e entre 7% e 8% para instalações fixas.

Software de simulaçao atuai (PVsyst, SISIFO…) : soluçao en 2D e para refletor unico



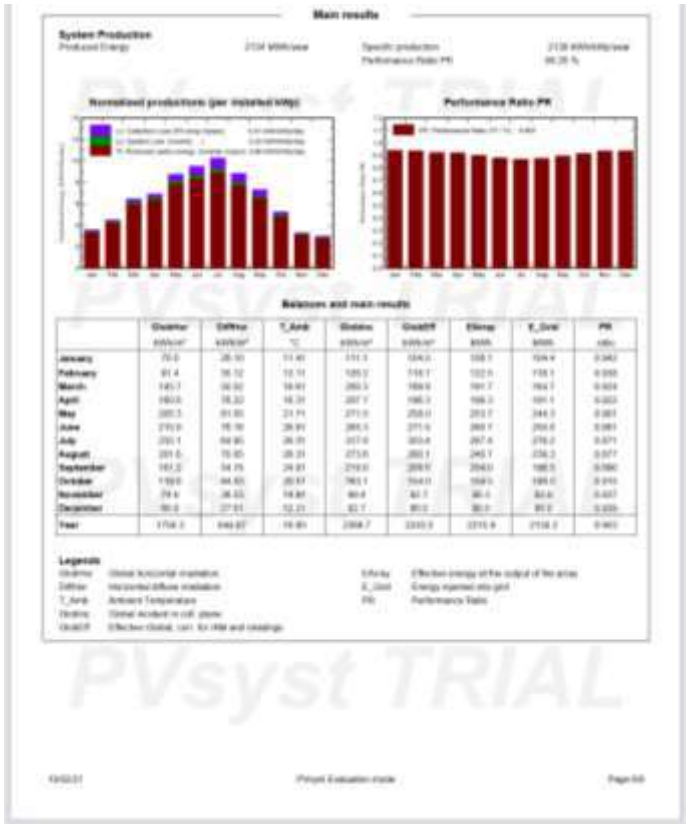
O adjetivo bifacial é confuso:
a maior parte da energia é produzida por uma só cara

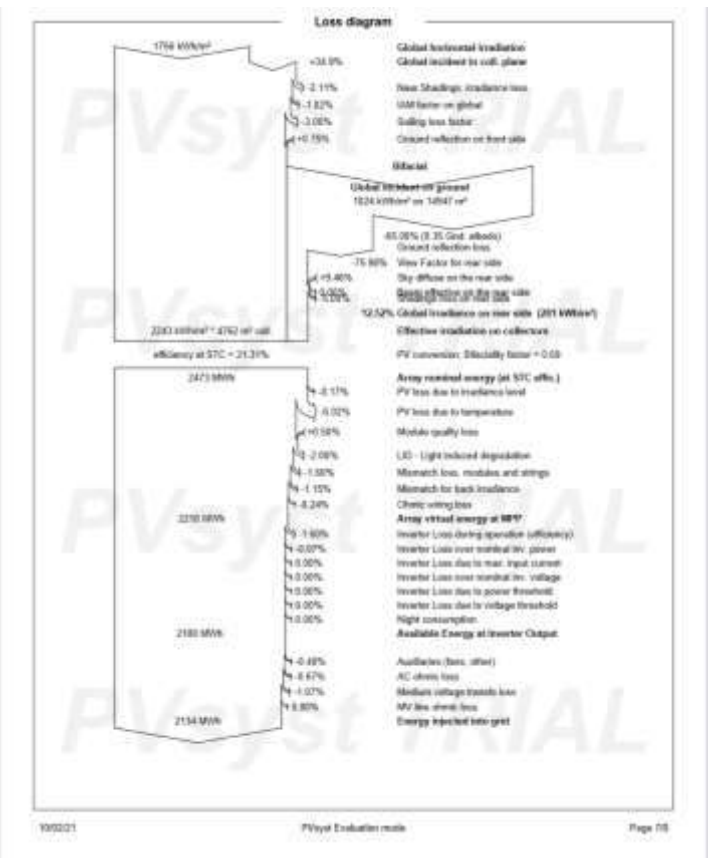
Simulações com PVsyst

Com albedo de 0.2, o ganho bifacial varia entre 4% e 5 % com seguidores e entre 7% e 8% para instalações fixas.

Práticas usuais na engenheira do bifacial

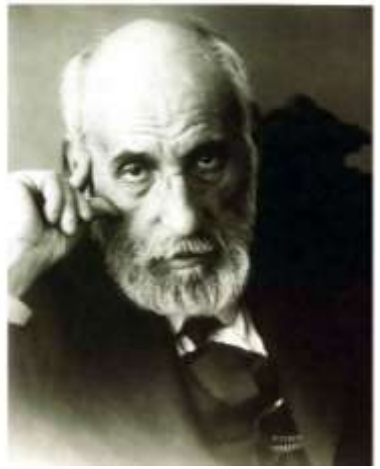






1. Medir o albedo com dois piranometros

2. Simular a produção de energia e o PR com PVsyst





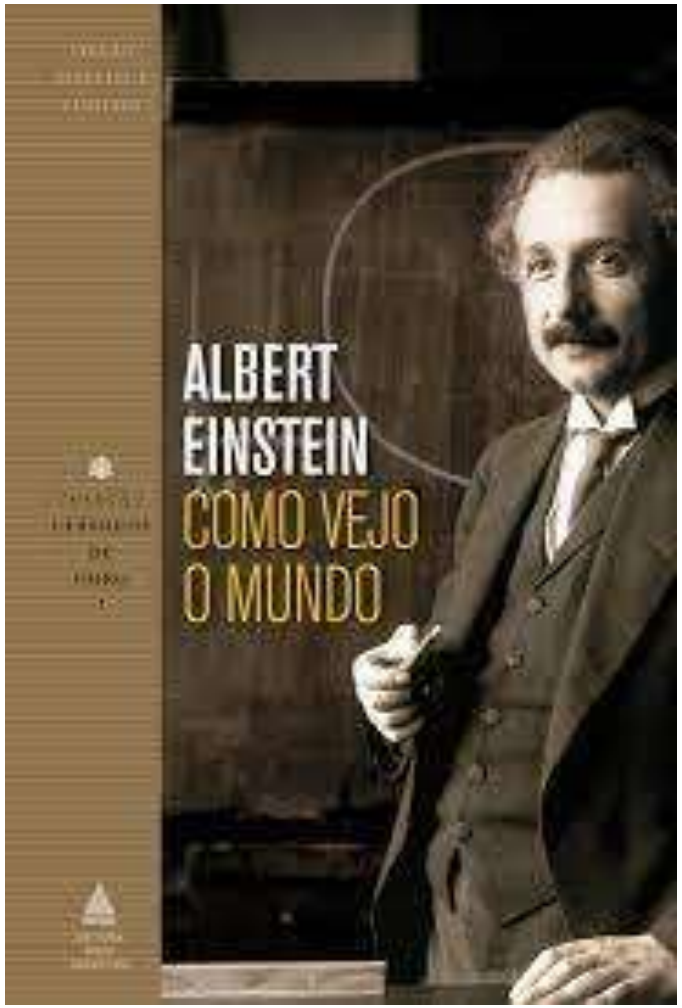
Capítulo II. PREOCUPACIONES ENERVADORAS DEL PRINCIPIANTE

a) Creencia en el agotamiento de los temas científicos

He aquí uno de los falsos conceptos que se oyen a menudo: “Todo lo sustancial de cada tema científico está apurado”……

En general, puede afirmarse que no hay cuestiones agotadas, sino hombres agotados en las cuestiones. Un talento de refresco, llegado sin perjuicio al análisis de un asunto, siempre hallará un aspecto nuevo, algo de que no se percataron quienes creyeron definitivamente apurado aquel estudio.

(1897)



A mais bela experiência que alguém pode viver é o mistério. É ele a verdadeira fonte da arte e da ciência. Quem não se emociona, quem já não possui o dom de maravilhar-se, mais valia que estivesse morto, porque os seus olhos estão fechados.

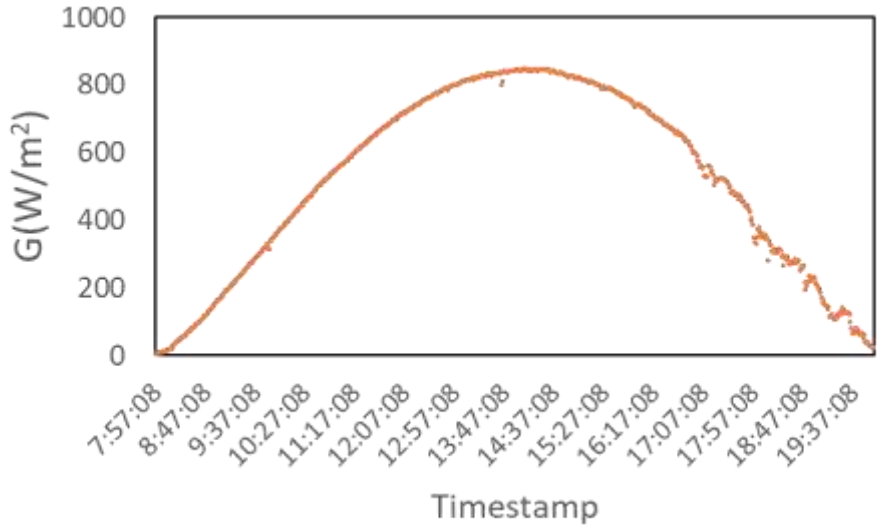
Mistérios bifaciais

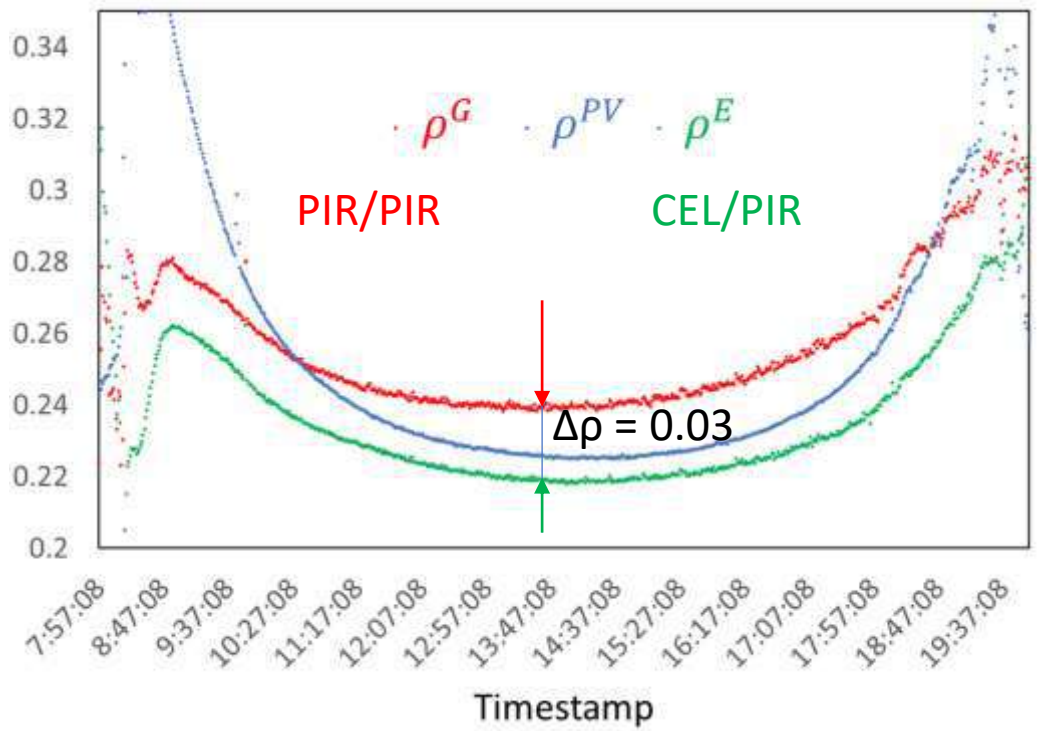
Da radiação que chega a parte posterior:
Como é o espectro?
Como é a homogeneidade?
Como é o sombreamento da estrutura de suporte?

Da resposta dos módulos
Como é o efeito da iluminação não-homogenea?
Qual é a temperatura de operação?

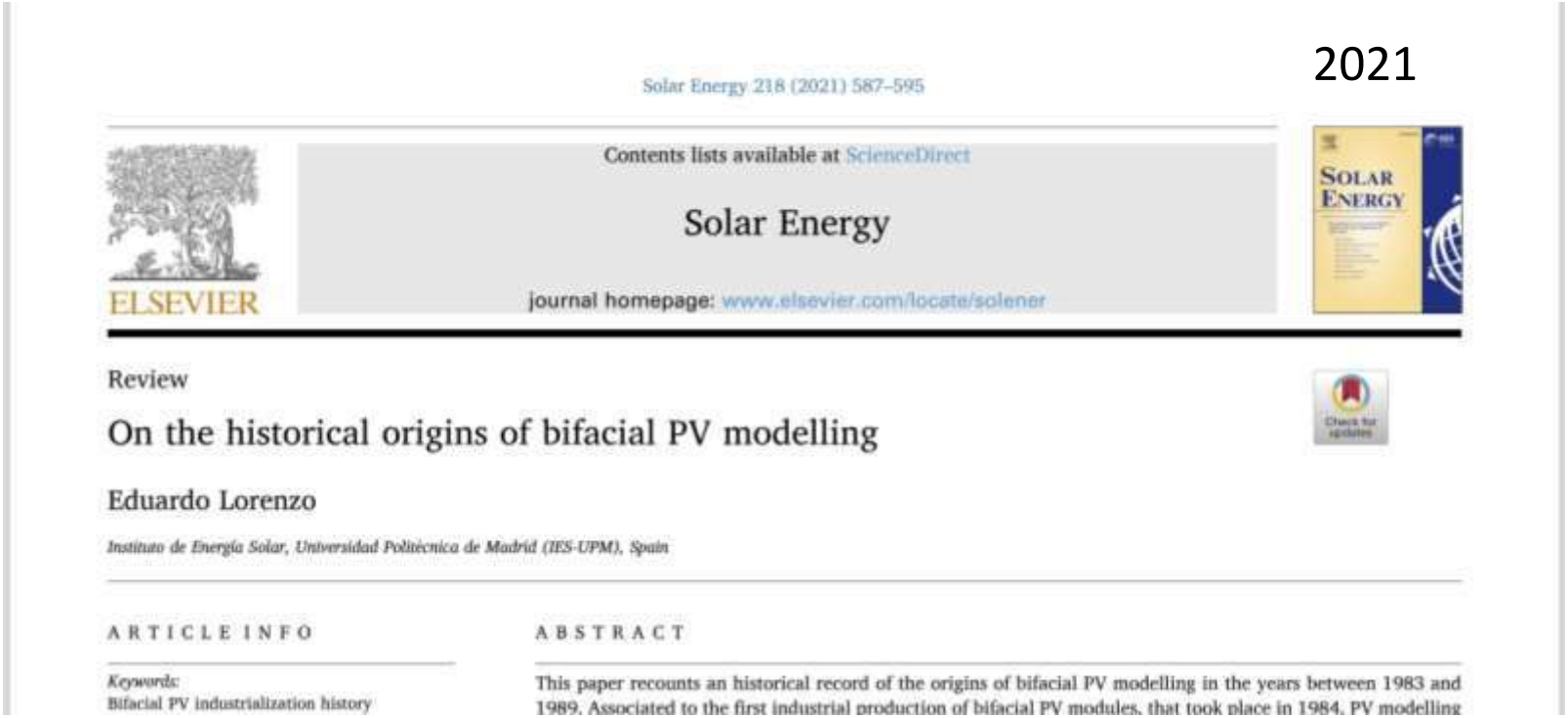
Da engenheira
Como e donde se mede a radiação posterior?
Como se define o PR?
Como se caracteriza um módulo bifacial com medidas a sol real e o módulo na ubicação de trabalho?
Como se consideram os chãos não uniformes?




1000
800
600
400
200
0
G(W/m²)
7:57:08
8:47:08
9:37:08
10:27:08
11:17:08
12:07:08
12:57:08
13:47:08
14:37:08
15:27:08
16:17:08
17:07:08
17:57:08
18:47:08
19:37:08
Timestamp


0.34
0.32
0.3
0.28
0.26
0.24
0.22
0.2
ρ^G
ρ^{PV}
ρ^E
PIR/PIR
CEL/PIR
Δρ = 0.03
7:57:08
8:47:08
9:37:08
10:27:08
11:17:08
12:07:08
12:57:08
13:47:08
14:37:08
15:27:08
16:17:08
17:07:08
17:57:08
18:47:08
19:37:08
Timestamp

2021



Solar Energy 218 (2021) 587–595

Contents lists available at ScienceDirect

Solar Energy

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

Review

On the historical origins of bifacial PV modelling

Eduardo Lorenzo

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid (IES-UPM), Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Bifacial PV industrialization history

ABSTRACT

This paper recounts an historical record of the origins of bifacial PV modelling in the years between 1983 and 1989. Associated to the first industrial production of bifacial PV modules, that took place in 1984, PV modelling

1. Introduction

…The early work was duly published at that time mainly in three peer-reviewed papers .The last is from 1986 and the first publication of the current stage is from 2020. Because I am one of the authors of the four papers, I have a thirty-three-year track record in PV modelling. Although not particularly brilliant but I believe it is long enough to justify the writing an historical paper.

3. Multiple reflector surfaces

Thanks to the work of Arno Krenzinger, a brilliant Brazilian PhD student (today professor of solar energy at the University of Rio Grande do Sul), we were able to generalize the rear irradiance model to any number of diffuse reflectors, and improve the accuracy of the model by considering the anisotropic properties of diffuse radiation.

O gerador bifacial antecessor



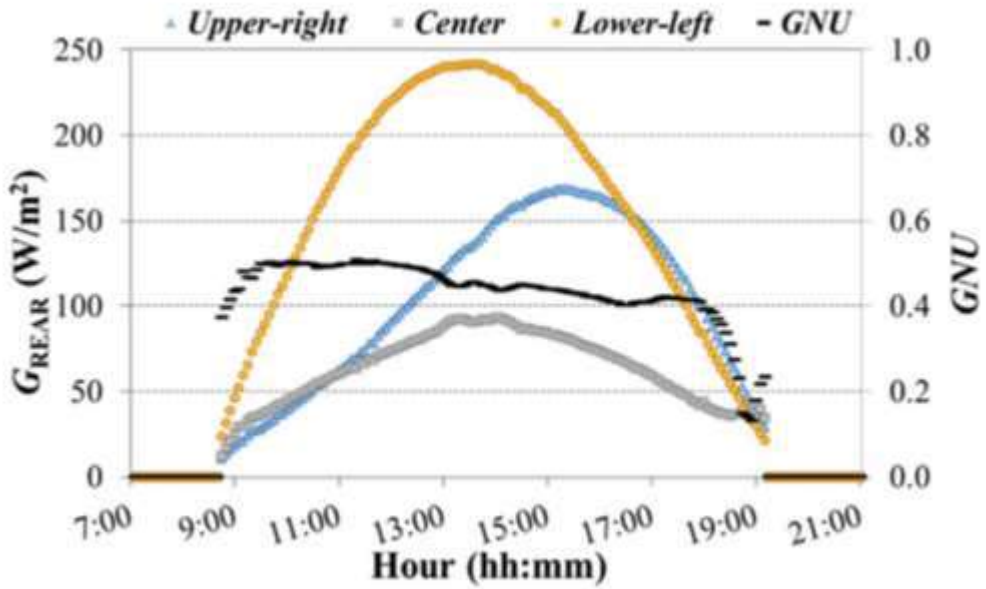


Módulos			
	Nominal	Testado	Diferença (%)
$P^*_{FRONTAL}(W)$	67,7	62	- 8,4
$P^*_{POSTERIOR}(W)$	47,7	41	- 14
$C_{BIFACIALIDAD}(\%)$	70	66	-5,7

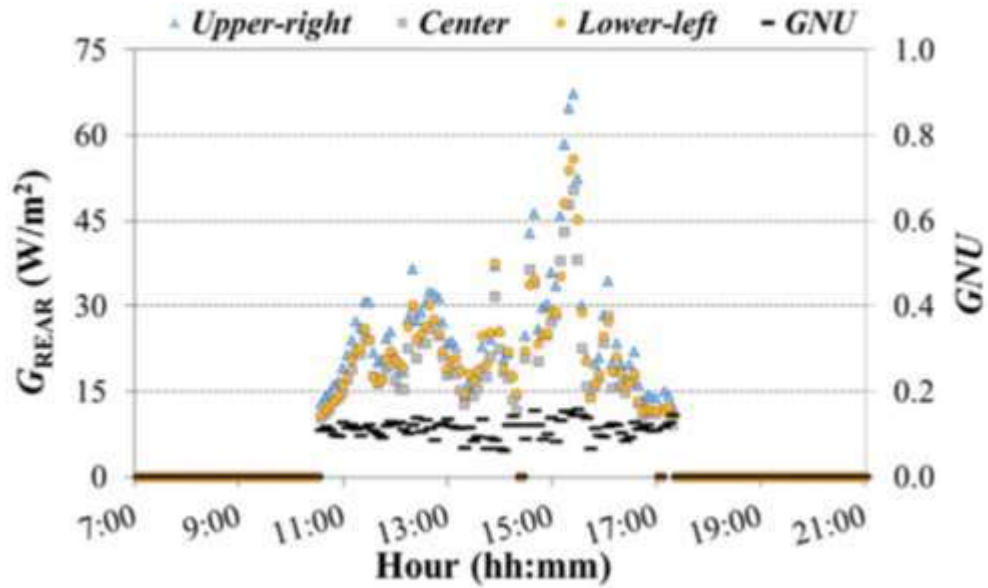
Gerador	**56 módulos**	**Nominal $P^*_{FRONTAL}$ = 3,79 kW**

5/5/2021 a 4/5/2022			**E_{AC} = 5.722 kWh**
Irradiaçao (kWh/m2)	Frontal, $G_{a,F}$ 1.708	Posterior, $G_{a,R}$ 210 ***(12,2%)***	Bifacial, $G_{a,F}+C_{BIF}G_{a,R}$ 1.855
$PR_{FRONT} = (E_{AC}/P^*_{FRONTAL})/G_{a,F} = 0,88$			
$PR_{BIF} = (E_{AC}/P^*_{FRONTAL})/(G_{a,F}+ C_{BIF}.G_{a,R}) = 0,81$			
$PR_{FRONT,25} = (E_{AC}/P^*_{FRONTAL})/\sum G_F\,[1-\gamma(T_C-25^oC)] = 0,97$			
$PR_{BIF,25} = (E_{AC}/P^*_{FRONTAL})/\sum(G_F+ C_{BIF}.G_R)[1-\gamma(T_C-25^oC)] = 0,89$			




Upper-right
Center
Lower-left
GNU
250
200
150
100
50
0
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
G_{REAR} (W/m²)
GNU
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
21:00
Hour (hh:mm)

(a)


Upper-right
Center
Lower-left
GNU
75
60
45
30
15
0
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
G_{REAR} (W/m²)
GNU
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
21:00
Hour (hh:mm)

(b)



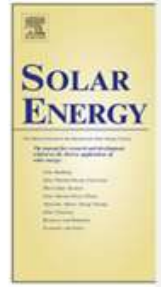


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Solar Energy

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



A simulation model of the irradiation and energy yield of large bifacial photovoltaic plants



J.R. Ledesma, R.H. Almeida*, F. Martinez-Moreno, C. Rossa, J. Martín-Rueda, L. Narvarte, E. Lorenzo

Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid (IES-UPM), Spain





RESEARCH ARTICLE

PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS WILEY

Experimental observations in mismatch losses in monofacial and bifacial PV generators

Carlos Rossa | Francisco Martínez-Moreno | Eduardo Lorenzo

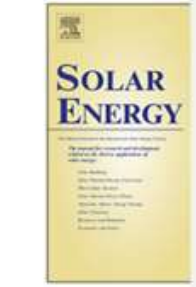
Instituto de Energía Solar, Universidad Politécnica de Madrid, Photovoltaic Systems Group, ETSIST, Madrid, Spain

Correspondence
Carlos Rossa, Photovoltaic Systems Group, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 28031, Spain.
Email: henrique.rossa@ies.upm.es

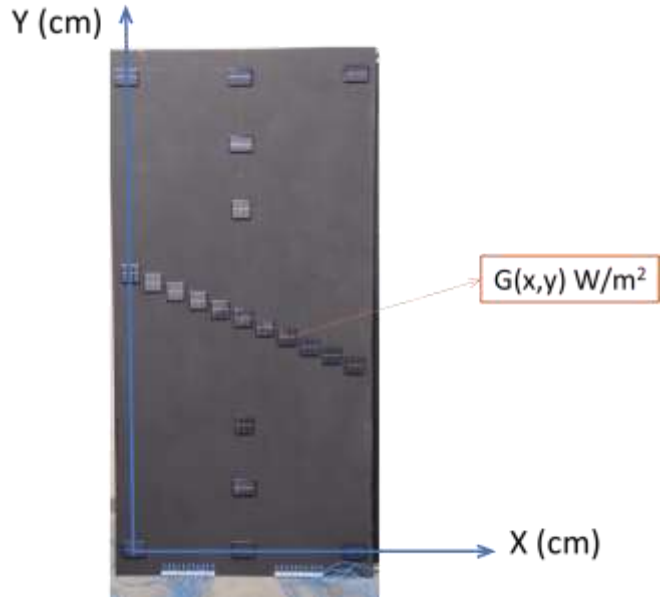
Funding information
CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) process number 203505/2014-0; MADRID-PV2-CM (S2018/EMT-4308) funded by the Comunidad de

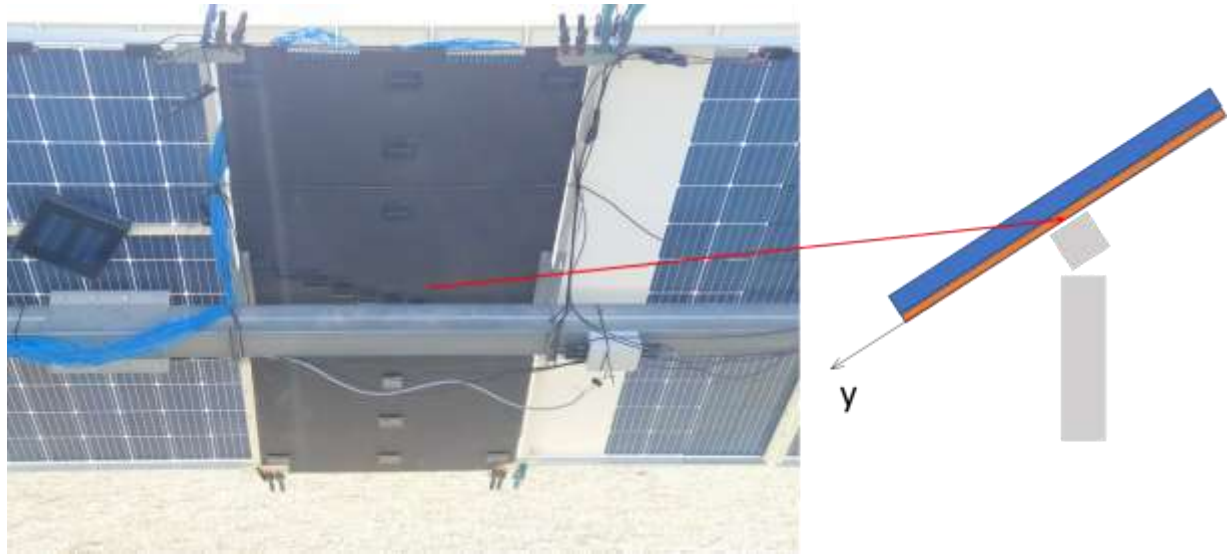
Abstract

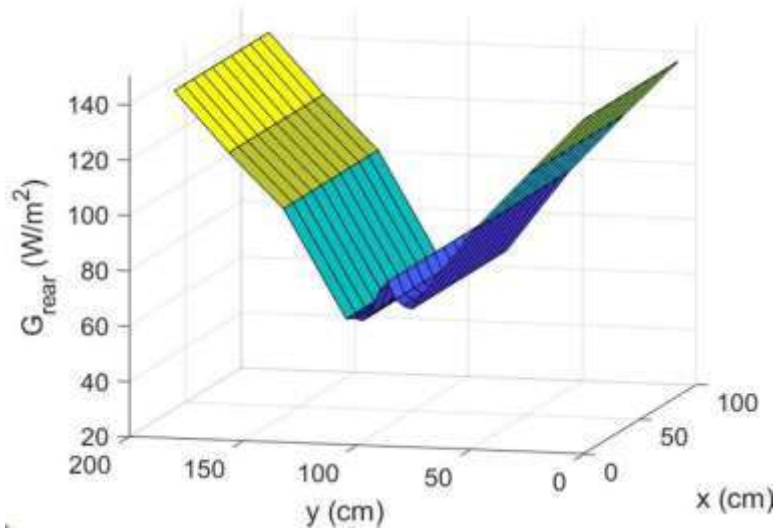
Mismatch losses (*MML*) in PV arrays have been experimentally investigated by observing the dispersion in the operating voltage of the individual modules under normal operating conditions, that is, with the inverter delivering energy to the grid, and by assuming that in the absence of mismatch, all the modules will have the same operating voltage which are equal to the observed average. For that, a quadratic relationship between relative power and relative voltage deviations derived from the power-voltage curve of the modules is required. This has been carried out in two different PV generators: a 5.1 kW_p with monofacial multicrystalline BSF modules

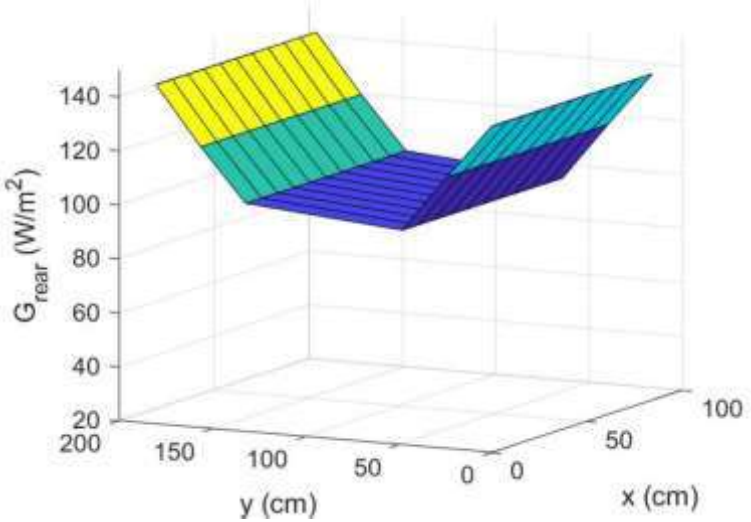





Y (cm)
G(x,y) W/m²
X (cm)


y


G_rear (W/m²)
140
120
100
80
60
40
20
200
150
100
50
0
y (cm)
0
50
100
x (cm)


G_rear (W/m²)
140
120
100
80
60
40
20
200
150
100
50
0
y (cm)
0
50
100
x (cm)

Conclusões:

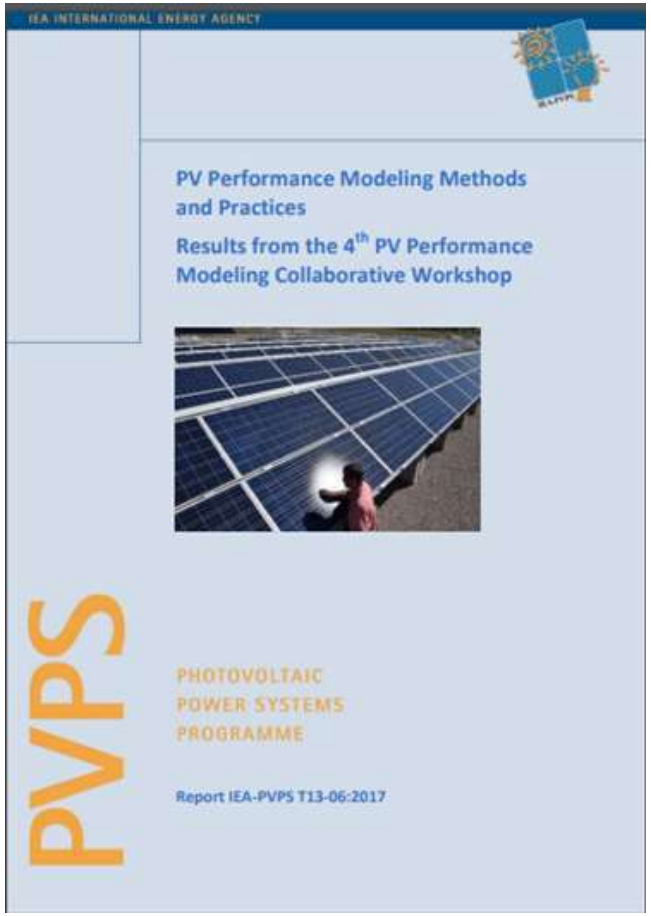
A bifacialidade é um fruto natural da alta eficiência

A primeira industrialização de painéis bifaciais aconteceu em 1983 (Isofoton; IES-UPM “spin-off”)

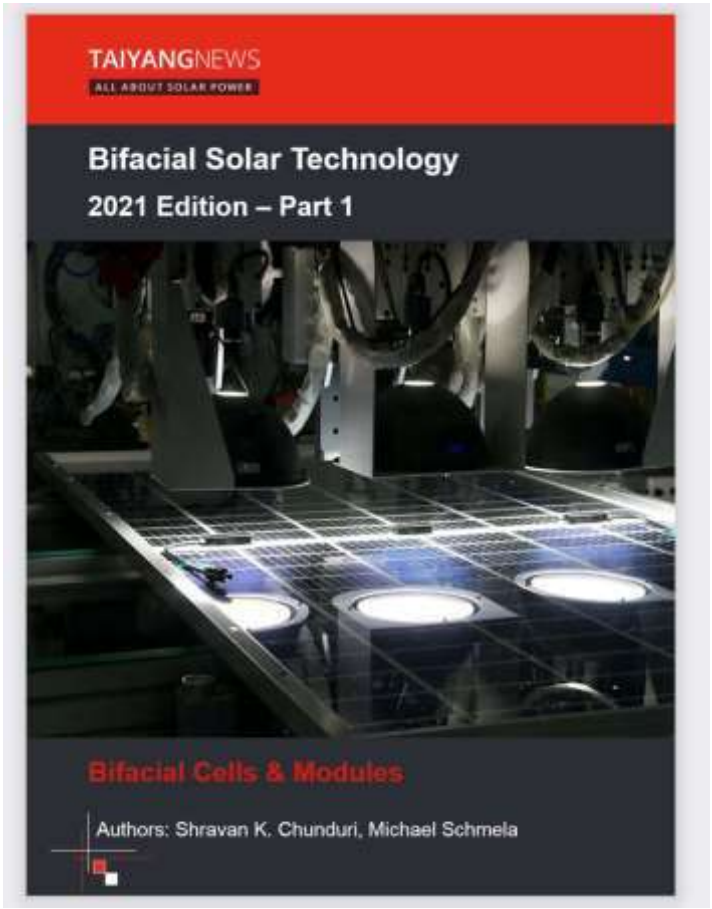
A bifacialidade não justifica alterar nem o chão nem a geometria dos geradores

Os ganhos energéticos por bifacialidade são mais bem modestos

Há questões abertas na engenheira do bifacial



"…In 2009, the first commertial bifacial modules were realeased by Sanyo……"



"….The year 2000….Sanyo (no Panasonic) started commercializing bifacial modules based on its propietary HIT design…"

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

Energia solar fotovoltaica:

Panorama e regulamentação da GDFV



Dr. Rodrigo Lopes Sauaia
Presidente Executivo

IX Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS)

Florianópolis (SC) | 24/05/2022

Nosso trabalho



Representar e promover o setor solar fotovoltaico no País e no exterior.



Acompanhar o avanço do mercado solar fotovoltaico no Brasil.



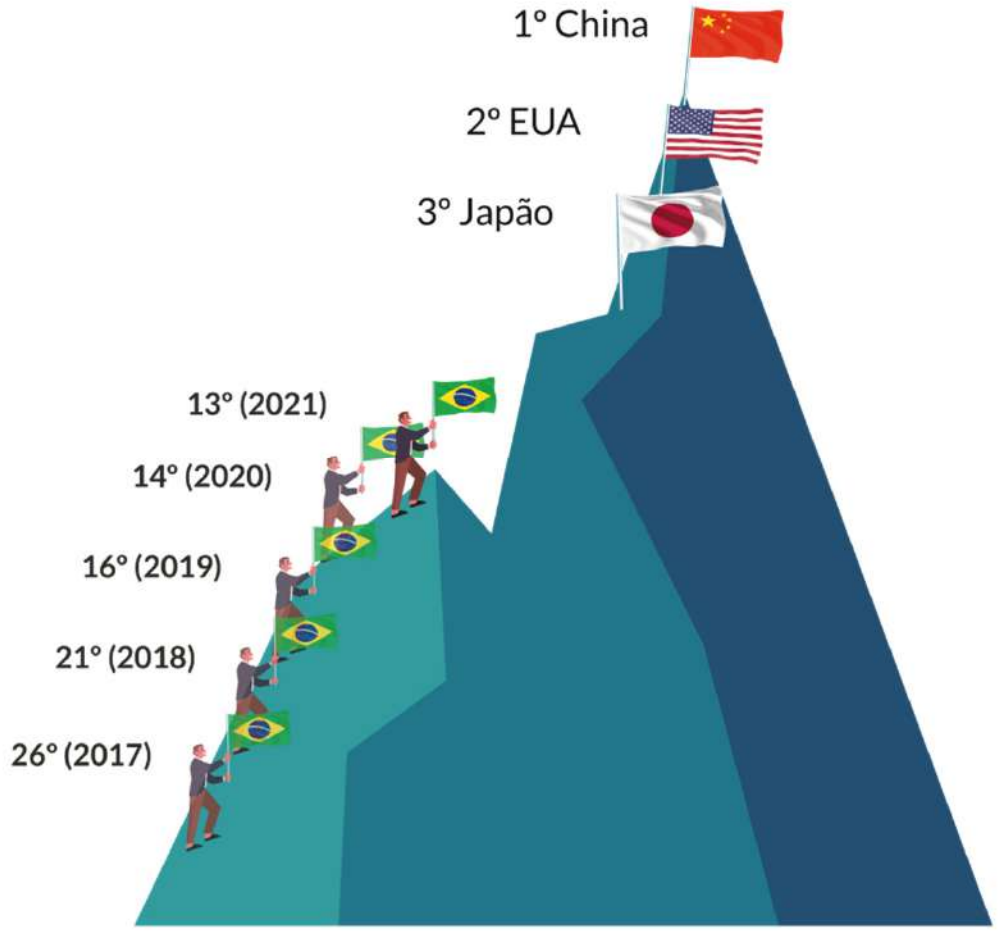
Servir de **ponto de encontro e debate** para o setor.

- ✓ Atuação nos **26 estados + DF**.
- ✓ Empresas **nacionais e internacionais**.

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
Membro co-fundadora Global Solar Council

Evolução do Brasil no ranking mundial

Ranking mundial de capacidade instalada solar fotovoltaica



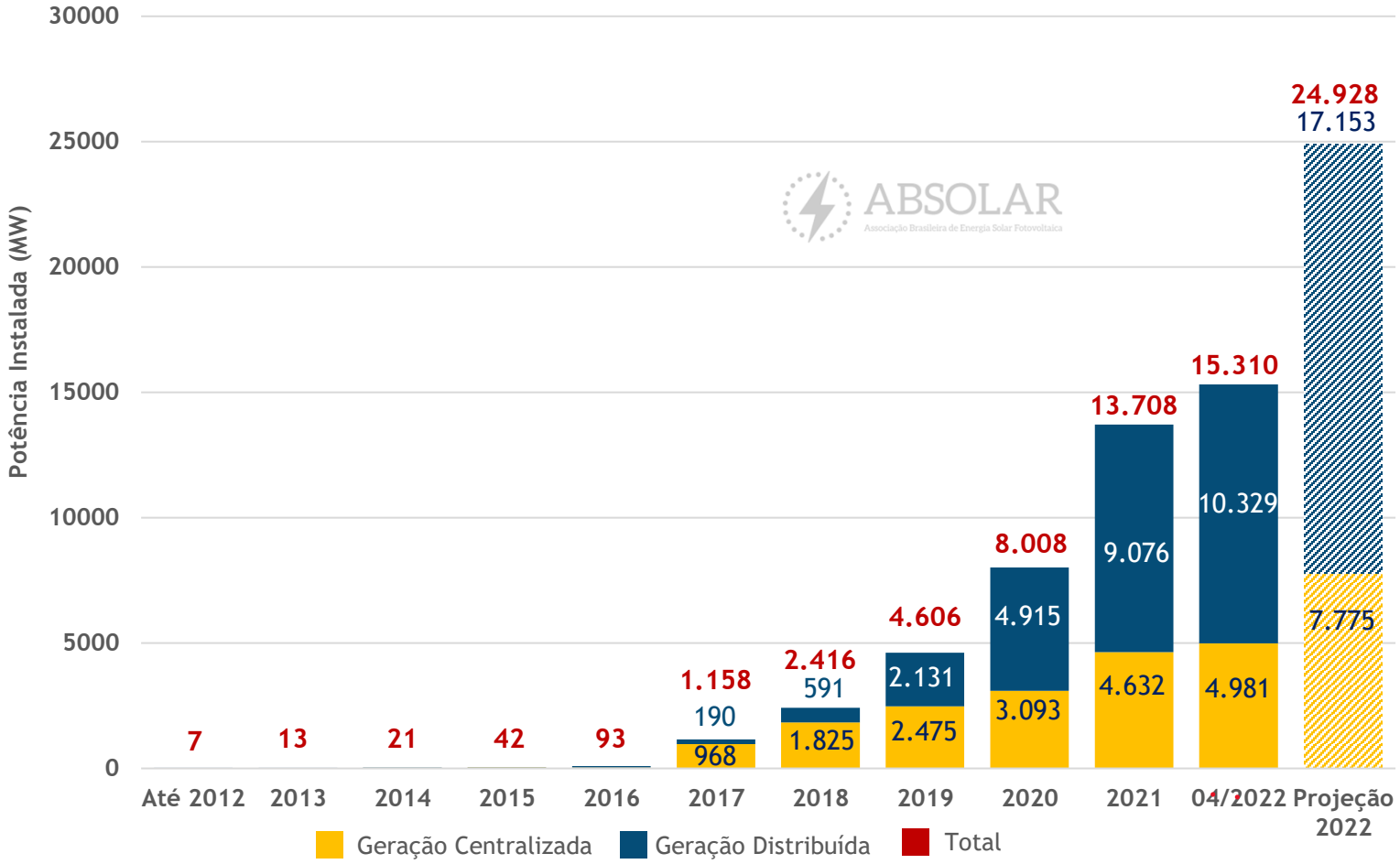
Posição	País	Potência acumulada até 2021 (GW)
1º	China	306,4
2º	EUA	93,7
3º	Japão	74,1
4º	Alemanha	58,4
5º	Índia	49,4
6º	Itália	22,6
7º	Austrália	19,0
8º	Coreia do Sul	18,1
9º	Vietnã	16,6
10º	França	14,7
11º	Holanda	14,2
12º	Reino Unido	13,7
13º	Brasil	13,6
14º	Espanha	13,4

Fonte: IEA PVPS, 2018, 2019, 2020 e 2021. IRENA, 2022. ABSOLAR, 2022.

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
Membro co-fundadora Global Solar Council

Evolução da solar FV no Brasil

Desde 2012, o setor solar fotovoltaico brasileiro já gerou **mais de 459 mil empregos** acumulados



Fonte: ANEEL, 2022. Adaptado pela ABSOLAR. Última atualização: 02/05/2022.

Lei nº 14.300/2022

Sanção presidencial

- O PL 5.829/2019 foi **sancionado pelo Presidente da República no dia 06 de janeiro de 2022**.

- A sanção contou com **dois vetos**:
  - **Art. 11. § 3:** Retirava usinas flutuantes da vedação da divisão de central geradora em unidades de menor porte para se enquadrar nos limites de potência para MMGD; e
  - **Art. 28.:** Enquadrava projetos de minigeracão distribuída como projetos de infraestrutura de geração de energia elétrica no âmbito do REIDI e outros programas.

Lei nº 14.300/2022

- **Novas opções jurídicas na geração compartilhada:** condomínio civil voluntário ou edilício, ou qualquer outra forma de associação civil;
- **Novas tecnologias:** permitidos sistemas de armazenamento de energia elétrica e sistemas híbridos;
- **Novos modelos de contratação por chamada pública:** distribuidora poderá contratar serviços ancilares e/ou comprar excedentes de energia;
- **Iluminação pública** poderá participar da geração própria de energia renovável;
- **Minigeração distribuída solar FV:** potência limitada em 3 MW;

Lei nº 14.300/2022

Pioneiros e vacância legal

- Os **consumidores com GD na data de publicação da Lei** e os pedidos de **solicitação de acesso feitos até 07/01/2023**, permanecem na regra atual **até 31/12/2045**.

- Os consumidores **perdem o "direito adquirido", caso:**

  - **Haja encerramento do contrato com a distribuidora.**
    - No caso de troca de titularidade, o direito previsto no continuará a ser aplicado ao novo titular.

  - Haja comprovação de ocorrência de **irregularidade no sistema de medição** atribuível ao consumidor.

  - **Na parcela de aumento da potência instalada** cujo protocolo da solicitação de aumento ocorra após 12 meses após a data de publicação desta lei.

Lei nº 14.300/2022

Até 07/07/2022:
o CNPE estabelecerá as diretrizes para **valoração dos custos e benefícios da GD**.

Até 07/01/2023:
Consumidores **pioneiros** e novos pedidos de solicitação de acesso **mantém as regras atuais até 31/12/2045**.

→ Regras atuais até 31/12/2045 → Regra definida no encontro de contas após 31/12/2045.

Até 07/07/2023:
ANEEL estabelecerá os cálculos para valoração dos custos e benefícios.

Acessantes entre o 07/01/2023 e o 07/07/2023

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
4,1%	8,1%	12,2%	16,2%	20,3%	24,3%	27%	27%	Regra definida no encontro de contas.

Percentual da tarifa de eletricidade.

Após 07/07/2023:

2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
4,1%	8,1%	12,2%	16,2%	20,3%	24,3%	Regra definida no encontro de contas.

Percentual da tarifa de eletricidade.

Geração de fontes não despacháveis, nas modalidades de autoconsumo remoto acima de 500 kW e geração compartilhada quando um consumidor receber mais que 25% dos créditos:

De 2023 até 2028	Após 2028
29,3% da tarifa de eletricidade.	Regra definida no encontro de contas.

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

Lei nº 14.300/2022

- **Contratação da demanda:**
  - Pagamento **da TUSDg (mais barata)** para todos os novos projetos. Aos projetos antigos, será aplicada após a revisão tarifária da área da respectiva distribuidora.

- **Optante B:**
  - O PL garante em Lei o direito das unidades consumidoras com geração junto à carga cuja potência nominal total dos transformadores for igual ou inferior a 112,5 kVA **podem optar por faturamento conforme as regras aplicáveis às unidades** conectadas em baixa tensão, conforme regulação da ANEEL.

Lei nº 14.300/2022

- **Garantia de Fiel Cumprimento:**
  - Necessidade de **apresentação de Garantia de Fiel Cumprimento** de acordo com a faixa de potência dos sistemas de minigeração distribuída, exceto os empreendimentos de geração compartilhada:
    - 0% do valor declarado do investimento para projetos até 500 kW.
    - **2,5% do valor declarado do investimento** para projetos com **potência acima de 500 kW e até 1 MW.**
    - **5% do valor declarado do investimento** para projetos com **potência acima de 1 MW.**
  - São dispensados da obrigação da apresentação da garantia as modalidades de geração compartilhada por meio da formação de consórcio ou cooperativa ou EMUCs.

Lei nº 14.300/2022

Consideração dos benefícios da geração distribuída

- **Encontro de contas**
  - Caberá ao **Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)**, após ouvir todos os agentes interessados, **estabelecer as diretrizes para valoração dos custos e benefícios da geração distribuída**.

  - O CNPE deverá considerar **todos os benefícios da microgeração e minigeração distribuída ao sistema elétrico** compreendendo as componentes:
    - Locacional;
    - Geração;
    - Perdas técnicas;
    - Transmissão; e
    - Distribuição.

  - Caberá à **ANEEL** seguindo tais diretrizes e consultando a sociedade **efetuar os cálculos.**

  - Também serão considerados os **benefícios ambientais.**

Convênio ICMS nº 101/97

Impactos da Resolução GECEX nº 272/21

- O Convênio ICMS nº 101/97 concede isenção de ICMS para operações com equipamentos e componentes para aproveitamento das energias solar e eólica.
- Com as alterações trazidas pela Resolução GECEX nº 272/21, ainda é necessária a atualização definitiva do Convênio ICMS nº 101/97, considerando as mudanças da Nomenclatura Comum do MERCOSUL ("NCM").
- Assim, nos termos da Resolução GECEX nº 272/21, dos 20 incisos do Convênio ICMS nº 101/97, **7 incisos necessitam de atualização.**
    - Destes 7 incisos, 3 foram atualizados (incisos III, IX e X), nos termos do Convênio ICMS nº 024/22, até 30 de junho de 2022.
    - **Precisam ser permanentemente atualizados os incisos III, IX e X, citados anteriormente, além dos incisos IV, V, VI e VII.**

Convênio ICMS nº 114/17

NCMs que precisam de atualização

Convênio ICMS n° 114/17	NCM 2022
8501.31.20 - Gerador fotovoltaico de potência não superior a 750W	8501.71.00 - Geradores fotovoltaicos de corrente contínua de potência não superior a 50W
8501.32.20 - gerador fotovoltaico de potência superior a 750W mas não superior a 75kW	8501.72.10 - Geradores fotovoltaicos de corrente contínua de potência superior a 50 W - não superior a 75kW
8501.33.20 - gerador fotovoltaico de potência superior a 75kW mas não superior a 375kW	8501.72.90 - Geradores fotovoltaicos de corrente contínua de potência superior a 50W – Outros (acima de 75kW)
8501.34.20 - Gerador fotovoltaico de potência superior a 375Kw	
8501.61.00 - Geradores de corrente alternada de potência não superior a 75 kVA	8501.80.00 - Geradores fotovoltaicos de corrente alternada

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022..

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022..

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022..

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022..

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Nossos associados



Logos atualizados em 02/05/2022.

Seja um associado ABSOLAR!

Venha somar forças conosco!



www.absolar.org.br/associe-se.html

associativo@absolar.org.br

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

Membro co-fundadora
Global Solar Council

Muito obrigado pela atenção!

Agradecimentos especiais à Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS) pelo convite!



Dr. Rodrigo Lopes Sauaia
Presidente Executivo
+55 11 3197 4560
absolar@absolar.org.br

ABSOLAR
Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ABSOLAR_Brasil

ABSOLARBrasil

Fala, ABSOLAR

absolaroficial

ABSOLAR

www.absolar.org.br

Perspectivas para a

Micro e Minigeração Distribuída no Brasil

Gabriel Konzen

24 de Maio de 2022

IX Congresso Brasileiro de Energia Solar

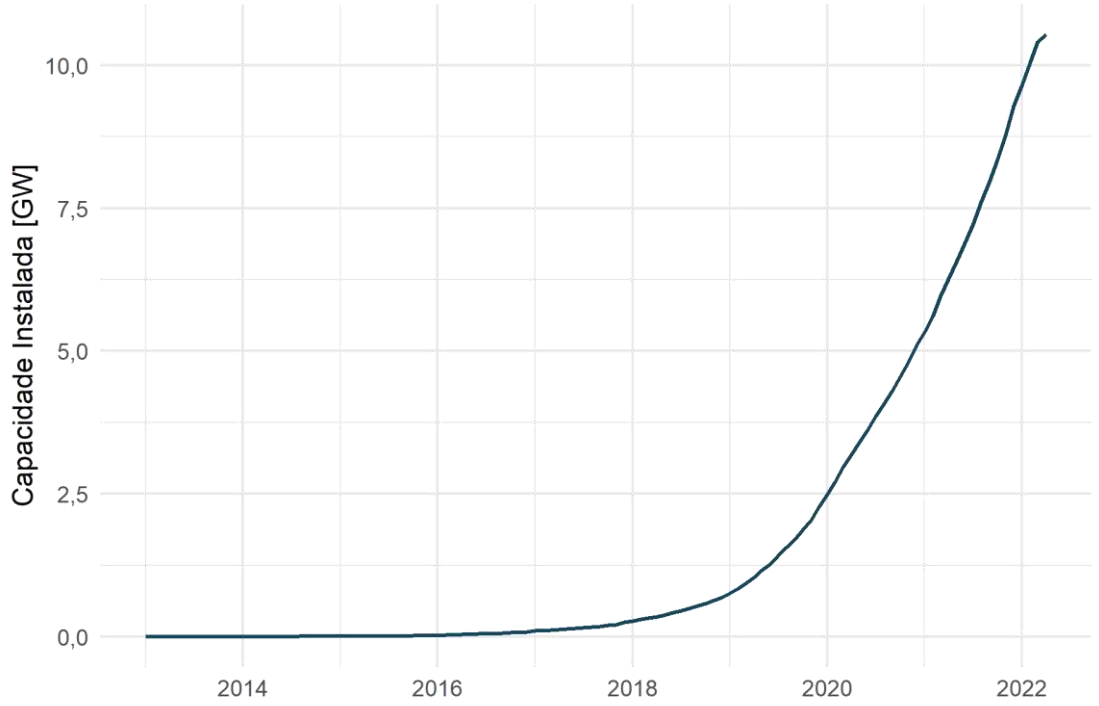
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) se tornou protagonista

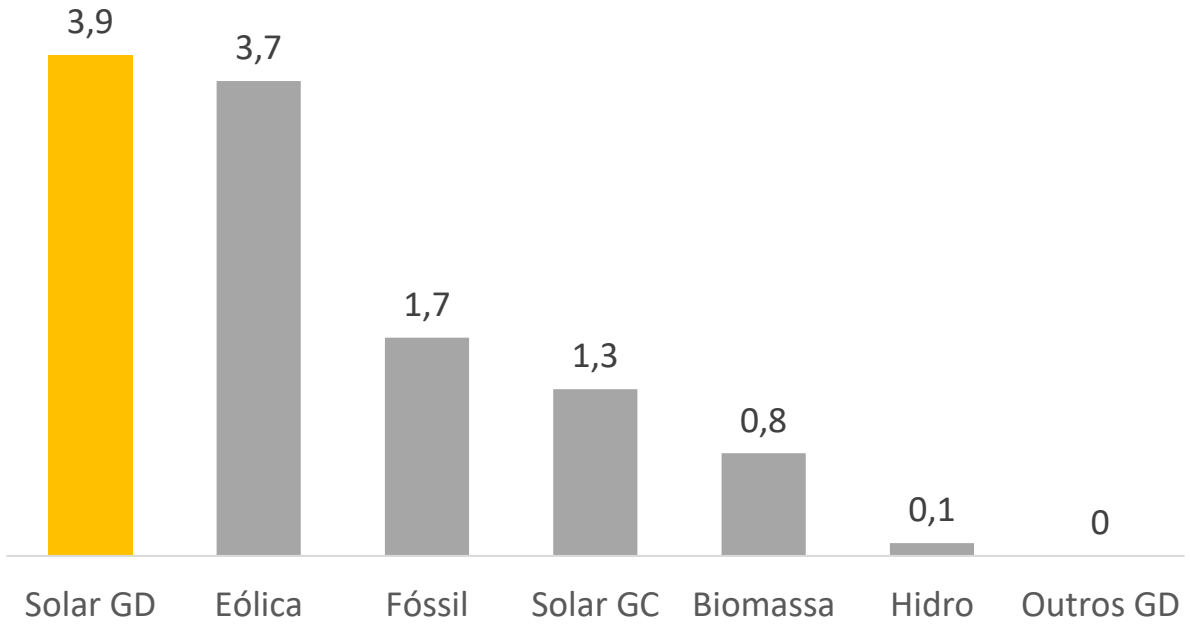
Em abril de 2022 a REN 482 fez 10 anos.

10 GW em 10 anos



A MMGD está se tornando protagonista da expansão da oferta de eletricidade no Brasil. Em 2021, a fonte solar distribuída superou a expansão de todas as fontes centralizadas.

Expansão da Oferta de Geração de Energia Elétrica em 2021 [GW]
- Entrada em Operação



Fonte dos dados: ANEEL. Painel Interativo do RALIE (Janeiro de 2022) e base de MMGD (Acesso em 27/01/2022)

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei 14.300/2022

- Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Novas formas de associação civil permitidas na geração compartilhada;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD com recursos do PEE para atender consumidores de baixa renda.

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei 14.300/2022

- Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Novas formas de associação civil permitidas na geração compartilhada;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD com recursos do PEE para atender consumidores de baixa renda.

Componentes tarifárias

TUSD – Distrib.
TUSD – Transm.
TUSD – Encargos
TUSD – Perdas
TE – Outros
TE – Energia

Como serão as regras de compensação da energia injetada na rede?

- Para geradores existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso até 12 meses após publicação da Lei: compensação de todas as componentes tarifárias (regra atual) até 2045.

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei 14.300/2022

- Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Novas formas de associação civil permitidas na geração compartilhada;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD com recursos do PEE para atender consumidores de baixa renda.

Componentes tarifárias

TUSD – Distrib.
TUSD – Transm.
TUSD – Encargos
TUSD – Perdas
TE – Outros
TE – Energia

Como serão as regras de compensação da energia injetada na rede?

- Para geradores existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso até 12 meses após publicação da Lei: compensação de todas as componentes tarifárias (regra atual) até 2045.
- Para os novos geradores (com exceção dos abaixo):

Pagamento sobre o crédito:	**2023 a 2028**	**2029+**
TUSD Distribuição	Cobrança gradual de 15% a 90%	Regra a ser definida

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei 14.300/2022

- Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Novas formas de associação civil permitidas na geração compartilhada;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD com recursos do PEE para atender consumidores de baixa renda.

Componentes tarifárias

TUSD – Distrib.
TUSD – Transm.
TUSD – Encargos
TUSD – Perdas
TE – Outros
TE – Energia

Como serão as regras de compensação da energia injetada na rede?

- Para geradores existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso até 12 meses após publicação da Lei: compensação de todas as componentes tarifárias (regra atual) até 2045.
- Para os novos geradores (com exceção dos abaixo):

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	Cobrança gradual de 15% a 90%	Regra a ser definida

- Para novos acima de 500 kW de fontes não despacháveis e de autoconsumo remoto ou compartilhada com um titular com mais de 25% da participação na injeção:

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	100%	Regra a ser definida
TUSD Transm.	40%	
Encargos P&D, PEE e TFSEE	100%	

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

O novo marco legal da MMGD no Brasil

Lei 14.300/2022

- Em janeiro de 2022 foi publicada a Lei 14.300 que cria o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída.

Principais alterações trazidas pela Lei:

- Limite de mini GD FV reduzido de 5 MW para 3 MW;
- Estabelecido conceito de fontes despacháveis: hidro, biomassa, cogeração e FV + baterias;
- Permite sistemas com baterias e sistemas híbridos (regulamentação futura);
- Menor cobrança do custo de disponibilidade;
- Novas formas de associação civil permitidas na geração compartilhada;
- Cria Programa de Energia Renovável Social, que prevê contratação de MMGD com recursos do PEE para atender consumidores de baixa renda.

Componentes tarifárias

TUSD – Distrib.
TUSD – Transm.
TUSD – Encargos
TUSD – Perdas
TE – Outros
TE – Energia

Como serão as regras de compensação da energia injetada na rede?

- Para geradores existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso até 12 meses após publicação da Lei: compensação de todas as componentes tarifárias (regra atual) até 2045.
- Para os novos geradores (com exceção dos abaixo):

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	Cobrança gradual de 15% a 90%	Regra a ser definida

- Para novos acima de 500 kW de fontes não despacháveis e de autoconsumo remoto ou compartilhada com um titular com mais de 25% da participação na injeção:

Pagamento sobre o crédito:	2023 a 2028	2029+
TUSD Distribuição	100%	Regra a ser definida
TUSD Transm.	40%	
Encargos P&D, PEE e TFSEE	100%	

A partir de 2029, compensação será da TE Energia + benefícios. Os benefícios serão calculados pela ANEEL em até 18 meses a partir da publicação da Lei, seguindo diretrizes do CNPE e contribuições da sociedade.

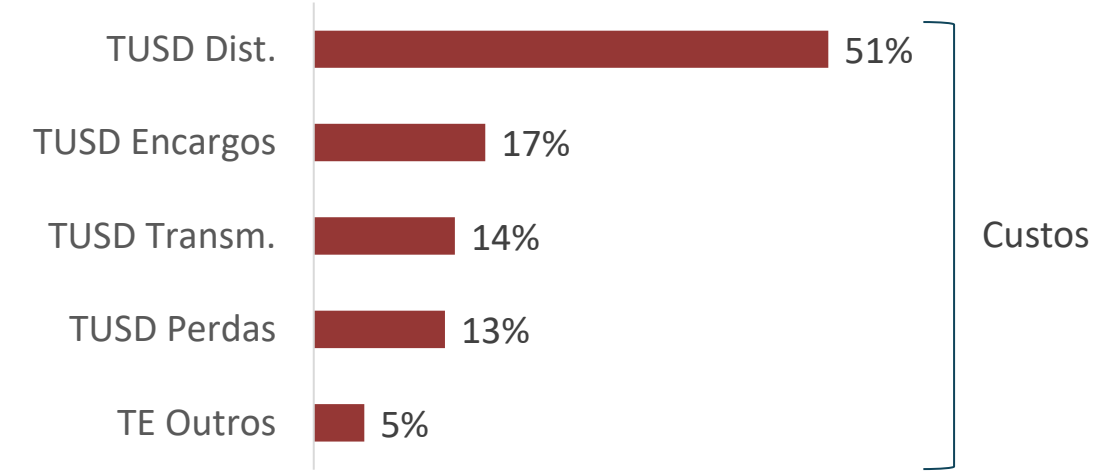
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

PDE 2031 | Cenários para a Micro e Minigeração Distribuída

- **Como será a remuneração da energia injetada a partir de 2029?**
- **Os benefícios da MMGD vão abater quantos % dos custos?**

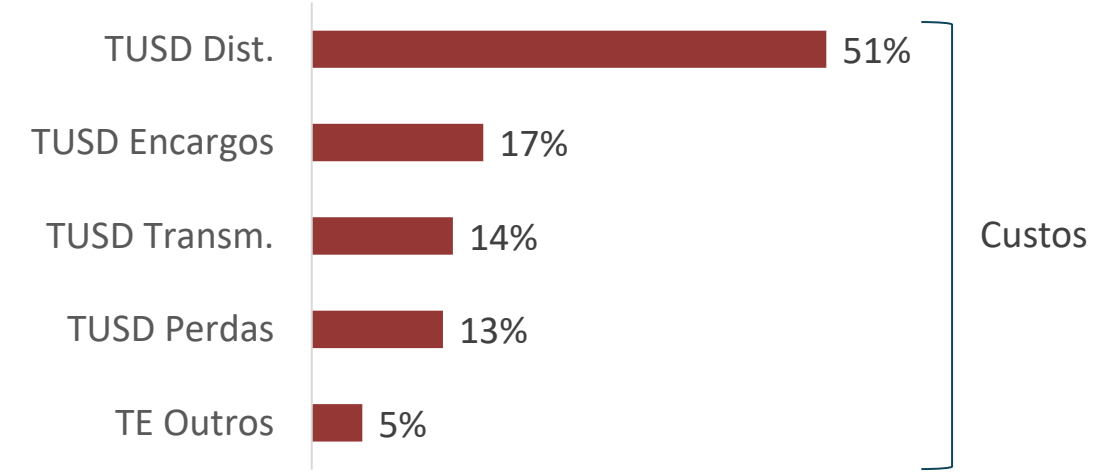
Percentual médio de cada componente na tarifa 2020 B1, sem a parcela Energia



PDE 2031 | Cenários para a Micro e Minigeração Distribuída

- **Como será a remuneração da energia injetada a partir de 2029?**
- **Os benefícios da MMGD vão abater quantos % dos custos?**

Percentual médio de cada componente na tarifa 2020 B1, sem a parcela Energia



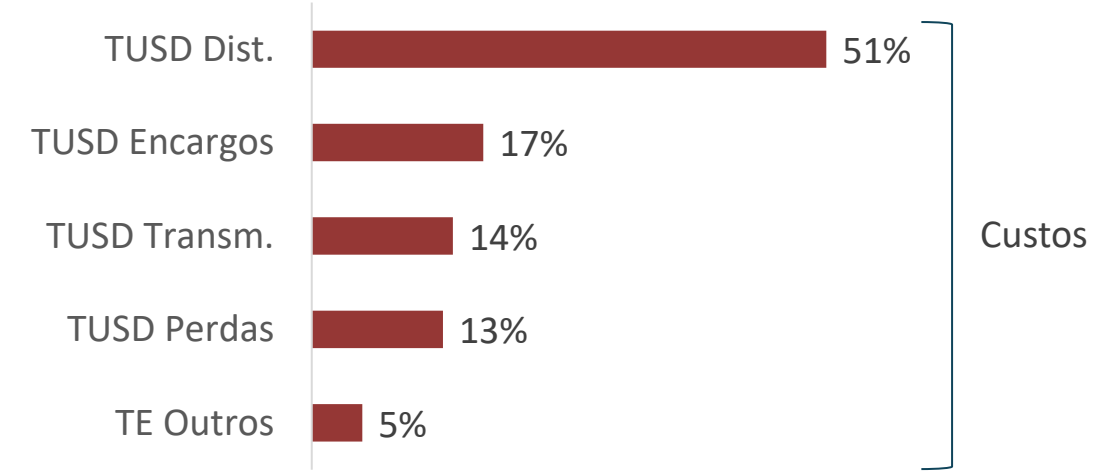
Cenário de Referência

- O Cenário de Referência para a expansão da MMGD no PDE 2031 considera somente a **cobrança de 100% TUSD Distribuição** a partir de 2029. Isso implica que cerca de 50% dos custos (Encargos, Transmissão, Perdas e Outros) serão descontados através dos benefícios.

PDE 2031 | Cenários para a Micro e Minigeração Distribuída

- **Como será a remuneração da energia injetada a partir de 2029?**
- **Os benefícios da MMGD vão abater quantos % dos custos?**

Percentual médio de cada componente na tarifa 2020 B1, sem a parcela Energia



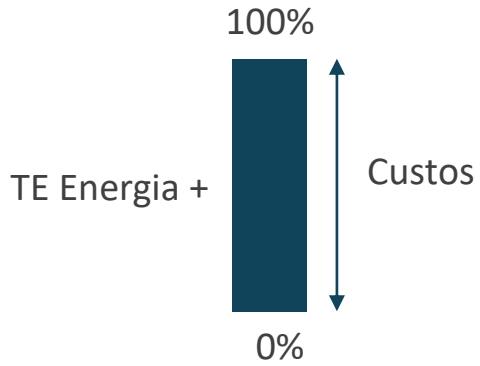
Cenário de Referência

- O Cenário de Referência para a expansão da MMGD no PDE 2031 considera somente a **cobrança de 100% TUSD Distribuição** a partir de 2029. Isso implica que cerca de 50% dos custos (Encargos, Transmissão, Perdas e Outros) serão descontados através dos benefícios.

Sensibilidades:

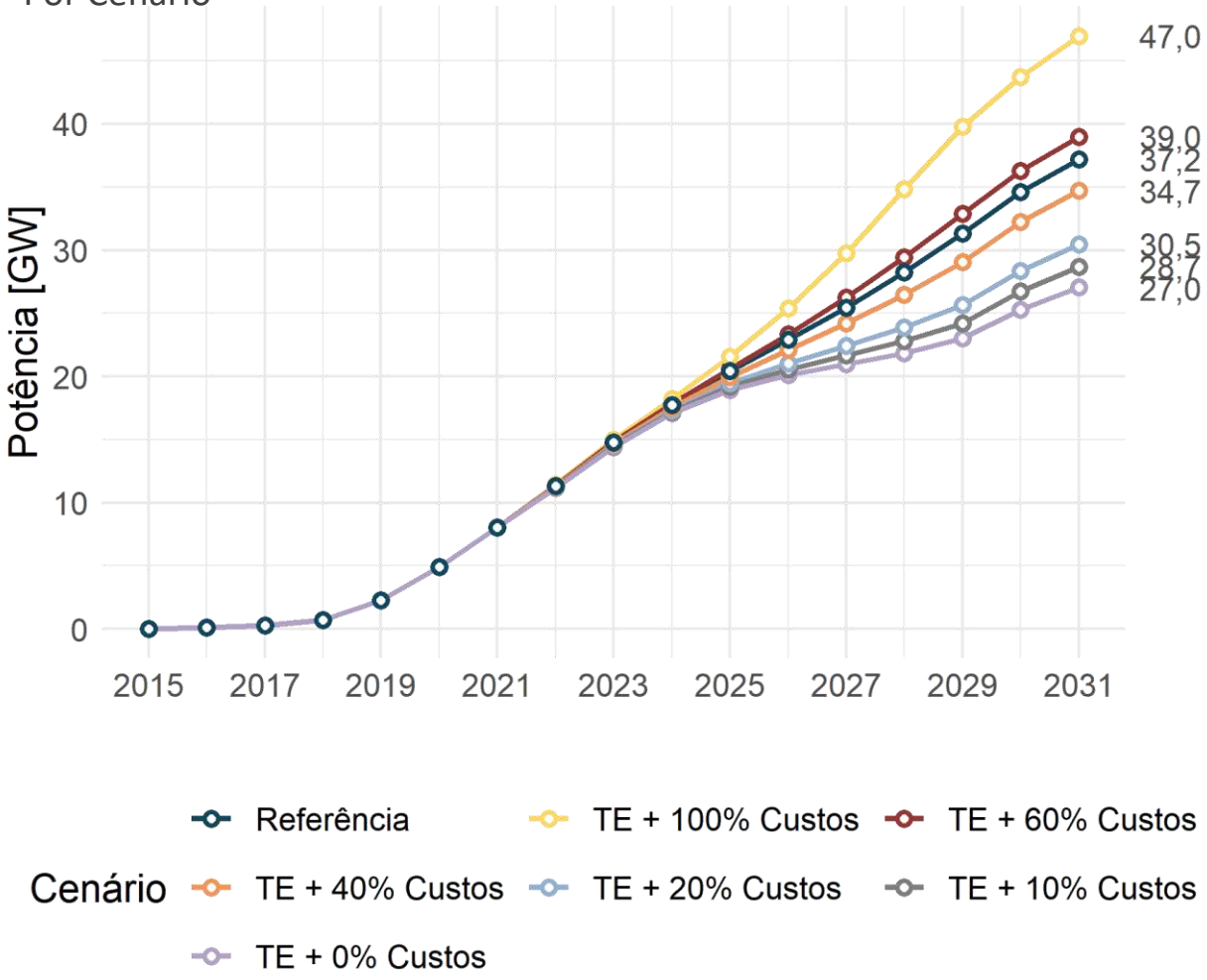
- Serão simulados cenários com remunerações distintas da energia injetada na rede. Desde **TE Energia + 0% dos custos** ao lado, que seria a menor remuneração, até **TE Energia + 100% dos custos**, que significaria a compensação original de 1 para 1.

Remuneração pela injeção a apartir de 2029:



PDE 2031 | Resultados dos Cenários

Projeção da capacidade instalada de MMGD (GW)
Por Cenário



Resumo dos Resultados
Por Cenário

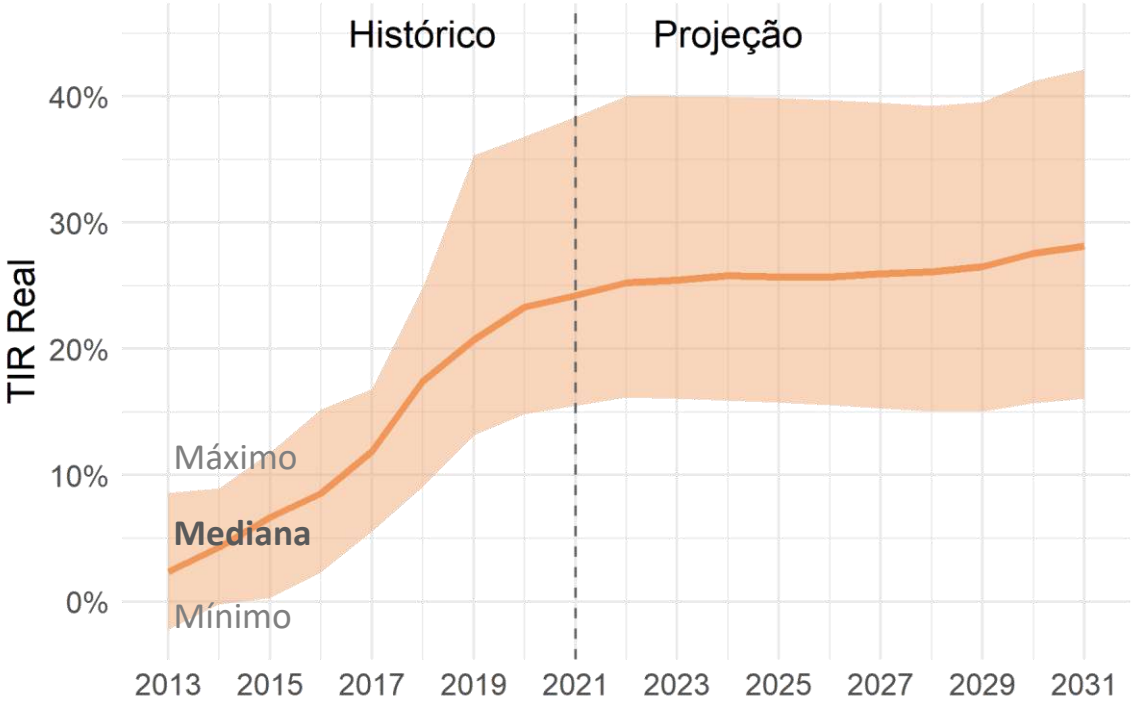
Cenário	Adotantes (2031) Milhões	Potência (2031) GW	Geração (2031) GWméd	Investimentos (2022 a 2031) R$ bilhões
TE + 100% C	5,0	47,0	9,8	168
TE + 60% C	4,3	39,0	7,6	129
Referência	4,2	37,2	7,2	122
TE + 40% C	4,0	34,7	6,4	109
TE + 20% C	3,6	30,5	5,2	88
TE + 10% C	3,4	28,7	4,8	80
TE + 0% C	3,2	27	4,5	73

Acesse a metodologia utilizada nas projeções

PDE 2031 | Estimativa da atratividade do investimento em MMGD

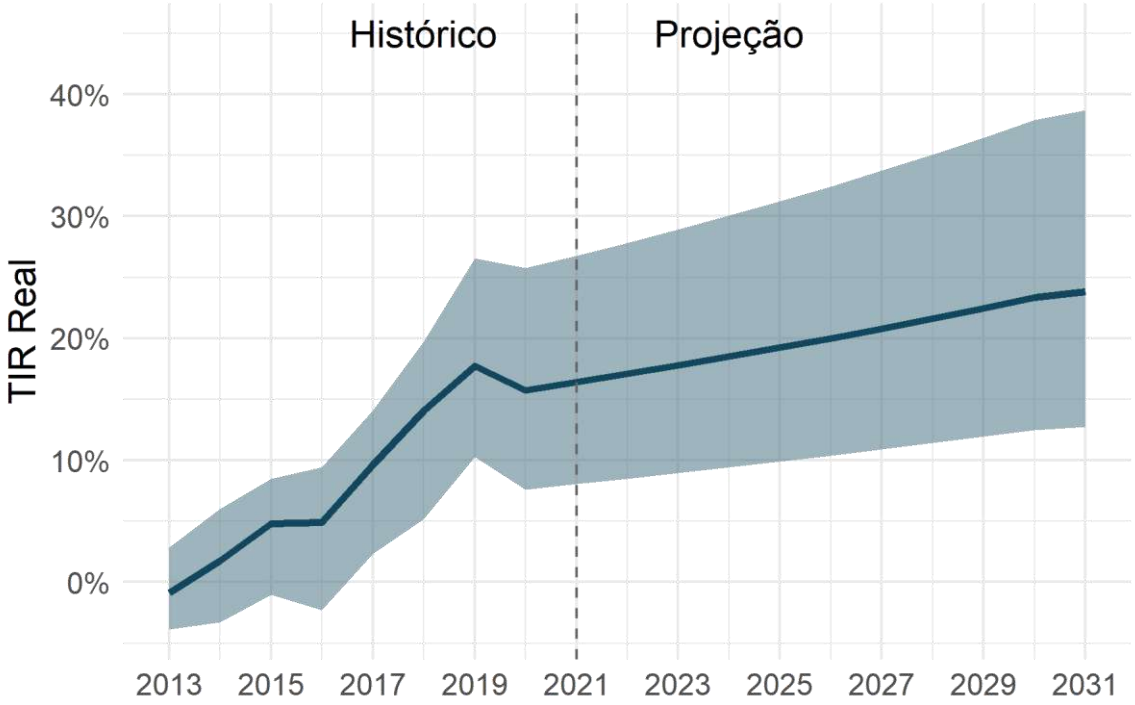
TIR real de um projeto fotovoltaico residencial local

Cenário Referência – Cálculo para projetos na área de 54 distribuidoras



TIR real de um projeto fotovoltaico comercial A4 local

Cenário Referência – Cálculo para projetos na área de 54 distribuidoras

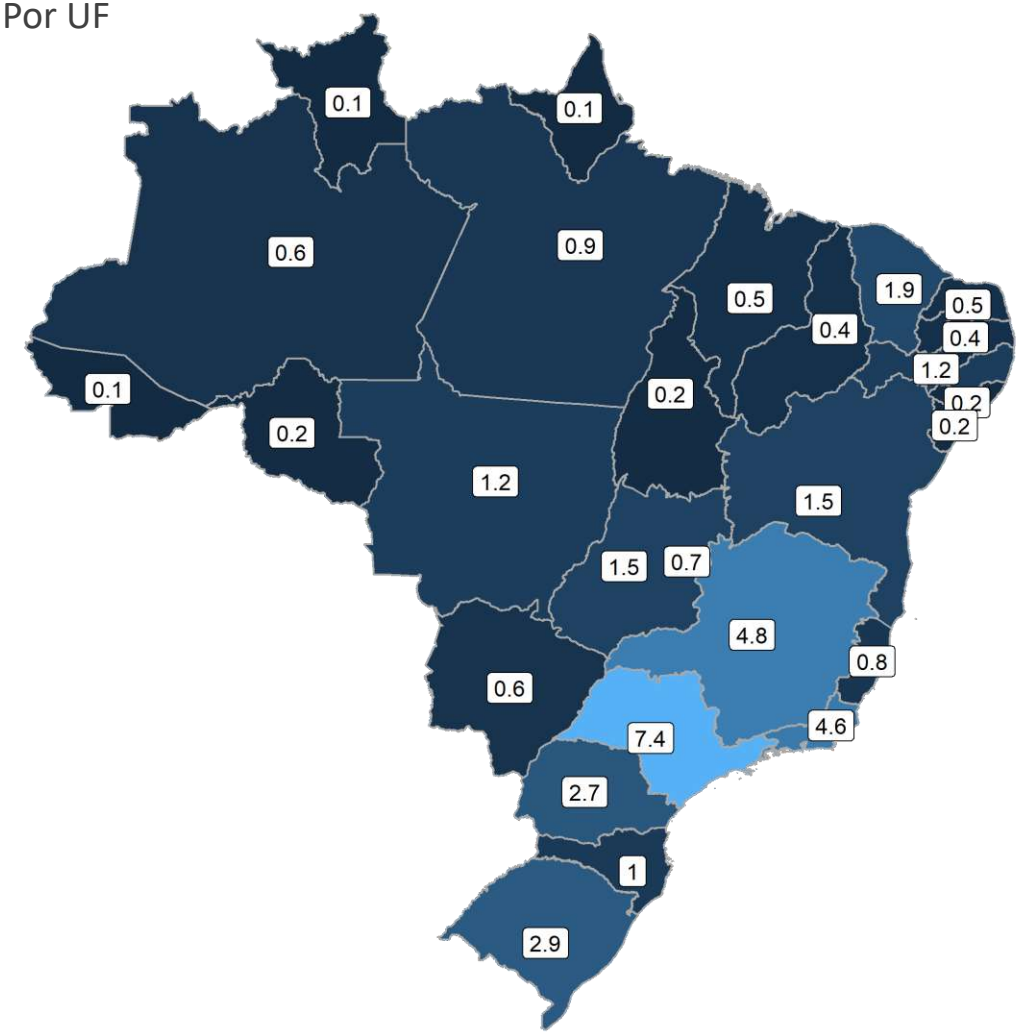


Nota: Simulações para projetos típicos. Resultado sujeito à variações em casos específicos. Ambos casos consideram investimento com 100% de capital próprio.

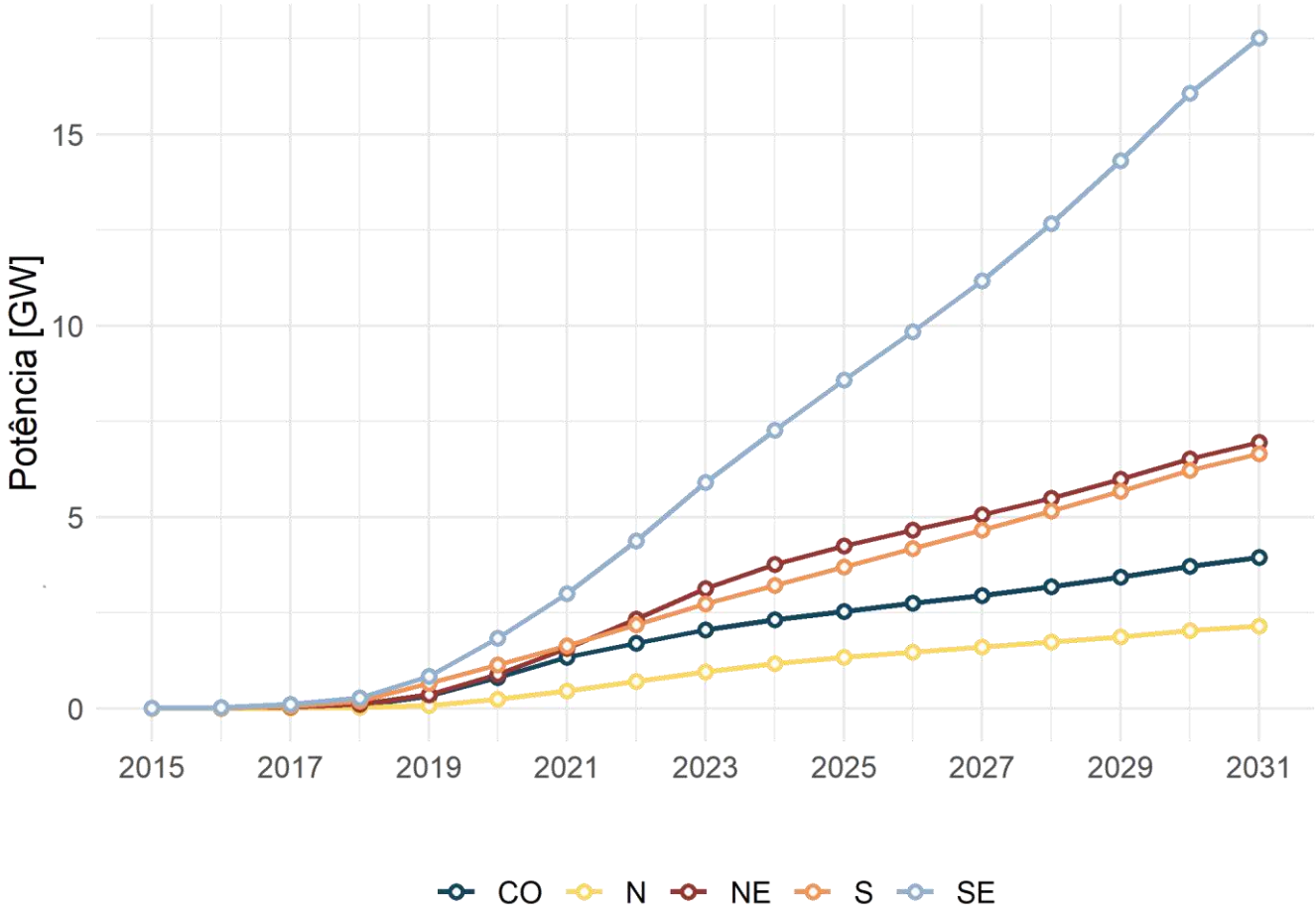
A cobrança pelo uso da rede proposta no Novo Marco Regulatório da GD deve ser compensada pela redução de custos dos equipamentos, mantendo as taxas de retorno constantes para sistemas conectados na baixa tensão.

PDE 2031 | Detalhes do Cenário Referência

Projeção da capacidade instalada de MMGD em 2031 (GW)
Por UF



Projeção da capacidade instalada de MMGD em 2031 (GW)
Por Região

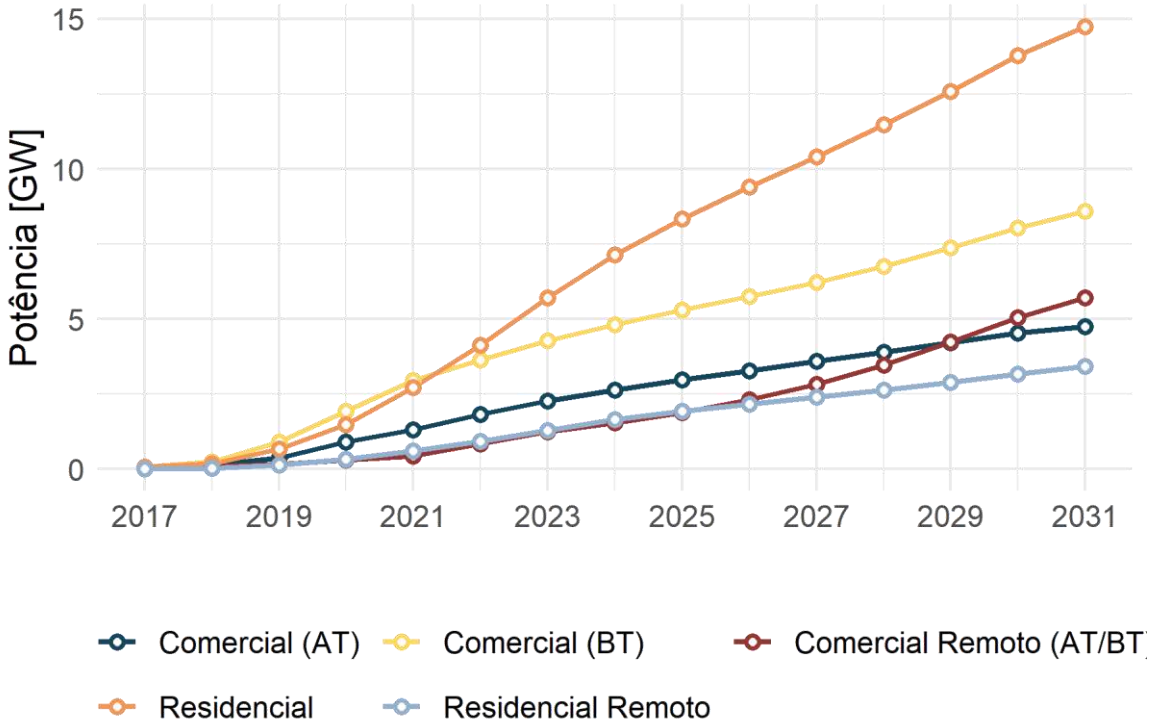


MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

PDE 2031 | Detalhes do Cenário Referência

Projeção da capacidade instalada de MMGD (GW)

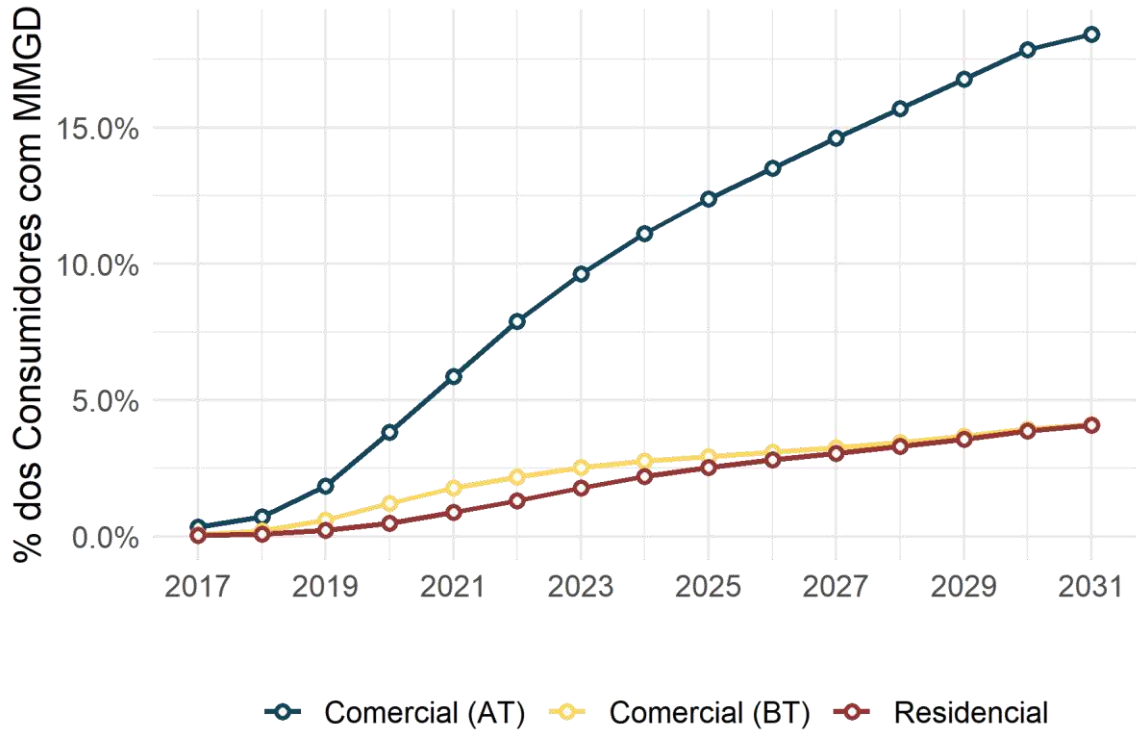
Por segmento



Nota: Comercial Remoto (AT/BT) representa sistemas de minigeração em unidades de Alta Tensão, mas que compensam remotamente os créditos em Baixa Tensão.

Taxa de penetração da tecnologia nas unidades consumidoras

Por setor

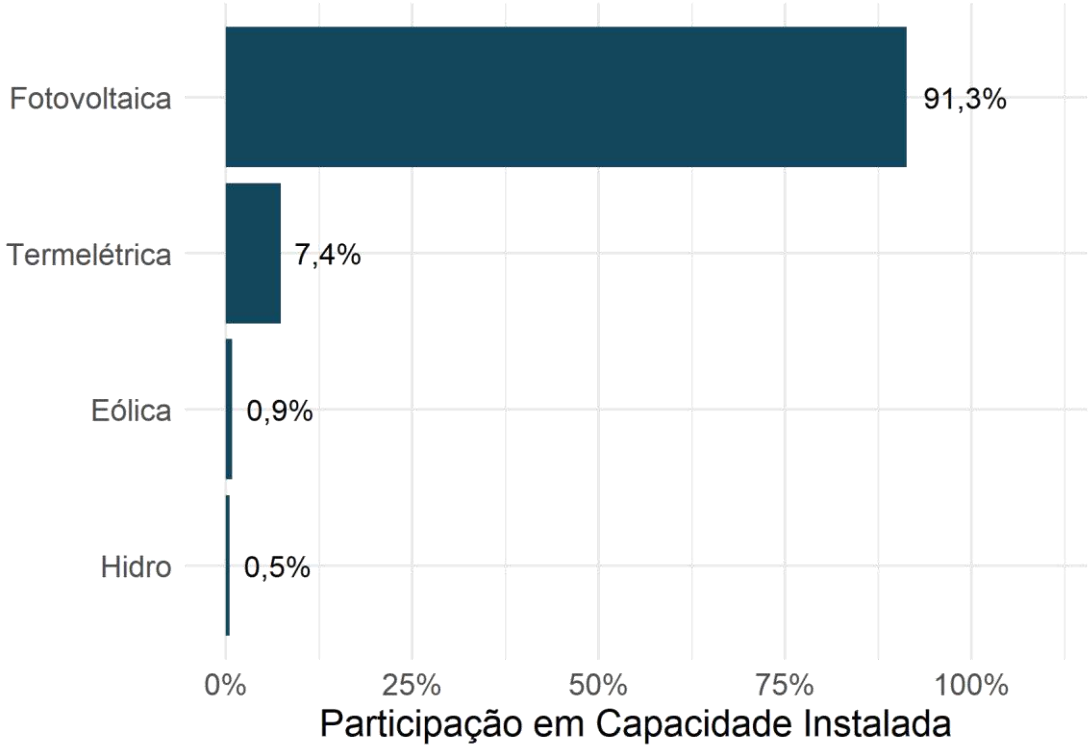


Nota: Residencial e Residencial Remoto foram agrupados. Comercial Remoto (AT/BT) foi agrupado no Comercial (BT).

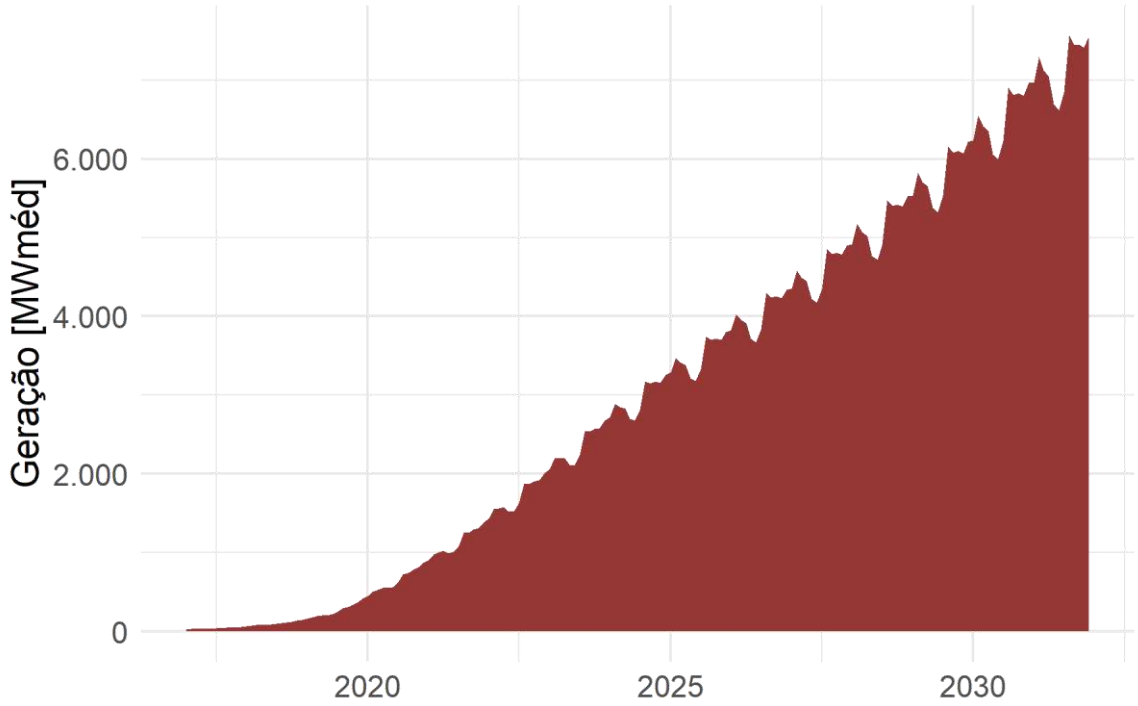
Segmento residencial deve ser o líder em capacidade instalada no Cenário Referência. No entanto, no final do horizonte ainda haverá menos de 5% dos domicílios com MMGD.

PDE 2031 | Detalhes do Cenário Referência

Participação por fonte em 2031
Cenário Referência



Projeção da geração mensal em MWméd
Cenário Referência

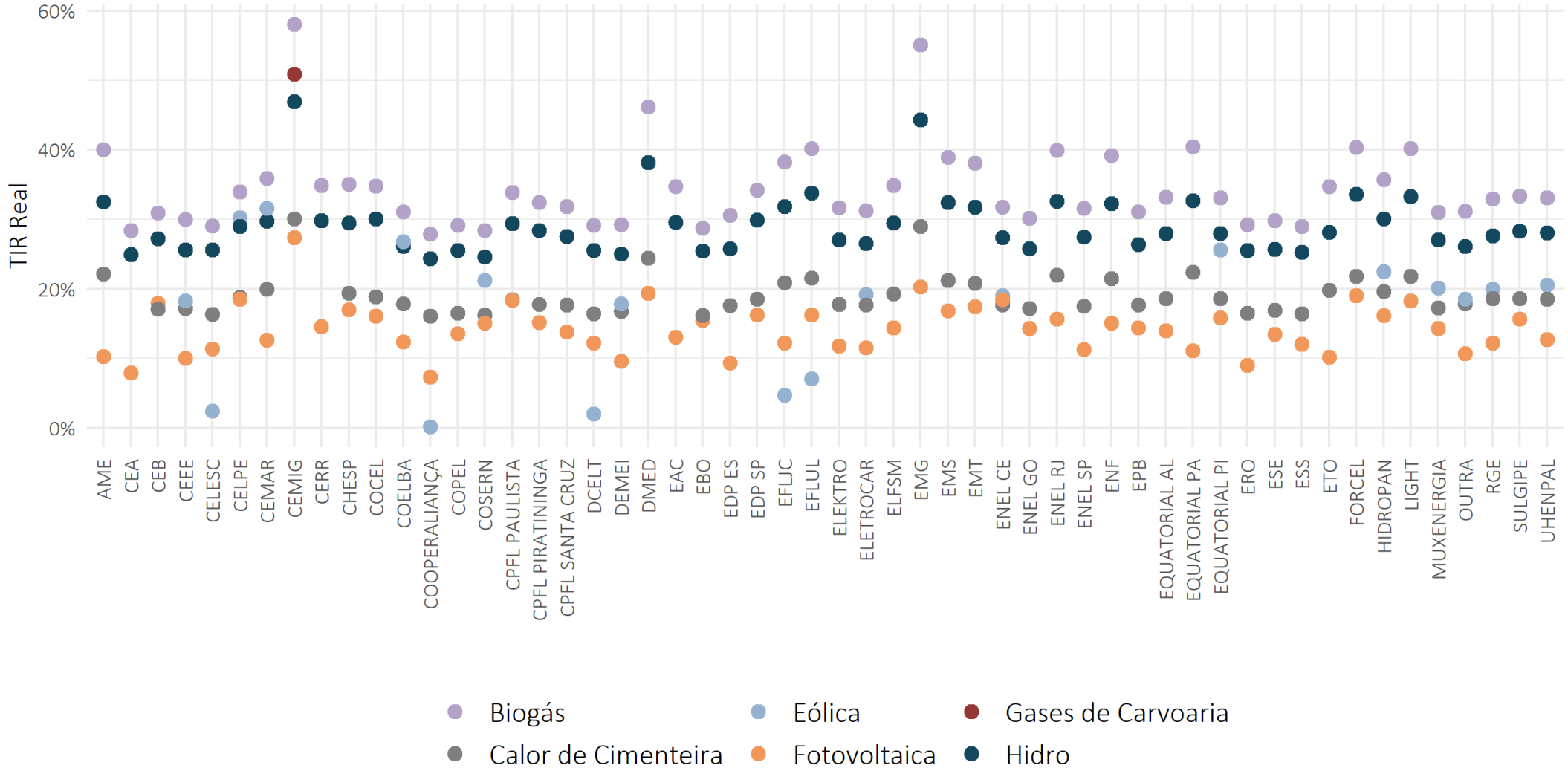


Fonte fotovoltaica se mantém como predominante entre as tecnologias de geração.

Contribuição energética similar à usina de Itaipu

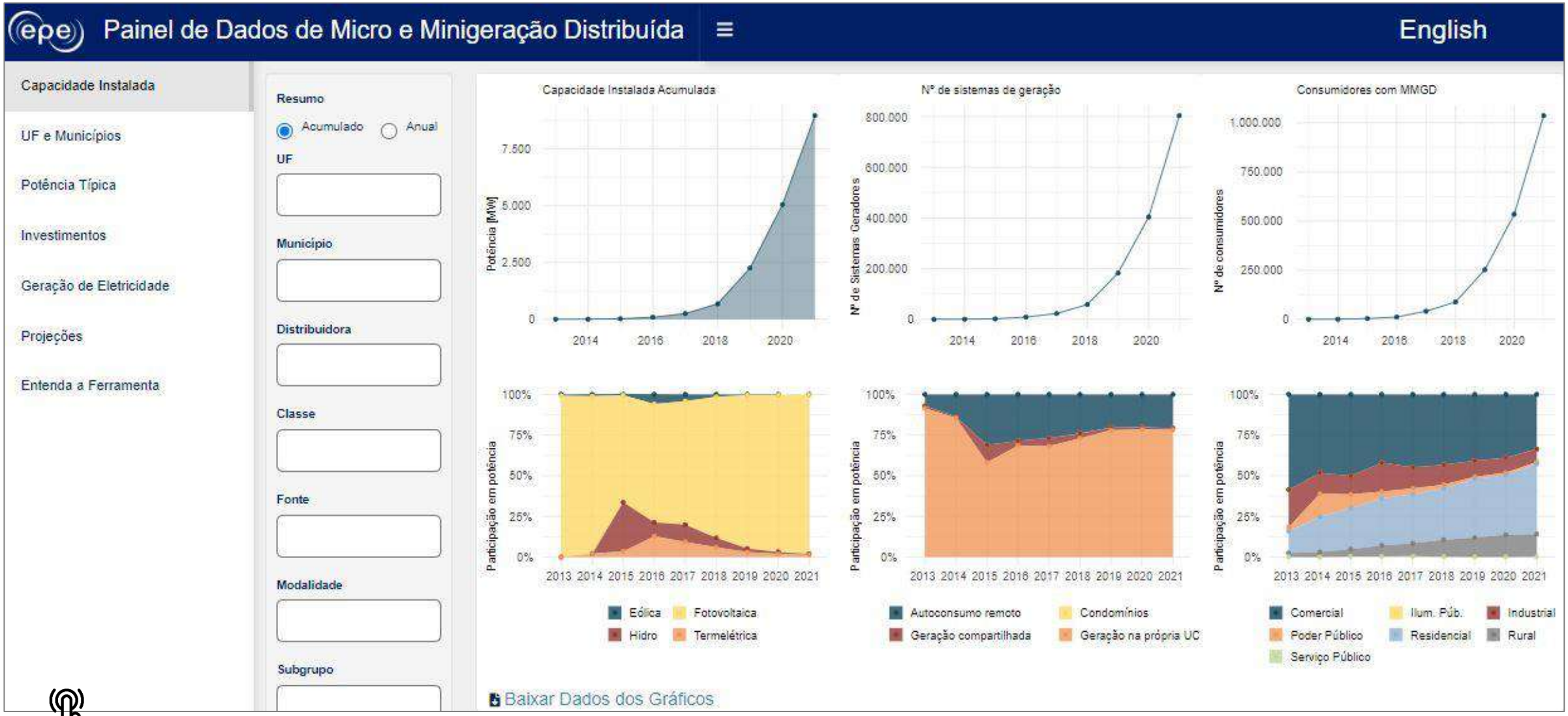
PDE 2031 | Oportunidade também com outras tecnologias

TIR de projetos de minigeração remota A4 com compensação no setor comercial B3



Nota: projetos FV de 1 MW e de outras fontes de 5 MW.

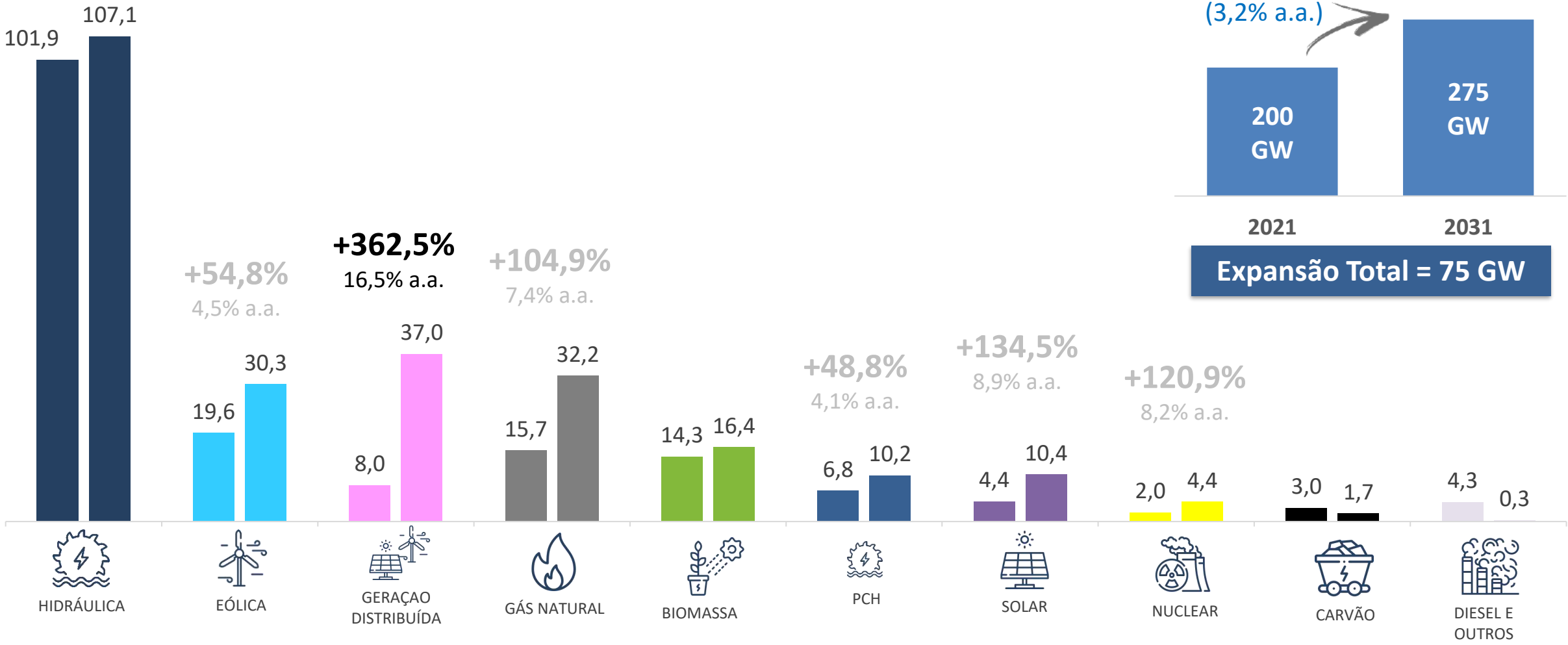
Conheça o Painel de Dados de MMGD



MMGD lidera a expansão em capacidade nos próximos dez anos

Capacidade Instalada (MW) - Inclui capacidade contratada e capacidade indicativa.

Cenário Referência



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Gabriel Konzen
gabriel.konzen@epe.gov.br

www.epe.gov.br

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

EPE Brasil @EPE_Brasil EPE

EPE - Empresa de Pesquisa Energética
Praça Pio X, n. 54
Centro – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20091-040 – Tel: 21 3512-3242

Regulamentação Técnica para Equipamentos de Sistemas FV

Pedro Costa
Analista da Divisão de Verificação e Estudos Técnico-Científicos (Divet)
Diretoria de Avaliação da Conformidade (Dconf)

24 de maio de 2022 - CBENS

INMETRO



INMETRO

ISTO É INMETRO

INMETRO

NOSSA MISSÃO

Prover a **infraestrutura da qualidade**
para viabilizar soluções que **adicionem confiança, qualidade e competitividade**
aos **produtos e serviços** disponibilizados pelas organizações brasileiras,
em prol da **prosperidade econômica e bem-estar da nossa sociedade**.

Infraestrutura da Qualidade



Metrologia Científica e Industrial

Instituto Nacional de Metrologia



Metrologia aplicada às Ciências da Vida



Metrologia Legal

Autoridade Regulamentadora Metrologia Legal



Avaliação da Conformidade

Autoridade Regulamentadora Produtos, Serviços



Acreditação

Organismos e labs
Acordos Recon.
ILAC, IAAC, IAF

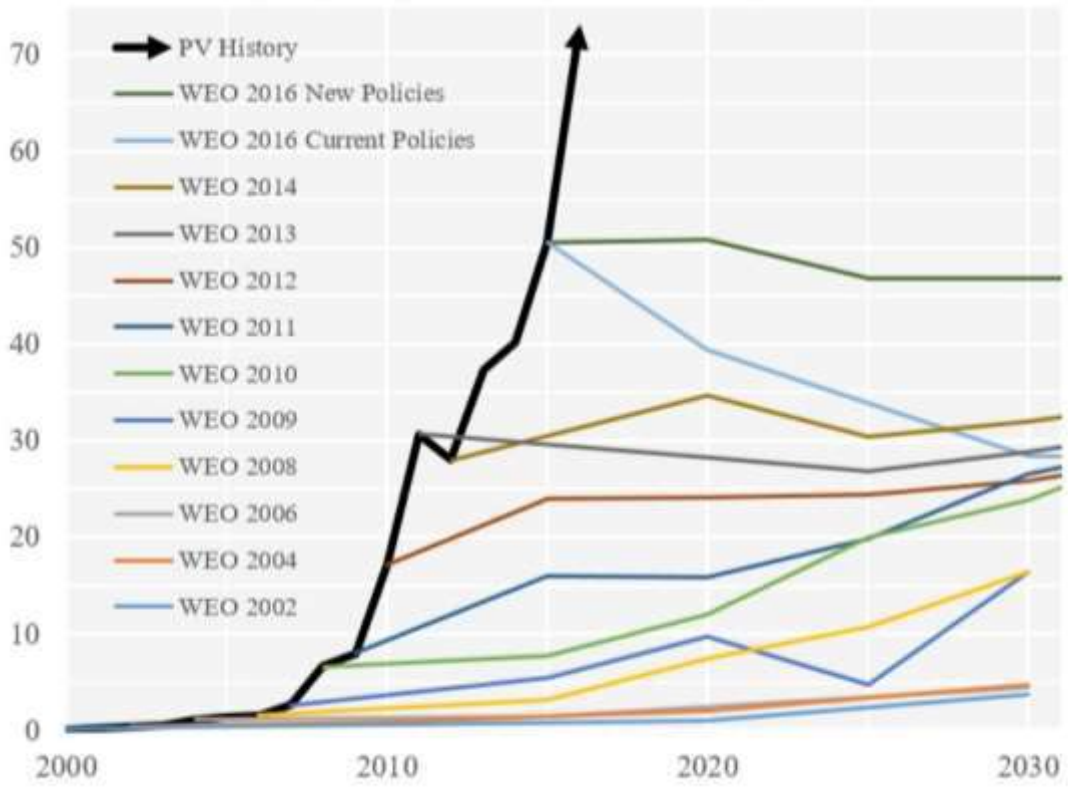


Assuntos Internacionais

OMC TBT
Ponto focal
Barreiras Técnicas

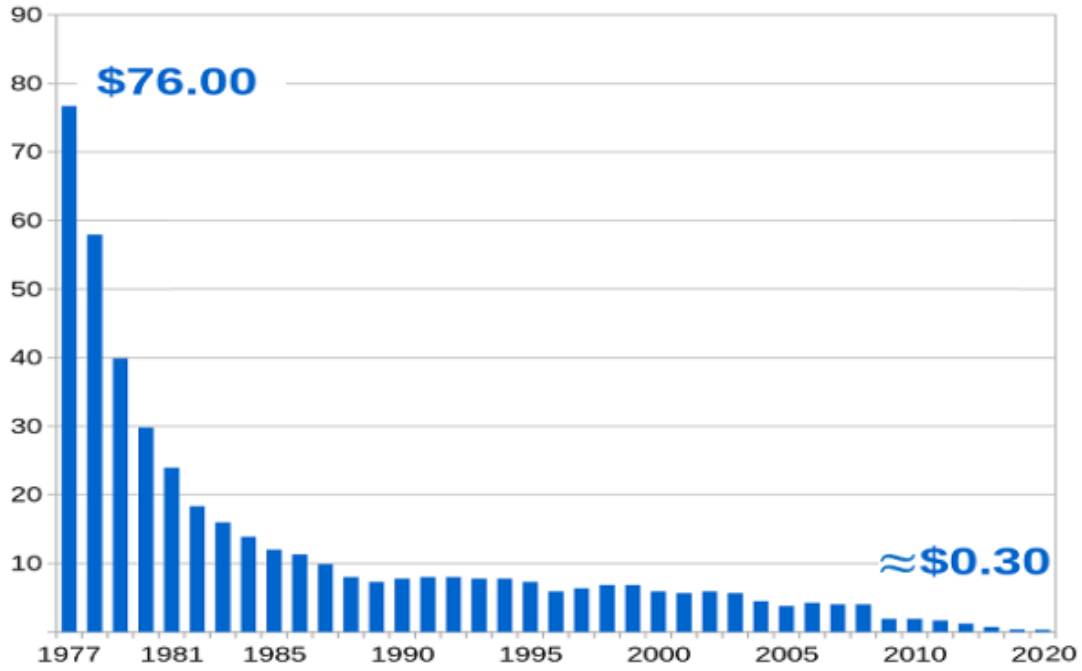
Capacidade Fotovoltaica Instalada Anual: previsões da Agência Internacional de Energia x dados históricos

Em GW de capacidade instalada / ano



Fonte (1): Creating Agent-Based Energy Transition Management Models That Can Uncover Profitable Pathways to Climate Change Mitigation - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Reality-versus-IEA-predictions-annual-PV-additions-In-gigawatt-peak-Data-from-IEA-WEO_fig1_322128640

Histórico de preço das células de silício



Fonte (2) A Different Visions for Uninterruptible Load using Hybrid Solar-Grid Energy - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Price-history-of-silicon-PV-cells_fig1_331445029

Regulamentação Técnica para Equipamentos de Geração, Condicionamento e Armazenamento de Energia Elétrica em Sistemas Fotovoltaicos – Portaria Inmetro n. 140/2022



OBJETIVOS

Proteção do mercado nacional: de produtos inseguros e de baixo desempenho

Apoiar a expansão da microgeração: agregar confiabilidade aos produtos

Marcações obrigatórias e etiquetagem: prover informações úteis aos usuários



REQUISITOS DE SEGURANÇA

Segurança elétrica e proteção do usuário, dos equipamentos e instalações

Compatibilidade dos equipamentos com a rede elétrica

Suporte e equilíbrio do sistema elétrico nacional

Compatibilidade eletromagnética



REQUISITOS DE DESEMPENHO

Estimular melhores níveis de desempenho energético dos produtos

Módulos: Melhor conversão da radiação solar em energia elétrica

Inversores: Menores perdas na conversão de corrente

Baterias: Manutenção da capacidade de armazenamento após ciclos de carga e descarga



DECLARAÇÃO DA CONFORMIDADE, ENSAIOS E ETIQUETAGEM

Avaliação: Por modelo ou família de produtos

Ensaios: lab acreditados e designados no Brasil ou no exterior

Avaliação Inicial, Manutenção e Renovação (0/36/72 meses)

Etiqueta ENCE



ACOMPANHAMENTO E VIGILÂNCIA DE MERCADO

Controles pré-mercado:

Anuência de importações

Registro de objetos

Controles pós-mercado:

Fiscalização

Denúncias

Regulamentação Técnica para Equipamentos de Geração, Condicionamento e Armazenamento de Energia Elétrica em Sistemas Fotovoltaicos – Portaria Inmetro n. 140/2022



MÓDULOS

Acima de 5 W

- mono-Si, multi-Si, filmes finos, e heterojunção
- Monofaciais, bifaciais
- Rígidos, flexíveis, semiflexíveis
- Tipos independentes, aplicados ou integrados à edificações (BIPV)

>> Avaliação por família

>> 5 Ensaios

- **Segurança:** Isolamento elétrico, isolamento em condições úmidas
- **Desempenho:** Determinação da potência

>> IEC 61215-2:2021

Classificação de Desempenho

Classe	Desempenho (N)
A	N ≥ 20,0%
B	20,0% > N ≥ 18,0%
C	18,0% > N ≥ 16,0%
D	16,0% > N ≥ 14,0%
E	N < 14,0 %







INVERSORES

Até 75 kW

- Off-grid, On-grid e on-grid com armazenamento de energia
- Micro-inversores, string, multi-string, central

Prazos de adequação:

Por faixas de potência

Até 10 kW – 24 meses

de 10 a 75 kW – 36 meses

>> Avaliação por modelo

>> 10, 25 e 32 Ensaios (off/on/on-bat)

- **Segurança**: sobrecarga portas FV, inversão de polaridade, falhas de isolamento, corrente residual, etc.
- **Compatibilidade com a rede:** harmônicos, injeção componente contínua, fator de potência, etc.
- **Suporte ao sistema elétrico**: suportabilidade e imunidade à variações na rede
- **Desempenho:** eficiência
- **EMC:** emissão de perturbação de radiofrequência

>> ABNT NBR 16149, NBR 16150, NBR 62116

>> IEC 62109, IEC 61000-6, IEC 62920, CISPR-11

>> Anexos do regulamento

ENCE (simplificada)





>> Eficiência Europeia

Regulamentação Técnica para Equipamentos de Geração, Condicionamento e Armazenamento de Energia Elétrica em Sistemas Fotovoltaicos – Portaria Inmetro n. 140/2022



CONTROLADORES

- PWM e MPPT
- Independentes ou integrados a outros equipamentos

>> Avaliação por modelo

>> 13 Ensaios

- Segurança: proteção contra inversão de polaridade, sobretensão terminais FV, etc.

- Desempenho: autoconsumo, perdas internas, setpoints, etc.

>> Métodos de ensaios: anexos do regulamento

ENCE (simplificada)





BATERIAS

Chumbo-ácido: VRLA/AGM, VRLA/gel, ventilada

Alcalinas: níquel cádmio, níquel hidreto metálico - ventilada ou VRLA

Lítio-íon: LFP, NCA, NMC, etc.

Outras tecn. eletroquímicas: sódio, de fluxo e etc.

BMS: Baterias com ou sem BMS.

>> Avaliação por família (chumbo-ácido e alcalinas)

>> Avaliação por modelo (lítio e outras tecnologias)

>> 7 Ensaios

- Segurança: controle de tensão, sobrecarga, sobreaquecimento, etc.

- Desempenho: capacidade, ciclos de carga e descarga, retenção de carga, etc.

>> ABNT NBR 16767, NBR 16976, NBR 62620, NBR 62619, IEC 61427

ENCE (simplificada)





Status atual

- **Regulamentação estabelecida, reconhecida e atualizada**
  - 13.176 registros ativos
  - Reconhecimento como um marco importante
  - Bom nível de alinhamento e engajamento das partes interessadas
  - Novas exigências antecipam e buscam mitigar riscos observados em outros países

- **Período de implementação e transição**
  - Fase de transição entre a portaria anterior e a atual - 24 meses (todos equipamentos) e 36 meses (inversores > 10-75kW)
  - Eventos e materiais para repassar orientações aos fornecedores
  - Workshops temáticos para aprofundar discussões

Próximos passos e desafios

- **Melhoria contínua do regulamento**
  - Necessidade de dados, análises técnicas e estudos avaliação de impacto da regulamentação
  - Adaptações em requisitos técnicos e em procedimentos de ensaios

- **Desenvolver a infraestrutura laboratorial no país**
  - Mapear infraestrutura existente
  - Apoiar a acreditação dos laboratórios

- **Desenvolver estratégias para o acompanhamento e a vigilância de mercado**
  - Estabelecer a verificação técnica de produtos coletados no mercado
  - Desenvolver iniciativas em parceria com entidades do setor produtivo

INMETRO

Ouvidoria: 0800 285 1818

inmetro.gov.br

linkedin.com/company/inmetro

instagram.com/inmetro_oficial

facebook.com/Inmetro

youtube.com/tvinmetro

twitter.com/Inmetro

slideshare.net/inmetro

flickr.com/inmetro

INMETRO

SECRETARIA ESPECIAL DE
PRODUTIVIDADE, EMPREGO E COMPETITIVIDADE

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA

PÁTRIA AMADA BRASIL
GOVERNO FEDERAL



IX CEBENS – Maio 2022

Desafios do crescimento da Geração Distribuída

Virginia Parente

Grupo de
Governança Socioambiental, Regulação e Políticas Públicas em Energia (ESG-Reg)

Programa de Pós-Graduação em Energia

IEE USP
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



O acesso à energia é nitidamente um indicador de desenvolvimento econômico







Sumário

- ✓ Os vários conceitos de GD
- ✓ O papel o regulador e das políticas públicas
- ✓ As ‘dores do crescimento’ e seus desafios



Analisando quatro definições de Geração Distribuída (GD) vemos que elas têm pontos em comum mas com ênfases diferentes

"Energia gerada a partir de unidades menores do que a geração centralizada, de forma que possam se conectar em qualquer ponto do sistema elétrico"

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

"Unidades geradoras com capacidade máxima de 50MW a 100MW, geralmente conectadas à rede de distribuição, que não são controladas e nem despachadas de forma centralizada"

Conseil International des Grands Réseaux Électriques (CIGRÉ)

"Unidades de geração cuja instalação esteja nas dependências do consumidor ou em áreas de distribuição da própria concessionária, atendendo diretamente a rede local"

International Energy Agency (IEA)

"Produção de energia elétrica conectada diretamente no sistema elétrico de distribuição, exceto aquela proveniente de: (i) hidrelétrico com capacidade superior a 30MW; (ii) termelétrico, inclusive cogeração, com eficiência energética *inferior a 75%"*

Art. 14 do Decreto Lei nº 5.163/2004



Residencial ou comercial?

Segmento GD	Tamanho	Observação
Residencial	0-10 kW	Sistemas de telhado conectados à rede.
Comercial & Industrial	10 kW-1000 kW	Sistemas no telhado e montados no solo conectados à rede.
Off-grid	8 W-100 kW	Sistemas residenciais e comerciais de pequeno porte fora da rede.

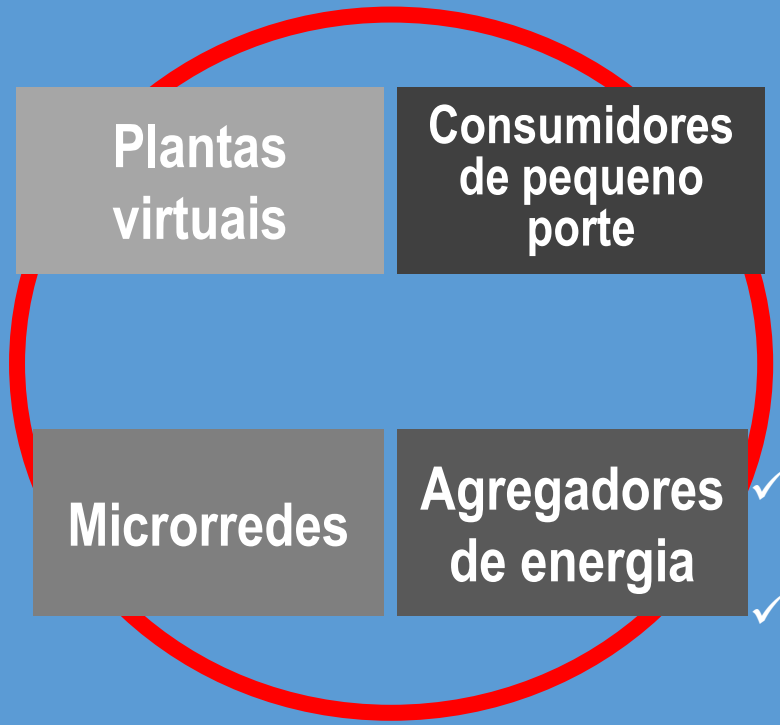
Fonte: IEA, 2022.



Tipos de Geração Distribuída

- ✓ Microrredes que oferecem serviços às redes e energia ao mercado de curto e longo prazo
- ✓ Podem ser compostos também por resposta demanda e armazenamento de energia

- ✓ Pode operar *off-grid* (ilhada da rede de distribuição) ou *on-grid* (conectada através de ponto de acoplamento)



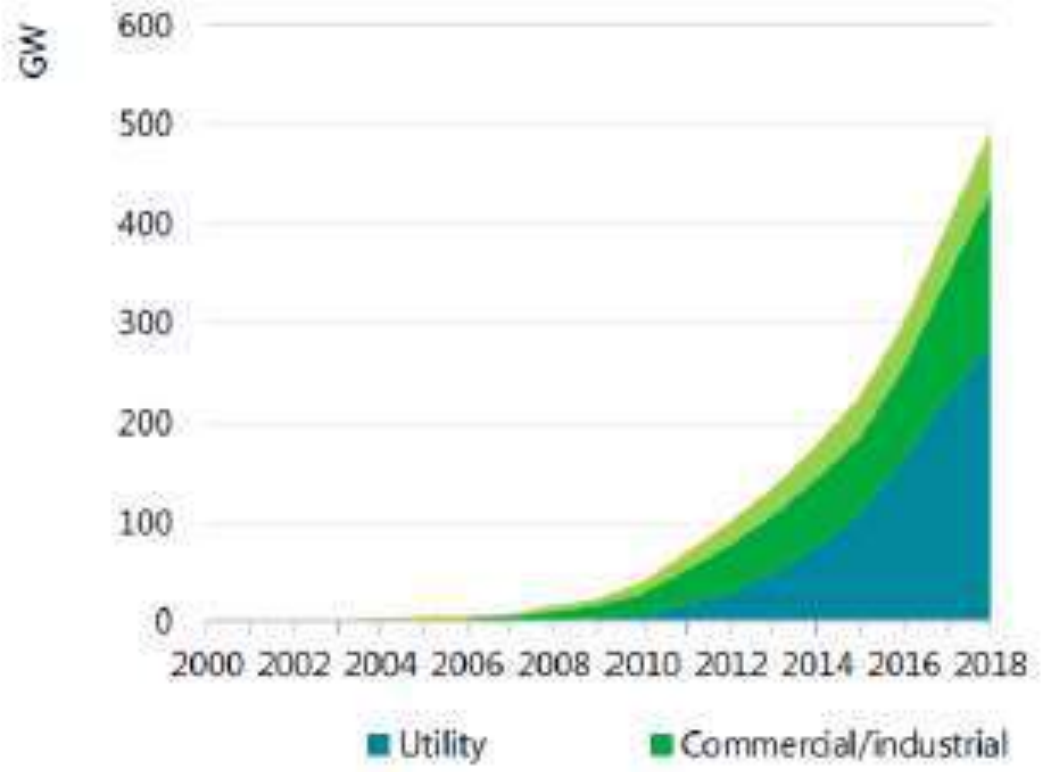
- ✓ Consumidores individuais
- ✓ Condomínios
- ✓ Edifícios inteligentes

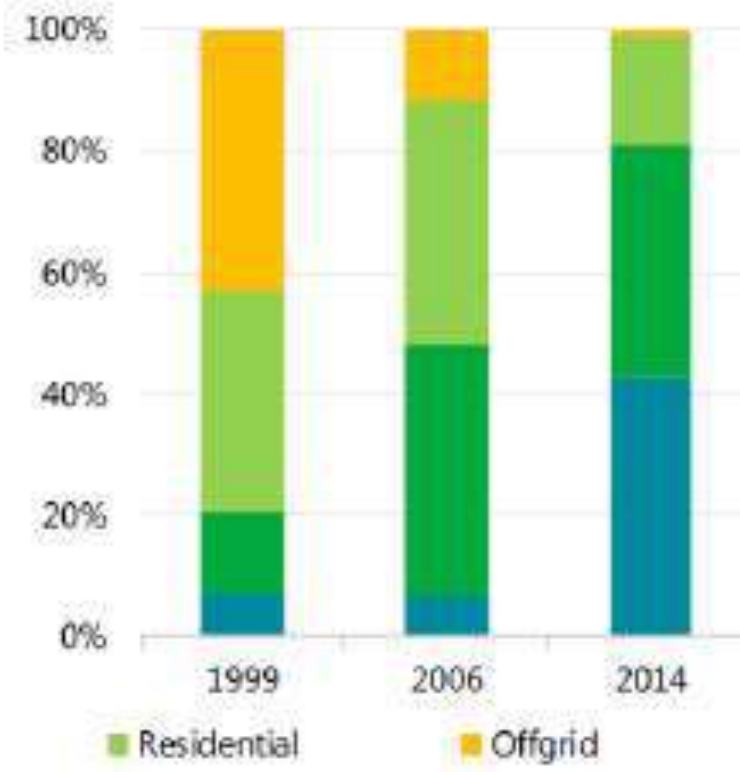
- ✓ Contrato com prosu-midores de menor porte
- ✓ Prestam serviços ancilares à distribuição (alívio à restrição do sist)

As fases da GD: estamos na fase de valorar o apoio político

- ✓ **Off-grid:** até 1999 era utilizado para bombeamento de água, eletrificação em áreas remotas e relés de telecomunicações
  - ✓ **Feed-in tariff:** entre 1999 e 2026, se tornaram populares na Europa sistemas residenciais do lado de dentro do medidor com prêmio no valor da energia
    - ✓ **Apoio político**: a partir de 2006, o barateamento da tecnologia e as medidas de apoio à GD tornaram possível sua expansão de 2,5 GW para 500 GW

Off grid → Feed-in ↔ Apoio político



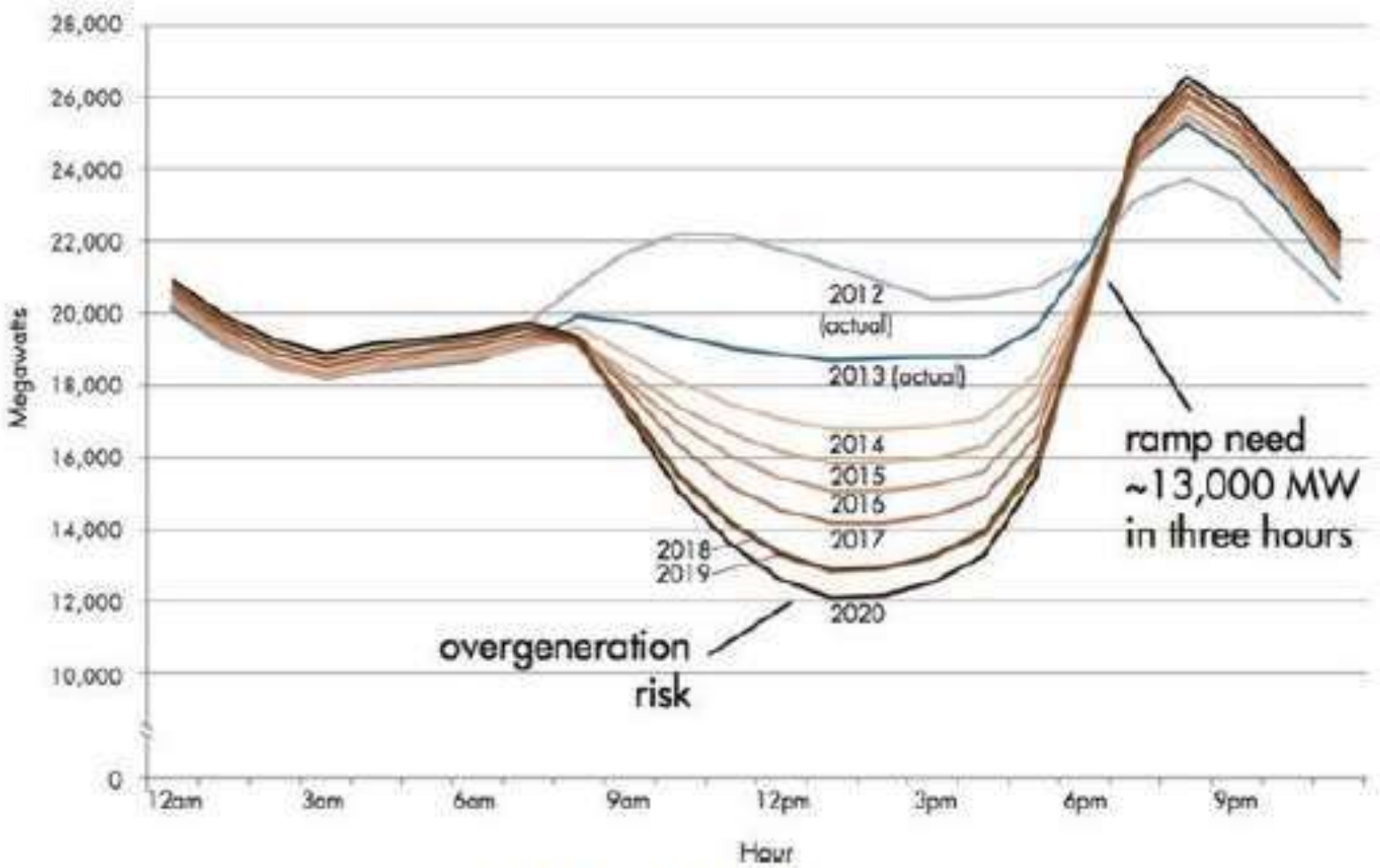




Principais políticas de GD no mundo

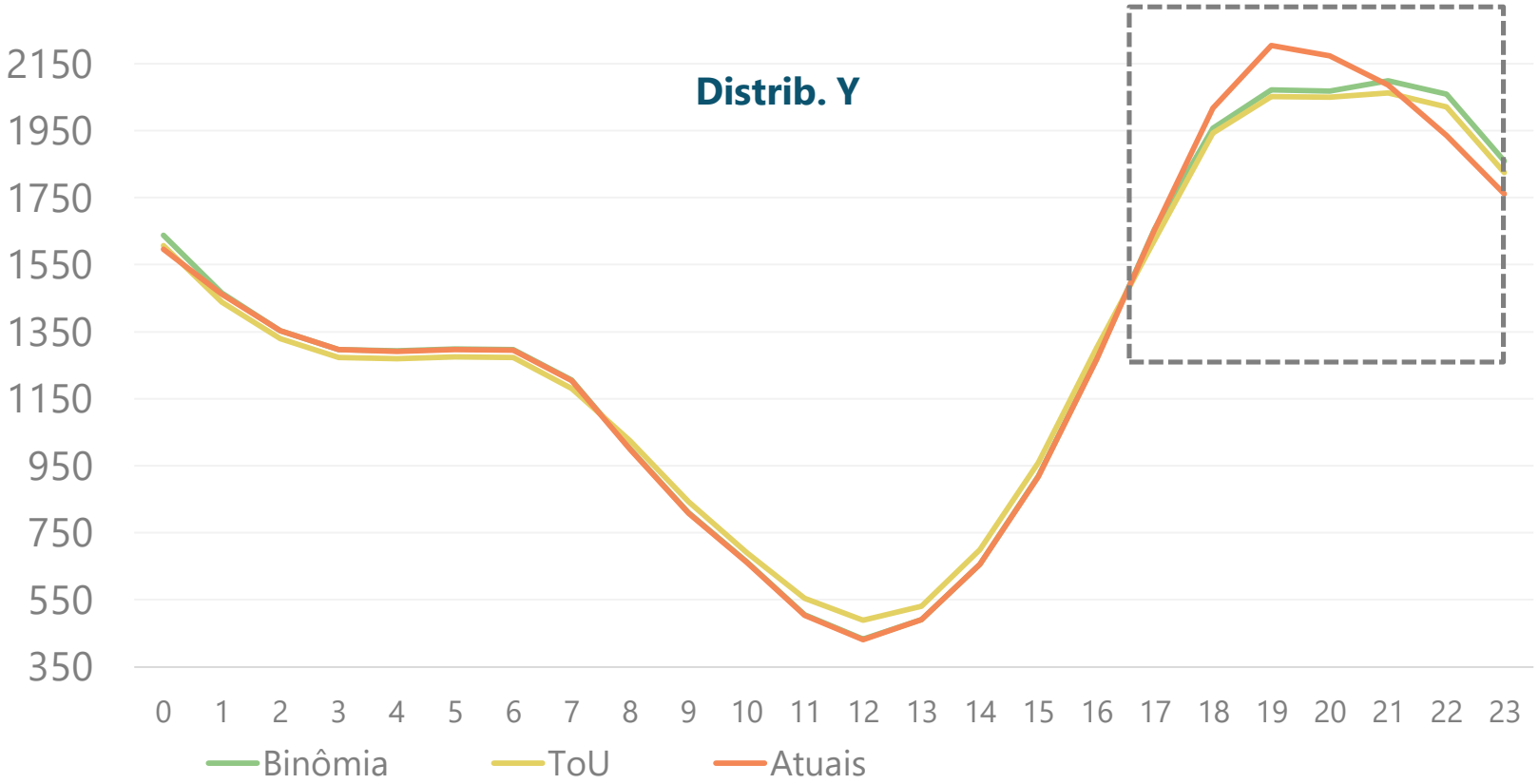
Política GD	Observação
Buy-all, sell-all	Considera-se que a toda a geração é vendida à utility, geralmente a um preço fixo (ex: feed-in e PPA), valorando e contabilizando a energia gerada separadamente da consumida. Nos esquemas buy-all, sell-all, toda a geração fotovoltaica é remunerada com uma tarifa fixa que pode ser maior ou menor que a taxa de varejo.
Net metering	Os proprietários consomem a geração, o que reduz o consumo da rede, com recebimento de crédito de energia por qualquer geração excedente exportada para a rede. Esse crédito de energia pode ser deduzido da eletricidade da rede consumida em contas futuras.
Real-time self-consumption	Venda de excesso para a rede. Primeiro, a contabilização de energia é feita em tempo real (a cada hora ou intervalos menores). Depois, os proprietários de energia são pagos por cada unidade de eletricidade exportada, ao invés de ganhar créditos de energia para contas futuras. Os excedentes podem ser valorados por preços de atacado (wholesale), pré-definidos (value-based) ou, mesmo em alguns casos, não receber remuneração alguma.

A curva do pato: alguns estudos chamam a atenção para a geração excessiva e a necessidade de *ramp up*



Fonte: (CAISO, 2013).

... Bem como a necessidade de investimentos na ponta que também se transforma em um novo desafio dessa ruptura tecnológica



Investimentos postergados com tarifação binômia para atendimento à ponta:

R$ 312 milhões

Impactos esperados da difusão da GD
– Dores e desafios do crescimento –

LINHAS E ALIMENTADORES

MicroGD: o pico de produção não coincide com a demanda máxima, podendo haver fluxo reverso

MiniGD: elevação do carregamento das linhas e alimentadores da rede de distribuição

TENSÃO

A injeção de potência ativa em pontos da rede elétrica produz elevação da tensão nesse ponto e em sua vizinhança

PERDAS

Em casos de elevados níveis de concentração, as perdas se elevam na rede de distribuição



SISTEMA DE PROTEÇÃO

As variações no sentido do fluxo de potência na rede e flutuações nos níveis de tensão causadas pela MicroGD, em particular do tipo fotovoltaica, afetam a calibração dos dispositivos de proteção

DESGASTE DE EQUIPAMENTOS

Os dispositivos de controle de tensão, tais como transformadores com variação automática e reguladores de tensão, tendem a ser acionados mais frequentemente com a presença de MicroGD

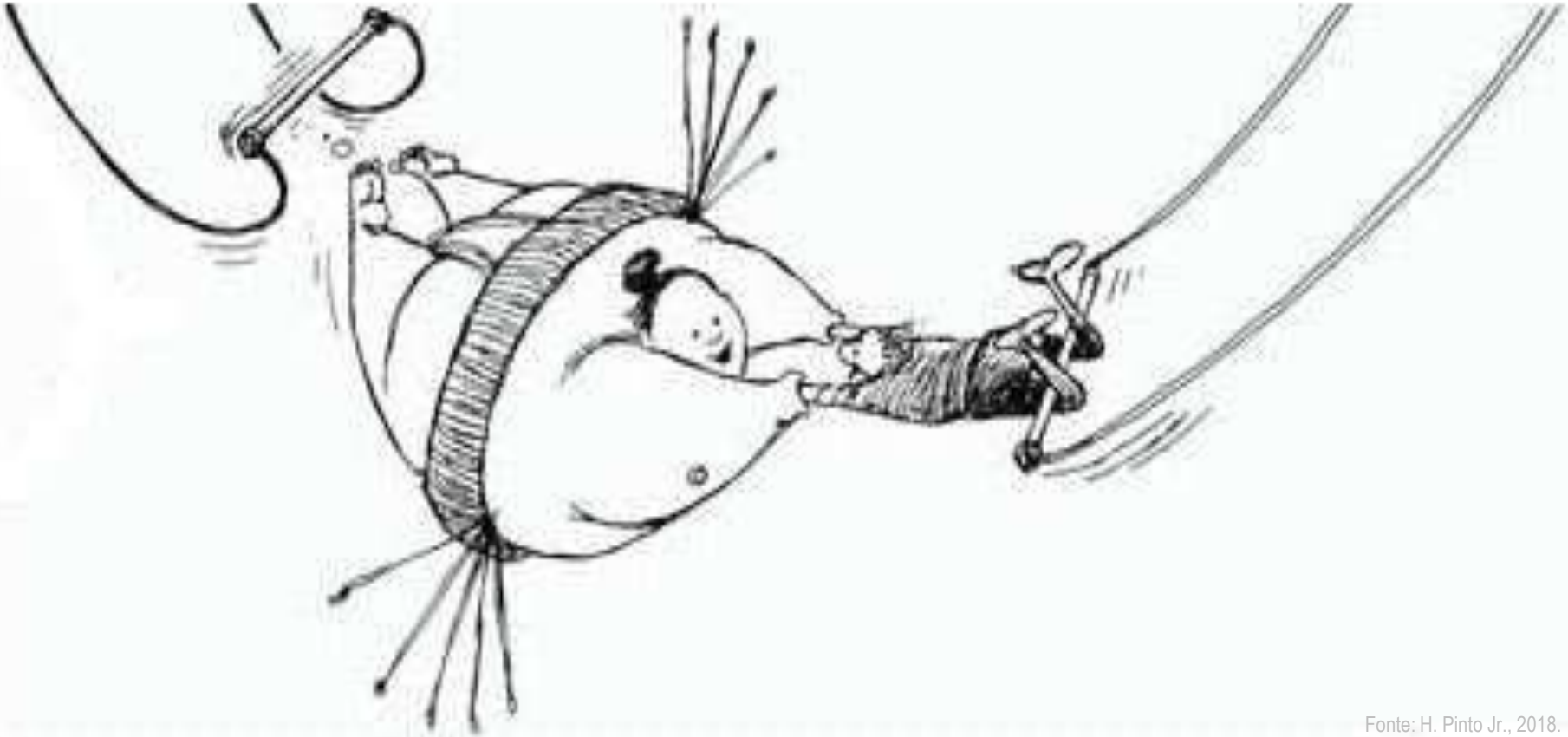
OFFGRID

A presença de GD conectada à rede de distribuição pode melhorar a confiabilidade, desde que exista um robusto sistema de armazenamento capaz de mitigar a intermitência e baixo fator de capacidade

Fonte: COPPE/GESEL, 2020.

É preciso estar atento ao que diz a *Capture Theory* (Teoria da Captura)

A Agência Reg. e outras instâncias de planejamento e políticas públicas podem ser "capturadas" pelos interesses de uma das partes envolvidas em detrimento das outras



Fonte: H. Pinto Jr., 2018.



O acesso à energia é nitidamente um indicador de desenvolvimento econômico



Obrigada*!*

Virginia Parente

Universidade de São Paulo
vparente@iee.usp.br

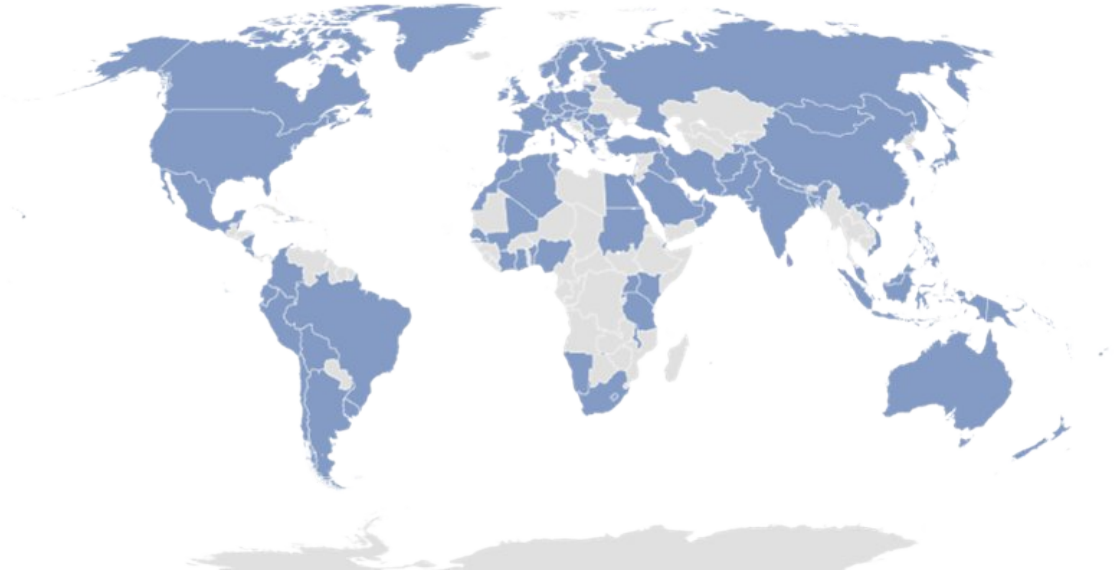
InCoRE – A new ISES Educational Initiative

1. International Solar Energy Society
2. Young ISES at Conferences
3. **In**ternational **Co**-operation in **R**enewable **E**nergies

Klaus Vajen

25.5.2022

ISES: Who we are



Founded 1954,
Individual and Corporate Members
in 110 countries

UN accredited since 1992

Our mission: 100% renewable energy for all, used wisely and efficiently

ISES: Science

Congresses

since 1970: **Solar World Congress**

next: **Oct. 2023 in New Delhi (IN)**

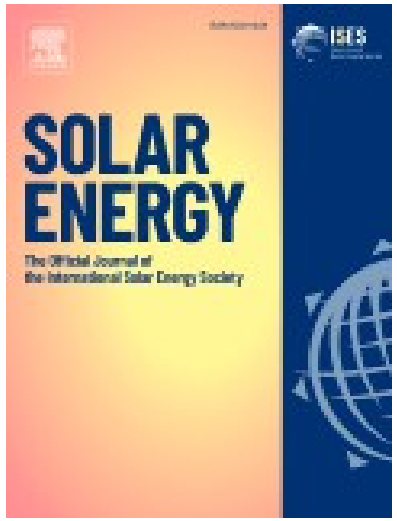
EuroSun 2022

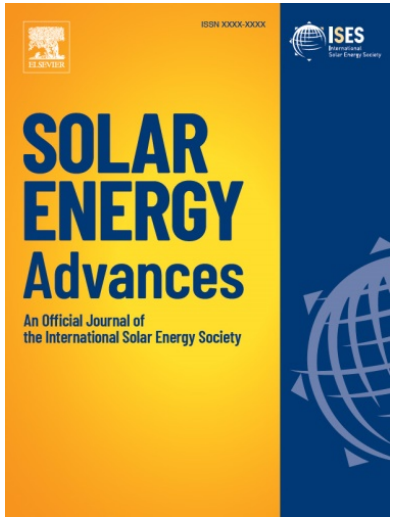
25-29 September – Kassel (DE)

IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022

FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

Scientific Journals

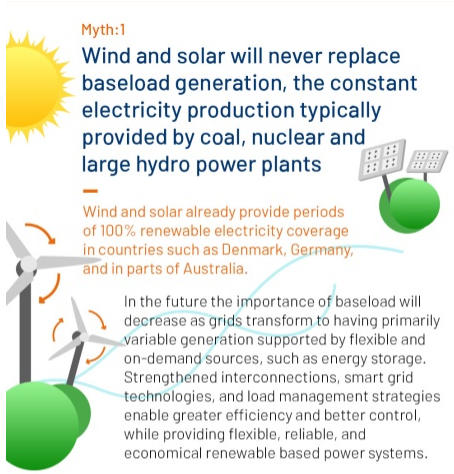




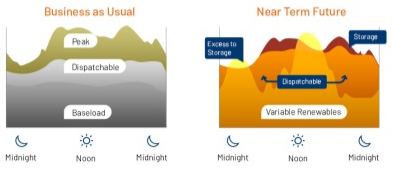
new: open access

ISES: Information

Infographics





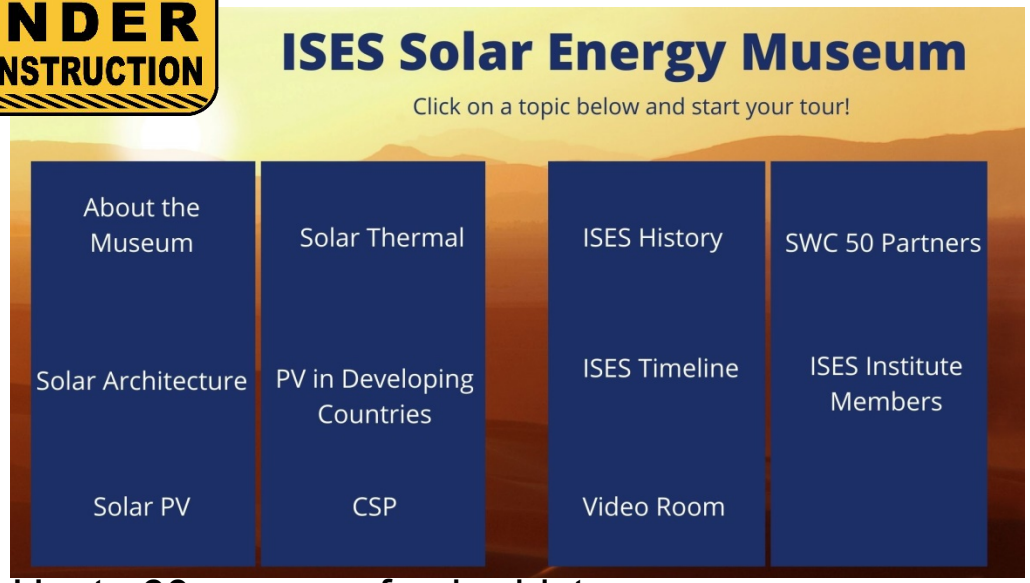


nd information

on solar energy applications

Online Solar Energy Museum





Hosts 60+ years of solar history, research and development

ISES: Information

Webinars





Monthly free webinars

on solar topics of high relevance

International Co-operations

IRENA coalition FOR ACTION

REN21 Renewable Energy Policy Network for the 21st Century

100% RENEWABLES

INTERNATIONAL SOLAR ALLIANCE

SHC SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

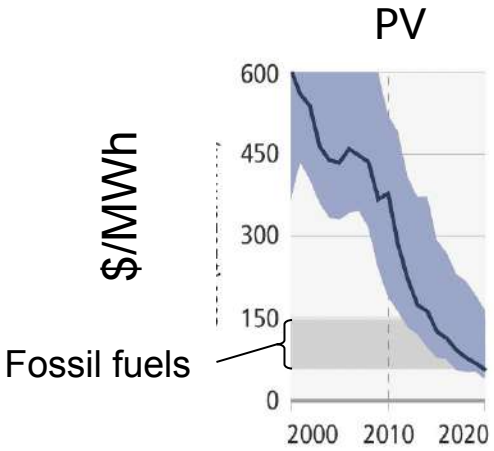
Global Solar Council

RENALLIANCE renewables working together

GWNET Global Women's Network for the Energy Transition

ABENS ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR

Cost Reductions and Use in RE Technologies

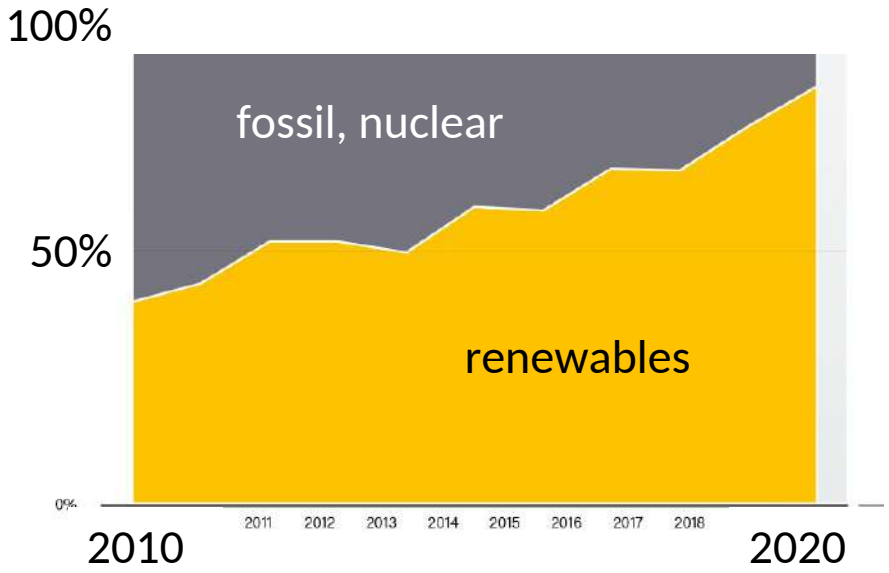


Market cost

Source: IPCC, 2022. Climate Change 2022 – Mitigation of Climate Change

Renewable Energy in the Electricity Sector 2020

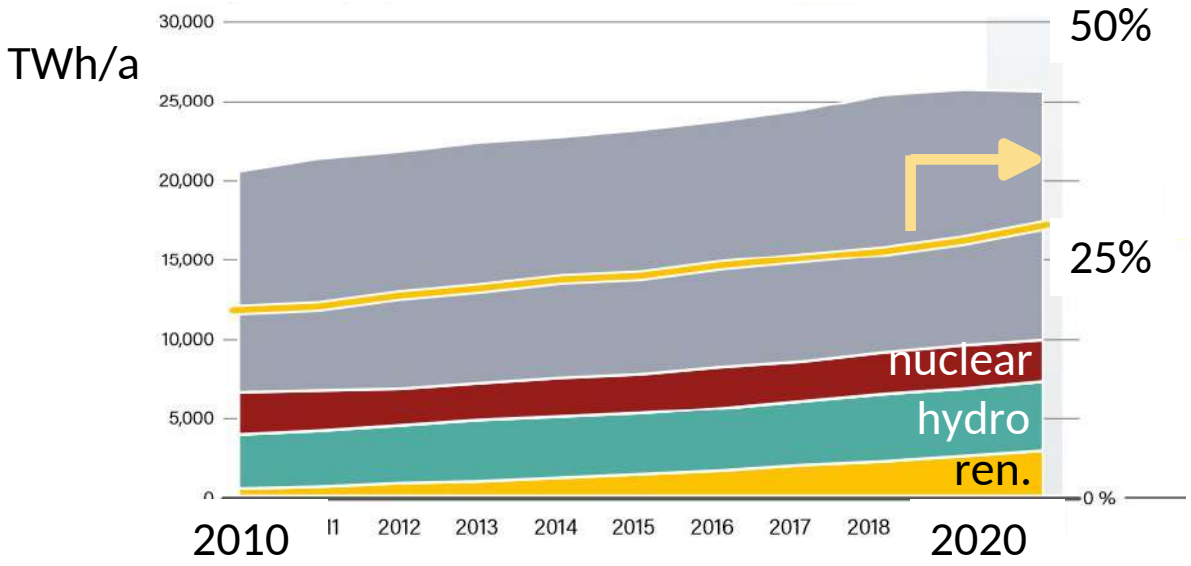
Global Power Generating Capacity
shares of net annual additions



Source: REN21, 2021. Renewables 2021 Global Status report

- net additions: 83% renewables

Global Electricity Production
and share of renewables



- „new“ renewables > nuclear
- global electricity: 29% renewable

Insertion: GIZ projects H2 Brasil + E2 Brasil supports research and education cooperation in 22/23

H2 Brasil : **Improving the framework conditions for the development of a green hydrogen economy in Brazil**
Contact : Andrej Frizler andrej.frizler@giz.de

E2 Brasil : **Energy storage technologies – the key to the energy transition in Brazil on Energy storage / PtX**
Contact : Jan Knaack jan.knaack@giz.de

These projects support cooperation of Brazilian & German research and training institutes via:

- Contribution to events, conferences, workshops & exchange of experience
- Funding of research cooperation
- Matchmaking between German / Brazilian universities
- Student / lecturer & academic exchange
- Development of teaching material

Project H2 / E2 Brasil:
H2 Brasil - Expansão do Hidrogênio Verde — Português (Brasil) (www.gov.br)
Energy storage technologies – the key to the energy transition in Brazil (giz.de)

- International Solar Energy Society
- International Co-operation in Renewable Energies

Young ISES

- Since 2005: Social and professional network for young ISES members
- Provides online and offline initiatives
  dedicated to (PhD-)students and emerging professionals
- Everybody is welcome!
- YI member in ISES Board
  2022/23 Aline Vidal de Oliveira





Young ISES at Conferences

- welcome get together,
  (YI dinner/party), (joint accommodation)

  ✓ integrate participants

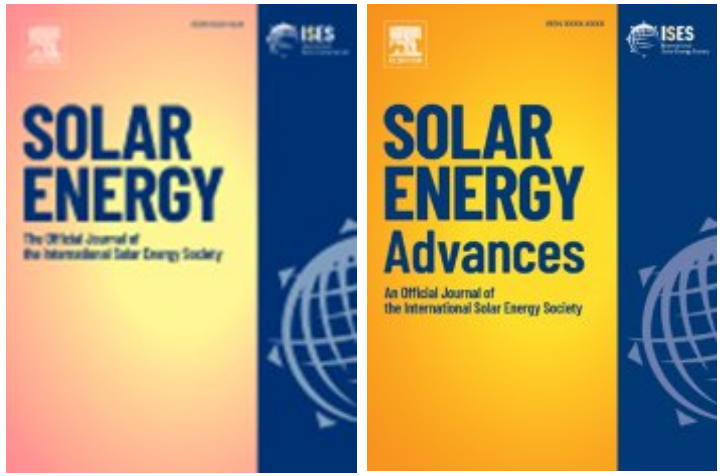
  ✓ facilitate international networking



Young ISES at Conferences

- welcome get together
  (YI dinner/party), (joint accommodation)
- workshops with Elsevier
  - ✓ for (PhD-)students and researchers
  - ✓ advice on scientific publishing





Young ISES at Conferences

- welcome get together
  (YI dinner/party), (joint accommodation)
- workshops with Elsevier
- Solar Speed Dating



Solar Speed Dating

- aims
  - ✓ bring young participants in contact with experienced researchers
  - ✓ reduce the fear to contact the “scientific establishment”
  - ✓ discuss directly actual issues



- implementation
  - ✓ the young choose individually technical topics of their interest
  - ✓ ISES *(or ABENS)* look for respective experts
  - ✓ round table discussion, 1 expert + 4 to 6 young, 2 to 3 rounds



Young ISES at Conferences

- welcome get together
  (YI dinner/party), (joint accommodation)
- workshops with Elsevier
- Solar Speed Dating
- Master Student Courses



Master Student Courses 1 / 2

- aims
  - ✓ bring young participants to their first international conference and in contact with actual scientific content
  - ✓ avoid the feeling to be lost & alone
  - ✓ reduce the fear to do research: “I can manage that as well!”







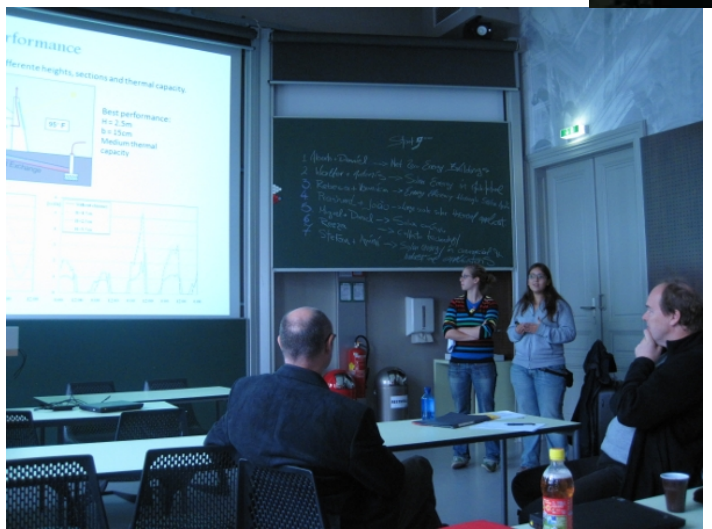
- boundaries
  - ✓ students get free access to the conference, but have to cover travelling and accommodation

Master Student Courses 2 / 2

- implementation (11 x since 2000)
  - ✓ students choose individually technical topics of the conference
  - ✓ two (internationally) mixed students form a group
  - ✓ they read the papers in advance and follow the sessions of their topic
  - ✓ seminar next day after the congress: students report about the findings in their topics
  - ✓ students receive credits and grades







Young ISES at Conferences

- welcome get together
  (YI dinner/party), (joint accommodation)
- workshops with Elsevier
- Solar Speed Dating
- Master Student Courses



- all concepts well proven and established
- can be transferred to and applied at
  other regional / national conferences
- interested: please contact ISES HQ (or Aline or me)

- International Solar Energy Society
- Young ISES at Conferences
- In Co R E

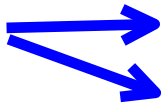
Demands Beyond Conferences (unsorted)

Professor
- Wants to start a RE-program
- Wants contact to scientists in Spain

Searching	Offering
BSc/MSc-students	BSc/MSc-students
PhD-students	PhD-students
Teachers →	Teachers
Business	Business

Demands Beyond Conferences (unsorted)

PhD-student
- Looking for other RE-scientist in Africa

Searching		**Offering**
BSc/MSc-students		BSc/MSc-students
PhD-students		PhD-students
Teachers		Teachers
Business		Business

Demands Beyond Conferences (unsorted)

MSc-student 

- Wants to support students in developing countries

Searching		**Offering**
BSc/MSc-students	←	BSc/MSc-students
PhD-students	⇢	PhD-students
Teachers	⇢	Teachers
Business		Business

Demands Beyond Conferences (unsorted)

Teacher

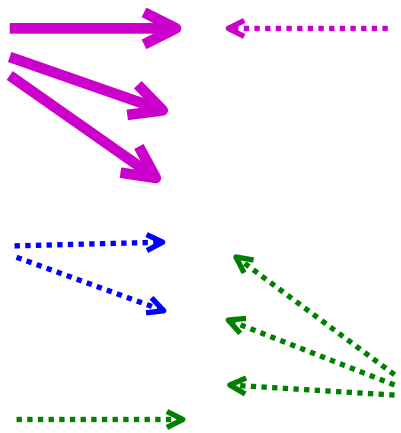
- Wants to offer his lab for co-working at his university

Searching		**Offering**
BSc/MSc-students	←	BSc/MSc-students
PhD-students	→	PhD-students
Teachers	→	Teachers
Business		Business

Demands Beyond Conferences (unsorted)

BSc-student
- Needs support for his thesis about large PV-installations

Searching		Offering
BSc/MSc-students	→	BSc/MSc-students
PhD-students	⇢	PhD-students
Teachers	⇢	Teachers
Business		Business



Demands Beyond Conferences (unsorted)

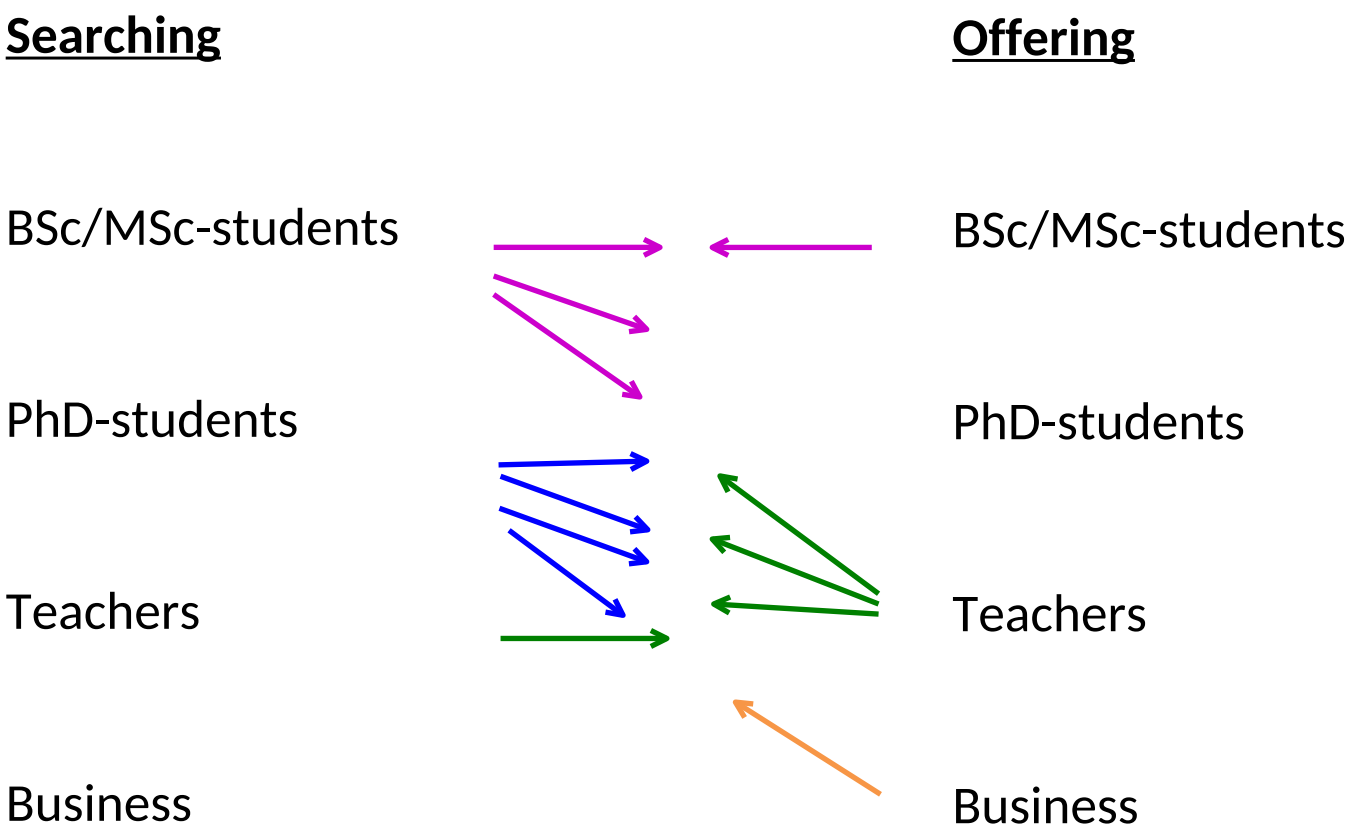
PhD-Student 

- Wants to enter PV busines

Searching		**Offering**
BSc/MSc-students		BSc/MSc-students
PhD-students		PhD-students
Teachers		Teachers
Business		Business

Demands Beyond Conferences (unsorted)

And many more necessities!



Who else but ISES could help?

Main Demands (categorized)

- **Co-advice / co-supervision of thesis** (BSc, MSc, PhD, …), exchange of scientific experience, e.g. via web conferences
- **Internships and temporary stays** of (PhD-)students

- Workshops / (PhD-)Seminars
- Exchange of teachers and researchers
- Development of academic programs (BSc, MSc, Cont. education, …)
- Jobs (PhD, PostDoc, business, …)

- Development of research projects (PV, wind, …)
- Business contacts (PV, wind, …)
- Advise on policies (RE, Efficiency, …)
- …

Start with two (academic) categories

- Measure: Online data base
- Enhance after successful implementation

What means „Co-advice of thesis“?

International Advisor

- define and limit their individual engagement, e.g. 1 hour web conference per month
- meet regularly with an international student who prepares a thesis in the advisor‘s field

Student

- define their demand (discussion, supervision, experiments, internship, …)
- meet regularly with an international expert in the field of their thesis

PhD-Students could even be involved on both sides!

Why join „Co-advice of thesis“?

International Advisor

- participate and contribute to shape the future of international renewable energy education
- get in contact with other teachers in their field and with perhaps highly talented foreign scientists
- find great trainees for their labs
- support disadvantaged students in developing countries

Student

- hear about new methods and get additional exciting views about your thesis
- build up an international network
- find a place for an internship
- take advantage of this unique opportunity

International Co-operation in RE

Int. Advisors: Register **within 3 minutes** at

(PhD-)**Students**: Register **within 3 minutes** at

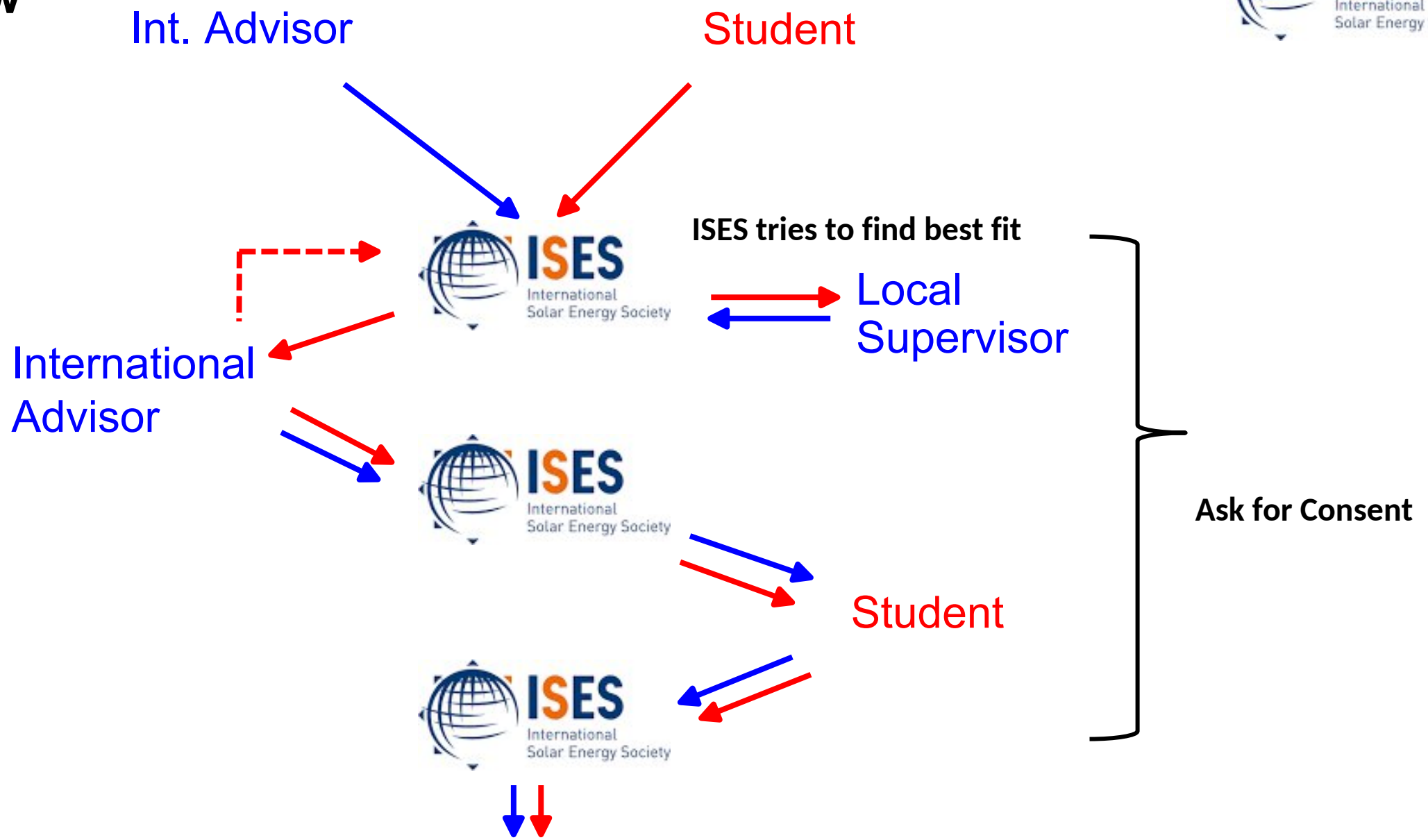
join.ises.org/InCoRE

- Level of expertise (BSc, MSc, PhD, postdoc, professor, professional, …)
- Area of expertise (PV, Wind, Biomass, …)
- Kind of **support** (web conference, proof-reading, internship, …)
- Languages
- Contact data

- Level of thesis (BSc, MSc, PhD, …), validity
- Area of thesis (PV, Wind, Biomass, …)
- Kind of **needs** (discussion, supervision, experiments, internship, …)
- Languages
- Contact data

additionally (max. 1 page each): short CV, synopsis of thesis

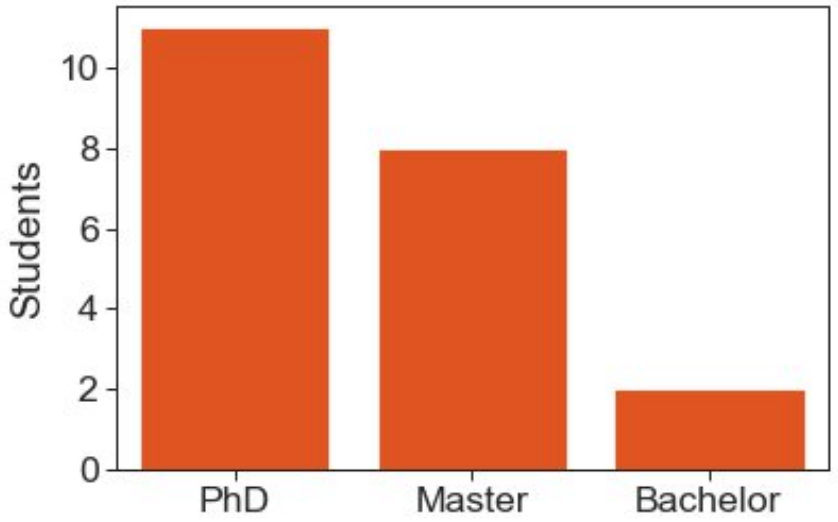
Work Flow

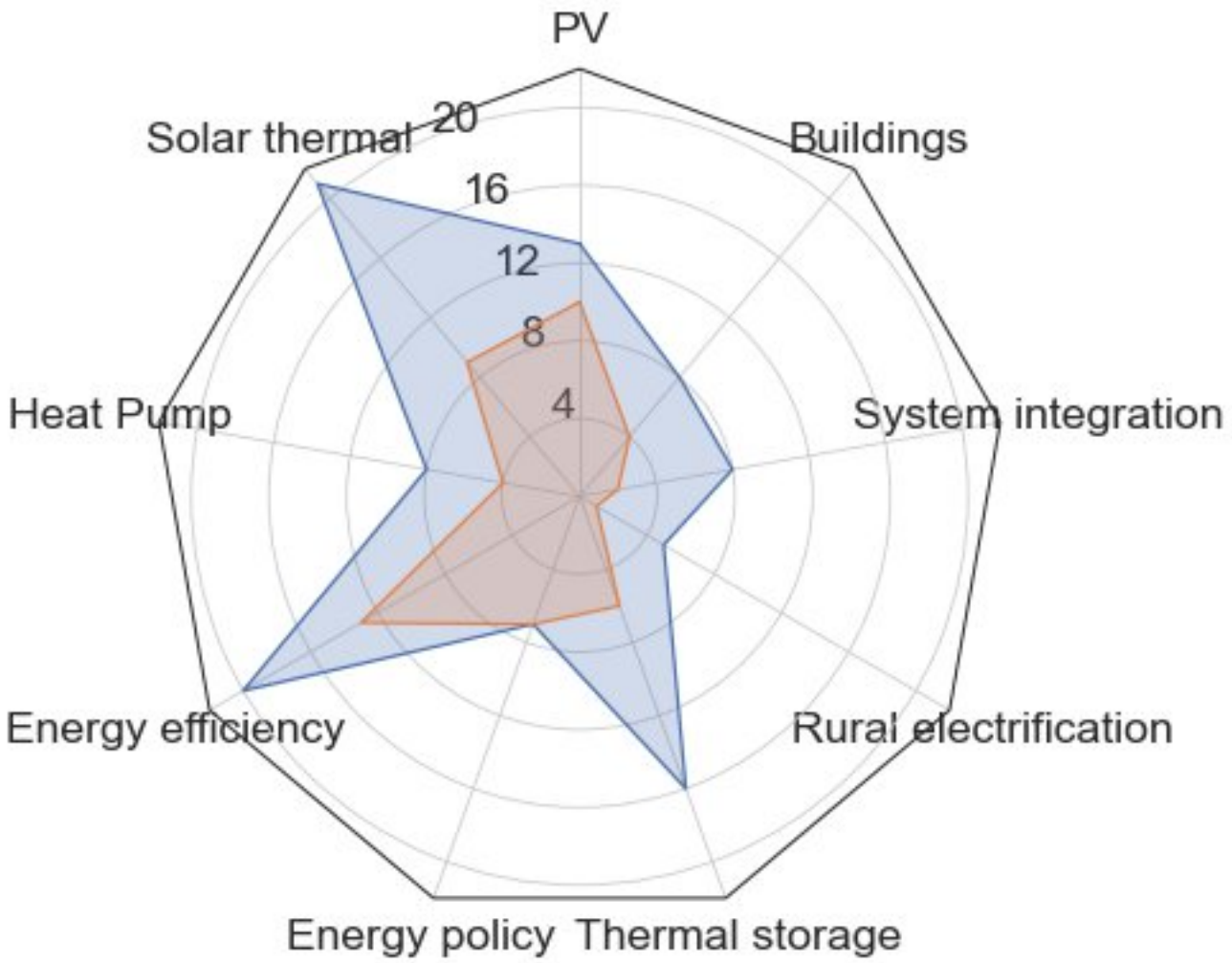

Int. Advisor
Student
ISES
International
Solar Energy Society
ISES tries to find best fit
Local
Supervisor
International
Advisor
ISES
International
Solar Energy Society
Student
ISES
International
Solar Energy Society
Ask for Consent
ISES sends „official“ invitation incl. contact data

Test Phase

delibarately with a small group
to improve the processes

- 38 Advisors
- 21 Students





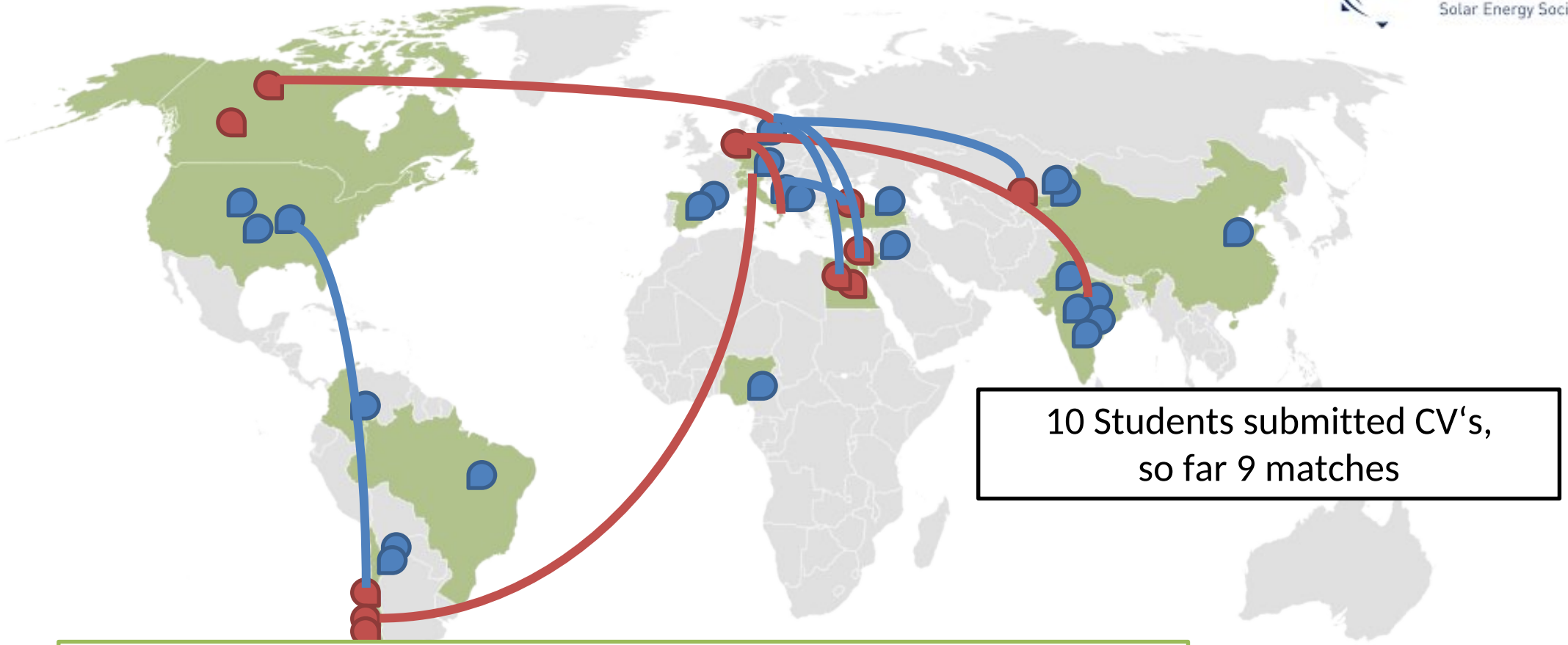
InCoRE Test Phase: Advisors and Students

Students:

- Canada
- Chile
- Egypt
- Germany
- Jordan
- Kyrgyzstan
- Turkey

Advisors

- Brazil
- Chile
- China
- Colombia
- Germany
- India
- Italy
- Jordan
- Kyrgyzstan
- Nigeria
- Spain
- Switzerland
- Turkey
- United Staates



10 Students submitted CV‘s,
so far 9 matches

Lessons learned

- ✓ short CV and synopsis from students needed to improve matches
- ✓ “scientific areas” refined
- ✓ “desired countries” added
- ✓ …

Unterstützt von Bing
of Statistics, GeoNames, Microsoft, Navinfo, TomTom, Wikipedia

InCoRE Test Phase: Impressions so far



Christoph Menke

Professor, Energy Department

University of Applied Sciences

Trier (DE)

Marah Al-Mansareh

MSc Student, Environmental and Renewable Energy Systems

German Jordanian University

Amman (JO)



Support of Teachers is decisive for InCoRE

- generations of students change permanently
- teachers remain and are essential for dissemination

Teachers

- gain and inspire students
  with the opportunity to join InCoRE
- even further improve
  the education of their students
  by additional international views
- support them at the beginning
  of their great career
- **encourage your students to join**

join.ises.org/InCoRE

Further development of InCoRE

- teachers and students in the InCoRE community meet ocassionally via web and discuss improvements, priorities, …
  - **Co-advice / co-supervision of thesis** (BSc, MSc, PhD, …)
  - **Internships and temporary stays** of (PhD-)students
  - Workshops / (PhD-)Seminars
  - Exchange of teachers or researchers
  - Development of academic programs (BSc, MSc, Cont. education, …)
  - Jobs (PhD, PostDoc, business, …)
  - Development of research projects (PV, wind, …)
  - Business contacts (PV, wind, …)
  - Advise on policies (RE, Efficiency, …)
  - …

Summary

ISES

- undertakes significant efforts to inspire and support the next generation of RE researchers
- has proven several measures to even better integrate the young at conferences
- has launched InCoRE to improve the international co-operation in higher education in RE, teachers, students and young professionals
  are welcome to join and get part of the InCoRE community!

Questionnaire
for Advisors

… be part of this great society!

ISES International Solar Energy Society

Questionnaire
for Students

Redes inteligentes de energia: Gestão Inteligente de Recursos Energéticos considerando Produção Local

Zita Vale

Instituto Politécnico do Porto

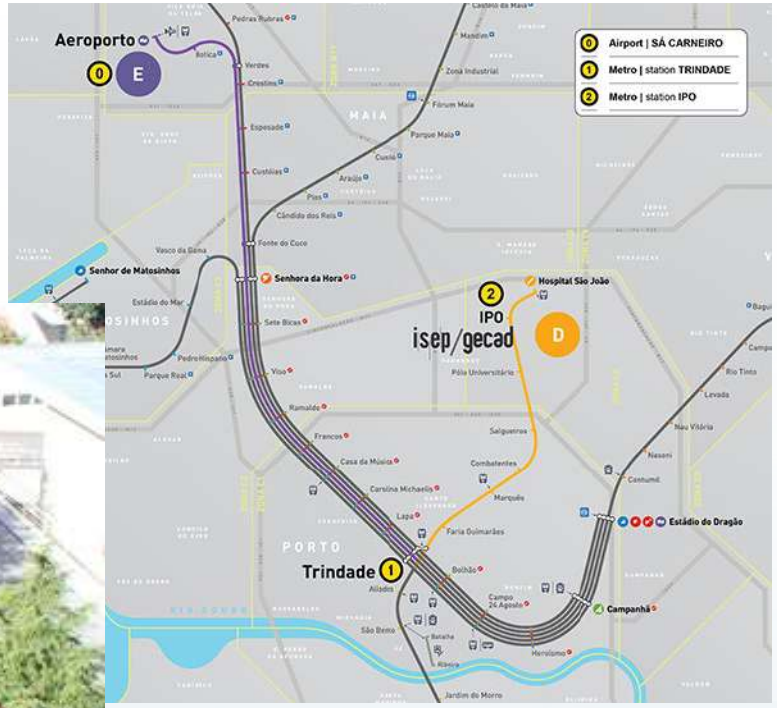
zav@isep.ipp.pt



ISEP, Porto, Portugal













https://ec.europa.eu/energy/en

Our vision: Climate neutral Europe by 2050

2030 FRAMEWORK FOR CLIMATE AND ENERGY —
AGREED TARGETS

	GREENHOUSE GAS EMISSIONS	RENEWABLE ENERGY	ENERGY EFFICIENCY	INTER-CONNECTION	CLIMATE IN EU-FUNDED PROGRAMMES	CO2 FROM:
2020	-20%	20%	20%	10%	2014-2020 20%	
2030	≤ -40%	≤ 32%	≤ 32.5%	15%	2021-2027 25%	CARS -37.5% Vans -31% Lorries -30%

Upwards revision clause by 2030

NEWS | 22 May 2019 | Brussels | Energy

Clean energy for all Europeans package completed: good for consumers, good for growth and jobs, and good for the planet



Today 22 May, the Council of ministers of the EU formally adopted four new pieces of EU legislation that redesign the EU electricity market to make it fit for the future. This concludes the remaining elements of the Clean energy for all Europeans package and represents a major step towards completing the Energy Union, delivering on the priorities of the Juncker Commission.

European Commission

- The EU aims to be **climate-neutral by 2050** – an economy with net-zero greenhouse gas emissions
- This objective is at the heart of the European Green Deal and in line with the EU's commitment to global climate action under the Paris Agreement

https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050

United Nations Climate Change

COP21 CMP11 PARIS 2015 UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE

- Entered into force on 4 November 2016
- Adopted by nearly 200 countries on 12 December 2015
- Keeping a **global temperature rise this century well belo**United Nations Climate Change Conference**w 2 degrees Celsius above pre-industrial levels** and to pursue efforts to **limit the temperature increase even further to 1.5 degrees Celsius**

https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement

22 May 2019

- boost the efficient use of resources by moving to a clean, circular economy
- restore biodiversity and cut pollution

https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en

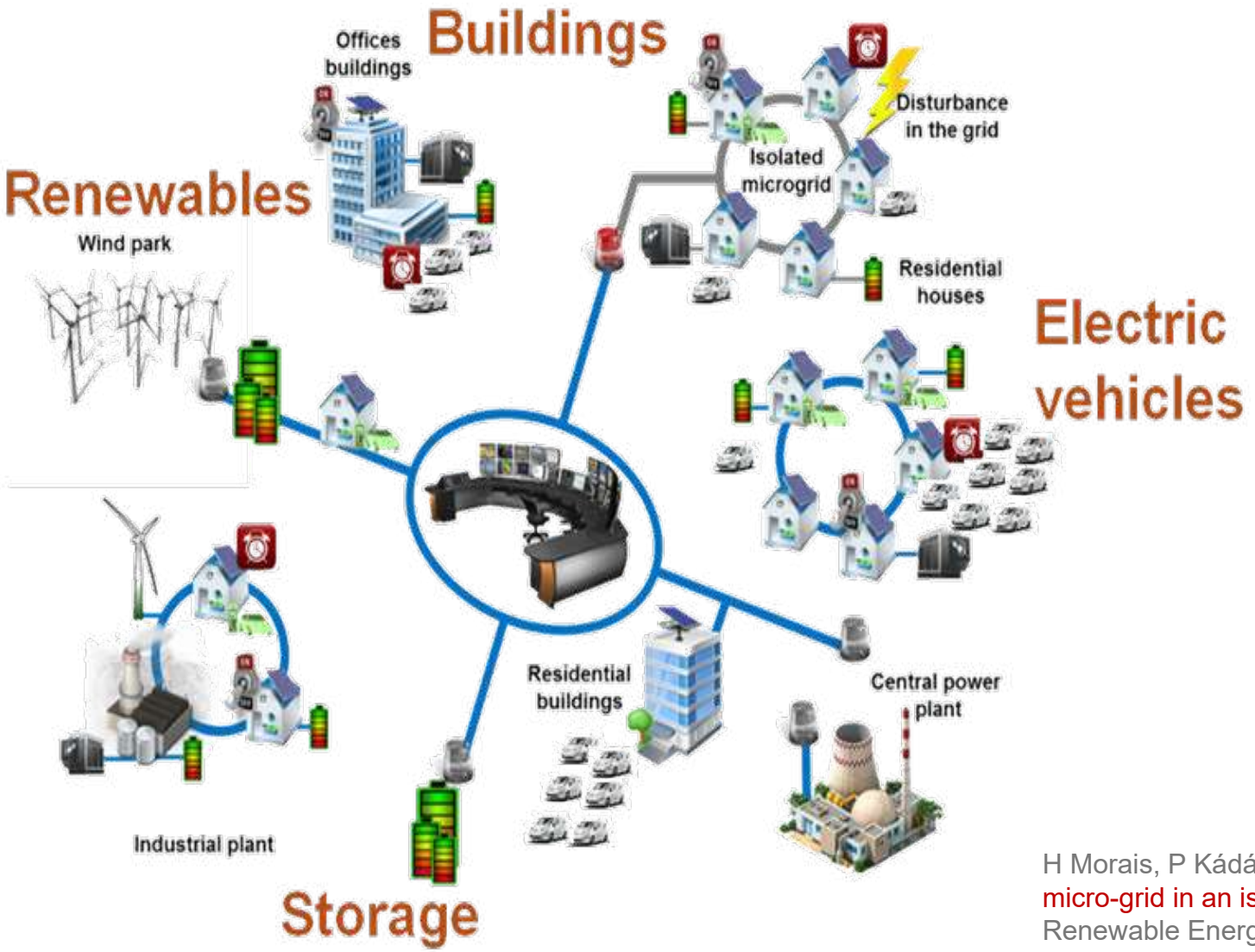
DIRECTIVE (EU) 2019/944 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

of 5 June 2019

on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU

Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019

Energy in the era of smart grids & microgrids



Renewables

Distributed generation

Active consumers

Aggregation

Sustainable Systems

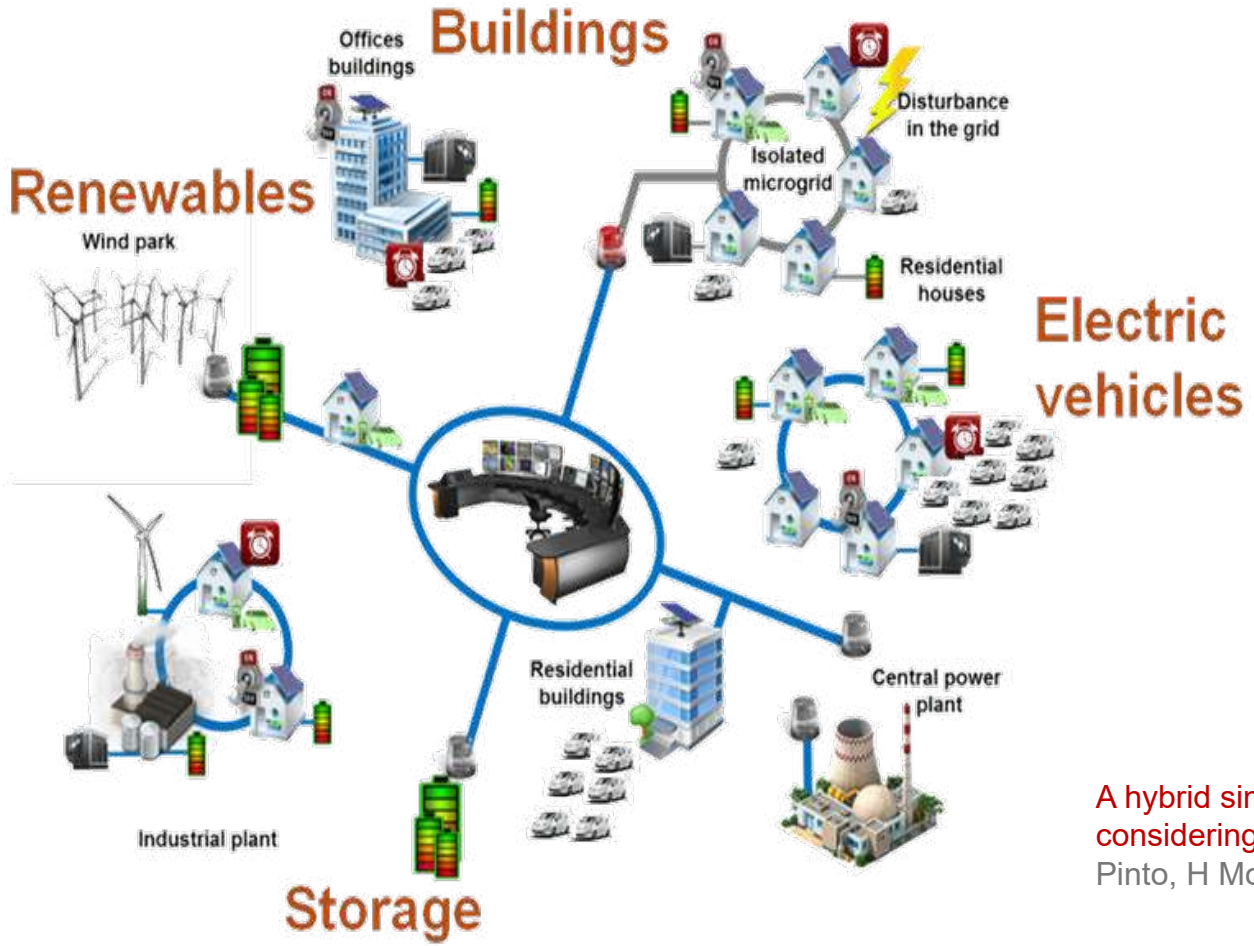
Energy

Environment

Economy

H Morais, P Kádár, P Faria, ZA Vale, HM Khodr, Optimal scheduling of a renewable micro-grid in an isolated load area using mixed-integer linear programming, Renewable Energy 35 (1), 151-156

- **Reduce costs, increase profits**
- **Ensure added value**
- **Distribute and share value**



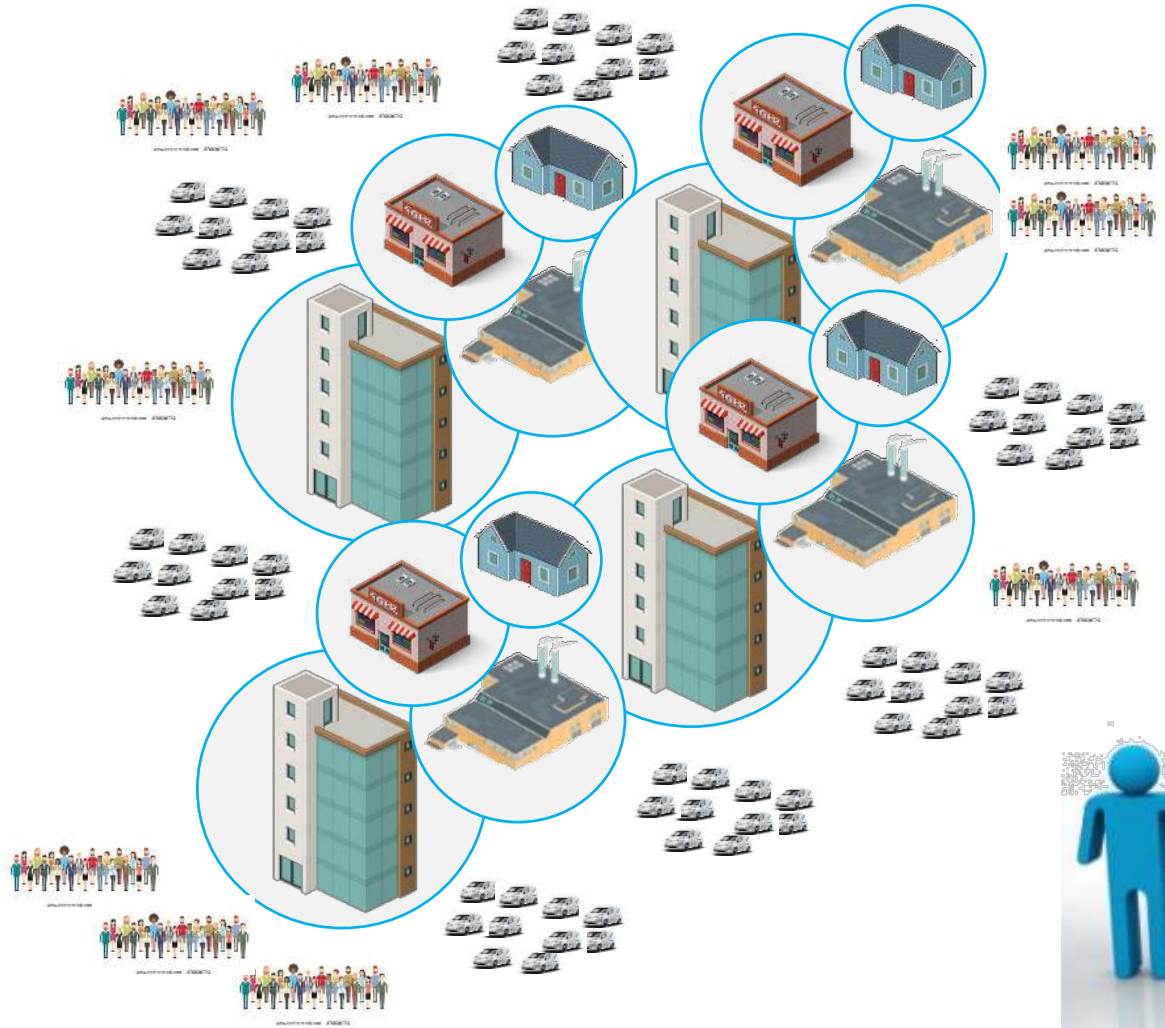
- **Energy transactions**
- **Service provision**

- **Business models**
- **Contracts**
- **Tariffs**

Market-driven approaches

A hybrid simulated annealing approach to handle energy resource management considering an intensive use of electric vehicles, T Sousa, Z Vale, JP Carvalho, T Pinto, H Morais, Energy 67, 81-96, 2014

Energy consumers and Communities



People

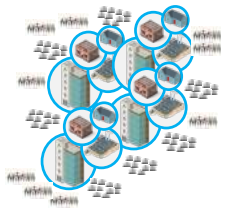
- Citizens (smart cities)
- Customers (retailers)
- Consumers (utilities)
- …



- Demand flexibility
- Demand response
- Local Generation
- Local storage
- EVs

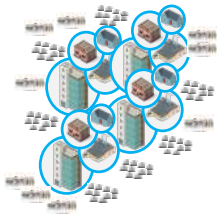
Promotion of the use of Energy from Renewable Sources Directive

Directive (EU) 2018/01:



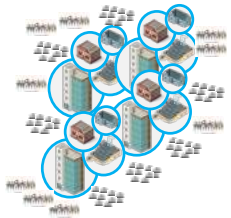
'renewable energy community' means a legal entity:

(a) which, in accordance with the applicable national law, is based on open and voluntary participation, is autonomous, and is effectively controlled by shareholders or members that are located in the proximity of the renewable energy projects that are owned and developed by that legal entity;



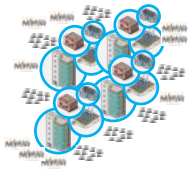
(b) the shareholders or members of which are natural persons, SMEs or local authorities, including municipalities;

(c) the primary purpose of which is to provide environmental, economic or social community benefits for its shareholders or members or for the local areas where it operates, rather than financial profits;



Electricity Market Directive

Directive (EU) 2019/944:



'citizen energy community' means a legal entity that:

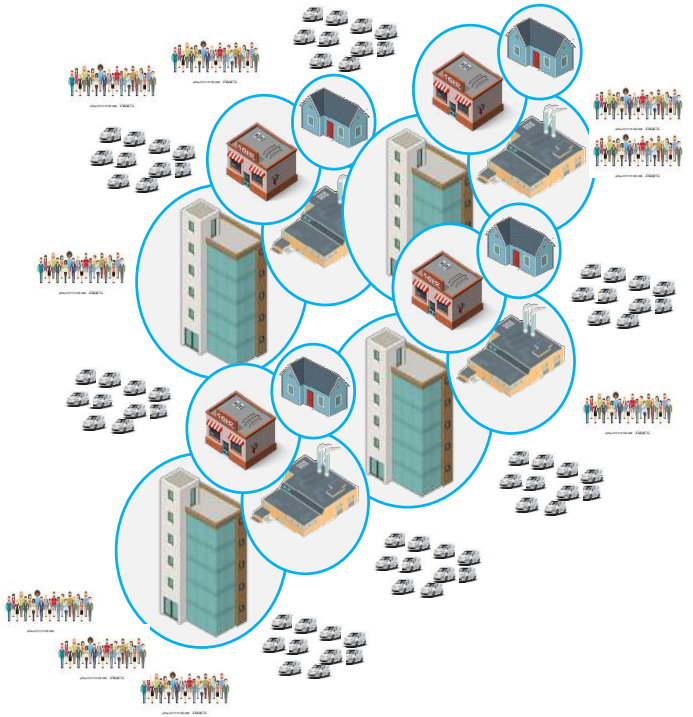
(a) is based on voluntary and open participation and is effectively controlled by members or shareholders that are natural persons, local authorities, including municipalities, or small enterprises;

(b) has for its primary purpose to provide environmental, economic or social community benefits to its members or shareholders or to the local areas where it operates rather than to generate financial profits; and

(c) may engage in generation, including from renewable sources, distribution, supply, consumption, aggregation, energy storage, energy efficiency services or charging services for electric vehicles or provide other energy services to its members or shareholders;

Citizen Energy Communities

- ✓ **European legislation, namely Directives (EU) 2019/944 and (EU) 2018/01**
  - **Their practical and successful implementation are still far away**
  - **additional research results in terms of the adequate business, technical, and technologic models and infrastructures are still needed**



New opportunities

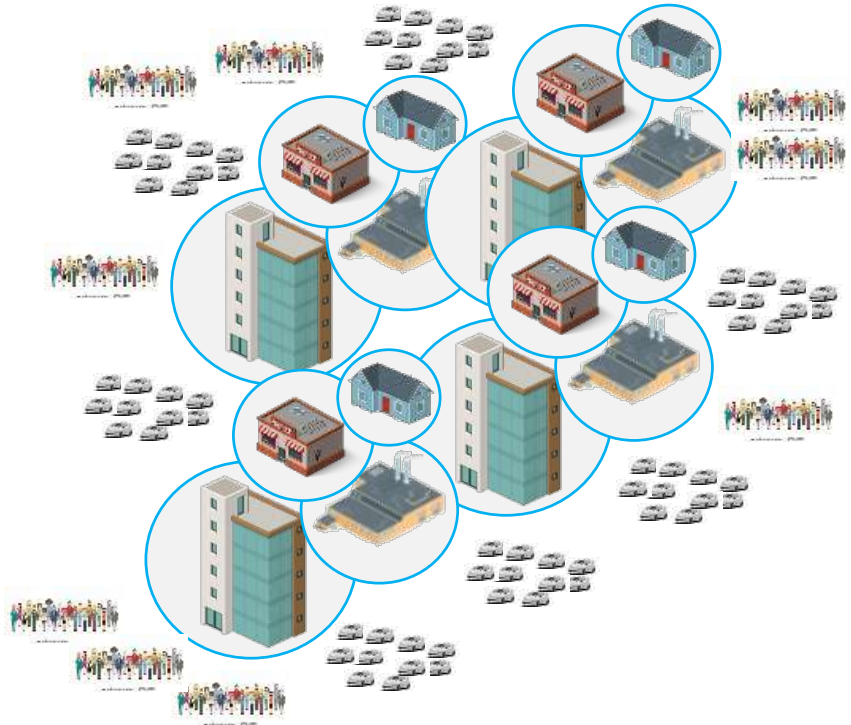
- Resource sharing
- Transaction with neighbors (P2P transactions)
- Transactive energy

New organizations and markets

Agreggators

Local markets

Energy communities



BOOK

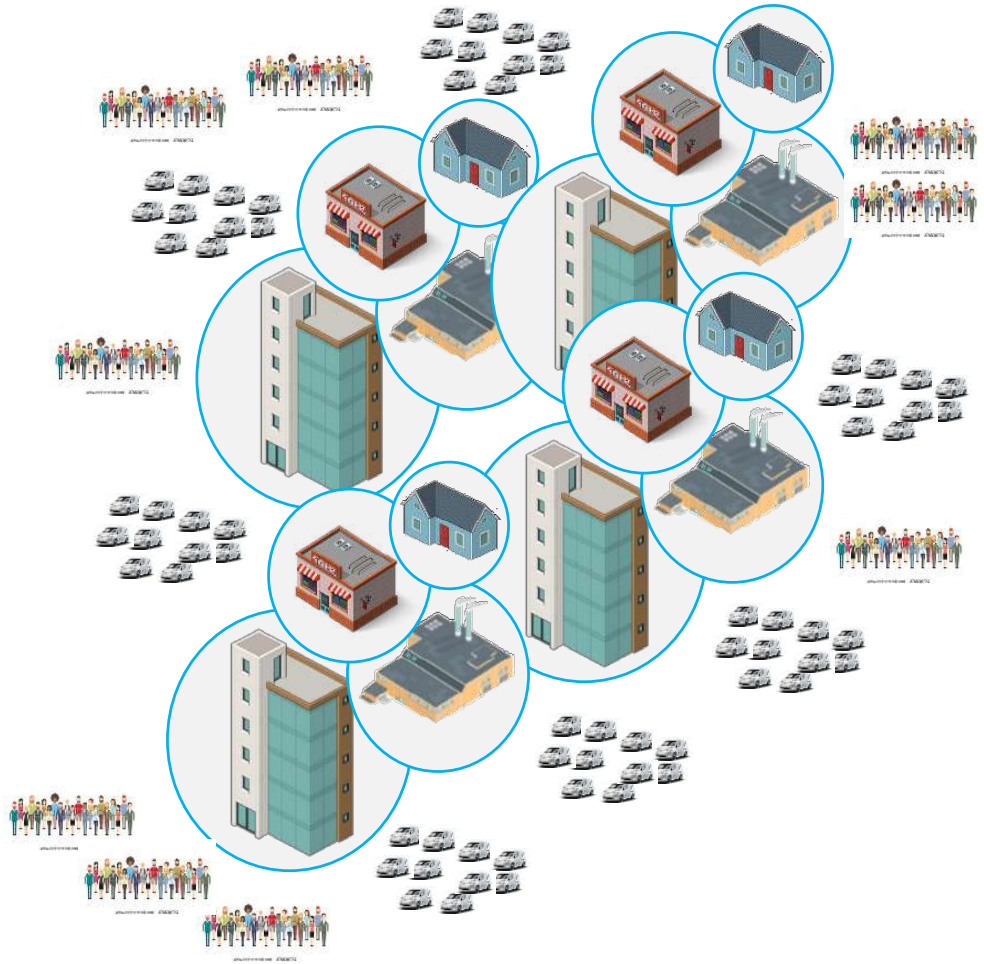
Local Electricity Markets
1st Edition
Editors: Tiago Pinto,, Zita Vale, Steve Widergren
Paperback ISBN: 9780128200742
Imprint: Academic Press
Published Date: 1st April 2021
https://www.elsevier.com/books/local-electricity-markets/pinto/978-0-12-820074-2

Lezama, Fernando, Joao Soares, Pablo Hernandez-Leal, Michael Kaisers, Tiago Pinto, and Zita Vale. 2019. "Local Energy Markets: Paving the Path Toward Fully Transactive Energy Systems." IEEE Transactions on Power Systems 34(5):4081–4088. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2833959

Abrishambaf, Omid, Fernando Lezama, Pedro Faria, and Zita Vale. 2019. "Towards Transactive Energy Systems: An Analysis on Current Trends." Energy Strategy Reviews https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100418

Santos, Gabriel, Pedro Faria, Zita Vale, Tiago Pinto, and Juan M. Corchado. 2020. "Constrained Generation Bids in Local Electricity Markets: A Semantic Approach." Energies 13(15): 3990. https://doi.org/10.3390/en13153990

Energy Communities

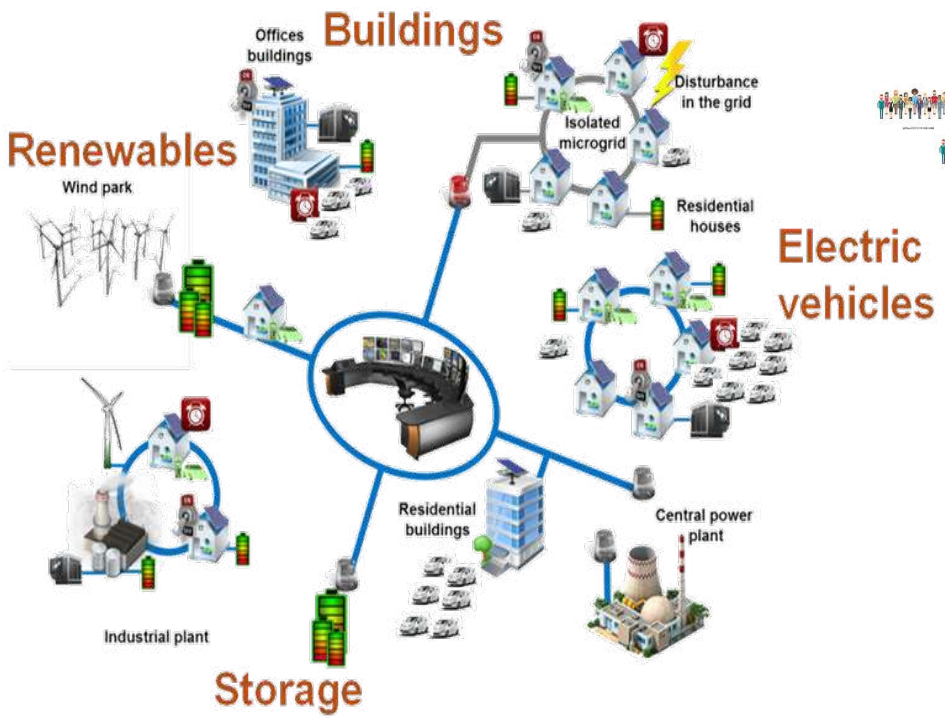


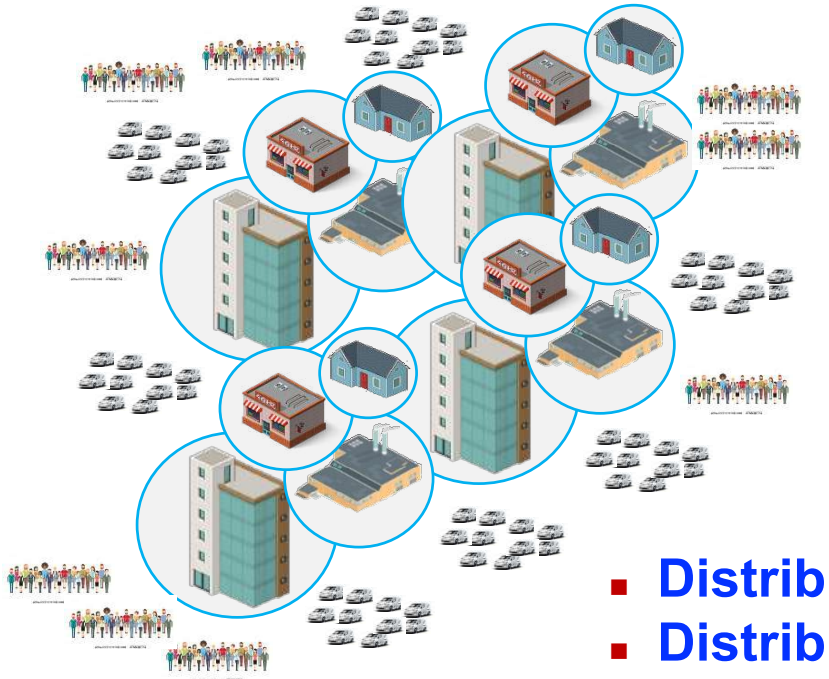
- Local generation based on renewables
- Local storage
- Electric mobility

- Self-consumption
- Demand flexibility & Demand response
- P2P transactions
- Local energy markets
- …

- Energy transactions
- Service provision

- Business models
- Contracts
- Tariffs

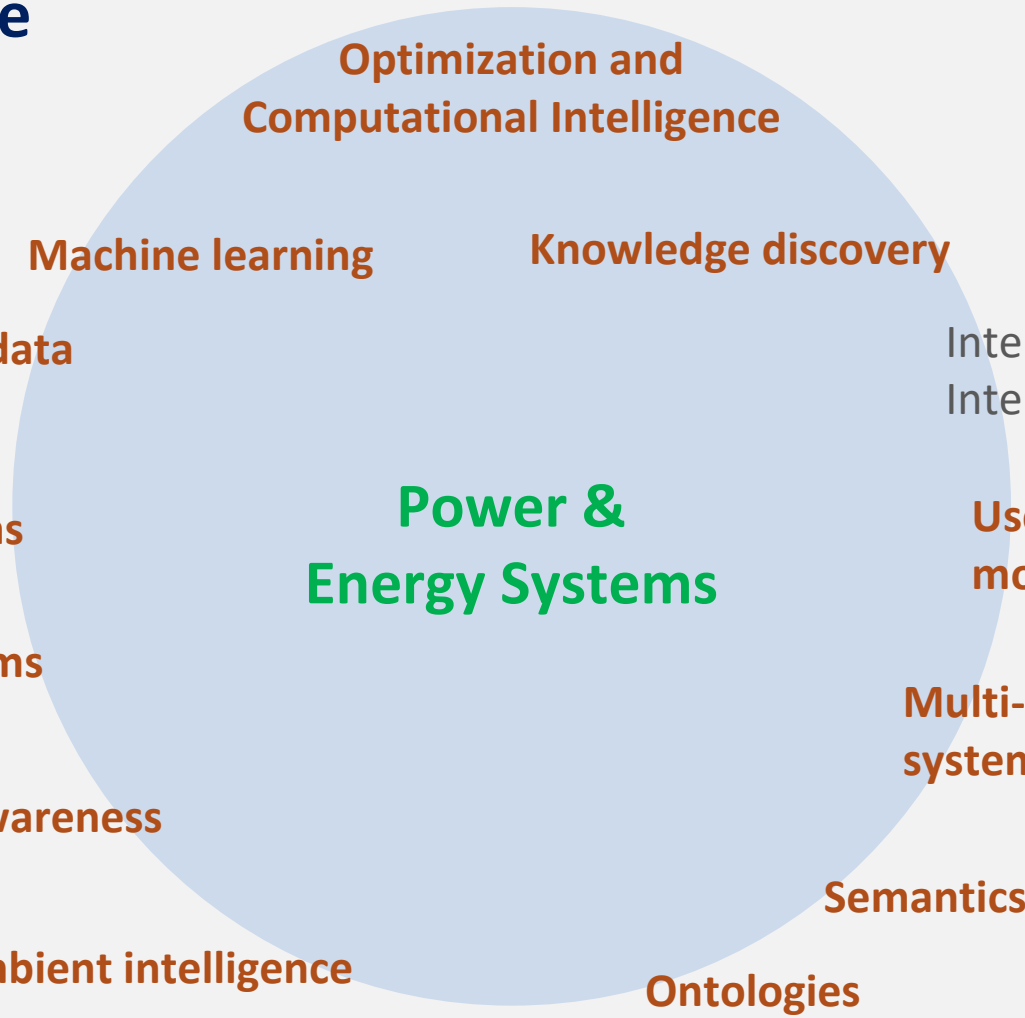




- Distributed decision making
- Distributed intelligence
- Players' profiles

- Real-time decision and action
  - Real-time power system analysis
  - Real-time simulation
  - Real-time decision support

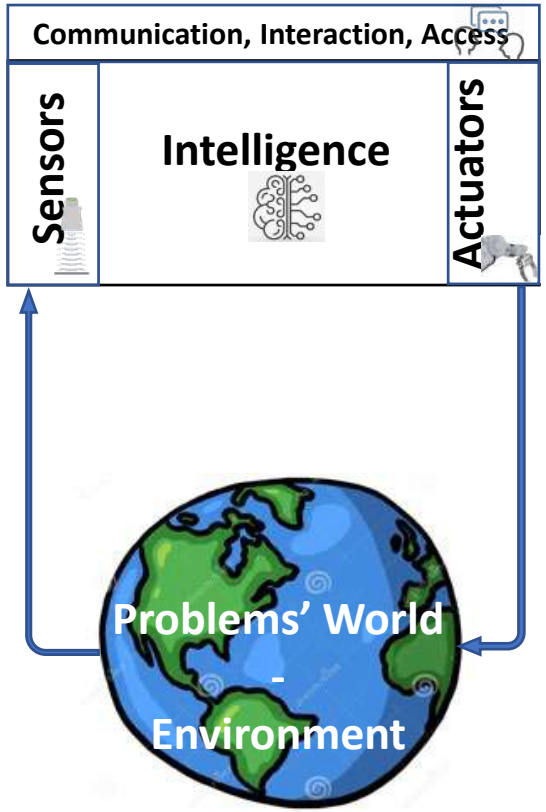
Artificial Intelligence & Intelligent systems



Intelligent Agent

*An **Intelligent Agent** continuously performs 3 functions* [Hayes-Roth-1995]*:*

- ***perception** of the dynamic conditions of the environment*
- ***actions** to affect environmental conditions*
- ***reasoning** to interpret the result of the perception, solve problems, infer and determine the actions to be performed*



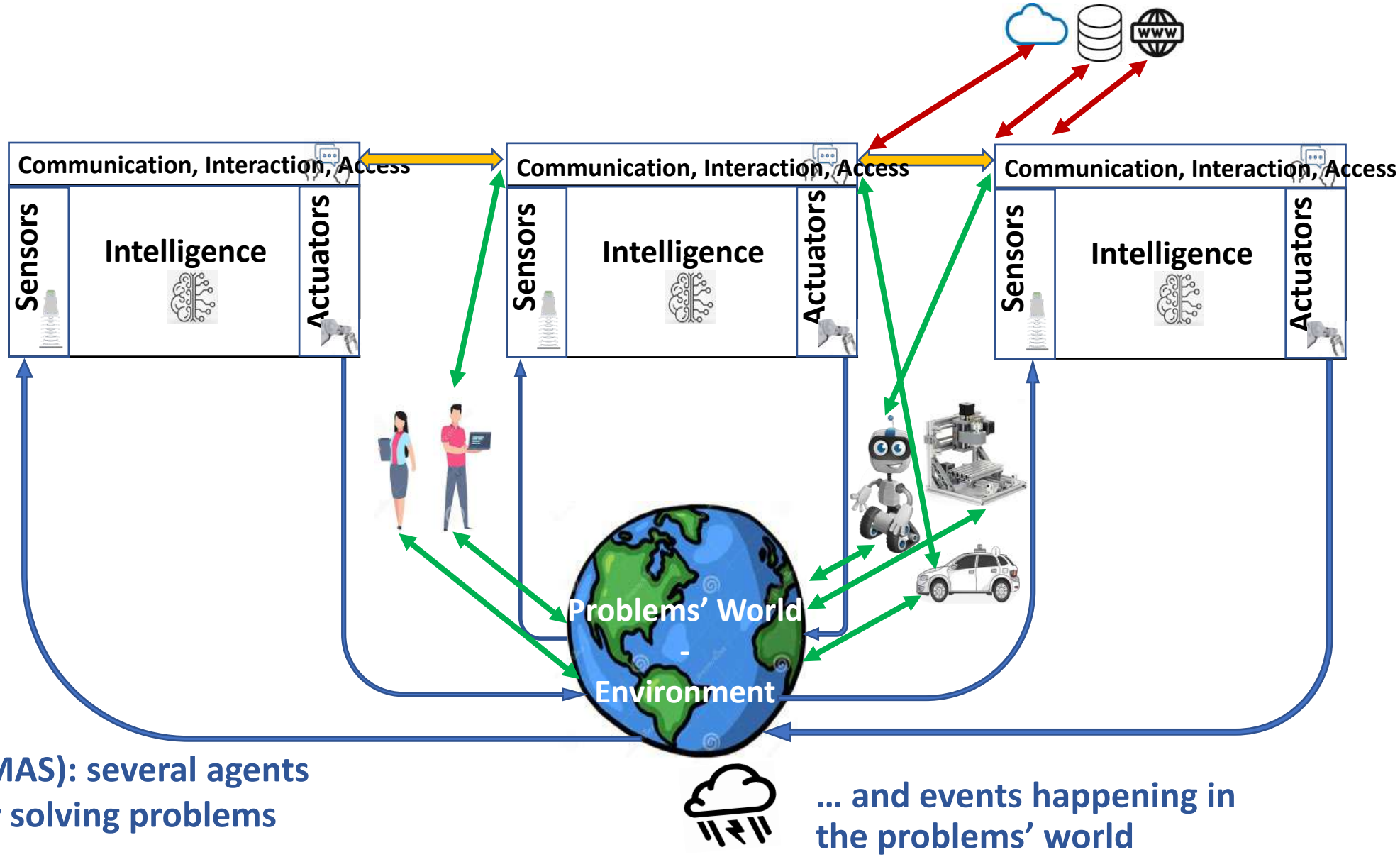
- Sensors: thermometer, position sensor, camera, laser-based, etc
- Actuators: Robot, CNC machine, automaton
- Intelligence: Inference, Reasoning, Planning, Optimization, Understanding, Learninig, etc
- Communication, Interaction, and Access: with other agents, humans, automata, Data Bases ,Web, Services

- **Model**
- **Simulate**
- **Monitor**
- **Control**

Not just agents ...

Other entities actuating in the problems' world (people, automata,...)

...and entities providing services



Multi-Agent Systems (MAS): several agents cooperate/compete for solving problems andsharing resources

... and events happening in the problems' world

GECAD Living Lab (Building N)





Vale, Zita; Faria, Pedro; Abrishambaf, Omid; Gomes, Luis; Pinto, Tiago. 2021. "MARTINE—A Platform for Real-Time Energy Management in Smart Grids" Energies 14, no. 7: 1820. https://doi.org/10.3390/en14071820

Gomes, Luis; Sousa, Filipe; Vale, Zita. 2018. "An Intelligent Smart Plug with Shared Knowledge Capabilities" Sensors18, no. 11: 3961. https://doi.org/10.3390/s18113961

Abrishambaf, Omid; Faria, Pedro; Gomes, Luis; Spínola, João; Vale, Zita; Corchado, Juan M. 2017. "Implementation of a Real-Time Microgrid Simulation Platform Based on Centralized and Distributed Management" Energies 10, no. 6: 806. https://doi.org/10.3390/en10060806

Funding & Partnerships
(in look for Replies)

60+ Projects In the past 5 years

International:

TIOCPS
IoTalentum
Eco Rural IoT
SPEAR — Smart Prognosis of Energy with Allocation of Resources
TradeRES — New Markets Design & Models for 100% Renewable Power Systems
dominoes — market driven distribution grid
DREAM-GO
M2M Grids
FUSEL
SEAS — Smart Energy Aware Systems

National:

COMMUNITY•S
C-ENERGETIC
MAS
CONTEST
COLORS
3eNeFiCe

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
HORIZON 2020
EUREKA
ITEA 3
MARIE CURIE ACTIONS
Erasmus+
COMPETE
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
PORTUGAL 2020

gecad Research Group on Intelligent Engineering and Computing for Advanced Innovation and Development
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.PORTO

Funding & Partnerships (in look for Replies)

Project Partners:

100+ Companies

12+ Countries

- Airbus, Cassidian CyberSec, ENGIE, ITRON, Thales (FR)
- Volvo (SE)
- Nokia Bell Labs (BE)
- Empower (FI)
- EDP Dist, NEW-EDP R&D, Evoleo, Hospital S.João, IPBrick, PH Energia, PortoDigital, SISTRADE, VPS (PT)
- Eletrosul, ENEVA (BR)
- ...

Tech transfer institutions

TNO, Fraunhofer, VTT, CEA, ISQ, JOANNEUM RESEARCH

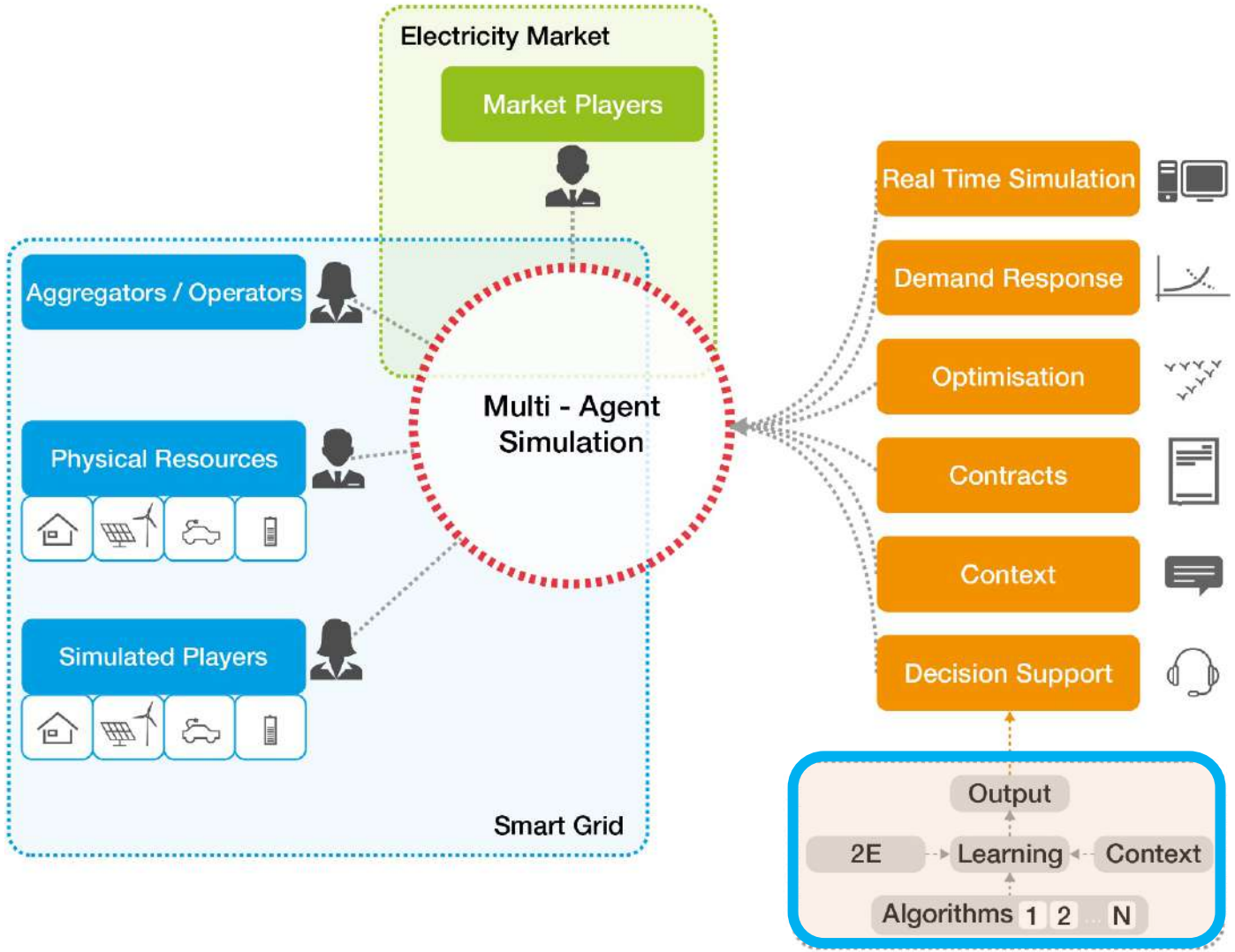
AIRBUS, CASSIDIAN CYBERSECURITY, VOLVO, ENGIE, THALES, Itron, EVOLEO TECHNOLOGIES, NEW ENERGY WORLD, EMPOWER, SÃO JOÃO HOSPITAL, eneva, edp distribuição, IP BRICK, NOKIA Bell Labs, Eletrobras Eletrosul, SisTrade Software Consulting, S.A., VPS Virtual Power Solutions

gecad Research Group on Intelligent Engineering and Computing for Advanced Innovation and Development

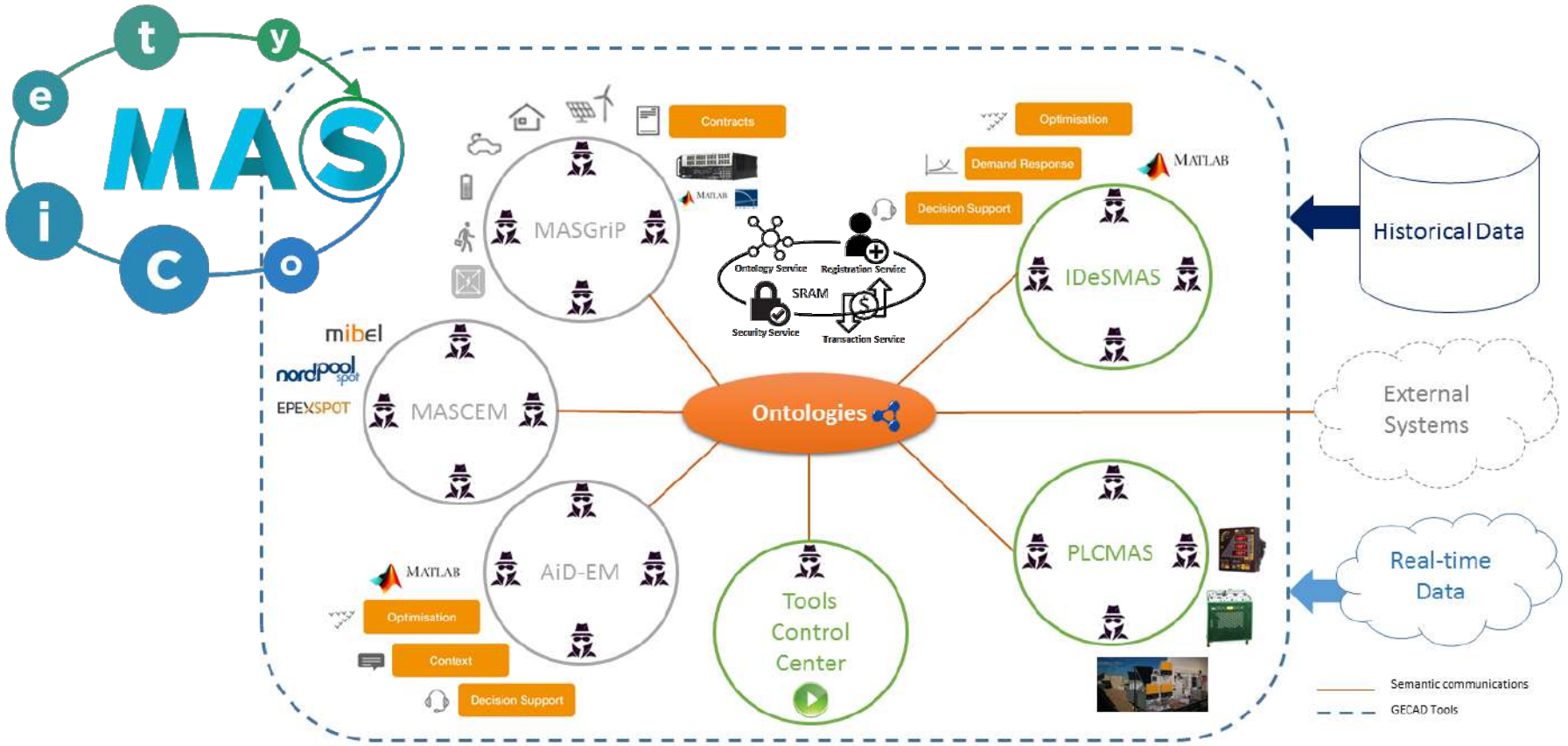
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

P.PORTO

MARTINE: Multi-Agent based Real-Time INfrastructure for Energy



Multi-Agent Systems Society

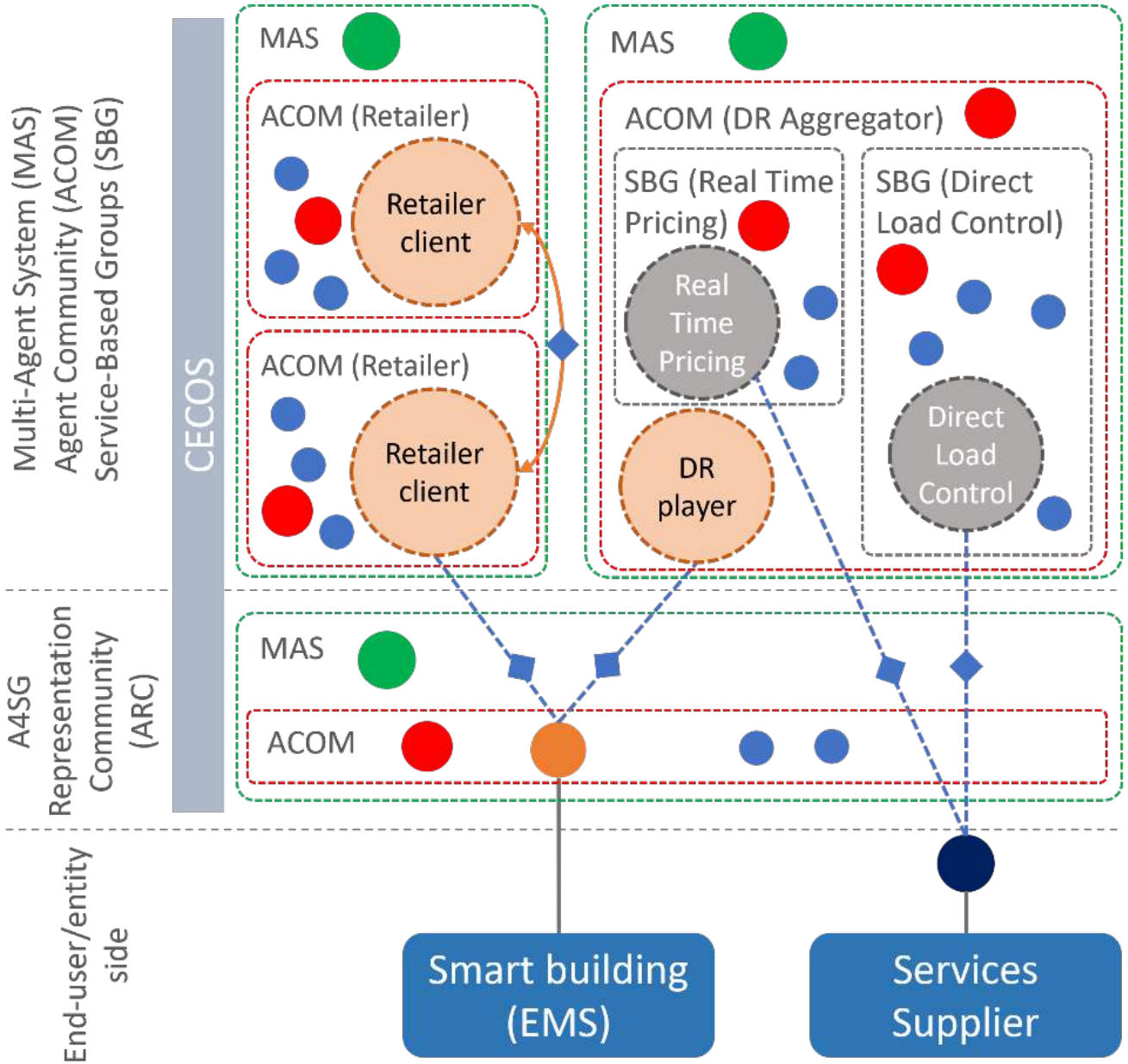


AiD-EM - Adaptive Decision Support for Electricity Markets negotiations
MASCEM - Multi-Agent Simulator of Competitive Electricity Markets
MASGriP - Multi-Agent Smart Grid Platform
IDeSMAS - Intelligence and Decision Support Multi-Agent System
PLCMAS - Programmable Logic Control Multi-Agent System

Multi-Agent Systems Ecosystem

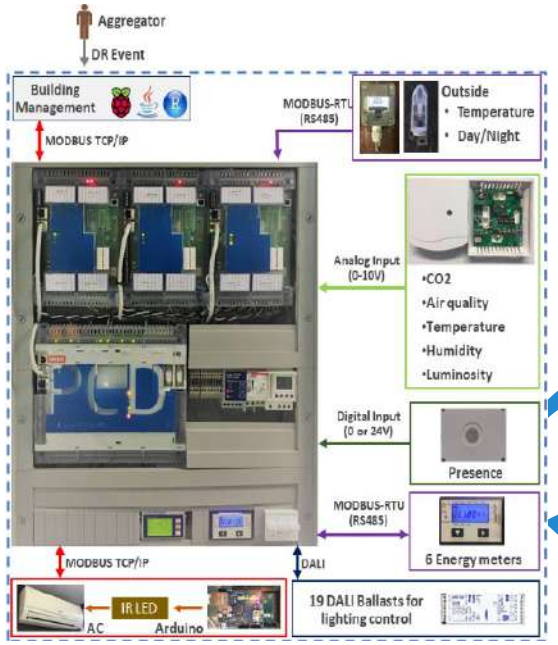
Retailers and Aggregator example

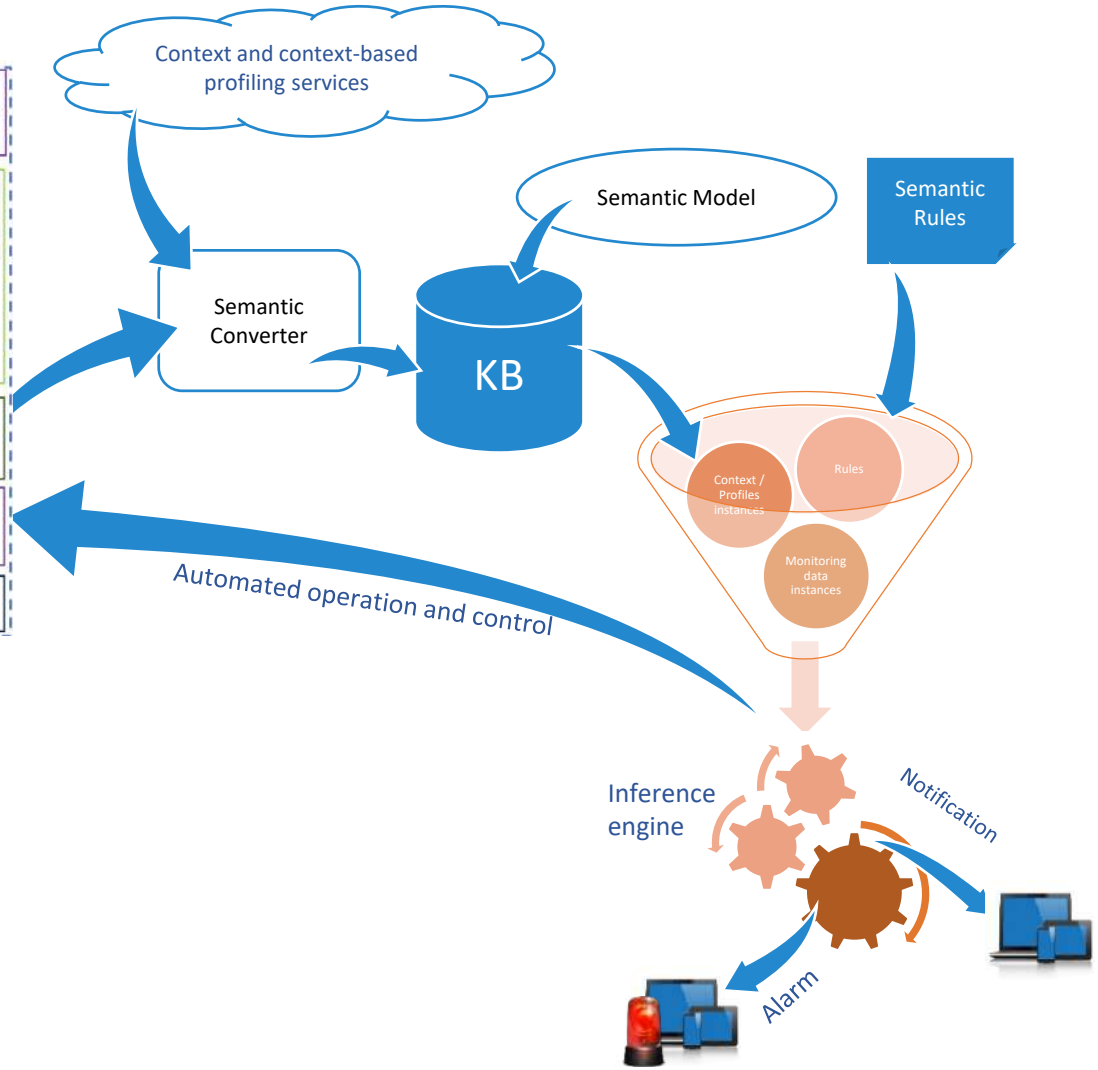
- MAS Main Agent
- Player Agent
- Service Agent
- Isolated Agent
- MAS & ACOM selector
- ACOM or SBG Main Agent
- Replication
- Mobility
- End-user/entity connection



Ontologies and Semantics

Semantic and knowledge-based approach





BRICKS: Building Reasoning for Intelligent Control Knowledge-based System

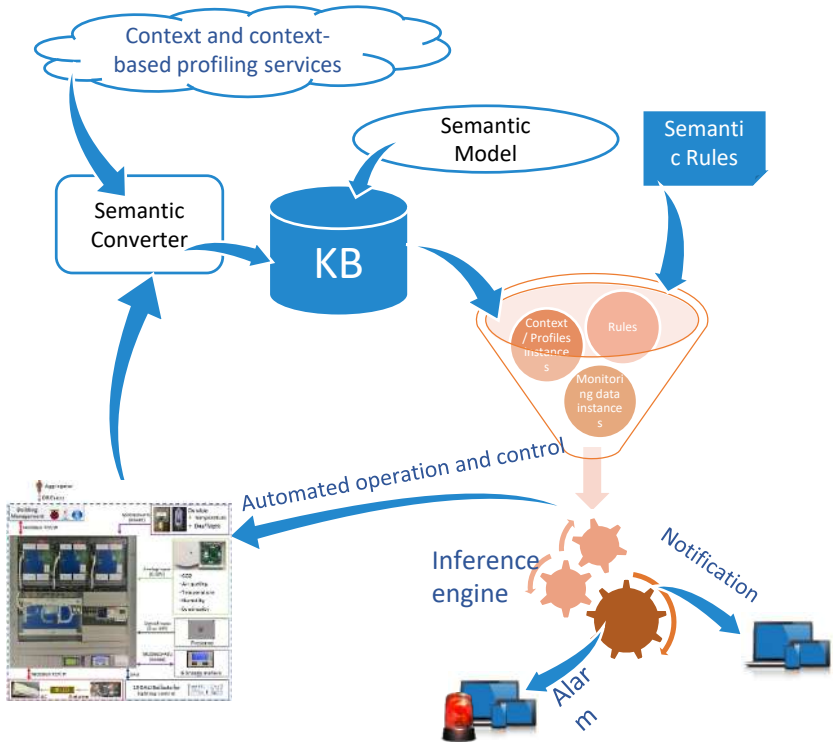
Brígida Teixeira, Gabriel, Santos, Tiago Pinto, Zita Vale, Juan Corchado, Application Ontology for Multi-Agent and Web-Services' Co-Simulation in Power and Energy Systems, IEEE Access, 2020, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2991010

Gabriel Santos, Zita Vale, Pedro Faria, Luis Gomes, BRICKS: Building's Reasoning for Intelligent Control Knowledge-based System, Sustainable Cities and Society, vol. 52, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101832

Ontologies and Semantics

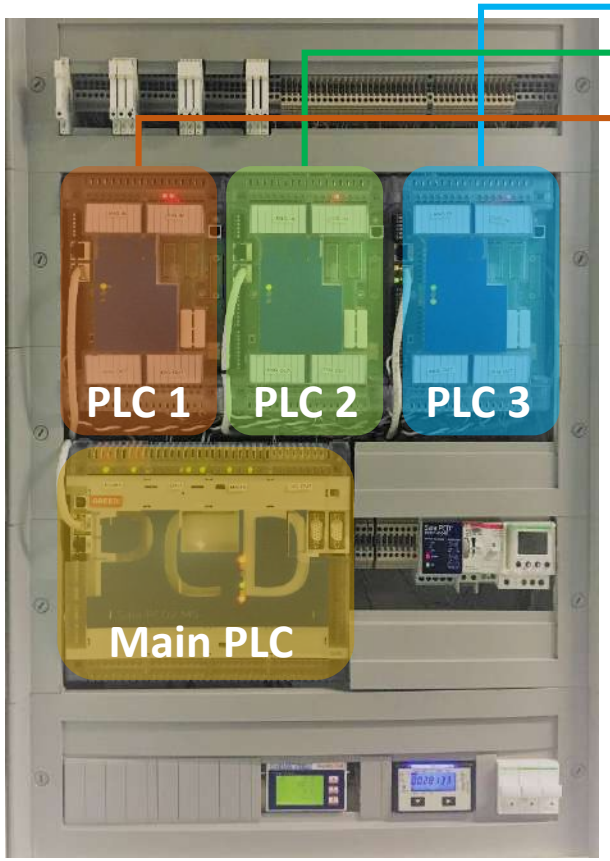
- Semantics **adds meaning to data models**
- Ontologies **enable the definition and evaluation of cross-domains' knowledge**
- **Rule-based systems** enable **advanced machine intelligence** on ontology facts
- The rule-based system is **agnostic to the data model and to the rules**
- The inference may result directly in **actions over building assets** and in **notifications or alarms to the building occupants and managers**
- **The system does not need to be reprogrammed or recompiled for new building equipment since it is independent from the used devices and communication protocols**
- The system or parts of it **can be reused for other buildings or parts of buildings** for which the same semantic model, semantic converter, and/or semantic rules apply.

Semantic and knowledge-based approach



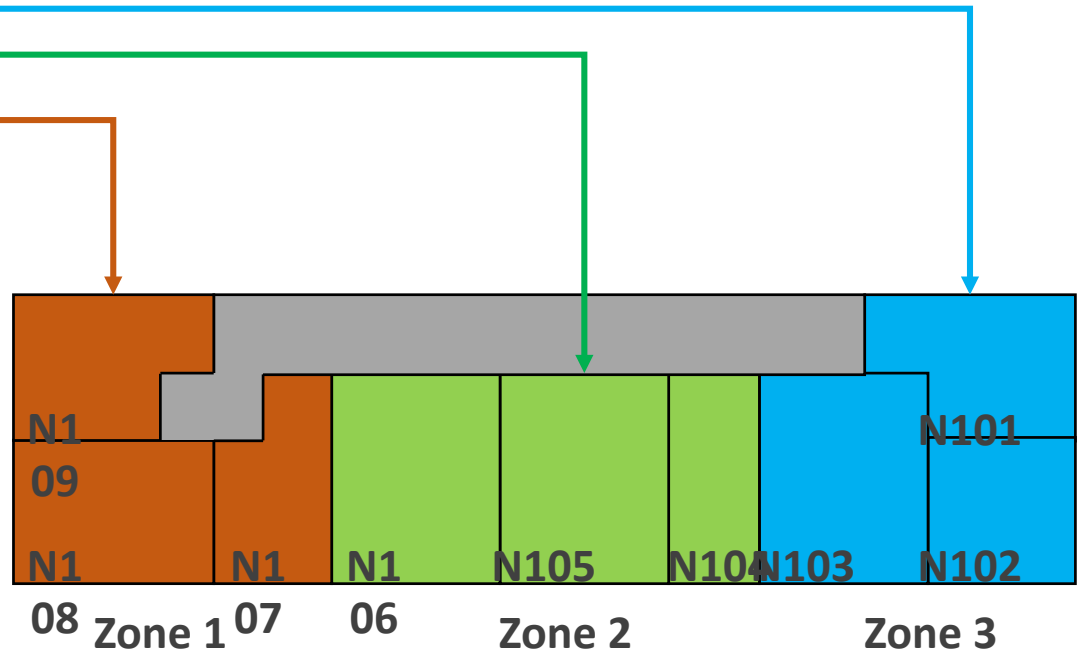
BRICKS: Building Reasoning for Intelligent Control Knowledge-based System

Real-Time Monitoring



Controller Board of SCADA

(3 Distributed PLCs, and 1 Main PLC)

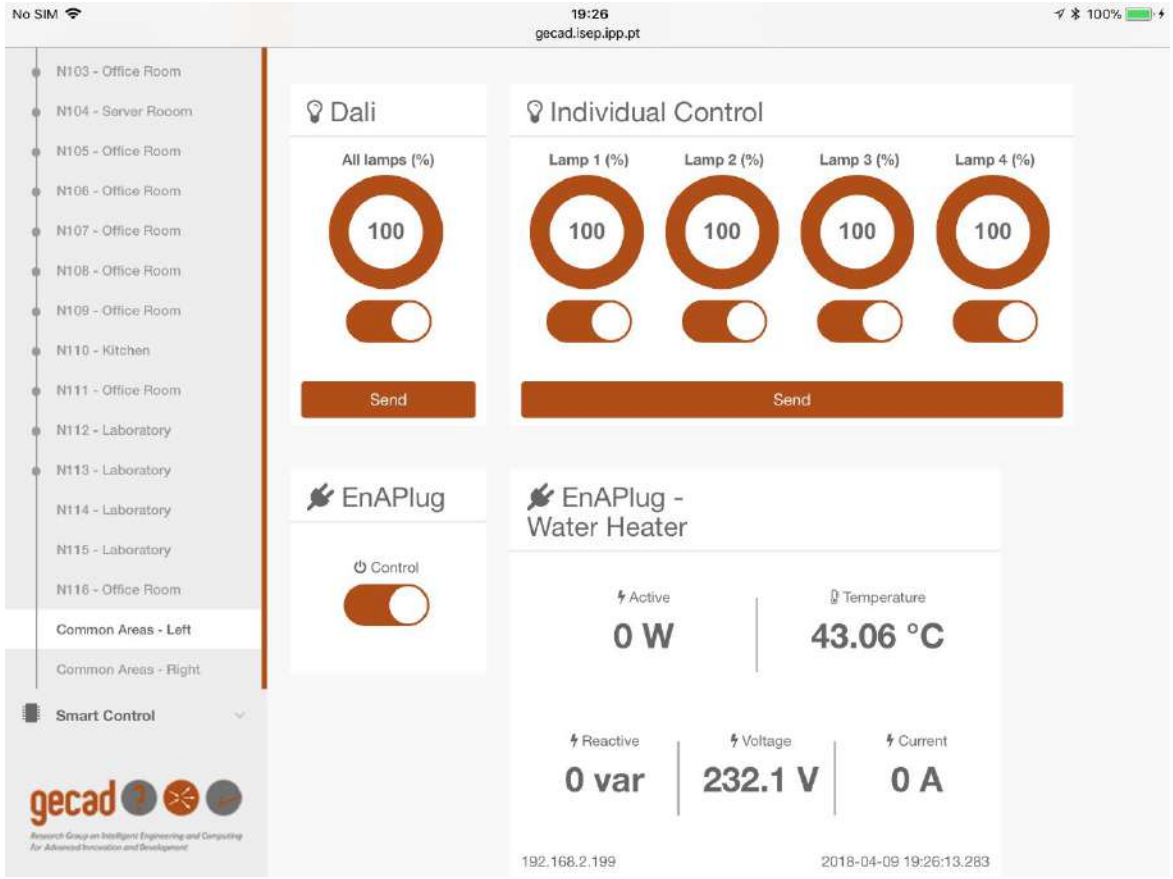


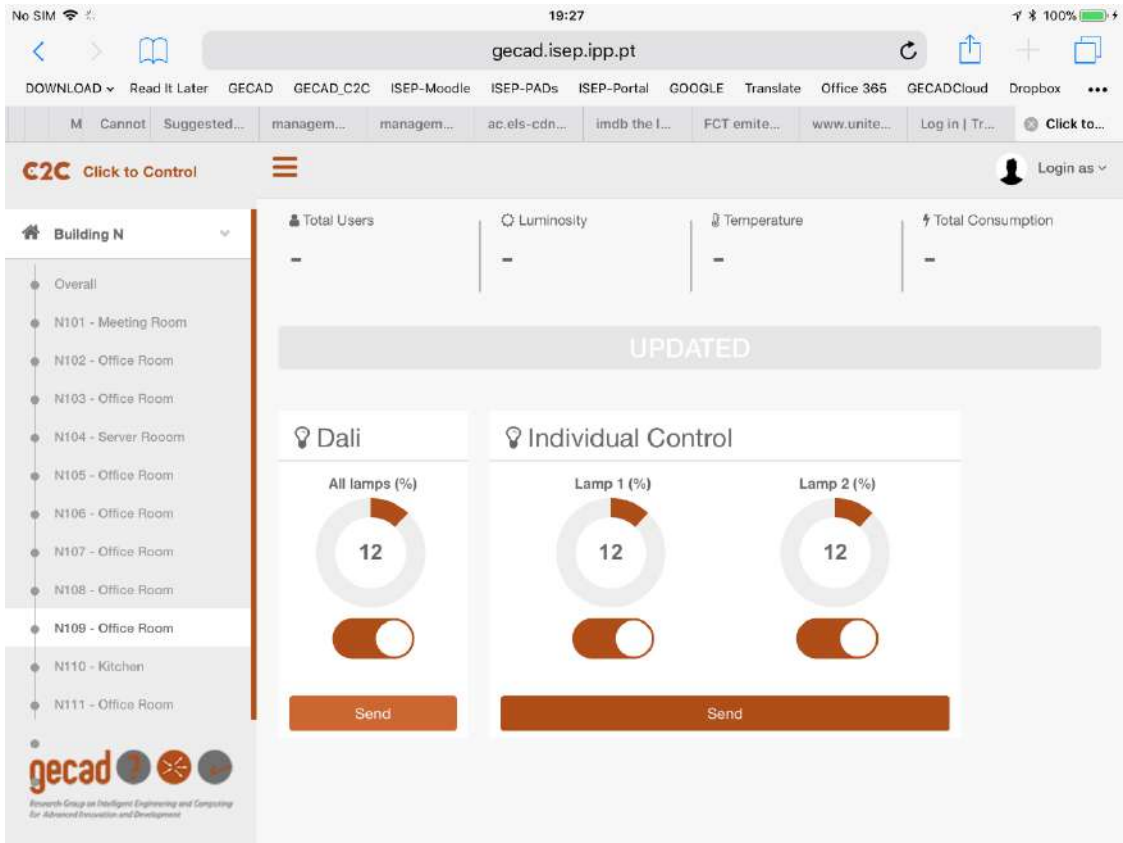


GECAD Building N Plan (West block)

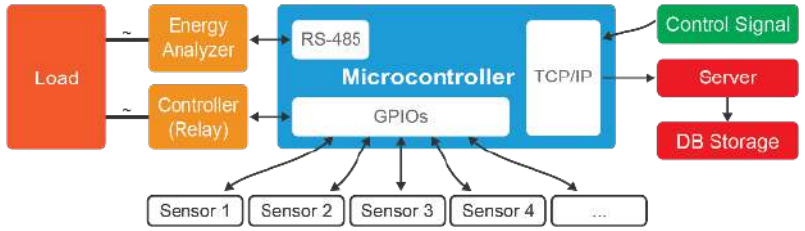
25

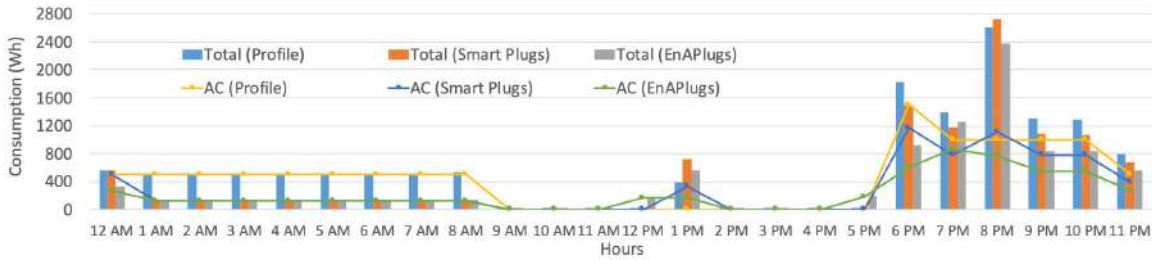
Living demo building: Automation + Intelligence

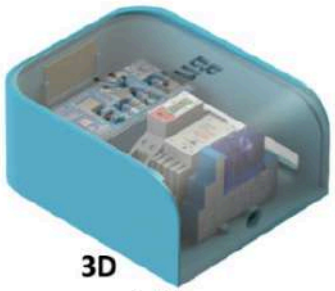




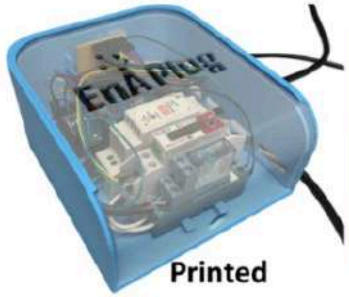
EnAPlug



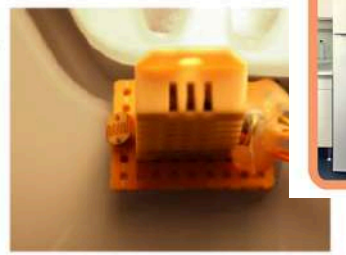




3D modelling



Printed prototype

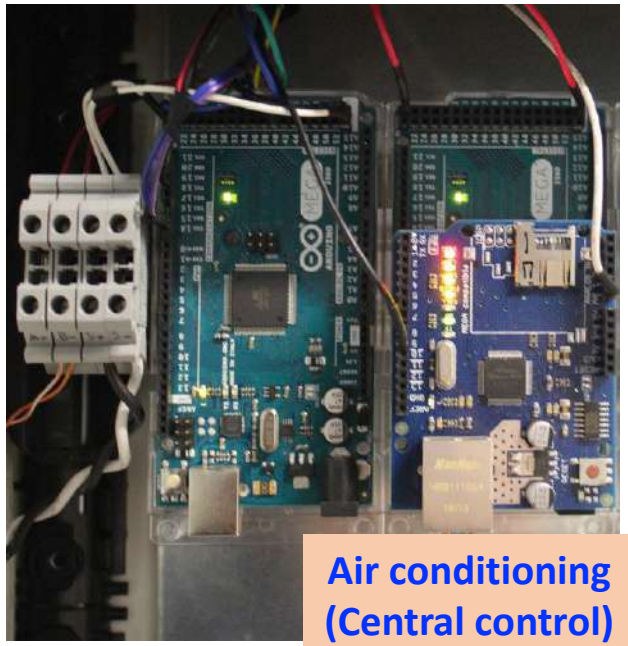


Refrigerator's sensors





Building lighting optimization



Air conditioning (Central control)



Air conditioning (single room)

Living demo building

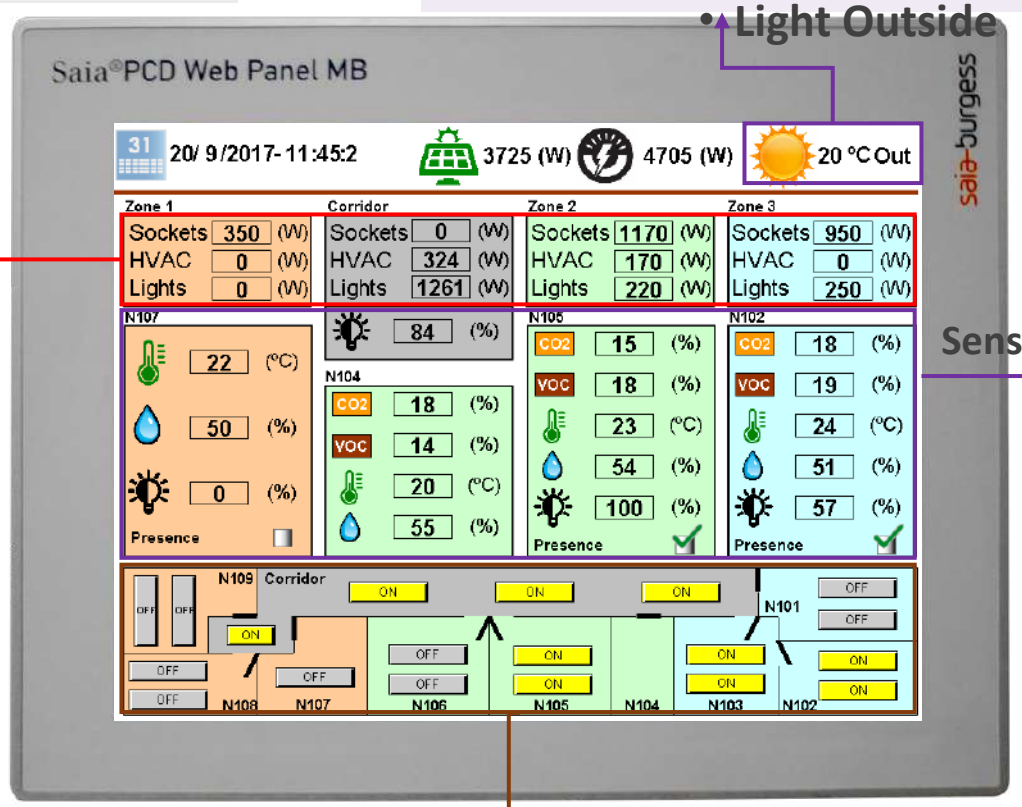
C2C Click to Control



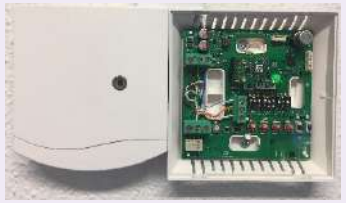

- Temperature Outside
- Light Outside



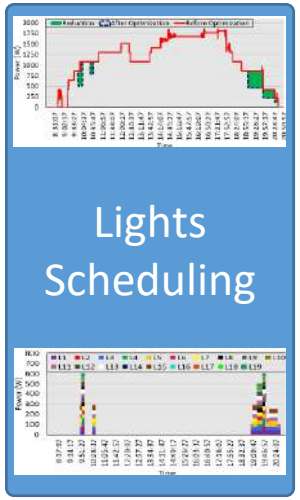
4 Energy meters



Sensors




- CO2
- VOC
- Temperature
- Humidity
- Light
- Presence

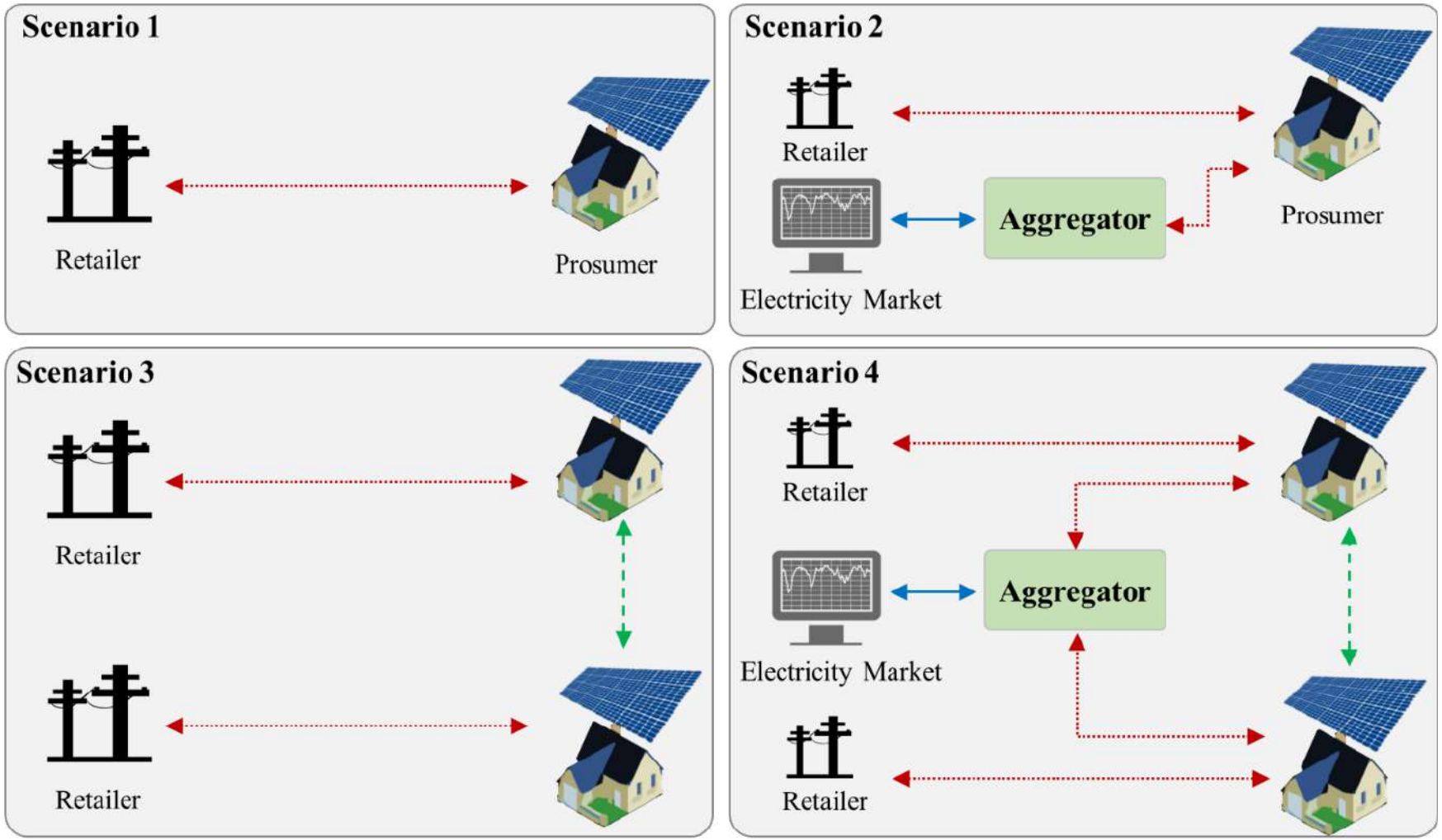


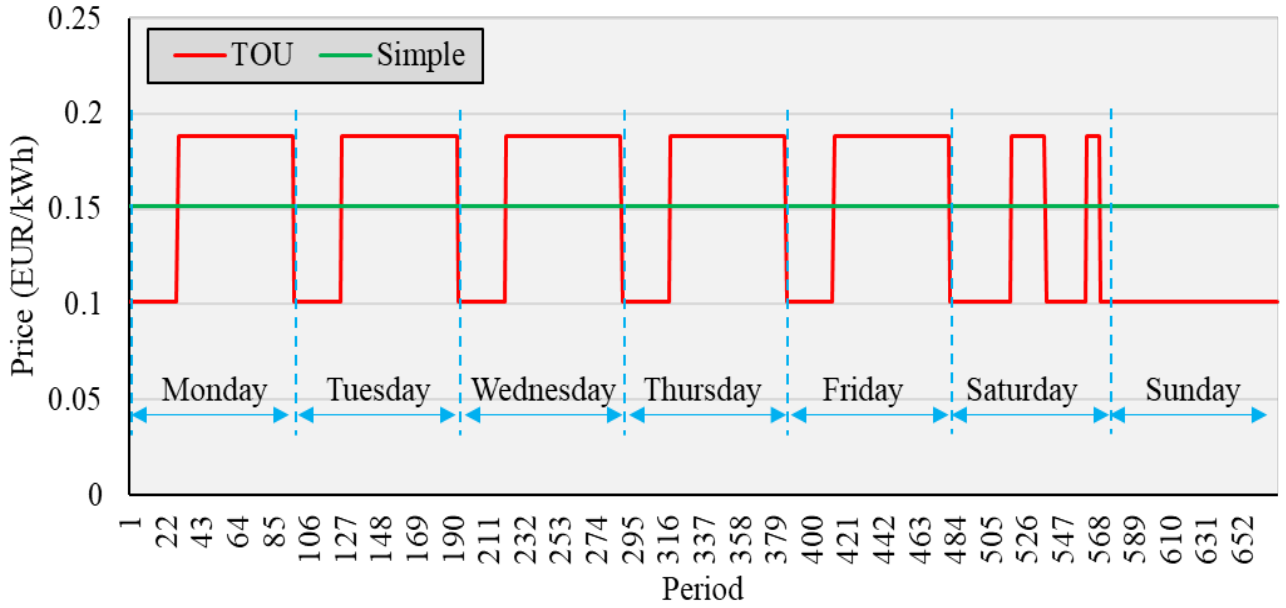
19 DALI controllable lighting spots



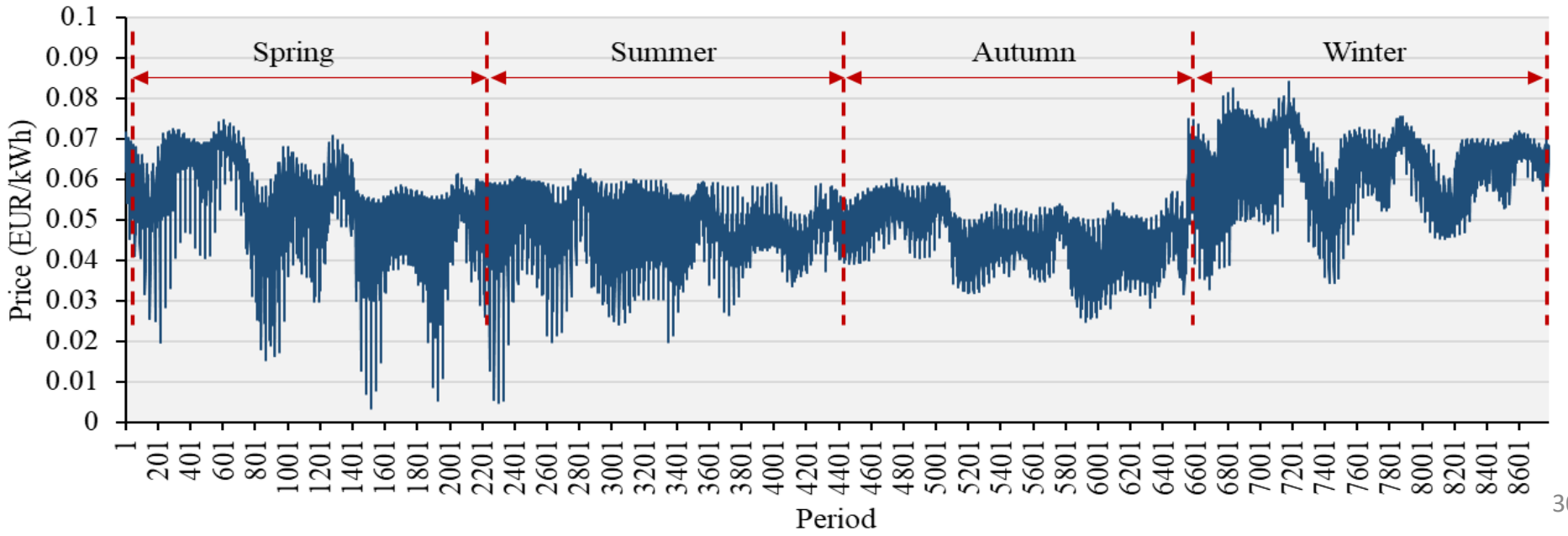
LIS – Lighting Intelligent System

Prosumers, Aggregators, and Retailers





Energy tariffs

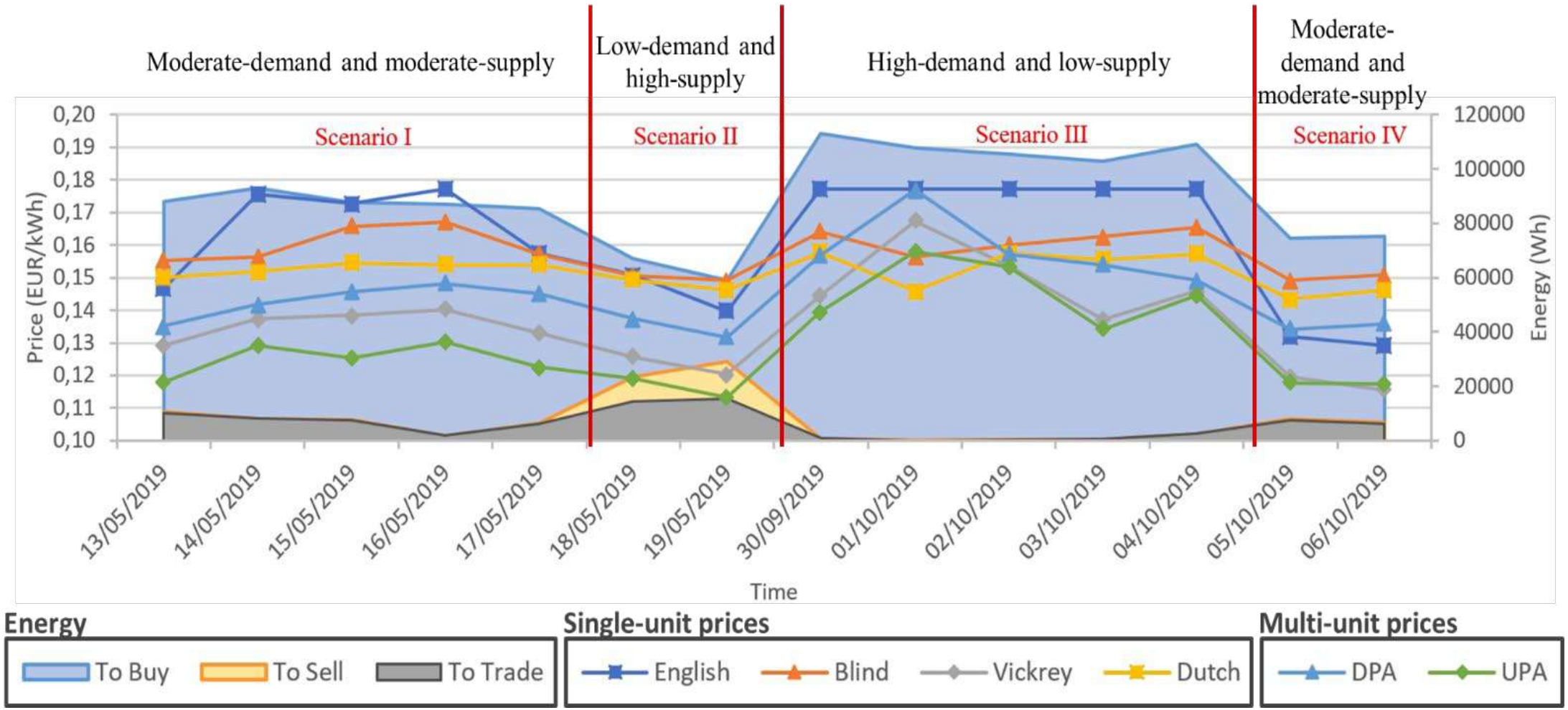


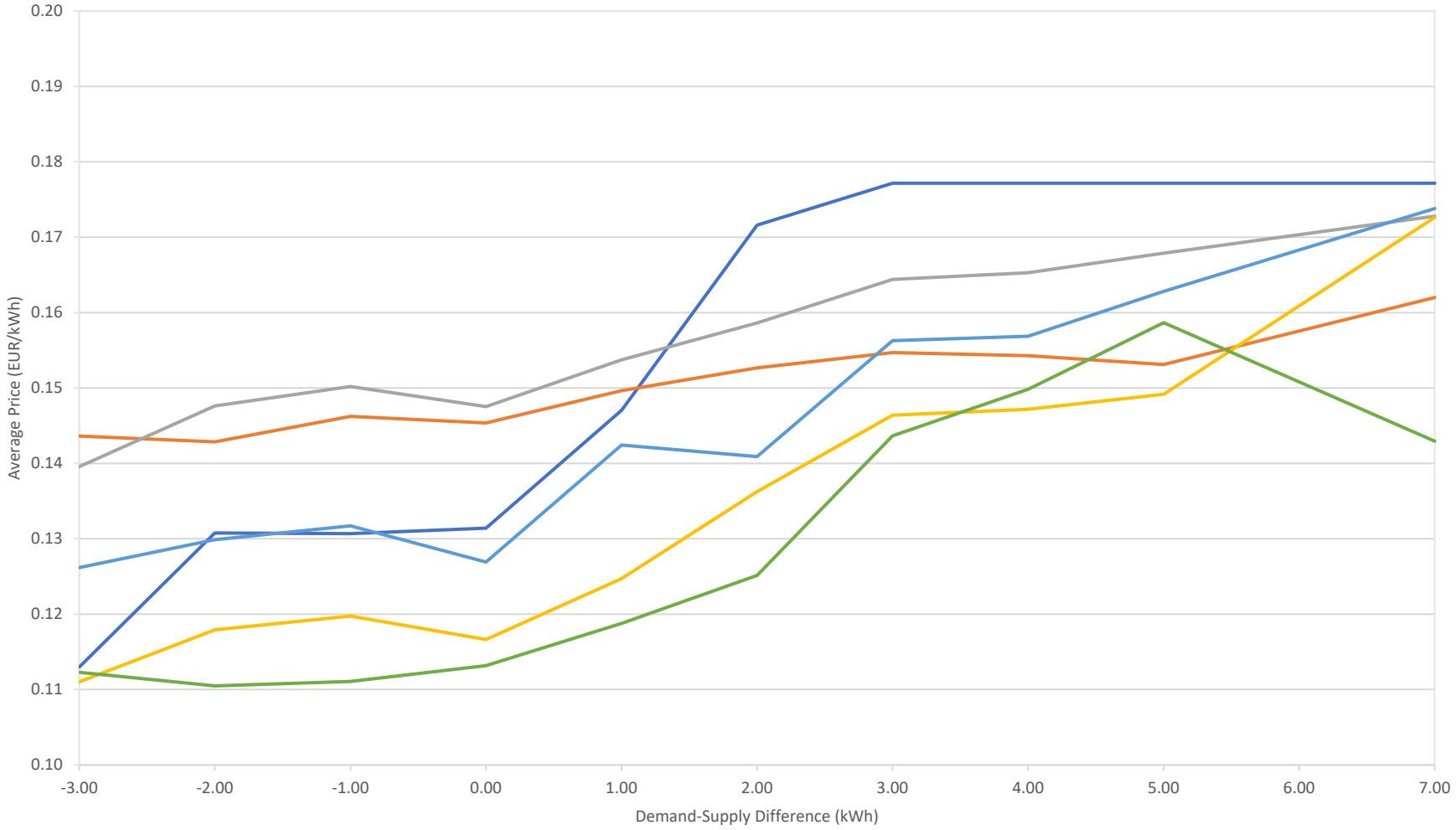
P2P transactions with shared PV

- ✓ **One microgrid with five prosumers represented by five agents: agent Z.0, agent L.1, agent L.2, agent L.3, and agent R.2.**
  - **Each agent is responsible for the energy management of a physical segment of an office building**
  - **The building's total generation is derived from an array of PV panels with 10.0 kW peak generation and was distributed among the five agents, with Z.0 receiving 60 % of total generation (i.e., 6.0 kW peak generation) and the remaining agents receiving 10 % each (i.e., 1.0 kW each)**
  - **The agents are free to participate in the P2P distributed auctions to buy and sell energy from their neighbours. However, all of them are connected to an energy retailer where they can also buy and sell energy at less attractive prices**

Daniel Teixeira, Luís Gomes, Zita Vale, "Single-unit and multi-unit auction framework for peer-to-peer transactions", International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 133, 2021

Daily average prices and consumption/generation energy volume





Average prices vs the difference between demand and supply

Research opportunities at GECAD

MSc and PhD students:

- **Scholarships from projects** for PhD students with good track record (publication and grades)
- Good opportunity to apply with GECAD supervision for a **FCT scholarship**
- In all cases, recognition in Portugal for their degrees is needed

http://www.gecad.isep.ipp.pt/GECAD/Pages/Presentation/AllRGs.aspx



Please contact me for any questions or comments

zav@isep.ipp.pt

https://www.researchgate.net/profile/Zita-Vale

https://scholar.google.com/citations?user=08O4oUkAAAAJ&hl=en

Take a look at some of the data series used in this work

Sponsored by the IEEE Task Force on Open Data Sets – IEEE Power and Energy Society Intelligent systems subcomitee

http://sites.ieee.org/pes-iss/data-sets/

IEEE

And please feel free to contribute with additional open data sets

http://sites.ieee.org/pes-iss/files/2017/07/ODS-Call-for-Open-Data-Sets.pdf

IEEE PES Power & Energy Society™

Do you want to validate and compare your algorithms?

(machine learning, optimization or others)

Let's experiment them in our platform

Contact us:

zav@isep.ipp.pt

Worldwide Competitions

Website Link: **http://www.gecad.isep.ipp.pt/ERM-competitions/**

IEEE IEEE PES Power & Energy Society®

IEEE Computational Intelligence Society

IEEE IEEE PES Power & Energy Society®

Sponsored by the IEEE PES Working Group on Intelligent Data Mining and Analysis

https://site.ieee.org/psace-idma

GECCO

2021 IEEE CONGRESS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION
28.06–1.07.2021 • Kraków • POLAND

Muito obrigada

Redes inteligentes de energia: Gestão Inteligente de Recursos Energéticos considerando Produção Local



Zita Vale

Instituto Politécnico do Porto

zav@isep.ipp.pt

Please contact me for any questions or comments

zav@isep.ipp.pt

https://www.researchgate.net/profile/Zita-Vale

https://scholar.google.com/citations?user=08O4oUkAAAAJ&hl=en

gecad Research Group on Intelligent Engineering and Computing for Advanced Innovation and Development
EUROPEAN UNION European Regional Development Fund
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
P.PORTO
PORTUGAL 2020

Redes inteligentes de energia: Gestão Inteligente de Recursos Energéticos considerando Produção Local

Zita Vale

Instituto Politécnico do Porto

zav@isep.ipp.pt



✓ Generation-Load balance

- Non dispatchable generation (solar, wind)
  - Lower generation flexibility
  - Wind/solar curtailment



- Need for additional flexibility
  - Load flexibility / Demand response
  - Electric vehicles' charging management

Energy communities having members with different generation and consumption profiles enable better coordination of consumption in face of available generation and energy prices / costs

Electric Vehicles



- ✓ **Electric vehicles (EV) are expected to represent a high share in transportation in the coming years**
  - **The intensive use of EVs requires efficient charging management to cope with power systems constraints and to ensure the best sustainable energy use**
  - **Gridable vehicles can also act as mobile energy storage systems that can be used to supply energy for homes (V2H-vehicle to home), for buildings (V2B-vehicle to building), and for the electric grid (V2G-vehicle to grid)**



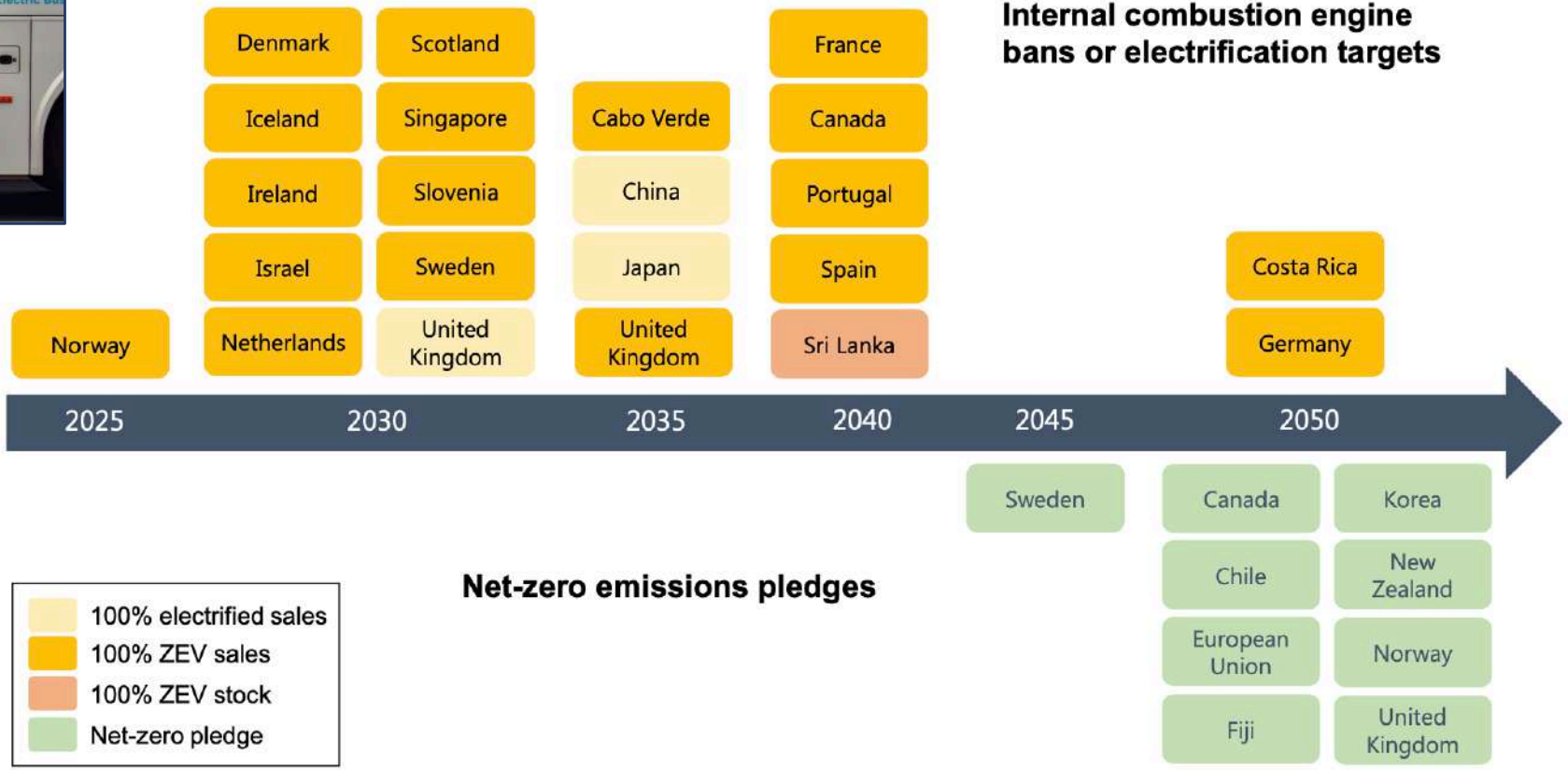
Electric Vehicles

✓ Required advancements:

- **efficient management of the charging and the discharging of EVs**
- **new demand response programs specific for the active participation**

- **the EVs participation in the existing demand response opportunities will be scheduled together with the EVs' charging and discharging and with the other energy resources and needs**



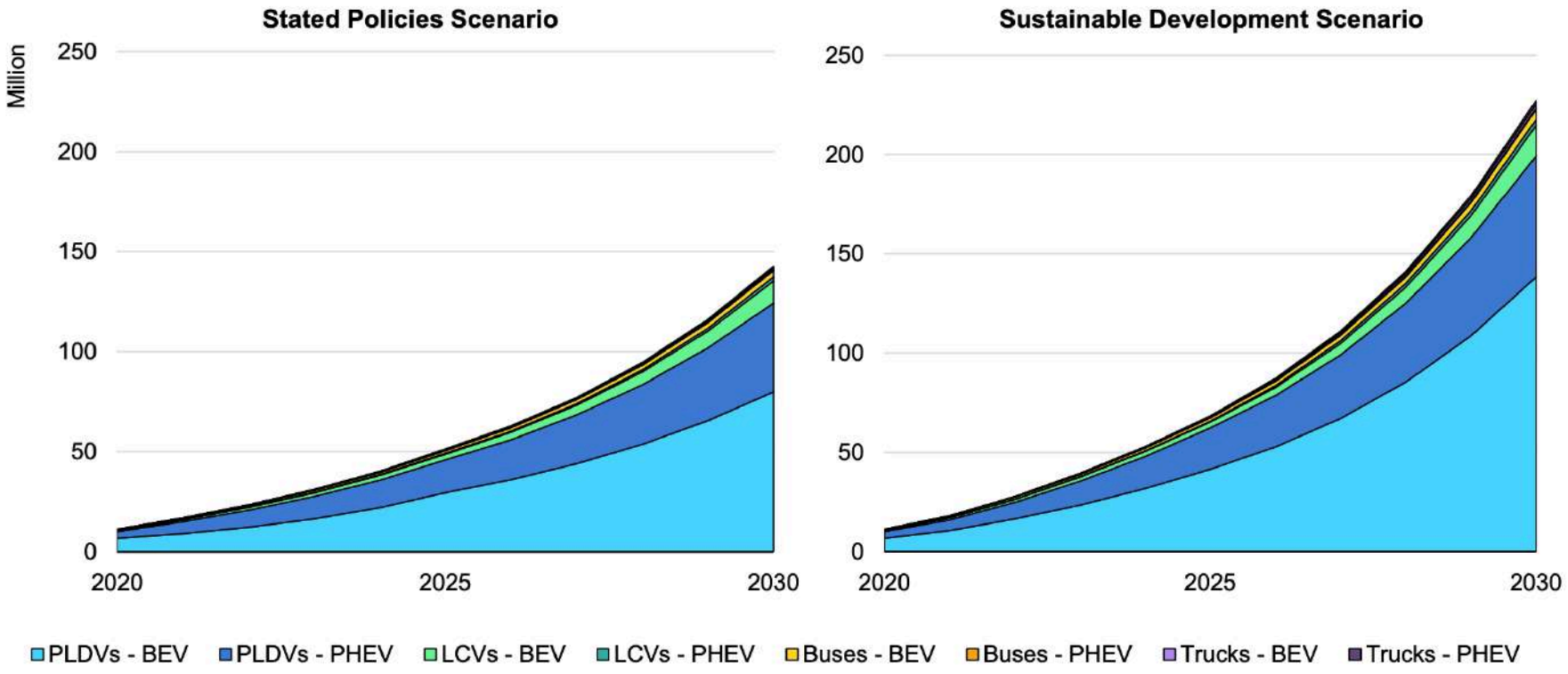


IEA. All rights reserved.



Passenger cars drive the growth of electric vehicles to 2030

Global EV stock by mode and scenario, 2020-2030



IEA. All rights reserved.

Notes: PLDVs = passenger light-duty vehicles; BEV = battery electric vehicle; LCVs = light-commercial vehicles; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. The figure does not include electric two/three-wheelers. For reference, total road EV stock (excluding two/three-wheelers) in 2030 is 2 billion in the Stated Policies Scenario and 1.9 billion in the Sustainable Development Scenario. Projected EV stock data by region can be interactively explored via the Global EV Data Explorer.

Source: IEA analysis developed with the Mobility Model.

Sustainable Development Scenario

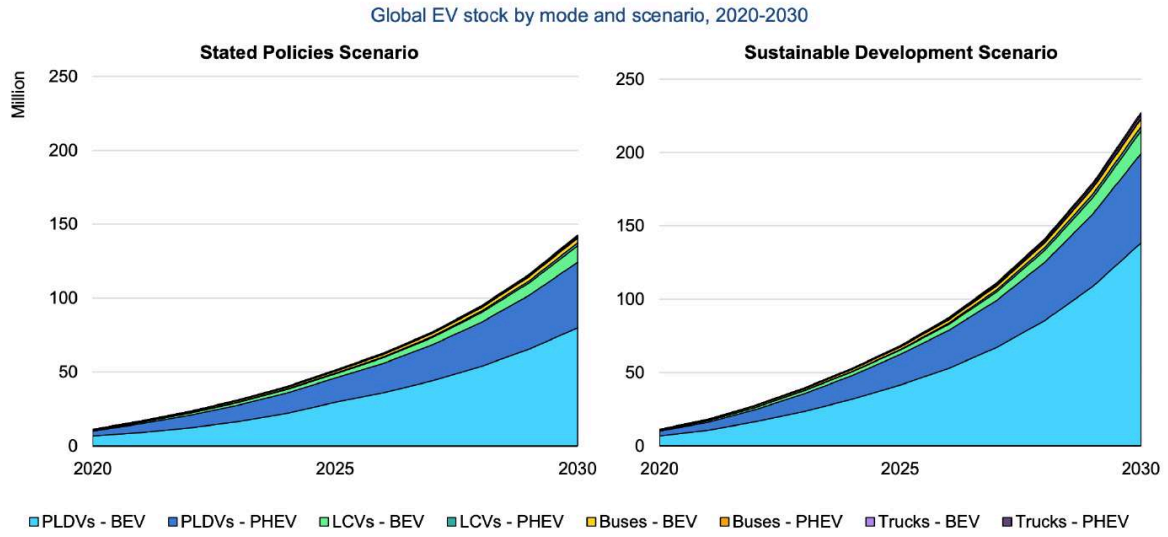
The Sustainable Development Scenario (SDS) rests on three pillars: ensure universal energy access for all by 2030; bring about sharp reductions in emissions of air pollutants; and meet global climate goals in line with the Paris Agreement. The SDS reaches net-zero emissions by 2070 and global temperature rise stays below 1.7- 1.8°C with a 66% probability, in line with the higher end of temperature ambition of the Paris Agreement.16 To achieve this goal, the scenario requires a rapid reduction of carbon intensity of electricity generation, changes in driving behaviour and utilisation of public transport or non-motorised modes (resulting in reduced annual vehicle kilometres travelled and vehicle stock).

The SDS assumes that all EV-related targets and ambitions are met, even if current policy measures are not deemed sufficient to stimulate such adoption rates. In this scenario, the collective target of the EV30@30 signatories to achieve 30% sales share in 2030 for light- duty vehicles, buses and trucks is surpassed at the global level (reaching almost 35%), which reflects increasing ambitions for widespread EV deployment.

Stated Policies Scenario

The Stated Policies Scenario (STEPS) is the baseline scenario of the IEA flagship reports the *World Energy Outlook* and *Energy Technology Perspectives*. This scenario reflects all existing policies, policy ambitions and targets that have been legislated for or announced by governments around the world. It includes current EV- related policies and regulations, as well as the expected effects of announced deployments and plans from industry stakeholders. STEPS aims to hold up a mirror to the plans of policy makers and illustrate their consequences.

Passenger cars drive the growth of electric vehicles to 2030

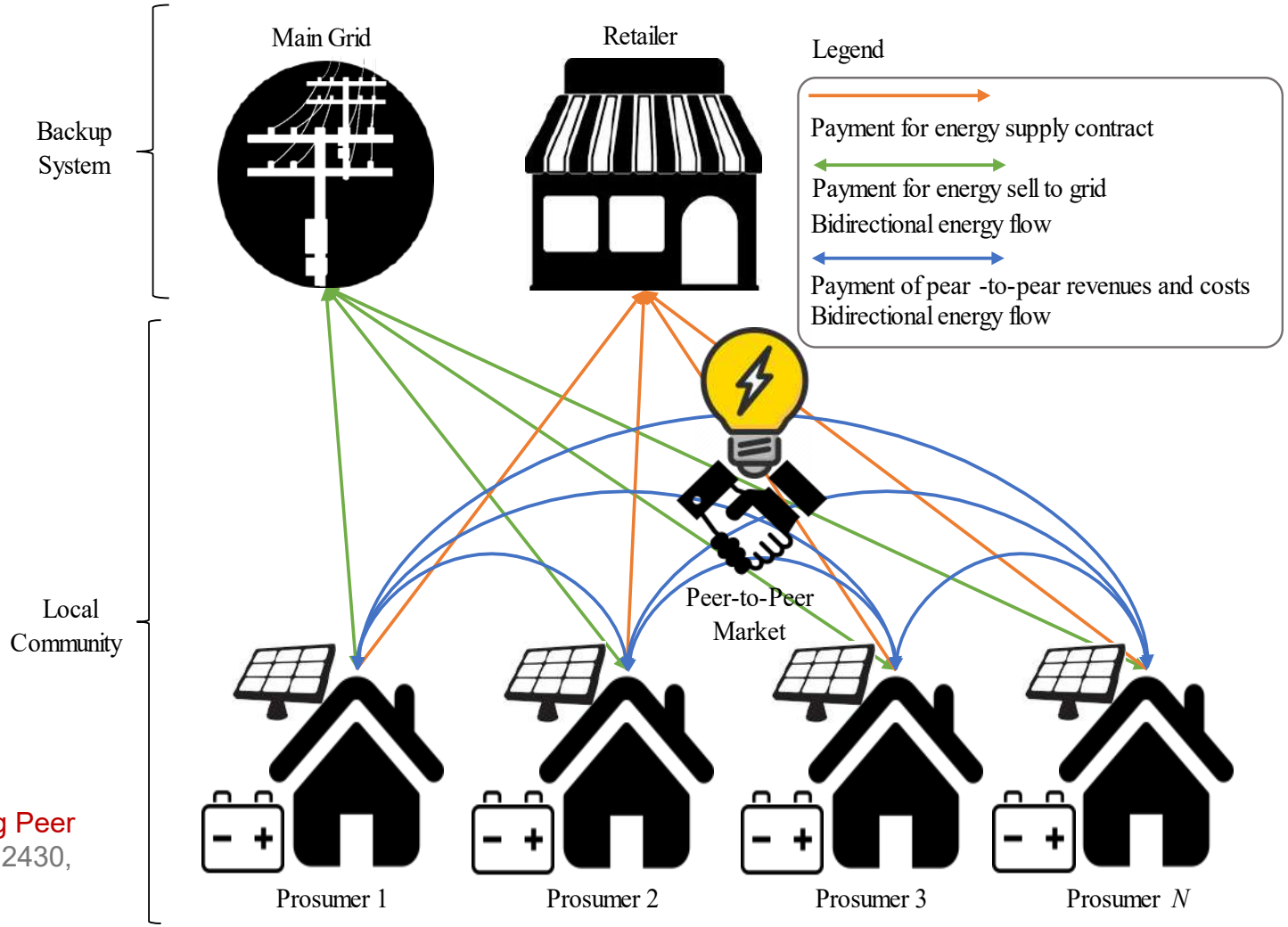


IEA. All rights reserved.

Notes: PLDVs = passenger light-duty vehicles; BEV = battery electric vehicle; LCVs = light-commercial vehicles; PHEV = plug-in hybrid electric vehicle. The figure does not include electric two/three-wheelers. For reference, total road EV stock (excluding two/three-wheelers) in 2030 is 2 billion in the Stated Policies Scenario and 1.9 billion in the Sustainable Development Scenario. Projected EV stock data by region can be interactively explored via the Global EV Data Explorer.
Source: IEA analysis developed with the Mobility Model.

			Z.0	L.1	L.2	L.3	R.2	Microgrid
High Generation Week (May 13th to 19th)	Weekly Expenses (EUR)	Without P2P	3.069 €	27.575 €	59.921 €	9.538 €	4.611 €	104.714 €
		English	0.123 €	27.174 €	57.611 €	9.281 €	4.225 €	98.414 €
		Dutch	0.327 €	26.749 €	57.903 €	9.232 €	4.219 €	98.430 €
		Blind	0.019 €	26.795 €	58.065 €	9.272 €	4.248 €	98.398 €
		Vickrey	1.463 €	26.335 €	56.978 €	9.295 €	4.343 €	98.414 €
		Discriminatory	0.429 €	26.644 €	57.500 €	9.345 €	4.400 €	98.319 €
		Uniform	1.645 €	26.427 €	56.611 €	9.233 €	4.402 €	98.319 €
	Savings (%)	English	96.01%	1.45%	3.85%	2.70%	8.36%	6.02%
		Dutch	89.35%	3.00%	3.37%	3.21%	8.49%	6.00%
		Blind	99.39%	2.83%	3.10%	2.79%	7.87%	6.03%
		Vickrey	52.32%	4.50%	4.91%	2.55%	5.80%	6.02%
		Discriminatory	86.03%	3.37%	4.04%	2.02%	4.56%	6.11%
		Uniform	46.39%	4.16%	5.52%	3.19%	4.52%	6.11%
Low Generation Week (September 30th to October 6th)	Weekly Expenses (EUR)	Without P2P	15.785 €	28.294 €	72.202 €	11.949 €	7.451 €	135.681 €
		English	15.153 €	28.218 €	71.304 €	11.904 €	7.341 €	133.921 €
		Dutch	15.014 €	28.125 €	71.530 €	11.892 €	7.377 €	133.936 €
		Blind	14.923 €	28.178 €	71.565 €	11.899 €	7.355 €	133.921 €
		Vickrey	15.392 €	28.073 €	71.177 €	11.893 €	7.382 €	133.916 €
		Discriminatory	15.154 €	28.157 €	71.350 €	11.892 €	7.355 €	133.908 €
		Uniform	15.292 €	28.049 €	71.315 €	11.882 €	7.370 €	133.908 €
	Savings (%)	English	4.00%	0.27%	1.24%	0.37%	1.47%	1.30%
		Dutch	4.89%	0.60%	0.93%	0.48%	0.99%	1.29%
		Blind	5.46%	0.41%	0.88%	0.41%	1.29%	1.30%
		Vickrey	2.49%	0.78%	1.42%	0.47%	0.92%	1.30%
		Discriminatory	4.00%	0.49%	1.18%	0.47%	1.28%	1.31%
		Uniform	3.13%	0.87%	1.23%	0.55%	1.08%	1.31%

Optimal Model for Local Energy Community Scheduling Considering Peer to Peer Electricity Transactions



R. Faia, J. Soares, T. Pinto, F. Lezama, Z. Vale and J. M. Corchado, "Optimal Model for Local Energy Community Scheduling Considering Peer to Peer Electricity Transactions," in IEEE Access, vol. 9, pp. 12420-12430, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3051004

P2P ENERGY TRADING WORKS COMPARISON

Reference	Year	Method	Solution type	Coordinate DSM with local transactions	Method to determine local marker transactions.	Number of users* involved in the optimization?
[17]	2017	Bi-Level Programming	Approximate	No	Included in the optimization	5
[18]	2017	Mixed Integer Non-linear Programming	Optimal	No	Included in the optimization	2
[19]	2018	Linear Programming	Optimal	No	Included in the optimisation	4
[20]	2018	Constrained Non-linear Programming	Approximate	Yes	After the optimization	3, 100
[3]	2019	Bi-Linear Programming	Near Optimal	Yes	Iterative process (ECO-Trade algorithm)	40
[21]	2019	Alternating Direction Method of Multipliers	Approximate	Yes	Included in the optimization	10
[8]	2020	Mixed-integer Linear Programming	Optimal	No	After optimization using coalition game theory	30
Proposed	2020	Mixed-integer linear Programming	Optimal	Yes	Included in the optimization	3,5,10,15,20

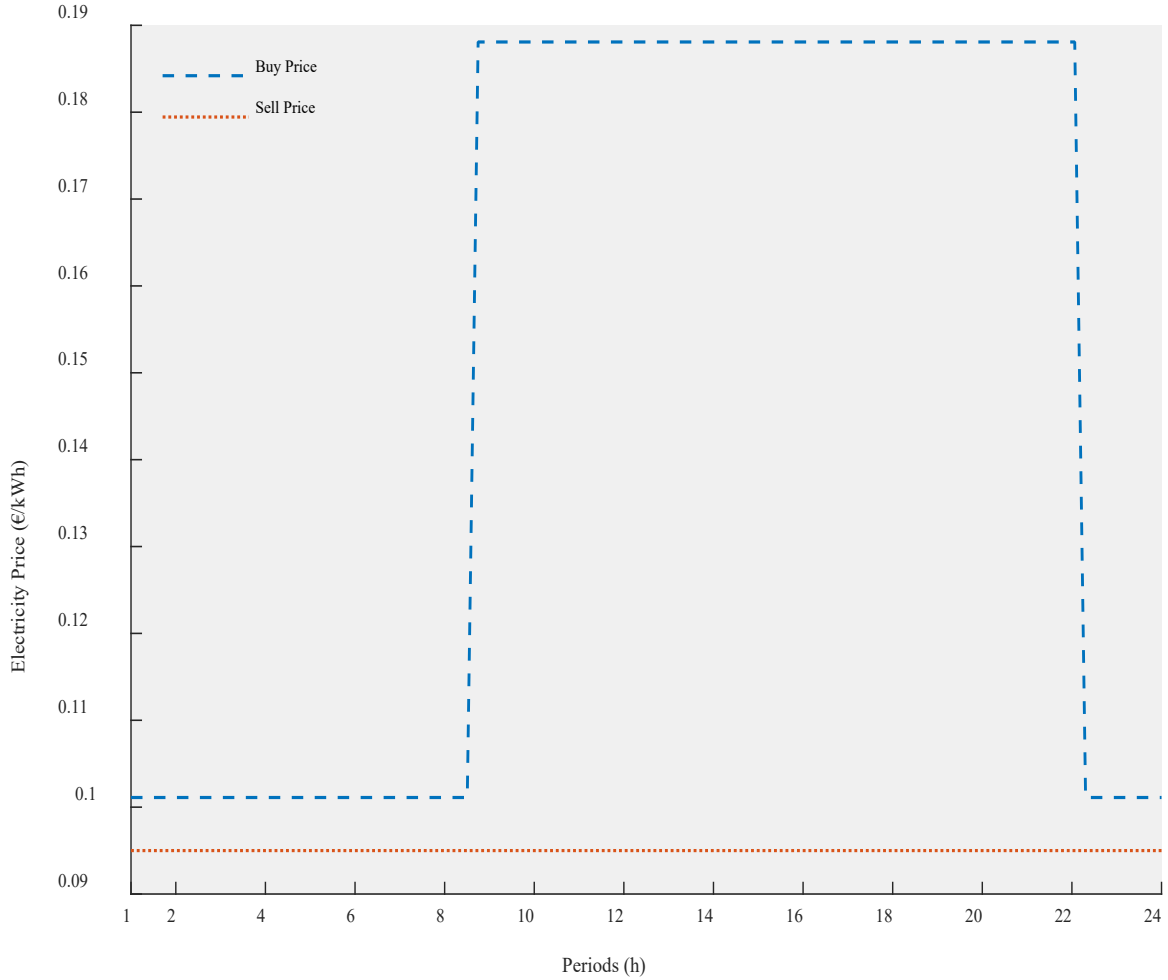
*users can be considered prosumers, consumers, and small producer.

INPUT PARAMETERS OF THE PROBLEM

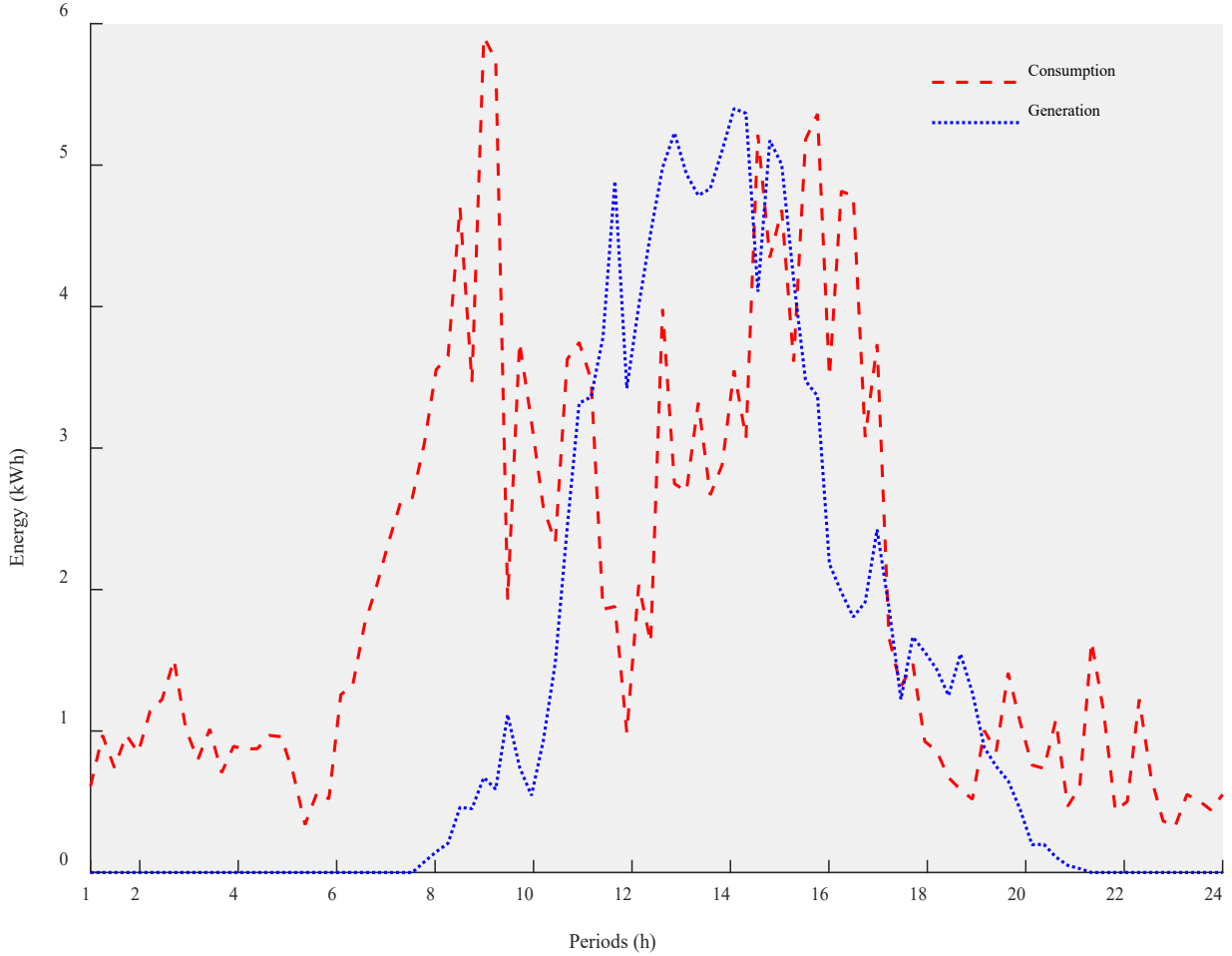
Parameters	Designation	Value	Units
Nt	Number of periods	96	-
Ni, Nj	Number of prosumers	10	-
$\pi_{t,i}^{buy\ Grid}$	Price for buy electricity in the grid*	0.1886 – 0.1008	€/kWh
$\pi_{t,i}^{sell\ Grid}$	Price for sell electricity in the grid	0.095	€/kWh
Δt	Multiplicative time factor	4	-
$\pi_{t,i,j}^{p2p}$	Prices for p2p transactions	0.1418 – 0.0979	€/kWh

Parameters	Designation	Value	Units
$P_{t,i}^{max\ buyGrig}$	Limit for buy electricity in grid	3.45 – 13.8	kWh
$P_{t,i}^{max\ sell\ Grig}$	Limit for sell electricity in grid	1.725 – 6.9	kWh
$P_{t,i,j}^{max\ buy\ p2p}$	Limit for buy electricity in P2P market	3.45 – 13.8	kWh
$P_{t,i,j}^{max\ sell\ p2p}$	Limit for sell electricity in P2P market	3.45 – 13.8	kWh
$P_{t,i}^{max\ ch}$	Limit for battery charge	2 – 8	kWh
$P_{t,i}^{max\ dch}$	Limit for battery discharge	2 – 8	kWh
$E_{t,i}^{max\ Bat}$	Maximum capacity of the battery	5 – 20	kWh
$Fix\ Cost_i$	Fixed costs*	0.7267 – 0.240904	€/day
η_i^{ch}	Battery charge efficiency	0.9	%
η_i^{dch}	Battery discharge efficiency	0.9	%

*values obtained from a Portuguese retailer EDP commercial[3].



Average values of electricity grid prices in the local energy community (10 prosumers)



Average of consumption and generation in the local energy community

Four case studies

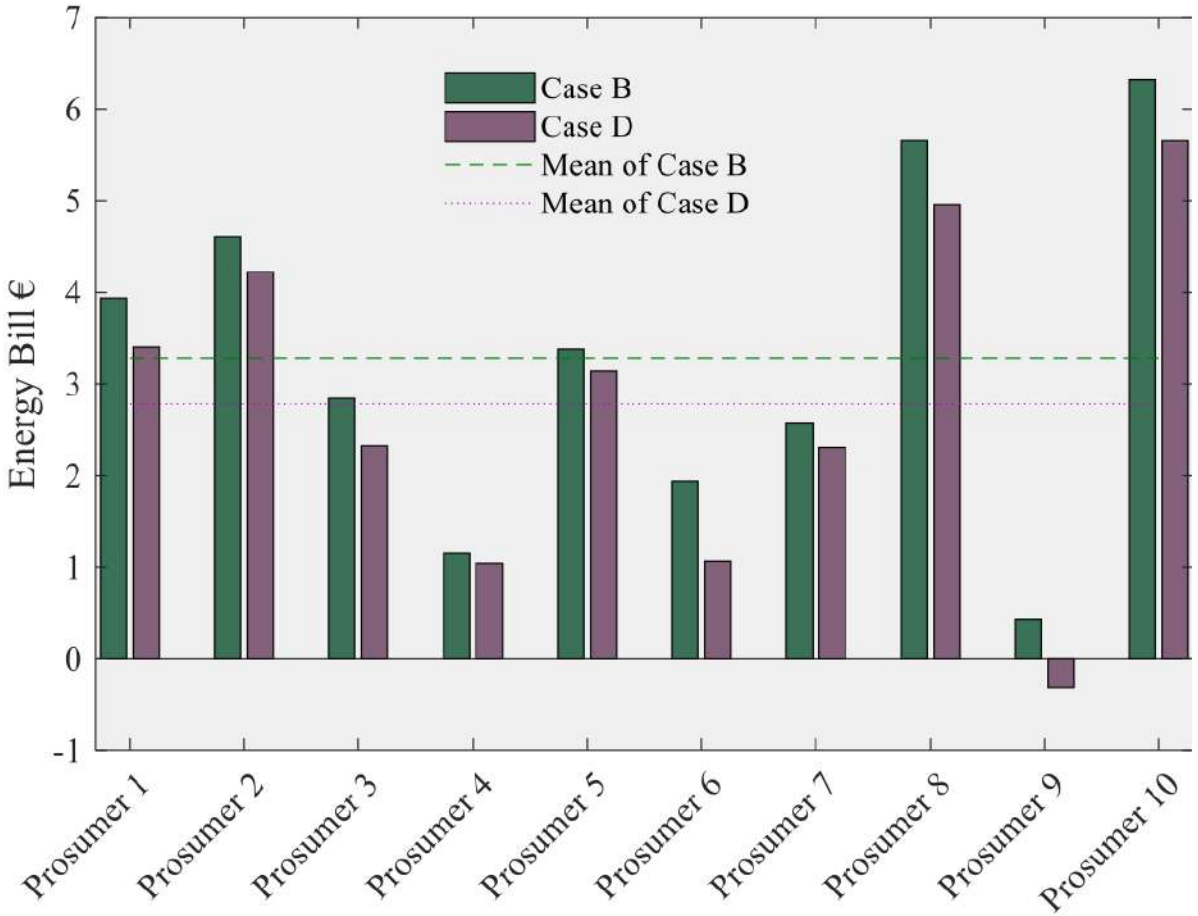
Case A – scenarios without batteries and without P2P transactions possibility, this scenario is considered the case base,
Case B – scenario with batteries and without P2P transaction possibilities,
Case C – scenario without batteries but considering P2P transactions, and the last
Case D – scenario with batteries and with P2P transactions possibilities.

COSTS RESULTS FOR THE PERIODS ANALYZED WITH 10 PROSUMERS

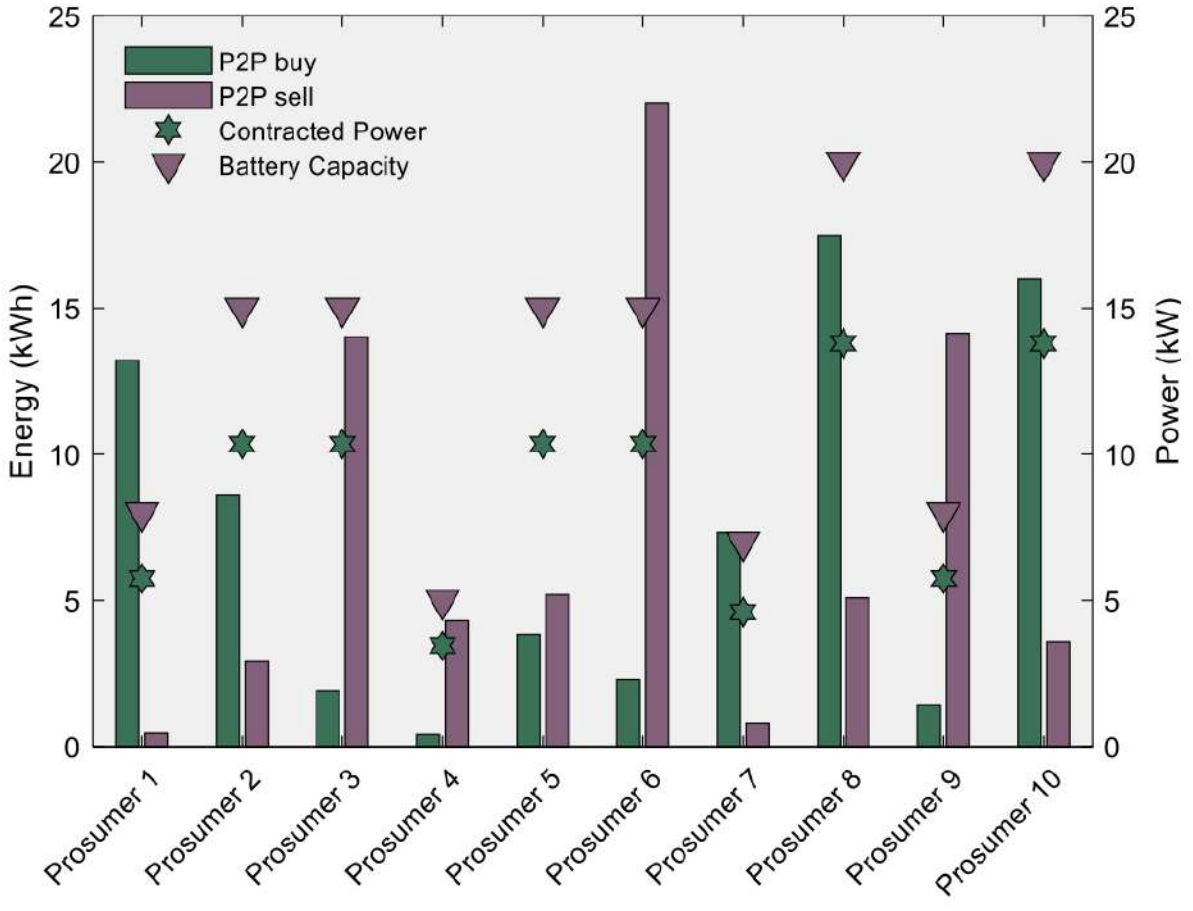
	No battery	Battery
Without P2P transaction		
	Case A	*Case B*
Total costs (€)	37.07	32.84
Consumption (kWh)	482.03	482.03
Production (kWh)	321.38	321.38
Grid supply (kWh)	294.88	268.64
Grid sell (kWh)	129.37	93.46
Savings storage (€)	-	4.23 (11%)
With P2P transactions		
	Case C	*Case D*
Total costs (€)	32.59	27.79
Consumption (kWh)	482.03	482.03
Production (kWh)	321.38	321.38
Grid supply (kWh)	250.38	216.45
Grid sell (kWh)	88.40	39.51
P2P transaction (kWh)	44.50	72.53
Savings storage (€)	-	4.80 (13%)
Savings trade (€)	4.48 (12%)	5.05 (15%)
Savings total (€)	4.48 (12%)	9.28 (25%)

ELECTRICITY TRANSACTIONS FOR EACH INDIVIDUAL HOUSEHOLD CONSIDERING ONE DAY OF OPERATION [IN KWH]

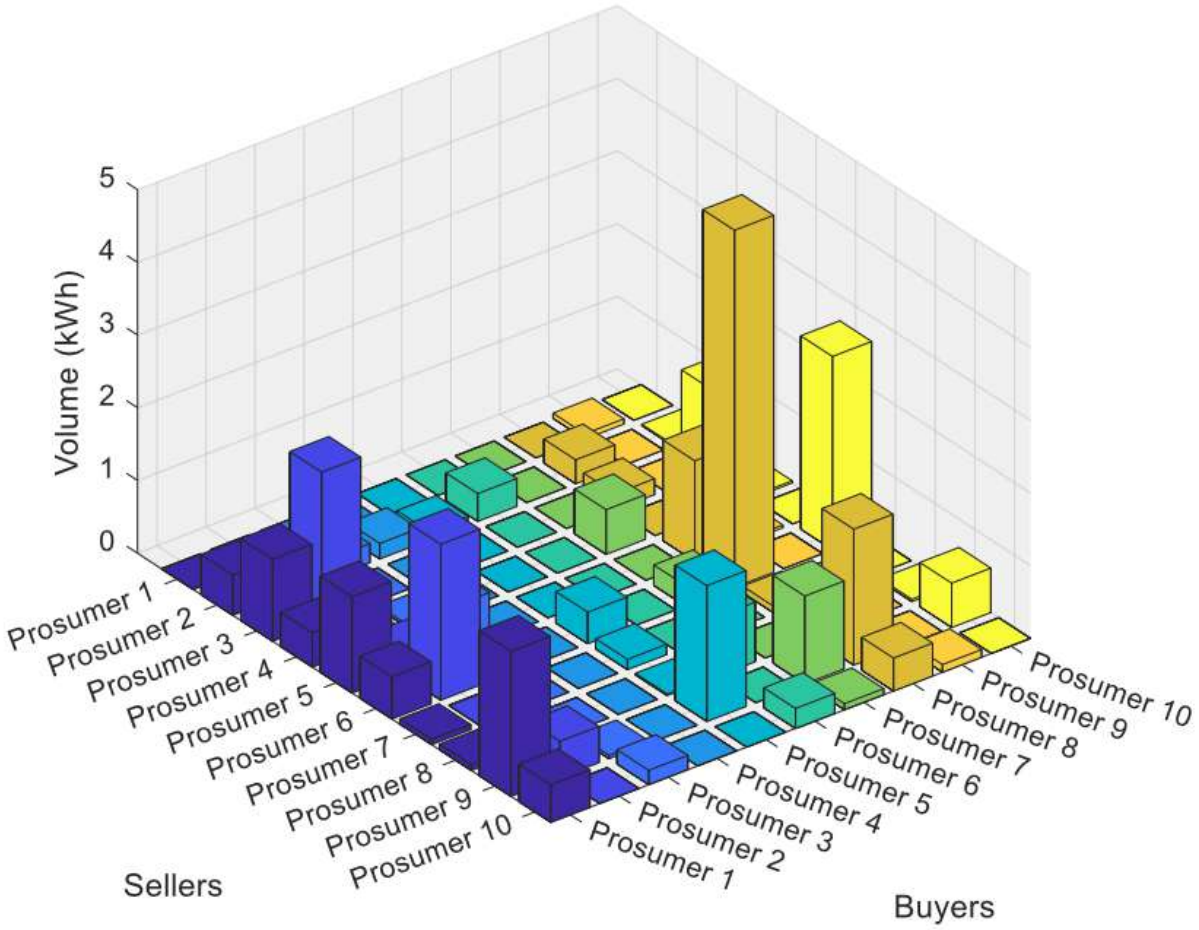
	Without P2P transaction				With P2P transaction							
	No Battery		Battery		No Battery				Battery			
	Case A		*Case B*		*Case C*				*Case D*			
	Grid		Grid		Grid		P2P		Grid		P2P	
	Buy	Sell	Buy	Sell	Buy	Sell	Buy	Sell	Buy	Sell	Buy	Sell
Prosumer 1	25.78	2.34	24.73	0.53	16.41	2.34	9.36	0	12.19	0.57	13.21	0.45
Prosumer 2	31.33	8.57	27.90	3.37	26.40	6.47	4.93	2.10	20.60	1.54	8.62	2.90
Prosumer 3	38.01	24.03	35.23	19.87	37.36	15.80	0.65	8.24	36.00	7.78	1.90	14.03
Prosumer 4	12.78	6.63	11.85	5.24	12.49	4.91	0.29	1.72	12.80	2.16	0.41	4.31
Prosumer 5	27.49	13.66	23.61	7.90	25.04	10.82	2.46	2.84	21.65	4.56	3.85	5.19
Prosumer 6	37.37	30.83	34.58	28.15	36.81	16.19	0.56	15.62	35.49	8.81	2.31	22.03
Prosumer 7	18.32	3.14	17.02	1.11	14.06	3.13	4.25	0.01	10.79	1.32	7.32	0.81
Prosumer 8	43.92	10.91	39.67	4.61	33.15	8.91	10.76	2.00	26.47	3.35	17.49	5.08
Prosumer 9	17.92	19.05	16.42	19.13	17.46	11.49	0.47	10.09	16.35	7.07	1.41	14.14
Prosumer 10	41.96	10.21	37.62	3.55	31.18	8.33	10.77	1.88	24.13	2.34	16.00	3.58
Total	294.88	129.37	268.63	93.46	250.36	88.39	44.5	44.5	216.47	39.5	72.52	72.52



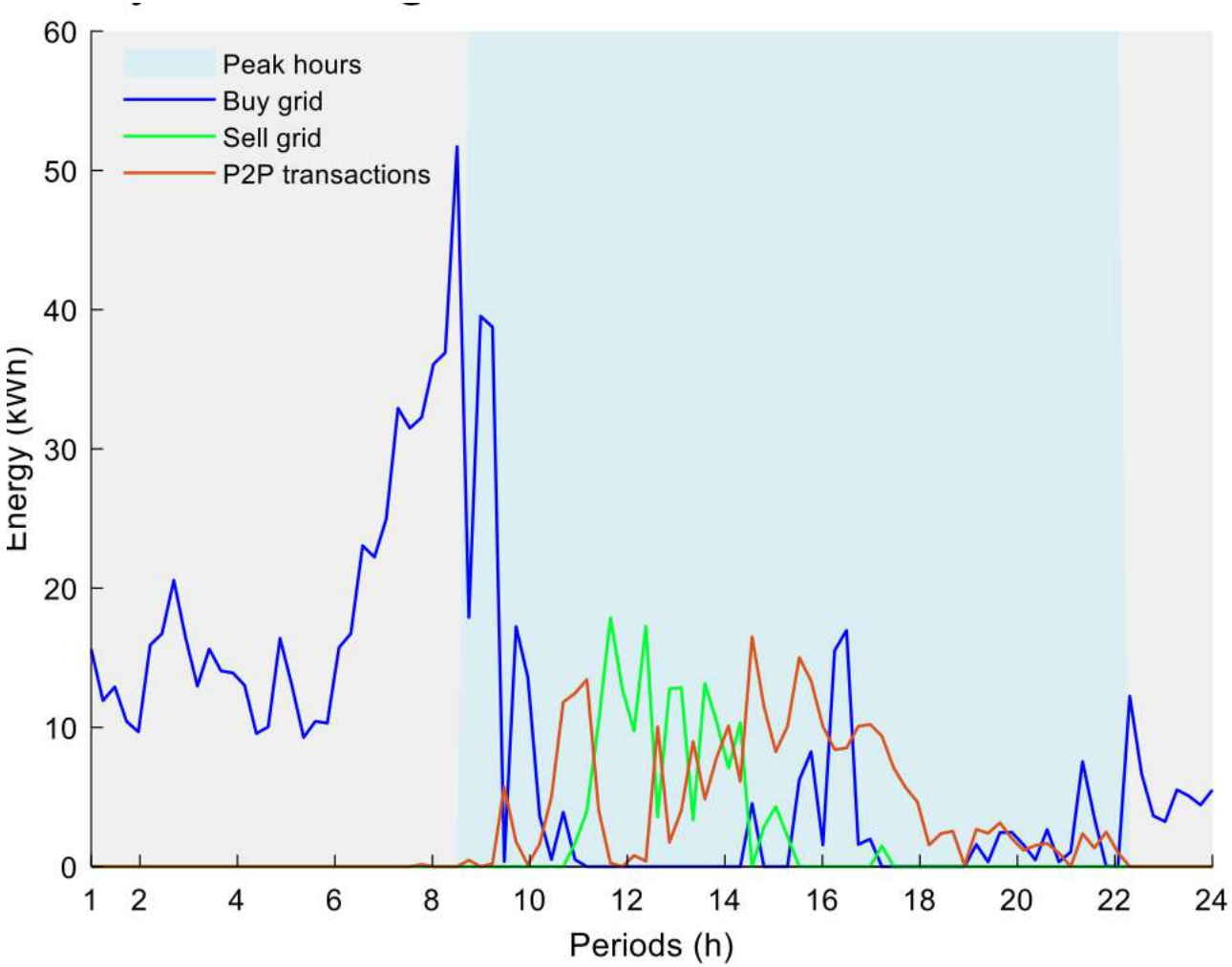
Energy bill results for each prosumer in Case B and Case D for one day of operation



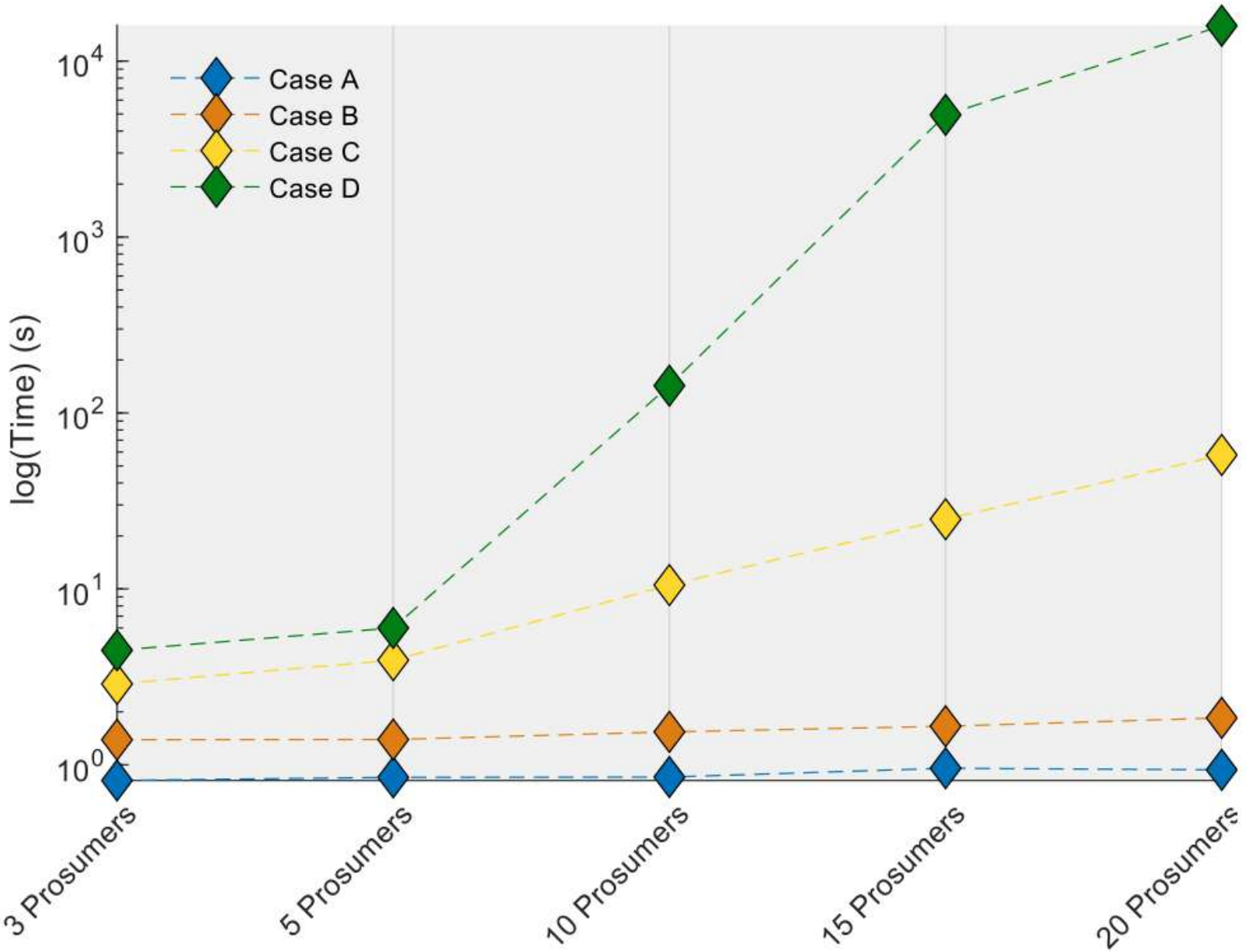
P2P trades in Case D with the contracted power and battery capacity



Volume of P2P electricity transactions for one day of operation in Case D



Accumulated electricity transactions with the grid and in P2P market for one day of operation in Case D



Optimization time for one day of operation





CIÊNCIA E TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL: 60 ANOS

Naum Fraidenraich (Org.)
Arno Krenzinger
Chigueru Tiba
Elizabeth Duarte Pereira







Origem do livro

Tese apresentada na defesa de Professor Titular, no Departamento de Energia Nuclear da UFPE, no ano 1999.

A recomendação da banca de publicá-la como livro foi guardada na memória por mais de 20 anos, quando decidi desengavetá-la recentemente, há dois anos. A necessária atualização passou por diversas modificações na versão agora apresentada. Contei para esta tarefa com a colaboração indispensável dos colegas Elizabeth Duarte Pereira (UFMG), Arno Krenzinger (UFRGS) e Chigueru Tiba (UFPE)

Sumário

Capítulo 1 O sistema energético brasileiro e as energias renováveis
Naum Fraidenraich

Capítulo 2 Antecedentes sobre o desenvolvimento da tecnologia solar no Brasil Naum Fraidenraich Arno Krenzinger

Capítulo 3 Recurso solar no Brasil: uma perspectiva histórica
Chigueru Tiba

Capítulo 4 Energia solar térmica
Elizabeth Duarte Pereira

Capítulo 5 Tecnologia fotovoltaica no Brasil
Naum Fraidenraich

Objetivo do livro

O livro deseja mostrar, para um amplo público leitor, o complexo e polifacetado processo de pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia solar no Brasil ao longo dos últimos 60 anos, desde últimos anos da década dos 60 até o presente.

Relatar o esforço realizado por v**árias** gerações de pesquisadores, universidades e institutos de pesquisa, assim também como a contribuição de empresas, organismos e políticas públicas. *São 60 anos dedicados ao aproveitamento da maior fonte de energia existente na superfície da Terra, tarefa realizada com o maior sucesso*.

Estrutura do livro

A ciência e tecnologia solar é descrita em 3 capítulos.

O recurso solar e referencias históricas capitulo 3

Tecnologia solar térmica capitulo 4

Tecnologia fotovoltaica capitulo 5

Estrutura do livro (de frente para trás)

O capitulo 2 fala sobre a comunidade cientifica, um capitulo **fundamental**. Sobre os cientistas que sentaram as bases da ciência e tecnologia solar no Brasil, sua organização e luta para constituir a Associação Brasileira de Energia solar - ABENS

Finalmente o Capitulo 1 fala sobre o sistema energético brasileiro no contexto internacional e seus múltiplos desdobramentos.

O capitulo 1

Está integrado por temas que tem a ver com uma nova forma de olhar o mundo da energia.

Na época que trabalhei na tese de professor titular tinha me encantado com artigos publicados na literatura internacional na época, depois da crise do petróleo (1973). O mundo da energia e de maneira geral a sociedade foi profundamente comovida e trabalhos sobre diferentes maneiras de perceber o mundo da energia, eram publicados.

O sistema da energia tinha se diversificado muito.

As energias renováveis lutavam, para serem aceitas como uma opção possível. Alegava-se que eram muito caras. Os defensores das renováveis argumentavam que não era que fossem muito caras mas que as energias convencionais não internalizavam todos os custos. Que as consequências para a saúde eram gravíssimas. E muito mais.

Os temas que compõem este capitulo, capitulo motor do livro, revelam a influencia dessa diversidade.

Para terminar gostaria de fazer minhas as palavras de Michel Foucault

Não escrevo um livro para que seja o último: escrevo um livro para que outros sejam possíveis - não necessariamente escritos por mim.

Muito obrigado a todos

O SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

O contexto energético, considera as fontes de energia convencionais e renováveis

A energia e o problema ambiental

A poluição atmosférica

O custo da energia

Eficiência energética

As energias renováveis no Brasil

Programas de incentivo às energias renováveis no Brasil

Comercialização de energia elétrica

Programa Luz para Todos

Micro e macro geração de energia elétrica: Resolução 484 de 2012 da Agencia Nacional de Energia Elétrica

Matriz energética brasileira

A qualidade do recurso solar no Brasil

O problema ambiental ingressou definitivamente na analise dos sistemas de energia e constitui uma **tríade** junto com o tema dos custos externos da energia e da eficiência energética.

Desses três temas, a eficiência energética é o conceito mais elaborado e aceito pelas pessoas que lidam com sistemas de energia.
Durante a década do 90 houve uma extensa campanha para reduzir o consumo de energia na indústria. Manuais especiais, por ramo industrial, foram preparados por diversos institutos, por exemplo pelo IPT, para orientar as ações a serem adotadas na indústria.
Economias da ordem de 15 a 20 % foi o resultado global dessa campanha.

Exemplo

O tema dos custos externos da energia se refere especialmente às consequências relativas a problemas de saúde provocadas pela poluição do ar. Por exemplo na Tabela 1.9 do livro encontramos

	Doenças provocadas
Material particulado (PM_{10}, $PM_{2,5}$)	Asma, bronquite e outras doenças respiratórias; doenças cardíacas; aumento da mortalidade

A pergunta é quem paga o tratamento dessas pessoas.

Os custos externos da energia se referem às diversas modalidades de produção de energia desde energia nuclear até usinas térmicas de carvão, renováveis e convencionais. Trata-se de um tema que, pela complexidade e diversidade de situações, apresenta dificuldades para chegar a acordos que sejam aceitos pelos mais diversos países.

Existem hoje documentos elaborados durante décadas, nos Estados Unidos e Europa, com metodologias, agora de consenso. Citamos no livro os documentos existentes projeto ExternE (*External Costs of Energy*) da Comissão Europeia, assim como projeto similar, desenvolvido nos Estados Unidos.

Um exemplo de interesse.

Analisando todas os processos de geração de energia (carvão, hidro,) é interessante verificar na figura 1.6 do livro, trabalho de Rabl e Spadaro, que os custos externos da tecnologia fotovoltaica são o dobro dos custos internalizados. Já os custos externos da tecnologia solar térmica são desprezíveis perante os custos internos. Porém, o custo total de fotovoltaico é, ainda assim, menor que a energia elétrica de origem térmico.

Já o problema ambiental, que faz parte da tríade, decorre das atividades do homem na superfície da terra. Dentre estas a produção de energia nas suas diferentes modalidades. Em dezembro de 2015, foi celebrada, em Paris, a vigésima primeira Sessão da Conferência das Partes (COP21).

Em setembro de 2016, Brasil adere ao Acordo de Paris, que entra em vigência em dezembro desse ano. Compromissos do Brasil.
As Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC) (essa é a denominação adotada):

- Reduzir, para o ano 2025, as emissões de GEE em 37% com relação às emissões do ano 2005.
- Aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18%.
- Restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de terra,
- Alcançar uma fração de 45% de fontes renováveis até 2030 (BRASIL, MMA, 2016).

Conclusões recentes

Depois de mais de meio século de esforços desde a Conferência de Estocolmo em 1972, existe, ainda, a incerteza de que as metas estabelecidas na COP21 serão alcançadas com sucesso

Em resumo, as considerações anteriores revelam um pouco da trama do Capitulo 1.

A proposta inicial na forma de uma relação linear, não hierarquizada, foi bem sucedida.

Já, uma forma mais elaborada, com as diferentes interações e feedbacks, ficam para o próximo livro.

Tenho relatado parte do conteúdo do primeiro capítulo. Espero ter motivado vocês a ler o livro.

Faço minhas as palavras de Michel Foucault

Não escrevo um livro para que seja o último: escrevo um livro para que outros sejam possíveis - não necessariamente escritos por mim.

Muito obrigado a todos

Agradeço a

minha querida esposa, Maria Inés,

meus queridos filhos

Sebastian (in memoriam)

Verónica, Gustavo e

companheiras de todas as horas dedicadas à elaboração deste livro

Continuando com a historia do livro

Uma vez definido o 1er capitulo, era quase obrigatório falar sobre as iniciativas que pesquisadores brasileiros, conscientes da importância da energia solar, foram adotando. O capitulo 2 faz um detalhado relato dessas iniciativas.

As primeras tentativas de implantar um Centro de Pesquisas no campo da energia solar o foram pelo CEMA, Centro de Mecânica Aplicada, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, por iniciativa do Dr. Teodoro Oniga, no ano 1952.

No início de 1978, foi realizado o 2º Congresso Latino-Americano de Energia Solar. Realizado em João Pessoa, na Paraíba, participaram representantes de todo o Brasil e diversos países da América Latina. Seus Anais foram posteriormente publicados em 3 volumes

A Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS) foi criada durante o congresso mencionado, em 17 de fevereiro de 1978, com o objetivo de promover a divulgação, o incentivo e os estudos da Energia Solar no país.

A sede nacional da ABENS estava localizada na cidade de João Pessoa – PB, com endereço no Laboratório de Energia Solar (LES) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), tendo como presidente o Professor Cleantho da Câmara Torres (BEZERRA, 1997).

O Professor Cleantho da Câmara Torres, já falecido, foi o pioneiro da energia solar no Brasil, pelas iniciativas para promover a pesquisa, pela sua atuação no Laboratório de Energia Solar na Universidade de Paraíba, pelo contagiante entusiasmo que transmitia nas suas palestras para os jovens dessa época.

A pesar da paixão da comunidade de pesquisadores pela energia solar no Brasil, a partir nos anos 90 a ABENS, sem recursos, que começaram a ser cortados devido a gravidade da crise do petróleo, não estava funcionando.

Em 2001 a sede da ABENS foi transferida para a cidade de São Paulo, tendo ficado sob os cuidados do jornalista e advogado Randolpho Marques Lobato e do Prof. Arnaldo Moura Bezerra, até 2005.

O clamor pela recuperação da instituição se expressou por meio de várias iniciativas, muito bem relatadas no histórico do site da ABENS.

.

Devido ao papel que me tocou exercer, destaco que em novembro de 2005 foi organizado o Seminário Ibero-americano de Energia Solar em Recife. Coordenado pelo Prof. Chigeru Tiba, foram especialmente convidados para participar do seminário o Presidente da ABENS, Dr. Randolpho Lobato (São Paulo - SP) e o Vice-Presidente, Prof. Arnaldo Moura Bezerra (Joao Pessoa - PB).

Na situação de paralisia em que a ABENS se encontrava, era indispensável contar com a anuência do Presidente e Vice-Presidente da ABENS para escolher uma Comissão que daria início a um processo de normalização da associação. Finalizado o Seminário, foi realizada uma reunião, em que se discutiram os objetivos pelos quais a Comissão Provisória a ser eleita deveria trabalhar no período imediatamente seguinte.

Resultado da proposta apresentada na reunião, a Diretoria Provisória da ABENS foi composta pelas seguintes pessoas, com os respectivos cargos:

Naum Fraidenraich	Presidente
Antônio Pralon Ferreira Leite	Vice-Presidente
Joao Tavares Pinho	Primeiro Secretário
Olga de Castro Vilela	Segunda Secretaria
Elielza Moura de Souza Barbosa	Primeira Tesoureira
Paulo Cesar Marques de Carvalho	Segundo Tesoureiro

Tenho relatado parte do conteúdo dos primeiros capítulos. Espero ter motivado vocês a ler o livro.

Faço minhas as palavras de Michel Foucault

Não escrevo um livro para que seja o último: escrevo um livro para que outros sejam possíveis - não necessariamente escritos por mim.

Muito obrigado a todos



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022

FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

CIÊNCIA E TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL: 60 ANOS

Naum Fraidenraich (Organizador)

Arno Krenzinger Chigueru Tiba

Elizabeth Duarte Pereira

Naum Fraidenraich

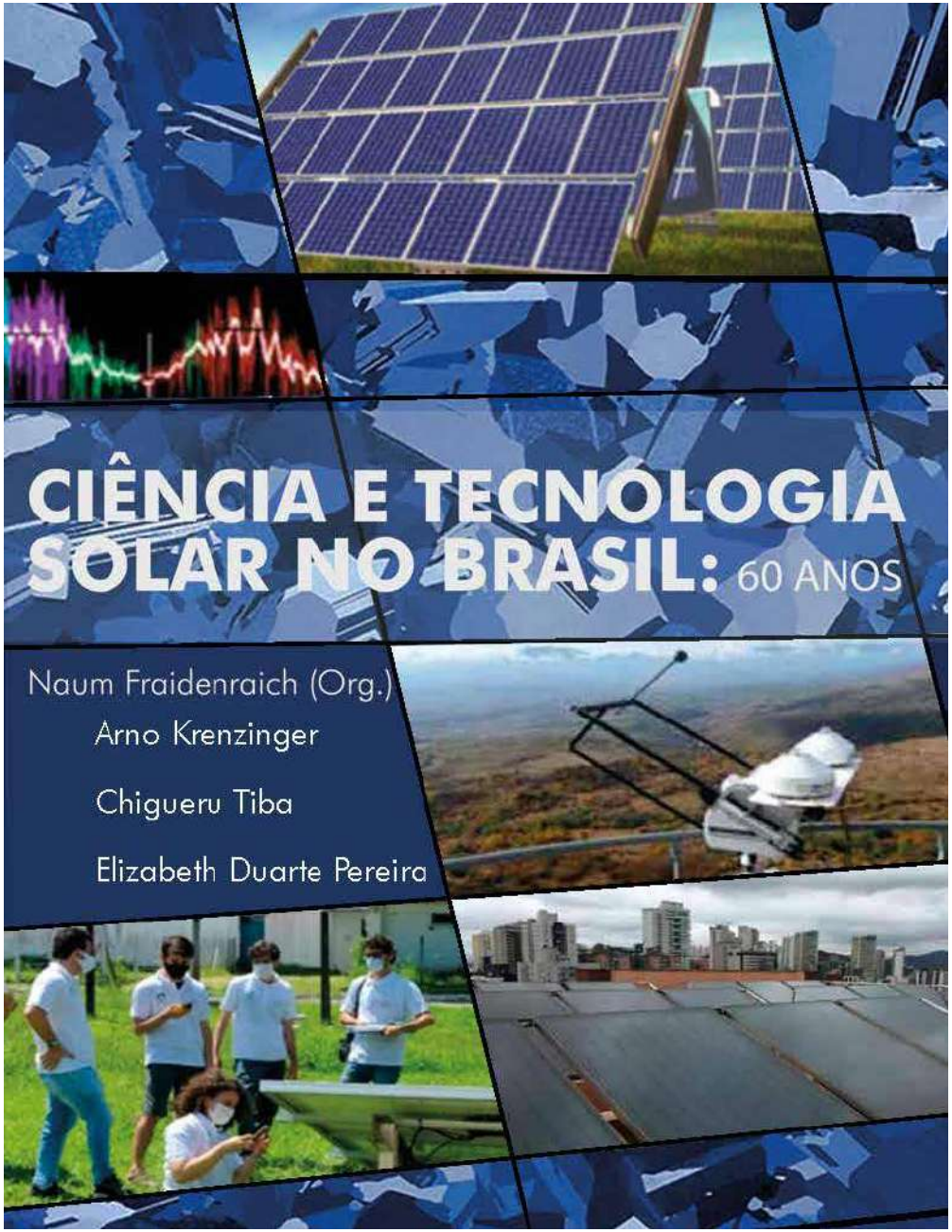
PLENÁRIA 6

25 DE MAIO DE 2022

UFPE

ELIELZA MOURA DE SOUZA BARBOSA

MIOLO DO LIVRO



Catalogação na Publicação (CIP) (BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil

Finalização:
Stéfane Quezado

Revisão:
Maria Helena Porto
Maria Clara Feitosa
Naum Fraidenraich

Catalogação na Publicação (CIP)
(BENITEZ Catalogação Ass. Editorial, MS, Brasil)

C517 1.ed. Ciência e tecnologia solar no Brasil : 60 anos / Naum Fraidenraich...[et al.]. – 1.ed. – Recife, PE : Mariola Comunicação, 2022.

Outros autores : Arno Krenzinger, Chigueru Tiba, Elizabeth Duarte Pereira.
Bibliografia.
ISBN : 978-65-993541-6-8

1. Energia. 2. Energia renováveis. 3. Energia solar térmica. 4. Inovação tecnológica. 5. Sistema Energético do Brasil. 6. Tecnologia fotovoltaica – Brasil. 7. Tecnologia solar – Brasil. I. Fraidenraich, Naum. II. Krenzinger, Arno. III. Tiba, Chigueru, IV. Pereira, Elizabeth Duarte.

05-2022/126 CDD 621.47

Índice para catálogo sistemático:
1. Energia solar fotovoltaica : Engenharia 621.47
Bibliotecária : Aline Graziele Benitez CRB-1/3129

Este exemplar é uma cortesia para os participantes do IX Congresso Brasileiro de Energia Solar - CBENS. Está vedada a distribuição livre deste material.

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22

Colaboração dos colegas Bete, Arno e Tiba

O objetivo do livro é mostrar, para um amplo público leitor, o complexo e polifacetado processo de pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia solar no Brasil ao longo dos últimos 60 anos.

APRESENTAÇÃO

A tecnologia solar, cujas realizações pós-revolução industrial se remontam aos trabalhos de August Mouchot, entre 1864 e 1878, e às primeiras patentes na Índia, em 1878, atravessou fins do século 19 e primeira metade do século 20 construindo as bases teóricas e práticas do seu desenvolvimento. Após a Segunda Guerra Mundial, as aplicações da tecnologia solar irrompem na vida cotidiana. Coletores solares para aquecimento de água, em primeiro lugar, e módulos fotovoltaicos posteriormente, começaram a ganhar mercado em forma ininterrupta e, no século 21, a tecnologia solar, conjuntamente com a energia eólica e a biomassa se estabelecem como fontes de energia do futuro.

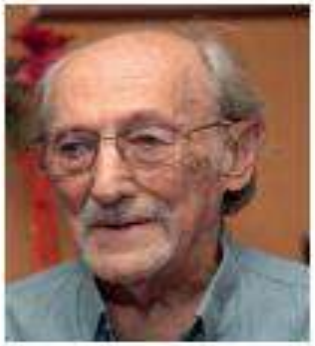
O livro tem origem na tese que apresentei na defesa de Professor Titular, no Departamento de Energia Nuclear da UFPE, no ano 1999. A recomendação da banca de publicá-la como livro foi guardada na memória por mais de 20 anos quando decidi desengavetá-la recentemente, há dois anos. A necessária atualização passou por diversas modificações na versão agora apresentada. Contei para esta tarefa com a colaboração indispensável das colegas Elizabeth Duarte Pereira (UFMG), Arno Krenzinger (UFRGS) e Chigueru Tiba (UFPE).

O objetivo do livro é mostrar, para um amplo público leitor, o complexo e polifacetado processo de pesquisa e desenvolvimento da ciência e tecnologia solar no Brasil ao longo dos últimos 60 anos. O esforço realizado

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22



NAUM FRAIDENRAICH (organização do livro e autor)

Professor Emérito da Universidade Federal de Pernambuco. Professor titular aposentado pela mesma universidade. Possui título de Doutor em Engenharia pela Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Formado como engenheiro pela Universidade Nacional de Buenos Aires. Realizou trabalhos de especialização no Departamento de Física do Imperial College of Science and Technology. Tem experiência em Engenharia Solar, tanto em aplicações térmicas quanto fotovoltaicas, em geometrias utilizadas na ótica de sistemas de concentração de energia solar e em modelos de sistemas solares.

Capítulo 5
TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL
Naum Fraidenraich

Capítulo 1
O SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS
Naum Fraidenraich



ARNO KRENZINGER

Possui doutorado na Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación - Universidad Politécnica de Madrid e Pós-Doutorado no Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT - Espanha. Atualmente é professor titular aposentado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Energia Solar, tanto em aplicações térmicas quanto fotovoltaicas.

Capítulo 2
ANTECEDENTES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA SOLAR NO BRASIL
Naum Fraidenraich | Arno Krenzinger

Capítulo 3
RECURSO SOLAR NO BRASIL: UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA
Chigueru Tiba



CHIGUERU TIBA

Possui doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco (2000). Atualmente é Prof. Titular da Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência no estudo do Recurso Solar, medições e tratamento de dados e na área de Engenharia Solar, com ênfase em Geração da Energia Elétrica e Térmica.

Capítulo 4
ENERGIA SOLAR TÉRMICA
Elizabeth Duarte Pereira



ELIZABETH MARQUES DUARTE PEREIRA

Possui doutorado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora aposentada, atuou como coordenadora de projetos de P&D na UFMG, PUC Minas e Instituto ANIMA SOCIESC. Tem atuado como consultora junto à Agencia de Cooperação Brasil - Alemanha (GIZ), Câmara de Comércio Brasil – Alemanha (AHK), INMETRO, dentre outros. Tem experiencia na área de Engenharia térmica, com ênfase nos seguintes temas: Energia solar térmica e fotovoltaica.

PREFÁCIO [Prof. Roberto Zilles]

A sistematização das atividades de *Ciência e Tecnologia Solar no Brasil – 60 anos*, revela a longa trajetória e persistência de um grupo de pesquisadores(as) e docentes de diversas instituições de ensino e pesquisa no país, os quais, mesmo diante do ceticismo estabelecido à época, sobre o potencial efetivo da energia solar suprir parte significativa das necessidades de energia da humanidade, e de forma economicamente viável, desenvolveram suas atividades profissionais com paixão permanente na área solar. A persistência desse grupo de pesquisadores/docentes estimulou muitos jovens, entre o final da década de 1970 e década de 1980, entre os quais me incluo, a dedicar atenção especial à energia solar.

PAIXÃO PERMANENTE NA ÁREA SOLAR

INFRAESTRUTURA E FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

ção na matriz energética brasileira e mundial, e os esforços realizados no estabelecimento de infraestrutura e formação de recursos humanos revelarão sua importância estratégica. Espero que a retrospectiva histórica apresentada pelos autores no livro, desperte interesse de uma nova geração na área de energia solar, provocando paixão e prazer tanto quanto propiciou durante uma vida de dedicação de muitos de nós.

"RETROSPECTIVA HISTÓRICA APRESENTADA DESPERTE INTERESSE, PAIXÃO E PRAZER TANTO QUANTO PROPOCIONOU A MUITOS DE NÓS."

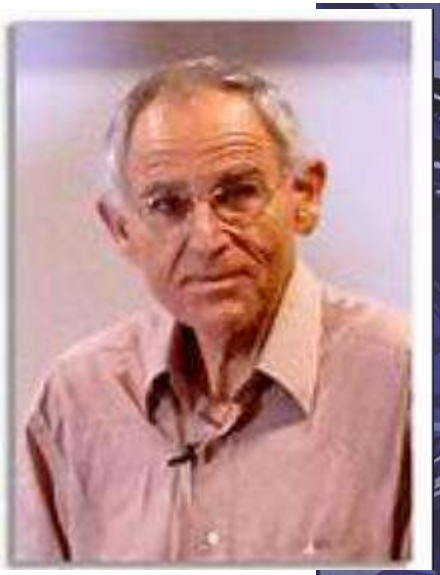
Roberto Zilles
Professor Titular
Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paul
São Paulo, 20 de novembro de 2021

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22

DEPOIMENTO AMIGO JEFF [Prof. Jeff Gordon]



Thank you for sharing the book with me, Naum. I processed your file through Google Translate and believe I can follow all the important descriptions and analyses.
Well done, and a hearty parabens to you and your coworkers.
I felt a bit nostalgic as I perused some of the chapters, due to my having been an external observer for some of the projects described and, at the time, having been exposed to your enthusiasm and considerable efforts.
I believe the current generation, and future generations, of solar researchers and practitioners in Brazil will find material that is enlightening and occasionally inspiring.
You asked for suggestions. I have none of import, perhaps the only possibility being adding all the solar-related MSc and PhD theses subsequent to 1999, along with a lengthy appendix that could list all solar-related papers authored by Brazilian scientists in respectable international peer-reviewed journals (and not just the select group already included in the book).

Jeffrey M. Gordon
Professor Emeritus
Department of Solar Energy and Environmental Physics
Jacob Blaustein Institutes for Desert Research
Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer Campus 8499000, Israel

19 de dezembro de 2021

" I believe the current generation, and future generations, of solar researchers and practitioners in Brazil will find material that is enlightening and inspiring."

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22







CAPÍTULO 1

O SISTEMA ENERGÉTICO BRASILEIRO E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Naum Fraidenraich

"Não escrevo um livro para que seja o último: escrevo um livro para que outros sejam possíveis - não necessariamente escritos por mim"

Michel Foucault

1.1 INTRODUÇÃO

A difusão da tecnologia solar no Brasil tem ingressado numa fase de crescimento tal, que permite vislumbrar sua implantação e consolidação definitiva na sociedade brasileira. Uma reflexão sobre as características que essa tecnologia assume hoje é um exercício necessário para aqueles que se preocupam com a promoção de um desenvolvimento sustentável, autônomo e solidamente alicerçado.

Talvez mais do que nenhuma outra, a tecnologia solar suscitou, ao longo de diferentes épocas, expectativas e esperanças que foram, muitas vezes, sucedidas por grandes frustrações. As razões das primeiras podem ser compreen-

MIX DE FONTES DE GERAÇÃO "NECESSIDADE DE REFLEXÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS E POSSIBILIDADES DA FONTE SOLAR/DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, AUTÔNOMO E SOLIDAMENTE ALICERÇADO"

POLÍTICAS ENERGÉTICAS ESTÃO FORTEMENTE AGREGADAS À NECESSIDADE DE

AMENIZAR
O IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

AMPLIAR
O CONSUMO DE ENERGIA PARA SETORES MAIS POBLES DA POPULAÇÃO

NECESSÁRIO
AÇÕES DIFERENCIADAS E PERMANENTES

VISANDO
REDUÇÃO DO CONSUMO
POR (US/$)DE VALOR AGREGADO
(COP21,2015)

As políticas energéticas estão fortemente atreladas à necessidade de amenizar o impacto no aquecimento global e, ao mesmo tempo, ampliar o consumo de energia para os setores mais pobres da população. Por este motivo, reduzir o consumo por dólar de valor agregado requer, em termos globais, ações diferenciadas e permanentes, tal como os acordos internacionais sustentam (COP21, 2015).

Tabela 1.1 – Consumo de energia por habitante (GJ/hab).

País	1980	1990	2000	2010	2016
Alemanha	133	127	118	117	114
Austrália	133	139	152	145	141
Canadá	265	244	261	234	222
China	21	24	26	50	61
Espanha	54	65	88	83	74
França	107	102	111	103	95
India	10	12	12	16	18
Inglaterra	98	101	107	92	82
Itália	76	85	95	94	81
México	41	42	40	43	41
Rússia	SD	176	119	131	136
Estados Unidos	239	223	222	203	194
Japão	84	97	110	102	95
Brasil	33	31	37	45	46

UFPE

Figura 1.5 – Produção mundial de CO_2 em bilhões de toneladas. Emissão anual de CO_2 devido à combustão de gás natural, petróleo e carvão no período 1990–2017.



Fonte: IEA (2018).

LEVE CRESCIMENTO
SETORES
ENERGIA 25%
AGRICULTURA 25%
E FLORESTAS
INDÚSTRIA 21%

1.3.3 Programa Luz para Todos



O Programa Luz para Todos empreendeu a difícil e postergada tarefa, no tempo, de eletrificar mais de 90 % das propriedades rurais do Brasil. Neste capítulo, algumas considerações breves sobre o Programa são realizadas, já que no Capítulo 5 é tratado de forma mais detalhada.

Em 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, também denominado Luz para Todos, por meio do Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e operacionalizado com a participação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras.

A meta original do Programa de 2 milhões de ligações foi atendida em maio de 2009. A execução do programa permitiu verificar que o universo de moradias que carecia de atendimento de energia elétrica era bem mais amplo. Por esse mo-

O Programa Luz para Todos empreendeu a difícil e postergada tarefa, no tempo, de eletrificar mais de 90 % das propriedades rurais do Brasil.

Instituído 2003

O Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, também denominado Luz para Todos, (por Decreto nº 4.873, de 11/11/2003) Coordenado MME e operacionalizado Eletrobras.
A meta original 2 milhões de ligações foi atendida (maio de 2009).

0 universo de moradias que carecia de atendimento de energia elétrica era bem mais amplo.

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22

A partir do decreto nº 9.357 de 27 de abril de 2018, a vigência do programa se estende até 2022 (ELETROBRAS, 2017).

As realizações do Programa cumprem com um mandato histórico, levar o índice de eletrificação rural a 100%.

Embora o índice seja próximo desse valor, a tarefa deve ainda ser completada.

A tecnologia fotovoltaica poderá prestar um auxilio essencial para o número que resta

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CERCA DE 90 CITAÇÕES

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** 2 ed. Brasília: Cadernos Temáticos ANEEL, 2016.

_____. **Nota Técnica nº 0056-SRD**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-7f96-8788-0429-e097409a0ba9>. Acesso em: 21 set. 2020.

_____. **Nota Técnica nº 0043-SRD**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%201%c3%a9cnica_0043_GD_SRD.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

_____. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas.** mar. 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 21 set. 2020.

_____. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.** Brasília, 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%2017%20de%20abril%20de%202012.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

ALISSON, E. **Proalcool**: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. dez. 2016. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/>. Acesso em: 21 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). **Desafios para a expansão da Geração Eólica:** Visão do empreendedor. out. 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266097/painel+2+ap+6+ABEE%C3%ADlica+-+Semin%C3%A1rio+Desafios+Expans%C3%A3o+-+ANEEL.pdf/5afdc6f5-a98d-2731-3c35-dd383bbb453c>. Acesso em: 21 set. 2020.

PORTAL SOLAR. Dados do Mercado de Energia no Brasil. **Infográfico ABSOLAR**. junho 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html#:~:text>. Acesso em: 21 set. 2020.

BAUMANN, A. E.; HILL, R. A methodological framework for calculating the external costs of energy technologies. TENTH EUROPEAN PHOTOVOLTAIC'S SOLAR ENERGY CONFERENCE, 1991, Lisbon. **Proceedings of the 10th european community photovoltaics solar energy conference**. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ. p. 834-837, 1991.

BARBOSA CORTEZ, Org. **Proalcool 40 anos.** Universidades e Empresas: 40 Anos de Ciência e Tecnologia para o Etanol Brasileiro. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

BRASIL. Decreto de 27 de dezembro de 1994. Cria o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM). **Coleção de Leis do Brasil**, Brasília, DF, v. 12, p. 5601, 1994.

_____. Decreto nº 10.087, de 05 de novembro de 2019. Declara a revogação, para os fins do disposto no art. 16 da Lei Complementar nº 95, de 26 de fevereiro de 1998, de decretos normativos. **DOU**, Brasília, DF, Seção 1, p. 6, 2019.

_____. Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003. Institui o Programa Nacional de

UFPE

IX CBENS-2022

Florianópolis 23-27/05/22

REFERÊNCIAS HUMANAS CERCA INCONTÁVEIS

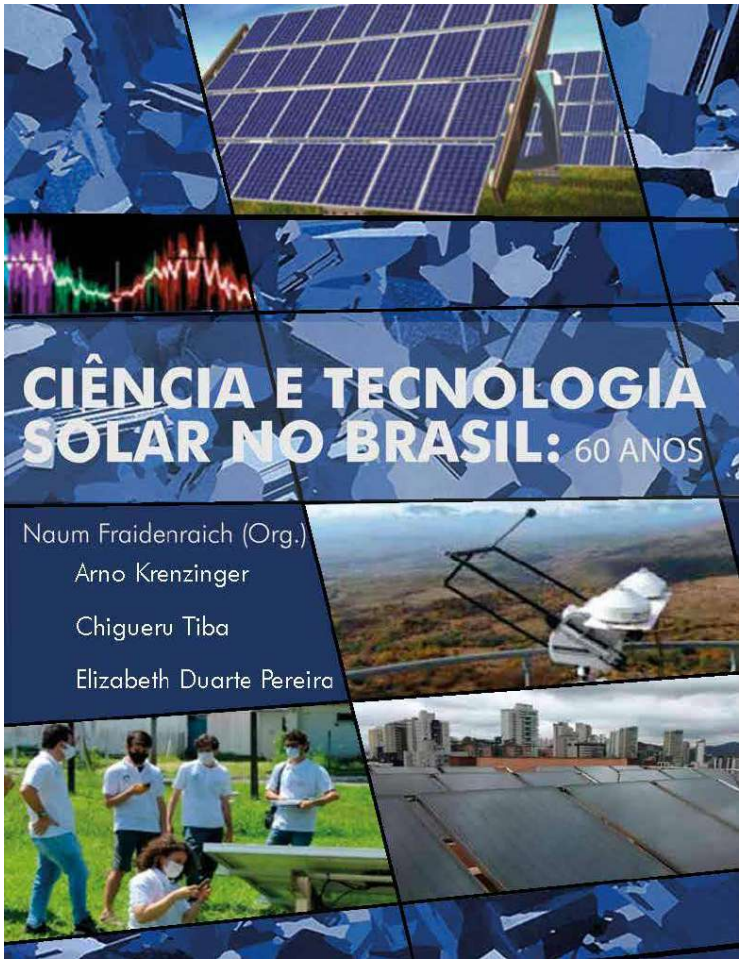


UFPE

IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022
FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

PRESENTE AOS PARTICIPANTES DA PLENÁRIA 6 IX CBENS

"LIVRO DO NAUM"



UFPE

https://cienciaetecnologia2.wixsite.com/cienciasolar60anos

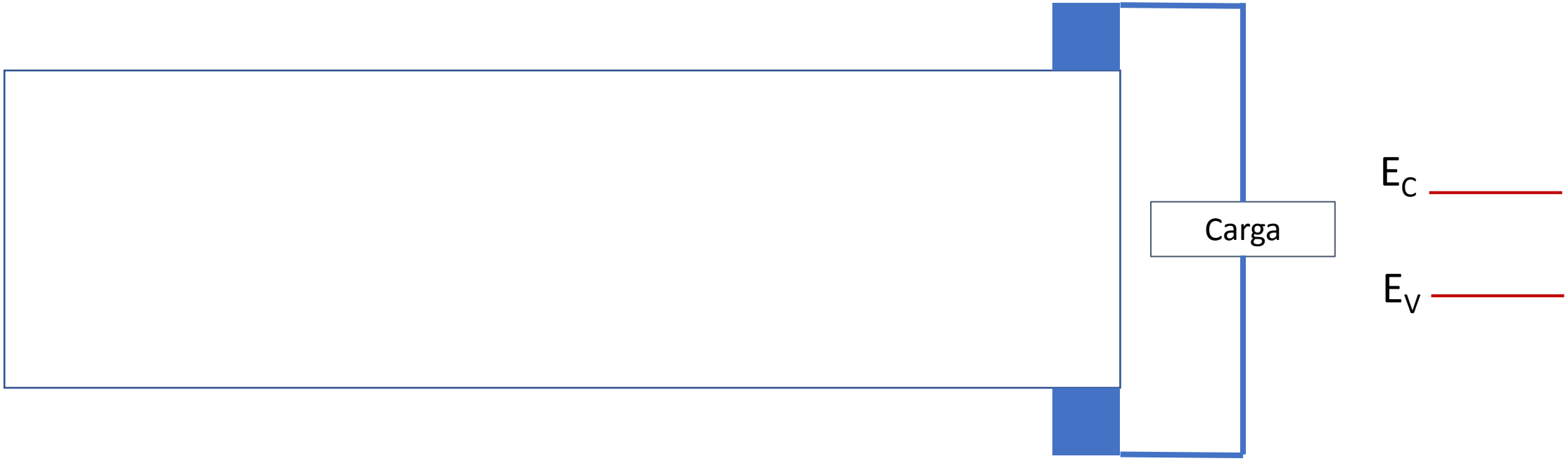


Células e Módulos bifaciais: tecnologia

Eduardo Lorenzo

Instituto de Energía Solar – Universidad Politécnica de Madrid

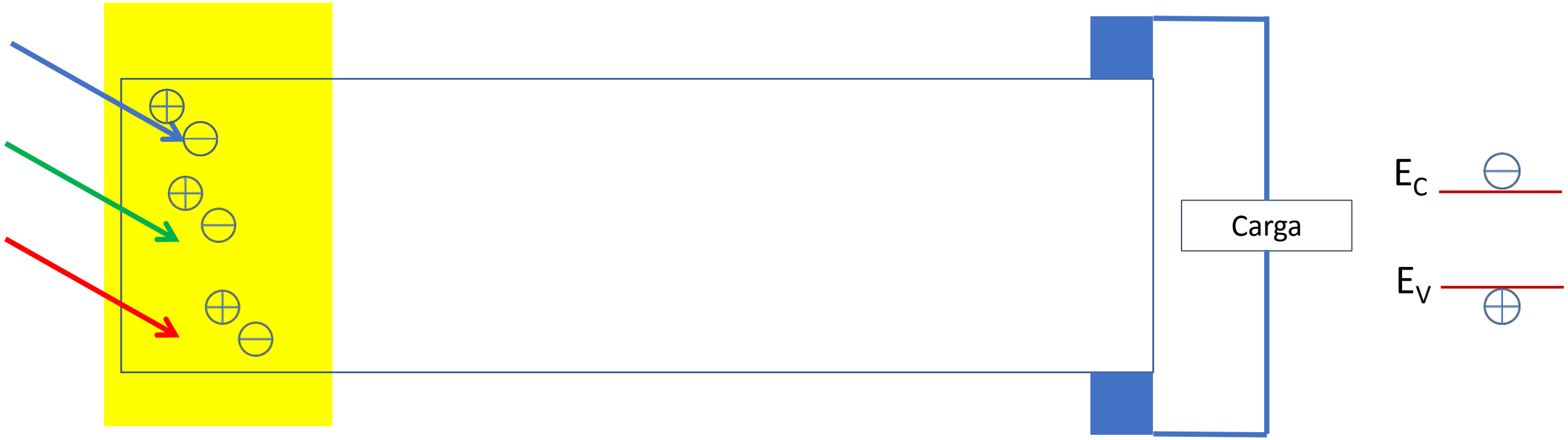
Funcionamento de uma célula solar



Constituição:

Un pedaço de semicondutor com dois contatos.

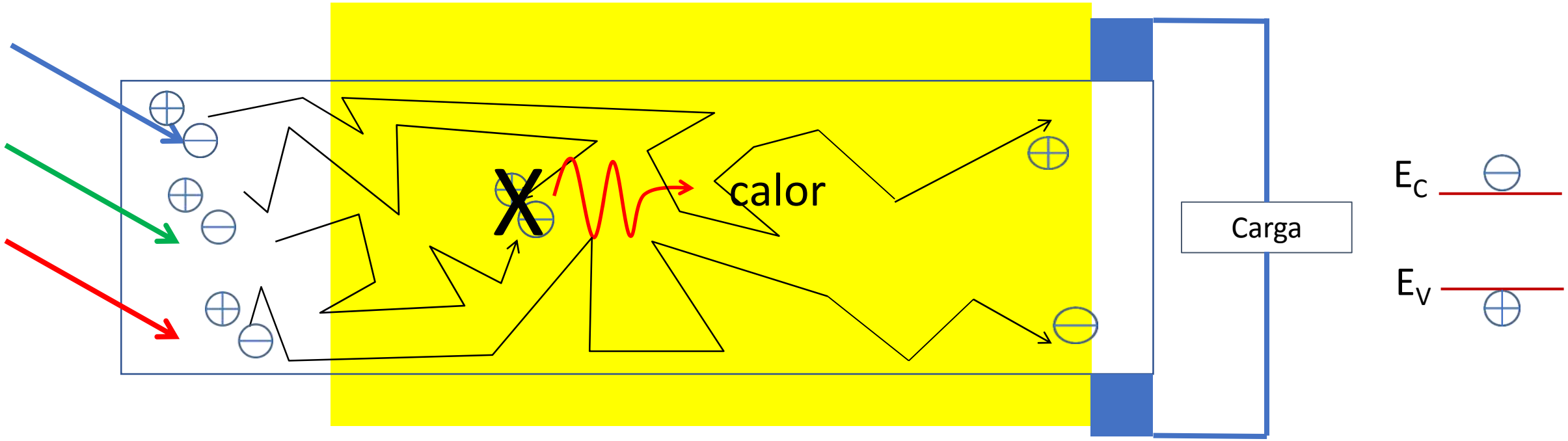
Funcionamento de uma célula solar



Episódio 1: O parto dos portadores, ou GERAÇÃO

Os fotos da luz incidem sobre a célula. Alguns cedem energia gerando pares eléctron – lacuna.

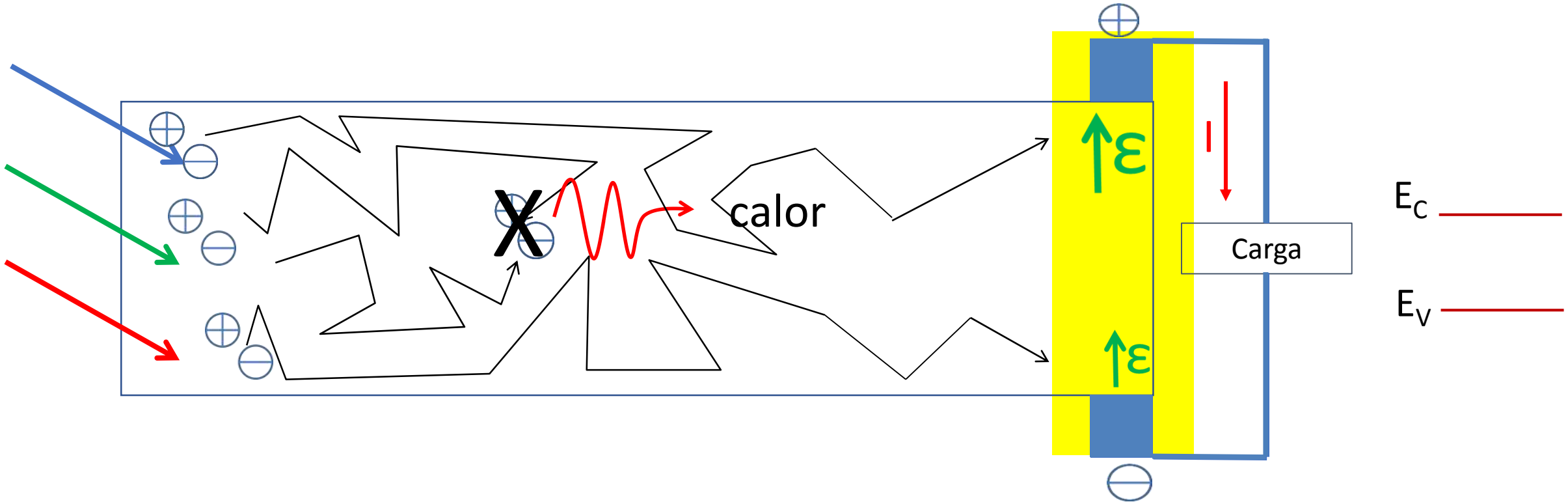
Funcionamento de uma célula solar



Episódio 2 : O passeio. Unhes chegam e outros non, ou RECOMBINAÇÃO

Alguns portadores se perdem pelo caminho, transformando a preciosa energia em inútil calor

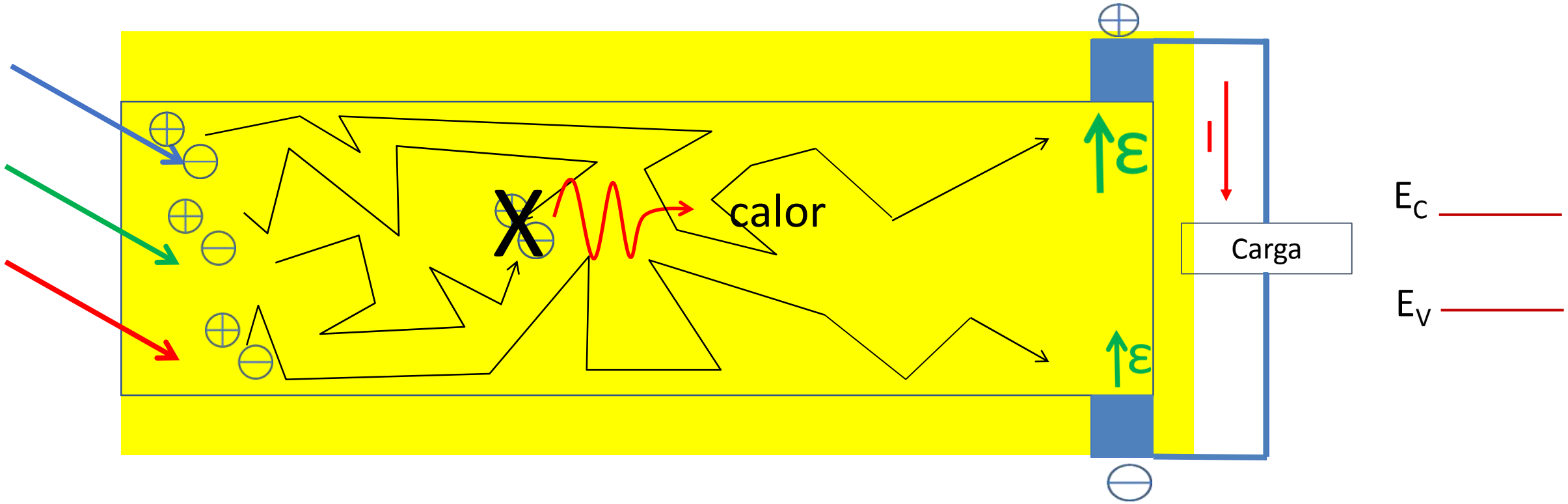
Funcionamento de uma célula solar



Episodio 3 : A colheita, unhes van para um polo e outros van para o outro

Os contatos, quando associados a um campo elétrico, são seletivos

Funcionamento de uma célula solar



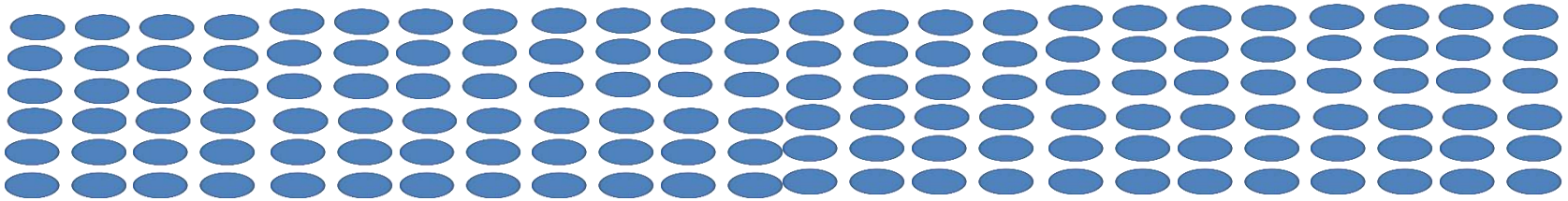
Idealmente:

Eficiência máxima com silício (1000 W/m2; AM1.5) ≈ 29%

Espessura ≈ 90 micras

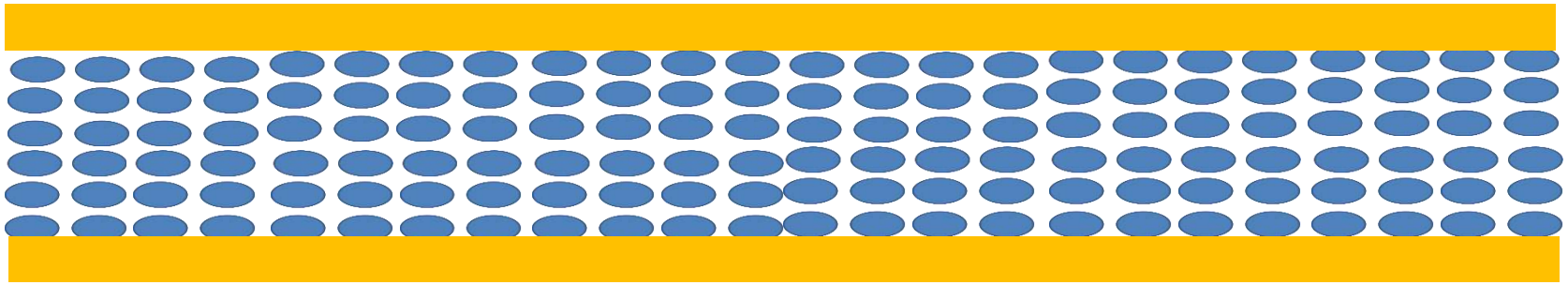
As superfícies

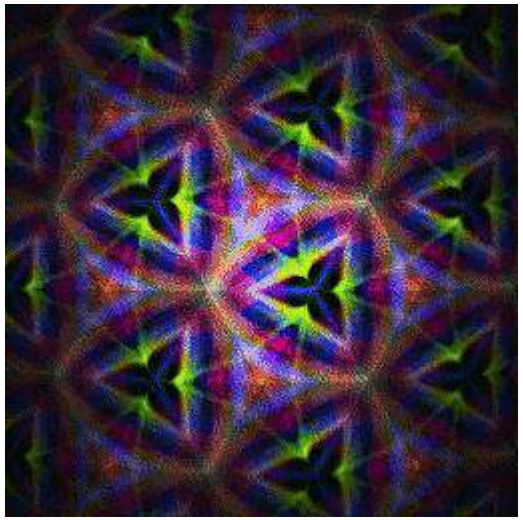
As SUPERFICIES quebram a periodicidade da rede cristalina, o que fomenta muito a recombinação.



As superfícies

As SUPERFICIES quebram a periodicidade da rede cristalina, o que fomenta muito a recombinação.





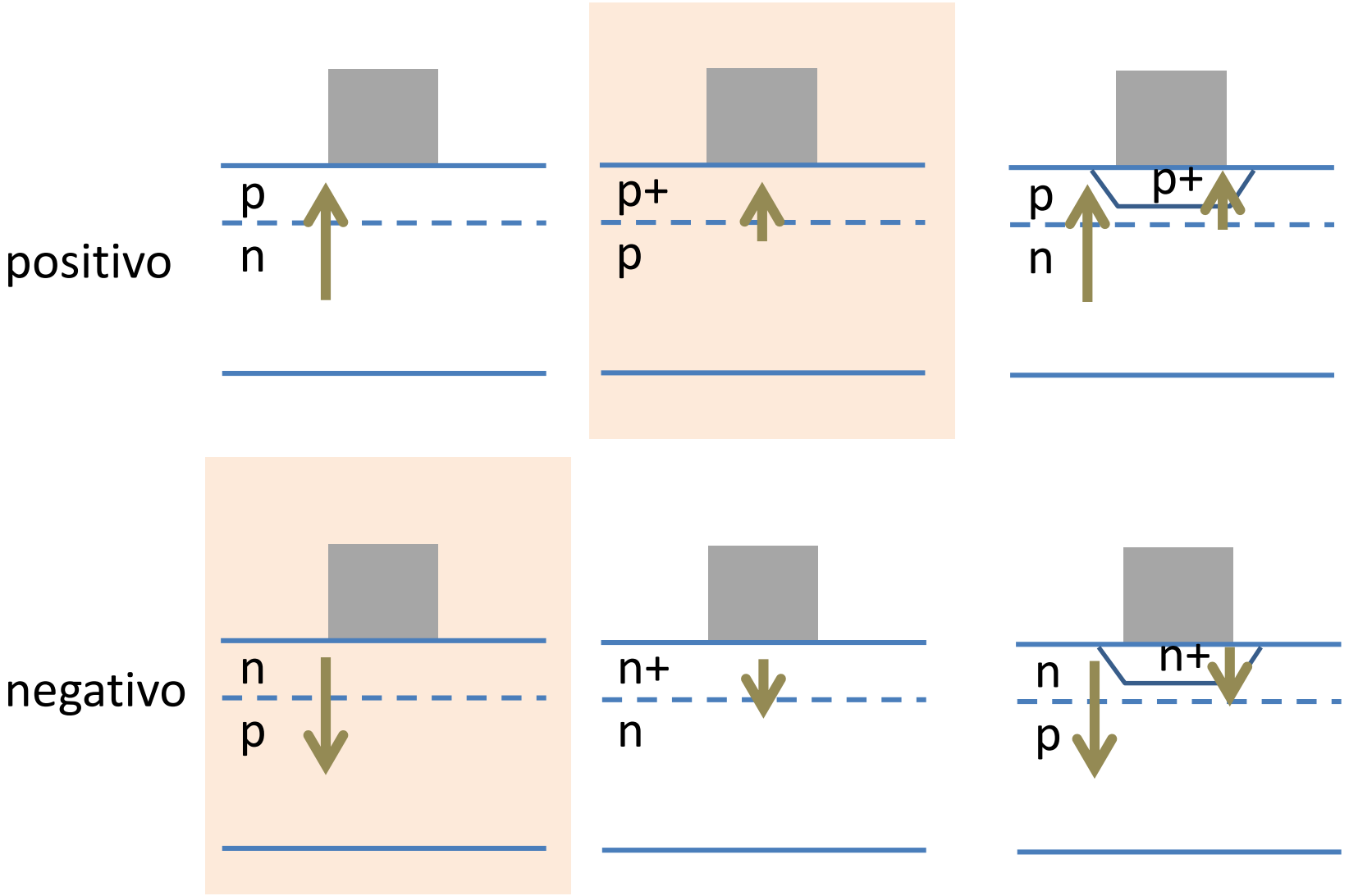
Passivação de superfícies:

- SiO_2 (Oxidação térmica a 1000 ºC)
- **SiNx:H** **(PECVD; < 500ºC; além ARC, y carga positiva)**
- **Al_2O_3/ SiNx:H** **(PECVD; < 500ºC; além ARC, y carga negativa)**
- a-Si:H / ITO (PECVD < 300ºC; além união p-n))

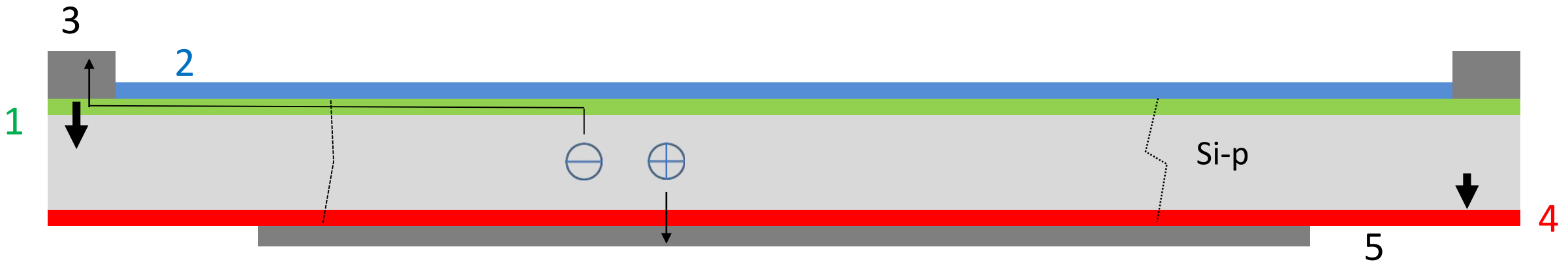
PECVD : Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

Os contatos

Os contatos devem ser seletivos. O positivo deve acetar lacunas e rejeitar eléctrones. O negativo deve acetar eléctrones e rejeitar lacunas.



A Era “Back Surface Field”, BSF (1990 – 2019)

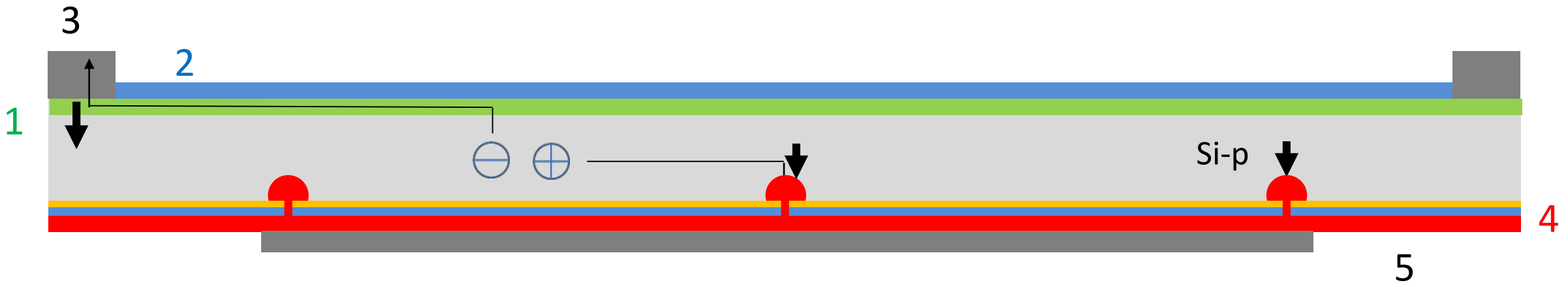


1. Campo elétrico frontal: união p-n; Difusão de fosforo (Si-n+) > 800ºC
2. Passivação da superfície: Nitruro de Silício (SiNx:H); PECVD < 500ºC; além capa AR
3. Contato negativo: Serigrafia com plata (Ag)

4. Campo elétrico posterior, BSF: Serigrafia com Aluminio (Al), seguida de recozido a 600ºC grados
5. Contato positivo: Serigrafia com Al-Ag

Si-p multicristalino. Cara posterior não passivada. Eficiência entre 16% e 20%

A Era “Passivated Emiter Rear Contact”, PERC (2019 – atual)



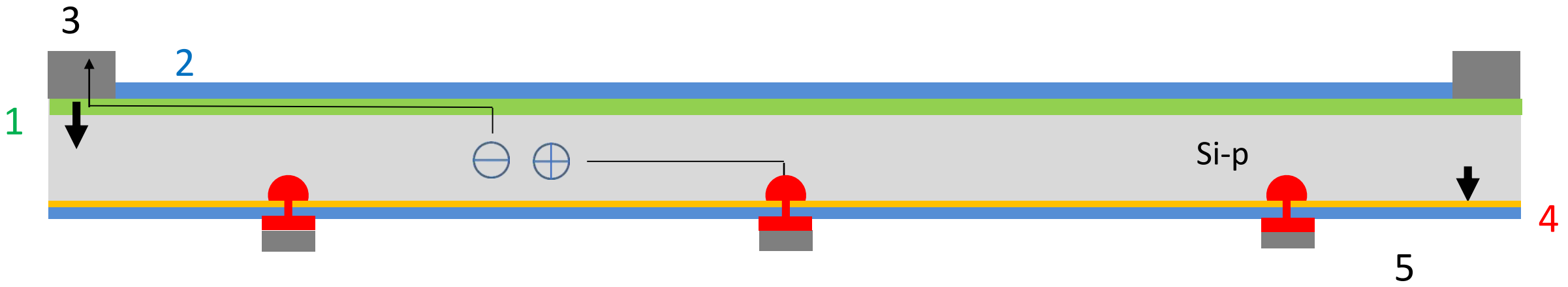
1. Campo elétrico frontal: união p-n; Difusão de P (Si-n+) > 800ºC
2. Passivação da superfície: SiNx:H; PECVD < 500ºC; além capa AR
3. Contato negativo: Serigrafia com Ag

4. Passivação da superfície posterior: Al_2O_3/SiNx:H; PECVD < 500ºC; além capa AR
5. Apertura de janelas (laser)

6. Campo elétrico posterior, BSF: Serigrafia com Aluminio (Al), seguida de recozido a 600ºC grados
7. Contato positivo: Serigrafia com Al-Ag

Si-p monocristalino. Ambas caras passivadas. Eficiência entre 20% y 23%

De PERC a bifacial (2019 – atual)



1. Campo elétrico frontal: união p-n; Difusão de P (Si-n+) > 800ºC
2. Passivação da superfície: SiNx:H; PECVD < 500ºC; além capa AR
3. Contato negativo: Serigrafia com Ag

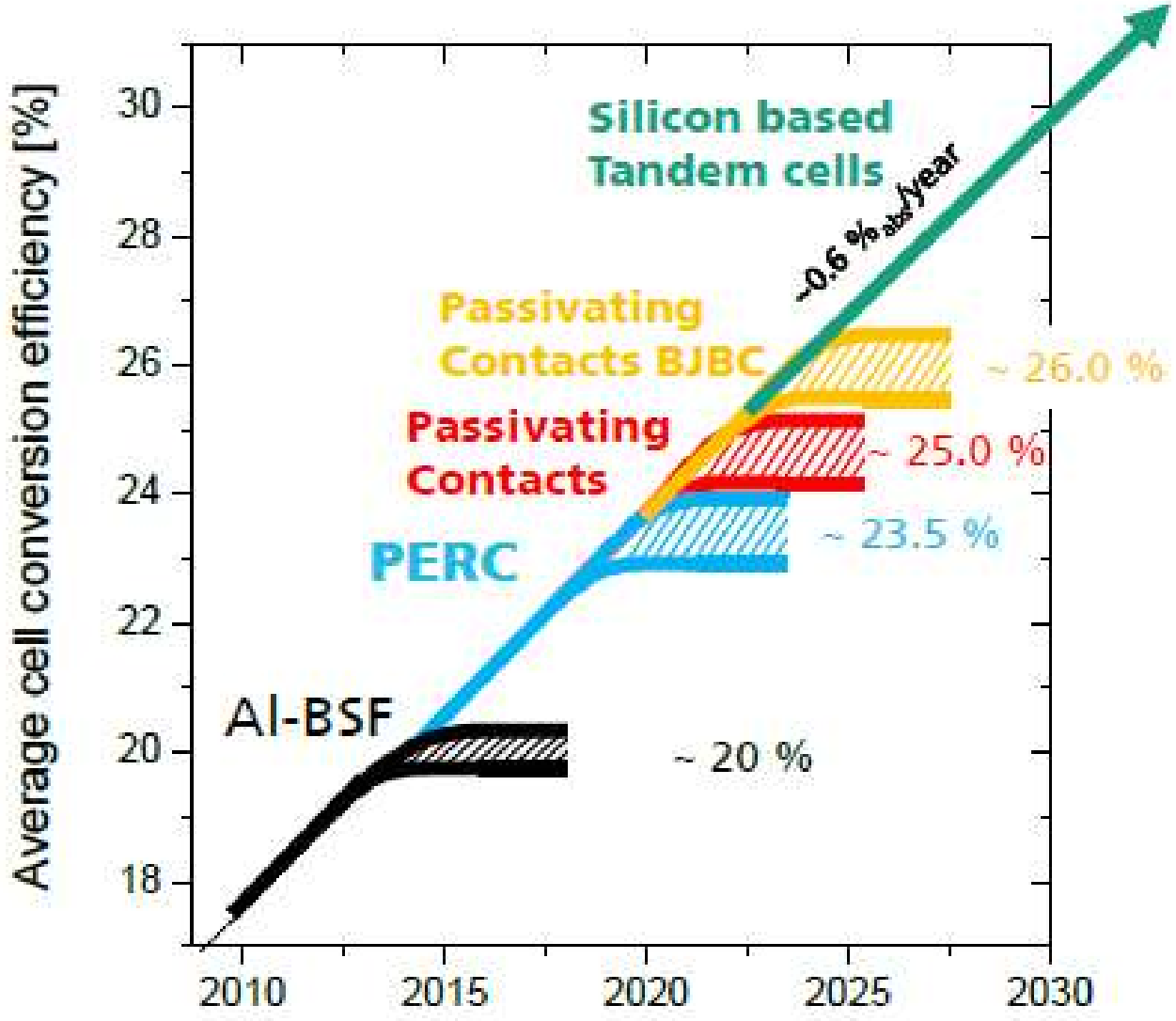
4. Passivação da superfície posterior: Al_2O_3/SiNx:H; PECVD < 500ºC; além capa AR

5. Apertura de janelas (laser)

6. Campo elétrico posterior, BSF: Serigrafia com Aluminio (Al), seguida de recozido a 600ºC grados (com máscara)

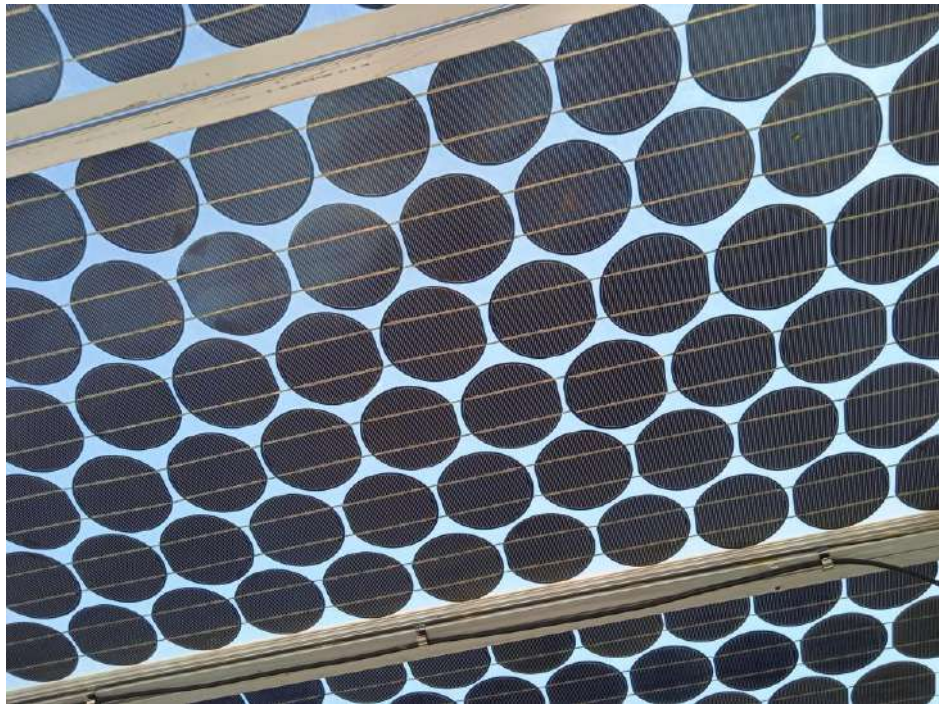
7. Contato positivo: Serigrafia com Al-Ag **(com máscara)**

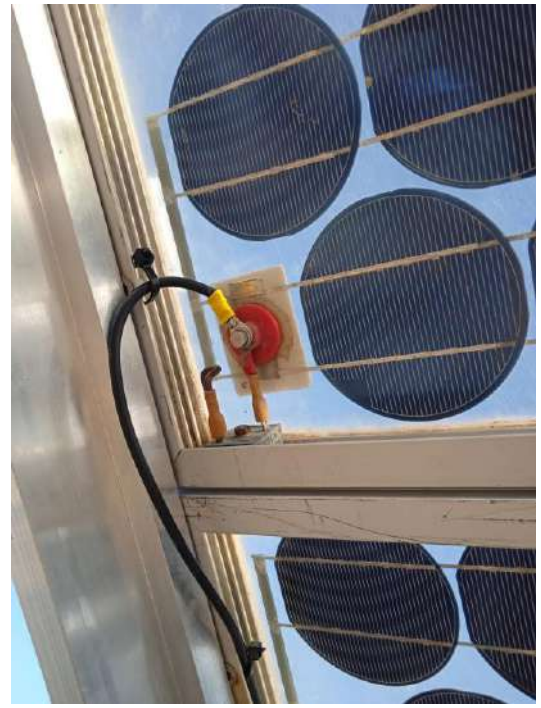
Bifacialidade ≈ 70%. Incremento quasi-gratuito da energia anual entre 4% e 8%



HERML, ETIP, PV CONF 2017







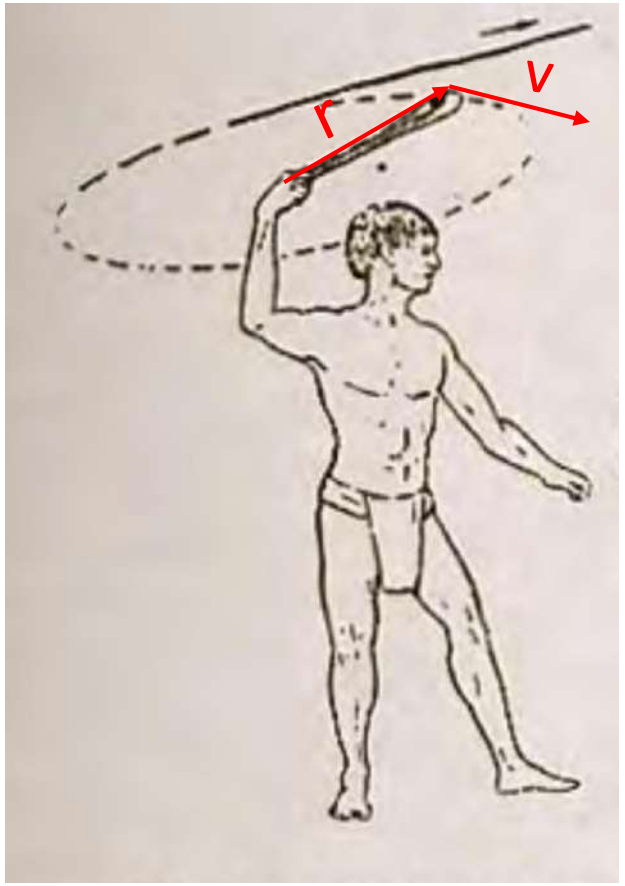
Apos 23 anos de exposição, o estado de conservação da coberta polimérica posterior e excelente

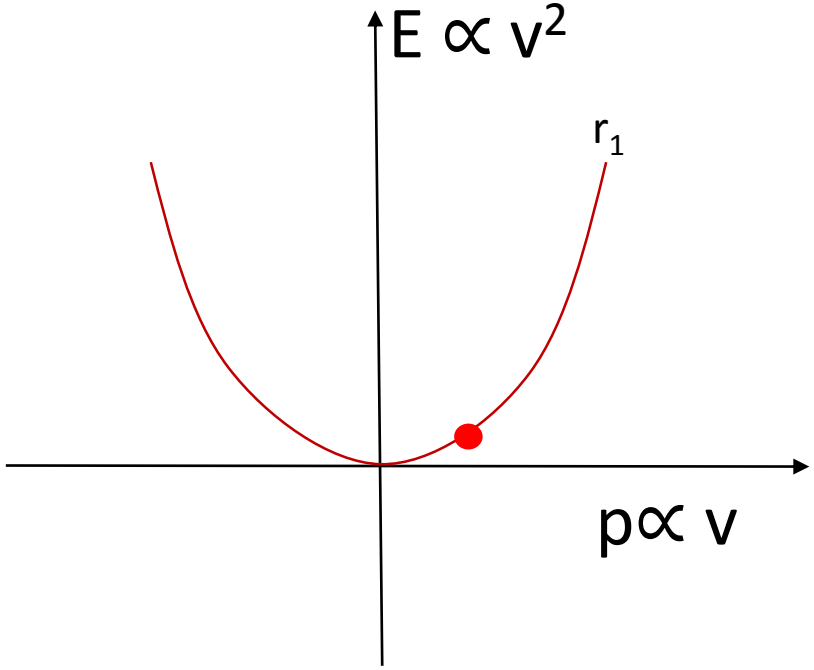
Conclusões:

- A chave para lograr alta eficiência consiste em evitar a recombinação superficial
- A tecnologia BSF (dominante ate 2019) passiva só a cara frontal da célula
- A tecnologia PERC passiva as duas caras, abrindo assim a porta da bifacialidade
- As cobertas posteriores poliméricas exibem alta durabilidade

O diagrama energía – momento angular da pedra da atiradeira:

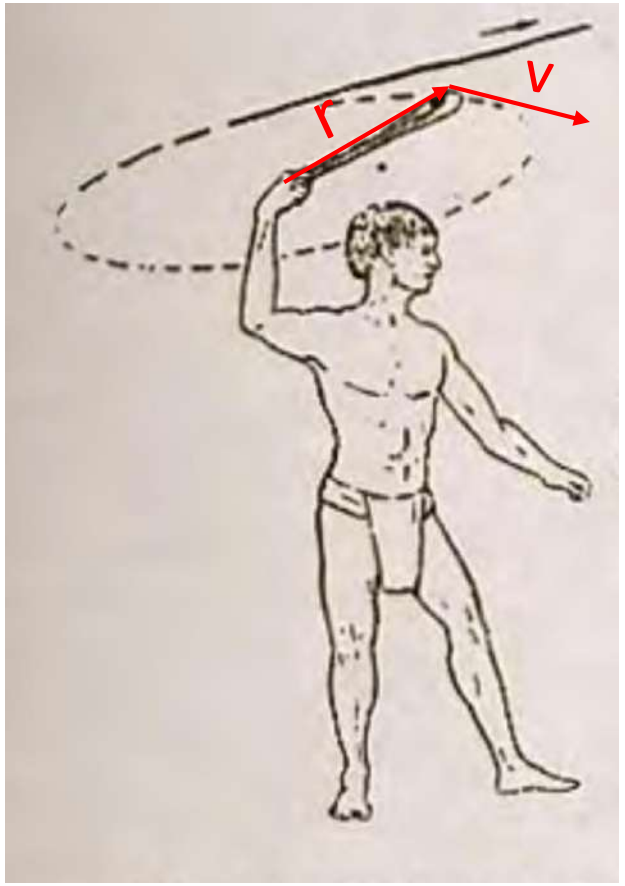
$E = mv^2/2$ $p = rmv$

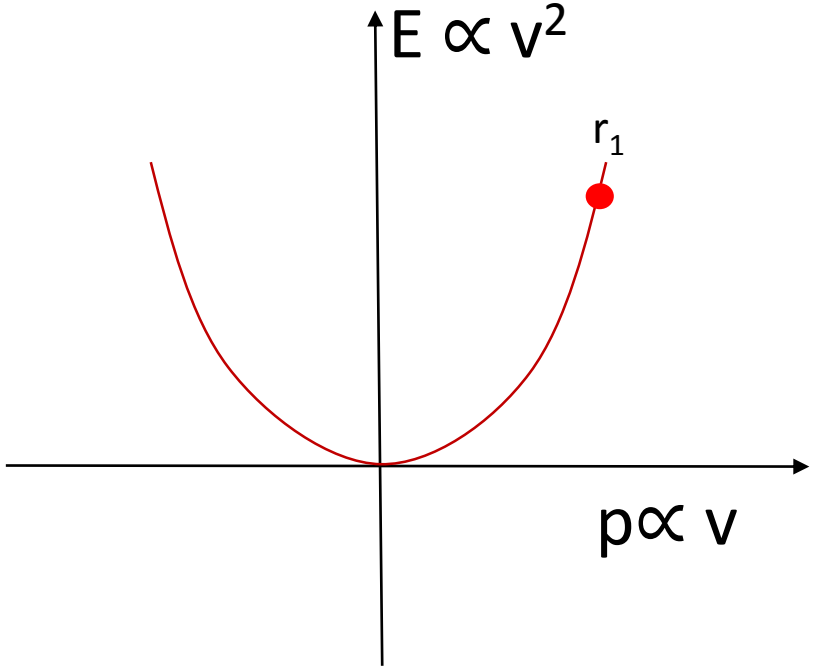




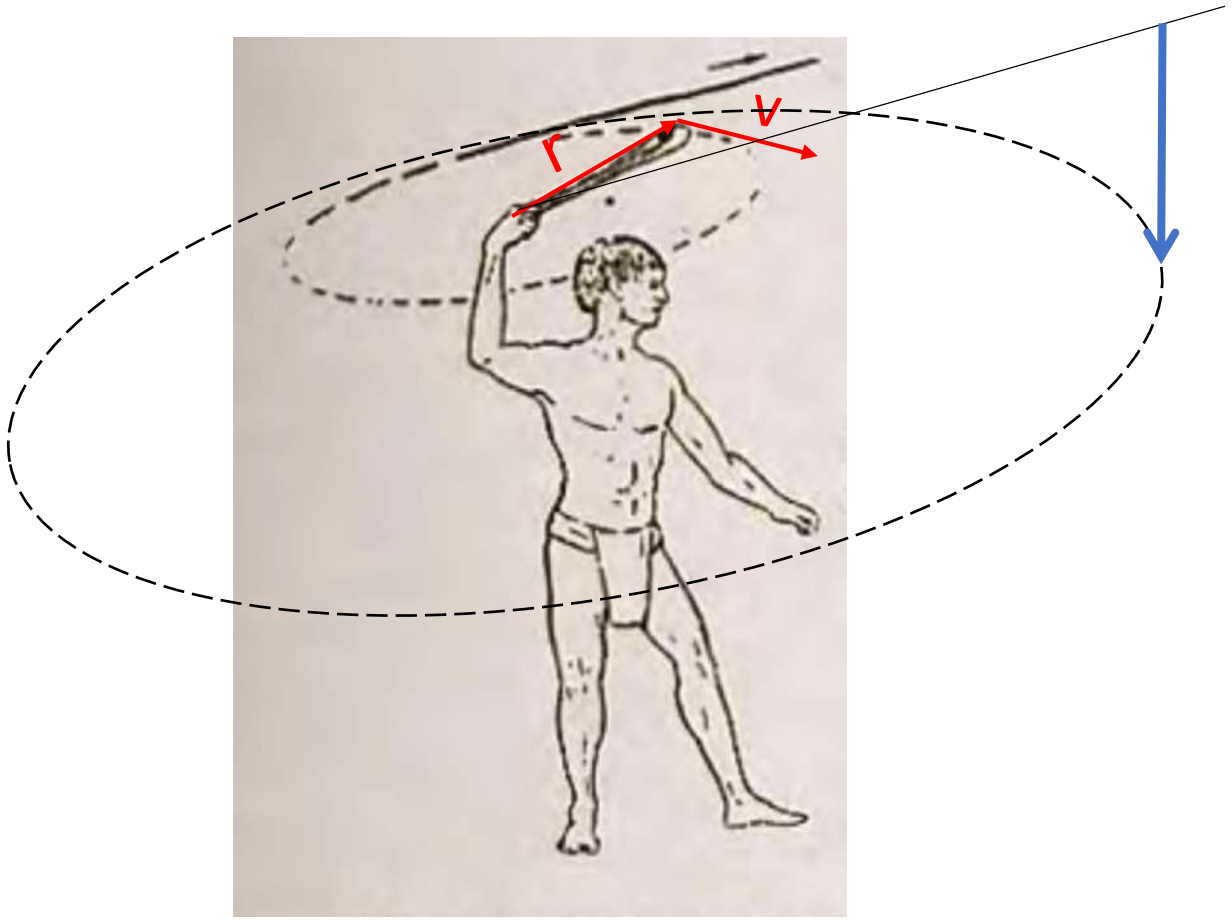
O diagrama energía – momento angular da pedra da atiradeira:

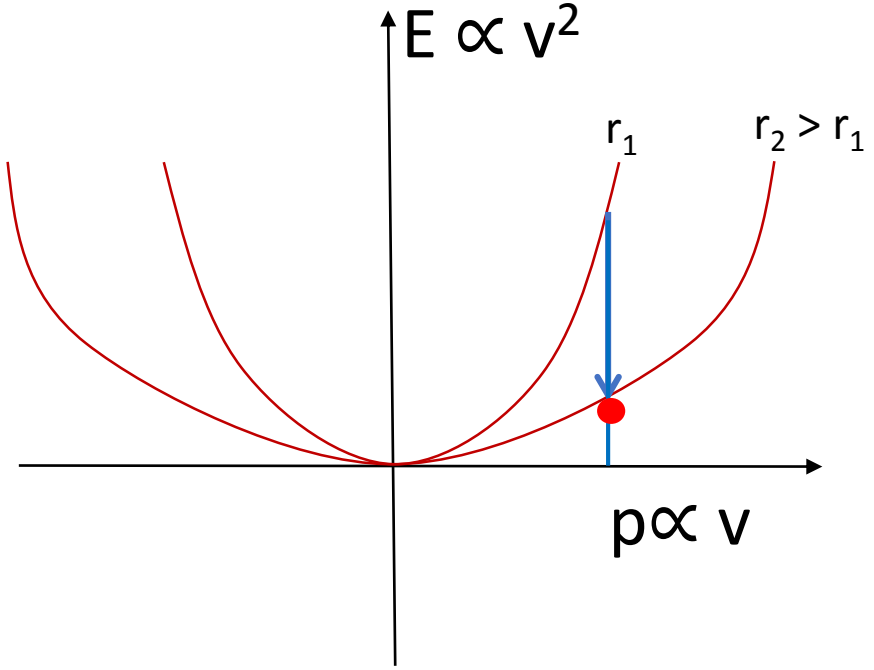
$E = mv^2/2$ $p = rmv$





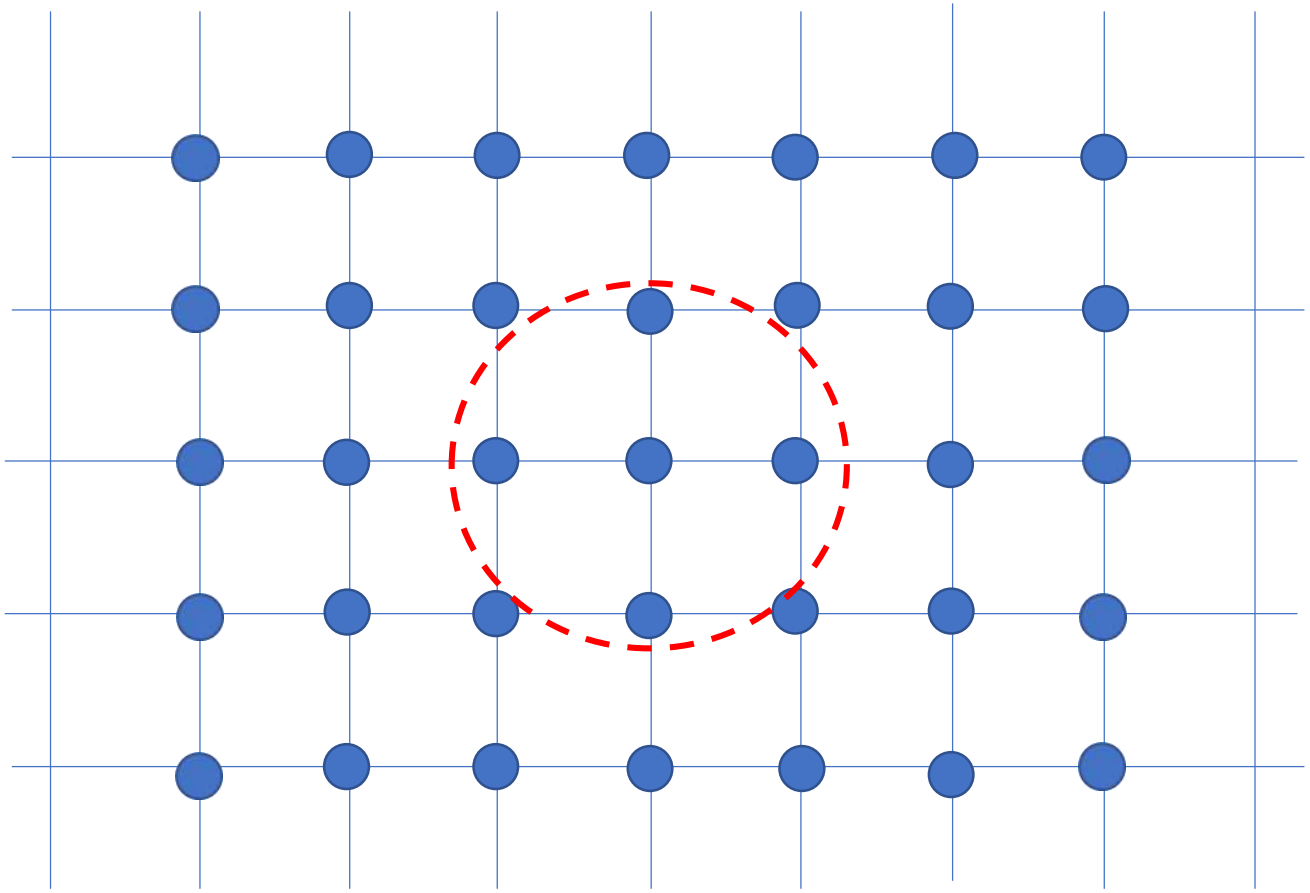
O diagrama energía – momento angular da pedra da atiradeira:

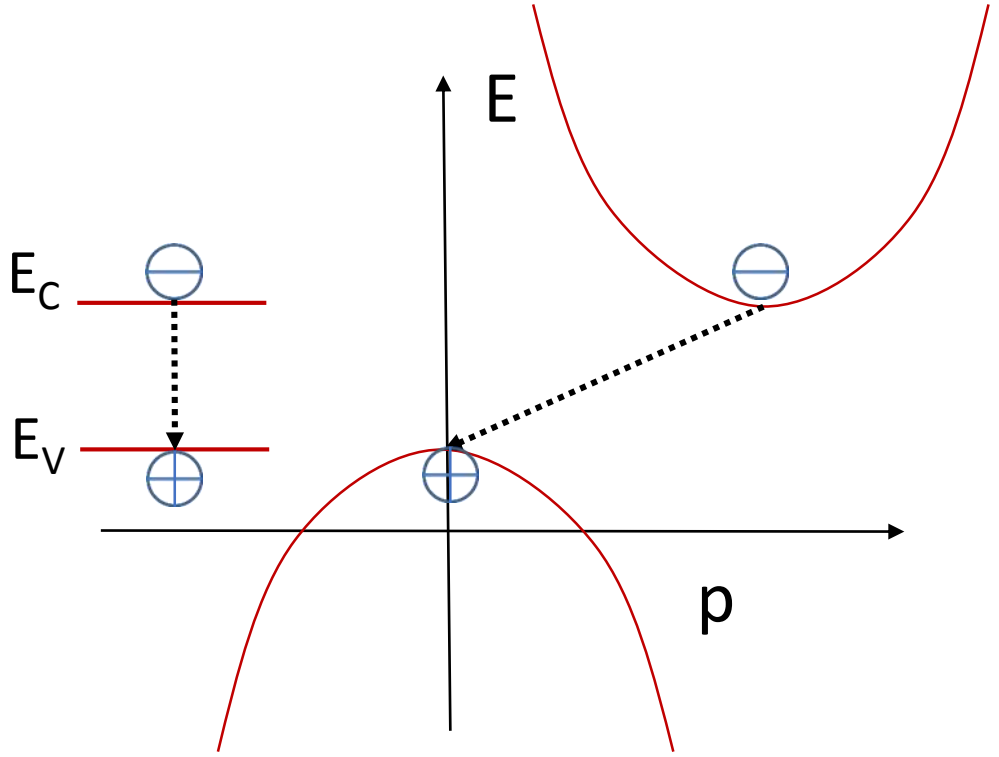




A transição de um estado de rotação para outro (de r_1 para $r_2 > r_1$) conserva o momento angular (que fica constante) e a energia total (ganha energia cinética e perde energia potencial). Por isso cai.

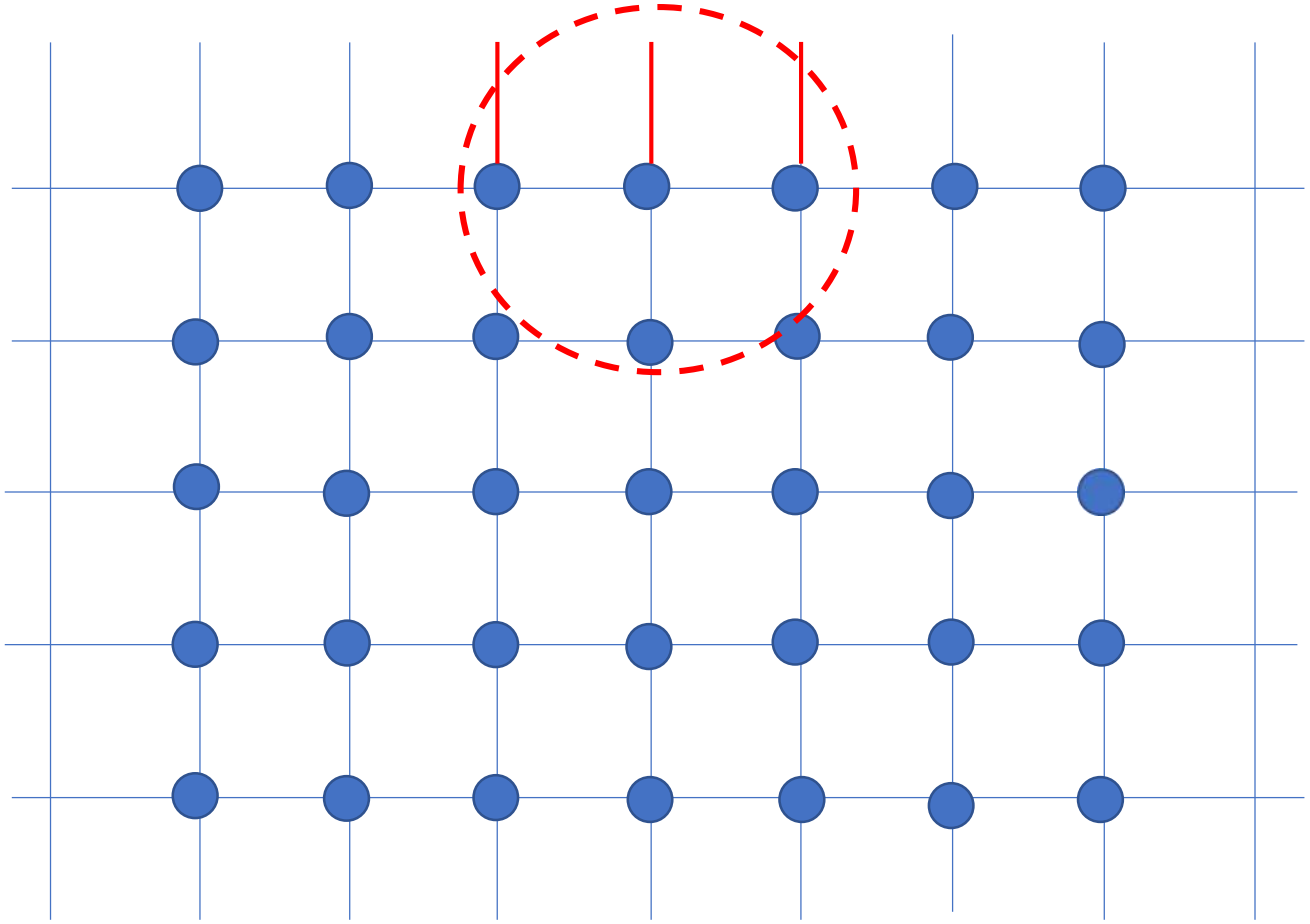
O diagrama energía – momento angular dos eletros num cristal de silicio:

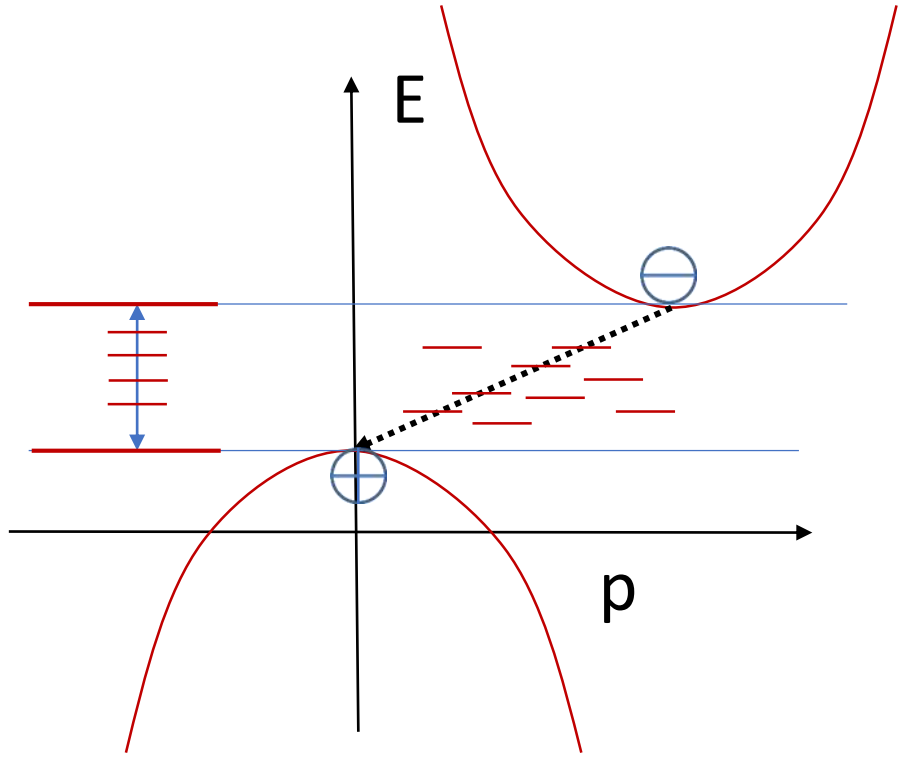




Interior do cristal → estructura periódica → diagramas E-P de “conduçao” e de “valencia” deslocados
A recombinaçao debe conservar E (emiçao de um foton) e p (precisa emitir um foton e um emisao de un fonon)
O salto e muito grande y e pouco probavel que aconteça de forma espontanea

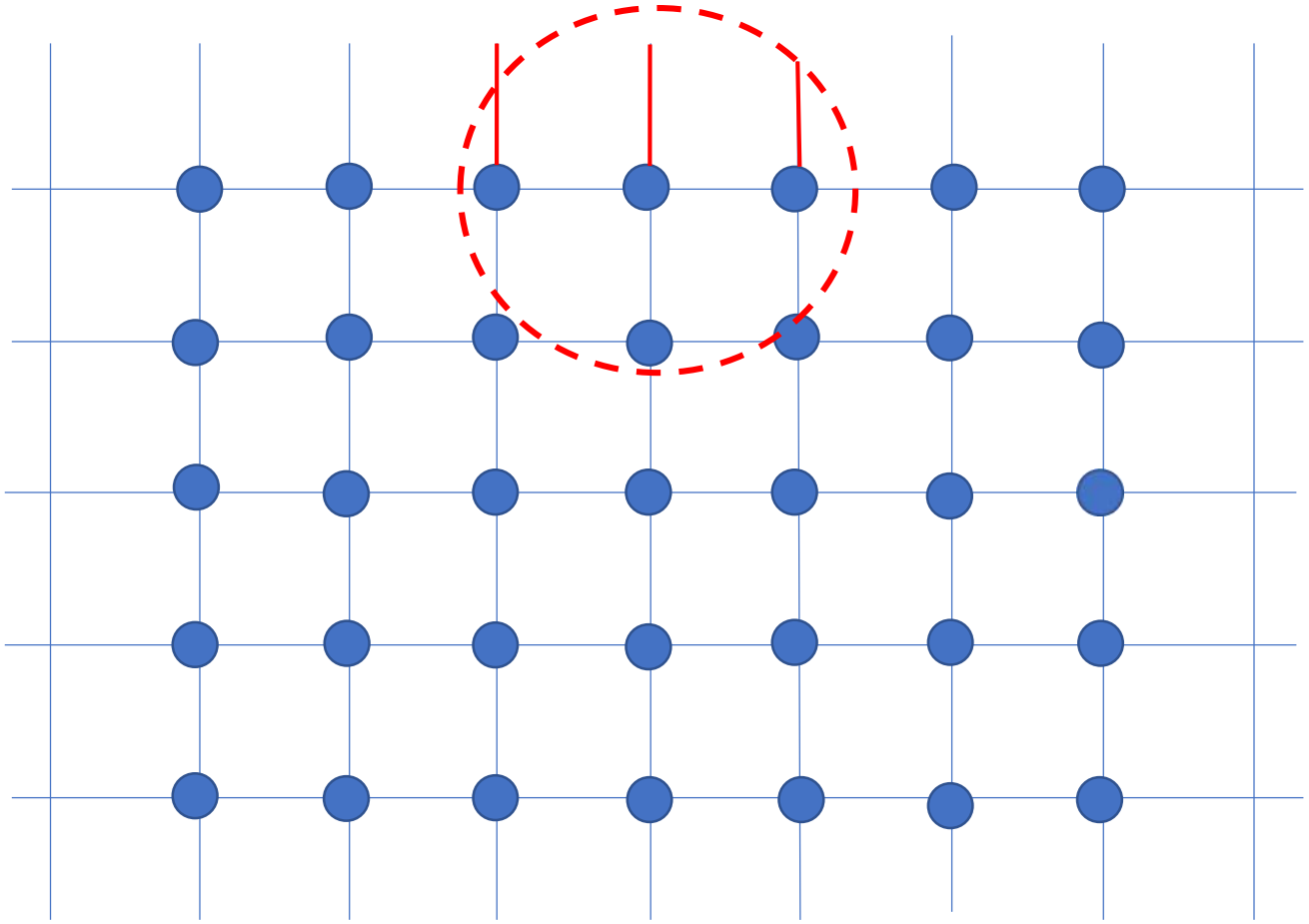
O diagrama energía – momento angular dos eletros num cristal de silicio:

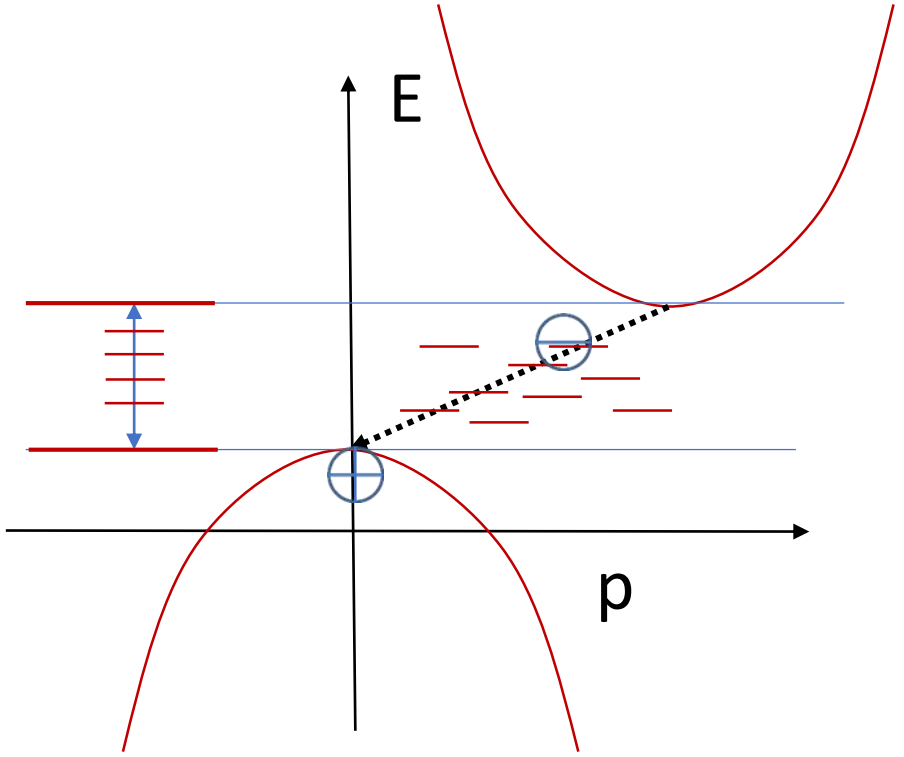




Superficie do cristal → ruptura da periodicidade → muitos asideiros na banda prohibida
A recombinaçao debe conservar E (emiçao de um foton) e p (emisao de un fonon)
Os saltos son pequeños e muito probavels

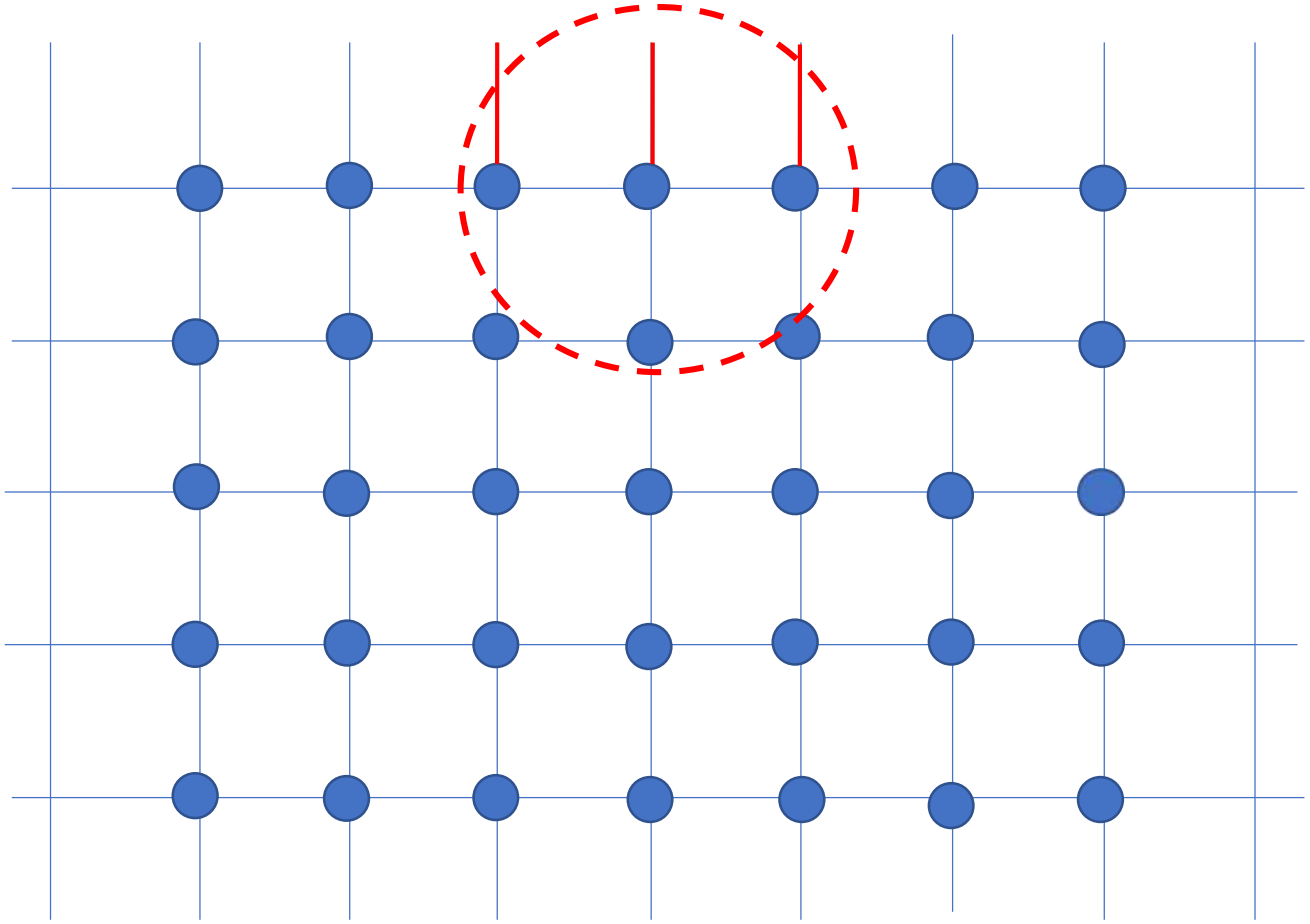
O diagrama energía – momento angular dos eletros num cristal de silicio:

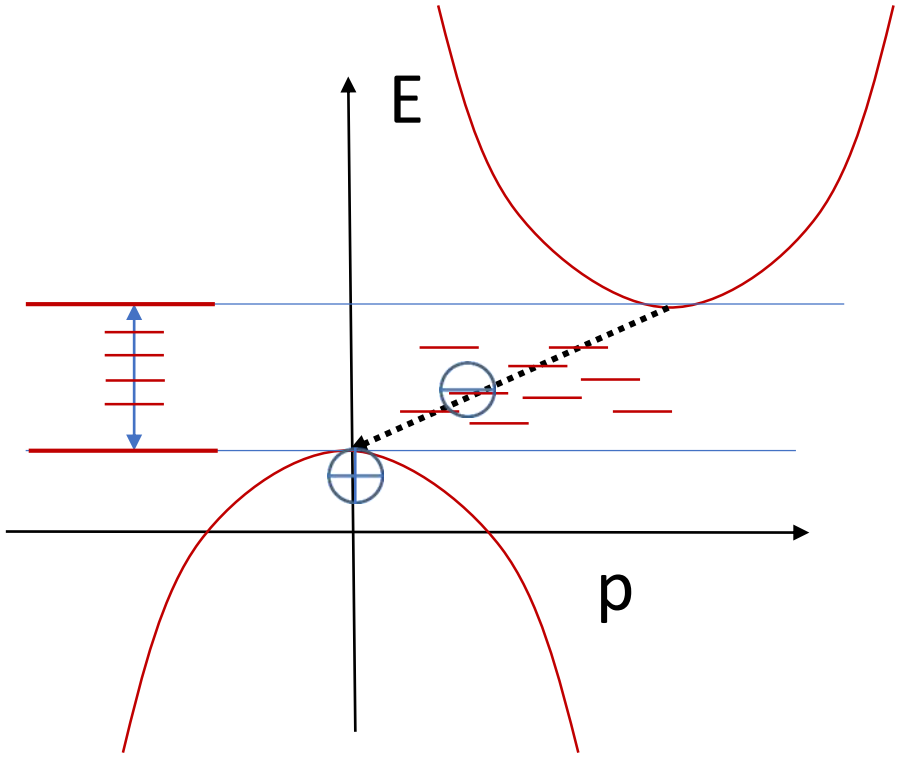




Superficie do cristal → ruptura da periodicidade → muitos asideiros na banda prohibida
A recombinaçao debe conservar E (emiçao de um foton) e p (emisao de un fonon)
Os saltos son pequeños e muito probavels

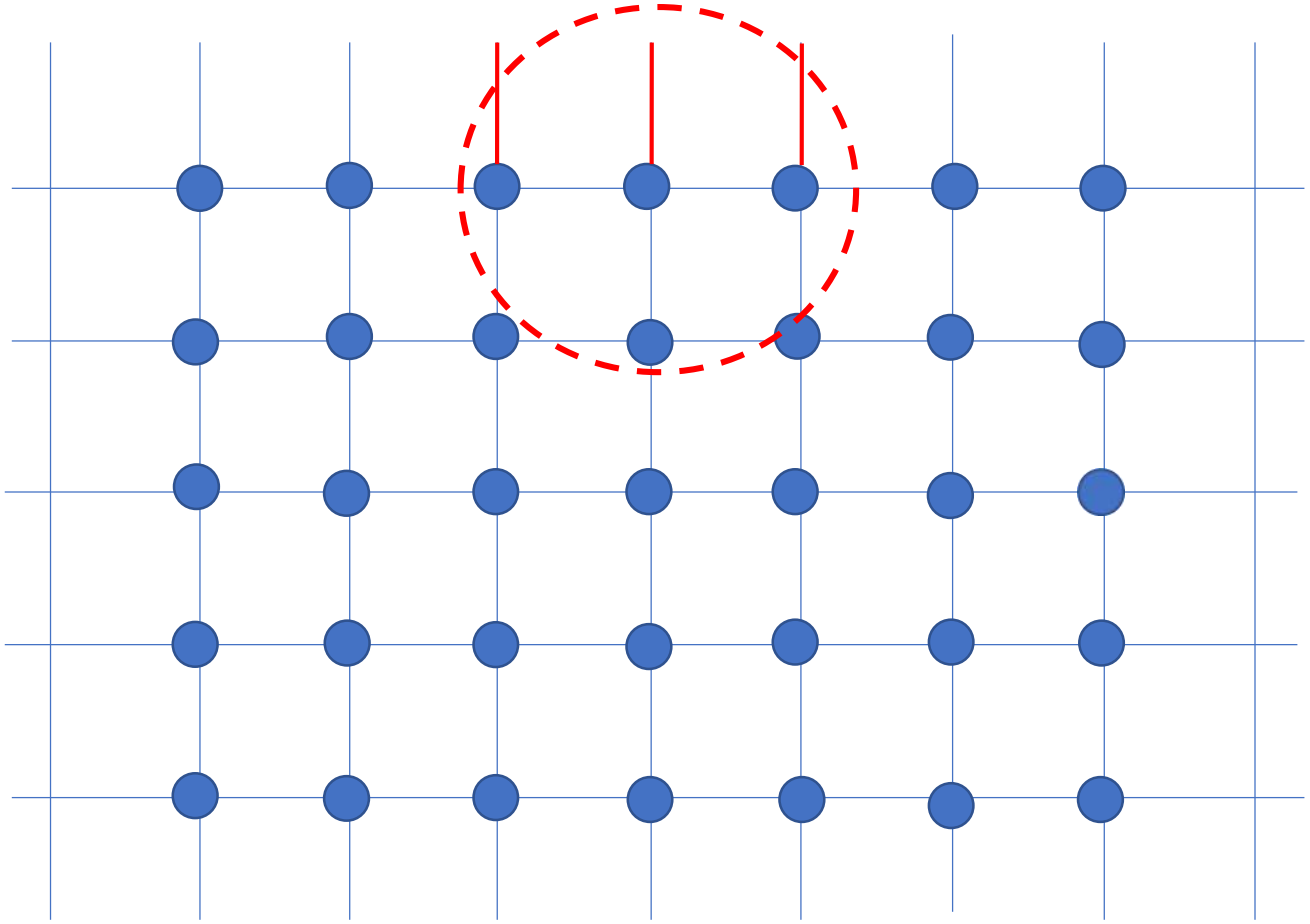
O diagrama energía – momento angular dos eletros num cristal de silicio:

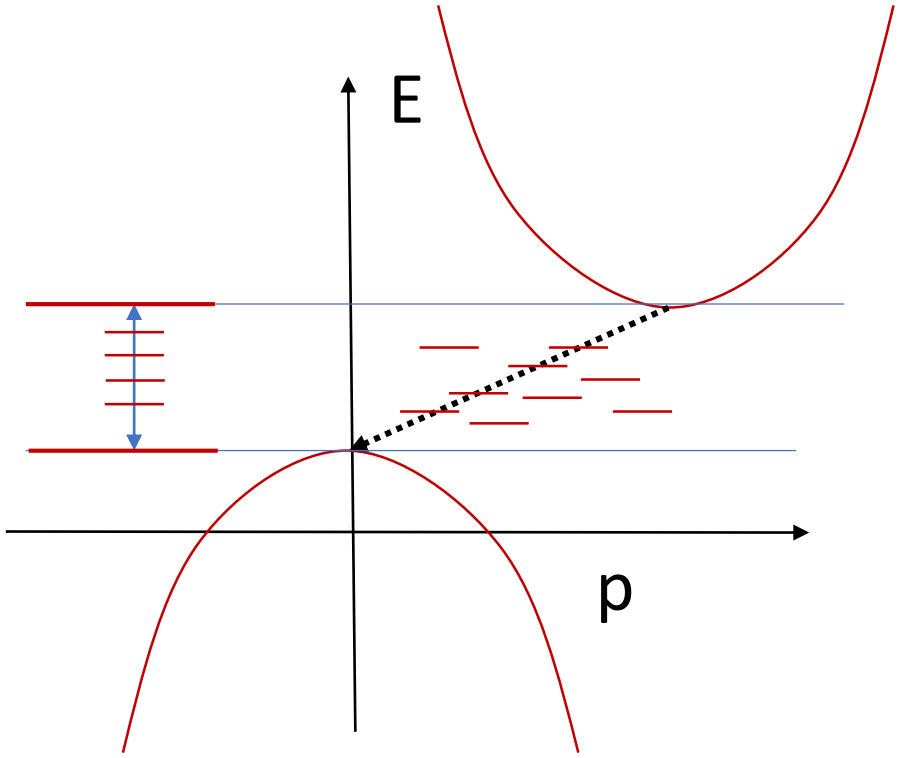




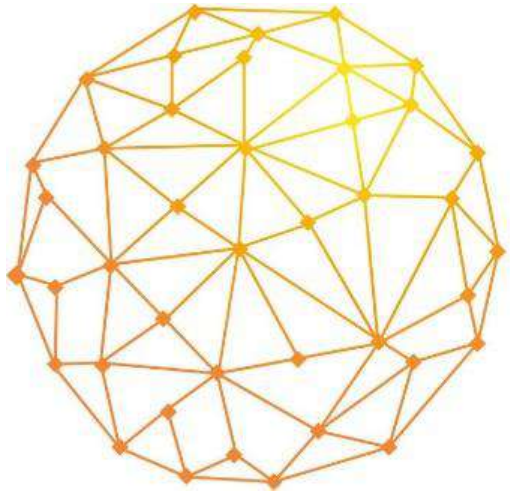
Superficie do cristal → ruptura da periodicidade → muitos asideiros na banda prohibida
A recombinaçao debe conservar E (emiçao de um foton) e p (emisao de un fonon)
Os saltos son pequeños e muito probavels

O diagrama energía – momento angular dos eletros num cristal de silicio:





Superficie do cristal → ruptura da periodicidade → muitos asideiros na banda prohibida
A recombinaçao debe conservar E (emiçao de um foton) e p (emisao de un fonon)
Os saltos son pequeños e muito probavels



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022

FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

Previsão do Recurso Solar

Habilitação Técnica para os leilões de energia e outros estudos da EPE.

Josina Ximenes
Analista de Pesquisa Energética de Geração | EPE

Maio de 2022

Empresa de Pesquisa Energética



Sobre a EPE
Empresa de pesquisa Energética

Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública federal vinculada ao Ministério de Minas e Energia

Desenvolvemos estudos e estatísticas energéticas para subsidiar a formulação, implementação e avaliação da política energética nacional

www.epe.gov.br

Integrante do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)

Tópicos

- **Requisitos para os leilões de energia**
- **Informações dos projetos cadastrados**
- **Dados de entrada para modelos.**
- **Plano Decenal de Expansão (PDE) e outras publicações da EPE**

Cadastramento e habilitação técnica para Leilões de geração de energia

Requisitos relacionados ao recurso solarimétrico

Habilitação Técnica dos Projetos nos Leilões



Portaria MME n. 102/2016

Art. 3º **Caberá à EPE cadastrar e habilitar tecnicamente** as seguintes categorias de empreendimentos de geração, para fins de participação nos leilões de energia de que trata o art. 1º, devidamente registrados na ANEEL:

....

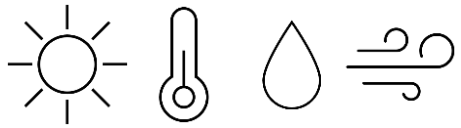
Art. 4º Os empreendedores que pretenderem propor a inclusão dos aproveitamentos ou projetos registrados na ANEEL nos leilões, de que trata o art. 1º, deverão requerer o cadastro para obtenção da Habilitação Técnica dos respectivos empreendimentos à EPE, **em conformidade com os requisitos estabelecidos nesta Portaria e nas instruções da EPE**, publicadas no sítio eletrônico - www. epe. gov. br

Requisitos dos dados solarimétricos

Medições Solarimétricas

- Realizadas em pelo menos uma estação solarimétrica, dentro de um raio de **até 10 km** do local do empreendimento.

- Grandezas medidas: **Irradiação Global Horizontal**, dados de **temperatura**, da **umidade relativa do ar** e **velocidade do vento**.



- A frequência de medição: a cada segundo e os **dados integralizados a cada dez minutos**.

- A campanha de medições deverá ter período não inferior a **12 (doze) meses consecutivos**.

- O índice de **perda de dados** deverá ser **inferior a 10%** (dez por cento) e o período contínuo de **ausência de medições** não poderá superar **15 (quinze) dias.**

- No caso de perdas de dados, deve-se informar a taxa de perda e a origem da recuperação dos dados por meio de correlação com outras fontes representativas da região.

Requisitos dos dados solarimétricos

Estações Solarimétricas

Deverão ser apresentados os certificados de **calibração** de todos os instrumentos de medição da irradiação instalados.

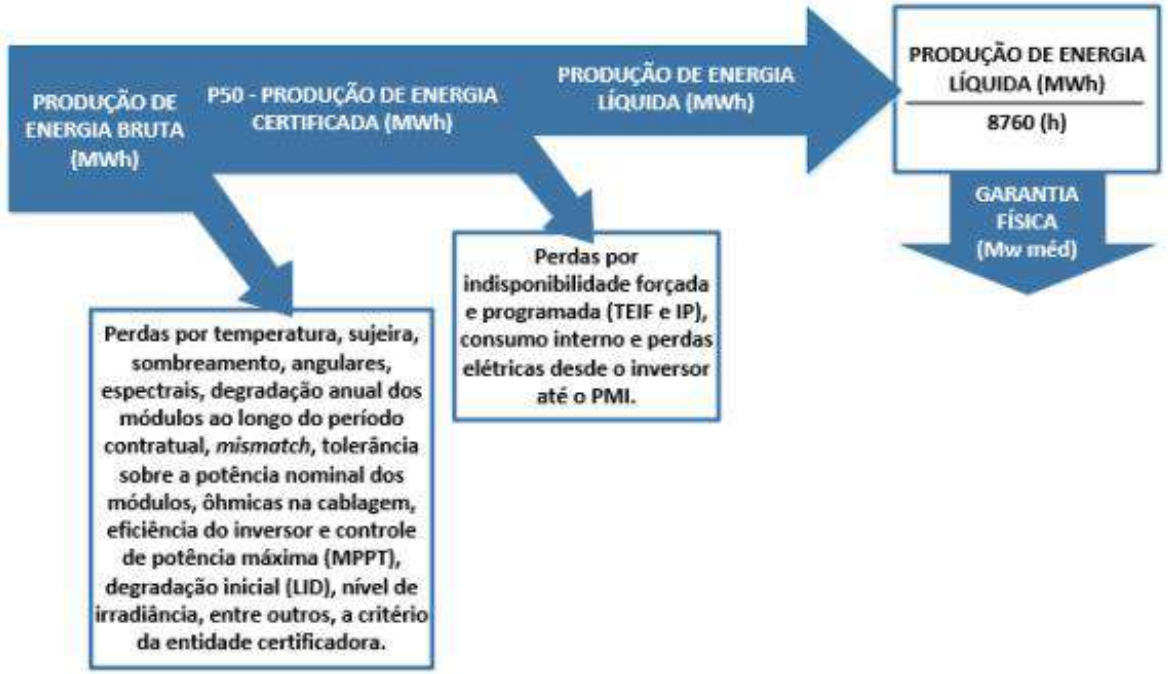
A estação deve estar equipada, no mínimo, com instrumentos de medição de irradiância global horizontal (dois **piranômetros, padrão Classe B Spectrally Flat (First Class) ou superior, conforme norma ISO 9060:2018, orientados no plano horizontal**), umidade relativa, temperatura e velocidade do vento.



Exemplo de Estação Solarimétrica.
Fonte: https://www.romiotto.com.br/estacao-solarimetrica.php

Dados solarimétricos e produção anual de energia

- Os dados devem ser analisados, tratados e correlacionados com outras fontes de longo prazo (ao menos 10 anos) e ajustados.
- A partir dos dados de longo prazo ajustados, obtém-se o ano meteorológico típico, contendo, no mínimo, dados de irradiação e temperatura.
- A partir desses dados, calcula-se, então, a produção de energia.

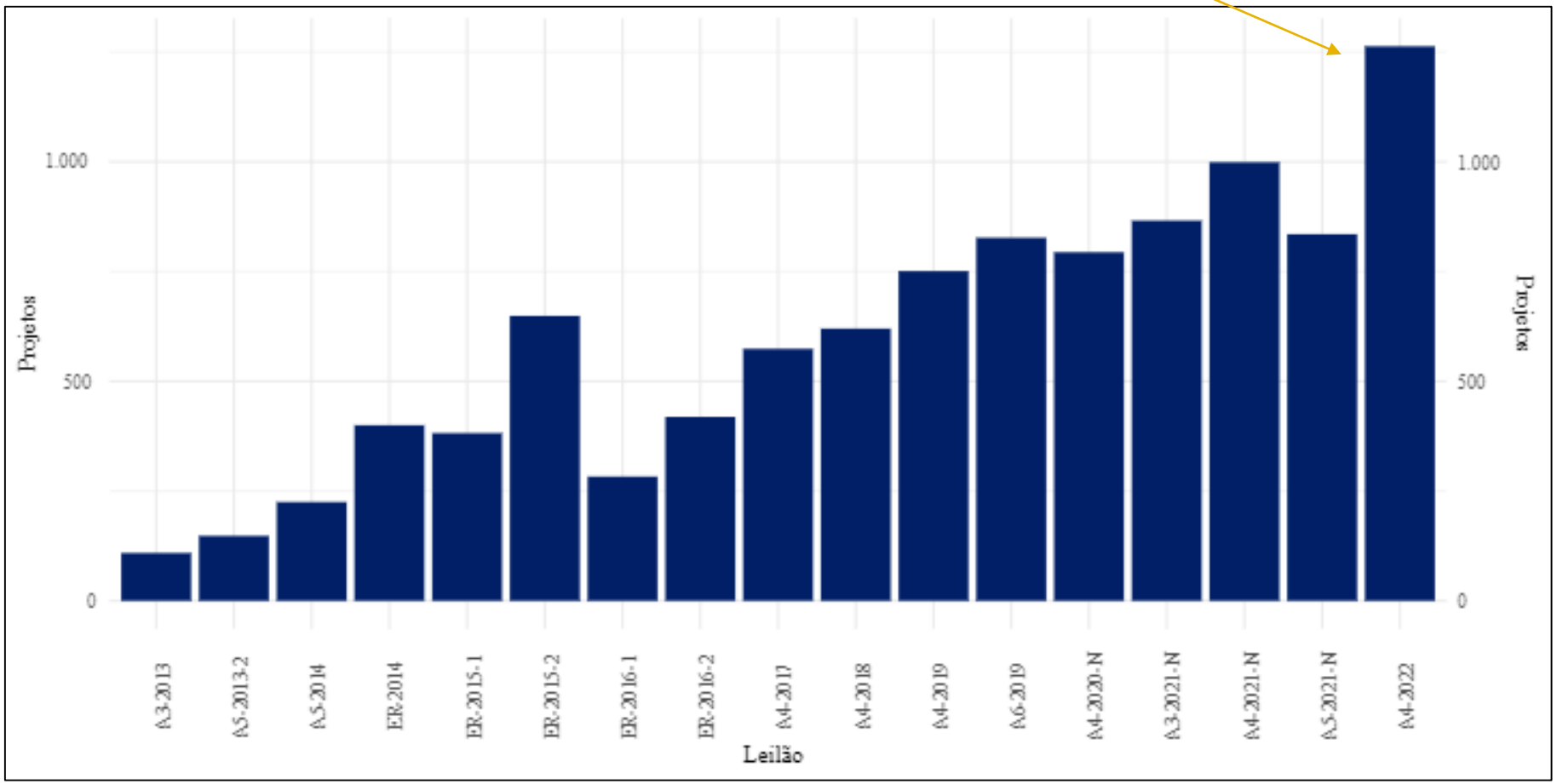


Incerteza Padrão na Estimativa de Produção Anual de Energia de Longo Prazo (%)	
Incerteza dos Dados Solarimétricos (%)	
Incerteza da Variabilidade Interanual do Recurso (%)	
Incerteza da Variabilidade Espacial (%)	
Incerteza da Representatividade do Período Monitorado (%)	
Incerteza da Transposição para o Plano dos Módulos (%)	
Incerteza do Modelo e Simulação Energética (%)	
Incerteza no Cálculo de Perdas da Planta Solar (%)	
Outras Incertezas Consideradas (%)	
Incerteza Padrão Resultante (%)	

Informações dos projetos nos Leilões

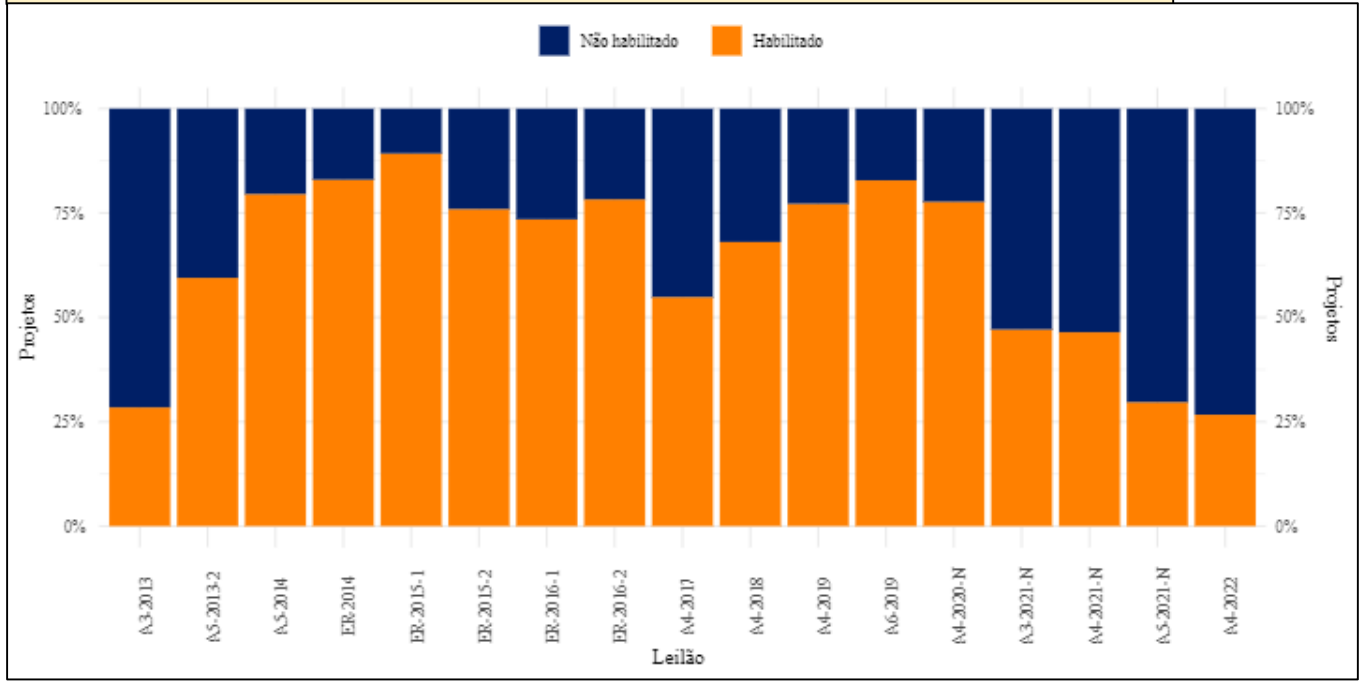
Projetos Fotovoltaicos cadastrados

Mais de 1.200 projetos de usinas solar fotovoltaicas.

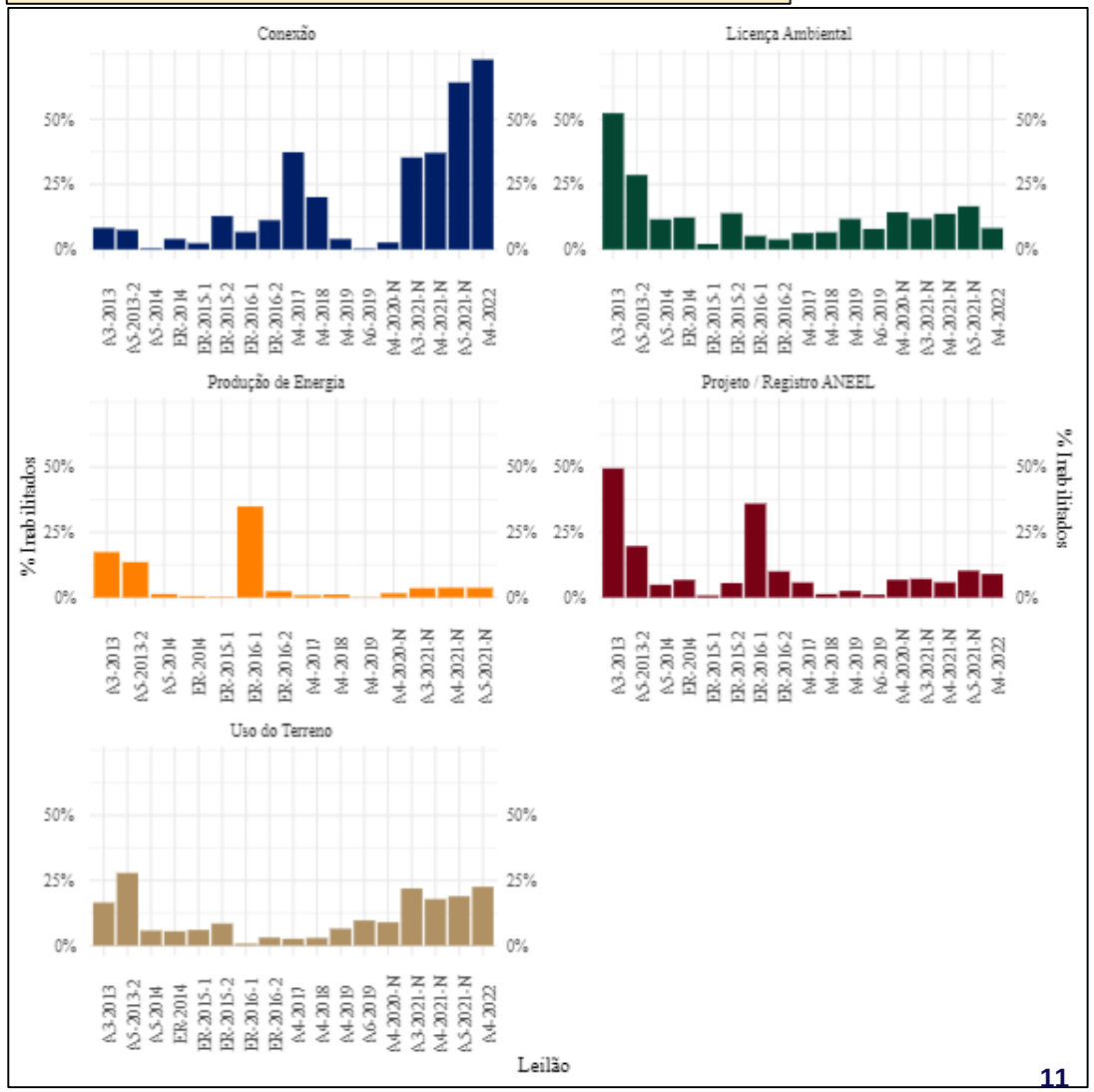


Habilitação

Percentual de projetos habilitados e inabilitados por leilão

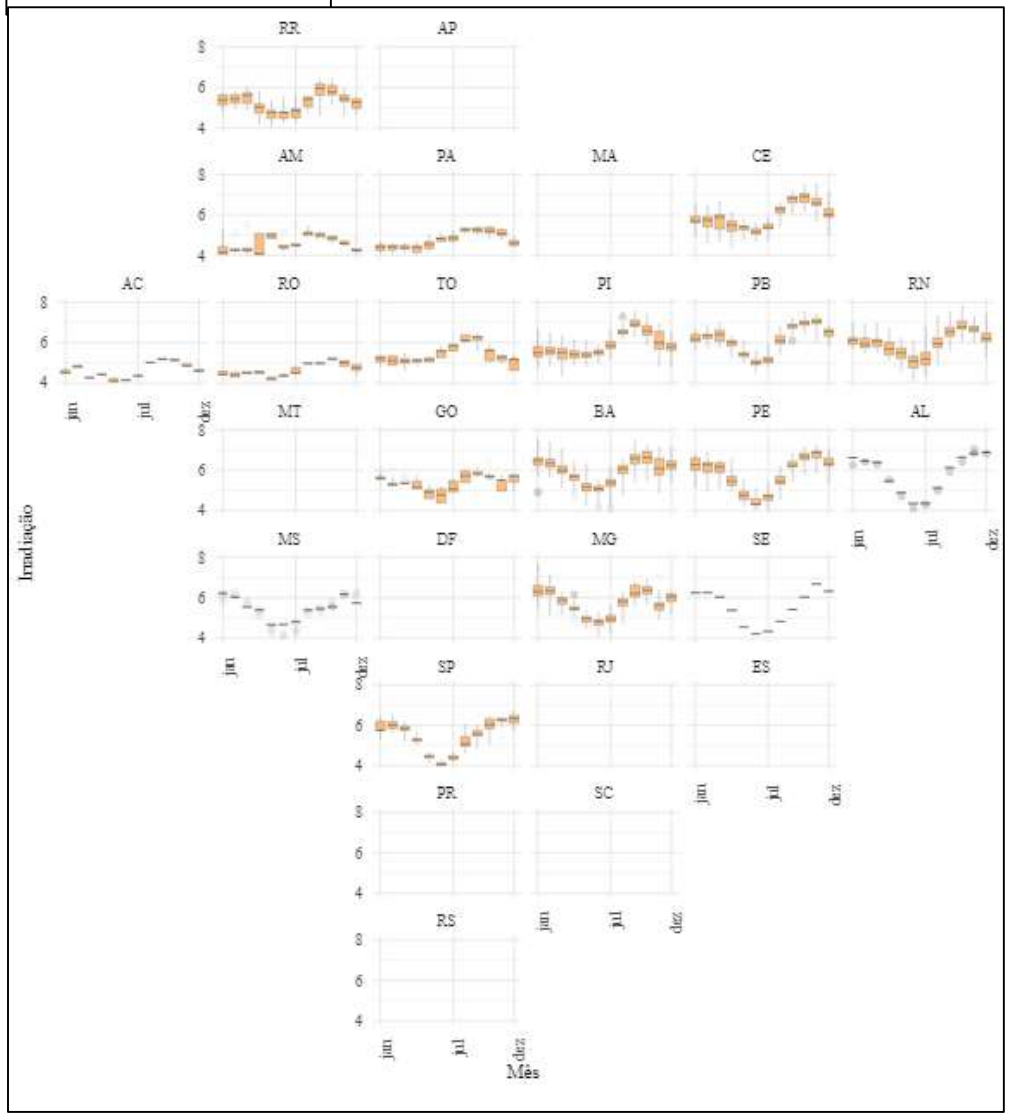


Motivos de Não Habilitação



Irradiação Global Horizontal

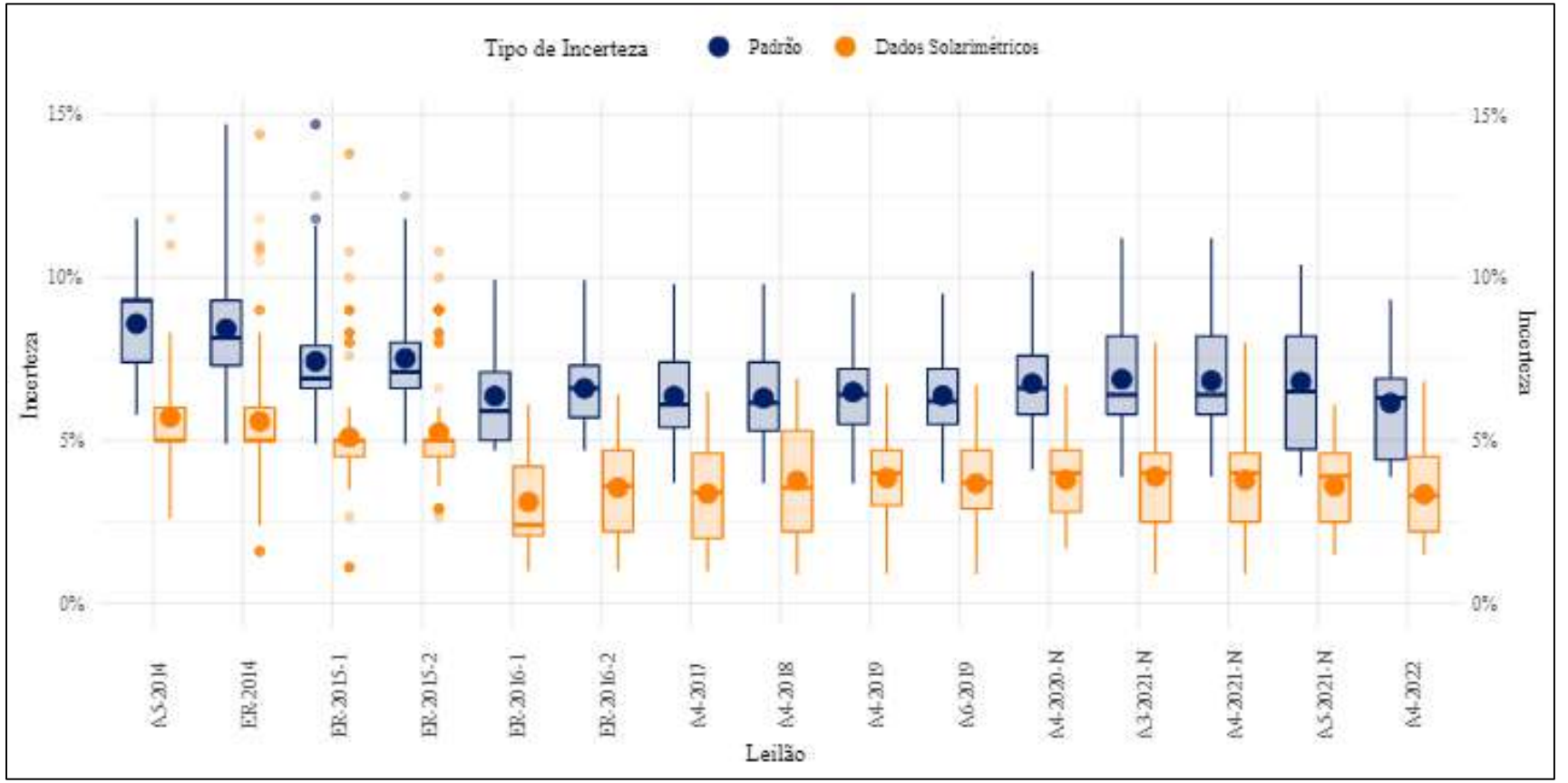
Sazonalidade



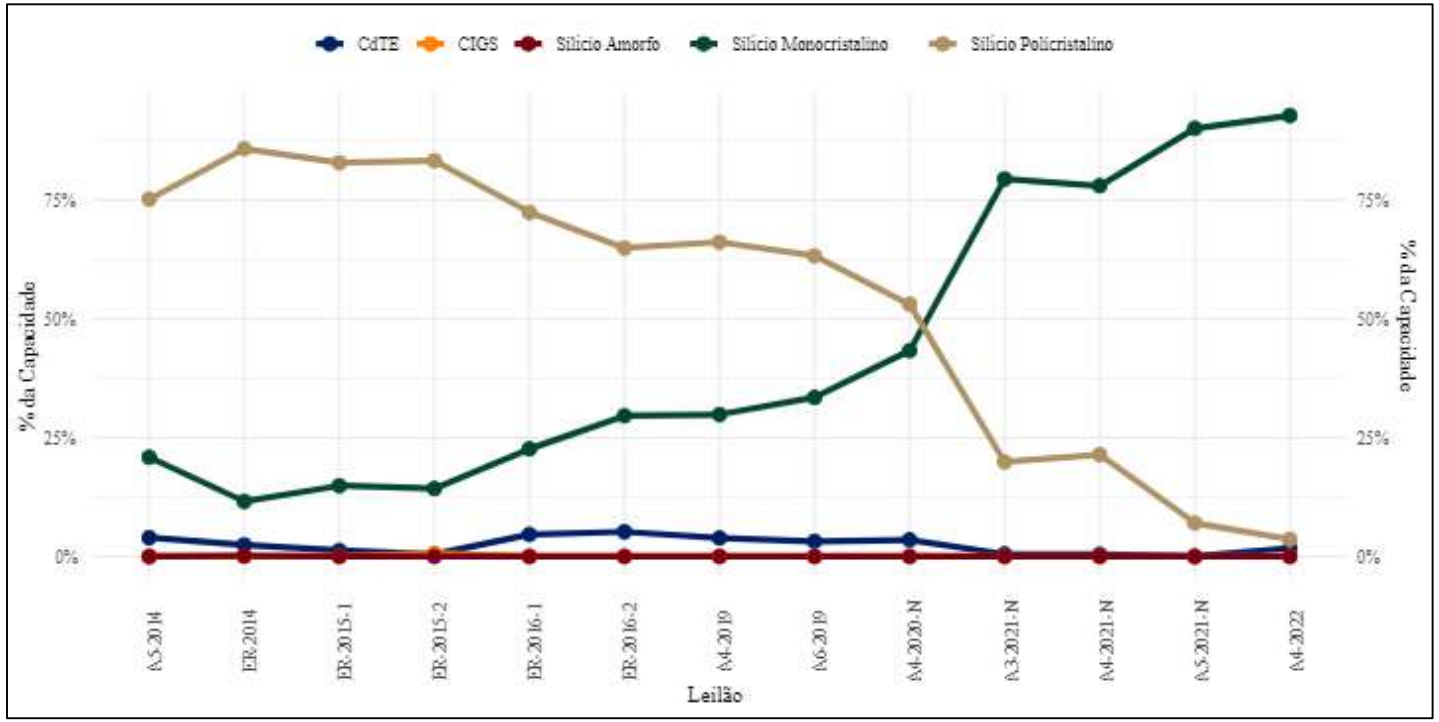
Densidade de Frequência

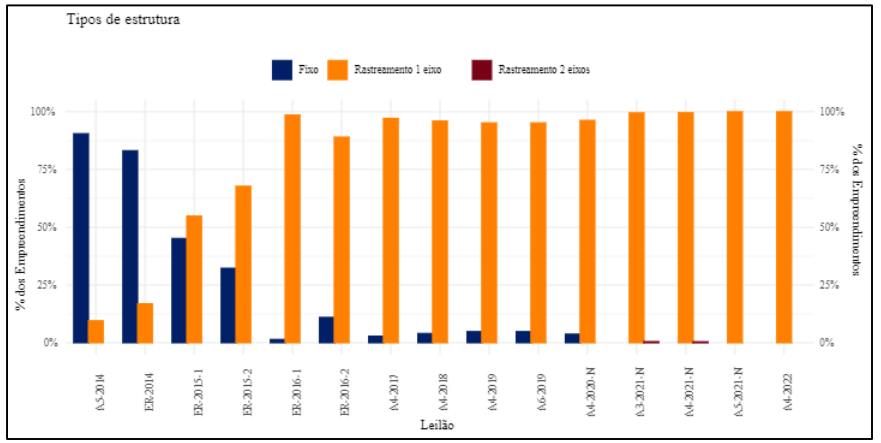


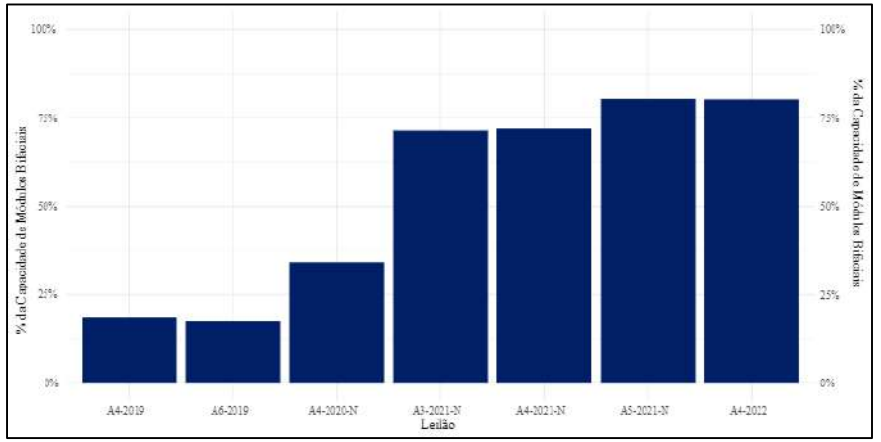
Incertezas dos dados solarimétricos



Tecnologias







Dados de entrada para os modelos

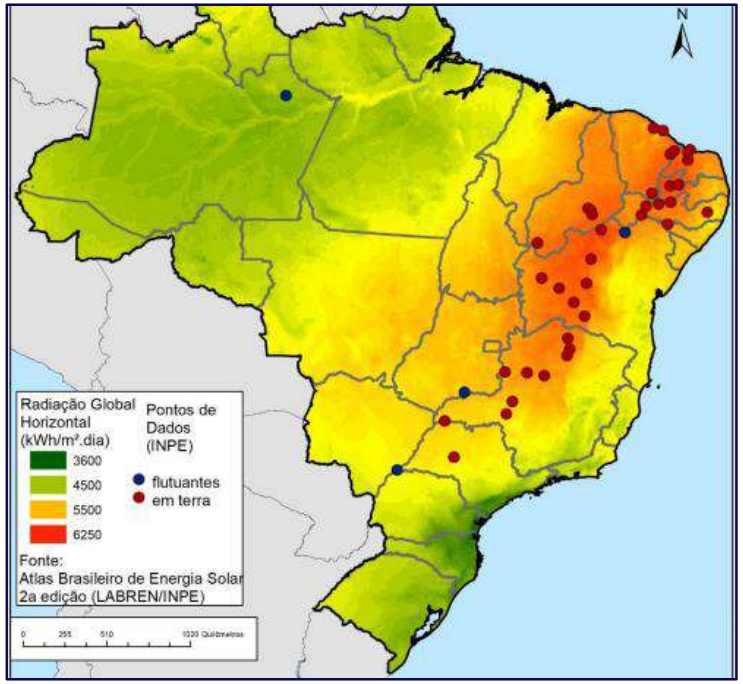
Metodologia e premissas para dados de entradas dos modelos



Apresenta a metodologia e as premissas para obtenção de dados de geração representativos das usinas eólicas (*onshore* e *offshore*) e fotovoltaicas (centralizadas e flutuantes) para os estudos de planejamento da geração e transmissão realizados pela EPE.

Geração fotovoltaica:

Base de Dados	Variáveis usadas	Altura	Período usado	Quantidade de pontos	Resolução temporal
AEGE	Fator de capacidade Dados de projetos	Não se aplica	Média de longo prazo	935 parques solares	Mensal
BRASIL-SR	Irradiação	Não se aplica	2006 a 2017	42 locais	Horária
MERRA2	Temperatura	Não se aplica	2006 a 2017	42 locais	Horária



Metodologia e premissas para dados de entradas dos modelos

Dados para o PDE

NEWAVE / MDI	Balanço de Potência
•Fator de capacidade mensal (AEGE) - Desagregação em patamares a partir dos dados de geração horária	Geração horária estimada a partir dos dados de IGH* e temperatura, simulados para uma usina padrão.

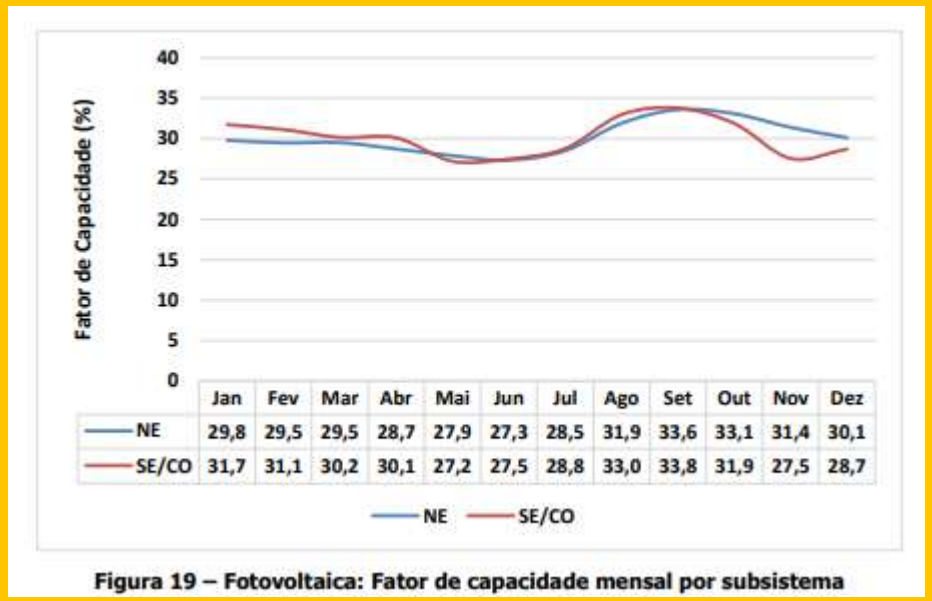


Figura 19 – Fotovoltaica: Fator de capacidade mensal por subsistema

Módulos	
Tipo de célula:	Silício monocristalino
Dimensões:	1.960 x 1.000 x 40 mm
Potência nominal máxima:	375 W
Eficiência do módulo:	19,02%
Inversores	
Potência CA:	3.109 kW
Arranjo	
Módulos em série:	24
Séries em paralelo:	444
Potência CC total	3.997 kW
Fator de dimensionamento	0,78
Estrutura	Rastreamento 1 eixo

Dados para estudos elétricos

Divisão espacial	Resolução temporal
37 localidades	1 hora

*Irradiação Global Horizontal

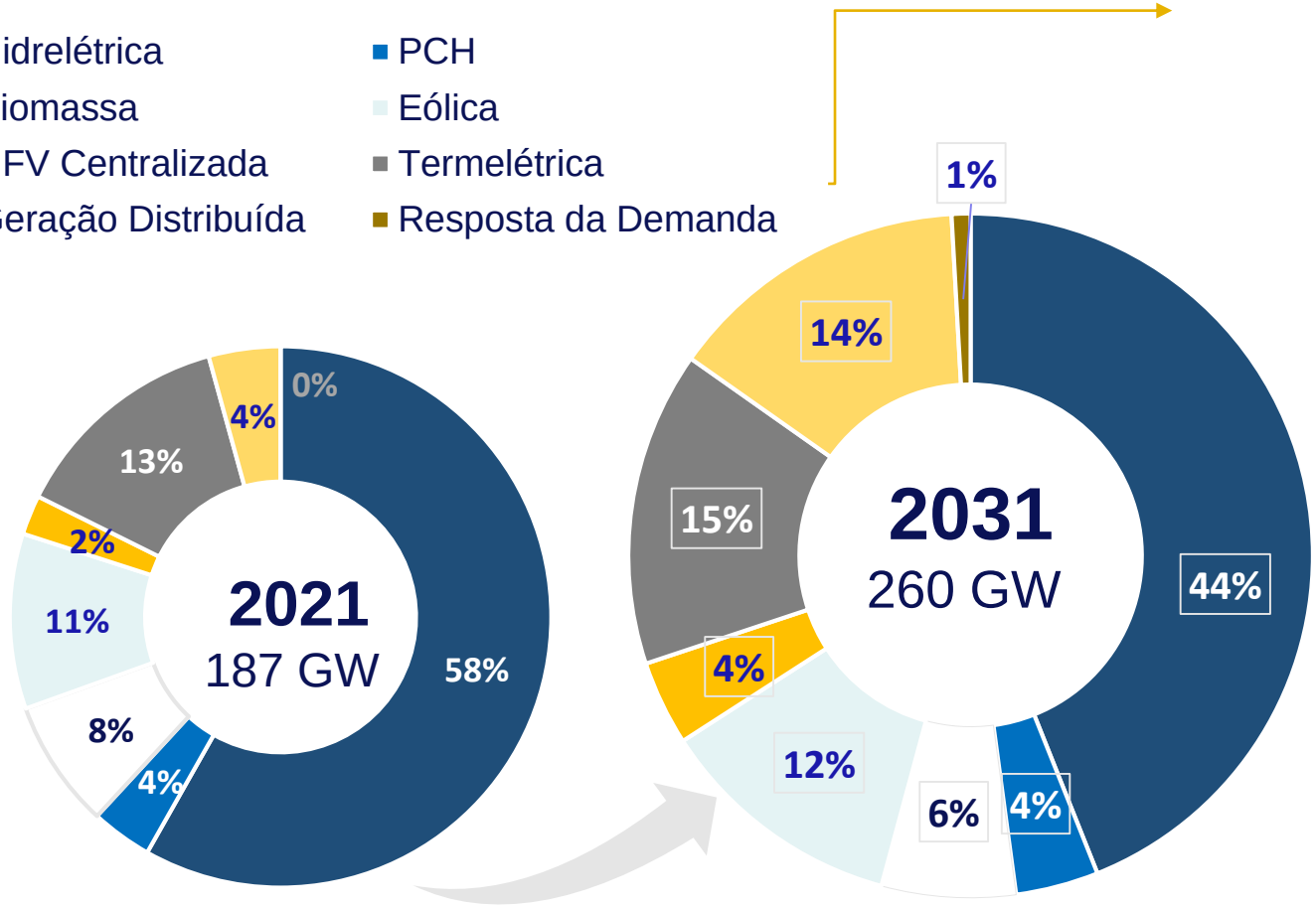
PDE e outros estudos

PDE 2031 | Cenário de Referência: Expansão

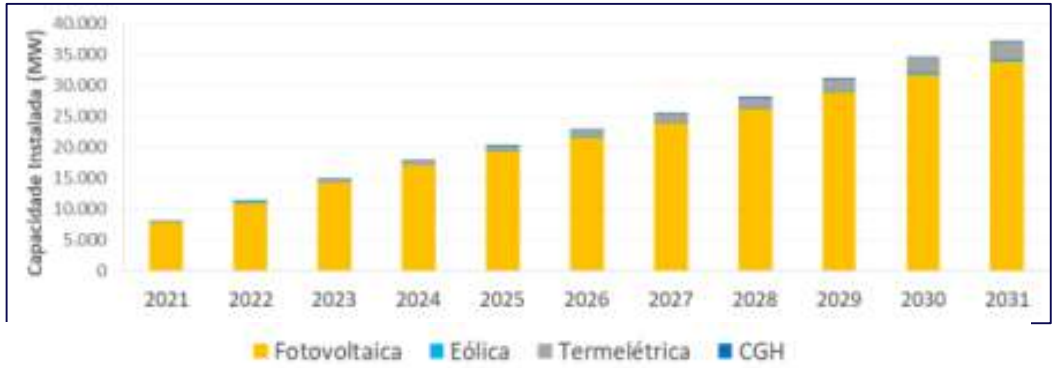
Configuração do Cenário de Referência

Capacidade Total Instalada (geração centralizada+GD)

- Hidrelétrica
- PCH
- Biomassa
- Eólica
- UFV Centralizada
- Termelétrica
- Geração Distribuída
- Resposta da Demanda

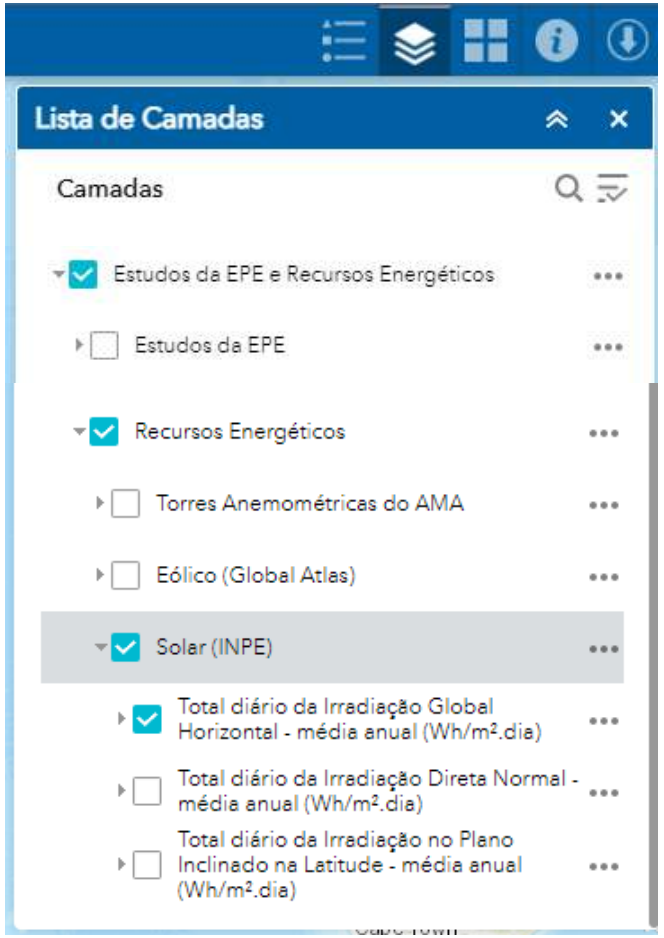


Expansão em capacidade de Mini e Micro Geração distribuída.



WEBMAP EPE https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/webmap-epe



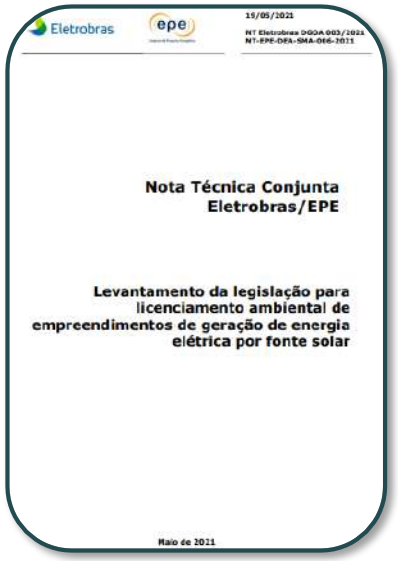


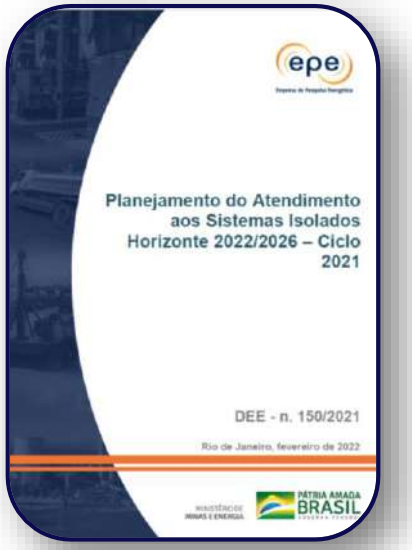
Fonte dos dados: Atlas Brasileiro de Energia Solar, INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html

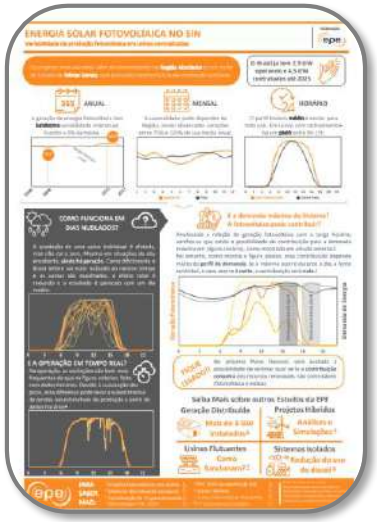
Outras publicações da EPE















Obrigada!

Josina Saraiva Ximenes
Analista de Pesquisa Energética

/epe.brasil

epe_brasil

@epe_brasil

/EPEBrasil

Empresa de Pesquisa Energética

Empresa de Pesquisa Energética

Praça Pio X, 54. Centro
20040-020- Rio de Janeiro
www.epe.gov.br

Imagem: https://blog.bluesol.com.br/usina-solar-no-brasil/



Operador Nacional do Sistema Elétrico

Desafios do ONS na operação e planejamento do SIN considerando a geração solar fotovoltaica

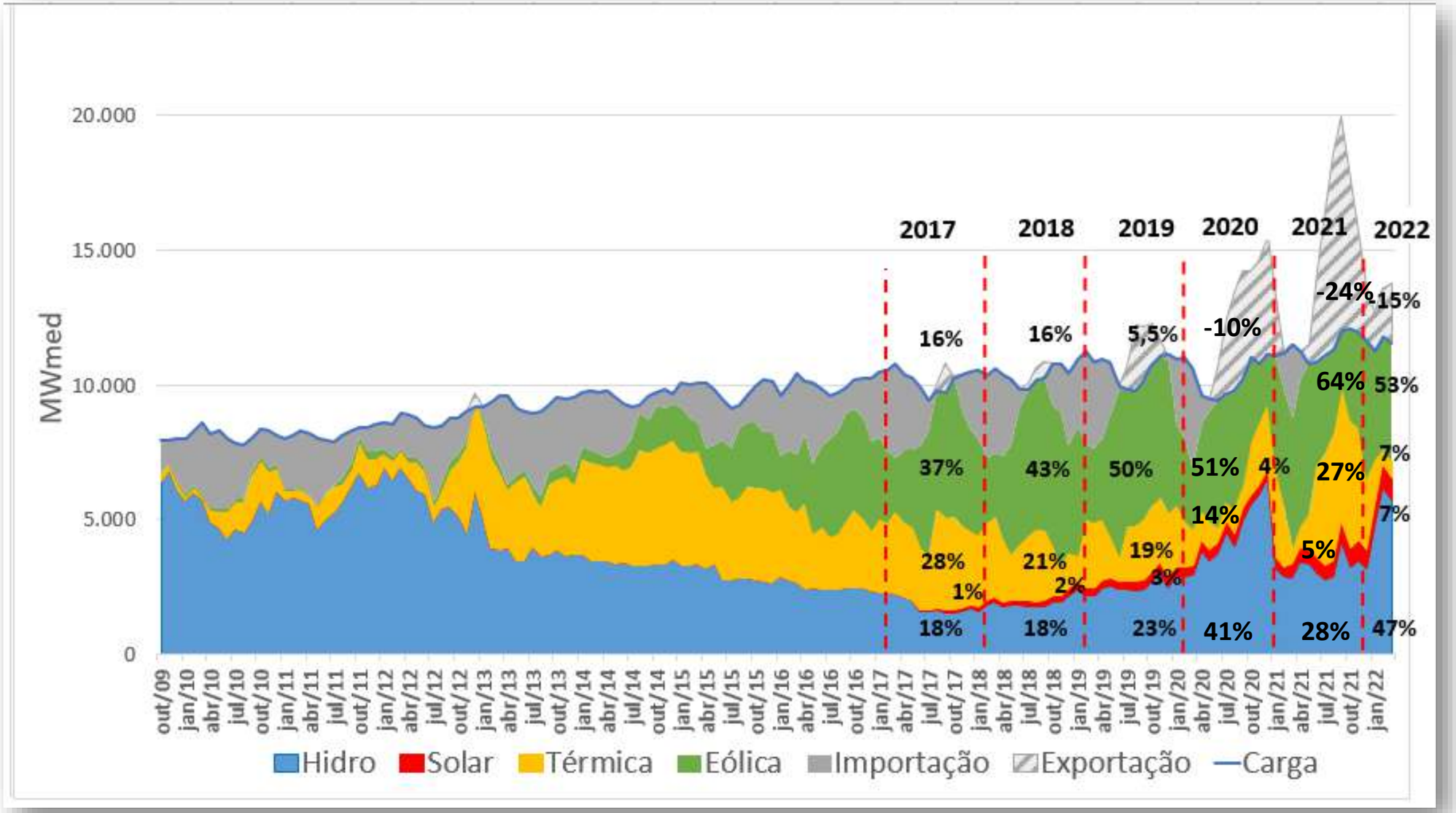
Congresso Brasileiro de Energia Solar – CBENS 2022

Florianópolis, 23 de maio de 2022

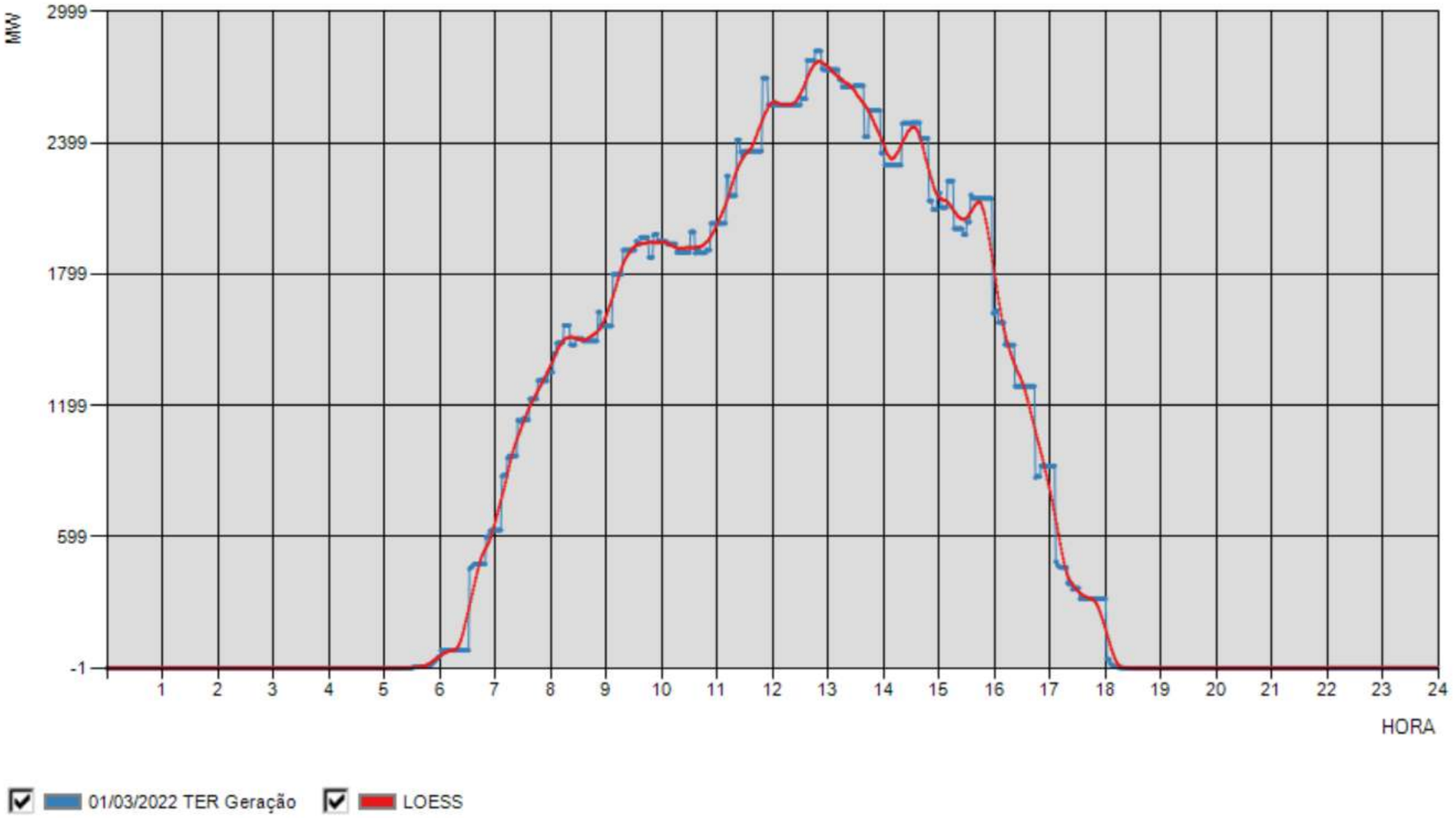
Operador Nacional do Sistema Elétrico

Desafios para operação sistêmica devido a alta variabilidade

Balanço Energético do Nordeste – out/2009 a abril/2022



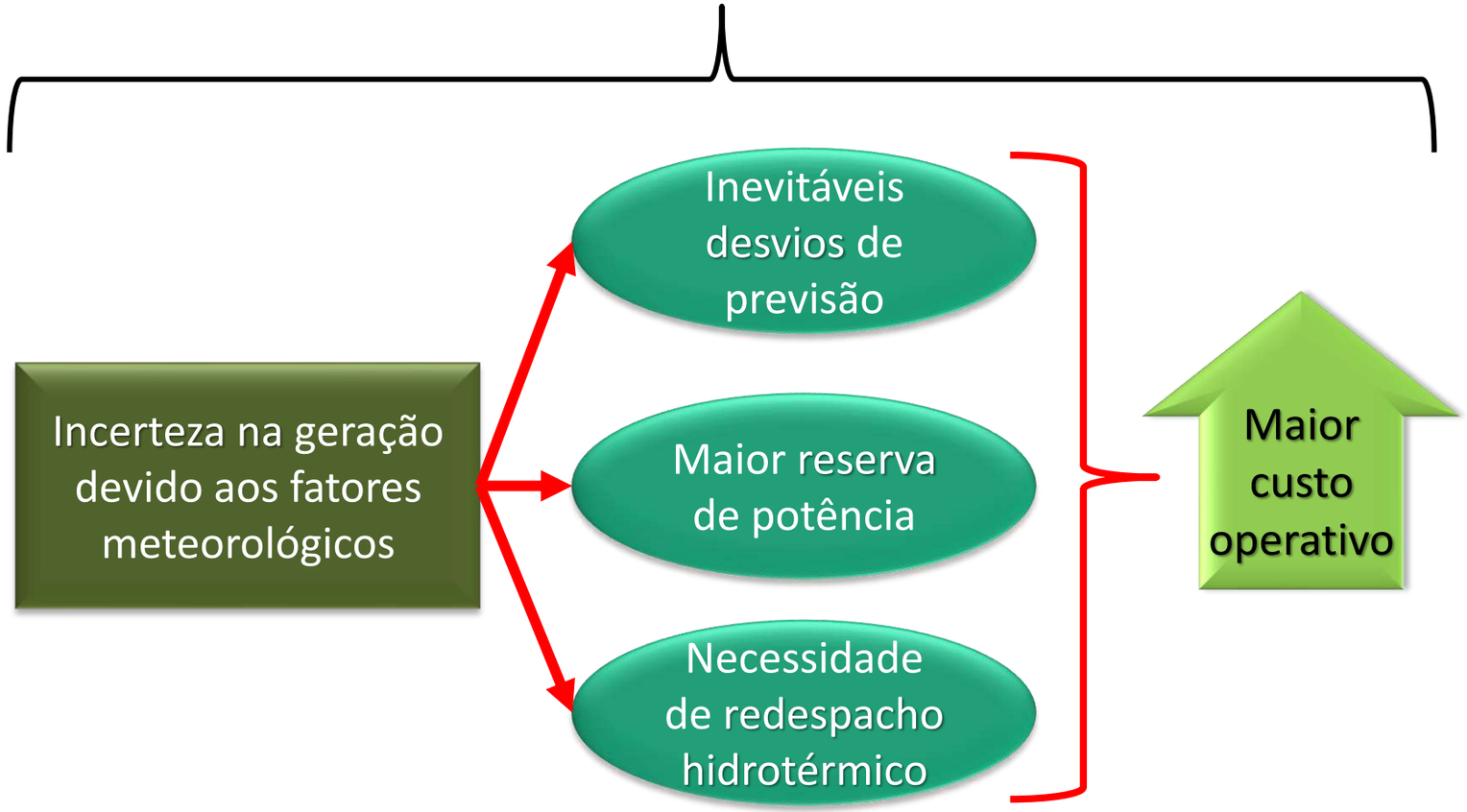
Recorde da geração solar NE em 01/03/2022 – máxima diária



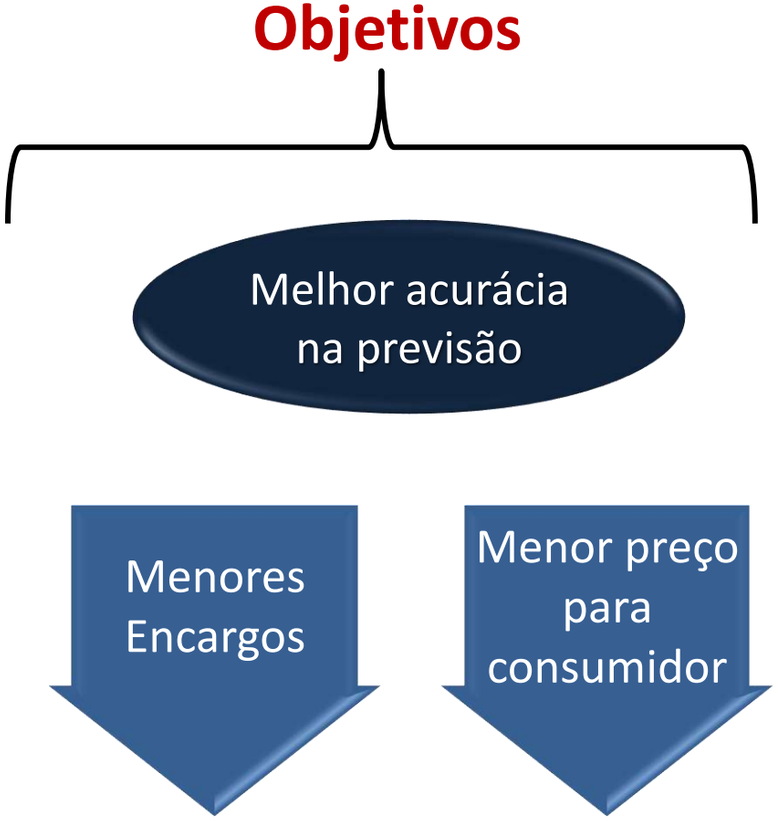
Geração máxima de 2.863 MW às 12:43, Fator de Capacidade de 88,2%, atendendo 27,6% da carga do NE

Incentivos para uma boa previsão eólica e fotovoltaica

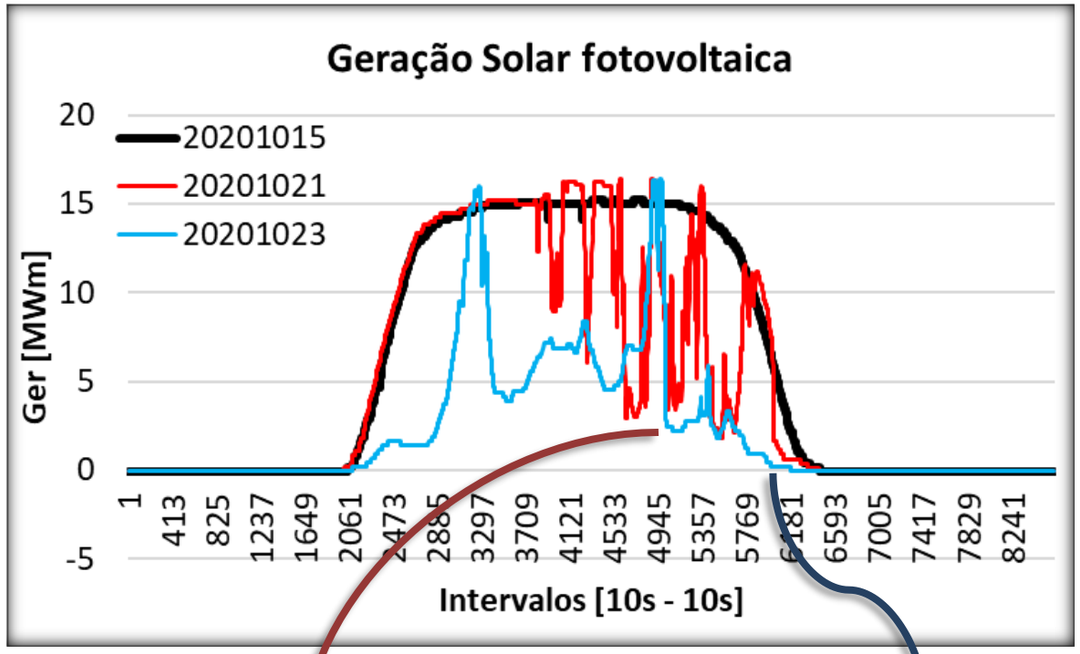
Desafios associado ao problema

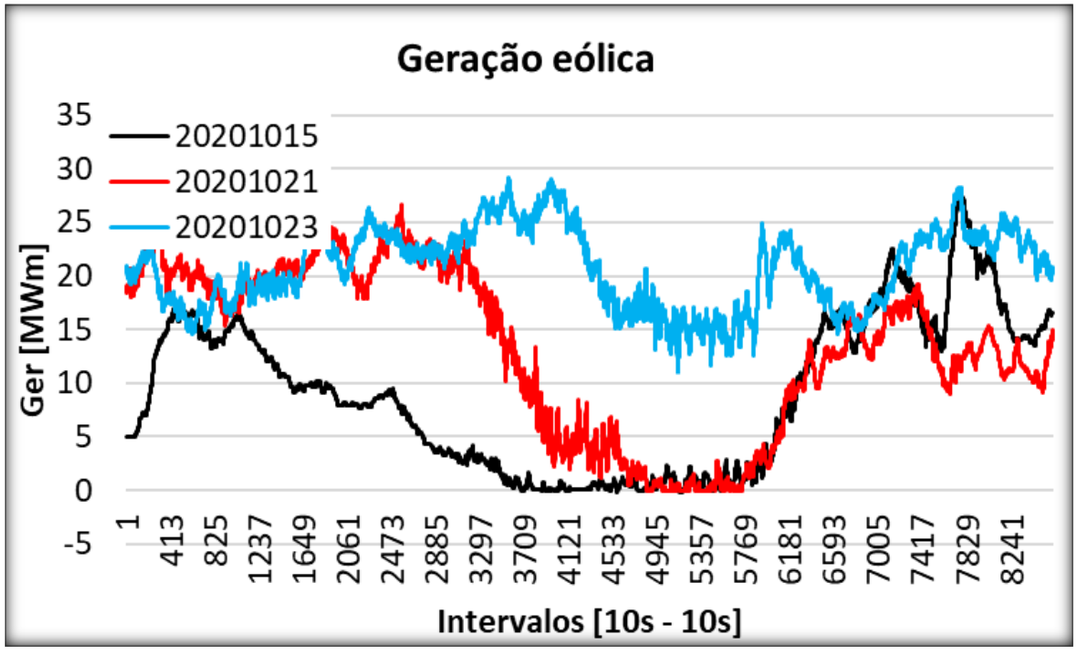


Objetivos



Variabilidade da geração fotovoltaica e eólica





Alta variabilidade previsão de tempo real

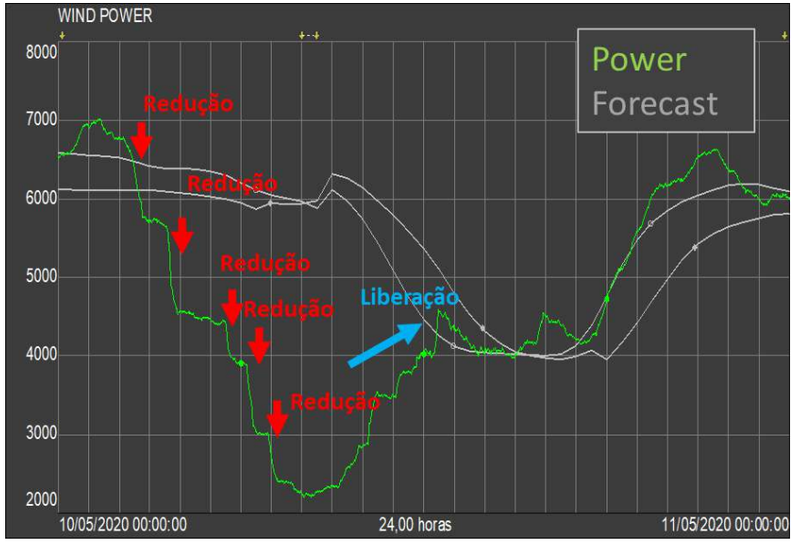
Impactos elétricos

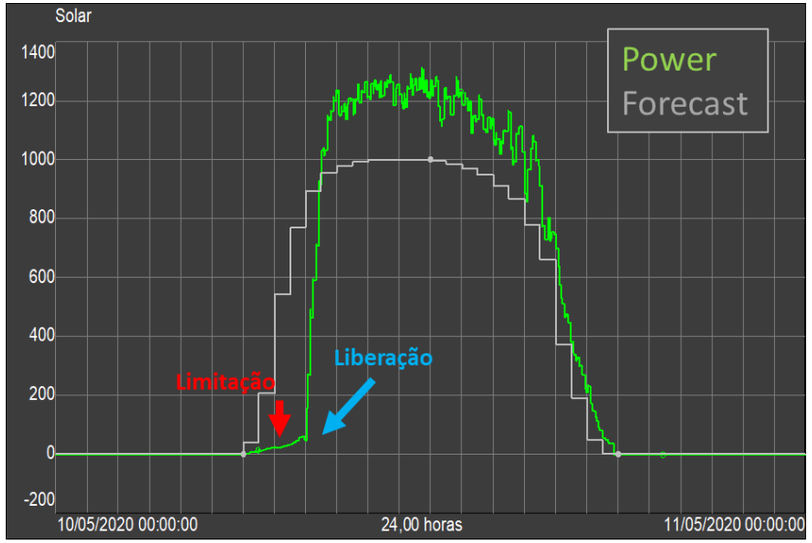
Variabilidade na previsão de curtíssimo prazo

Reprogramação em tempo real

Dificuldades operativas decorrentes da variabilidade – Redução em 10/05/2020

- Limitação de geração solar na manhã. Coincidente com a carga mínima da região NE e coincidir com a subida da eólica.
- Dificuldades de gerenciamento simultâneo (eólica e solar) dos cortes.
- Dificuldades na previsão da subida da solar.

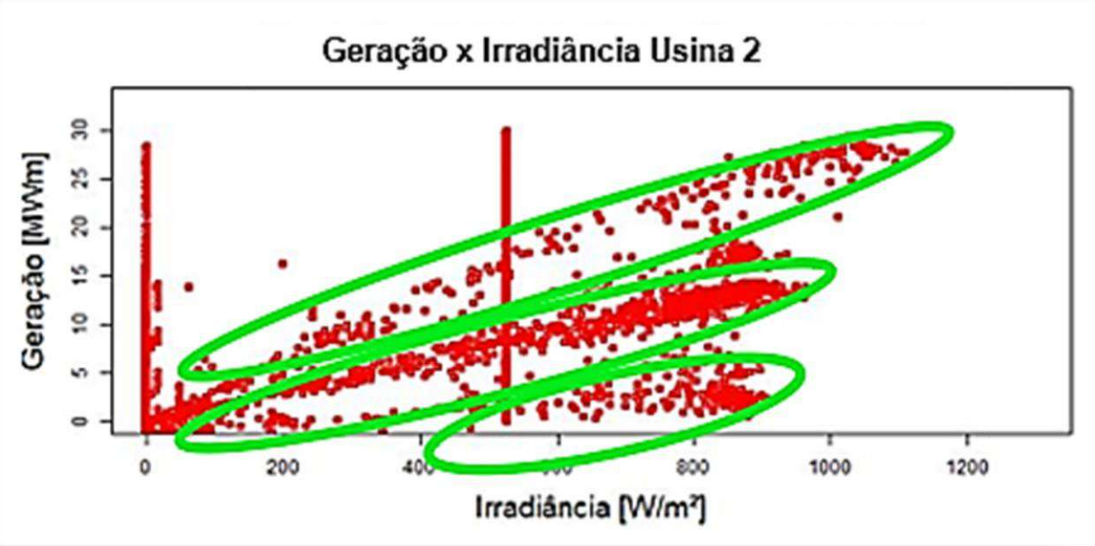


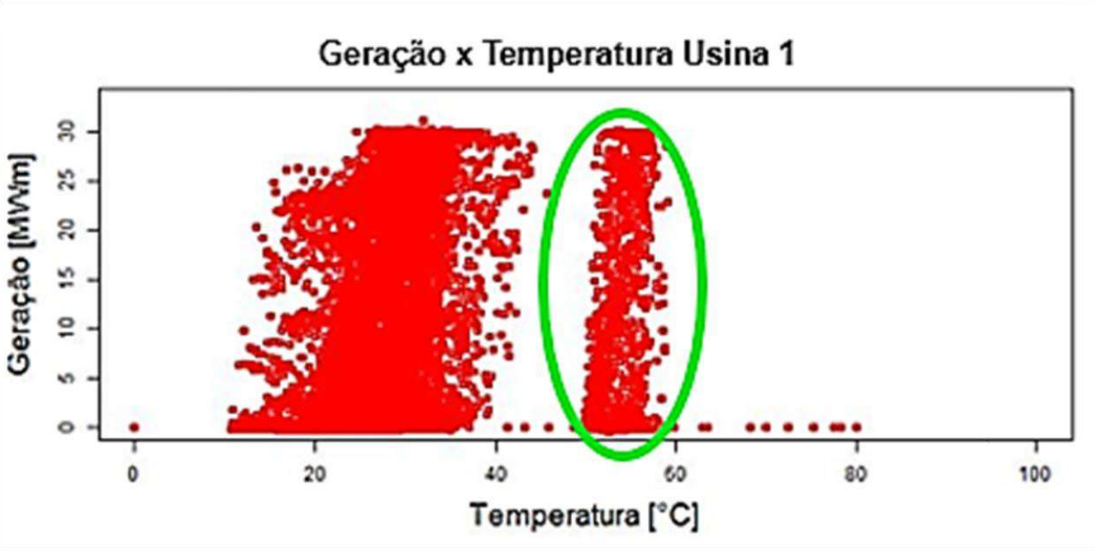


- ✓ **Modelo de previsão de tempo real**
  - **Geração – vento observado – vento previsto**
  - **Importante na liberação da intervenção**
- ✓ **REN 927/2021 - COFF EÓLICA**
  - **Modelo geração – vento observado**
  - **Estimativa de geração hora a hora**
- ✓ **Dependência da qualidade de dados anemométricos observados**

- ✓ **Modelo de previsão de tempo real**
  - **Geração – irradiância, temperatura etc. observados e previstos ???**
  - **Importante na liberação da intervenção**
- ✓ **Consulta pública prevista para 1º semestre**
  - **Modelo geração – irradiância, temperatura etc. observados???**
  - **Estimativa de geração hora a hora**
- ✓ **Dependência da qualidade de dados solarimétricos observados**

Dificuldades associada ao uso dos dados observados



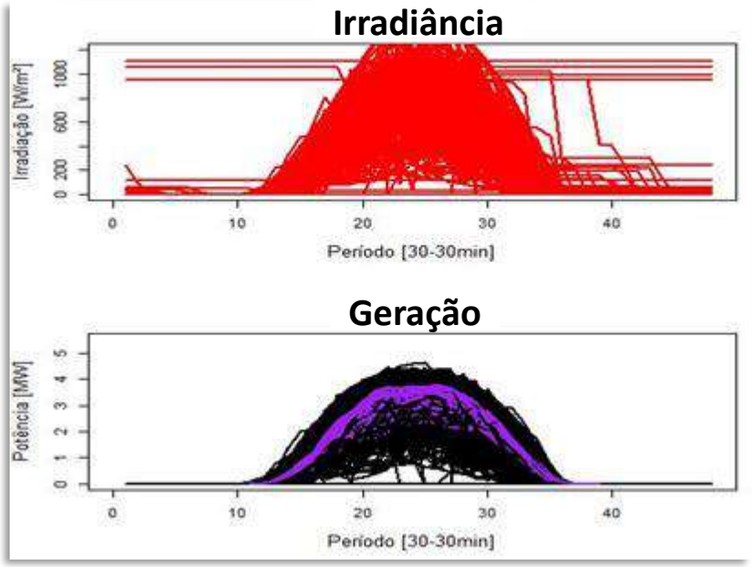


- ✓ **Falhas de medição**
  - ❑ Como definir critérios de qualidade???
  - ❑ Uso de outras redes de medição que não no parque eólico???

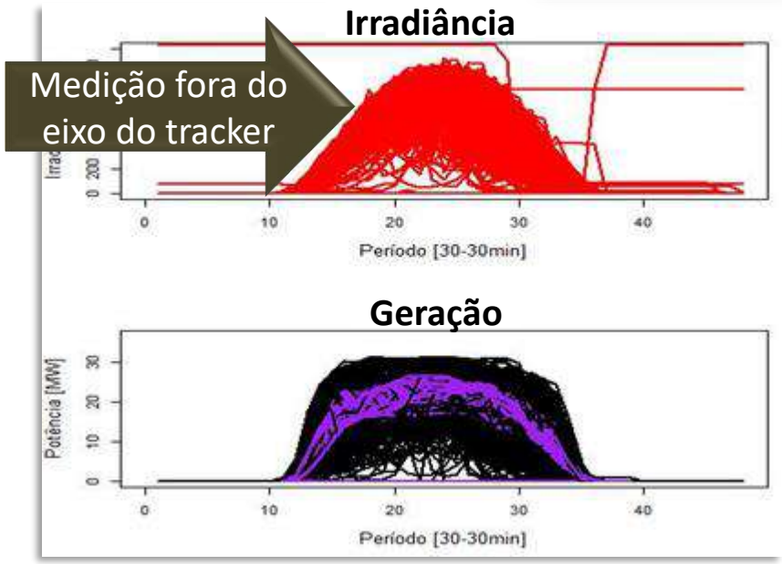
- ✓ **Submódulo 2.12 - Requisitos mínimos de supervisão e controle para a operação**
  - ❑ **(1) irradiação solar, em W/m2;**
  - ❑ **(2) temperatura, em °C.**
  - ❑ Quais variáveis devem ser especificadas em PR???
  - ❑ Números de painéis ou inversores em funcionamento???
  - ❑ Quais especificações e que tipo de equipamentos???
  - ❑ Como definir critérios de qualidade???
  - ❑ Localização ideal dos equipamentos???

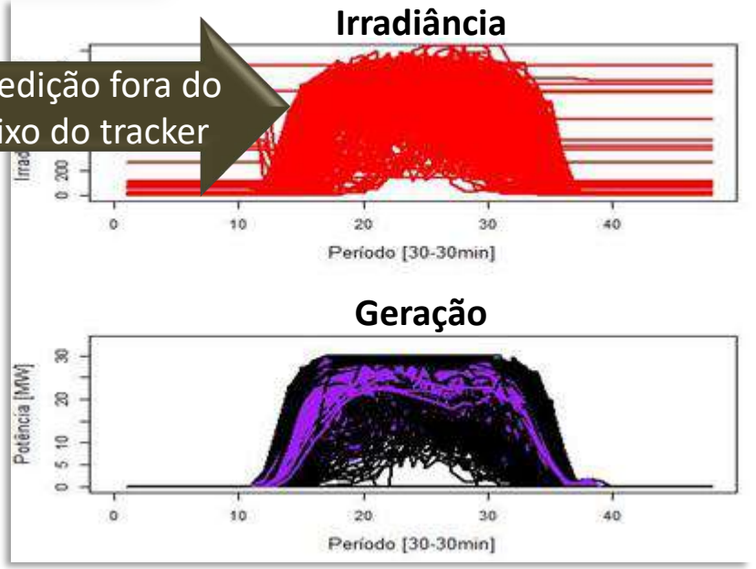
Seguidores solar – *TRACKER*

Usina sem rastreador



Usina com rastreador





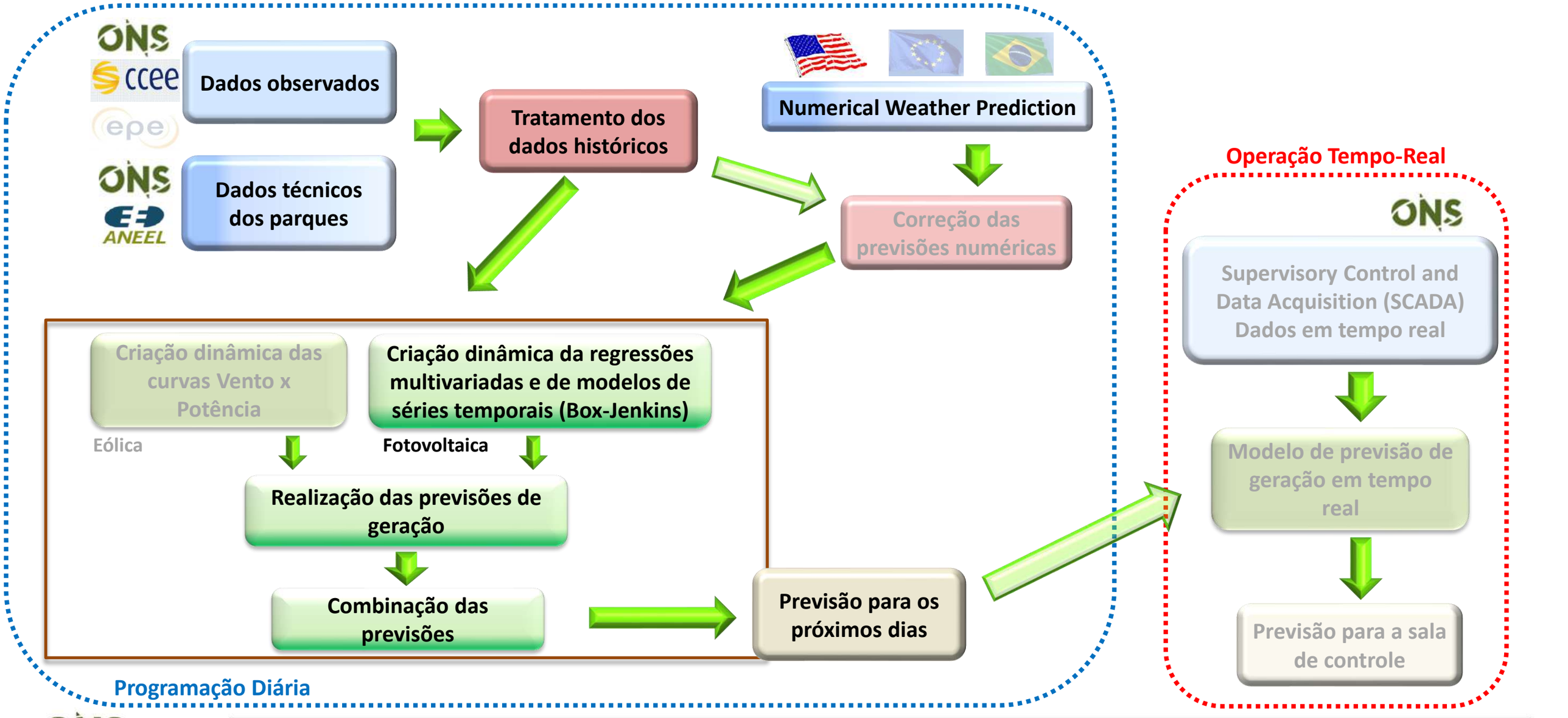
- Geram mais energia do que os sistemas fixos
- Como considerar a informação de tracker???
  - Nos modelos de previsão
  - Nos modelos de estimativa de geração
- Necessário realizar a observação de ângulo???
- Necessário evoluir os requisitos de supervisão???

Operador Nacional do Sistema Elétrico

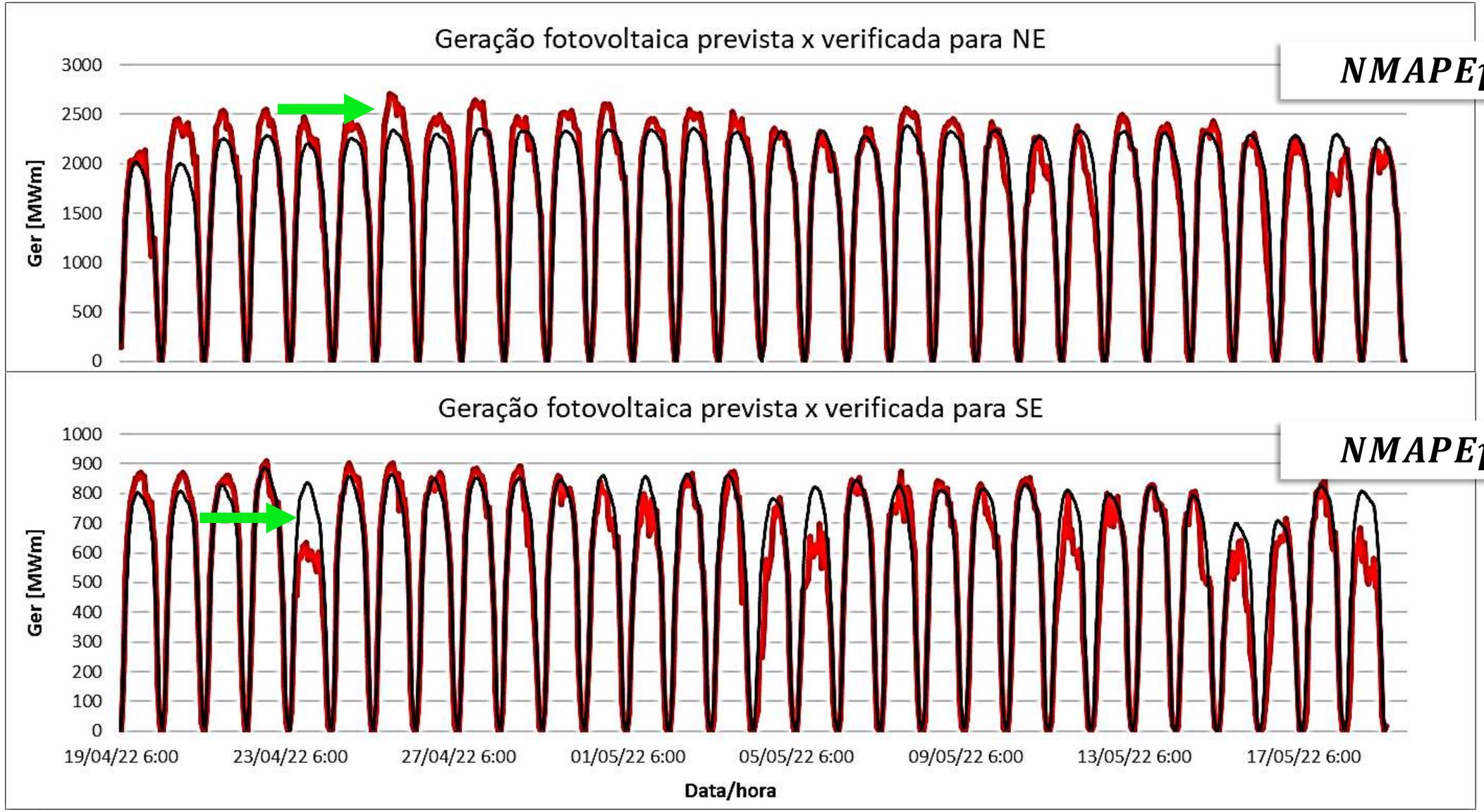
Status atual do modelo de previsão solar fotovoltaica de curtíssimo prazo

Previsões para o dia seguinte (D+1)

Processo da previsão de geração solar fotovoltaica



Geração fotovoltaica prevista x verificada – últimos 30 dias



$$NMAPEpe = 6.0\%$$

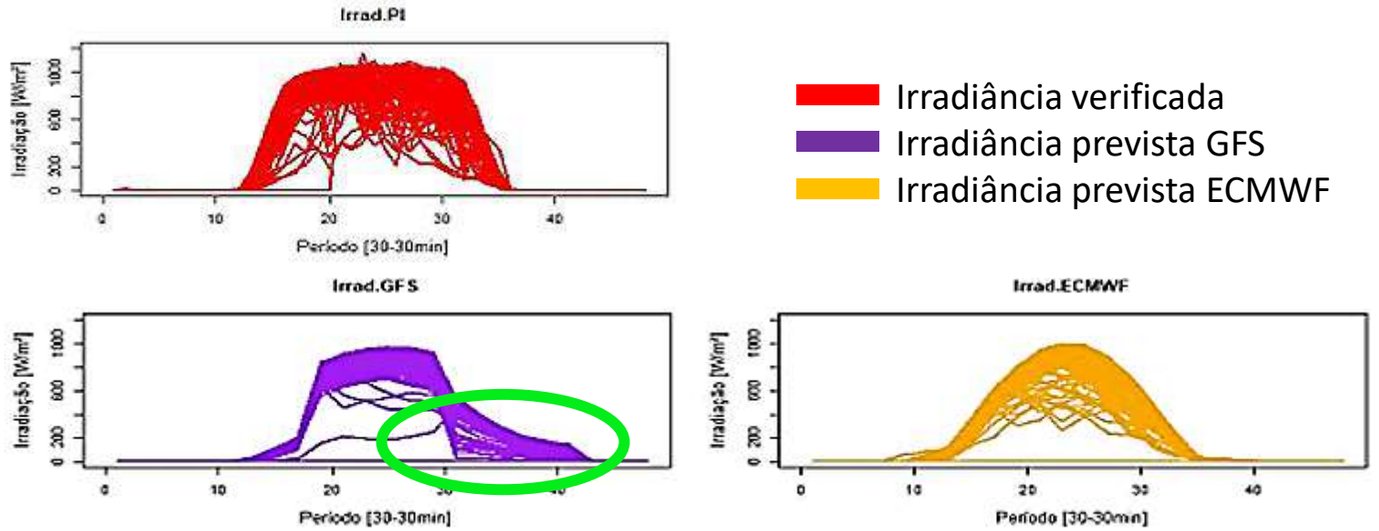
$$NMAPEpe = 7.6\%$$

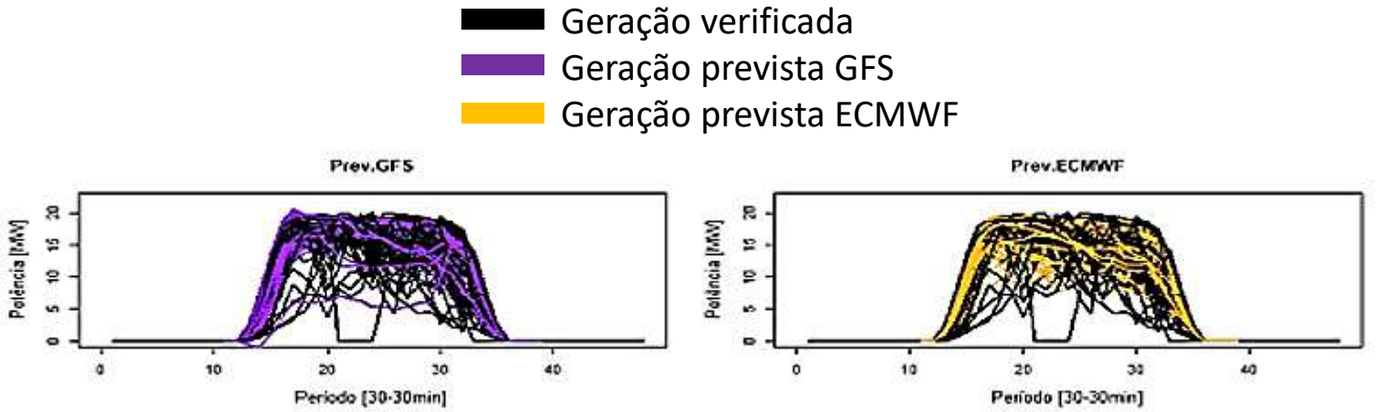
Operador Nacional do Sistema Elétrico

Importância das previsões numéricas para a previsão no horizonte de curtíssimo prazo

GFS vs ECMWF

- Previsão de irradiância do modelo GFS a noite
- Forma da curva do ECMWF mais adequada
- As curvas mais coerentes facilitam os ajustes
- Desvios mais baixos da previsão de geração com ECMWF em comparação com GFS

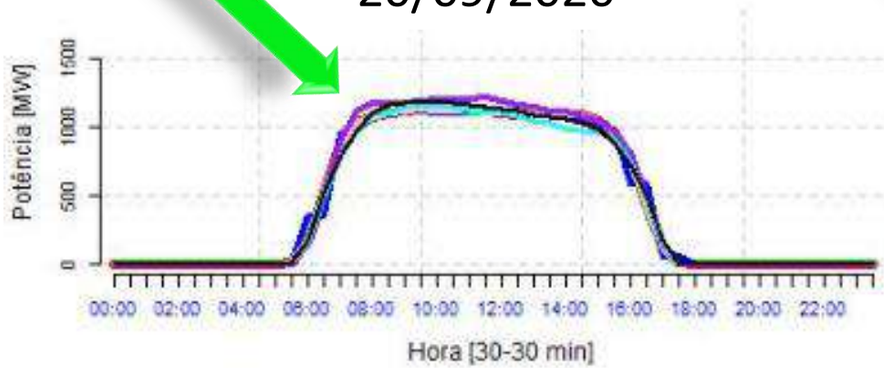


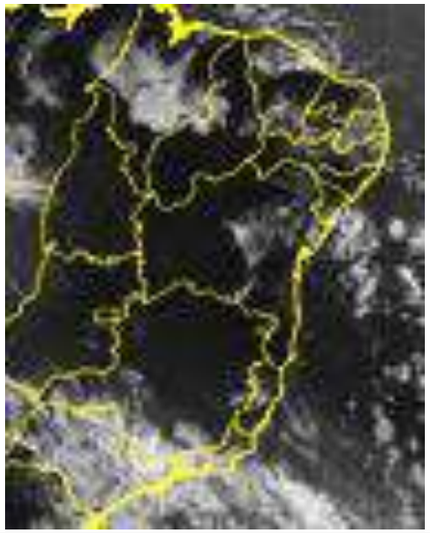


Influência de nuvens na geração fotovoltaica

Fraca influência de nuvens GFS

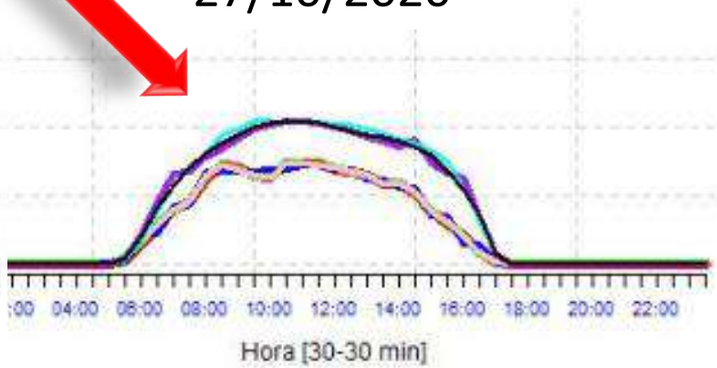
20/09/2020

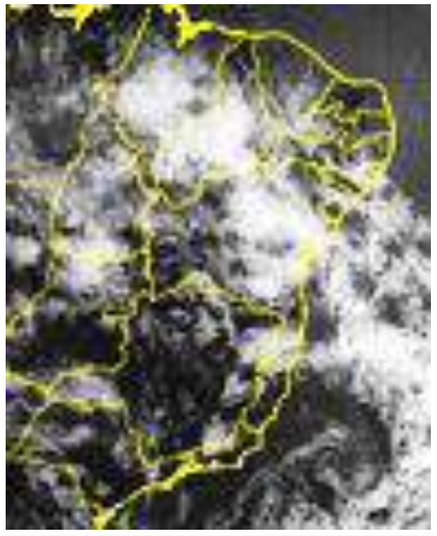




Forte influência de nuvens GFS

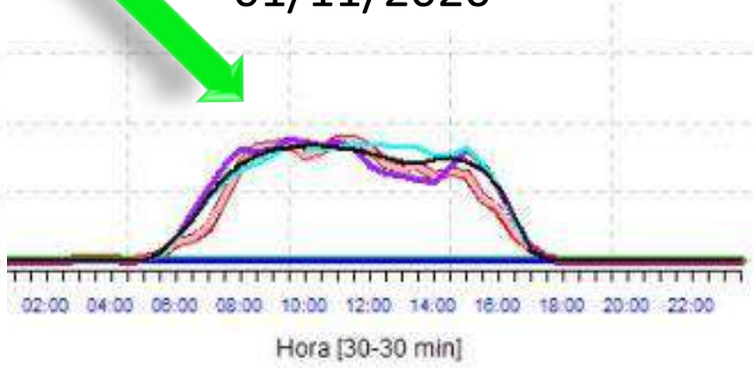
27/10/2020

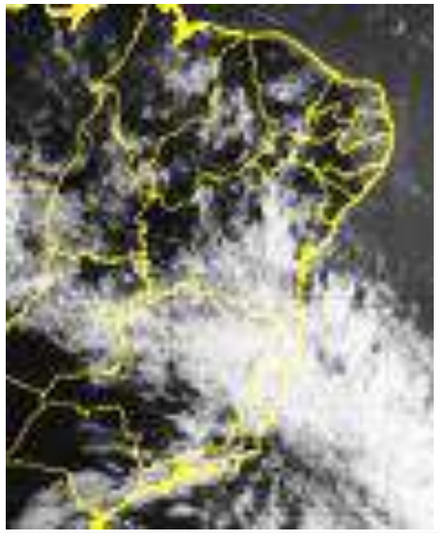


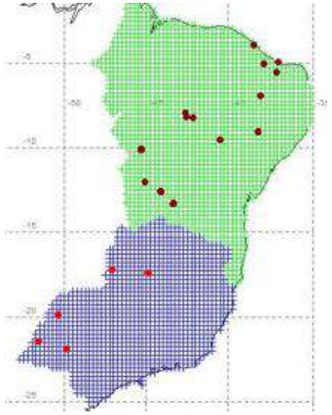


Forte influência de nuvens GFS

01/11/2020







Operador Nacional do Sistema Elétrico

Perspectivas futuras

Descrição do projeto de previsão fotovoltaica
Banco Mundial – MME – ONS

Banco Mundial – MME – ONS

ETAPA 1	**Sistema de previsão de geração fotovoltaica para previsão curtíssimo e curto prazo** Previsões para o dia seguinte até 1 mês à frente
ETAPA 2	**Sistema de previsão de geração fotovoltaica em tempo real** Previsões de minutos até 24h à frente

Cooperação ONS – executora – Universidades – Centros de pesquisas

- ✓ Etapas:
  - ➢ Modelos distintos
  - ➢ Tecnologias específicas
- ✓ Definição de requisitos de medição
- ✓ Duração de 24 meses após o início do projeto
- ✓ Previsão 1º semestre de 2023

***Cloud Motion Vector* a partir de imagens de Satélites**



Operador Nacional do Sistema Elétrico



Obrigado!

Paulo Sérgio C. Nascimento
pnascimento@ons.org.br



Geração Solar – Representação nos modelos de formação de preço e aspectos comerciais

Rodrigo Azambuja
Gerência Executiva de Preços, Modelos e Estudos Energéticos

25/05/2025

ccee
Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

- Ambiente de Comercialização
- Representação de Geração Solar na Cadeia de Modelos de Formação de Preço
- Preço de Liquidação das Diferenças
- Aspectos Comerciais



Ambiente de comercialização

Ambiente de Comercialização Regulada – ACR (mercado cativo)



Geradores

Leilão





Distribuidoras

Tarifa





Consumidores Cativos

Não participam da CCEE

Ambiente de Comercialização Livre – ACL (mercado livre)



Geradores

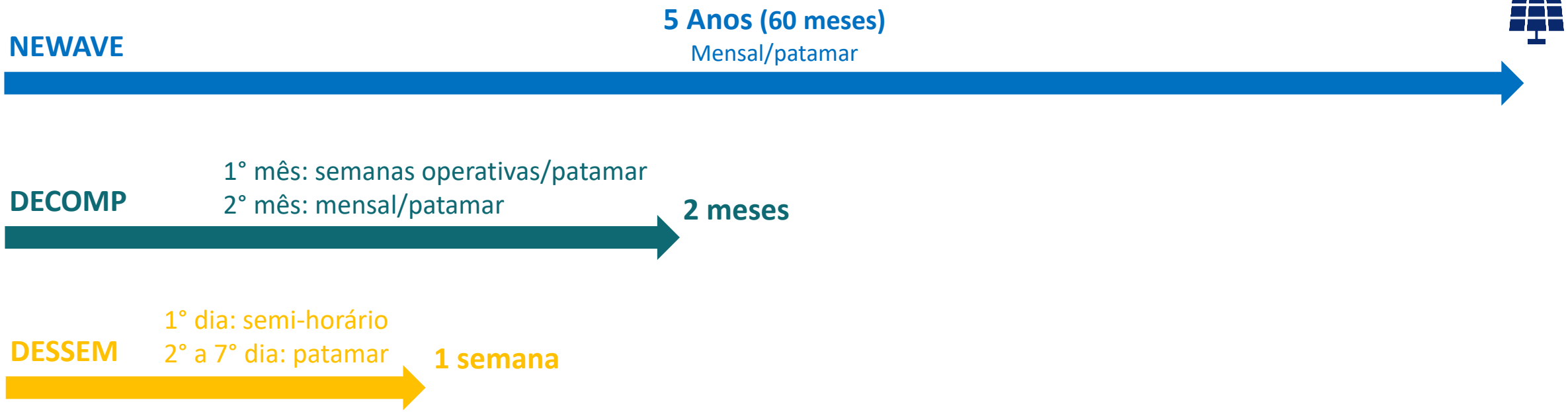
Comercializador

Negociação bilateral



Consumidor Livre/Especial

Representação de Geração Solar na Cadeia de Modelos de Formação de Preço



RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 843, DE 2 DE ABRIL DE 2019

https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/70268458

Existentes

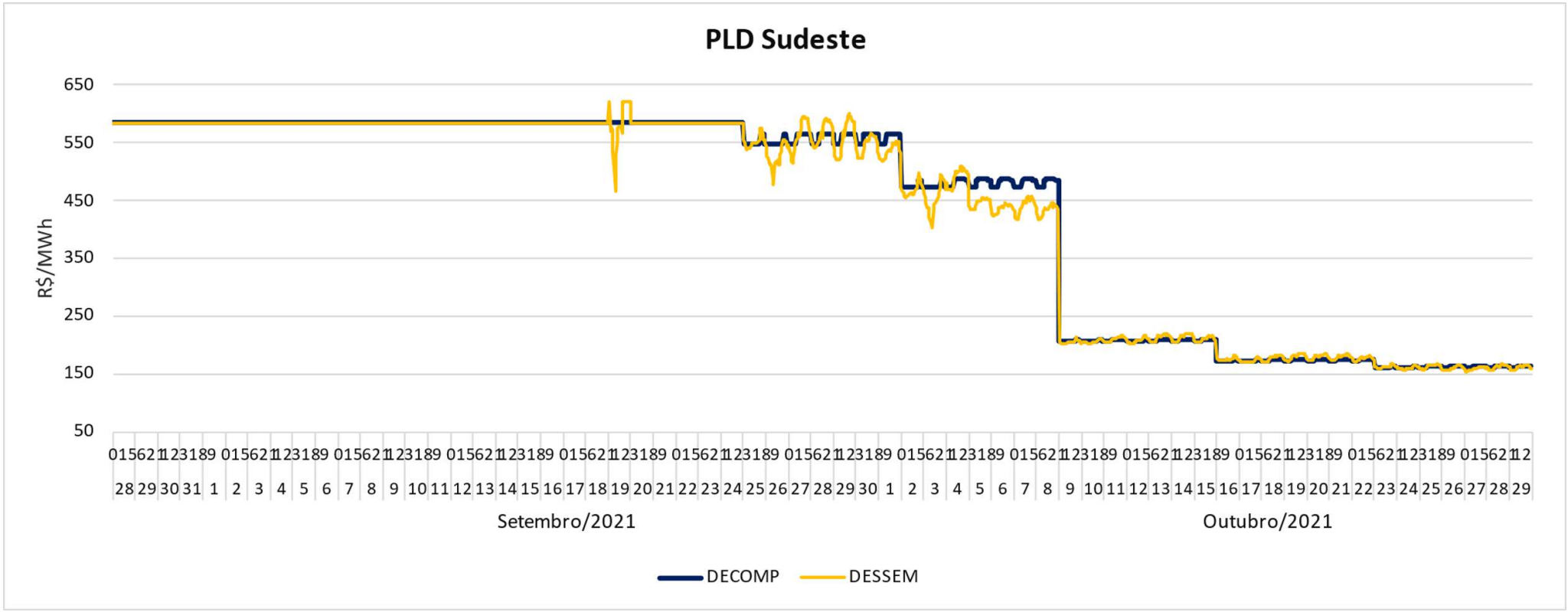
Art. 13. A representação da geração das usinas **não simuladas** individualmente **em operação** comercial, deverá ser considerada com base na **média mensal do histórico** dos **últimos cinco anos** de **geração líquida** disponibilizada ao SIN de cada usina, agregada por **subsistema**, por **mês** e por **patamar** de carga, para todo o horizonte de planejamento.

§ 3º Para as usinas não simuladas individualmente com **menos de 5 anos** de histórico de geração líquida disponibilizada ao SIN, deverá ser considerada **a média do histórico** existente.

Futuras

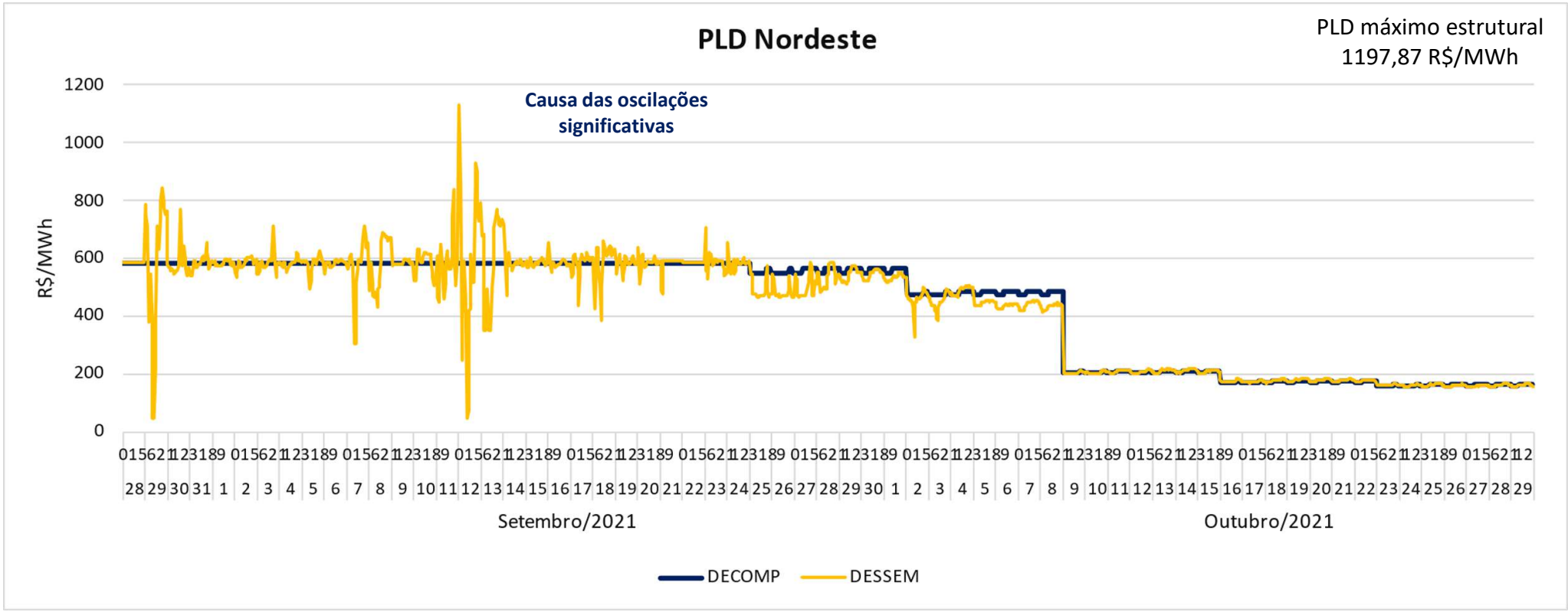
Art. 14. Para as usinas **não simuladas** individualmente que **não iniciaram** sua operação comercial, o montante de energia a ser considerado será calculado pela **soma de suas potências instaladas multiplicada por um fator** calculado pelo ONS.

Comparativo entre PLD Horário $_{DESSEM}$ e Semanal $_{DECOMP}$



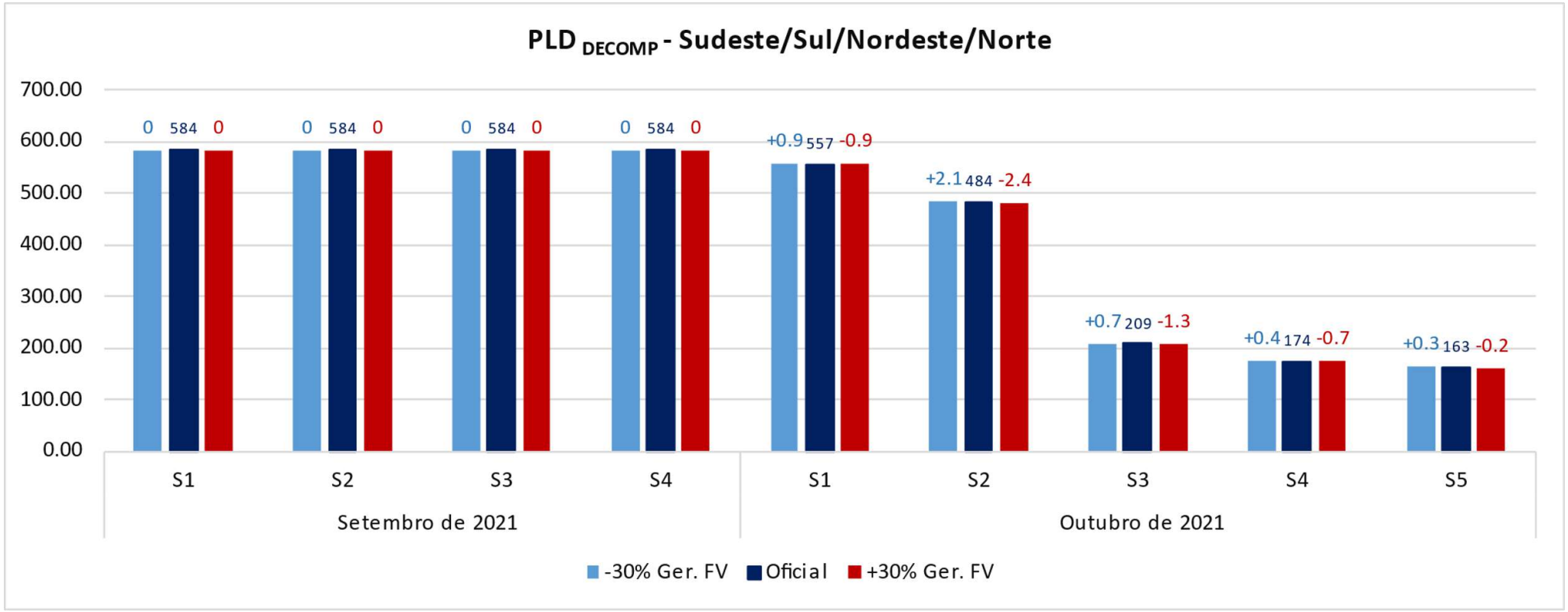
PLD (R$/MWh) Comparativo - média semanal	Setembro/2021				Outubro/2021				
	S1	*S2*	*S3*	*S4*	*S1*	*S2*	*S3*	*S4*	*S5*
DECOMP $_{Horário}$	583.88	583.88	583.88	583.88	549.00	452.28	209.43	177.38	161.22
DESSEM $_{Semanal}$	583.88	583.88	583.88	583.88	556.43	479.79	207.48	173.81	162.88
Diferença	0.00	0.00	0.00	0.00	-7.43	-27.51	1.95	3.57	-1.66

Comparativo entre PLD Horário $_{DESSEM}$ e Semanal $_{DECOMP}$



PLD (R$/MWh) Comparativo - média semanal	Setembro/2021				Outubro/2021				
	S1	*S2*	*S3*	*S4*	*S1*	*S2*	*S3*	*S4*	*S5*
DECOMP Horário	583.88	583.88	583.88	583.88	518.88	450.72	209.43	177.38	161.22
DESSEM Semanal	583.88	583.88	583.88	583.88	556.43	479.79	207.48	173.81	162.88
Diferença	0.00	0.00	0.00	0.00	-37.55	-29.07	1.95	3.57	-1.66

Sensibilidade do PLD_{DECOMP}: variação da Geração Solar na 1ª Semana Operativa do Modelo DECOMP



- PLD_{DECOMP} para setembro e outubro de 2021 – Sudeste/Sul/Nordeste/Norte
- Impacto da variação da geração solar no PLD
- Previsão de uma geração solar fotovoltaica de 10 dias (?)

Aspectos Comerciais

Leilão de Geração Solar

Quantidade – Energia de Reserva

1. **Gerou acima do montante comercializado/vendido**
   - Sessão de Energia de Reserva: negociação bilateral entre usinas de reserva.
   - Entregar no próximo ano
   - Receber como variável: retorno com valor de 70% do preço negociado

2. **Gerou abaixo do montante comercializado/vendido –** Cobrança em relação ao preço de venda
   - ≥ 90%: 1,06% do preço de venda
   - < 90%: 1,15% do preço de venda

Disponibilidade – Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado (CCEAR)

1. **Gerou acima do montante comercializado/vendido**
   - Distribuidora líquida no MCP

2. **Gerou abaixo do montante comercializado/vendido**
   - Responsabilidade da distribuidora





Considerações finais

Comercialização de Energia

PLD horário

(atualmente não é aplicável)

Oportunidades para diferentes segmentos

Melhoria na **representação nos modelos**

Geração Distribuída



RODRIGO AZAMBUJA

GERÊNCIA EXECUTIVA DE PREÇOS, MODELOS E ESTUDOS ENERGÉTICOS

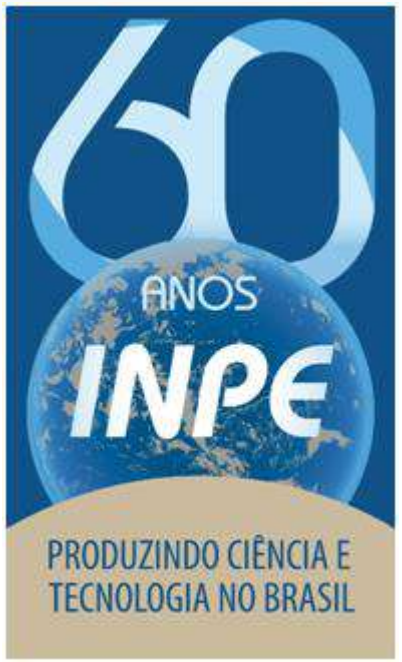
rodrigo.azambuja@ccee.org.br

ccee

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

LABREN

LABORATÓRIO DE MODELAGEM E ESTUDOS DE RECURSOS RENOVÁVEIS DE ENERGIA





IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022
FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO



Mesa Redonda: Previsão do Recurso Solar

Rodrigo S. Costa
Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades
Coordenação-Geral de Ciências da Terra

INPE
UNIDADE DE PESQUISA DO MCTI

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

agenda

- quem somos
- previsão de nebulosidade aplicada à radiação solar
- cm-si
- cm-sat
- modelagem de mesoescala
- conclusões

quem somos: INPE



São José dos Campos, SP



Instalações DIIAV

quem somos: Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades

Diretoria

Coord. Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Produtos e Serviços

Divisão de Previsão de Tempo e Clima (DIPTC)
Cach. Paulista - SP

- ✓ Previsão de Tempo
- ✓ Clima
- ✓ Satélites Meteorológicos (DISSM)
- ✓ Modelos Climáticos (DIMNT)







Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV)
S. J. Campos - SP









- ✓ Meteorologia da Energia
- ✓ Mapeamento Solar/Eólico
- ✓ Previsão de Vento/Radiação
- ✓ Mudanças Climáticas
- ✓ Coleta de dados

Meio Ambiente



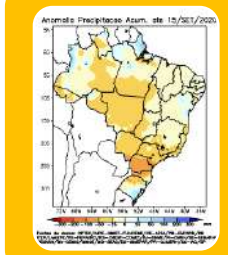
- Desmatamento
- Queimadas
- Mudanças Climáticas

Agricultura



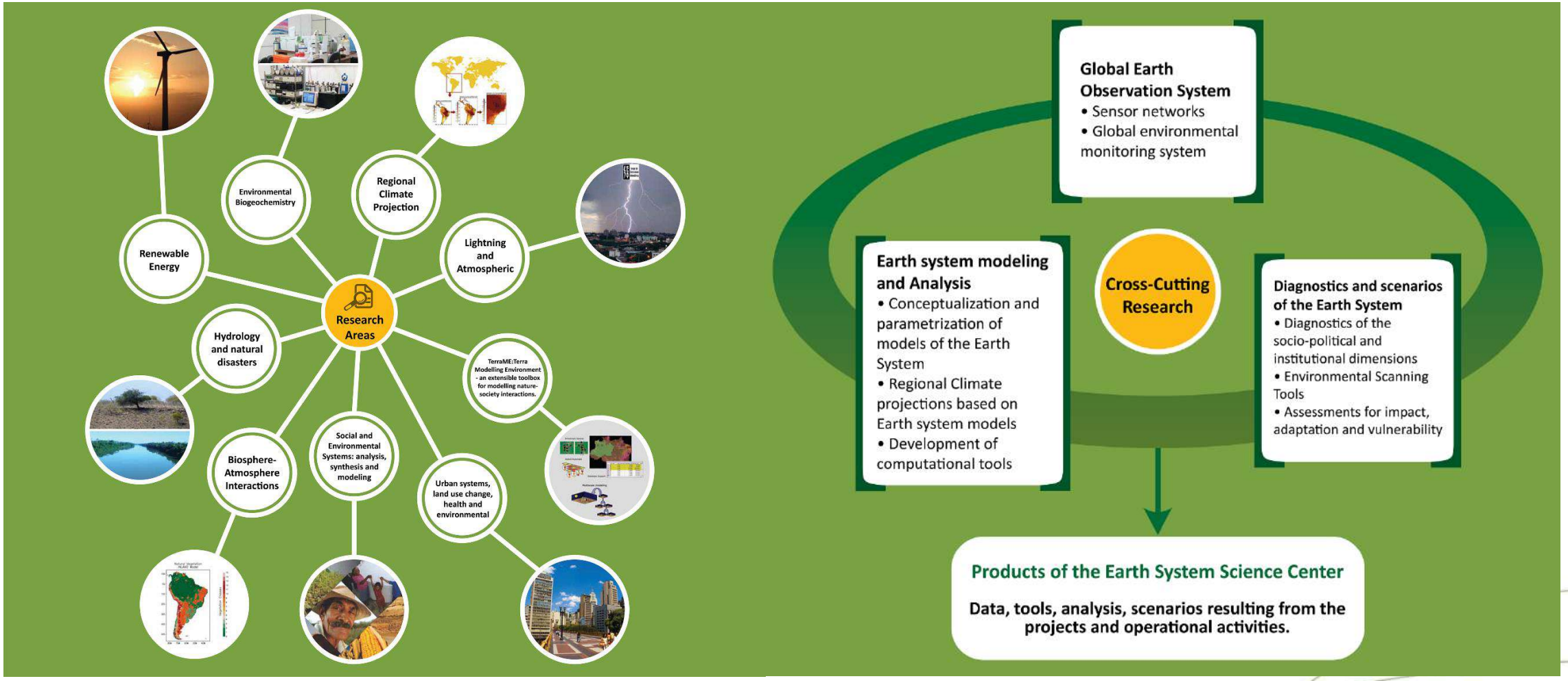
- Área de cultivos
- Uso e cobertura do solo
- Previsão climática

Energia



- Previsão Numérica de Tempo
- Precipitação acumulada
- Dados Climáticos

quem somos: Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades

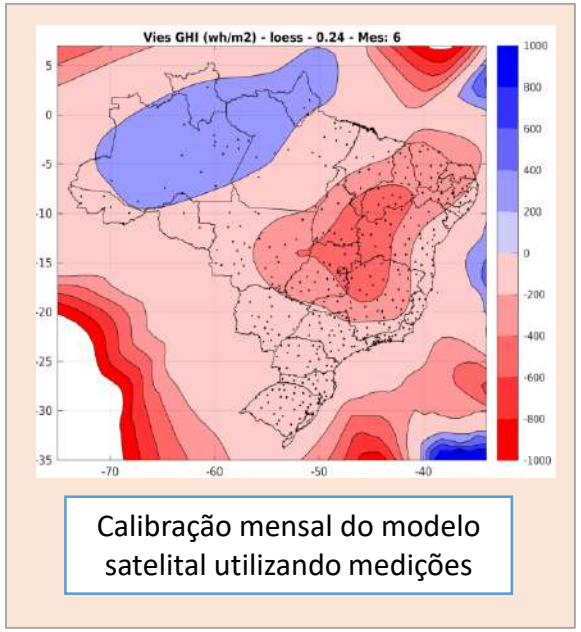


Ciência para **Sustentabilidade**

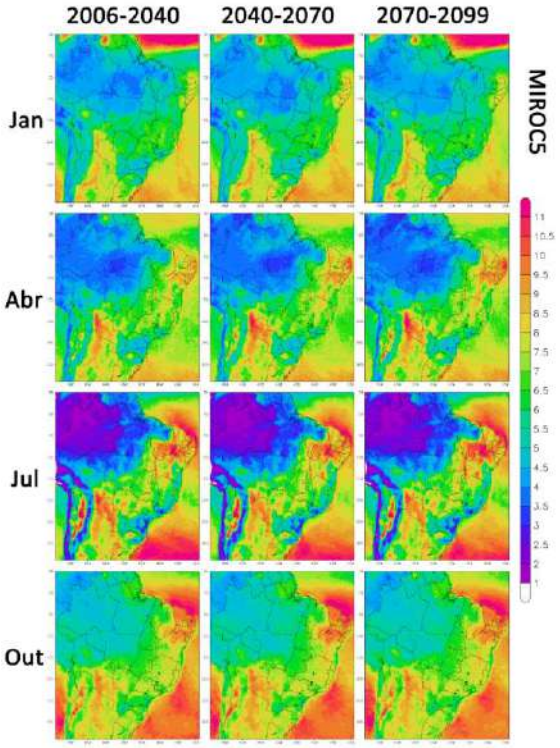
quem somos: LABREN

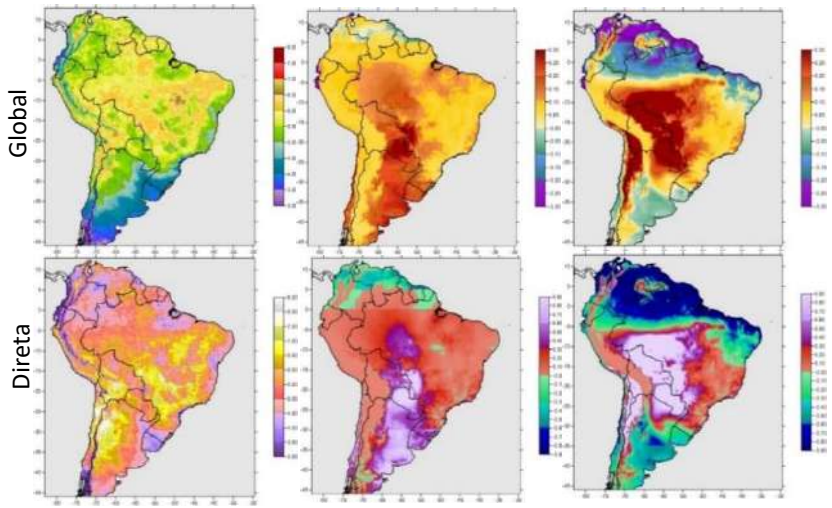
METEOROLOGIA DA ENERGIA

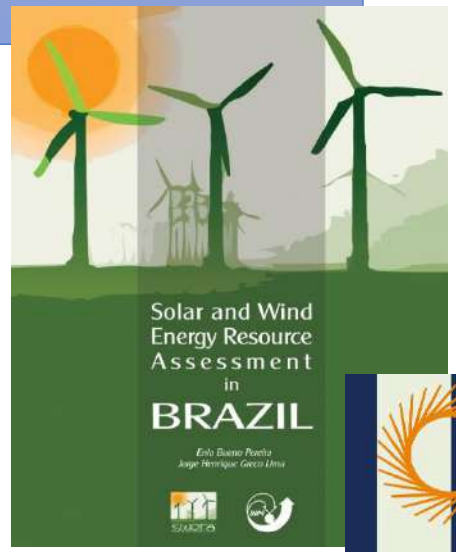
- Clima e **variabilidade do recurso** solar e eólico.
- **Previsão de curto prazo** de geração solar e eólica.
- Energia e **mudanças climáticas**
- **Observação**, **caracterização** e **modelagem** dos recursos solar e eólico

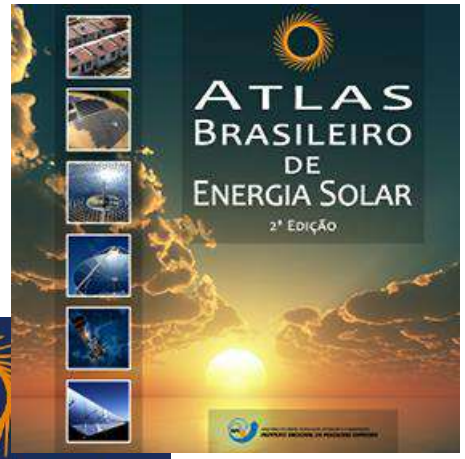


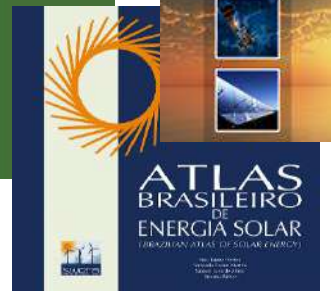
Calibração mensal do modelo satelital utilizando medições







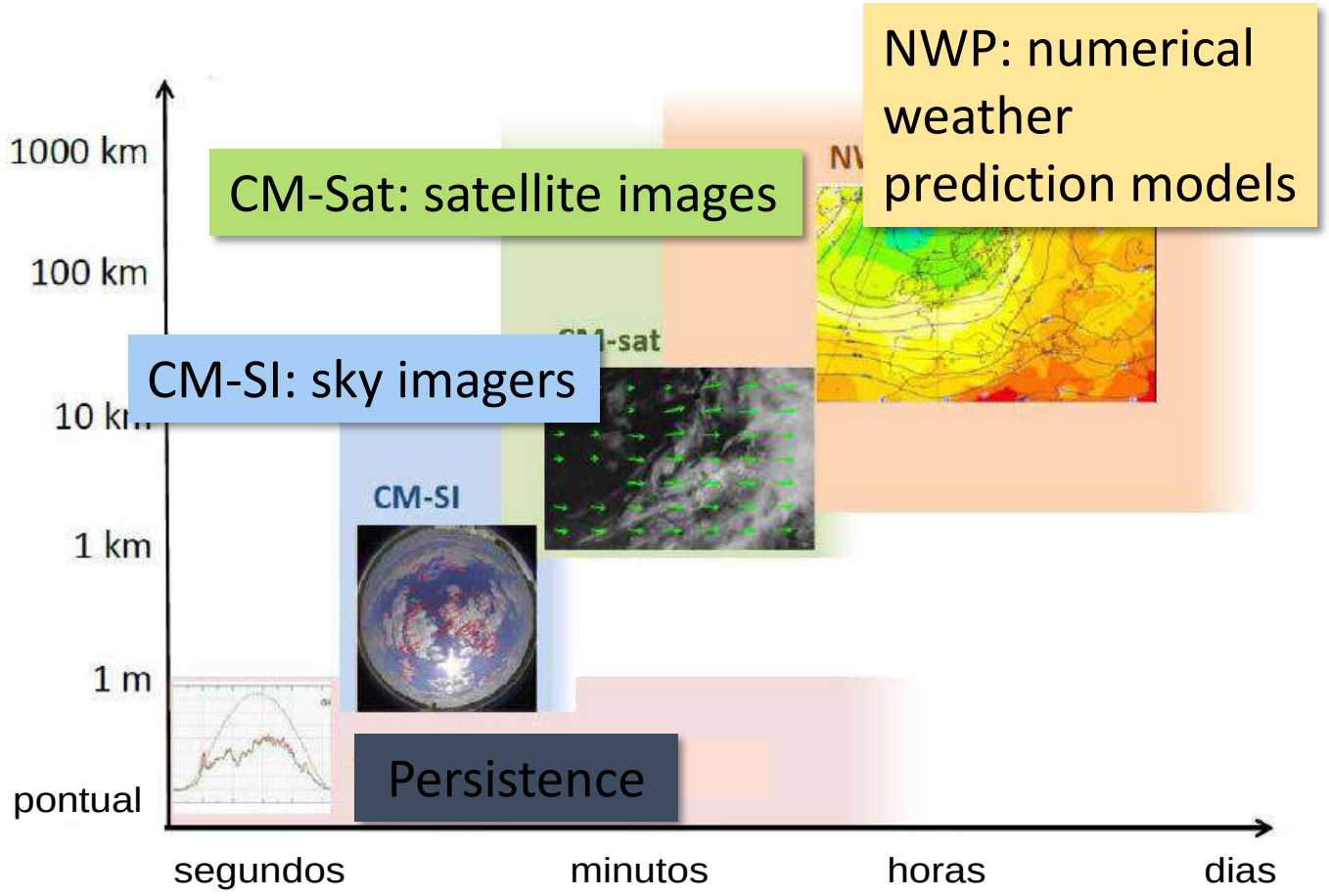




previsão de irradiação solar

O melhor método depende do horizonte de previsão desejado

- Persistência a partir de dados medidos no local
- Cloud Motion por Sky Imagers - **CM-SI** – previsão com alta resolução especial e temporal, também para efeitos de rampa de geração (até algumas horas)
- Cloud Motion por Satélites - **CM-Sat** utiliza modelos de transferência radiativa por satélite (Ex: BRASIL-SR) oferecendo previsões regionais de minutos a horas
- Previsão numérica de tempo - **NWP** Modelos de previsão oferecem resultados para vastas regiões com horizontes diversos. Entretanto demandam ajustes das estimativas, como técnicas de aprendizado de máquina – previsões de minutos a dias

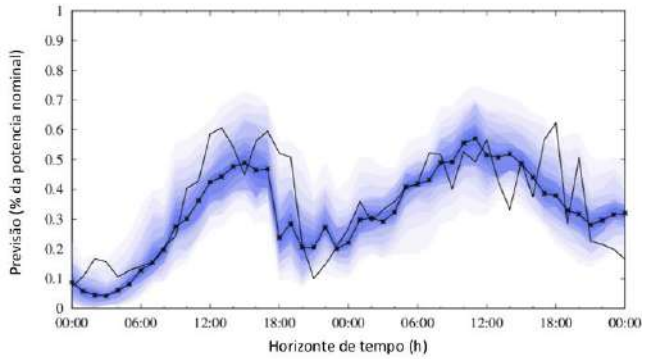


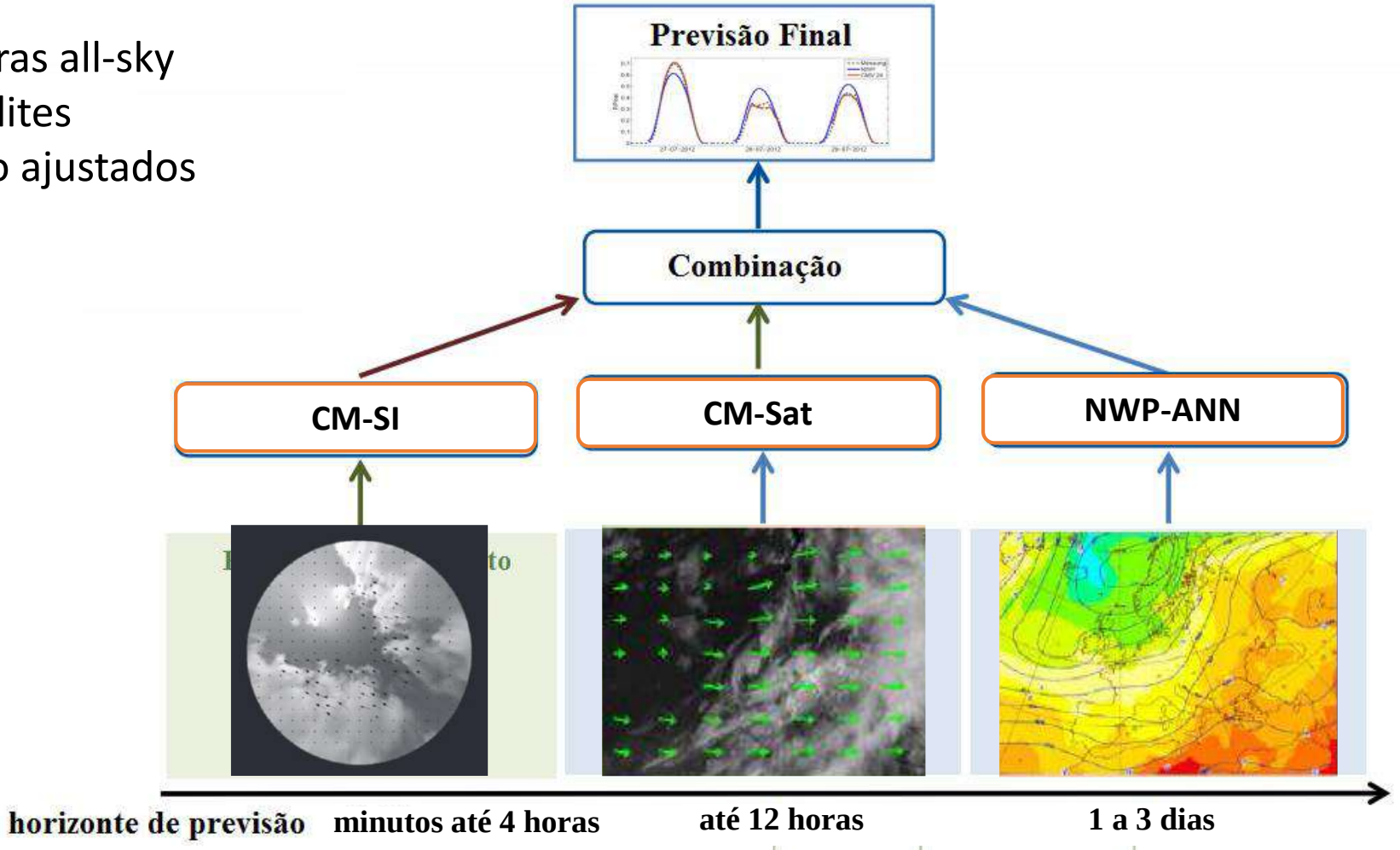
P&D Petrobras – Projeto PREVER

$$P_{combi} = a_{WRF} p_{WRF} + a_{GFS} p_{GFS} + a_{CMV} p_{CMV} + a_0$$

Previsão combinada:

CM-SI: Movimento nuvens por câmeras all-sky
CM-Sat: Movimento nuvens por satélites
NWP: Modelos de previsão de tempo ajustados





previsão de nebulosidade aplicada à radiação solar

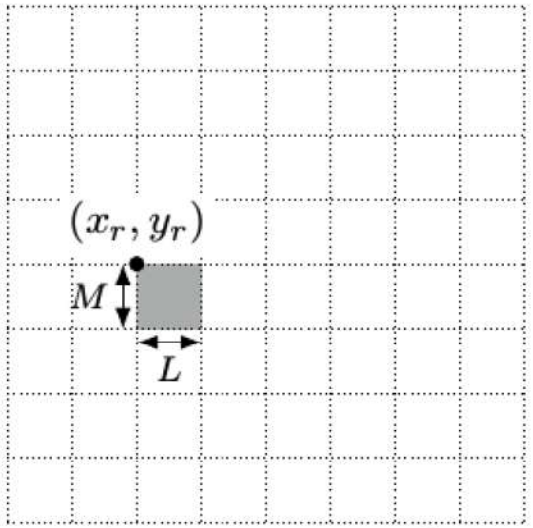


imagem no tempo i

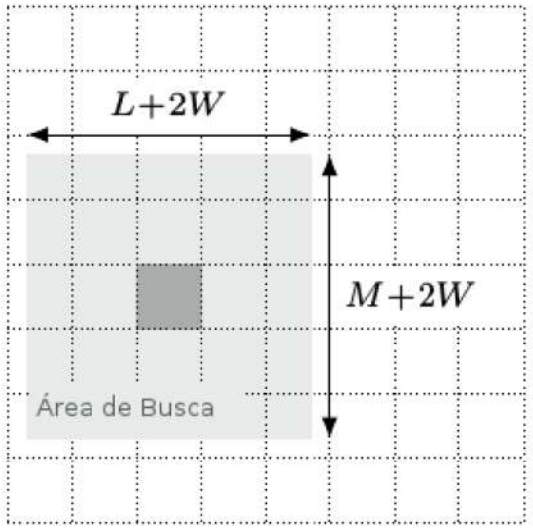
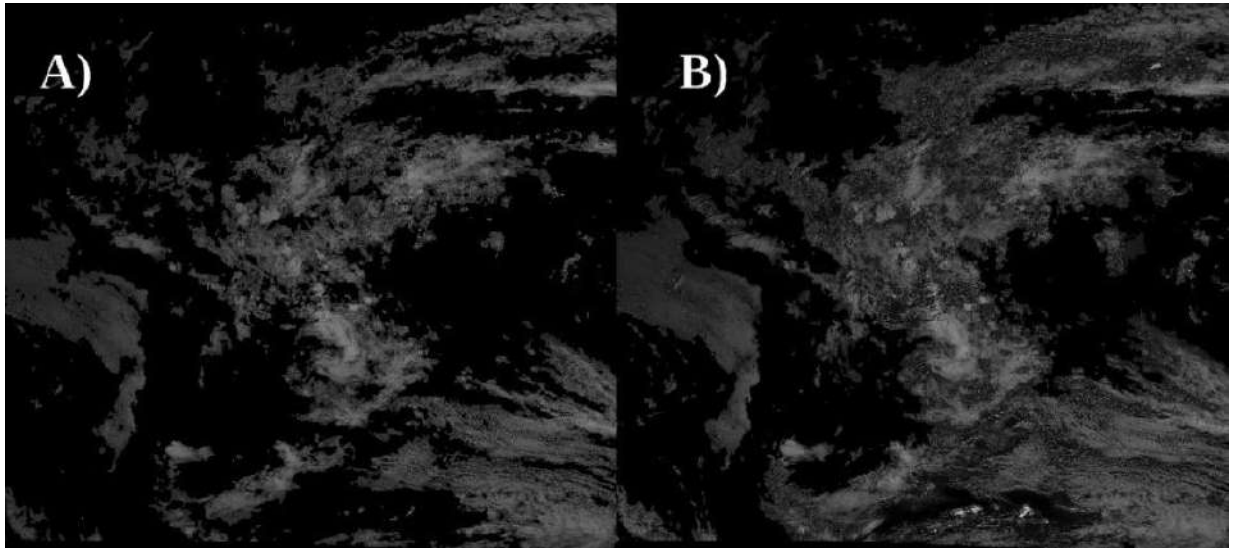


Imagem no tempo i-1



previsão de nebulosidade aplicada à radiação solar

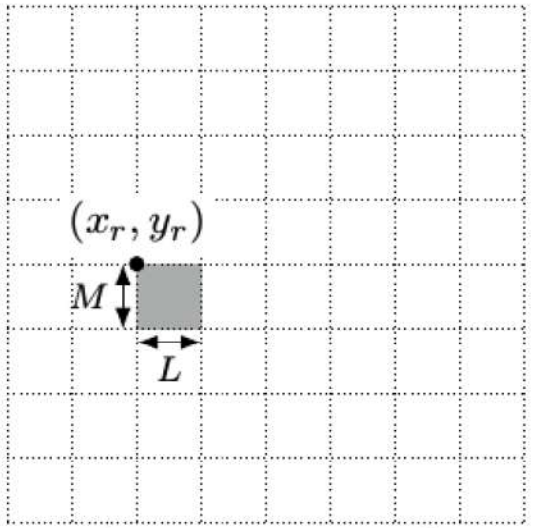


imagem no tempo i

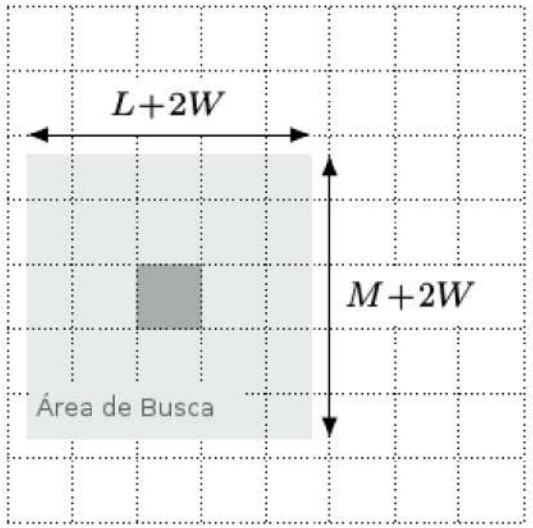
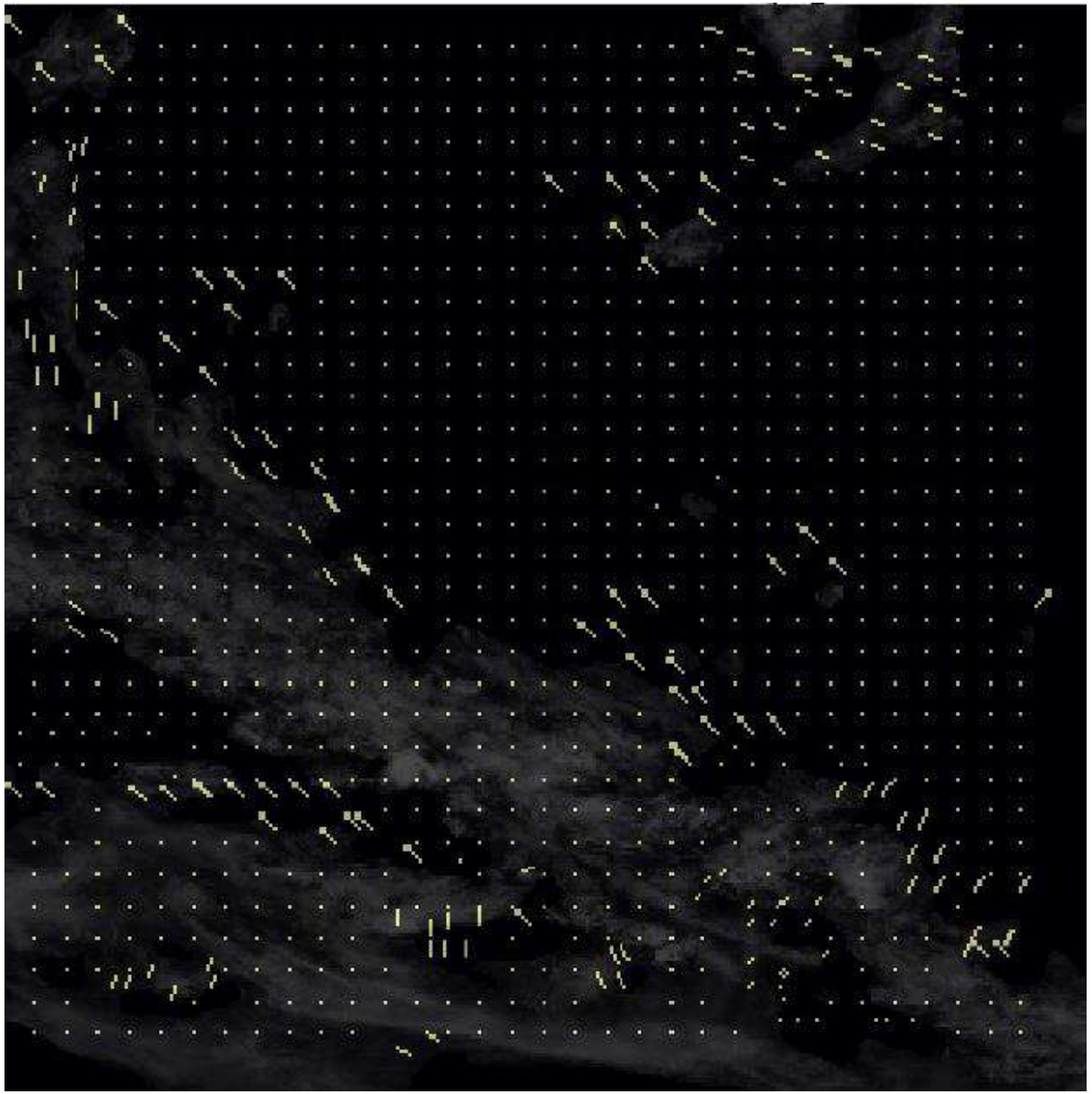


Imagem no tempo i-1



previsão de nebulosidade aplicada à radiação solar

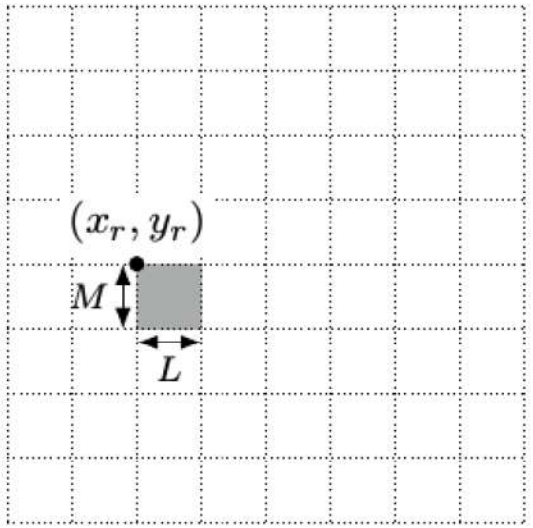


imagem no tempo i

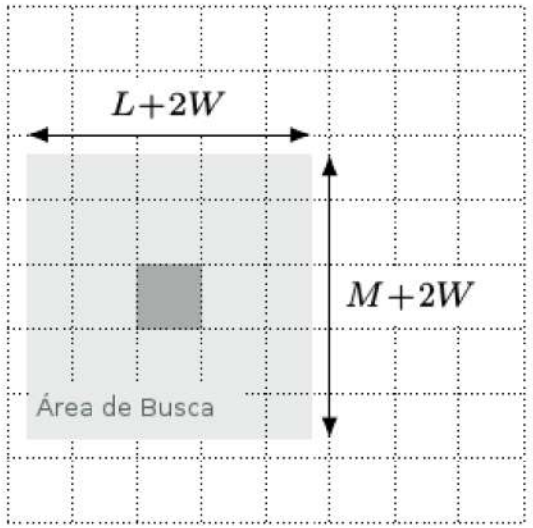
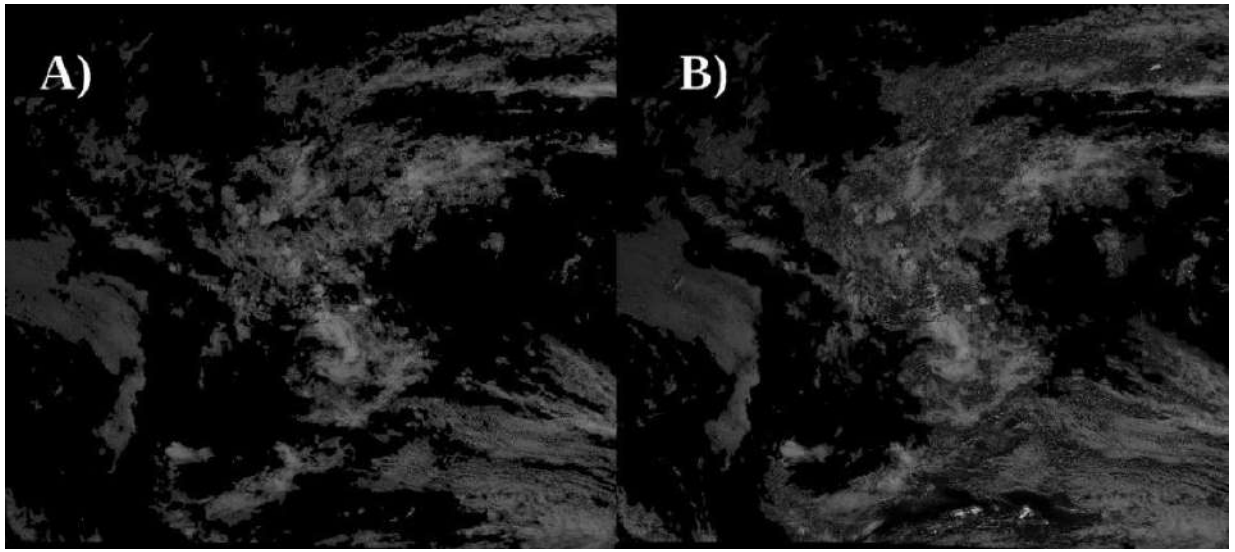
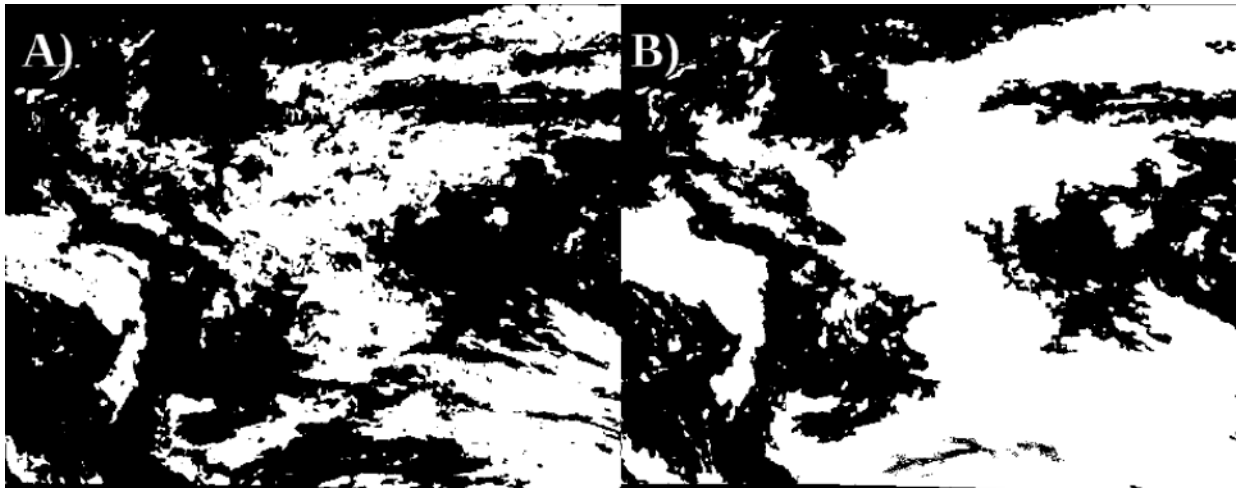


Imagem no tempo i-1



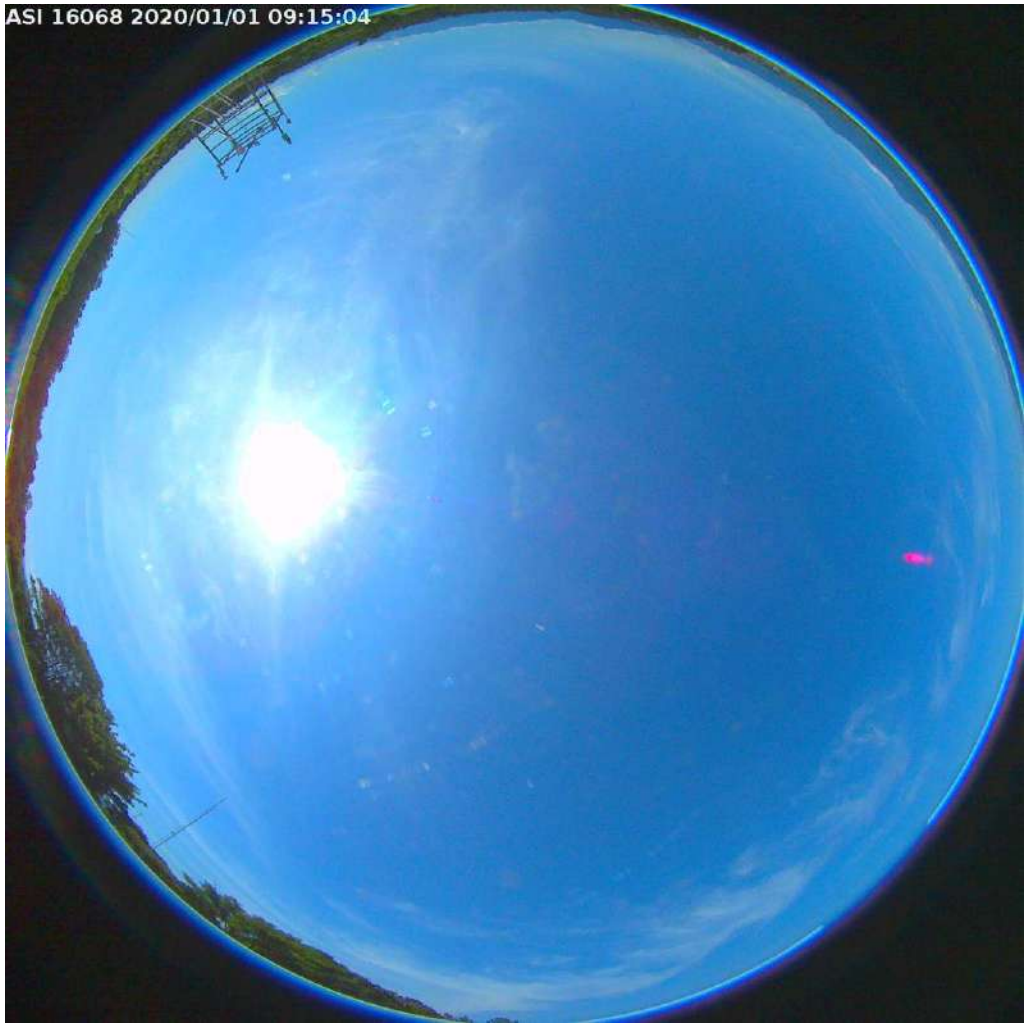




cm-si

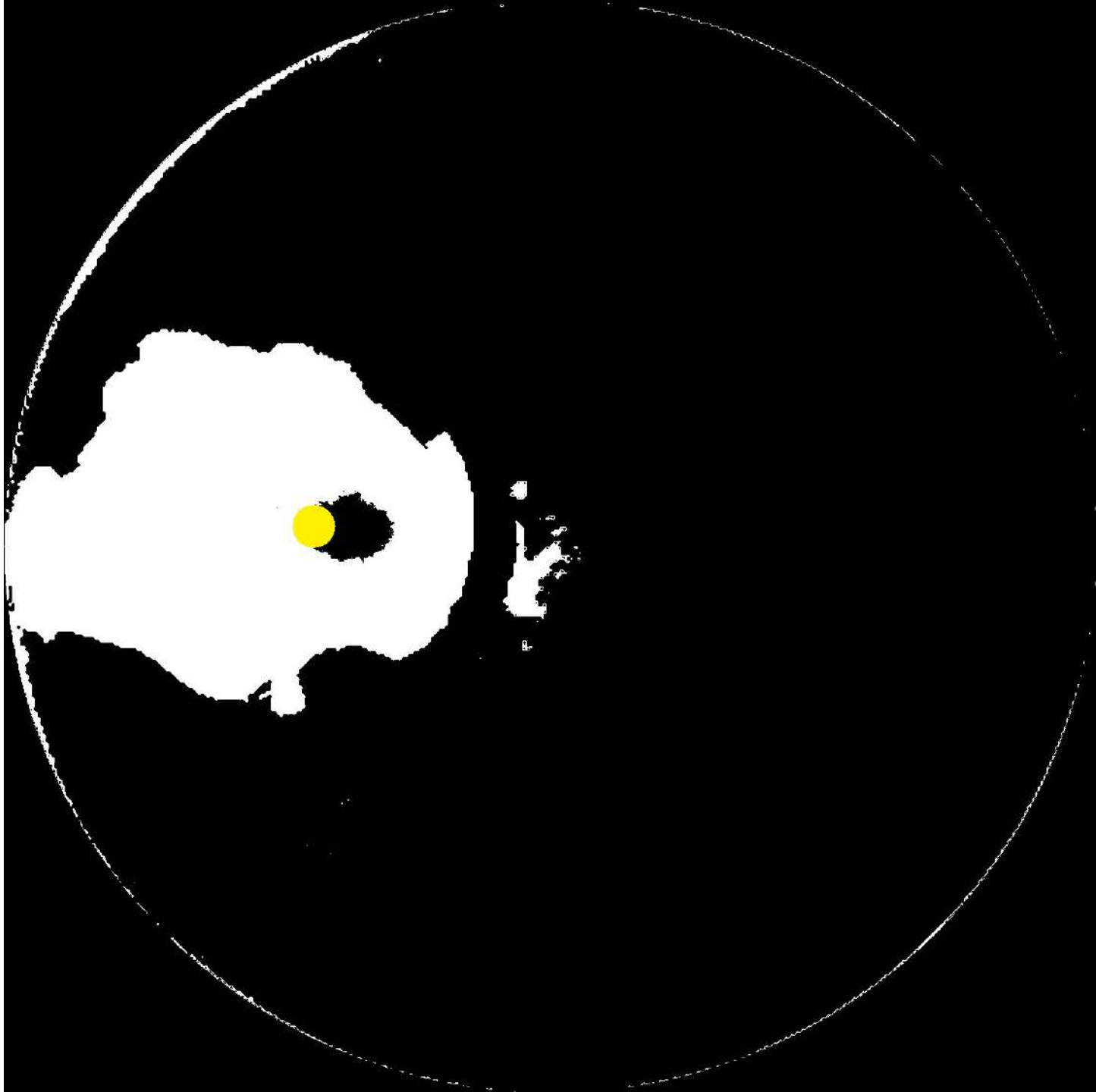




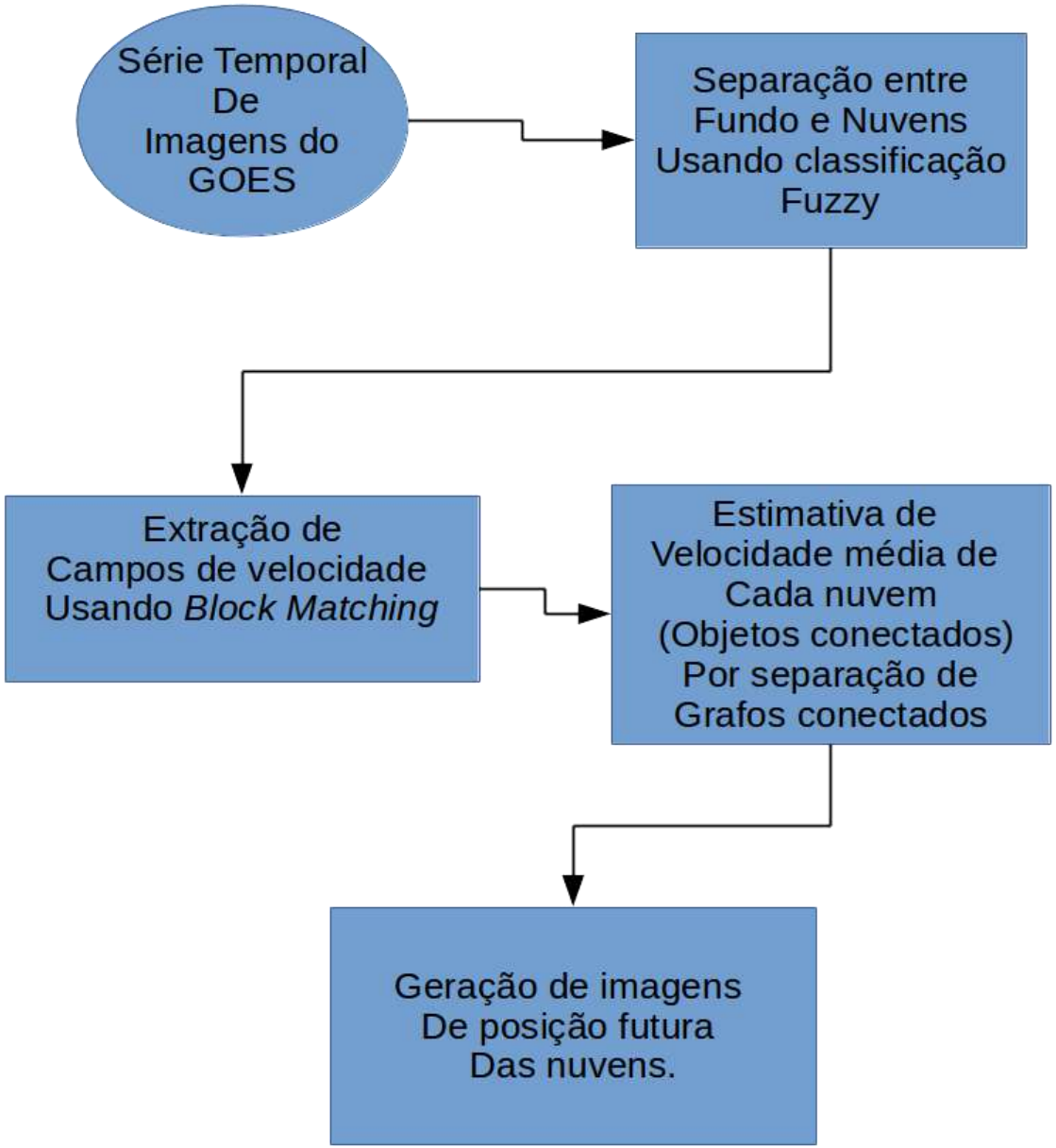


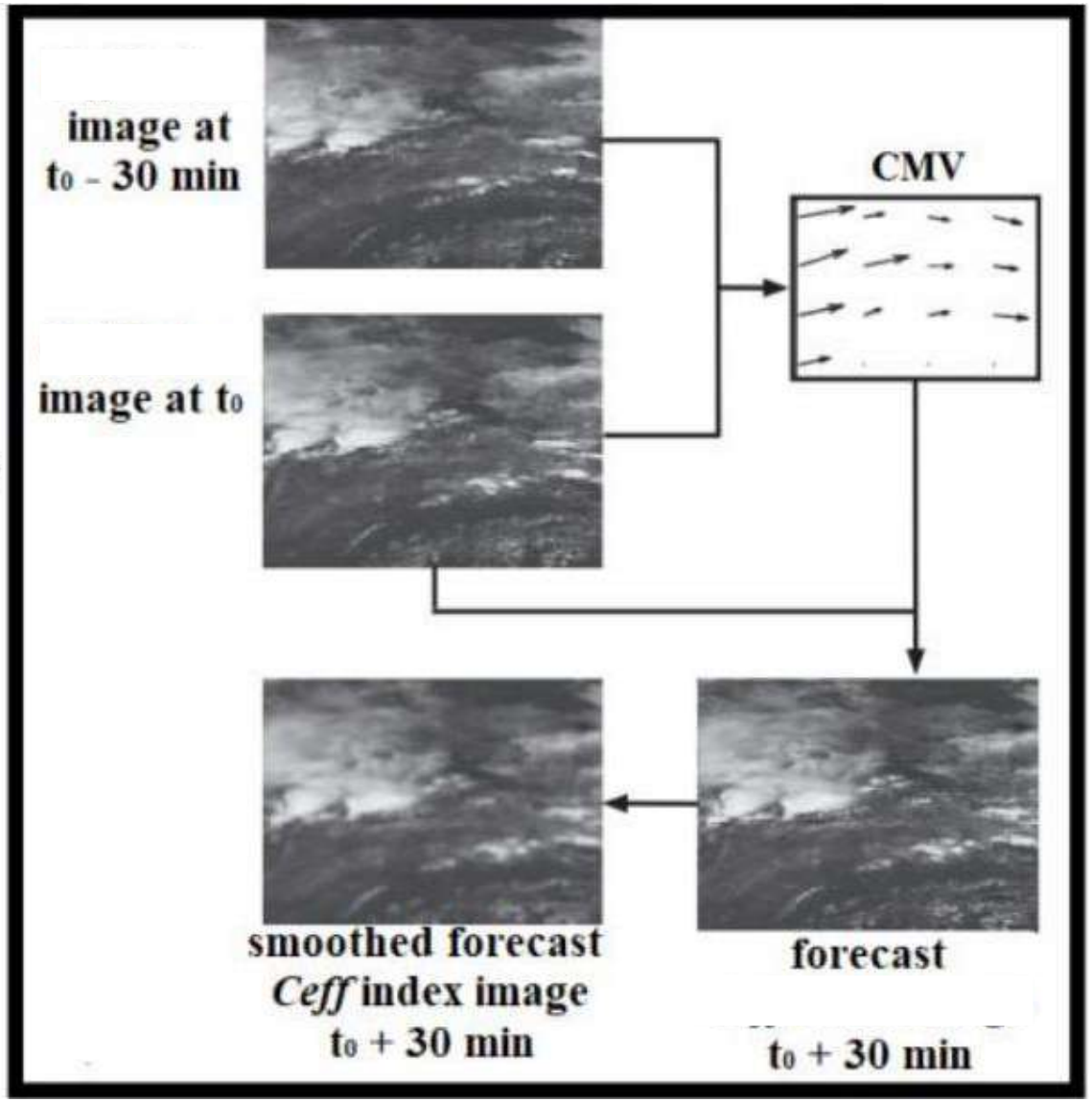
cm-si





cm-sat


Série Temporal
De
Imagens do
GOES
Separação entre
Fundo e Nuvens
Usando classificação
Fuzzy
Extração de
Campos de velocidade
Usando *Block Matching*
Estimativa de
Velocidade média de
Cada nuvem
(Objetos conectados)
Por separação de
Grafos conectados
Geração de imagens
De posição futura
Das nuvens.


image at
t0 - 30 min
image at t0
CMV
smoothed forecast
Ceff index image
t0 + 30 min
forecast
t0 + 30 min

Video

cm-sat

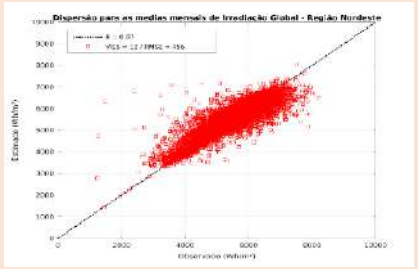
BRASIL-SR: Modelo Satelital desenvolvido pelo INPE

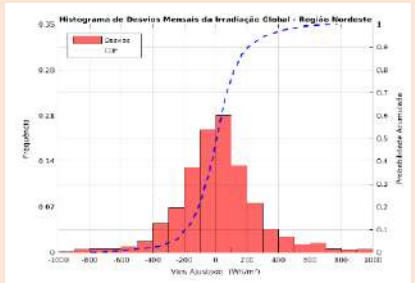
- Dados públicos
- Resolução: imagens de satélite
- Resolução da Eq. de transferência radiativa pelo método de dois fluxos
- Dados climatológicos e análises de modelos
- Utilizado em diversos mapeamentos desde 1998



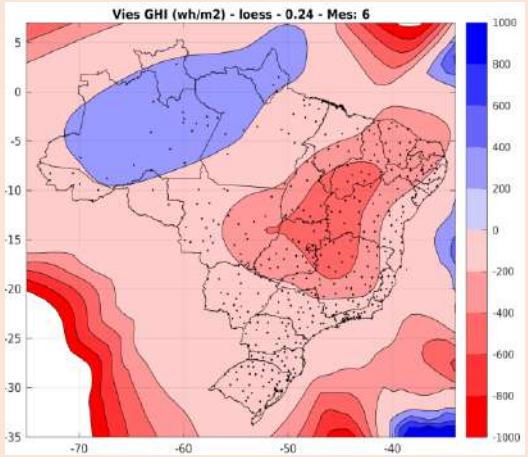
1998 2005 2006 2017

- Validação Diária GHI
  - RMSE < 10%
  - ME < 0.5%
- Validação Mensal GHI
  - RMSE < 7%
  - ME < 0.2%



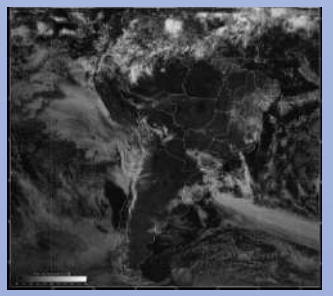


Validação realizada sobre conjunto de dados independente (20% do total)

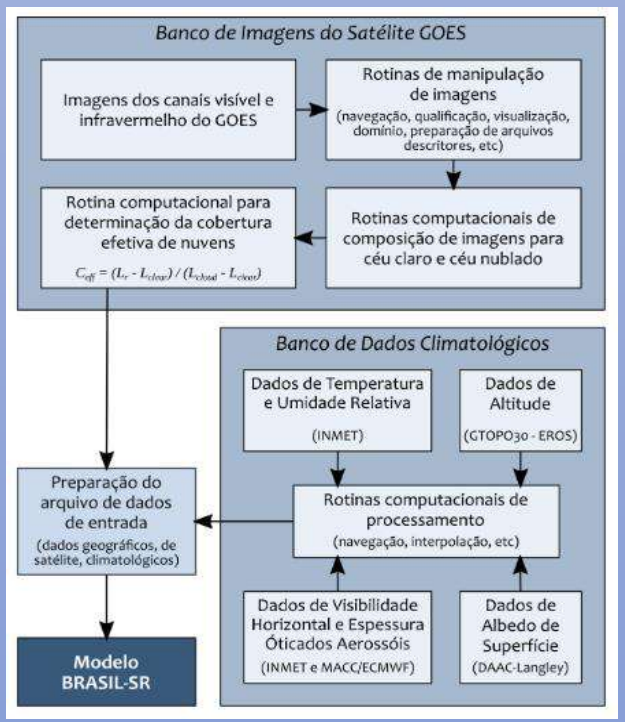


Calibração mensal do modelo satelital utilizando medições

Modelo Brasil-SR – Fluxograma Simplificado

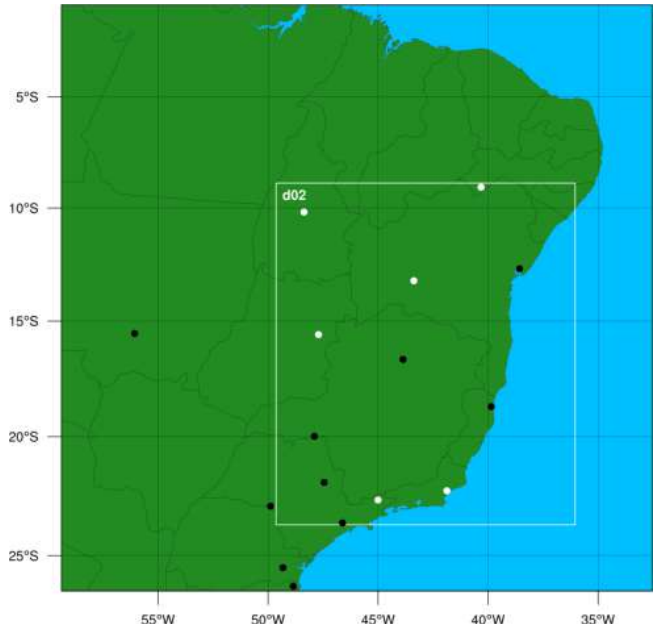


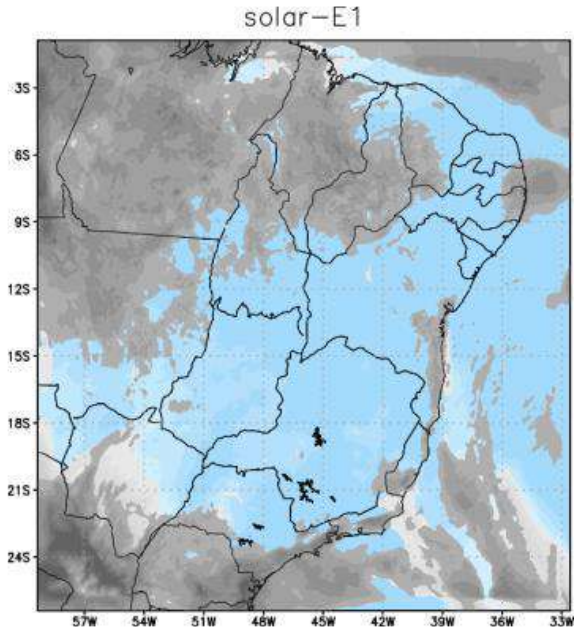
GOES Visível



previsão de irradiação solar com modelos de mesoescala

- Solução para escalas de tempo de dias
- Entretanto, erros se propagam nas simulações
- Solução – ferramentas de pós-processamento



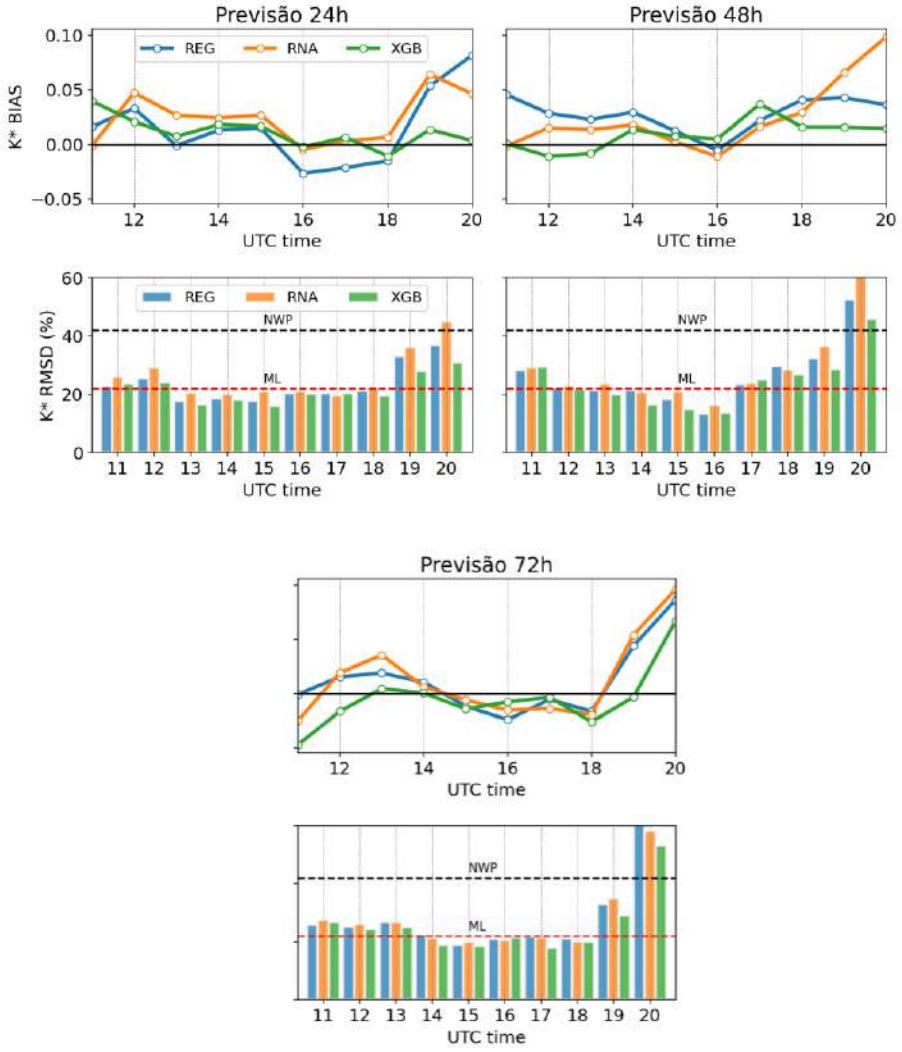


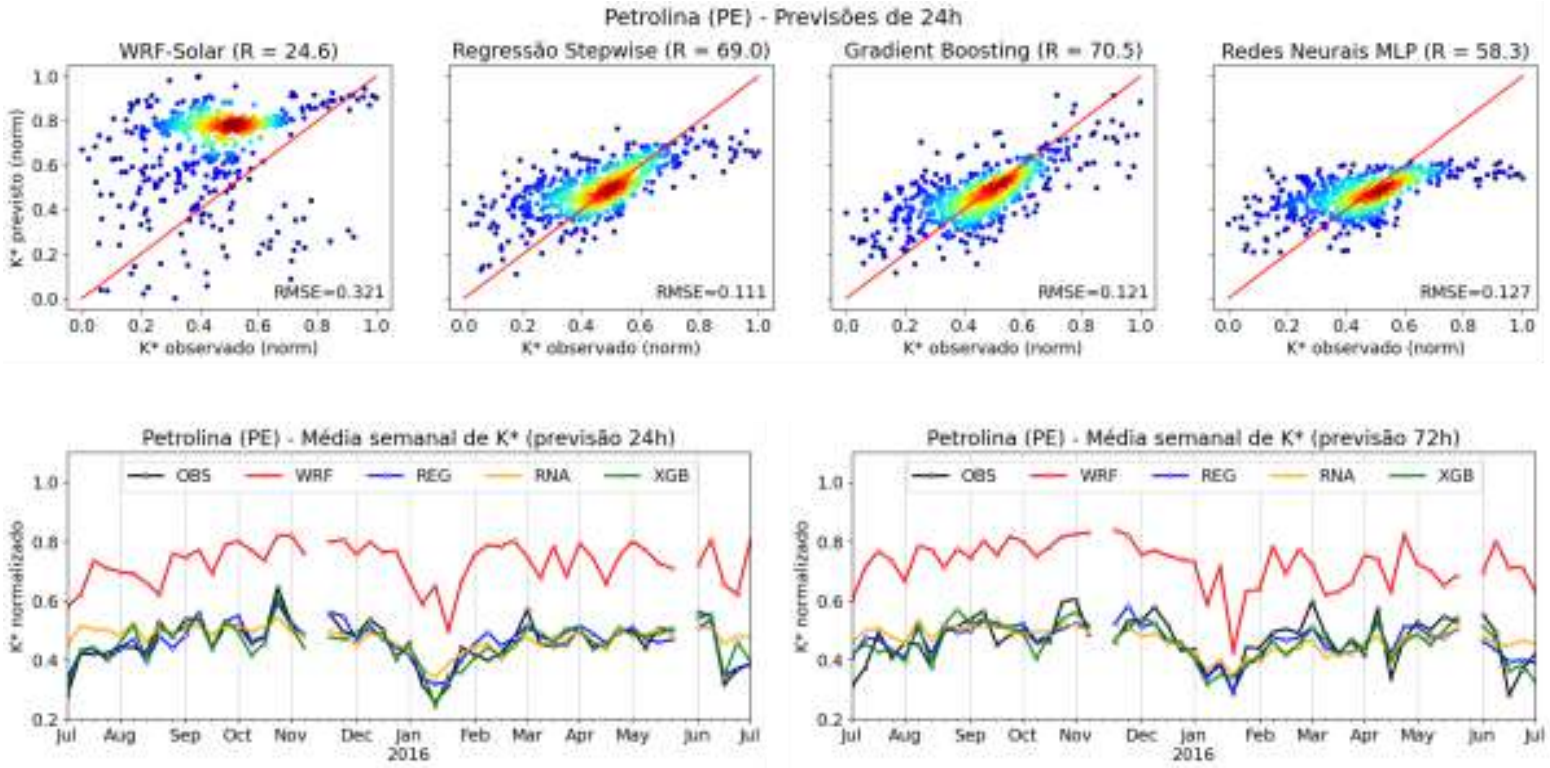
previsão de irradiação solar com modelos de mesoescala



Blaga et al. (2019; doi: 10.1016/j.pecs.2018.10.003): RMSD de + 1700 artigos
NWP (modelos atmosféricos); ML – Machine Learning

previsão de irradiação solar com modelos de mesoescala





Blaga et al. (2019; doi: 10.1016/j.pecs.2018.10.003): RMSD de + 1700 artigos
NWP (modelos atmosféricos); ML – Machine Learning



Obrigado!

rodrigo.costa@inpe.br
labren@inpe.br



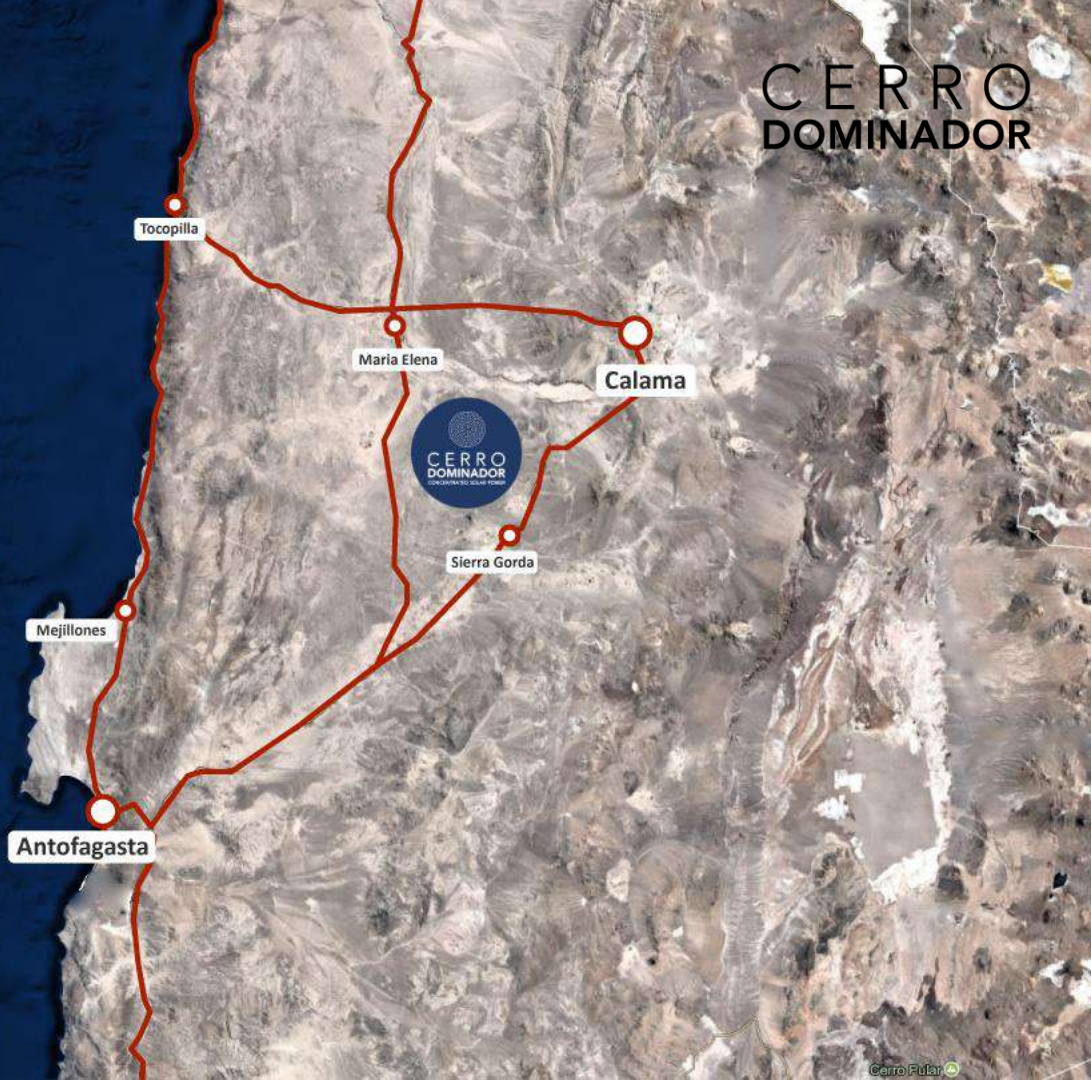
CERRO
DOMINADOR
CONCENTRATED SOLAR POWER

IX Brazilian Congress of Solar Energy- Florianapolis

The Cerro Dominador Project

Localization

- Location: The Project is located in the Atacama Desert, on a flat terrain, about 90 km to the SW of Calama – Antofagasta Region of Chile. **1,600 meters above sea level**
- Efficiently located near the greatest points of demand for power – the mining district of the North of Chile, close to the largest residential areas of the region
- Water: Near water supply infrastructure. Very low water consumption
- Excellent road access.
- Land Concession granted by the Government of Chile for a 35-year period.



The Cerro Dominador Project

Environmental Aspects

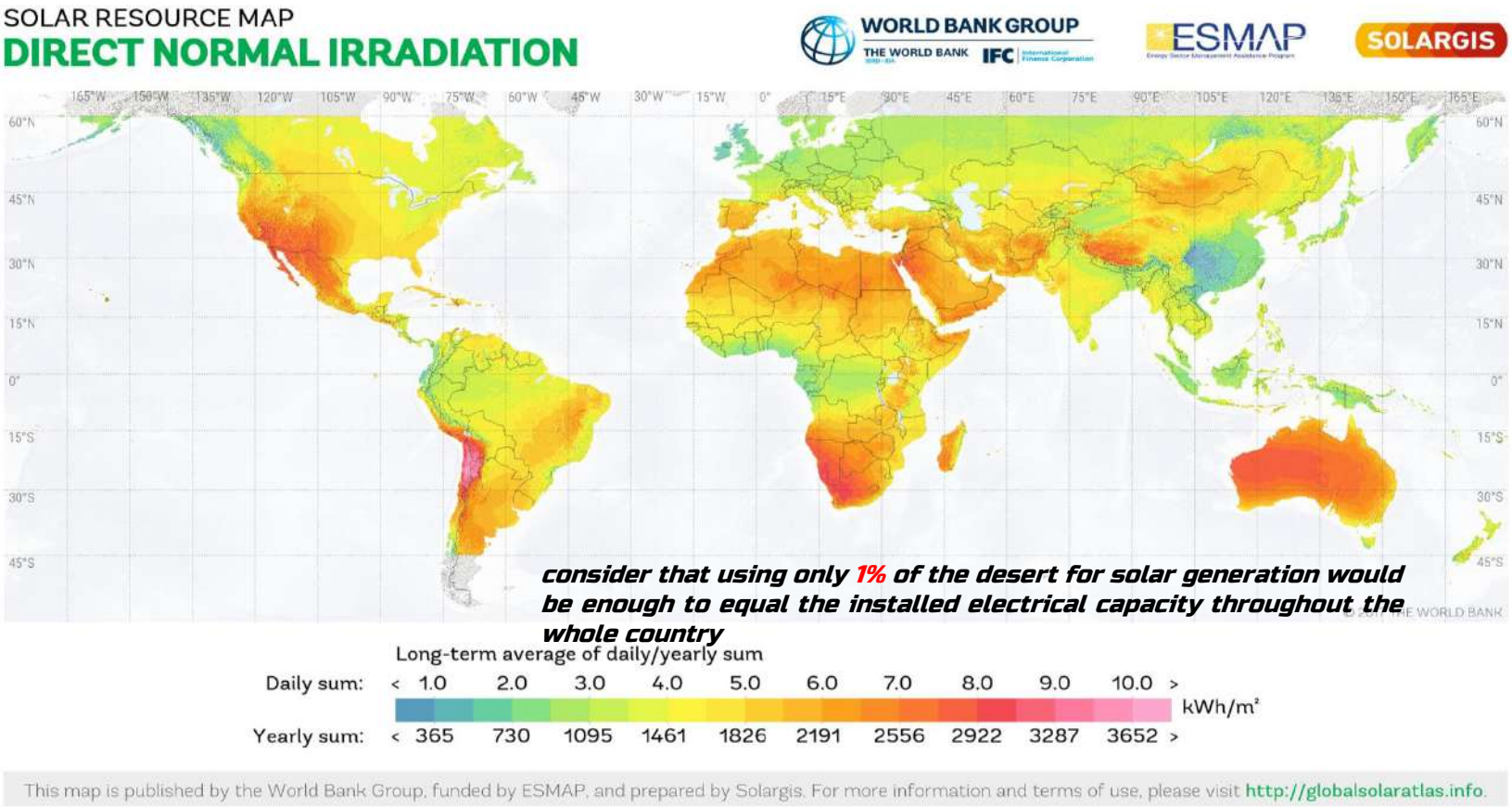
CERRO DOMINADOR

- Located in extreme desert. therefore, no flora or wildlife.
- No impact on the environment in terms of emissions, effluents and waste.
- Designed to reduce the use of water.
- No impact on populated areas, tourist attractions or archeological sites



Atacama Desert: Best irradiation of the planet 3.200 kWh / m2 / year

CERRO DOMINADOR



Who is Cerro Dominador?

CERRO DOMINADOR

110 MW

10,600 heliostats,140 m² each

249-meter high tower

1.5 M m² total reflective area

Receiver 690 MWt

17,5 Thermal Storage

700 hectares

In Operation



100 MW

392,000 PV panels

Single-axis tracker

300 hectares

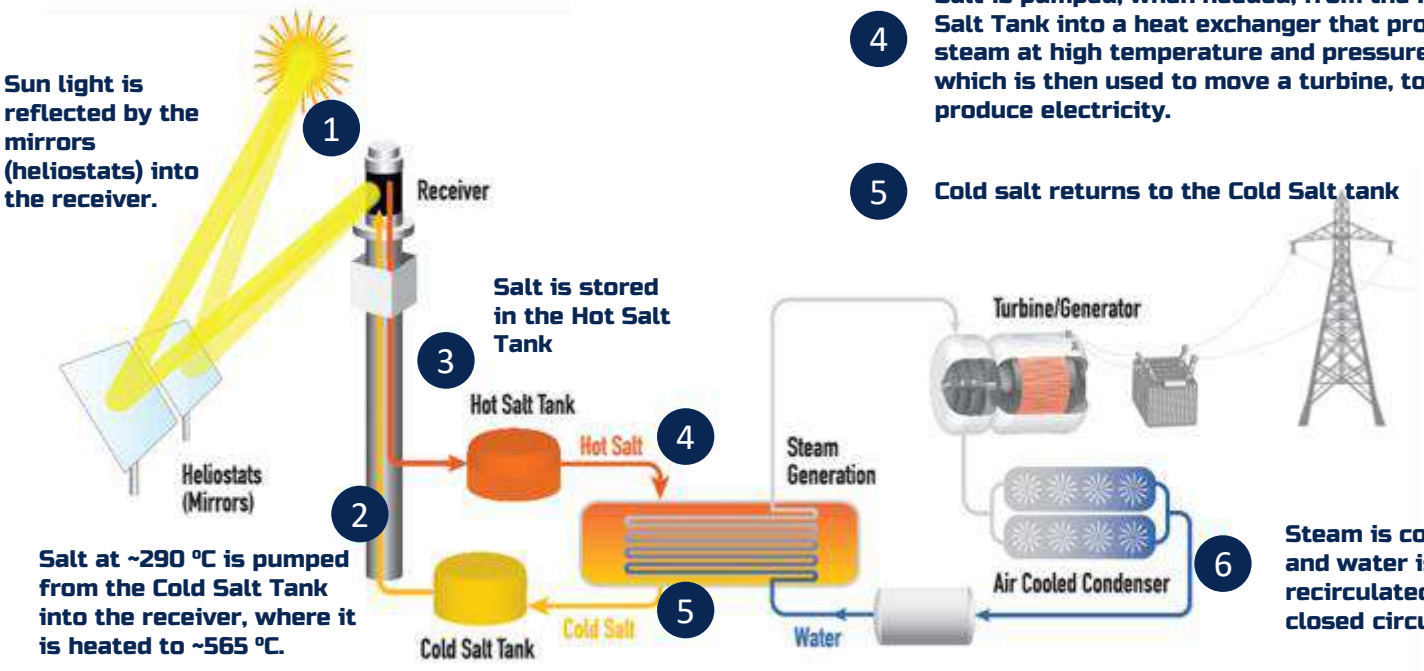
In Operation



The Complex Contributing to reduce ~630,000 tons of Co2/year.

How does a CSP Plant work?

CERRO DOMINADOR



TES: Thermal Energy Storage

CERRO DOMINADOR











The properties of salt are as follows:

- **Mixture of sodium nitrate (60%) and potassium nitrate (40%)**
- **High thermal conductivity**
- **High chemical stability up to 580°**
- **It is not flammable (in liquid state)**
- **It is not toxic (this salt is also used as a fertilizer among other uses)**
- **Transparent in appearance like water**

TES in diferent CSP Projects

Salt Properties:

- **Thermal capacity @ 550°C = 1.54 kJ/kg·K**
- **Density @ 550°C = 1740 kg/m³**
- **Thermal conductivity @ 550°C = 0.54 W/m·K**



Tonopah US 2014: Crescent Dunes

- **Tons melted: 31.750**
- **Melting Process: 50 días (645TN/day)**
- **Thermal Storage: 9,5**



Morocco 2018: NooRIII

- **Tons melted : 30.000**
- **Melting Process : 59 días (700TN/day)**
- **Thermal Storage : 7,5**



Chile 2020: Cerro Dominador

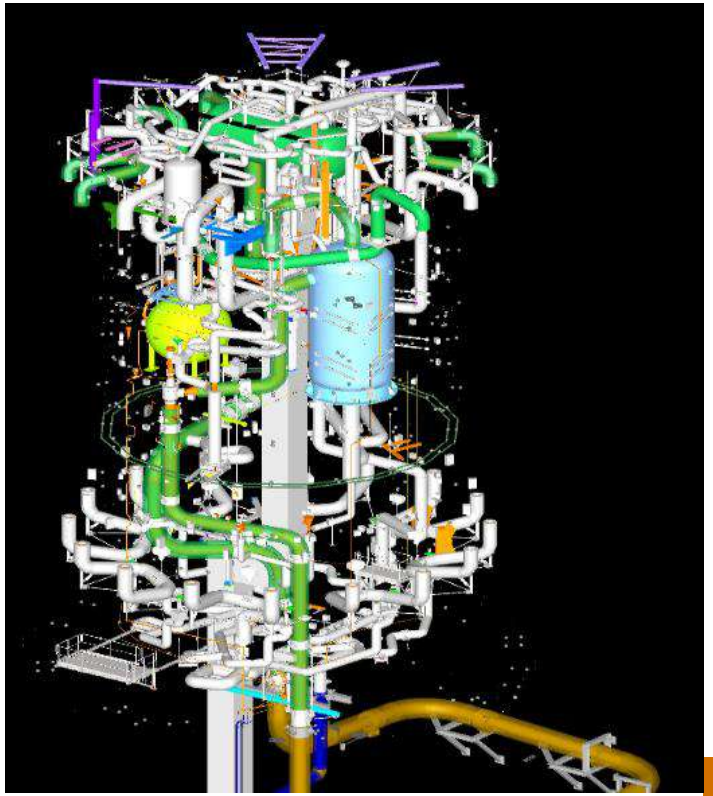
- **Tons melted : 46.000**
- **Melting Process : 56 días (830TN/day)**
- **Thermal Storage : 17,5**

Receiver

CERRO DOMINADOR

- **Tower: 249 high**
- **16 panels (Inconel): consisting of a group of parallel tubes 21m of dimeter, 33m high**
- **Salt inlet temperature: 290°**
- **Salt outlet temperature: 565°**
- **Receiver Power: 695MWt**
- **Nominal Flow: 1700kg/seg**





Salt Tanks

CERRO DOMINADOR

- **Cold Tank:**
  - **Temperatura sal: 290°**
  - **Diámetro: 50m**
  - **Altura: 14m**
  - **4 pumps which drive the salt to the receiver**
- **Hot Tanks:**
  - **Salt Temperature: 565°**
  - **Diameter: 36m**
  - **High: 14m**
  - **Storage Thermal Capacity: 4696MWht (almost 2GW of gross power)**
  - **1 pump for each tank**



Steam Generator System

CERRO DOMINADOR

SGS: Steam Generation System

- **Exchangers of water-salt:**
  - **Evaporator**
  - **Economiser**
  - **Reheater**
  - **Superheater**

The conditions that are achieved once the exchange of salts and water is carried out in this equipment are the following:

- ***Temperature: 550°***
- ***Pressure: 130bar***



Para evitar la corrosión por las sales se requiere que todo el sistema este compuesto por acero inoxidable

Solar Field

CERRO DOMINADOR

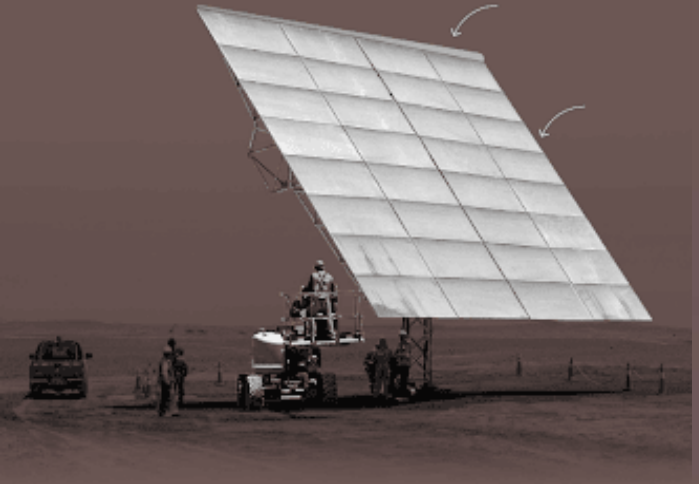
- 10,600 heliostats
- 140 m^2 each
- Maximum distance to the tower ~1,6 km

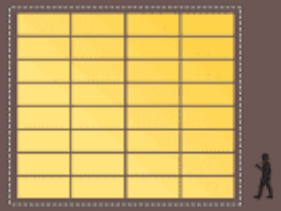




Heliostat

CERRO DOMINADOR







Movimiento

Los heliostatos siguen la trayectoria del sol con un movimiento en dos ejes. Reflejando y direccionando la radiación solar hacia la torre.



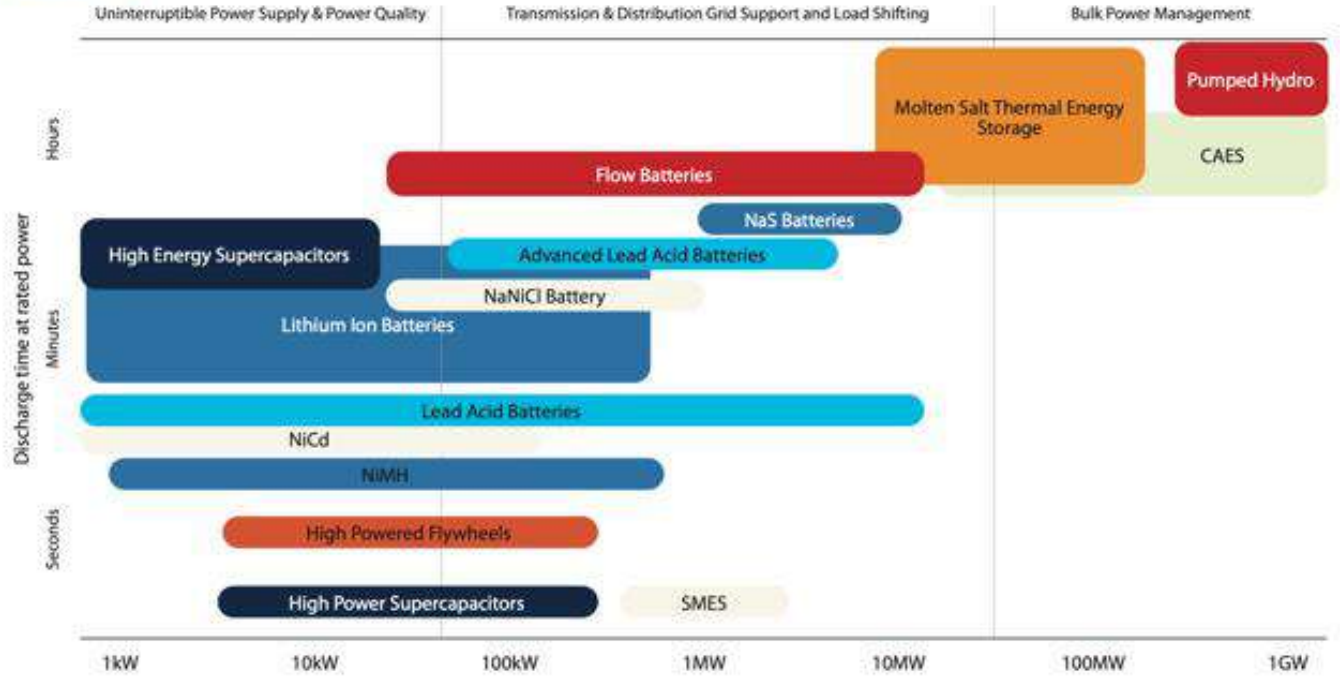


Vista frontal

¿Why molten salt storage?

CERRO DOMINADOR

FIGURE 1.7 Key characteristics of available energy storage technologies

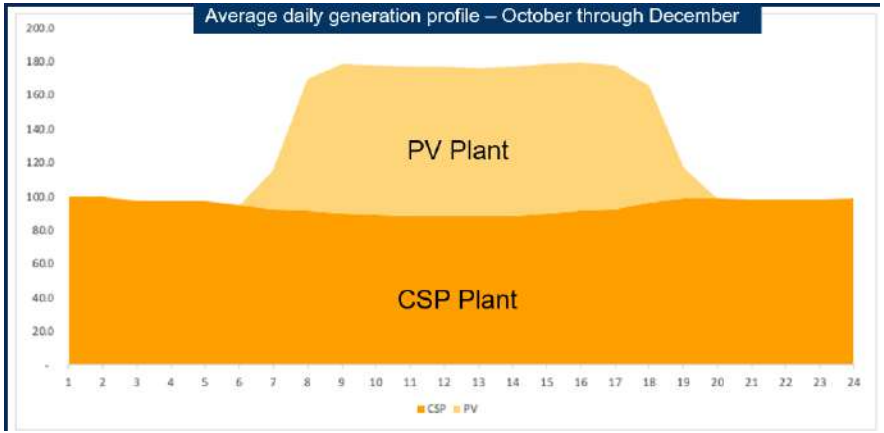


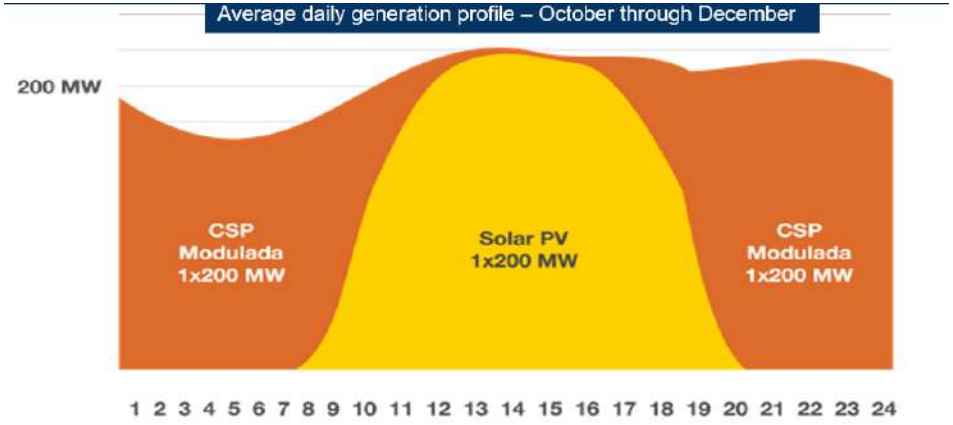
Source: Adapted from DOE/EPRI (2013).
Note: CAES = compressed air energy storage; GW = gigawatt; kW = kilowatt; MW = megawatt; NaNiCl = sodium nickel chloride; NaS = sodium sulfur; NiMH = nickel metal hydride; NiCd = nickel cadmium; SMES = superconducting magnetic energy storage.

Source: Concentrating Solar Power – Clean Power on Demand 24/7 | The World Bank, IRENA, Climate Investment Funds

So why CSP then?

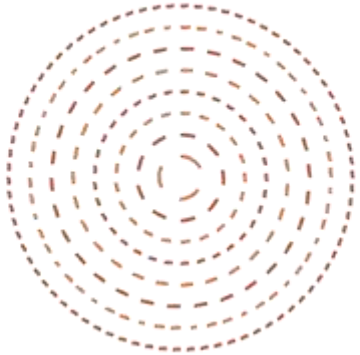
CERRO DOMINADOR





Because CSP is the perfect complement of PV to get to 24/7 clean power at the most competitive pricing.


CERRO
DOMINADOR



CERRO DOMINADOR

CONCENTRATED SOLAR POWER

[HYDROGÊNIO VERDE SOLAR]

GIZ E FOTOVOLTAICA/UFSC

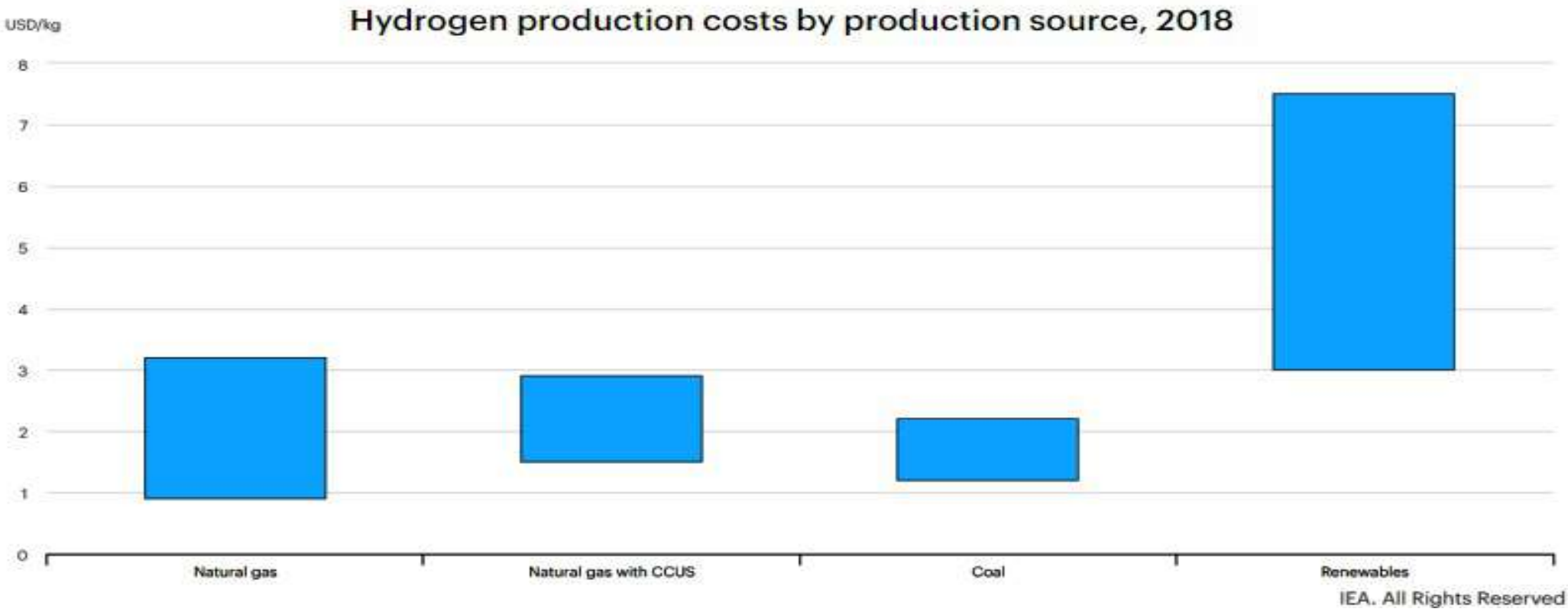
cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

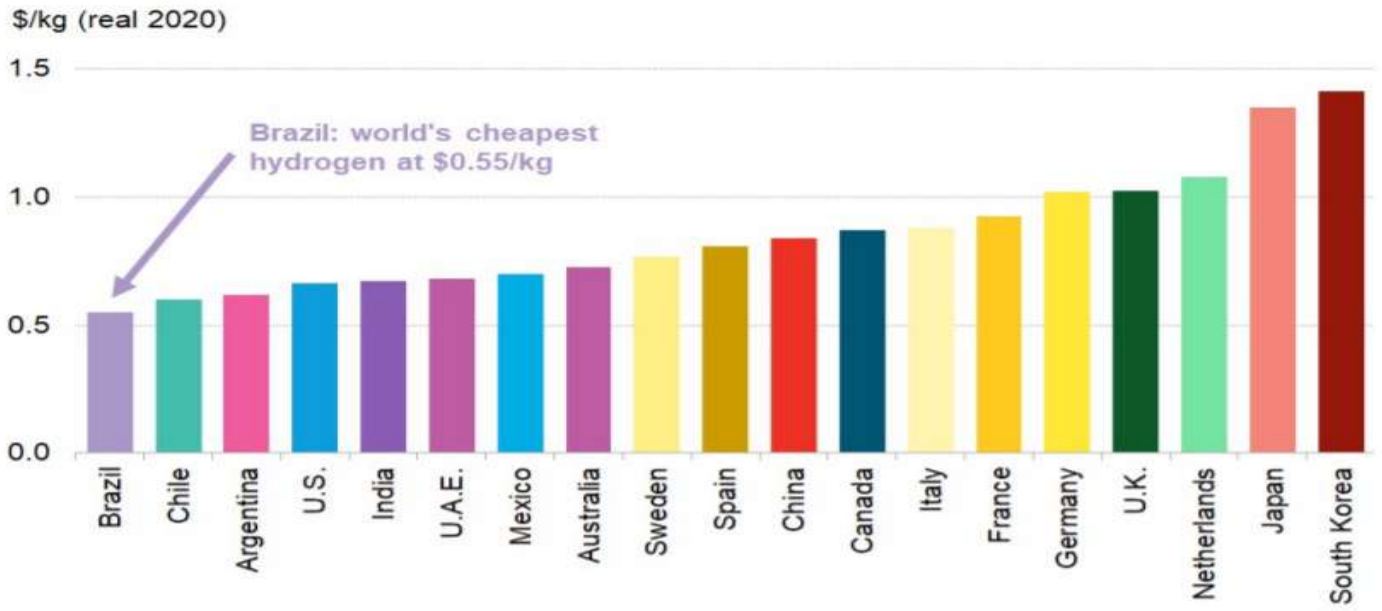
FotovoltaicaUFSC

CONTEXTO


Hydrogen production costs by production source, 2018
USD/kg
8
7
6
5
4
3
2
1
0
Natural gas
Natural gas with CCUS
Coal
Renewables
IEA. All Rights Reserved

CONTEXTO

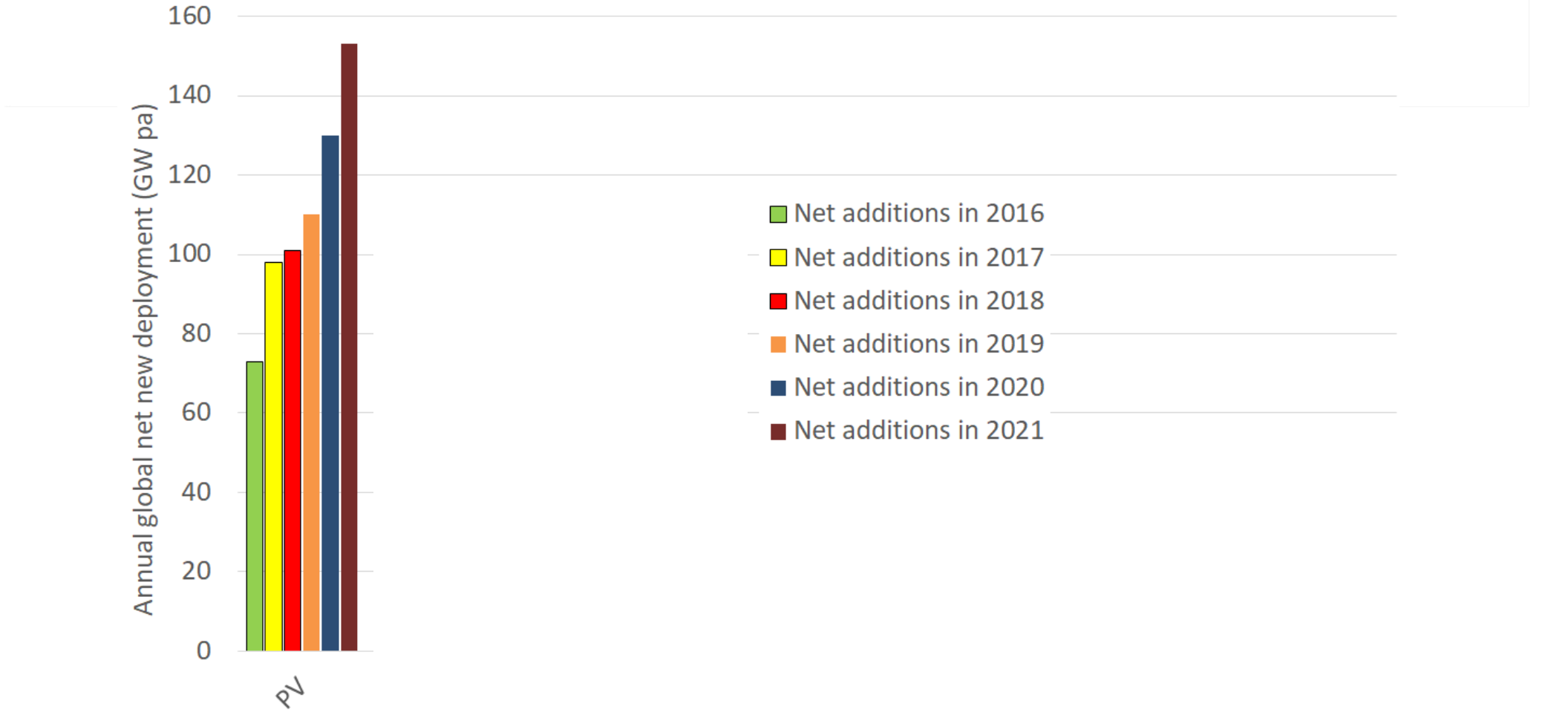
Levelized cost of hydrogen production from renewables, 2050



Source: BloombergNEF

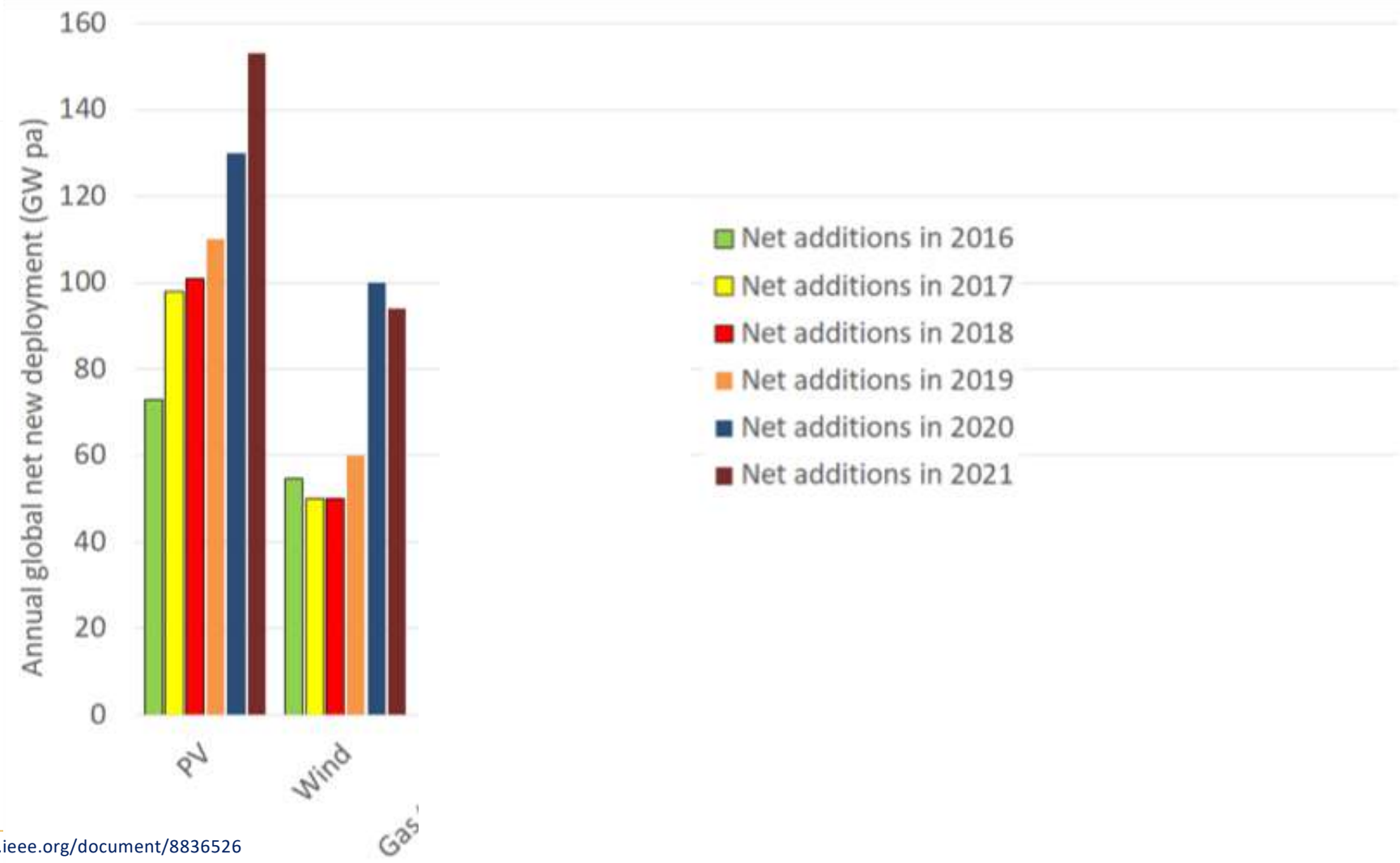
Note: Assumes our optimistic alkaline electrolyzer cost scenario and the use of either solar PV or onshore wind electricity, whichever leads to the cheapest hydrogen production cost.

GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA: A TECNOLOGIA QUE MAIS CRESCE



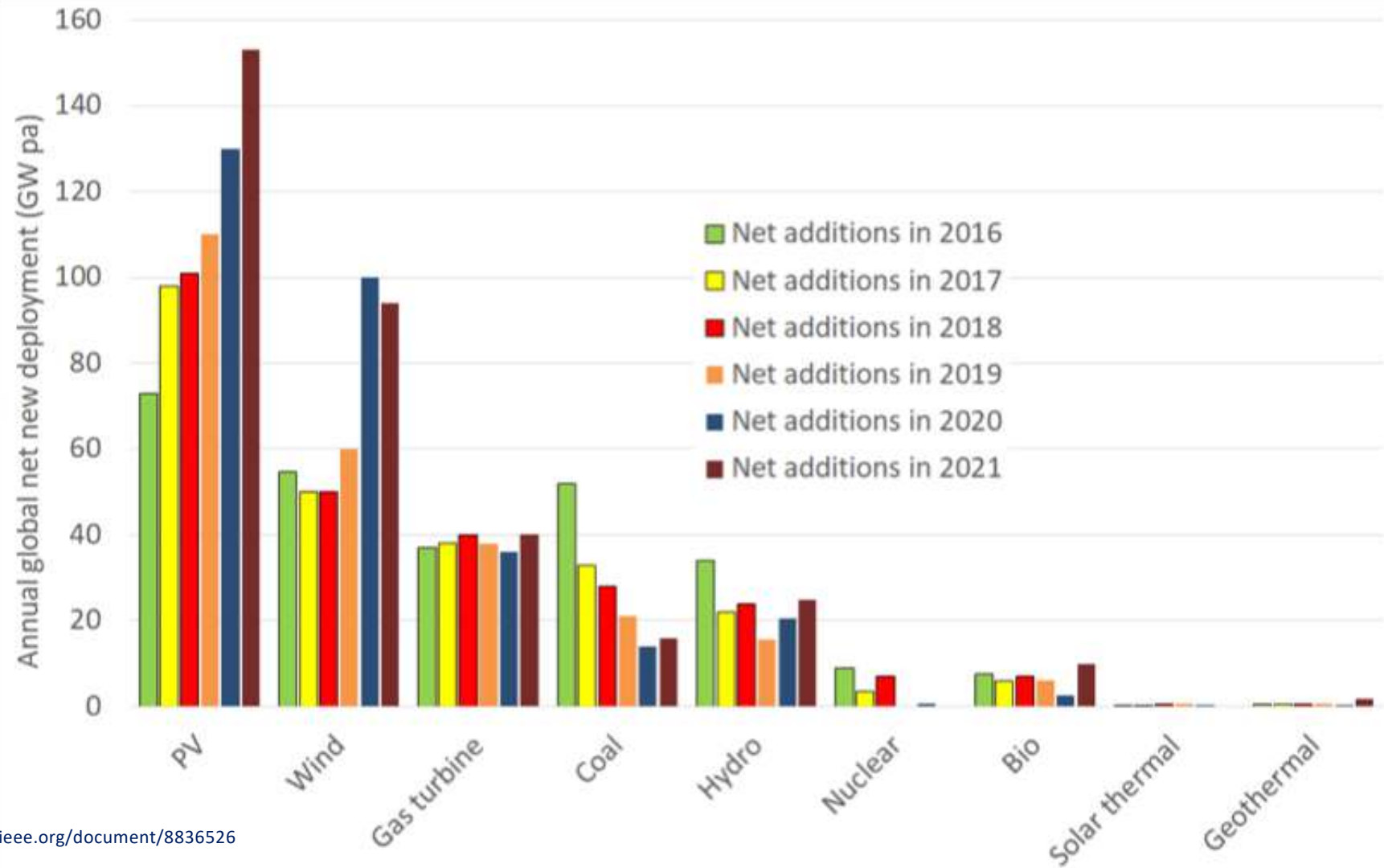
https://ieeexplore.ieee.org/document/8836526

GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA: A TECNOLOGIA QUE MAIS CRESCE



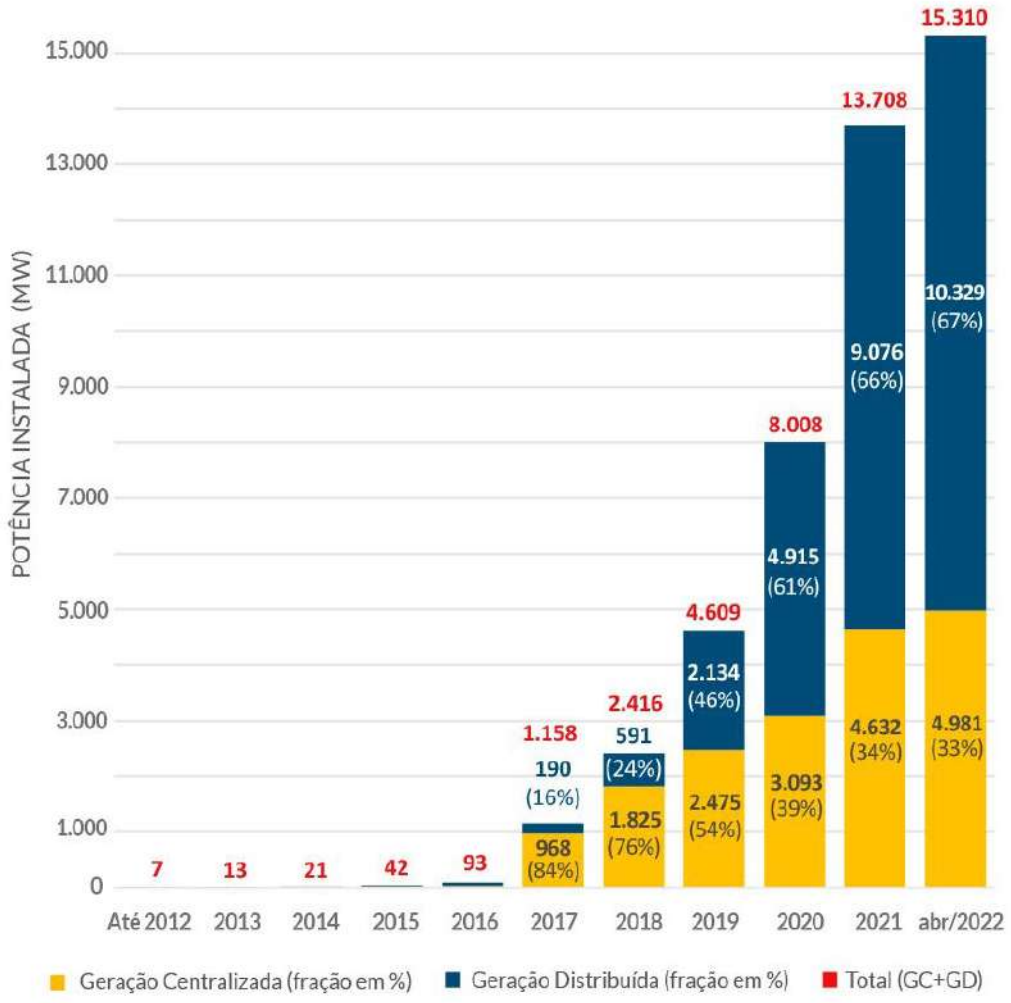
https://ieeexplore.ieee.org/document/8836526

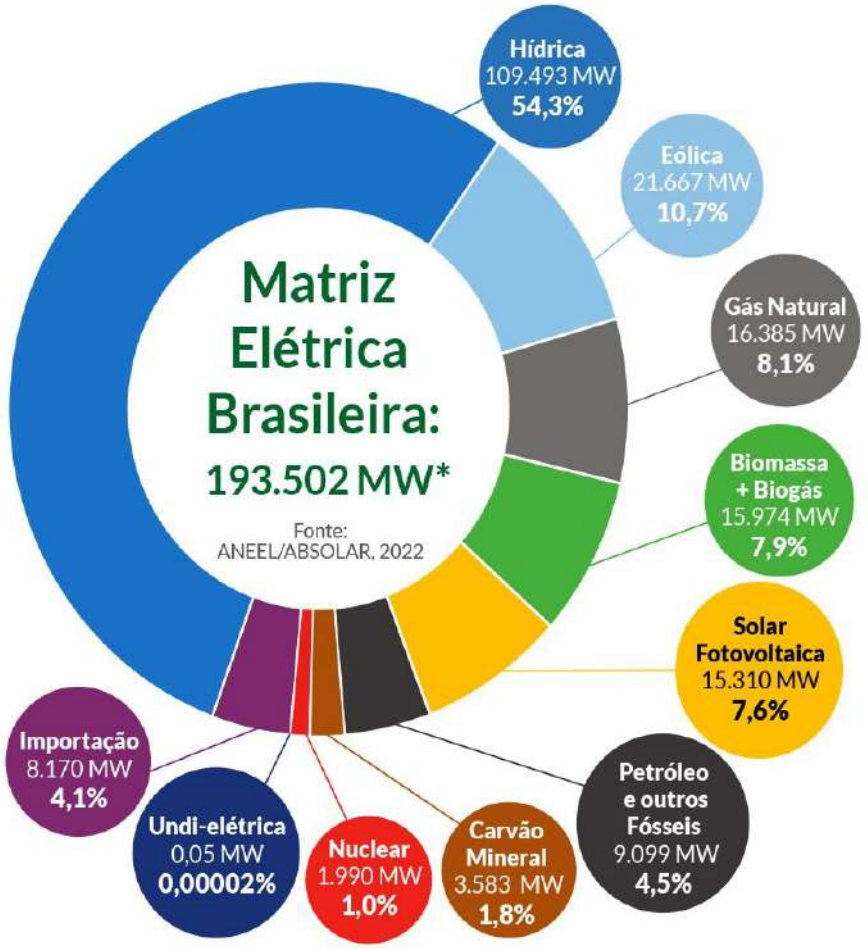
GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA: A TECNOLOGIA QUE MAIS CRESCE



https://ieeexplore.ieee.org/document/8836526

GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA: A TECNOLOGIA QUE MAIS CRESCE





Atualizado em 02/05/2022 | nº 43

ABSOLAR

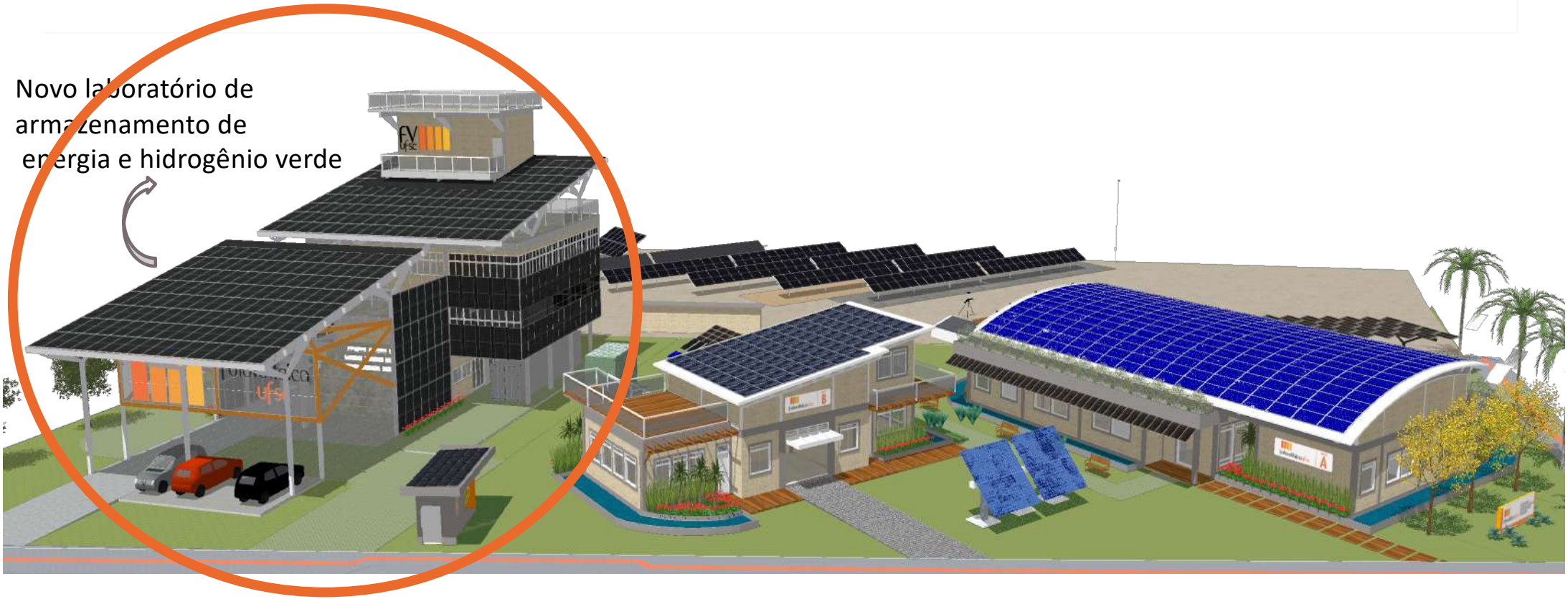
FotovoltaicaUFSC





LABORATÓRIO DE ARMAZENAMENTO E HIDROGÊNIO VERDE

Novo laboratório de armazenamento de energia e hidrogênio verde



cooperação alemã
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da
giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

fotovoltaicaufsc

Auditório

11:15 - 12:00

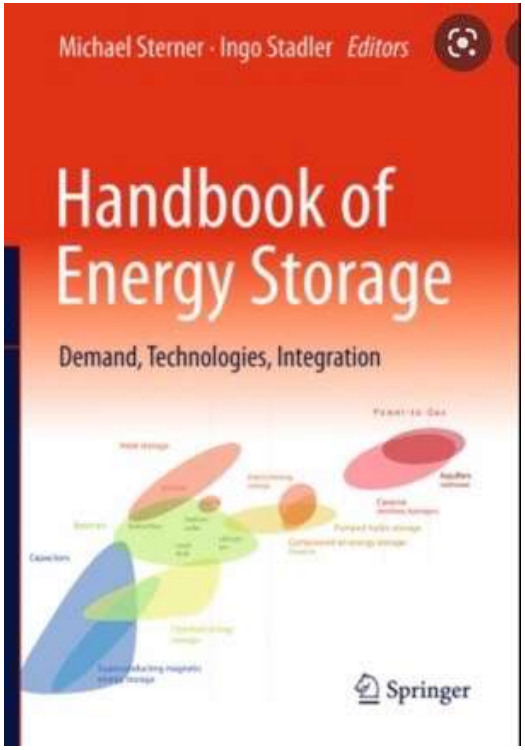
Plenária

PLENÁRIA 5 - O papel do hidrogênio verde no futuro sistema energético: mais do que um hype?



INGO STADLER

Palestrante



cooperação alemã DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

fotovoltaicaufsc

Prof. Dr.-Ing. habil. Ingo Stadler pesquisa e ensina na TH Köln, onde é responsável pelas energias renováveis e economia da energia e é ativo no Instituto de Energia Renovável de Colônia (CIRE), que ele co-fundou.

Ele completou seu doutorado e habilitação na Universidade de Kassel. Seu trabalho abrange a integração em rede de energias renováveis e sistemas de energia renovável e se concentra no armazenamento não elétrico e no gerenciamento de carga além da eletricidade.

É membro do Conselho Consultivo Científico da Conferência Internacional de Armazenamento de Energia Renovável IRES e do Centro Internacional para o Desenvolvimento Sustentável de Sistemas de Energia, Água e Meio Ambiente SDEWES. Por mais de uma década ele representou a Alemanha no Programa de Sistemas Fotovoltaicos da Agência Internacional de Energia IEA.

Ele também é co-editor do trabalho padrão sobre armazenamento de energia - demanda, tecnologias, integração, publicado pela Springer-Verlag.

Ingo Stadler é também membro do conselho supervisor da Energiegewinner eG e parte do Grupo de Energia do Conselho Climático da Cidade de Colônia.

Além disso, ele tem sido ativo em vários projetos no Brasil há mais de vinte anos, inclusive com a UFC em Fortaleza e projetos com GIZ e ANEEL.



H2 BRASIL

O Papel do Hidrogênio Verde no futuro Sistema Energético:

Mais do que um Hype?

cooperação alemã

giz

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

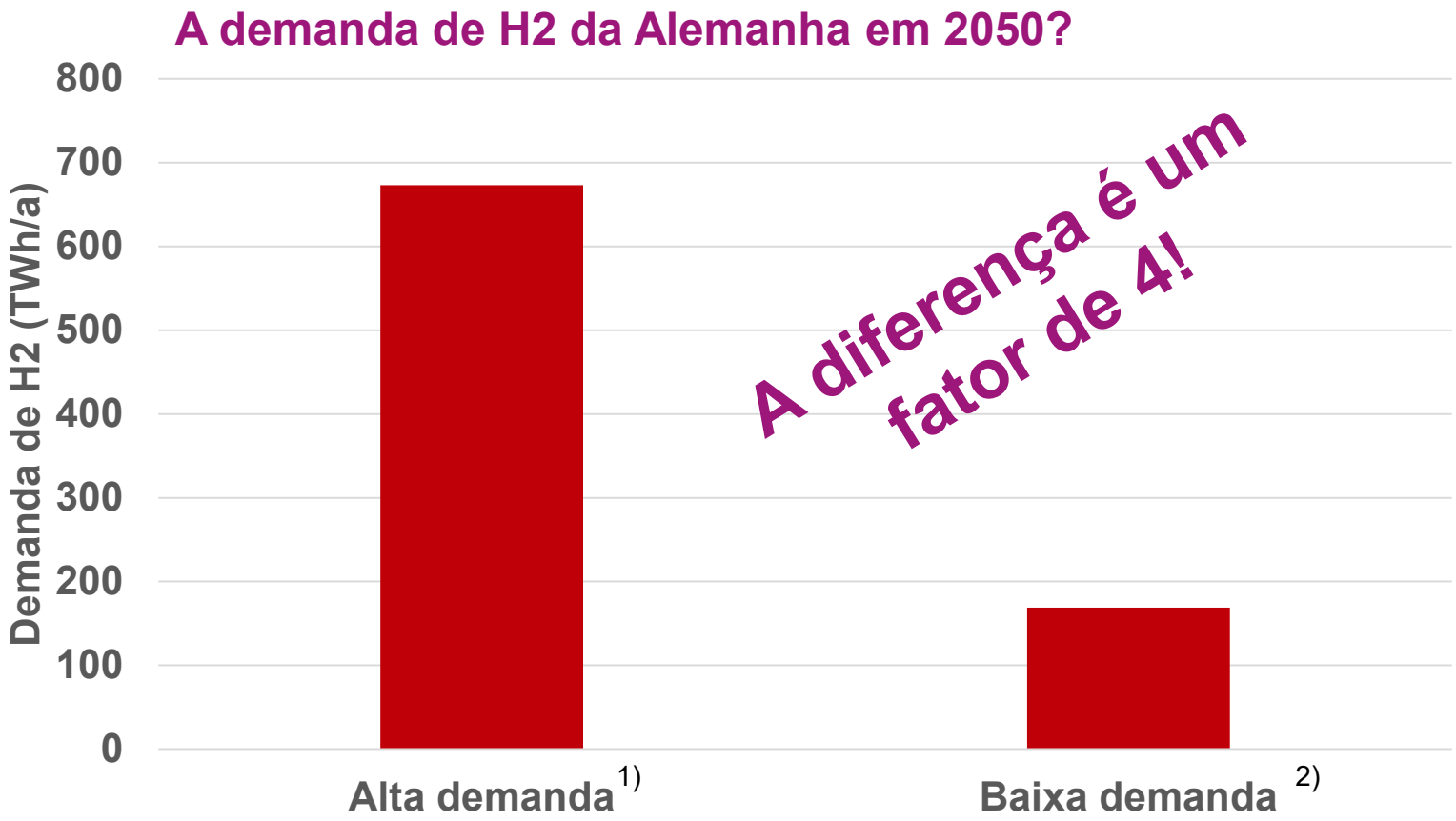
Prof. Dr. habil. Ingo Stadler

Technology
Arts Sciences
TH Köln

Sumário

A única coisa que sabemos ao certo
é
que não sabemos nada ao certo.

A perspectiva da Europa - A perspectiva de um importador

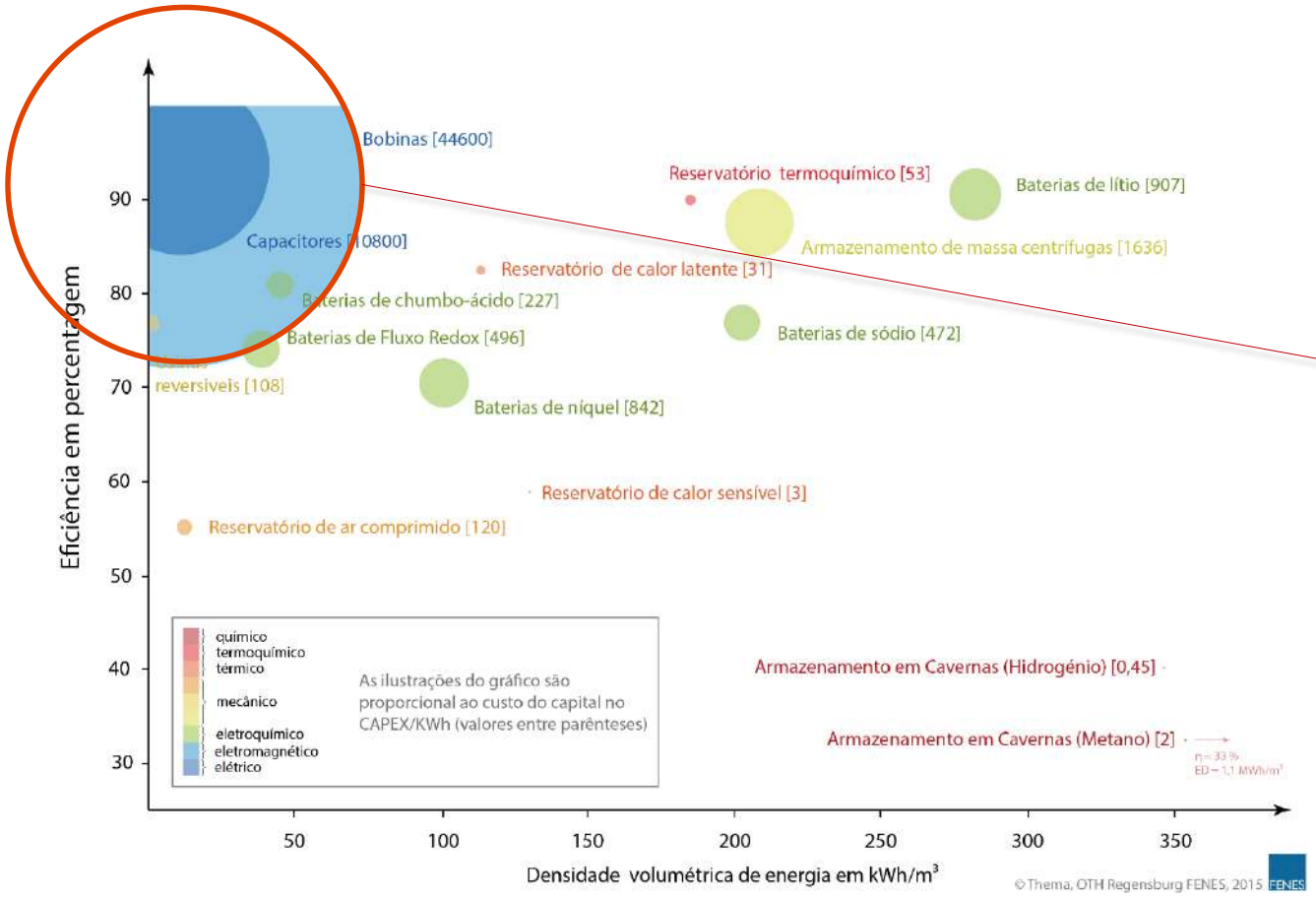


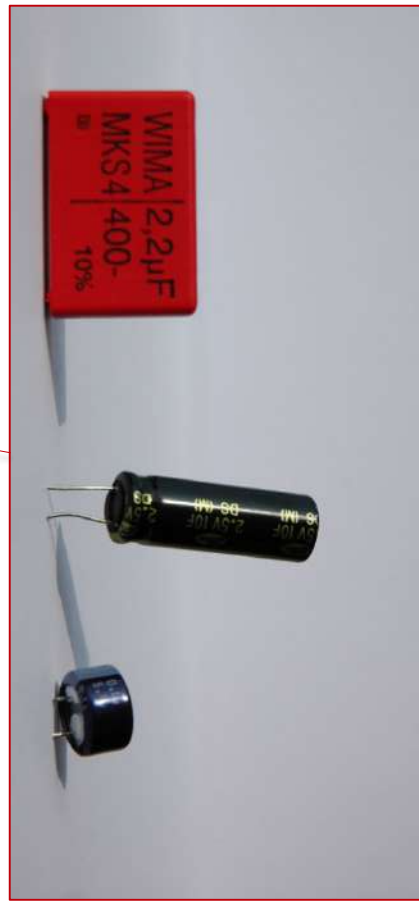
1) Ludwig Bölkow Systemtechnik (2019): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen – Eine Expertise für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

2) Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018): dena-Leitstudie – Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, Berlin.

Armazenamento de energia - custo, eficiência, densidade de energia

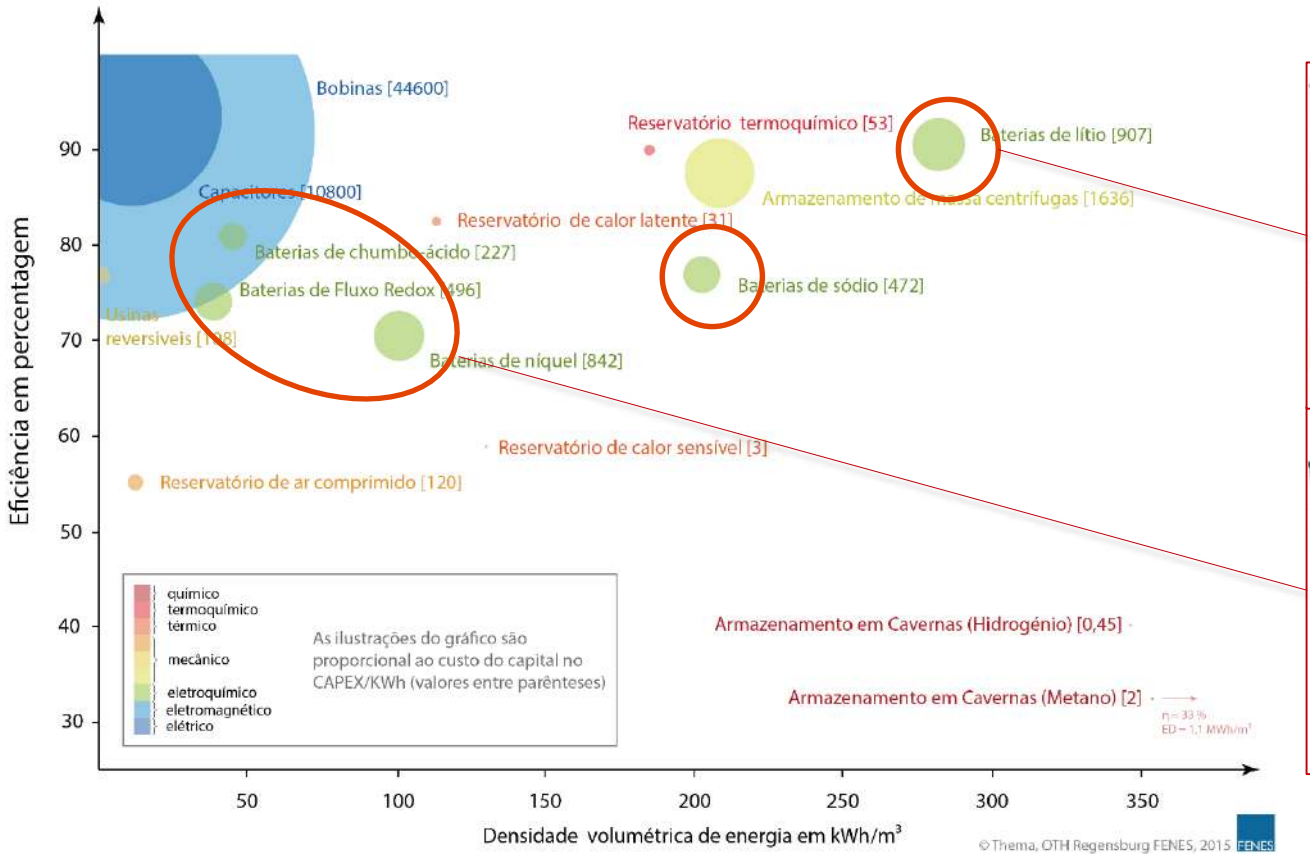
✓ Armazenamento de eletricidade





Armazenamento de energia - custo, eficiência, densidade de energia

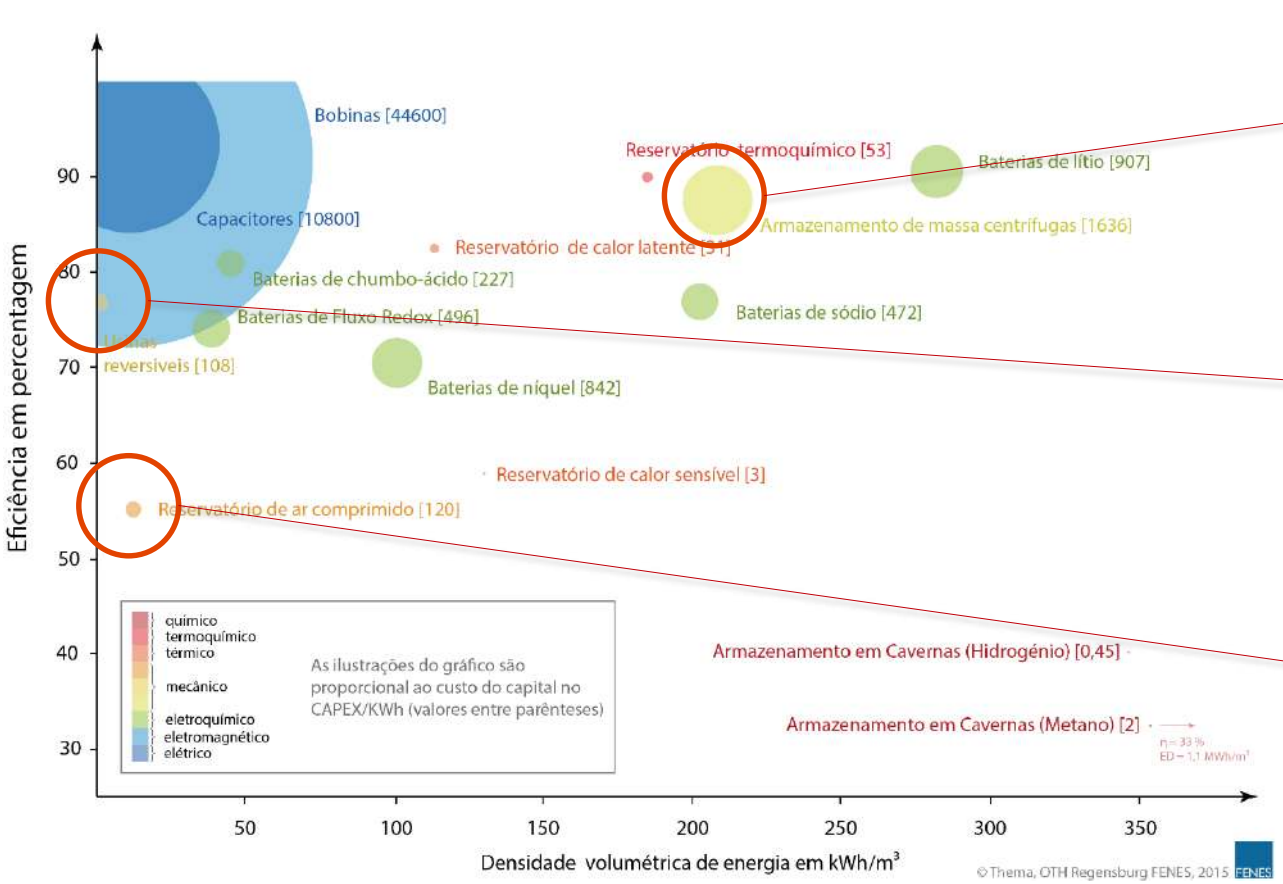
✓ Armazenamento de energia eletroquímica





Armazenamento de energia - custo, eficiência, densidade de energia

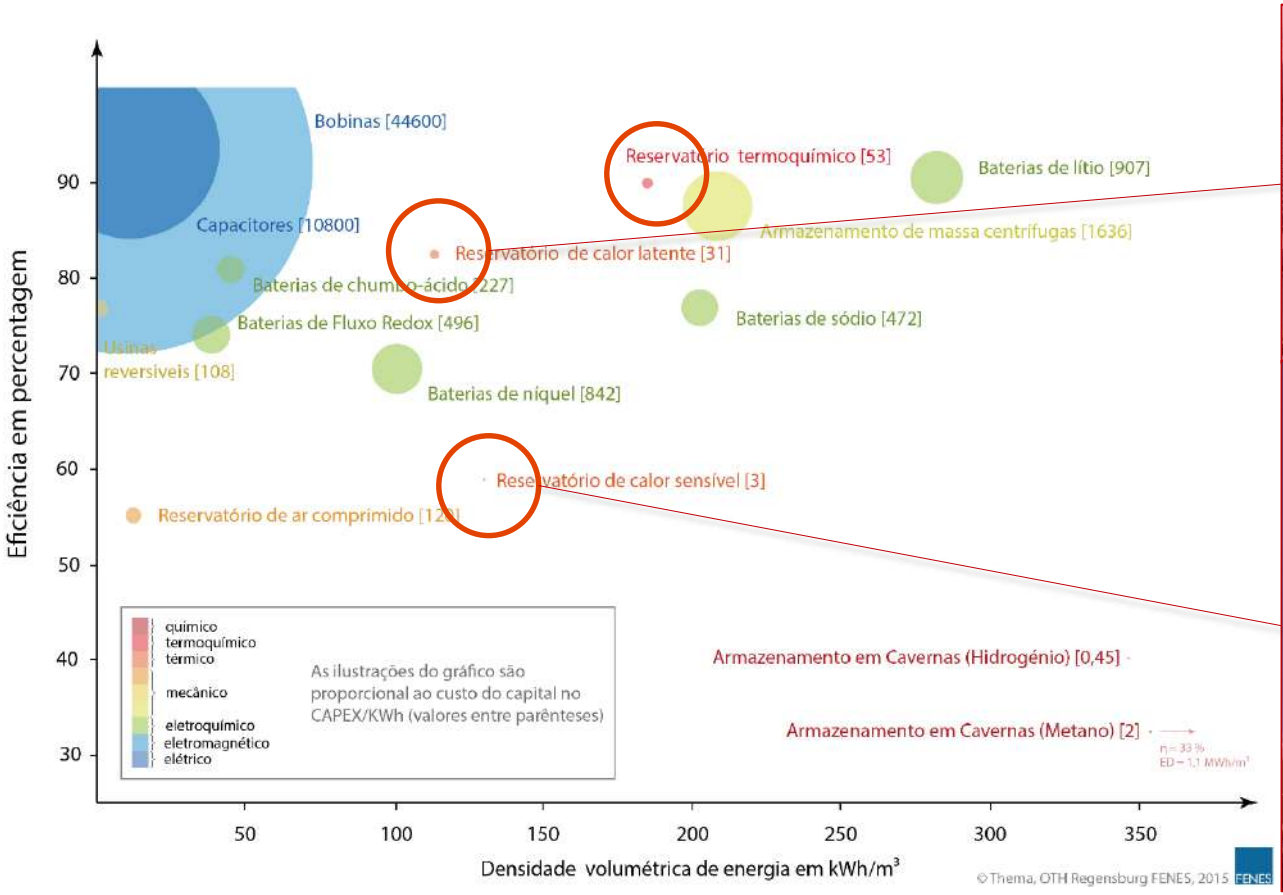
✓ Armazenamento de energia mecânica

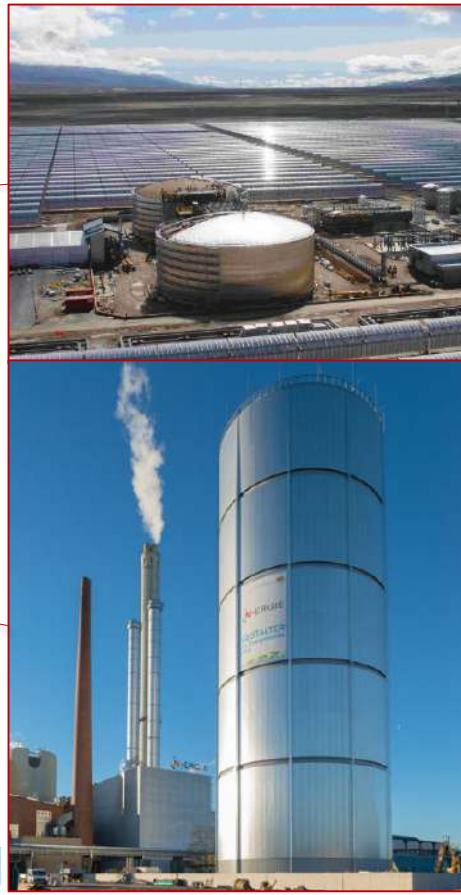




Armazenamento de energia - custo, eficiência, densidade de energia

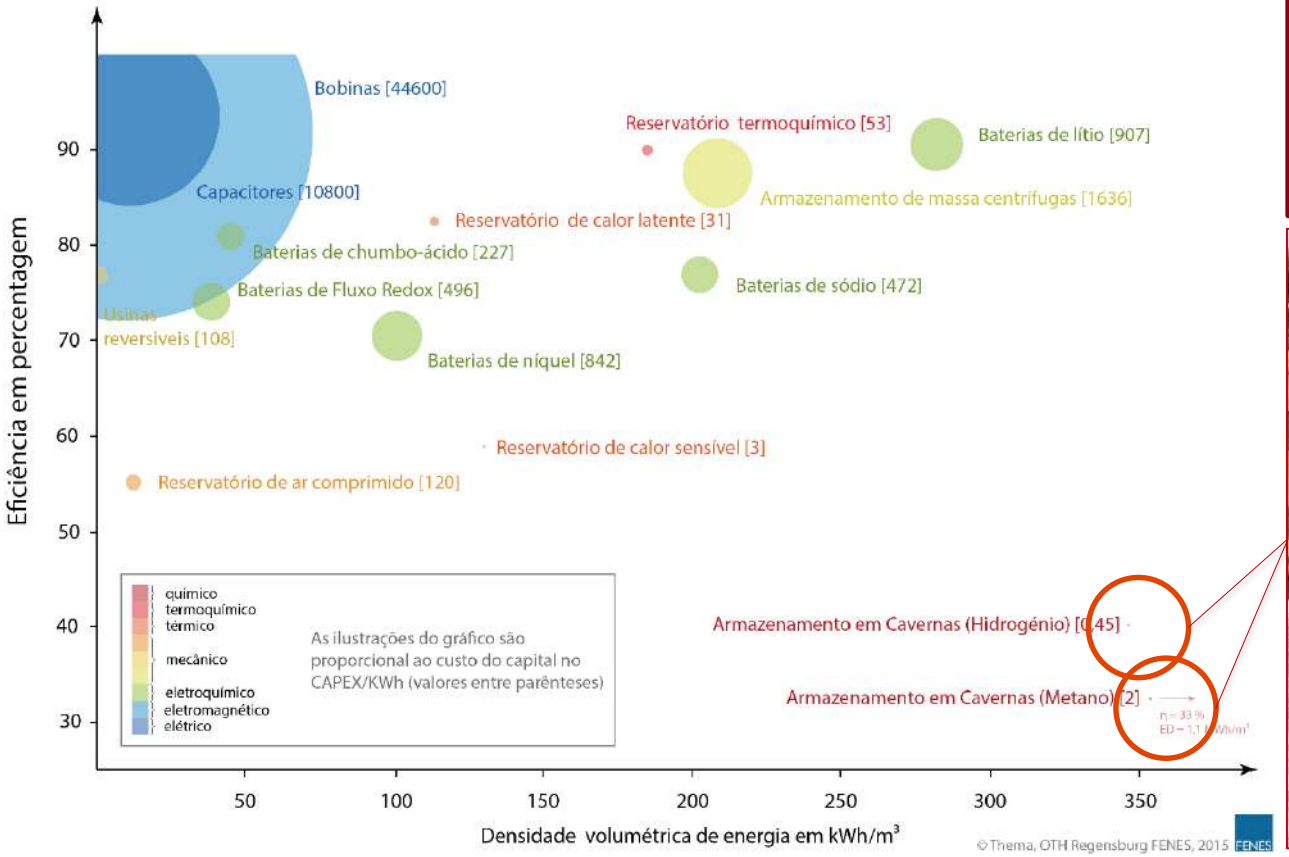
✓ Armazenamento de energia térmica





Armazenamento de energia - custo, eficiência, densidade de energia

✓ Armazenamento de gás

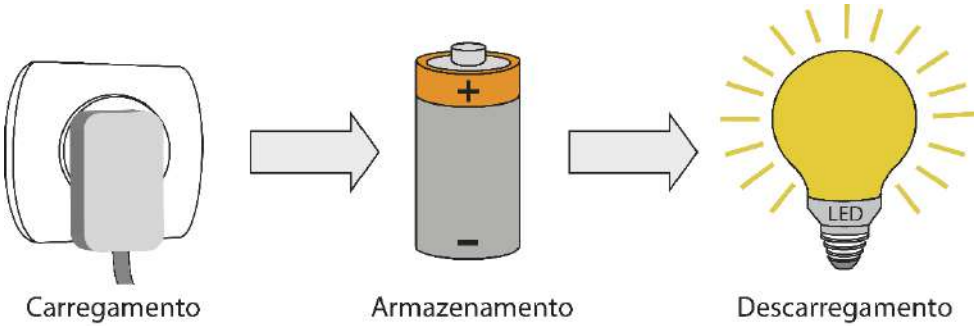


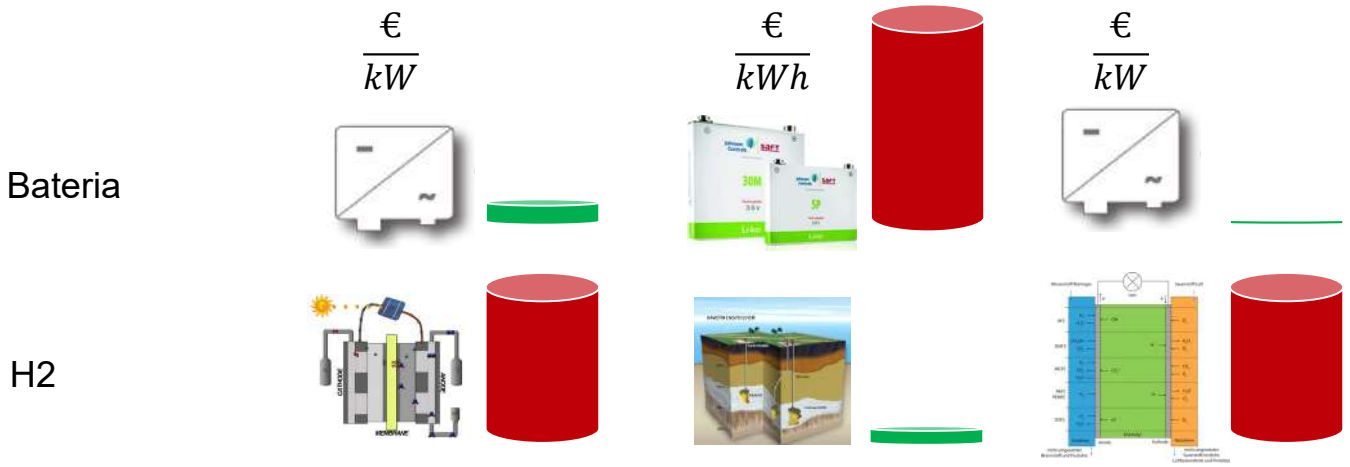
Conclusão:

Usar armazenamento de energia barato nos setores para calor, gás e mobilidade a fim de resolver os desafios no setor elétrico.

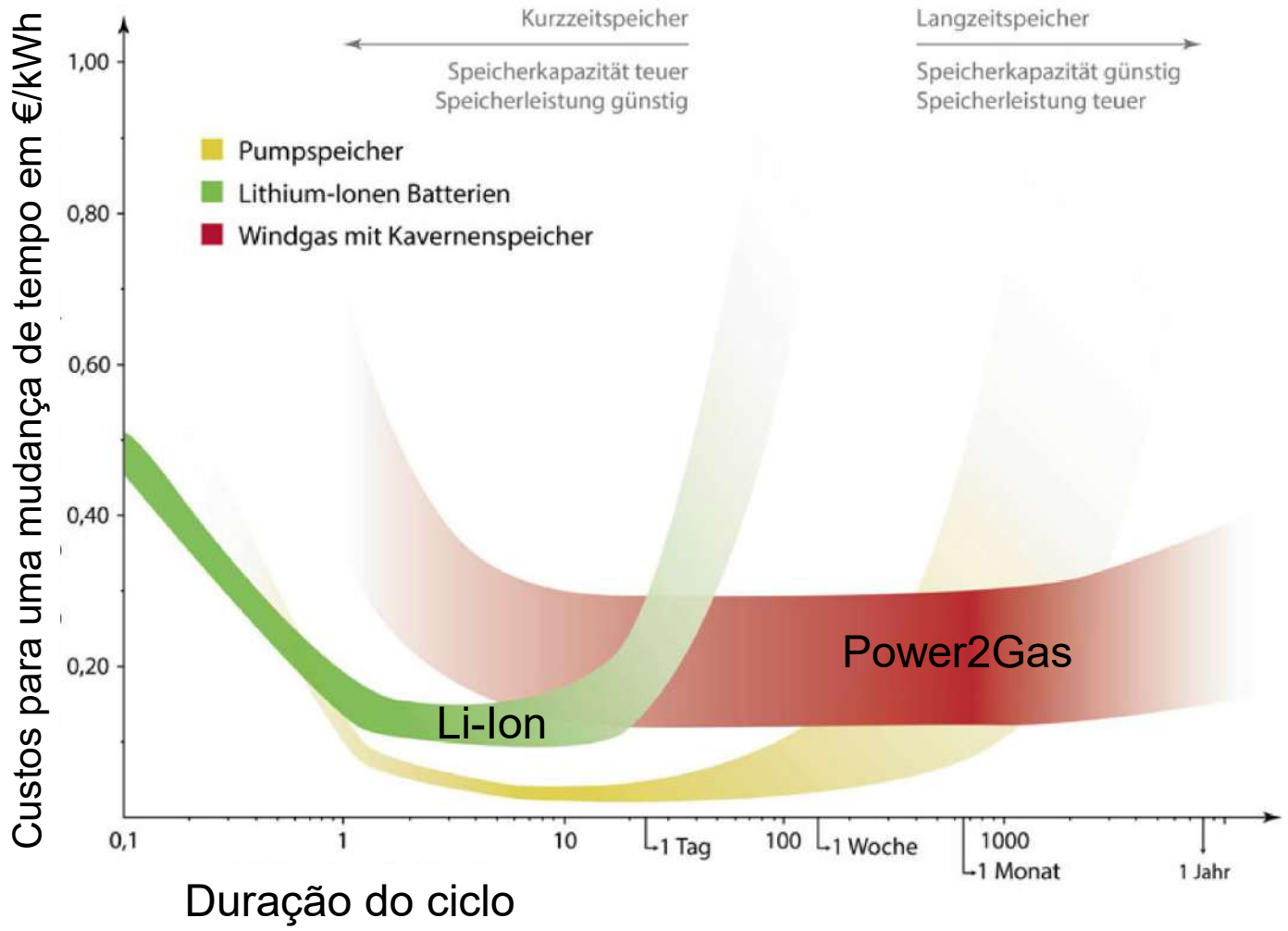


Economia de armazenagem





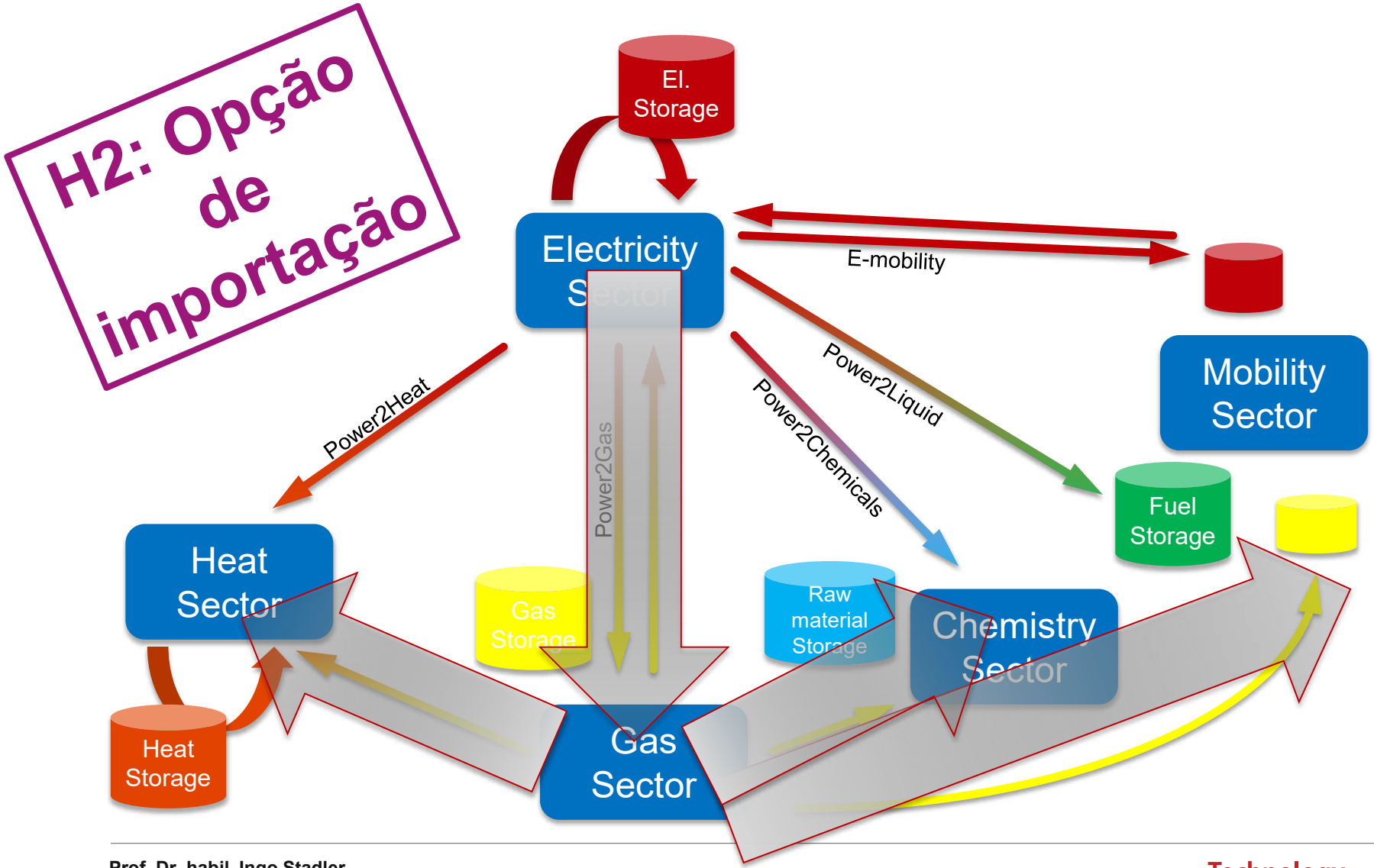
Economia de Armazenamento de Energia é mais do que custos de investimento...



Acoplamento do Setor Energético



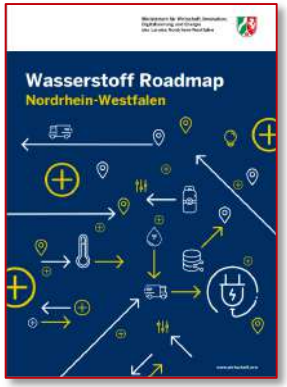
Acoplamento do Setor Energético



Hype Hidrogênio

Ainda não tem uma estratégia própria de H2?
... então é hora











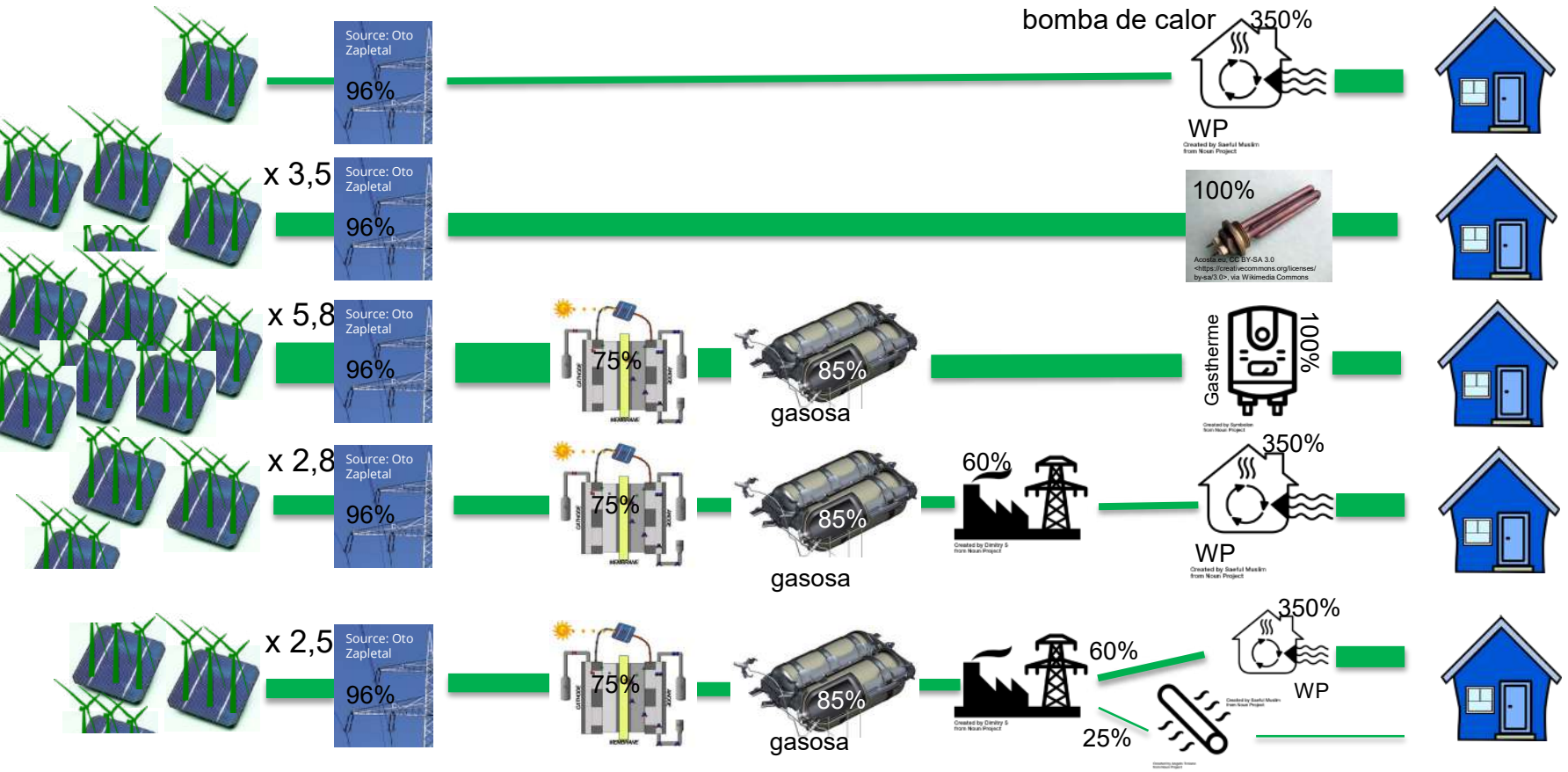




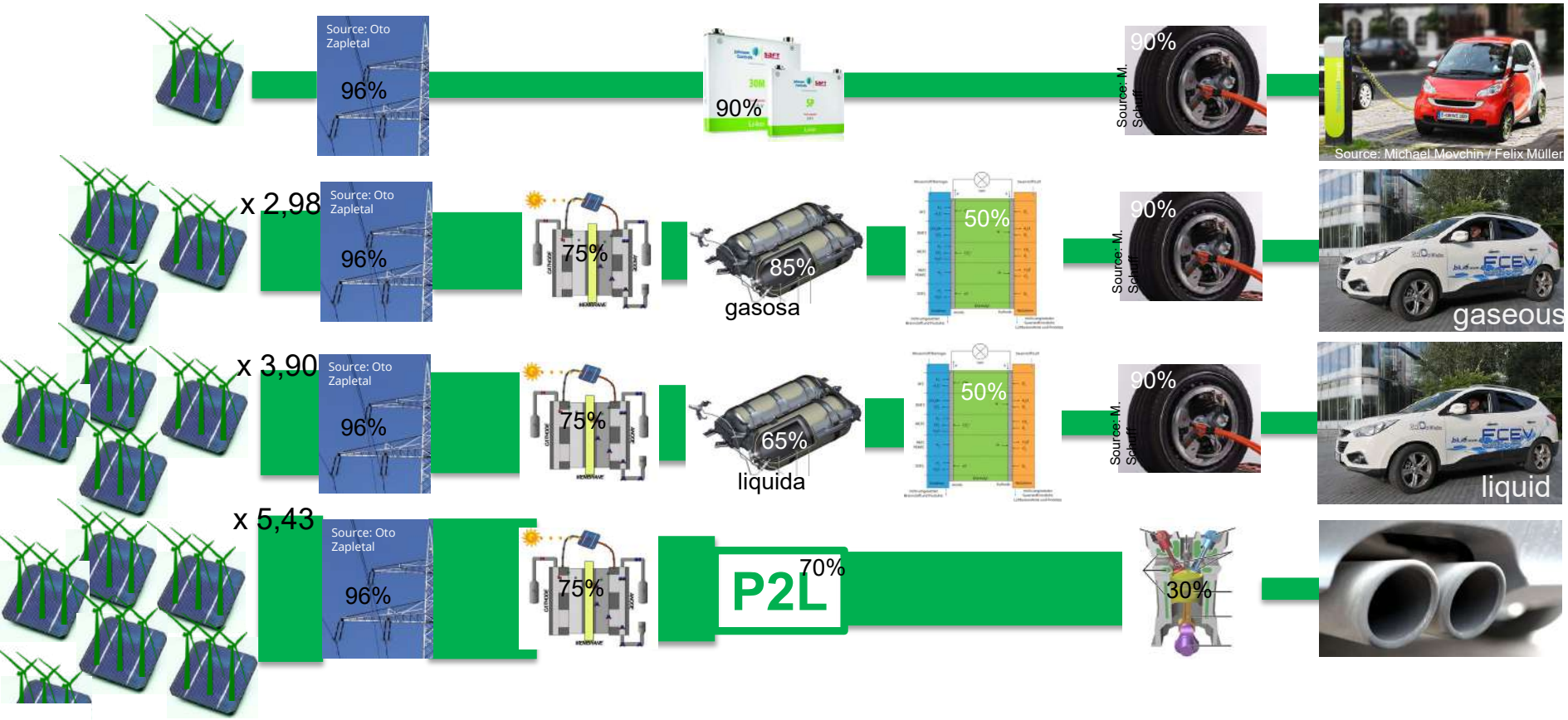


Source: Napster

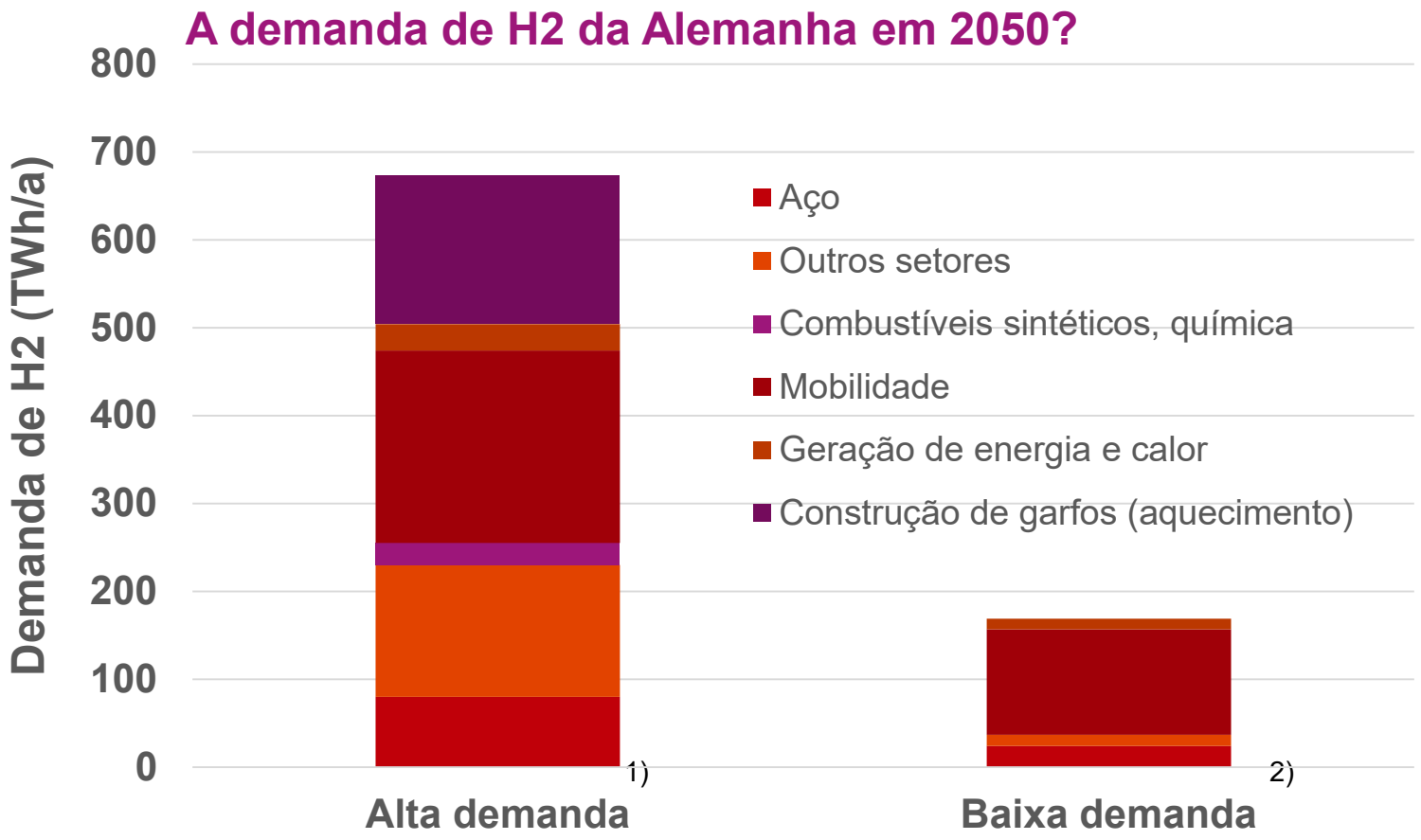
Comparação entre Sistemas de Aquecimento e Demanda de Geração Renovável



Comparação entre os sistemas de transporte e demanda de geração renovável



A perspectiva da Europa - A perspectiva de um importador



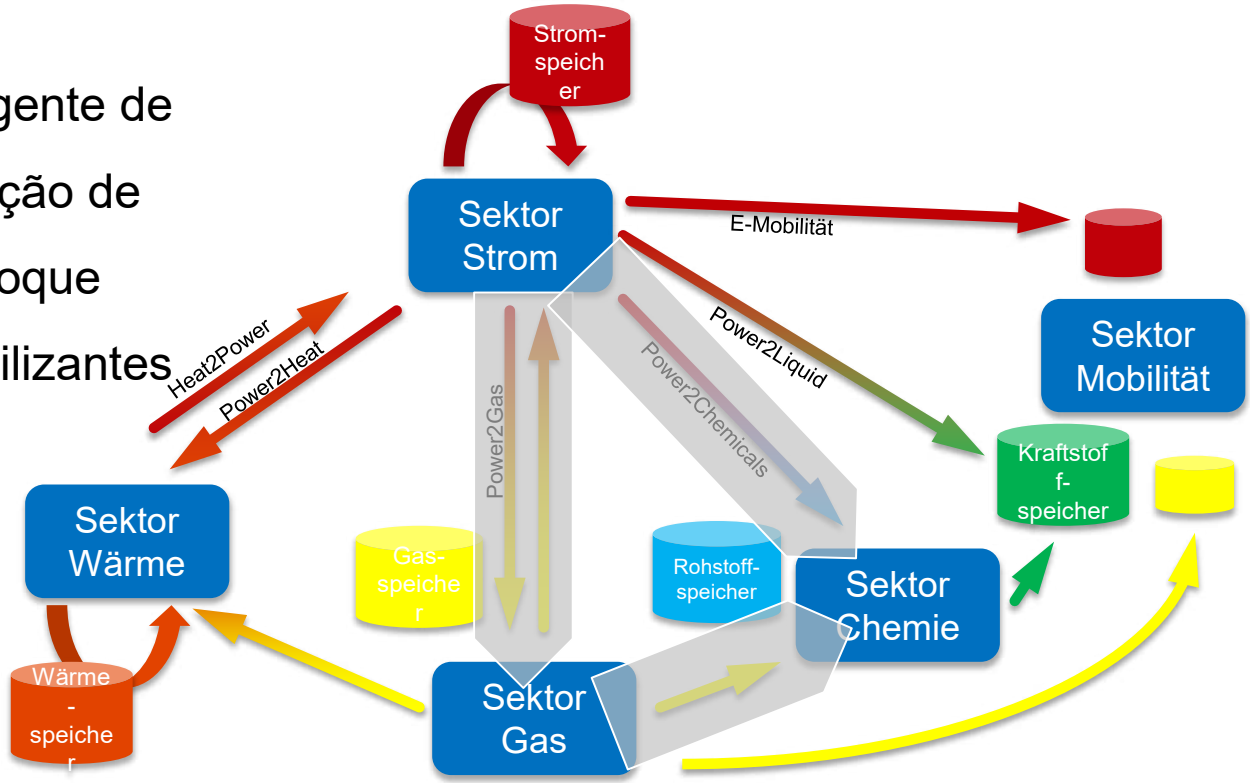
1) Ludwig Bölkow Systemtechnik (2019): Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen – Eine Expertise für das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen.

2) Deutsche Energie-Agentur (dena) (2018): dena-Leitstudie – Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, Berlin.

Energy Sector Coupling – Hydrogen Hype

Mais realista:

- ✓ Aço: H2 como agente de redução na produção de aço ao invés de coque
- ✓ Produção de fertilizantes
- ✓ …



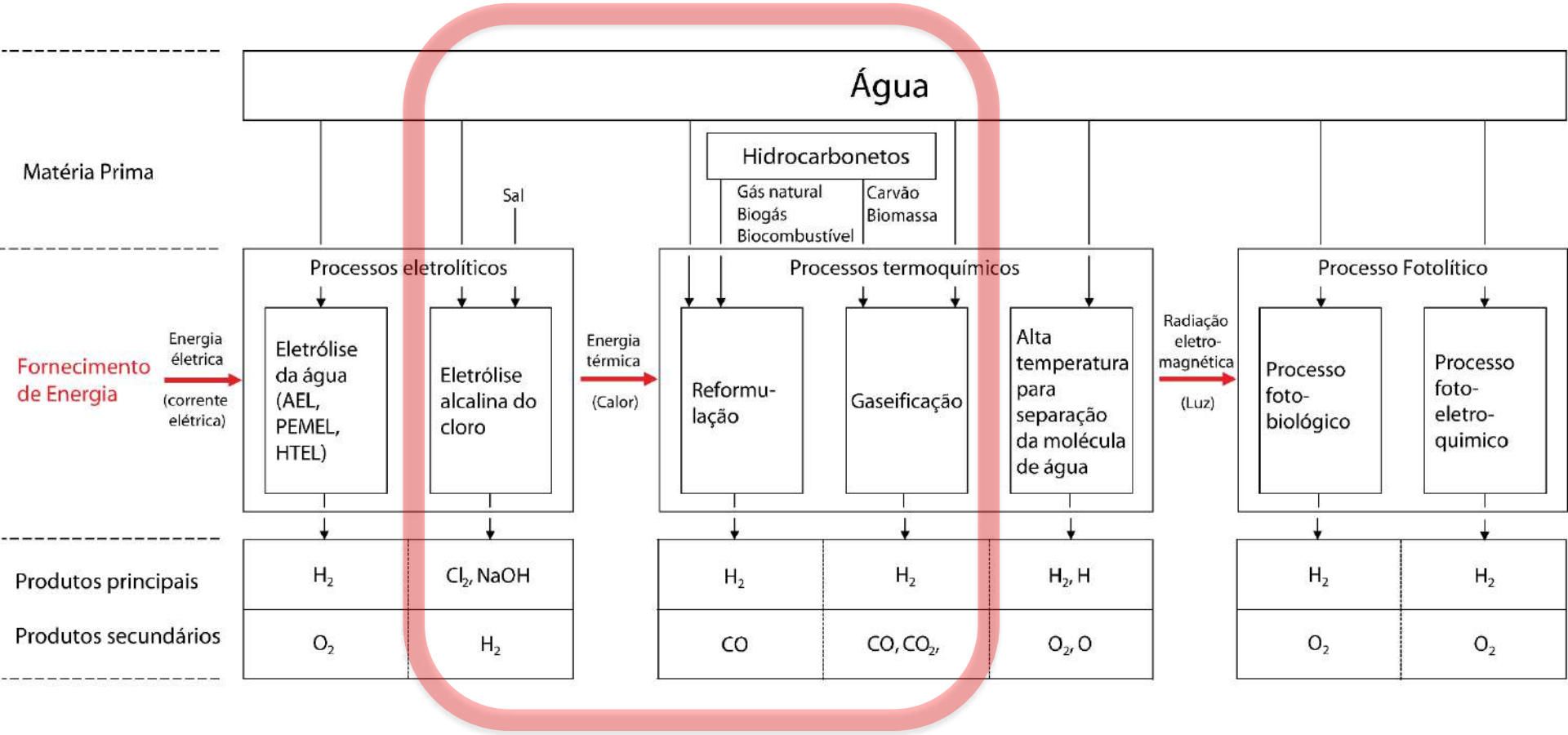
A perspectiva da Europa - A perspectiva de um importador

A perspectiva de um provedor de energia

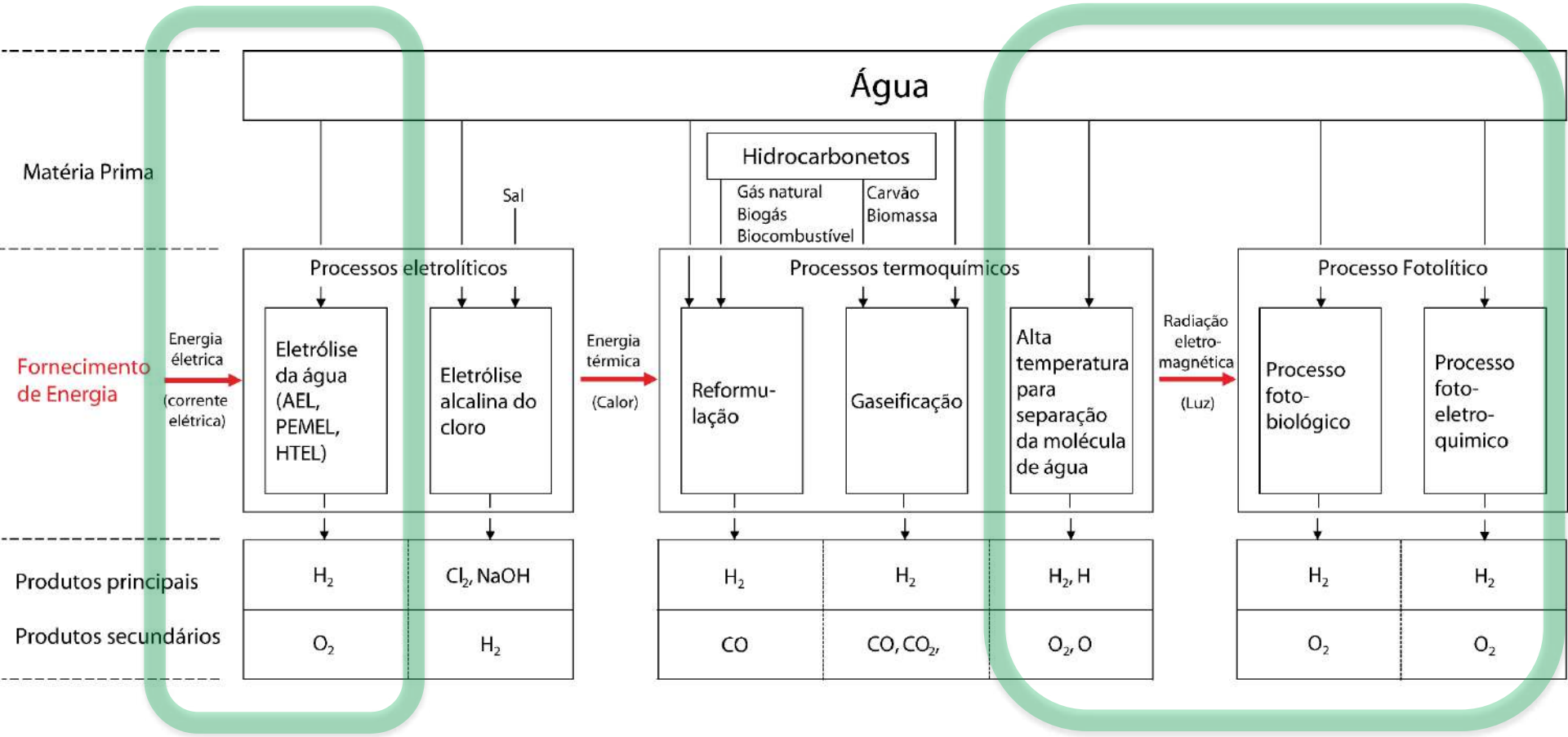
- ✓ sempre foi claro: a eficiência é importante!
- ✓ O que torna o H2 tão interessante?
- ✓ O H2 é mais ou menos o mesmo que o gás natural e o petróleo.

- ✓ ...

Charging Technologies – Conventional Hydrogen Production



Charging Technologies – Climate-neutral Production of Hydrogen with Renewable Energy



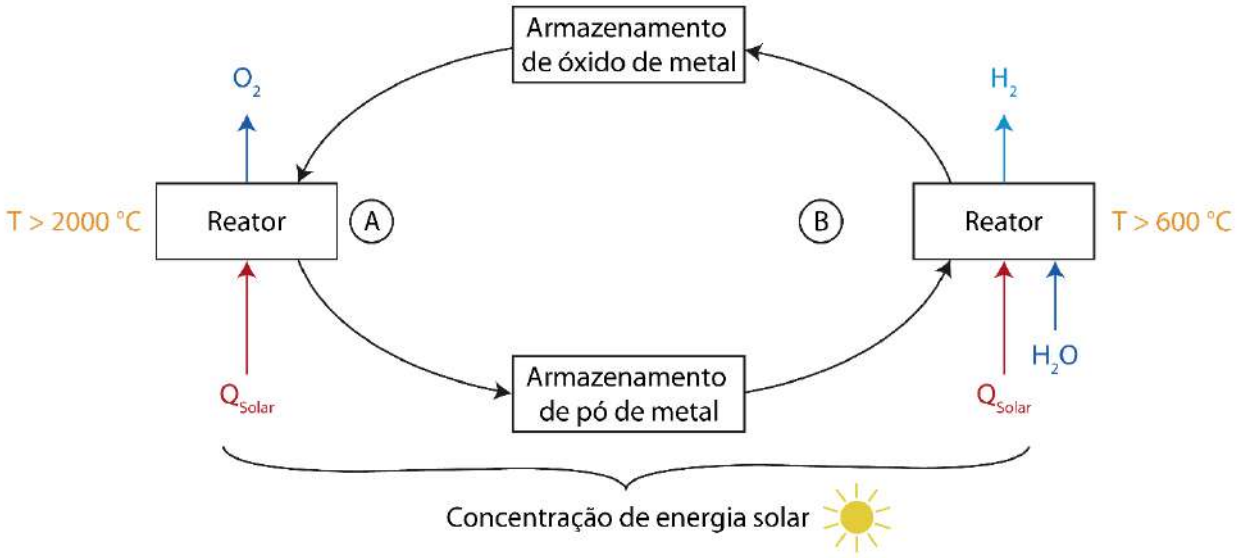
Geração de Hidrogênio por Divisão de Água com Energia Solar Concentrada (CSP)

1. Redução dos óxidos de metal em metal puro pela adição de energia solar concentrada na forma de calor (Q); o oxigênio é coletado (A):

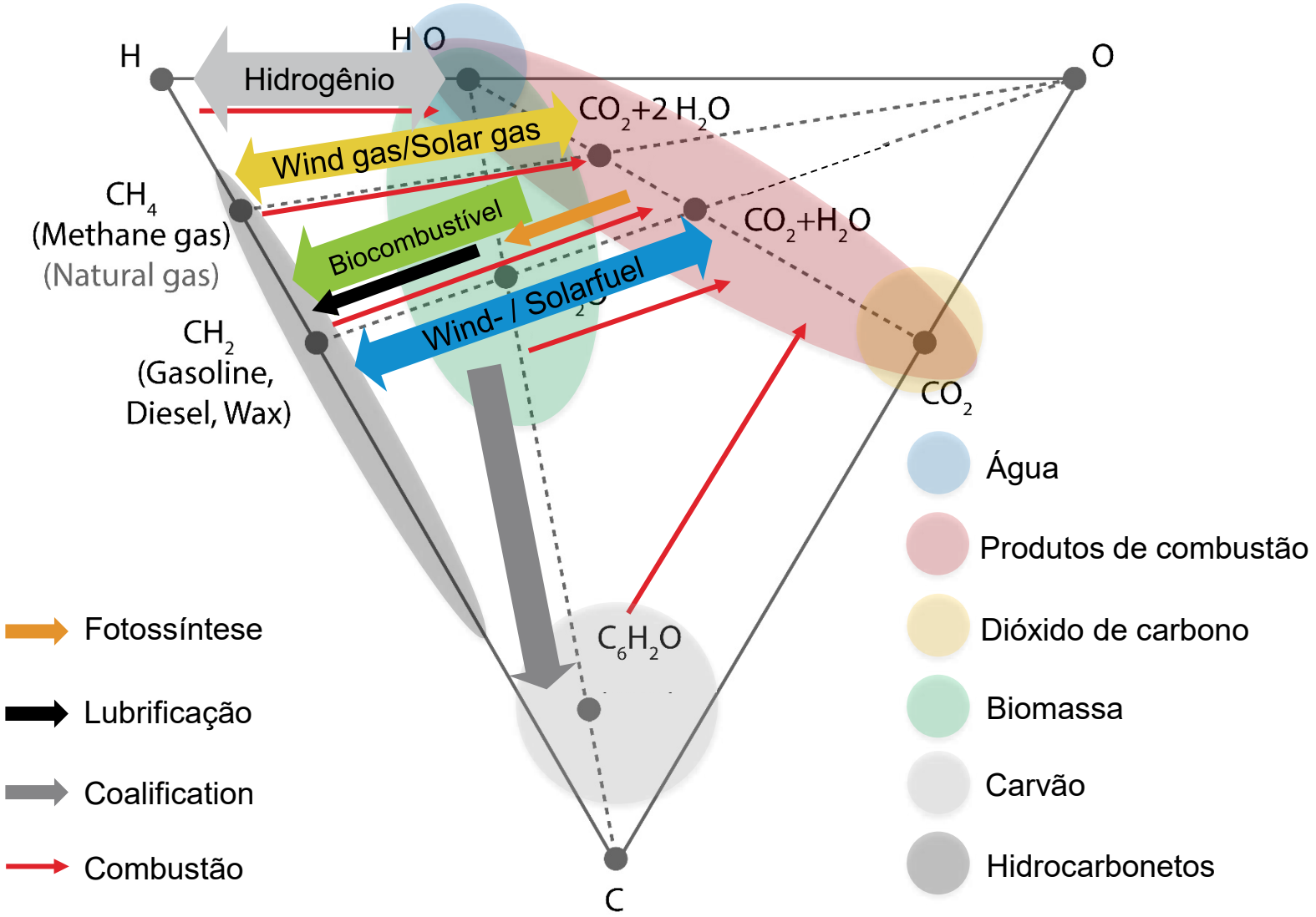
$2ZnO(s) \rightarrow 2Zn(s) + O_2(g)$ $\qquad$ $Fe_3O_4(s) \rightarrow 3Fe(s) + 2O_2(g)$

2. O metal e o vapor reagem ao hidrogênio e ao óxido de metal (B):

$2Zn(s) + 2H_2O(g) \rightarrow 2ZnO(s) + 2H_2(g)$ $\qquad$ $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

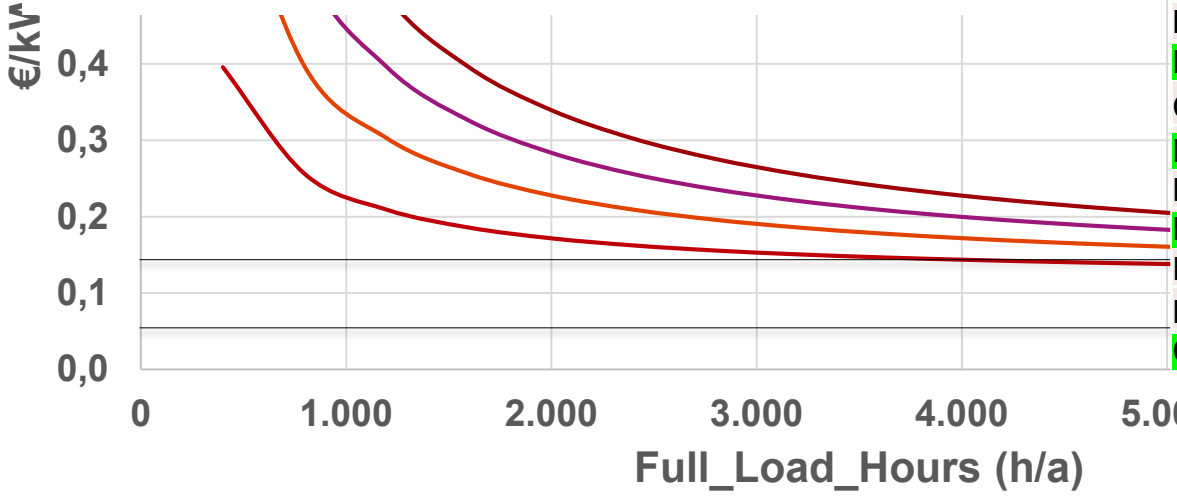


Fundamentos – o sistema C-H-O



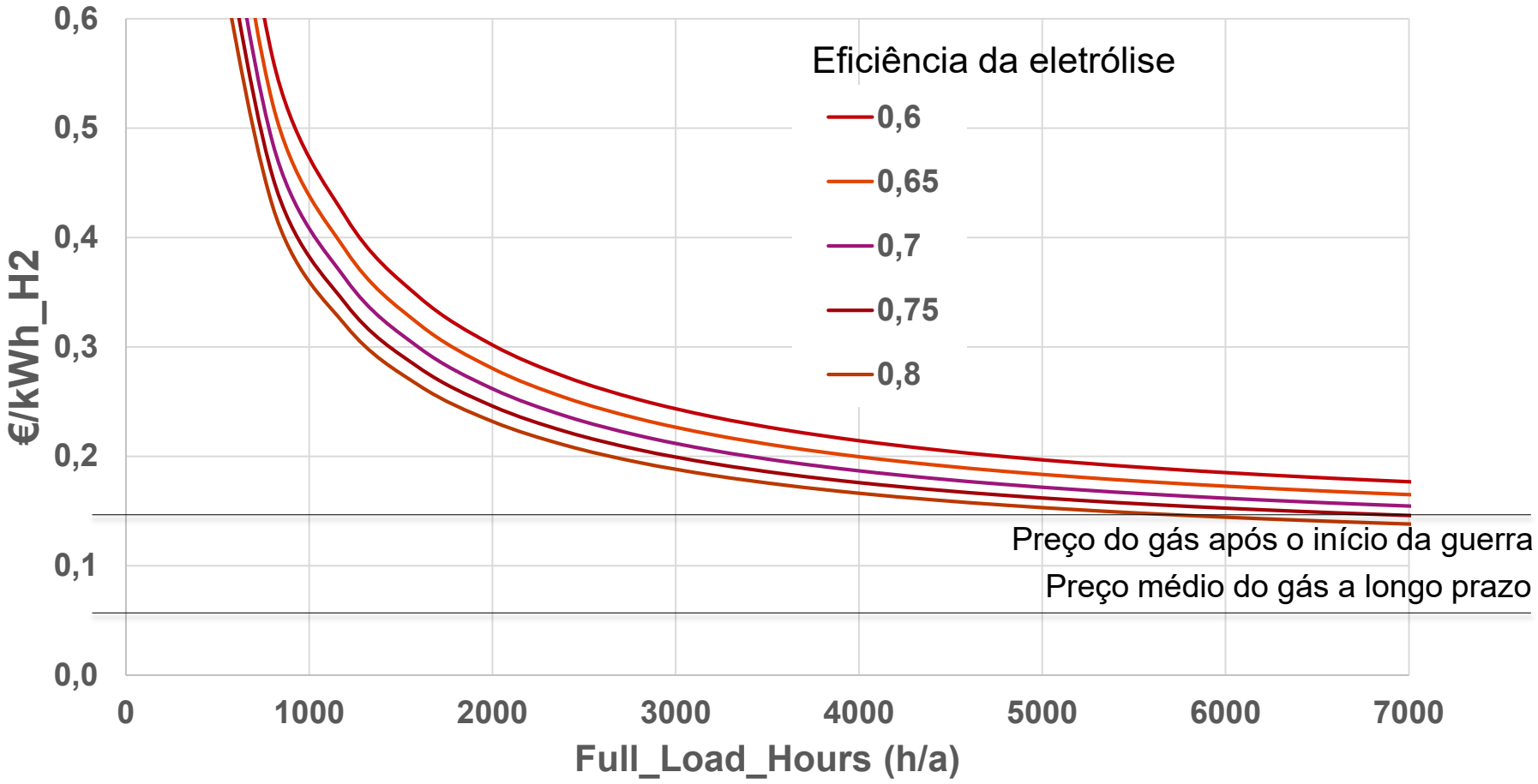
Qual será o preço do hidrogênio?



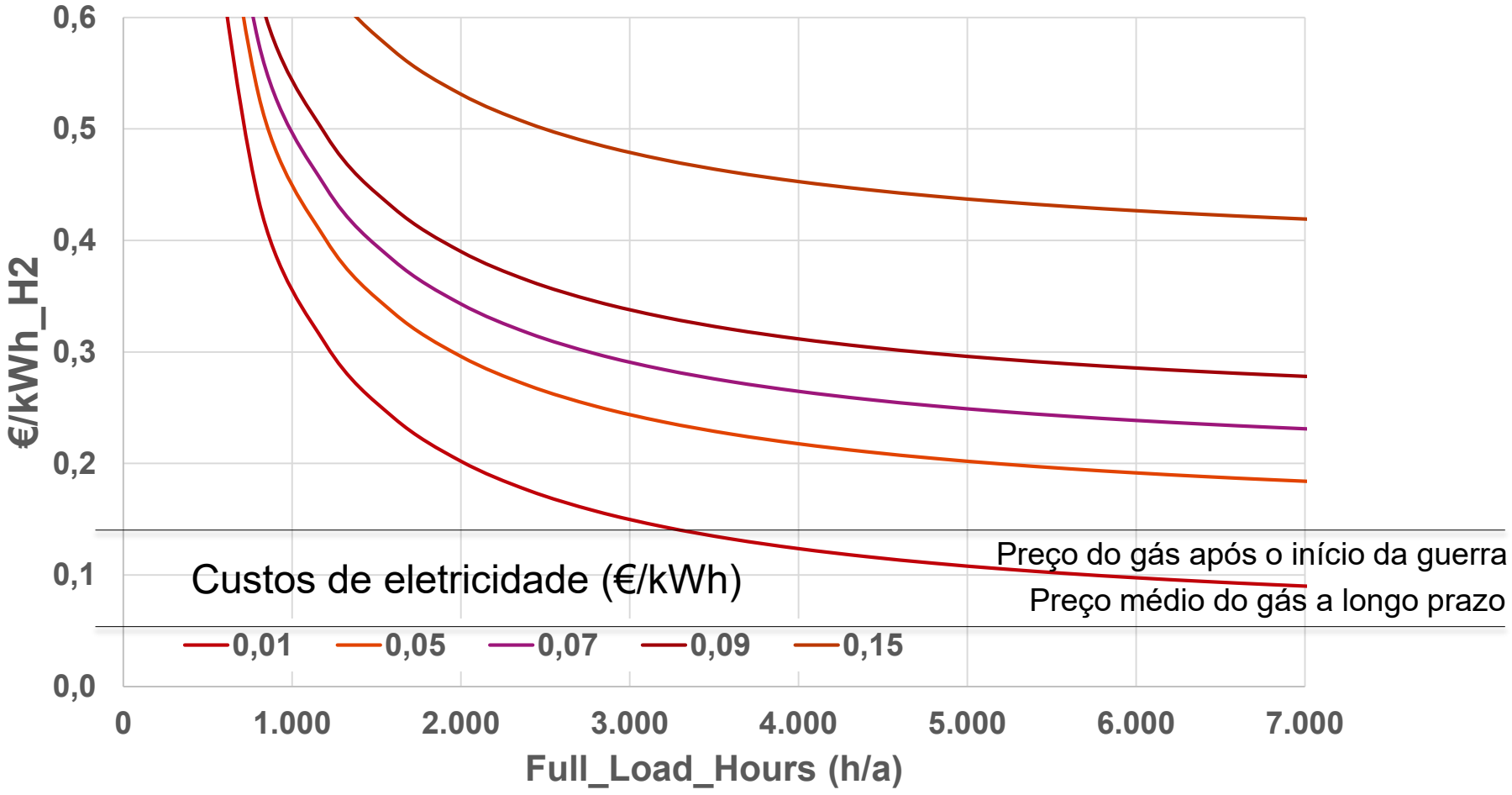


Distribuição		
Margem de distribuição	3%	
Transporte		
Rota de transporte	5000	km
Tempo de carga/descarga em pé	5	d
Velocidade	400	km/d
Viagens por ano	10,4	
Custo por navio	600.000.000	€
Fator de interesse	1,05	
Período de depreciação navio	20	A
Capacidade por navio	10.000.000	Kg
Perdas por liquefação	0,3	
Perdas por dia	0,003	1/d
Transporte de margem de lucro	3%	
Produção de hidrogênio		
Eletrólise investimento	1.400	€/kW
Custos operacionais, fixos	0,015	
Eletrólise de horas de carga total	3.000	H
Produção de margens	3%	
Eficiência da eletrólise	0,67	
Fator de interesse	1,05	
Depreciação por eletrólise	20	A
Custos de eletricidade	0,04	€/kWh

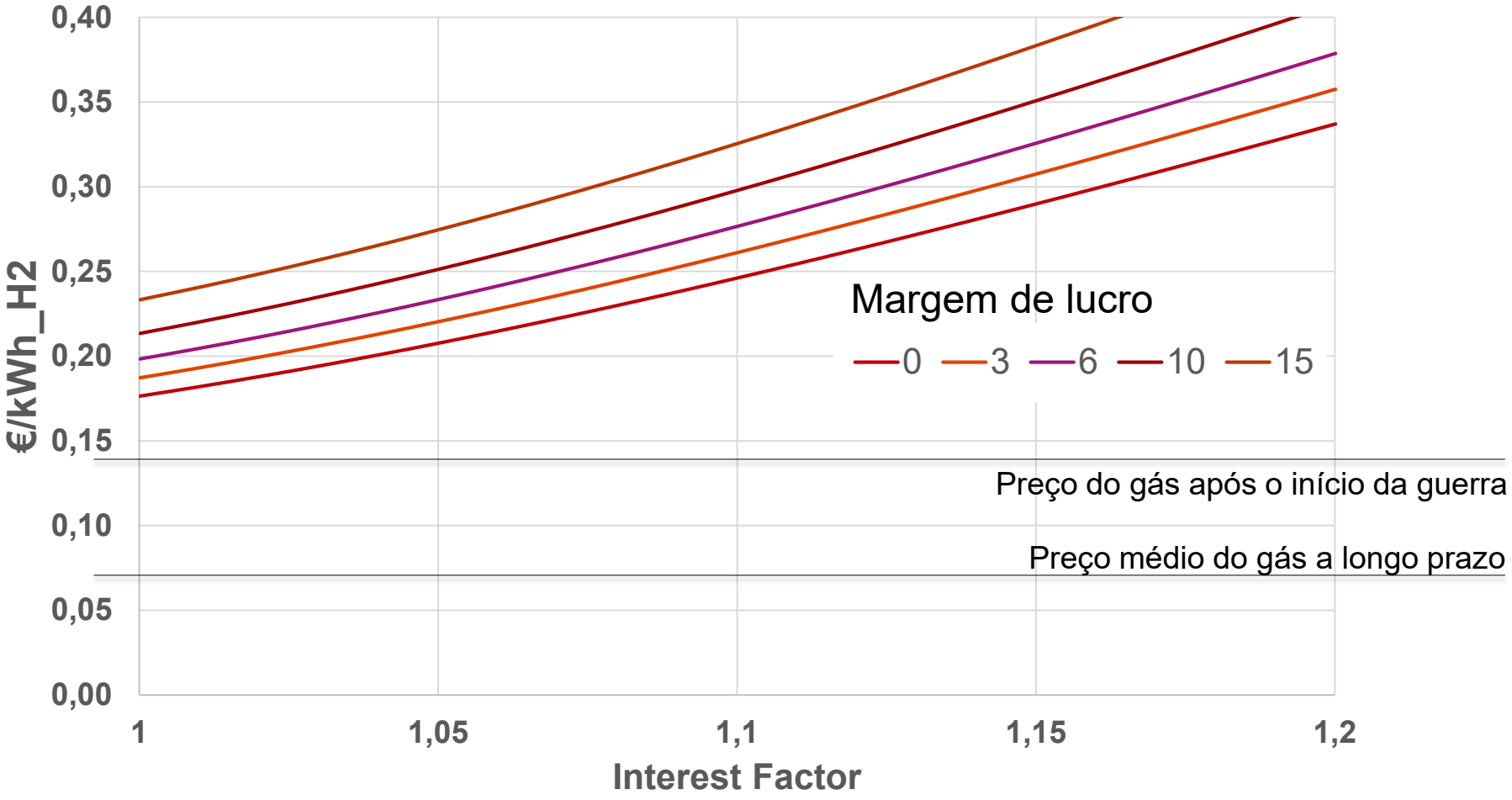
Qual será o preço do hidrogênio?



Qual será o preço do hidrogênio?



Qual será o preço do hidrogênio?



Qual será o preço do hidro

Melhor caso

Margems de lucro	0%
Fator de interesse	1,02
Eletrólise investimento	500€/kW
Eletrólise de horas de carga total	7.000H
Eficiência da eletrólise	0,80
Custos de eletricidade	0,01€/kWh

O pior dos casos

ucro	8%
esse	1,12
stimento	2.000€/kW
oras de carga	1.500H
eletrólise	0,60
tricidade	0,08€/kWh

84 €ct/kWh

reço do gás após o início da guerra

Preço médio do gás a longo prazo

4,4 €ct/kWh

Sumário

A única coisa que sabemos ao certo
é
que não sabemos nada ao certo.

A perspectiva do Brasil - A perspectiva de um exportador



- Um dos poucos países do mundo com uma alta quota de energia renovável tanto no setor de eletricidade quanto no de mobilidade.
- Muitos outros países com boas condições para a produção de hidrogênio precisam da expansão das energias renováveis em seus próprios países antes de poderem pensar em exportar.

A perspectiva do Brasil - A perspectiva de um exportador



- Um dos poucos países do mundo com uma alta quota de energia renovável tanto no setor de eletricidade quanto no de mobilidade.
- Muitos outros países com boas condições para a produção de hidrogênio precisam da expansão das energias renováveis em seus próprios países antes de poderem pensar em exportar.


Ingo Stadler
256 Abonnenten
ÜBERSICHT
VIDEOS
KANAL ANPASSEN
CREATOR STUDIO
Trailer youtube Kanal Ingo Stadler
2:18 / 2:23
Eigene Playlists
Ingo Stadler
Michael Sterner
Lorhan Costa (revisor técnico)
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA
Artliber
Springer
Michael Sterner
Ingo Stadler Hrsg.
Energiespeicher
Bedarf · Technologien · Integration
2. Auflage
Springer Vieweg
YouTube
youtube.com/IngoStadler

Viabilidade econômica de

Baterias Atrás do Medidor no Brasil

Gabriel Konzen

26 de Maio de 2022

IX Congresso Brasileiro de Energia Solar

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

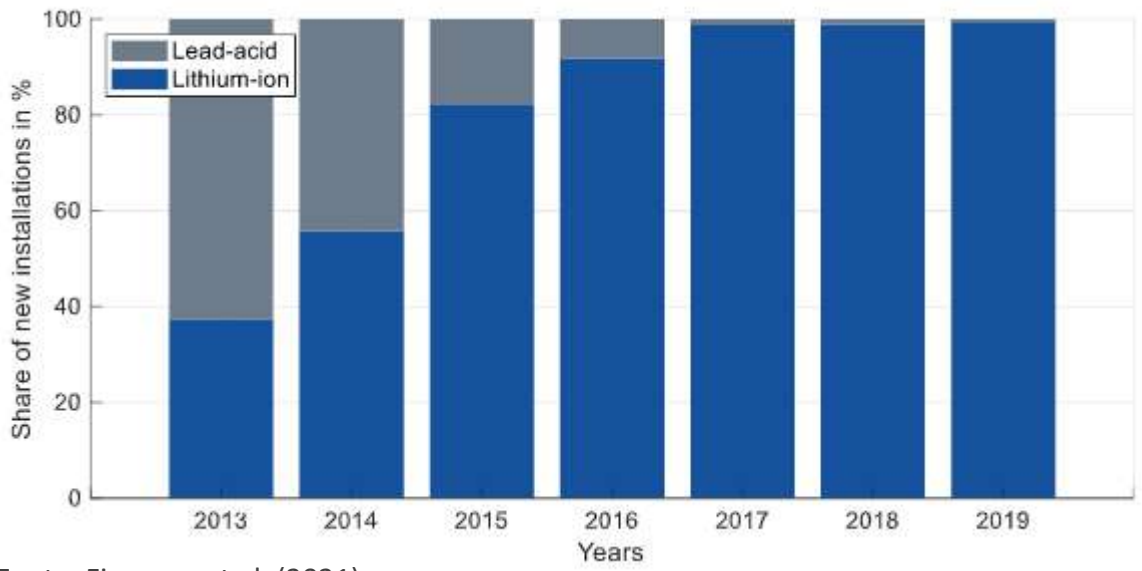
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Contexto Internacional

CONTEXTO INTERNACIONAL

- Mercado de baterias em **grande expansão** no mercado externo, para atendimento da indústria de eletrônicos, veículos elétricos e de eletricidade;
- Escala e desenvolvimento tecnológico levaram a uma **redução de 89% no preço** das baterias de íon-lítio entre 2010 e 2020 (BloombergNEF, 2020);
- Teconologia de **íon-lítio se tornou a mais utilizada** em instalações residenciais, aposentando as baterias de chumbo ácido.
- Aplicação por consumidores residenciais e comerciais têm se popularizado em função da redução do custo e de **desenhos tarifários** que incentivam o deslocamento do consumo ou o armazenamento da geração distribuída excedente.

Market share por tecnologia para baterias residenciais na Alemanha



Fonte: Figgener et al. (2021)

O Brasil carece de regulação para esse tipo de aplicação

CONTEXTO NACIONAL

- Com exceção de aplicações em sistemas remotos, ainda **há pouca difusão de baterias** para uso junto às unidades consumidoras;
- O Sistema de Compensação da MMGD no Brasil não favorece o armazenamento da geração. A remuneração da energia injetada na rede é quase o mesmo valor da energia consumida. Portanto, é como se a rede funcionasse como uma bateria para o gerador;
- **Não há regulação específica para o uso de baterias** com injeção na rede. Porém, nada impede que o consumidor utilize o equipamento para fazer uma gestão interna do seu consumo e geração.

Principais aplicações para o uso de armazenamento atrás do medidor no Brasil

	Tarifa BT Convencional	Tarifa BT Branca	Tarifa A4 (Verde ou Azul)
Backup e qualidade	✓	✓ Avaliado no PDE	✓
Redução do pico da demanda	X	X	✓
Deslocamento do consumo	X	✓ Avaliado no PDE	✓ Avaliado no PDE
Aumento do autoconsumo da MMGD	✓ Avaliado no PDE	✓	✓

Simulações feitas com dados horários, por distribuidora. Dados de carga reais de 15 consumidores e dados de irradiação solar da base de reanálise MERRA-2.

Afinal, quanto custa uma bateria para o consumidor final?

A EPE considerou o valor de R$ 4.000/kWh como referência para o Brasil (baseado em Greener e Newcharge, 2021)

Dados da BloombergNEF apontam um custo internacional de US$ 132/kWh para packs de baterias.

Preço médio mundial de baterias de íon-lítio (ponderado por volume)

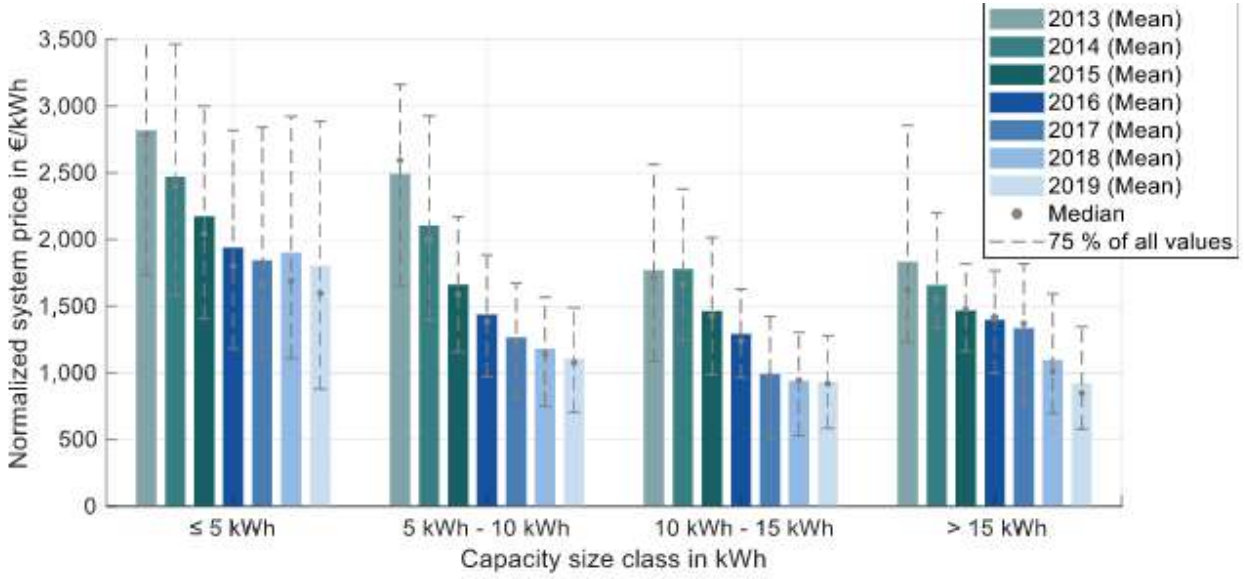


Fonte: BloombergNEF (2021)

O que explica a diferença?

- O preço da BloombergNEF é verificado especialmente em veículos elétricos, e não inclui a instalação, equipamentos adicionais, margens de venda, etc. necessários em sistemas estacionários.
- No Brasil, ainda há a incidência de impostos que elevam em cerca de 80% o preço para o consumidor final.

Preço de varejo de baterias de íon-lítio na Alemanha



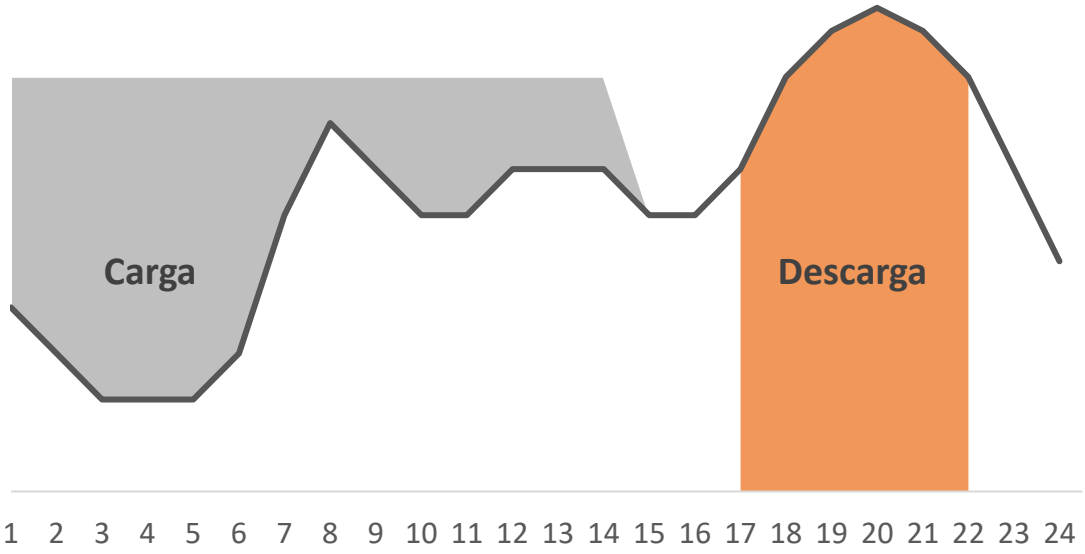
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

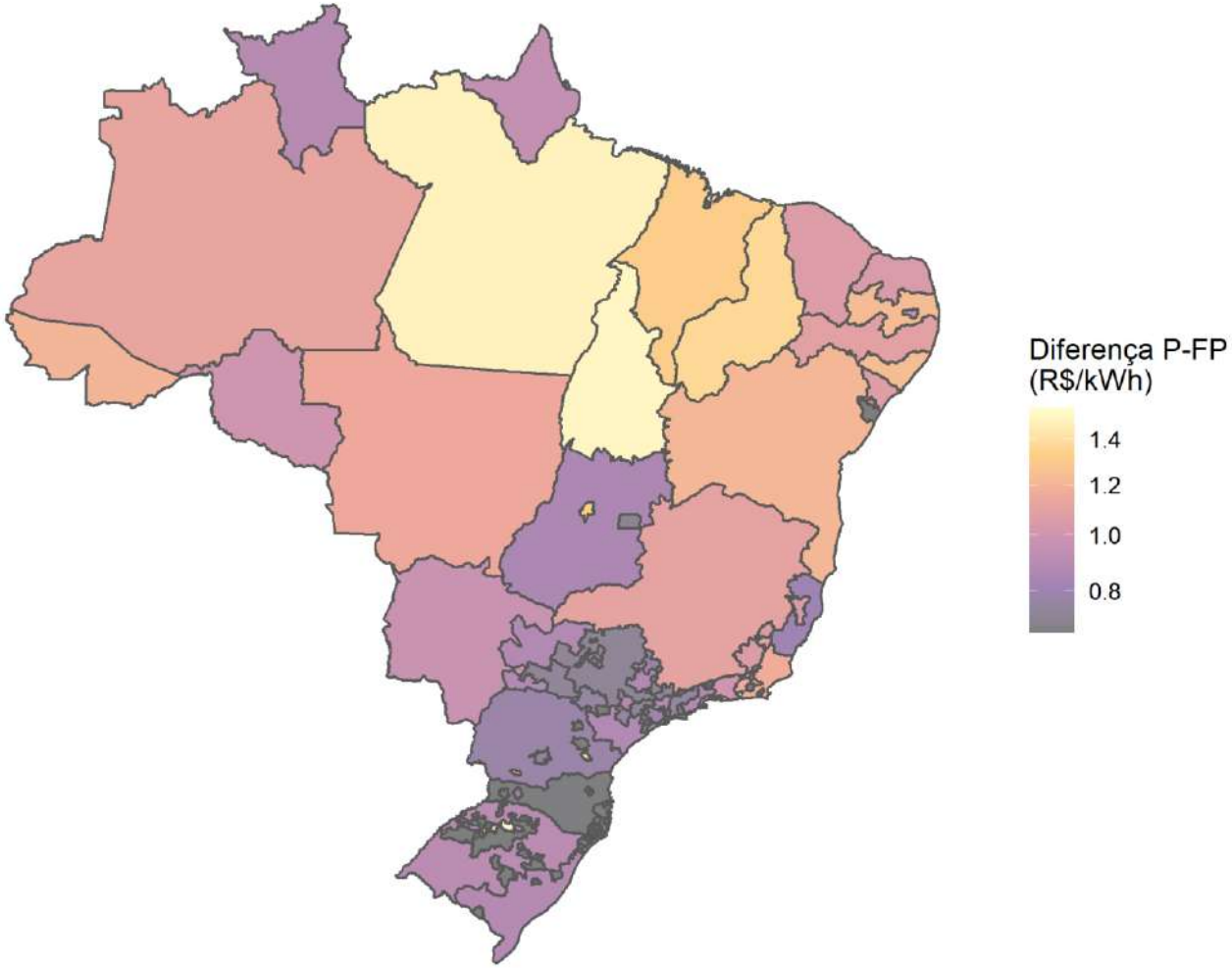
Aplicação I: Gestão do consumo com Tarifa Branca

- Desde 2018, consumidores atendidos em baixa tensão podem optar pela Tarifa Branca, com tarifas diferenciadas ao longo do dia;
- As baterias podem ser utilizadas para deslocar o consumo da ponta para fora da ponta. Quanto maior a diferença entre as tarifas, maior a atratividade;
- Diferença entre Tarifa de Ponta e Fora Ponta na Tarifa Branca é menor do que a diferença nas Tarifas do Grupo A.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação I

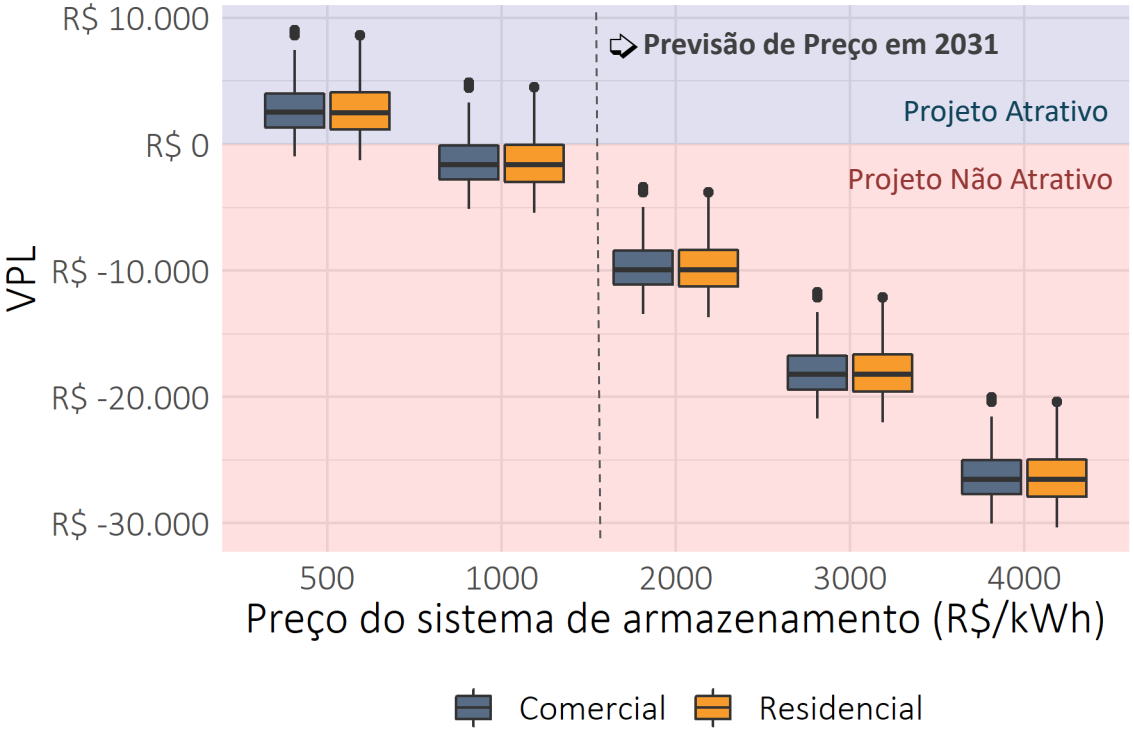


Diferença entre Tarifa Ponta menos Tarifa Fora Ponta, com impostos



Aplicação I: Gestão do consumo com Tarifa Branca

Distribuição do VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa Branca. Análise para diferentes distribuidoras



Nota: Preço final para o consumidor, representado em reais por unidade de armazenamento

QUAL SERÁ O PREÇO DAS BATERIAS EM 2031?

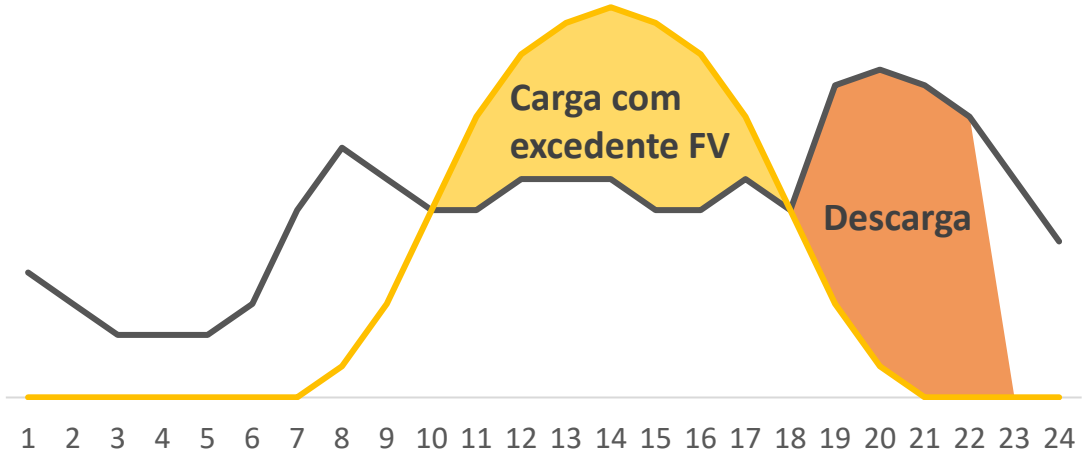
- Em termos internacionais, o estudo de Schmidt et al. (2019) aponta uma queda no CAPEX de baterias de íon-lítio de 8,3% a.a. entre 2020 e 2030;
- Aplicando-se esse percentual anual de redução entre 2021 e 2031, se estima um preço final na faixa de R$ 1.700/kWh em 2031;
- No entanto, há outros fatores nacionais que podem afetar a redução no preço. Atualmente, há alta carga tributária na importação de baterias. Uma diminuição das alíquotas poderia reduzir ainda mais o preço esperado.

Para a aplicação I, simulações demonstram que o preço das baterias teria que cair muito além do atual para que o investimento seja viável economicamente.

Aplicação II: Aumento do autoconsumo da micro GD

- A mudança prevista no Sistema de Compensação de Energia Elétrica irá diminuir o valor da geração distribuída injetada na rede;
- Dessa forma, as baterias podem ser utilizadas para evitar a injeção na rede, armazenando o excedente da geração para consumo posterior.
- No entanto, Lei 14.300 prevê cobrança pequena da energia injetada na rede. Logo, há pouco incentivo para armazenamento.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação II



- Na prática, as variações da geração e do consumo fazem com que seja difícil otimizar o uso da bateria. Em alguns momentos, há muita geração e pouco consumo, carregando a bateria completamente e tendo que exportar para a rede parte da geração. Caso seja aumentada a capacidade da bateria, aumenta-se o custo do sistema, e em muitos momentos a capacidade é subutilizada. Por esse motivo, o dimensionamento não é trivial.

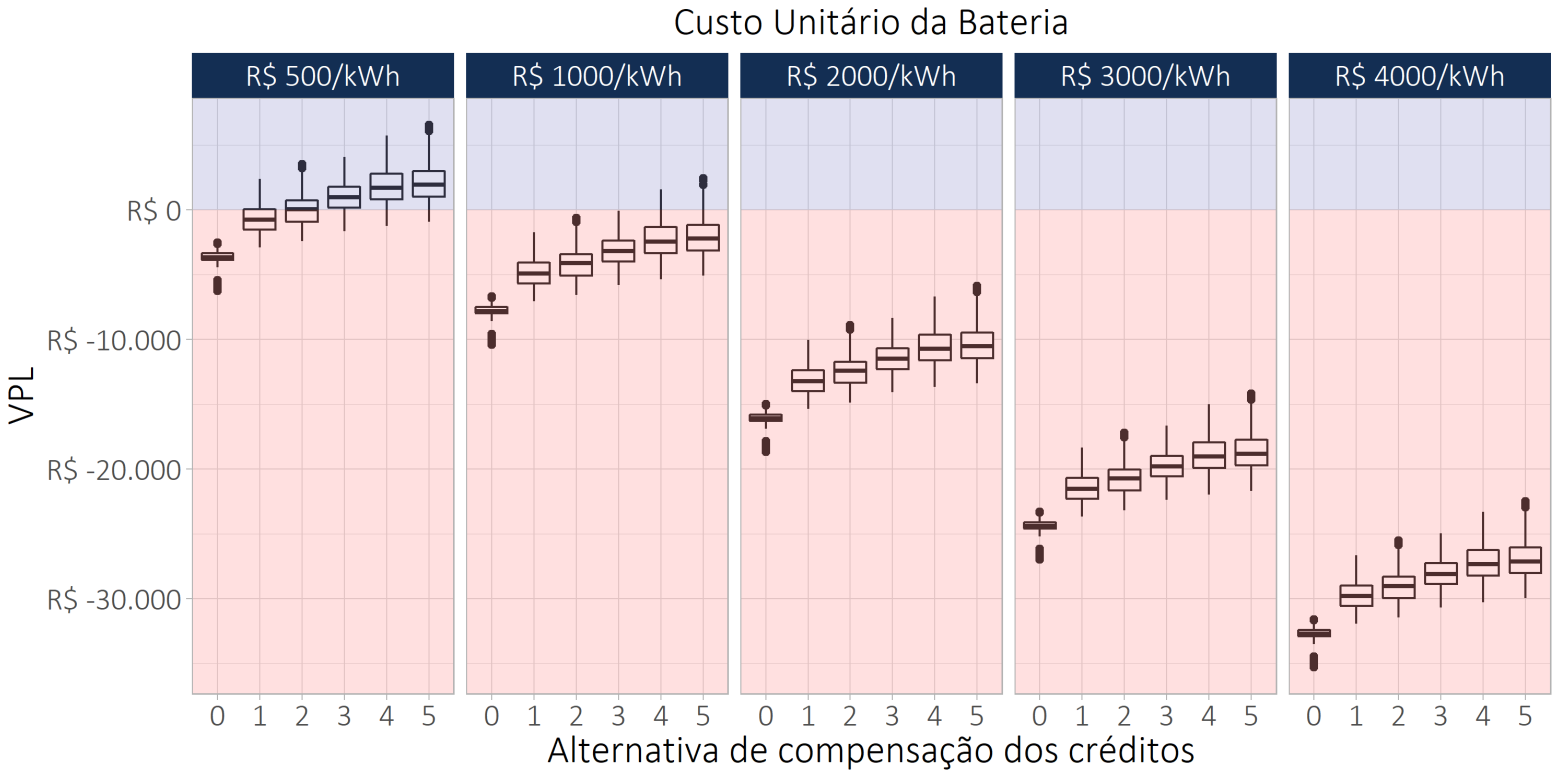
Componentes tarifárias compensadas em cada alternativa e valor correspondente, em relação à tarifa cheia (Tarifa B1)

	TUSD Distrib.	TUSD. Transm.	TUSD Encargos	TUSD Perdas	TE Encargos	TE Energia	% da Tarifa Cheia
Alternativa 0	■	■	■	■	■	■	85%
Alternativa 1		■	■	■	■	■	62%
Alternativa 2			■	■	■	■	56%
Alternativa 3				■	■	■	48%
Alternativa 4					■	■	42%
Alternativa 5						■	41%

Nota: apesar da compensação de todas as componentes na Alternativa 0, o valor não é de 100% em função do pagamento do ICMS sobre as parcelas TUSD.

Aplicação II: Aumento do autoconsumo da micro GD

VPL do investimento em baterias para o aumento do autoconsumo da micro GD de acordo com o preço final da bateria e alternativas de compensação dos créditos de energia injetada na rede. Análise para diferentes distribuidoras. Não considera tarifa binômia.



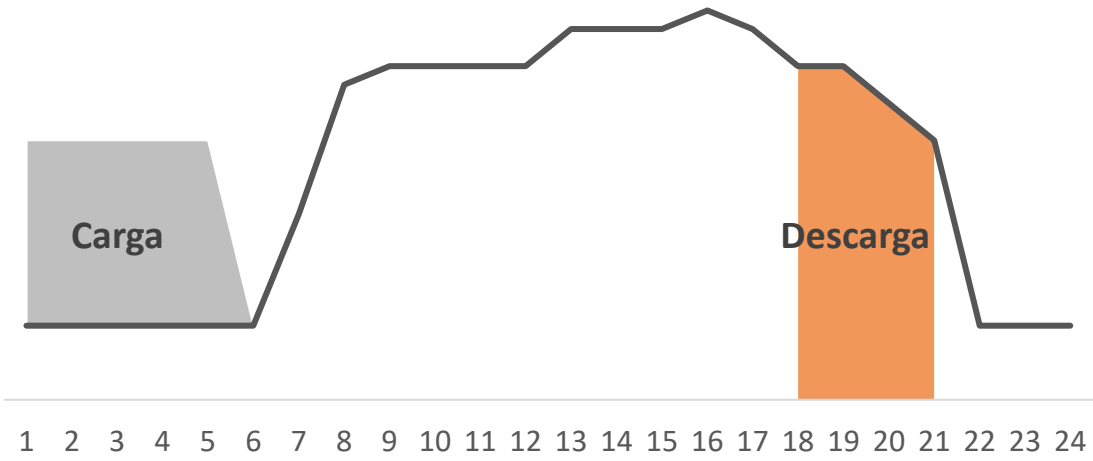
- Resultados mostram que, para os consumidores analisados, só seria viável o investimento em baterias caso houvesse grande redução no preço das baterias;

Não se vê viabilidade econômica para o investimento em baterias no horizonte decenal para a aplicação de aumento do autoconsumo da micro GD

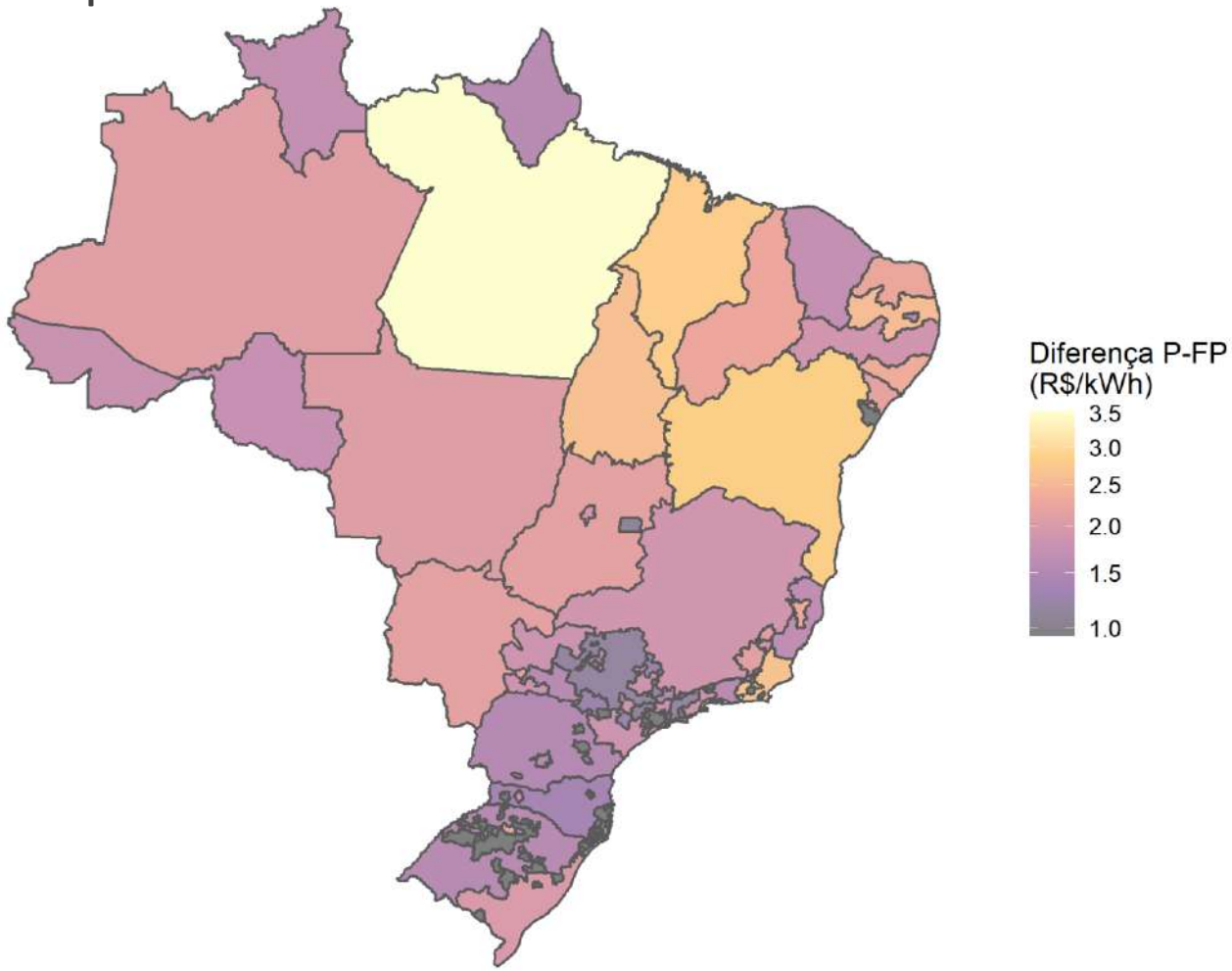
Aplicação III: Gestão de consumo com Tarifa A4 - Verde

- Desde 1988, consumidores atendidos em alta tensão são submetidos às tarifas horo-sazonais, com diferença entre horário de ponta e fora ponta;
- Muitos consumidores utilizam geradores a diesel para evitar o consumo no horário de ponta. Em 2015, a EPE estimou entre 7-9 GW de geradores para esse fim (EPE, 2015);
- As baterias também podem ser utilizadas para deslocar o consumo da ponta para fora da ponta. Quanto maior a diferença entre as tarifas, maior a atratividade.

Ilustração do funcionamento das baterias para a aplicação III



Diferença entre Tarifa A4 Verde Ponta menos Tarifa Fora Ponta, com impostos

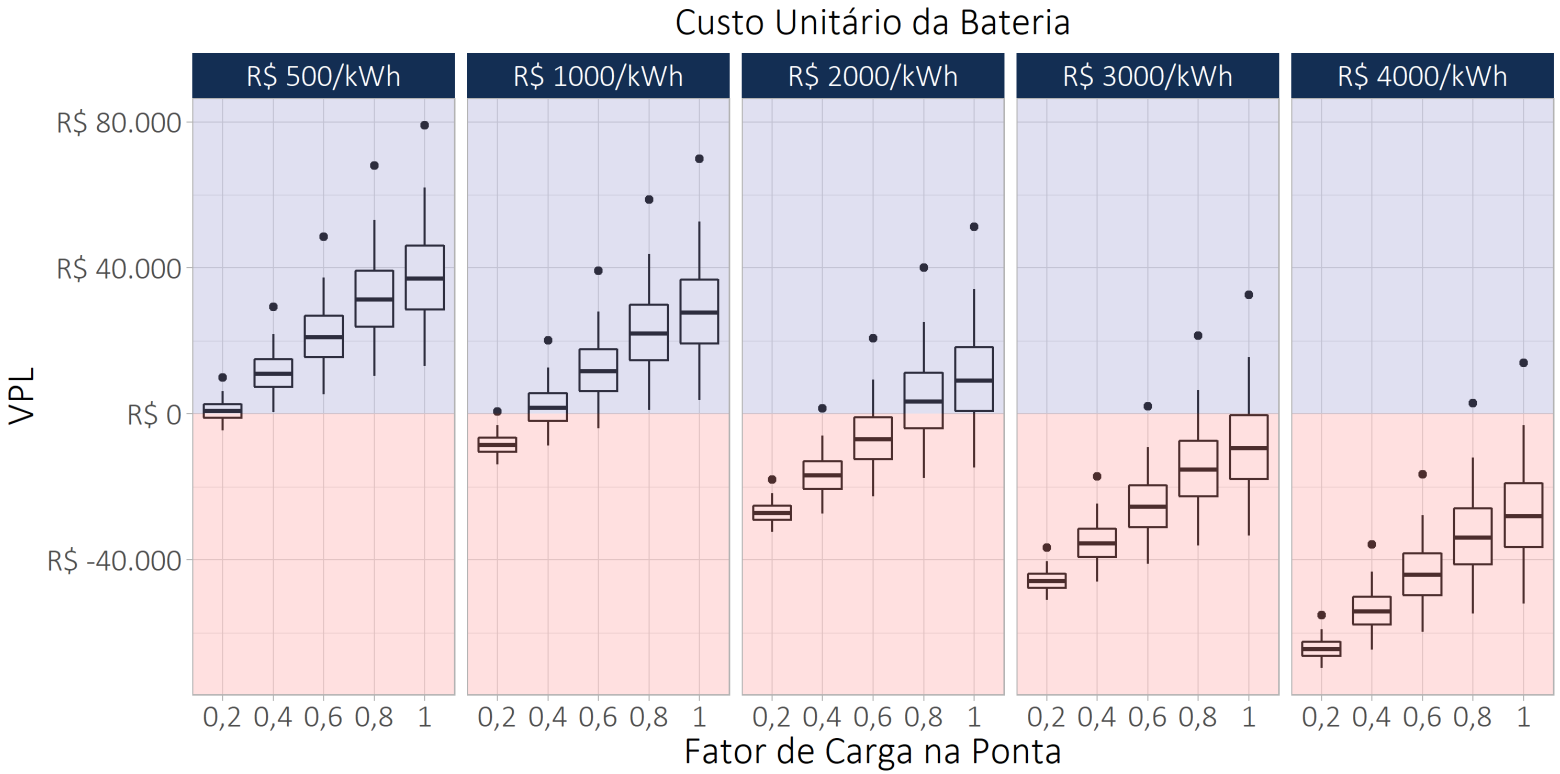


MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

Aplicação III: Gestão de consumo com Tarifa A4 - Verde

VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria e fatores de carga na ponta. Análise para diferentes distribuidoras.



Entendendo o Fator de Carga na Ponta (FCp)
Esse fator anual é a relação do consumo médio de um consumidor no horário de ponta (MWméd) pela sua demanda máxima no mesmo período (MW).

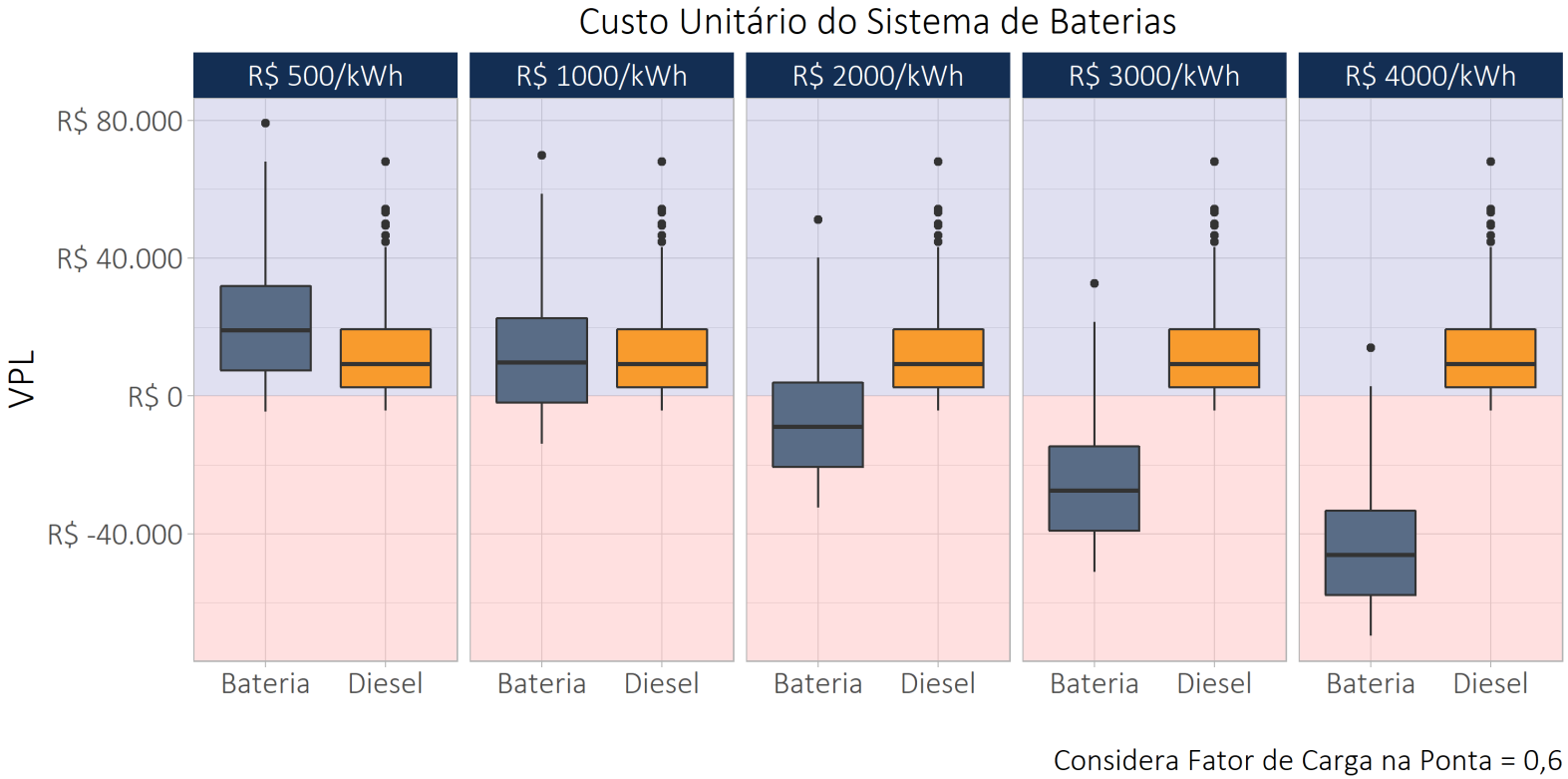
Um baixo FCp indica que a bateria ficaria ociosa na maior parte do tempo, diminuindo a atratividade do investimento.

- Resultados mostram que para consumidores com alto FCp, pode ser viável a instalação de baterias abaixo de R$ 3.000/kWh;

Analisando exclusivamente a opção de baterias para o atendimento do horário de ponta, enxerga-se viabilidade econômica no horizonte decenal para consumidores com alto fator de carga na ponta.

Aplicação III comparada com geração diesel

VPL do investimento em baterias *versus* geração diesel para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria. Análise para diferentes distribuidoras.



- A geração diesel continua competitiva para evitar a tarifa de ponta. O resultado aponta que somente se as baterias custassem próximo a R$ 1.000/kWh valeria a pena, em termos financeiros, substituir a geração diesel por baterias;
- No entanto, não se pode descartar que a substituição da geração diesel pelo cliente seja impulsionada por outros fatores, como a redução do ruído, logística de obtenção do diesel, questões ambientais, entre outros.

Quando feita a comparação com a solução tradicional a diesel para o atendimento do horário de ponta (diesel), não se vê viabilidade econômica para o investimento em baterias no horizonte decenal

Conclusões

Brasil carece de regulação específica para sistemas de armazenamento atrás do medidor. Instalações atuais estão sendo feitas nesse vácuo.

Conclusões

Brasil carece de regulação específica para sistemas de armazenamento atrás do medidor. Instalações atuais estão sendo feitas nesse vácuo.

Simulações apontaram baixa viabilidade econômica para baterias. Em aplicações comerciais de média tensão, as baterias têm melhor atratividade, mas a geração diesel é ainda mais competitiva.

Conclusões

Brasil carece de regulação específica para sistemas de armazenamento atrás do medidor. Instalações atuais estão sendo feitas nesse vácuo.

Simulações apontaram baixa viabilidade econômica para baterias. Em aplicações comerciais de média tensão, as baterias têm melhor atratividade, mas a geração diesel é ainda mais competitiva.

Simulações adicionais com maior vida útil, com valoração do custo de déficit e precificação de carbono alteraram poucos os resultados.

Conclusões

Brasil carece de regulação específica para sistemas de armazenamento atrás do medidor. Instalações atuais estão sendo feitas nesse vácuo.

Simulações apontaram baixa viabilidade econômica para baterias. Em aplicações comerciais de média tensão, as baterias têm melhor atratividade, mas a geração diesel é ainda mais competitiva.

Simulações adicionais com maior vida útil, com valoração do custo de déficit e precificação de carbono alteraram poucos os resultados.

Preço das baterias teria que cair de R$ 4.000/kWh para R$ 1.000/kWh para se tornarem competitivas.

Conclusões

Brasil carece de regulação específica para sistemas de armazenamento atrás do medidor. Instalações atuais estão sendo feitas nesse vácuo.

Simulações apontaram baixa viabilidade econômica para baterias. Em aplicações comerciais de média tensão, as baterias têm melhor atratividade, mas a geração diesel é ainda mais competitiva.

Simulações adicionais com maior vida útil, com valoração do custo de déficit e precificação de carbono alteraram poucos os resultados.

Preço das baterias teria que cair de R$ 4.000/kWh para R$ 1.000/kWh para se tornarem competitivas.

Fatores ambientais, elétricos ou logísticos podem justificar a compra para um nicho.

Gabriel Konzen
gabriel.konzen@epe.gov.br

www.epe.gov.br

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL

EPE Brasil @EPE_Brasil EPE

EPE - Empresa de Pesquisa Energética
Praça Pio X, n. 54
Centro – Rio de Janeiro – RJ
CEP: 20091-040 – Tel: 21 3512-3242

PDE 2031 | Baterias ADM: Metodologia e Referências

METODOLOGIA

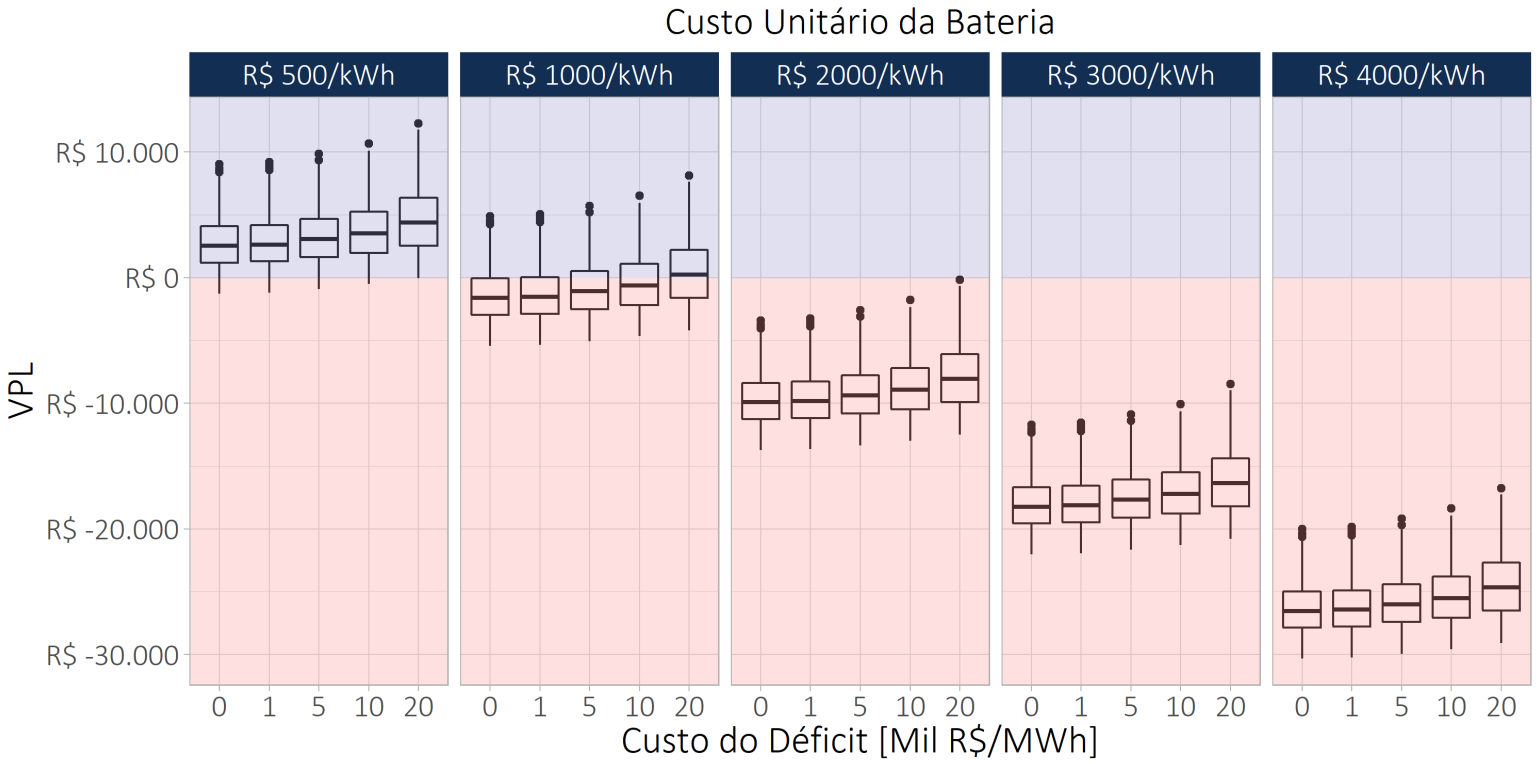
- Simulações horárias para um ano de operação, utilizando o software System Advisor Model (SAM);
- Dados horários de carga foram fornecidos, através de um acordo, pela empresa Sun Mobi. Após tratamento dos dados, foram utilizados dados de 15 consumidores BT residenciais e comerciais;
- Foi utilizado um fator de ajuste para que todos os consumidores totalizem um consumo anual de 10.000 kWh;
- Para a aplicação III, o consumo no horário de ponta foi alterado de forma a simular diferentes fatores de carga nesse período, com demanda máxima de 5 kW;
- Simulações com baterias de Lithium Ion (LFP), com mínimo State of Charge (SOC) de 10% e máximo de 100%. Eficiência do ciclo de 89%. Vida útil de 10 anos. OPEX de 0,5% do CAPEX ao ano. Degradação linear, atingindo 60% da capacidade com 4.000 ciclos e DoD = 90%.
- Taxa de desconto real de 6% a.a.;
- Para a aplicação II, foi simulada a geração fotovoltaica horária com dados de cidades representativas de 35 distribuidoras. Dados de irradiação e temperatura da base de reanálise MERRA-2;
- Geração diesel simulada com CAPEX de R$ 1.000/kW, OPEX de R$ 25/MWh, preço do diesel por estado em abril de 2021 e consumo específico de 329 litros/MWh. Fator de emissões igual a 0,77 tCO2/MWh.
- Foram testadas diferentes configurações de potência e capacidade de armazenamento para cada aplicação. Os gráficos mostram a configuração que teve o melhor resultado médio:
  - Aplicação I: 2 kW/8 kWh;
  - Aplicação II: 4 kW/8 kWh;
  - Aplicação III: 5 kW/18 kWh (equivalente a 300 kW/1080 kWh).

REFERÊNCIAS

- BloombergNEF, 2021. Battery Pack Prices Fall to an Average of $132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite. November 30, 2021.
- EPE, 2015. Estimativa da Capacidade Instalada de Geração Distribuída no SIN: Aplicações no Horário de Ponta. Fevereiro de 2015.
- Feldman D. et al., 2021. U.S. Solar Photovoltaic System and Energy Storage Benchmark: Q1 2020. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-6A20-77324.
- FGV CERI, 2018. P&D Estratégico ANEEL metodologia de elaboração da função do custo do déficit.
- Figgener, J. et al., 2021. The development of stationary battery storage systems in Germany – status 2020. Journal of Energy Storage, v. 33, 2021.
- Greener e Newcharge, 2021. Estudo Estratégico Mercado de Armazenamento. Aplicações, Tecnologias e Análises Financeiras.
- Schmidt et al., 2019. Projecting the Future Levelized Cost of Electricity Storage Technologies. Joule, Volume 3, Issue 1, 16, Pages 81-100.

Aplicação I com valoração do custo do déficit

VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa Branca de acordo com o preço final da bateria e custo do déficit dos consumidores. Análise para diferentes distribuidoras.

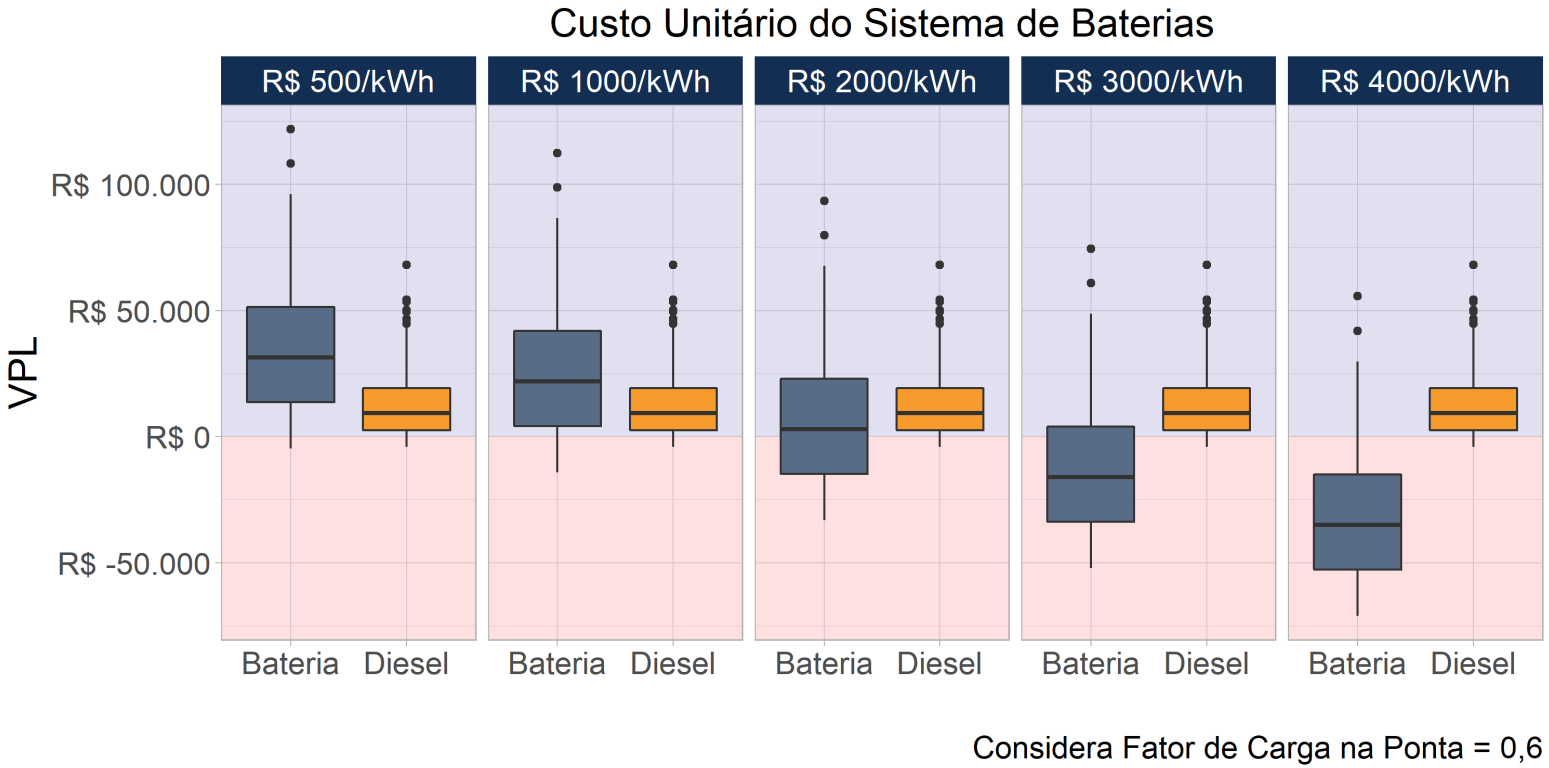


- Essa análise de sensibilidade buscou incorporar um benefício adicional das baterias: o de fornecer energia durante momentos de interrupção do fornecimento da rede;
- O número de horas de interrupção para cada distribuidora foi multiplicado pela carga horária média de cada consumidor e por diferentes custos do déficit (baseados em FGV CERI, 2018) para se obter um "bônus" relacionado com a implantação de baterias.

Considerar os benefícios com aumento na confiabilidade do fornecimento de energia melhora a atratividade dos projetos, mas esse não demonstra ser um fator decisivo para tornar o VPL positivo.

Aplicação III comparada com geração diesel e vida útil de 20 anos

VPL do investimento em baterias *versus* geração diesel para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria. Análise para diferentes distribuidoras.

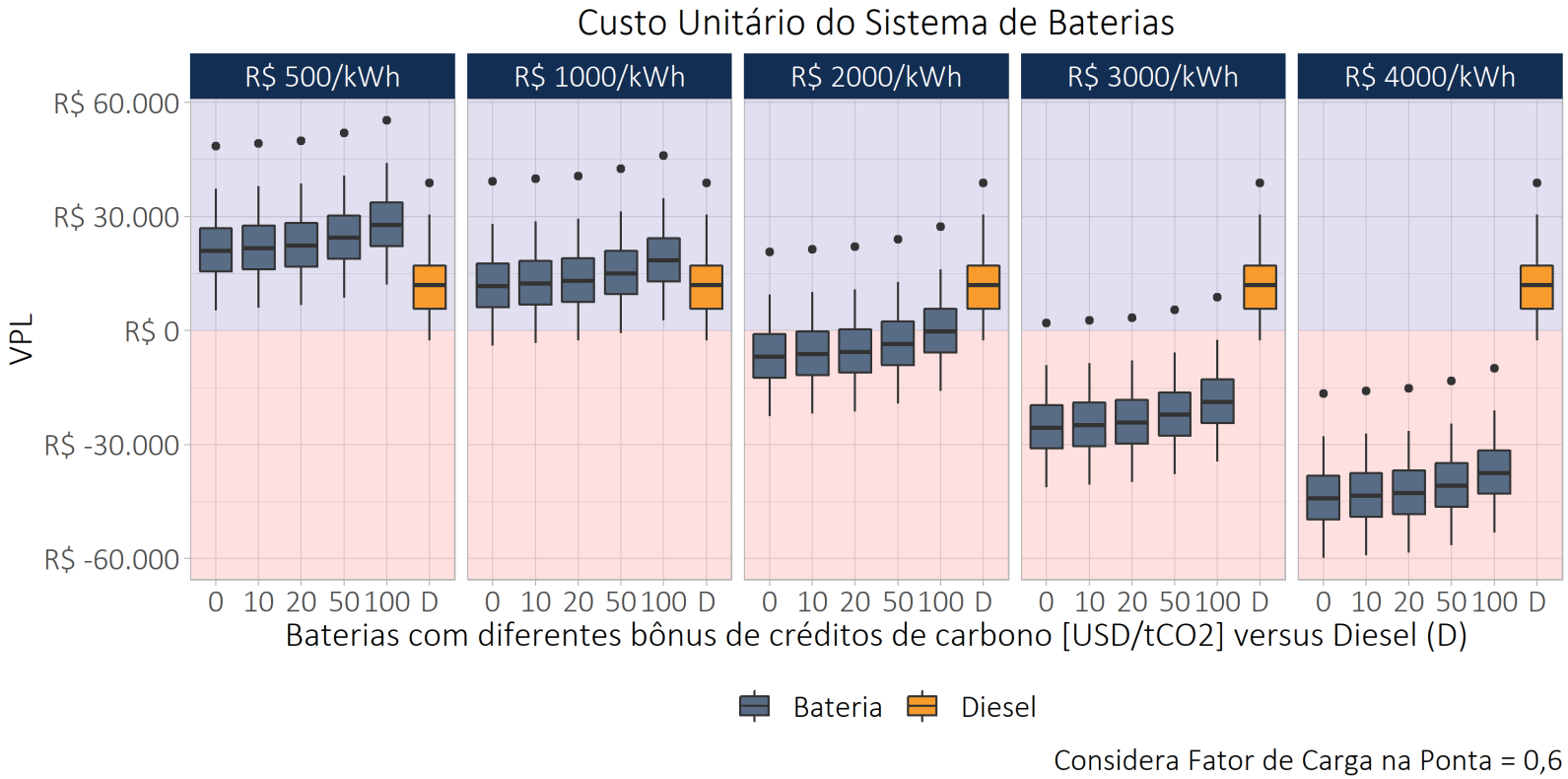


- Com um CAPEX pouco abaixo de R$ 2000/kWh, já se observa a mediana do VPL em baterias ser superior à mediana do VPL da geração diesel;
- No entanto, dada a perspectiva de redução de custos, a geração diesel ainda deve permanecer uma solução competitiva nos próximos anos para o atendimento da ponta.

Quando feita a comparação com a solução tradicional a diesel para o atendimento do horário de ponta (diesel), não se vê viabilidade econômica para o investimento em baterias no horizonte decenal

Aplicação III com Precificação de Carbono

VPL do investimento em baterias para gestão do consumo com Tarifa A4 Verde de acordo com o preço final da bateria e crédito de carbono. Comparação com VPL da solução Diesel. Análise para diferentes distribuidoras.



- Esta análise de sensibilidade buscou simular um bônus financeiro ao sistema de baterias em função da substituição da geração diesel. Esse bônus foi calculado de acordo com as emissões evitadas e diferentes preços de carbono;
- Apesar de melhorar a viabilidade dos projetos, o bônus não parece decisivo na viabilidade dos projetos. O preço das baterias permanece mais importante.
- Ressalta-se que o Brasil não possui, no momento, mecanismo vigente para remunerar esse abatimento de emissões.

Uma possível remuneração adicional aos projetos de baterias em função da substituição da geração diesel na ponta melhoraria a atratividade, mas não demonstra ser um fator decisivo para tornar viável os projetos.

IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022
FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

[SEGUNDA-VIDA]

O uso de baterias de veículos elétricos em aplicações estacionárias

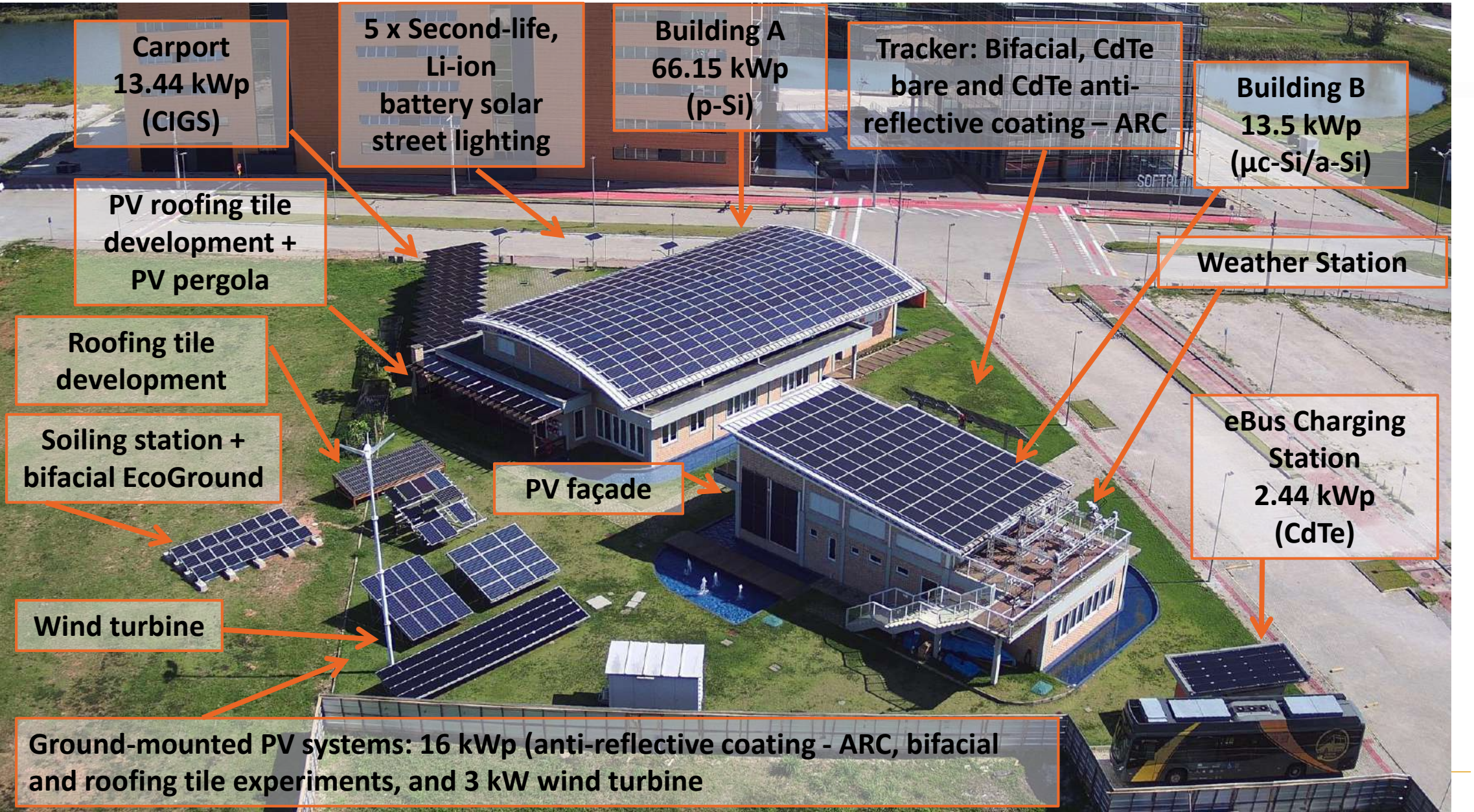
ALINE KIRSTEN VIDAL DE OLIVEIRA

Maio.2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

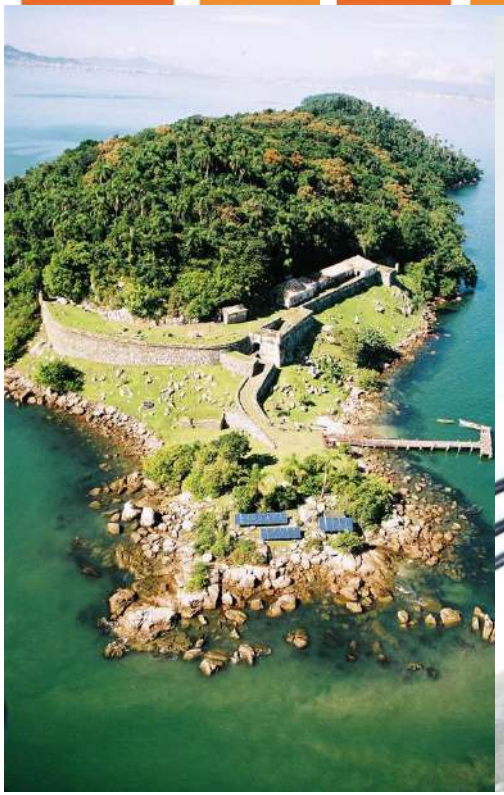
fotovoltaicaufsc

2020 - FOTOVOLTAICA/UFSC ESTRUTURA DE P&D



FotovoltaicaUFSC

Veículos Elétricos e Armazenamento de Energia



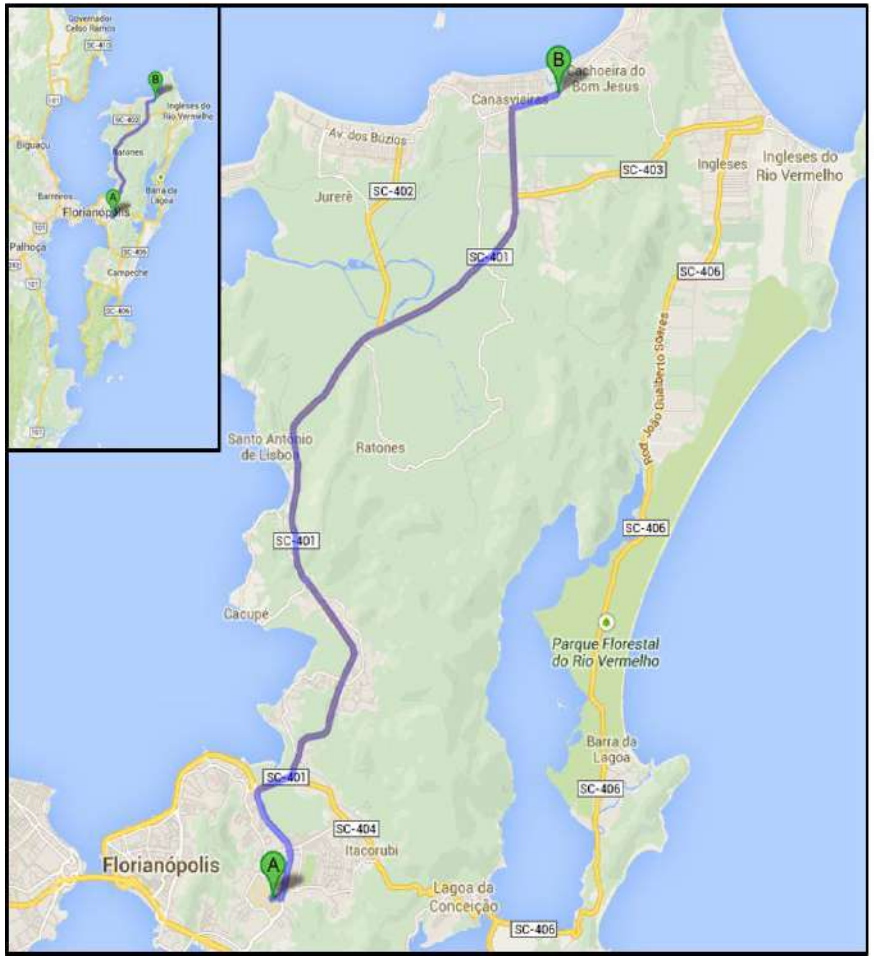








eBus





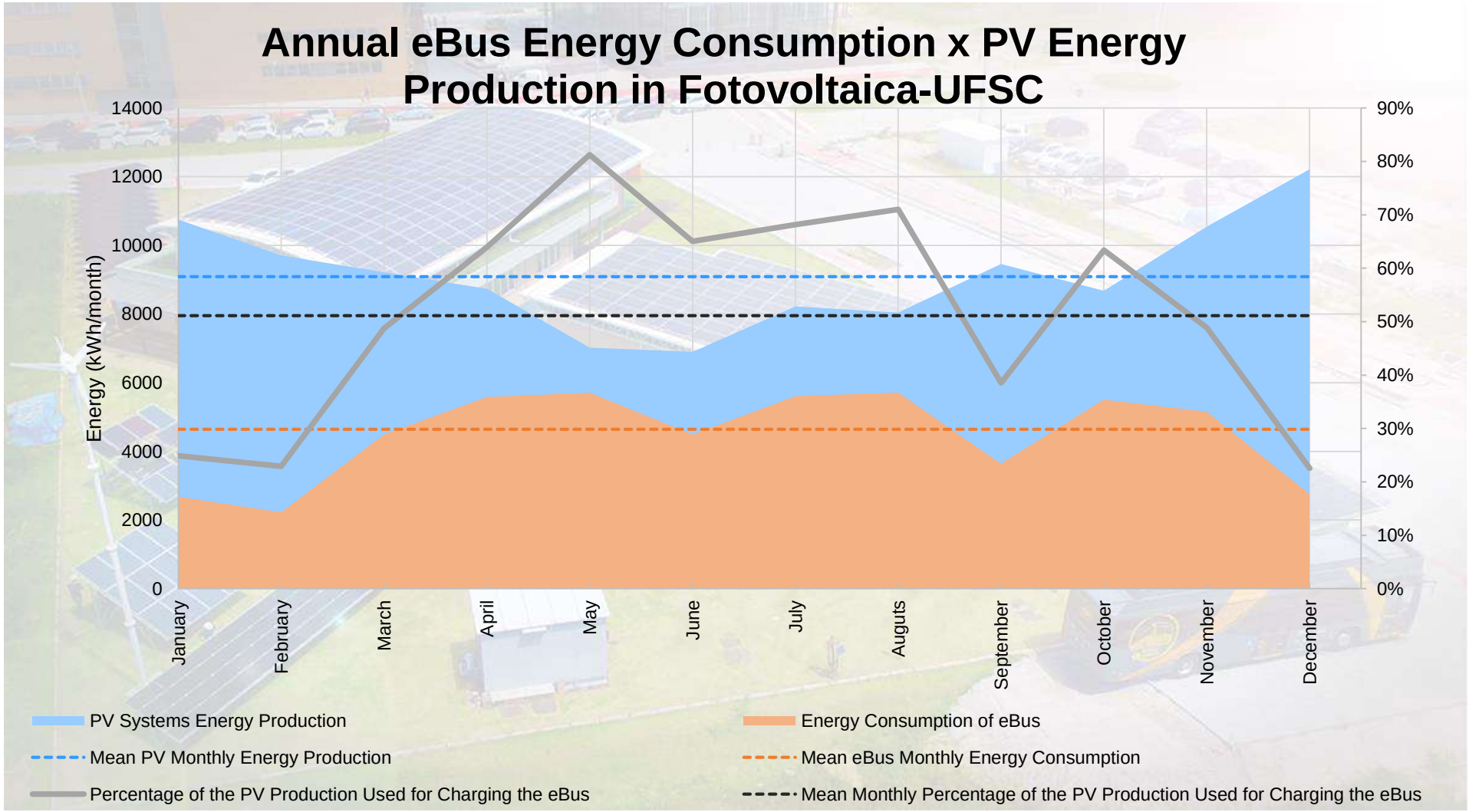
Centro de Cultura e Eventos (UFSC -





Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar (Sapiens Parque – Fotovoltaica – UFSC)

Annual eBus Energy Consumption x PV Energy Production in Fotovoltaica-UFSC

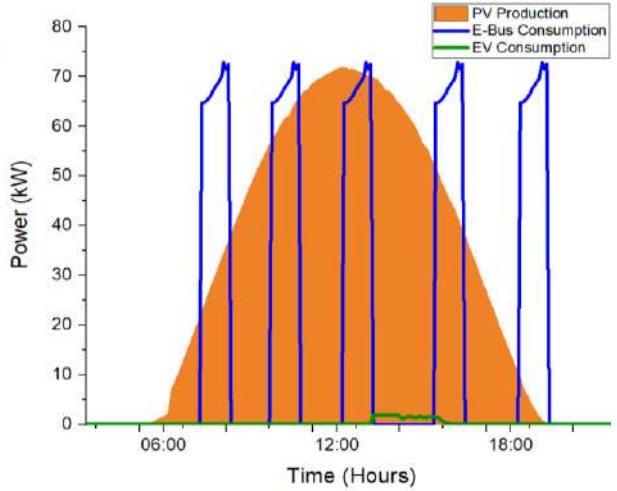


Consumo do eBus

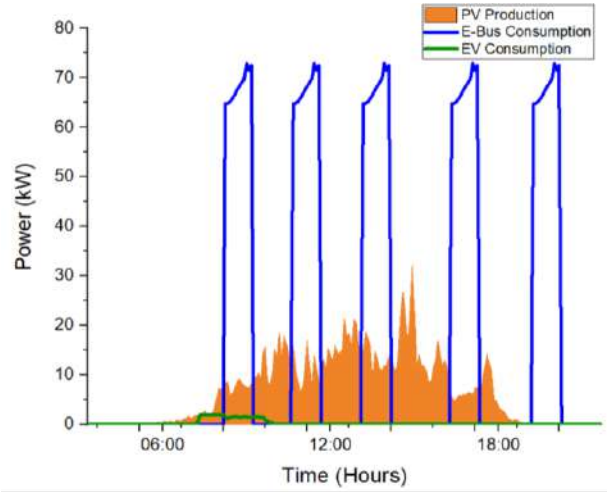


*Dados de dois dias de Setembro de 2017

Dia ensolarado*



Dia nublado*



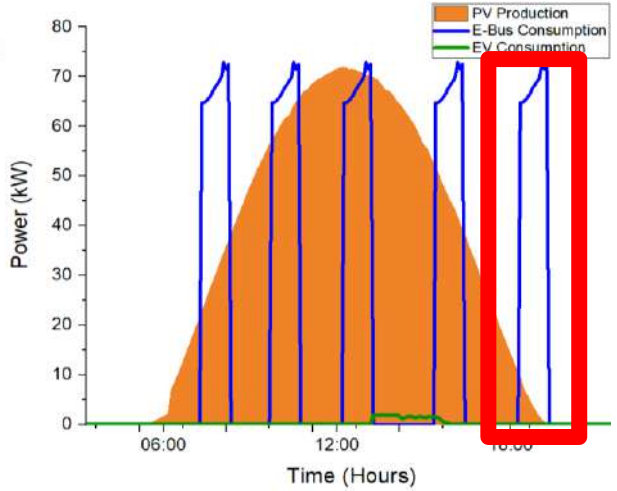
FotovoltaicaUFSC

Consumo do eBus

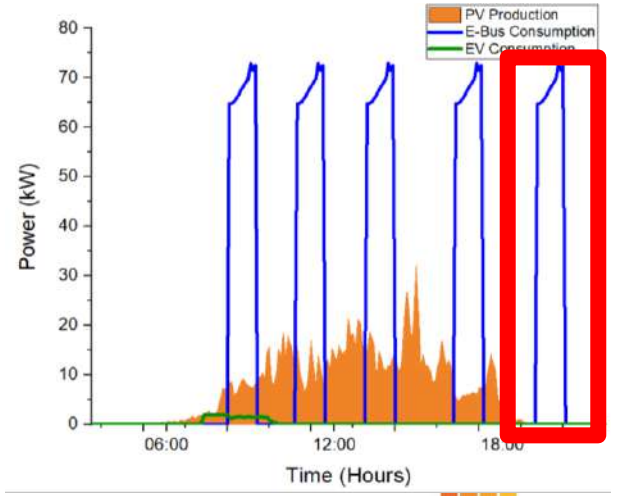


*Dados de dois dias de Setembro de 2017

Dia ensolarado*



Dia nublado*



FotovoltaicaUFSC

PROJETO DA CHAMADA 021

UM INVESTIMENTO = MÚLTIPLAS FUNÇÕES: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO TÉCNICA, REGULATÓRIA E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA APLICADOS A SISTEMAS DE GERAÇÃO CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA

[FOCO I]

APLICAÇÕES CENTRALIZADAS DE GRANDE PORTE





[FOCO II]

APLICAÇÕES EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE MÉDIO PORTE





[FOCO III]

APLICAÇÕES EM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE PEQUENO PORTE



[FOCO IV]

APLICAÇÃO EM VEÍCULOS ELÉTRICOS



ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica | Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

ENGIE

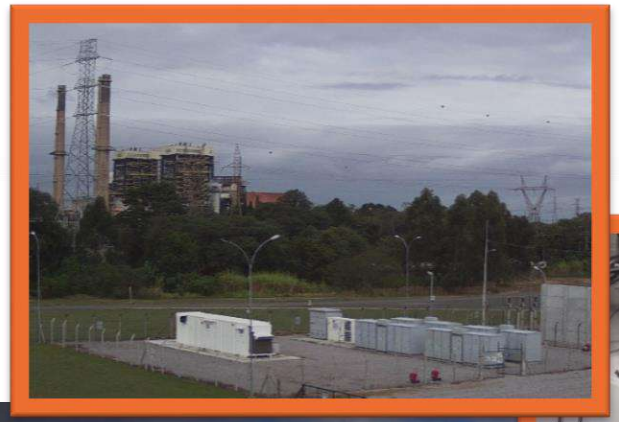
Guascor do Brasil

fotovoltaicaufsc

SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO











BATERIAS DE SEGUNDA VIDA



Eletromobilidade





Uso como fonte de energia

BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM
FIRST- AND SECOND-LIFE LI-ION BATTERIES



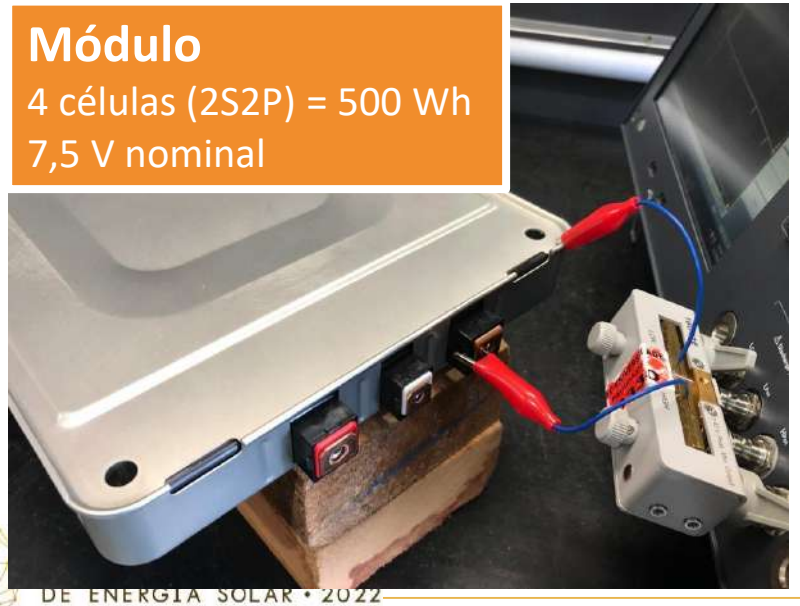
SECOND-LIFE BATTERIES
NISSAN LEAF BATTERIES

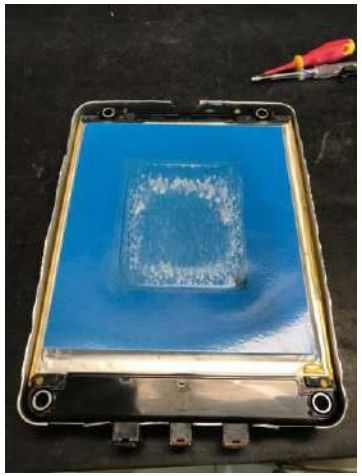


PACK
48 módulos = 24 kWh



Módulo
4 células (2S2P) = 500 Wh
7,5 V nominal





Célula
125 kWh = 3.8 V nominal
100% = 4,10 V
80% = 4,04 V
50% = 3,92 V

CELL SPECIFICATIONS

Cell Type	Laminate type
Cathode material	$LiMn_2O_4$ with $LiNiO_2$
Anode material	Graphite
Rated capacity (0.3C)/td>	33.1 Ah
Average voltage	3.8V
Length	11.417" (290 mm)
Width	8.504" (216 mm)
Thickness	0.2795" (7.1mm)
Weight	1.7624 lbs (799 g)

SECOND-LIFE BATTERIES
MODULE SORTING VS. FULL CARS



- Diferenças de temperatura na operação.
- Degradação não-uniforme.
- Desbalanceamento das células durante a descarga.





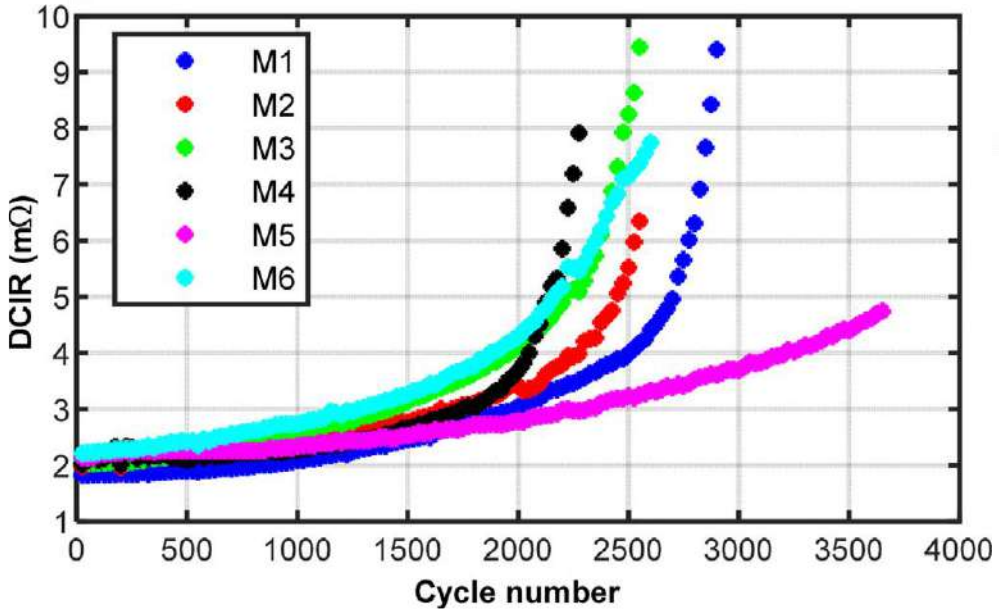
SECOND-LIFE BATTERIES
MODULE TESTING AND SORTING

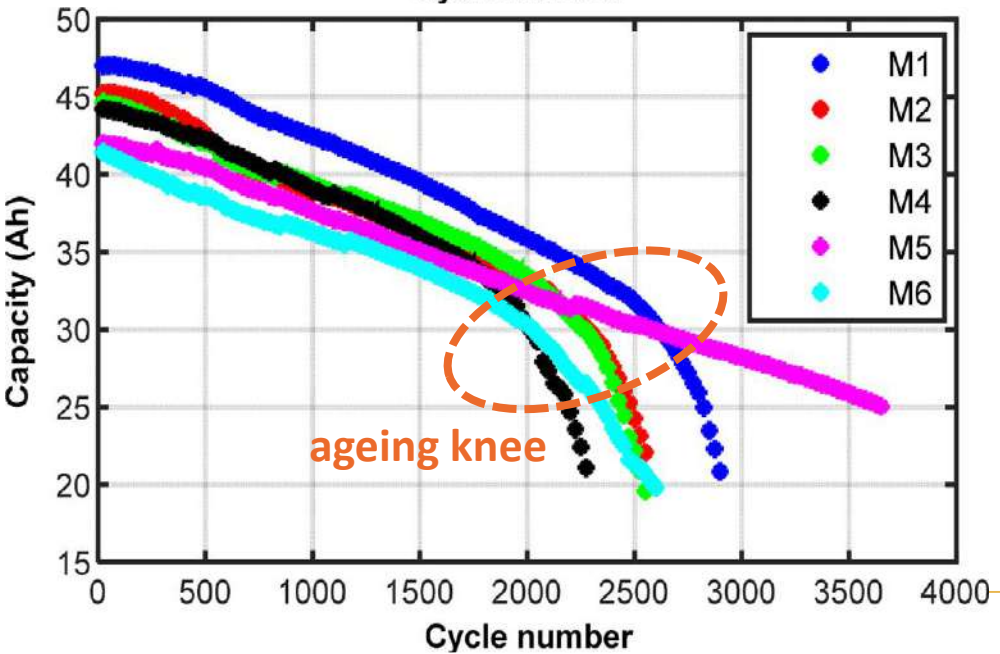
Second-life Li-ion batteries, recycled from electric vehicles, being repurposed for stationary applications at the UFSC Solar Energy Research Laboratory





SECOND-LIFE BATTERIES
MODULE TESTING AND SORTING





Journal of Energy Storage 32 (2020) 101695

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Energy Storage

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

Experimental assessment of cycling ageing of lithium-ion second-life batteries from electric vehicles

Elisa Braco, Idoia San Martín, Alberto Berrueta, Pablo Sanchis, Alfredo Ursúa*

Department of Electrical, Electronic and Communications Engineering, Institute of Smart Cities, Public University of Navarre, Campus de Arrosadía, 31006 Pamplona, Spain

- Capacidade é um bom parâmetro para quantizar a energia armazenada em qualquer momento da vida útil.
- Valores pontuais de capacidade e resistência interna não conseguem representa a longevidade da célula.

FotovoltaicaUFSC

SECOND-LIFE BATTERIES
SMALL SCALE OFF-GRID APPLICATIONS







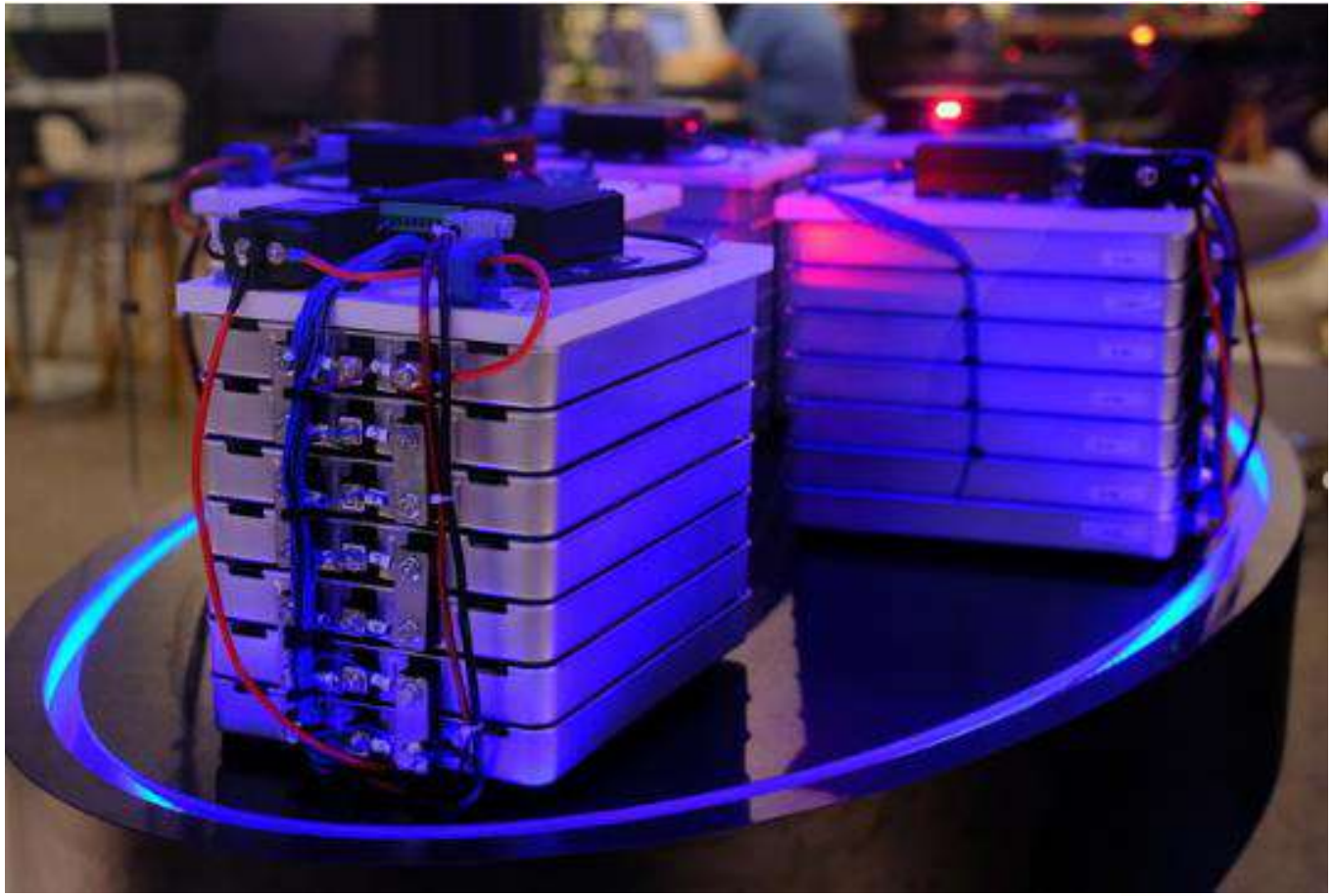
LI-ION SECOND-LIFE BATTERIES

Fotovoltaica UFSC e Nissan levam baterias de lítio de segunda vida para o Salão do Automóvel 2018

07/11/2018 16:19

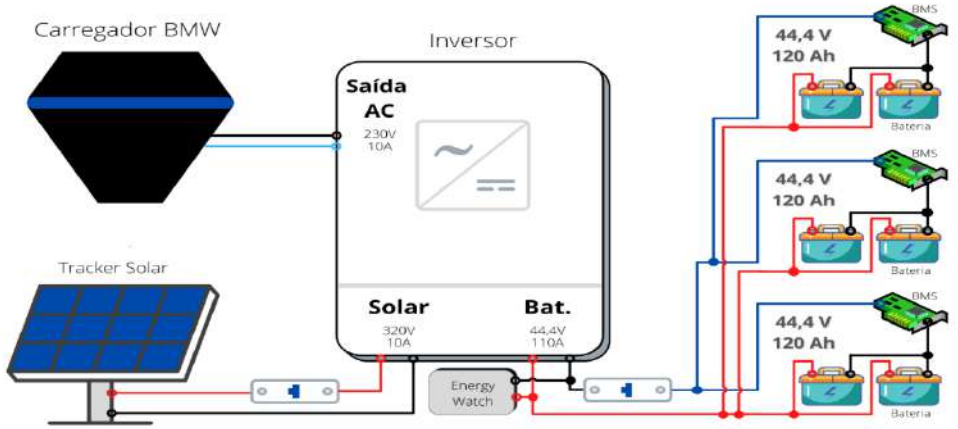
Notícias UFSC

O **Laboratório Fotovoltaica** da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolve, de 8 a 18 de novembro, atividades com a parceira **Nissan do Brasil**, durante o **Salão do Automóvel 2018**. A empresa e a UFSC firmaram uma parceria, em agosto, para o teste de baterias de segunda vida do veículo 100% elétrico mais vendido do mundo, o Nissan LEAF.



CARREGADOR OFF-GRID DE SEGUNDA-VIDA







energy source
TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL

BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM
FIRST- AND SECOND-LIFE LI-ION BATTERIES

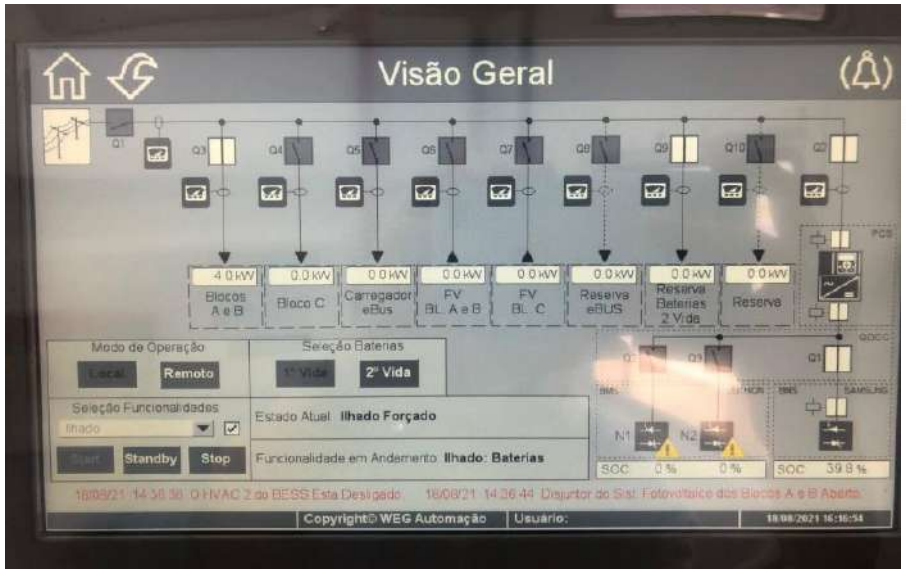




SECOND-LIFE BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM

SYSTEM OVEVIEW

- 2 strings de 105 módulos = 2 strings de 210 células em série
- 2 BMS independentes: 1 para cada string
- 30 Gavetas de 7 módulos cada
- Capacidade original = 105 kWh
- Capacidade em segunda vida = cerca de 65 kWh













SECOND-LIFE BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS

MAIN CHALLENGES



- Grande potencial de aplicação *on-* e *off-grid*, em diferentes escalas
- *Sorting* adequado de módulos para melhor aproveitamento da capacidade das baterias de segunda vida e evitar desbalanceamento do banco.
- Compatibilização com BMSs comercialmente disponíveis.

MESol
Rede Brasileira de Mulheres na Energia Solar

fotovoltaicaufsc

Aline Kirsten Vidal de Oliveira
alinekvo@gmail.com

Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC
www.fotovoltaica.ufsc.br
+55 (48) 3721.4598
+55 (48) 3721.7393

IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022
FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO

Hytron

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA HIDROGÊNIO

Dr. Eng João Carlos Camargo
Diretor de Energia

Florianópolis – SP – Brasil - 2022

Hytron

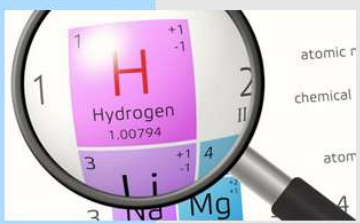
História da Companhia

- Empresa de tecnologia fundada em 2003
  - Spin-off do Laboratório de Hidrogênio IFGW-UNICAMP.
  - Atividades de P&D, focadas em soluções aplicadas inovadoras
- Especialização em Produção de Hidrogênio e Sistemas Alternativos de Energia
  - Equipe multidisciplinar de especialistas, inc. Doutorados e Mestrados
    - Desenvolvimento de tecnologia
      - Projeto, integração e supervisão do sistema
- 2015: Nova Sede (Sumaré, SP - Brasil)
  - Instalação dedicada a P&D (portfólio atual e futuro), fabricação e testes
- 2020: NEA GROUP adquire Hytron e integra geração H2 em seu portfólio

© NEA GROUP

Hidrogênio

- *Primeiro elemento na Tabela Periódica*
- *O mais abundante elemento do universo mas só encontrado na Terra na forma de compostos*
- *Gás incolor, inodoro; liquefaz à -253 °C;*
- *Combustível: com a **maior** densidade energética por massa*
  *com a **menor** densidade energética por volume*



Hidrogênio é como a eletricidade

- *Hidrogênio é um vetor energético não uma fonte de energia*
- *Energia para produzir > energia armazenada (2ª Lei da Termodinâmica)*
- *Formas usuais de geração H2: eletrólise, reforma*
- *Dependendo da fonte de energia o processo pode ser de emissão zero (hidrogênio verde)*

© NEA GROUP

Hidrogênio: Produção

Reforma

Bem estabelecido processo de conversão do gás natural em hidrogênio:

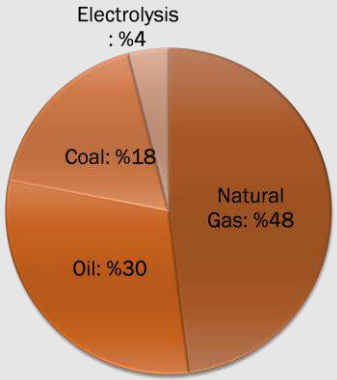
$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO_2 + 3\ H_2$

Altas temperaturas (700 – 1000°C) são necessárias para altas taxas de conversão.

Eletrólise da Água

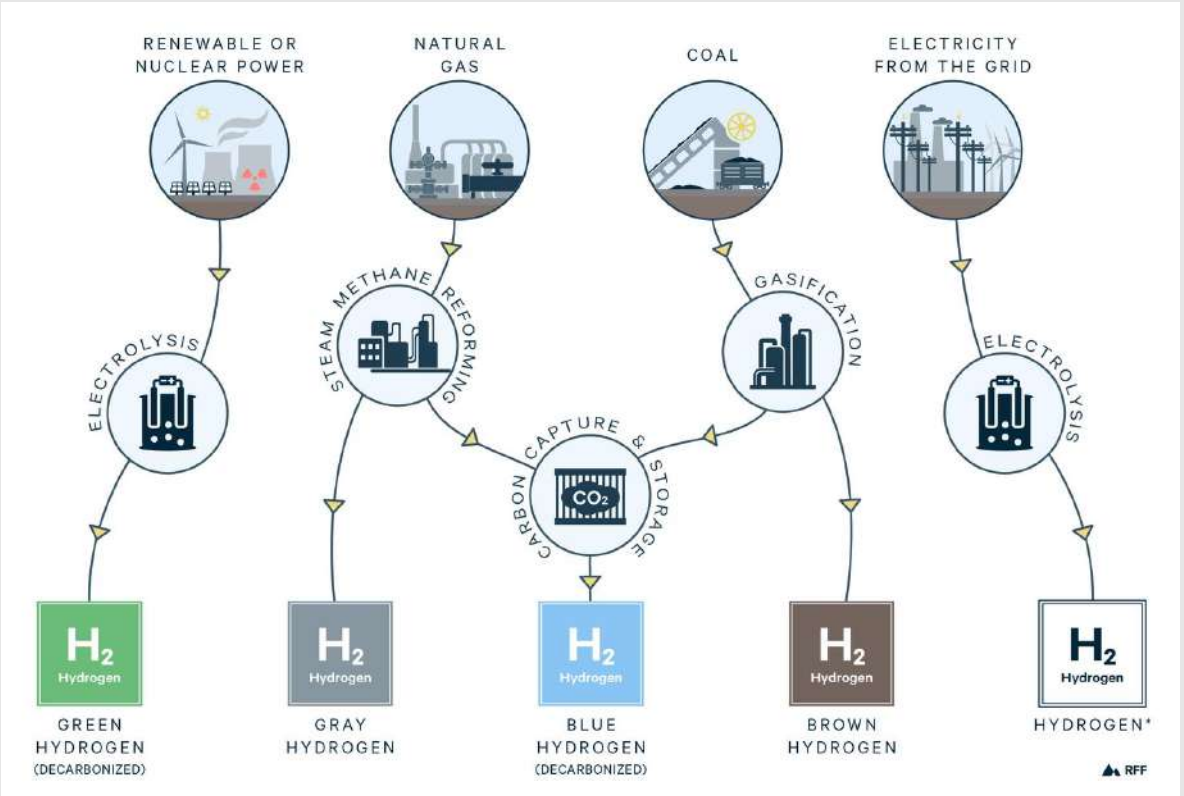
Separação do hidrogênio e do oxigênio da água utilizando energia elétrica

$2\ H_2O(l) \rightarrow 2\ H_2(g) + O_2(g)$



© NEA GROUP

Hidrogênio: Origem



© NEA GROUP

Electrolytic Hydrogen

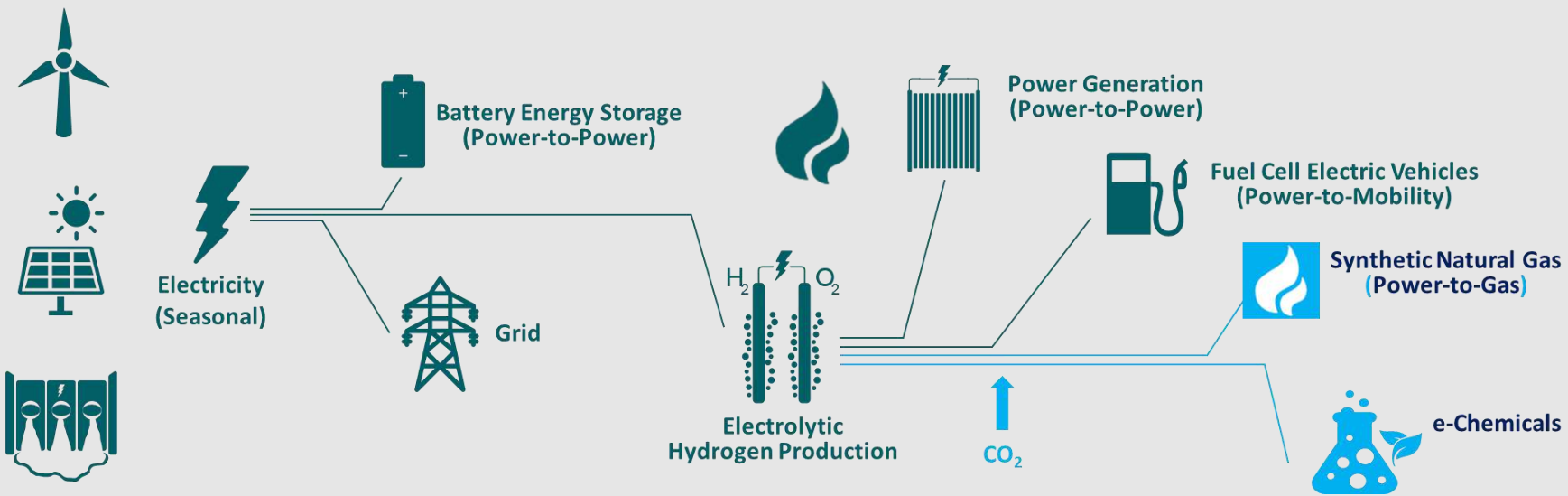
Power-to- Power

Power -to- Mobility

Power -to- Gas

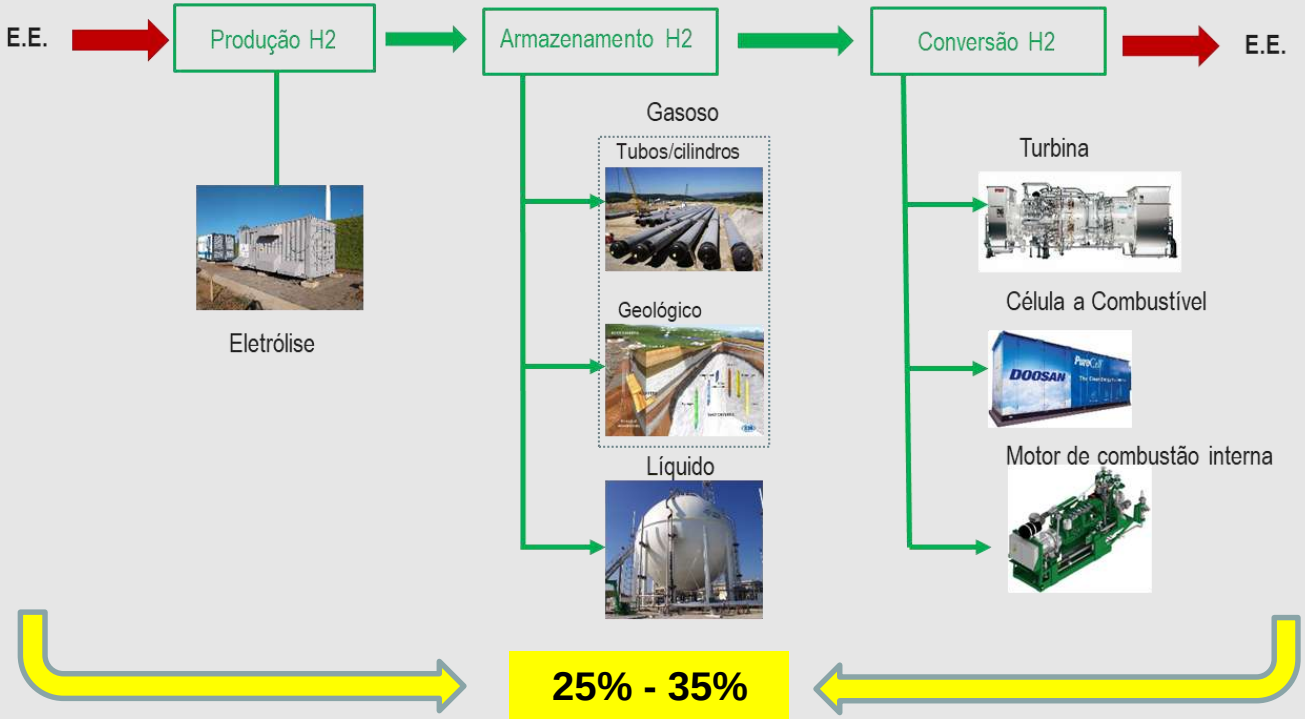
Power -to- Liquids

Power -to- X



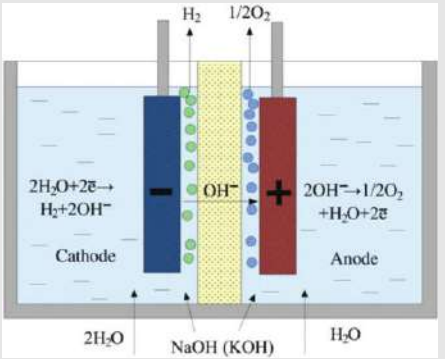
© NEA GROUP

Diferentemente dos sistemas de armazenamento de energia elétrica com baterias, a utilização do hidrogênio como armazenador de energia pode ser dividida em três soluções distintas

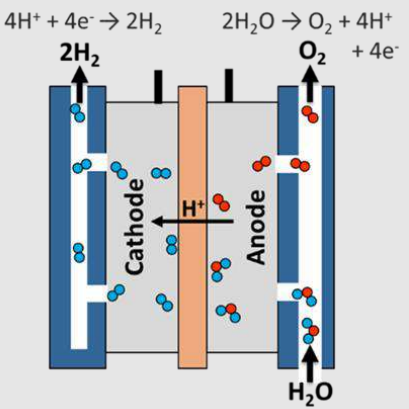


© NEA GROUP

- Eletrolisadores Alcalinos
  - Os eletrolisadores alcalinos operam através do transporte de íons hidróxido (OH-) através do eletrólito do cátodo para o ânodo com hidrogênio sendo gerado no lado do cátodo. Os eletrolisadores que usam uma solução alcalina líquida de hidróxido de sódio ou potássio como eletrólito estão comercialmente disponíveis há muitos anos.

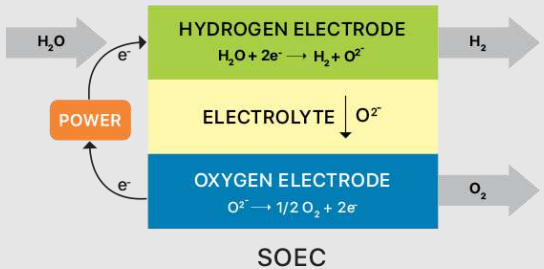


- Eletrolisadores com Eletrólito de Membrana Polimérico
  - A água reage no ânodo para formar oxigênio e íons de hidrogênio carregados positivamente (prótons).
  - Os elétrons fluem através de um circuito externo e os íons de hidrogênio se movem seletivamente através do PEM para o cátodo.
  - No cátodo, os íons de hidrogênio se combinam com os elétrons do circuito externo para formar o gás hidrogênio. Reação do ânodo: 2H2O → O2 + 4H+ + 4e- Reação do cátodo: 4H+ + 4e- → 2H2



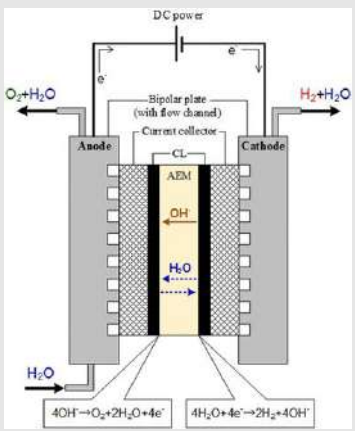
© NEA GROUP

- **Eletrolisador Óxido Sólido – *Solid* *oxide electrolyzer*** (SOEC)



SOEC

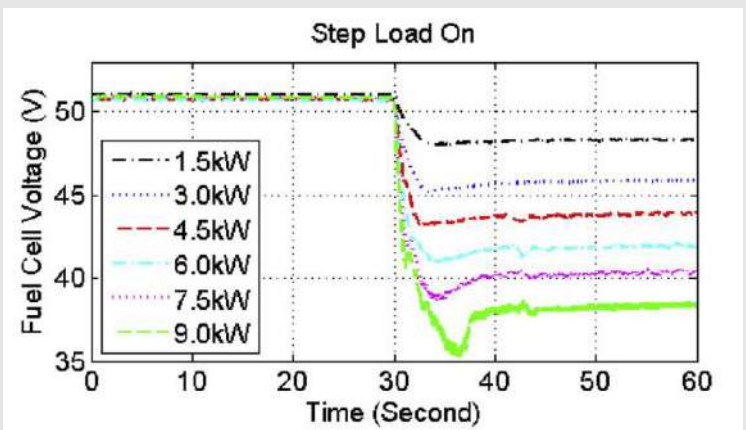
- **Eletrolisador de membrana de troca ânions - *Anion exchange membrane* - (AEM)**

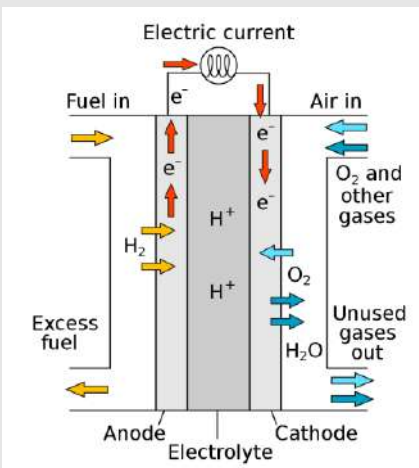


© NEA GROUP

Reconversão H2 – EE: Célula a Combustível

As células a combustível são dispositivos eletroquímicos que convertem a energia de uma reação química diretamente em energia elétrica. A estrutura física básica ou o bloco de construção de uma célula a combustível consiste em uma camada de eletrólito em contato com um ânodo e um cátodo porosos de cada lado.





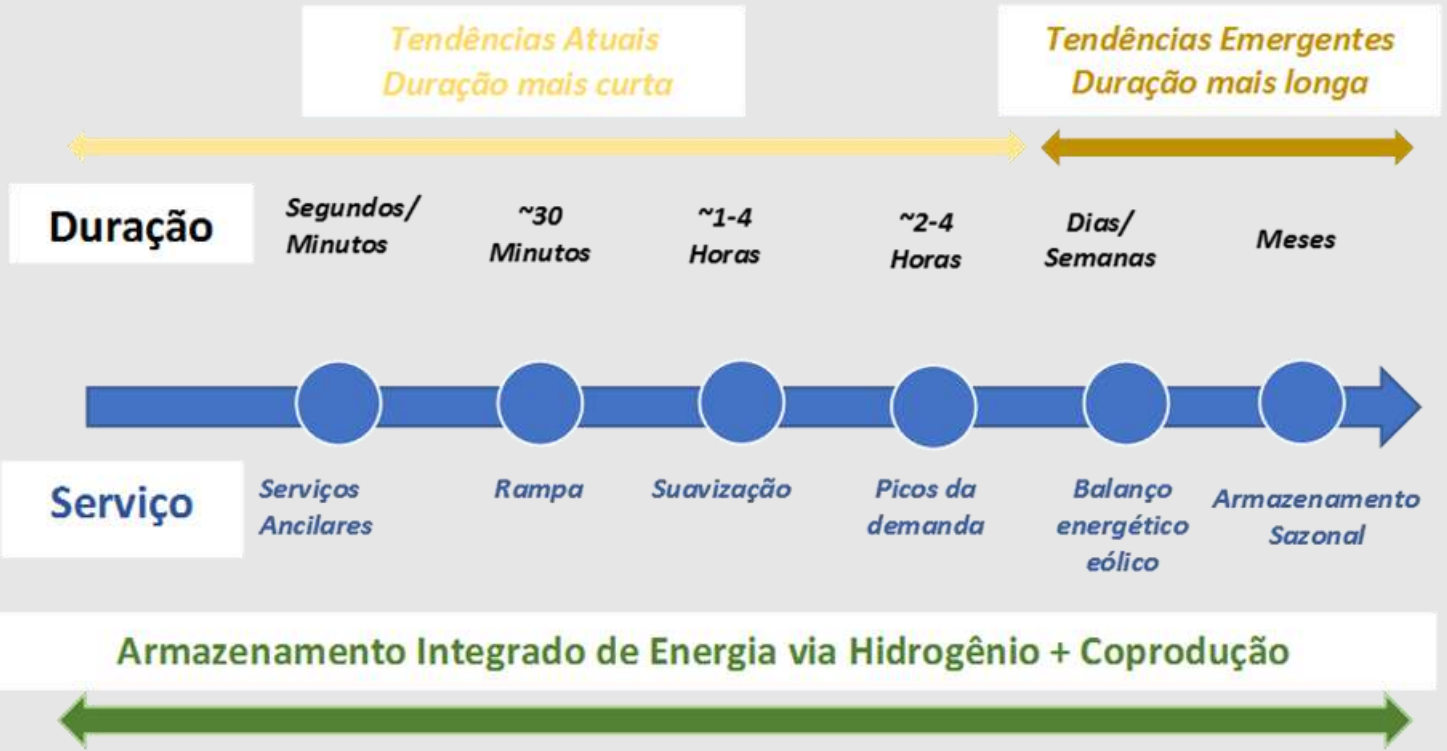
© NEA GROUP

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA



© NEA GROUP

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA



© NEA GROUP

Tecnologias de Armazenamento H2

- **Armazenamento físico:**
  - **Comprimido (200 a 800 bar)**
  - **Líquido (-253 °C)**
  - **Crio-comprimido**
- **Armazenamento em materiais**
  - **Adsorventes de hidrogênio**
  - **Hidretos metálicos**
  - **Hidretos complexos**
- **Armazenamento químico**
  - **Amônia – NH3**
  - **Metanol**
  - **MCH (metilciclohexano)**

Para o armazenamento em grande quantidade (Centenas ou milhares de toneladas de H2)

ARMAZENAMENTO GEOLÓGICO

© NEA GROUP

Armazenamento Geológico de Hidrogênio

Cavernas salinas

Aquíferos

Campos esgotados

- Campos de petróleo esgotados
- Campos de gás esgotados

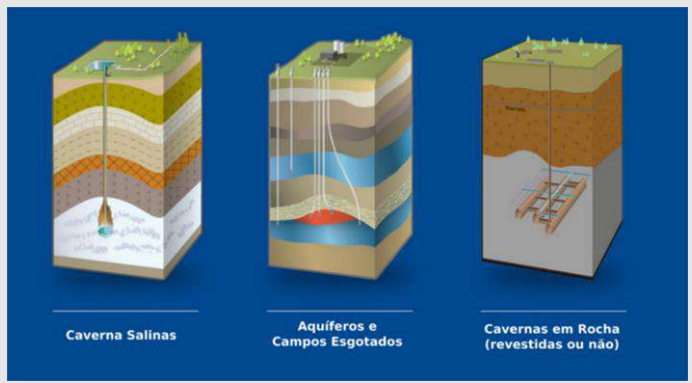
Cavernas de mineração em rocha

- Cavernas não revestidas em rocha
- Cavernas revestidas em rocha

Minas convencionais abandonadas

- Minas de sal abandonadas
- Minas de calcário abandonadas
- Minas de carvão abandonadas





© NEA GROUP

Armazenamento Geológico de Hidrogênio

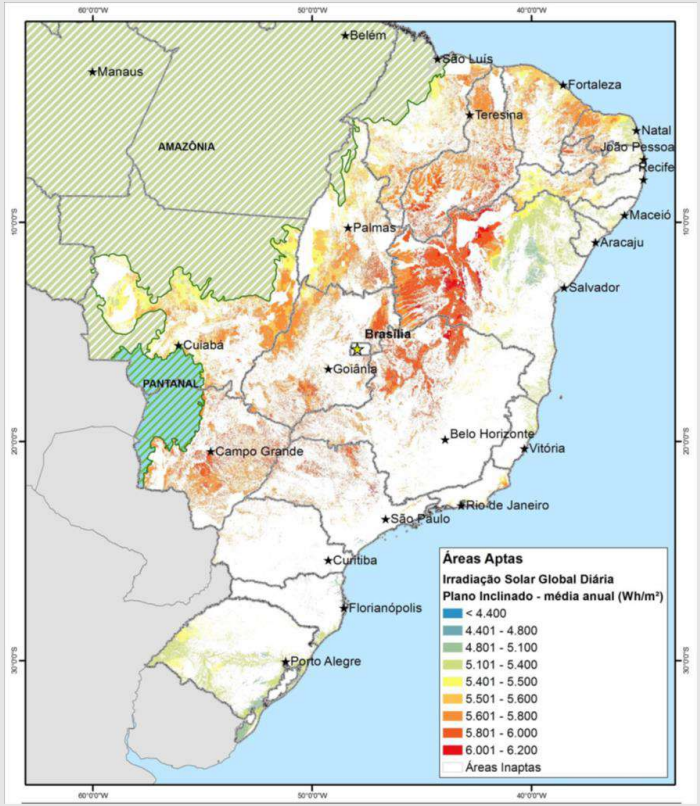
Segurança	Cavernas salinas	Campos de petróleos esgotados	Reservatórios de gás esgotados	Aquíferos	Cavernas revestidas em rocha	Cavernas não revestidas em rocha	Minas de Sal Abandonadas	Minas de Calcário Abandonadas	Minas de carvão abandonadas	Armazenamento em tubulação	Coeficiente ponderado
Impermeabilidade do Armazenamento	++	+	++	++	+	-	o	-	--	++	2
Viabilidade de provar a impermeabilidade	++	++	++	+	o	-	--	--	--	++	2
Experiência prática	++	o	+	+	o	o	o	-	--	++	2
Viabilidade Técnica											
Capacidade de armazenamento de trabalho	+	++	++	++	o	-	+	+	o	--	1,5
Flexibilidade	++	o	o	o	+	+	+	+	+	++	1,5
Conteúdo de impurezas	++	-	o	+	++	+	++	++	-	++	1,5
Danos ao reservatório em função de reações	++	-	-	-	++	++	++	++	-	++	1,5
Custos de Investimento											
Esforços de exploração	+	+	++	-	o	o	+	+	o	++	1
CAPEX	+	+	++	+	-	-	+	+	+	--	1
Operação											
Estabilidade estática e dinâmica	++	+	+	+	++	+	o	o	o	++	0,5
OPEX	++	o	+	+	++	o	+	+	-	++	0,5
Rank	1	5	2	3	4	6					

Legenda									
Muito bom	++	Bom	+	Aceitável	o	Pobre	-	Insuficiente	--

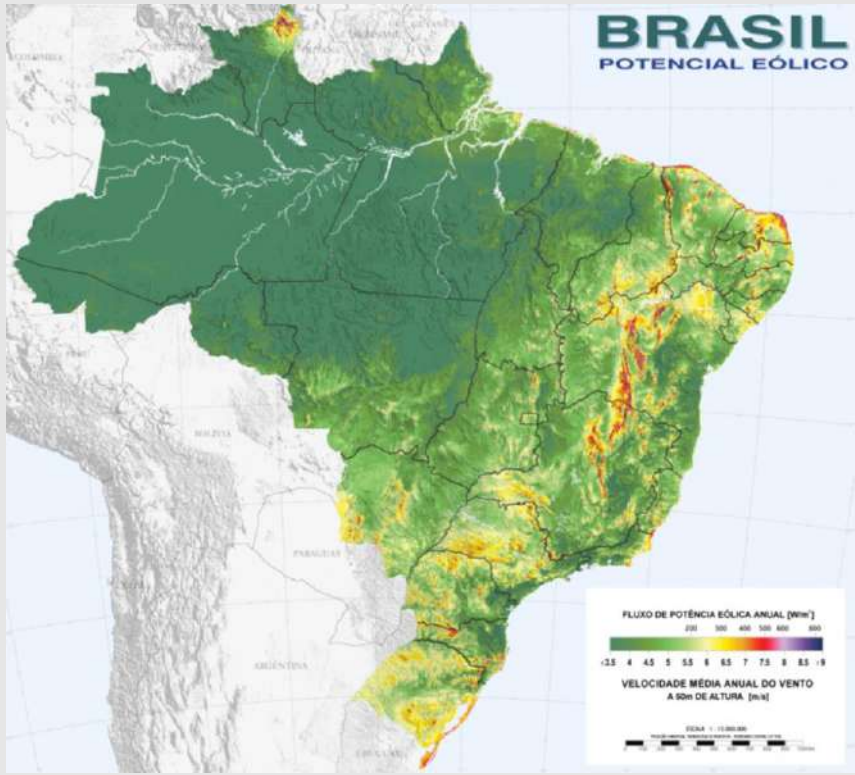
© NEA GROUP

Potencial de produção Hidrogênio Verde no Brasil

Potencial Solar



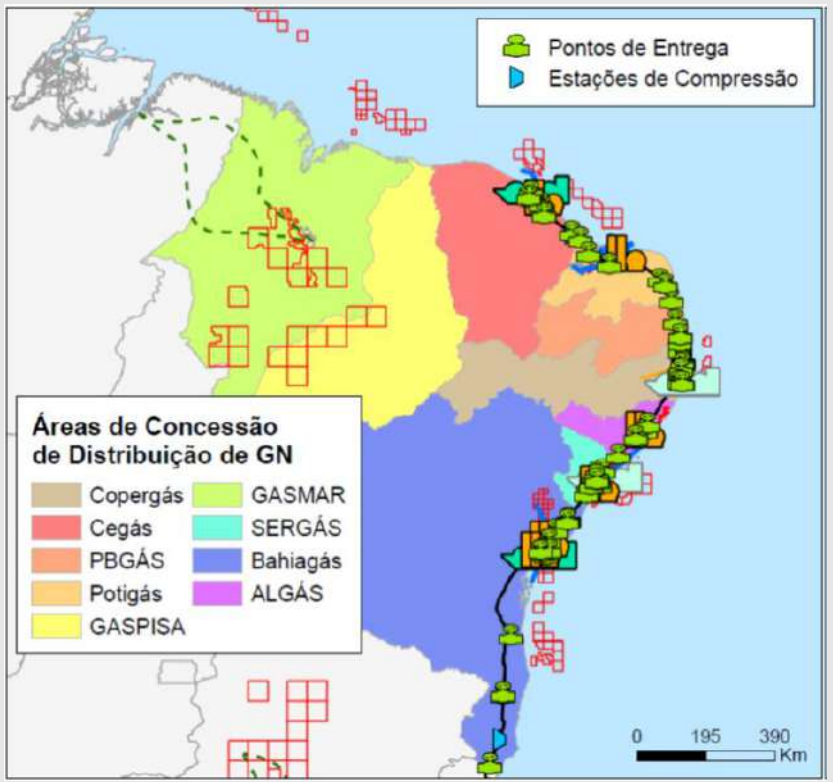
Potencial Eólico



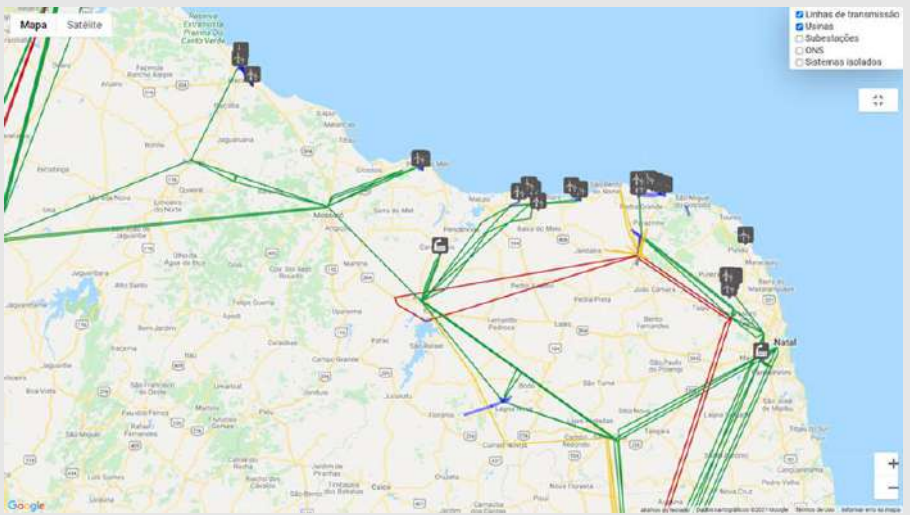
© NEA GROUP

Potencial de produção Hidrogênio Verde no Brasil

Rede Gasoduto GN



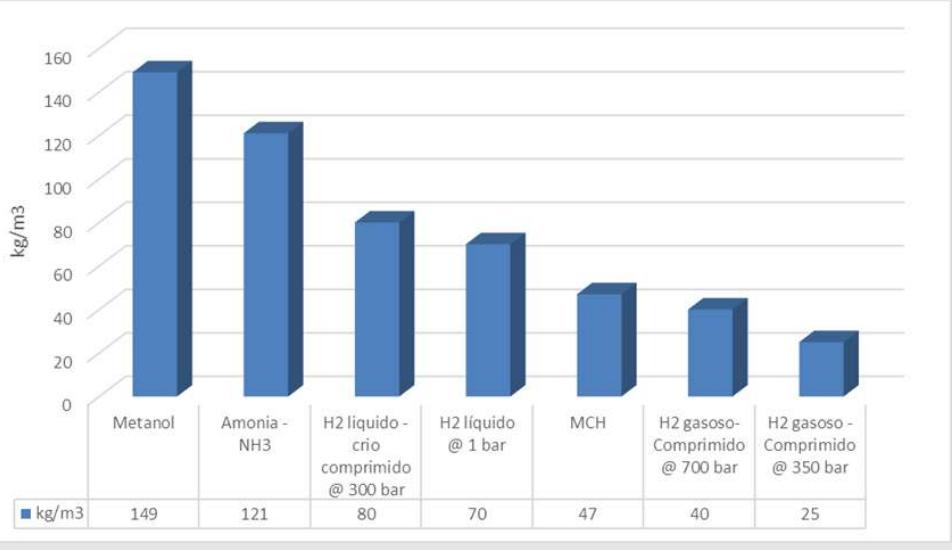
Usinas Eólicas NE



© NEA GROUP

Potencial de Exportação Hidrogênio Verde no Brasil

A demanda por hidrogênio verde no mundo irá crescer a níveis onde haverá necessidade de transportar esse vetor energético produzido em locais com abundância de recursos renováveis como o Brasil, para os grandes mercados consumidores como a Europa, Estados Unidos e Ásia (China e Japão)



MP °C	BP °C	H_2 Capacity wt%	H_2 Capacity g/L	Production P, bar	Production T, °C	Decomposition P, bar	Decomposition T, °C	Decomposition ΔH kJ/mol-H_2
Ammonia								
-78	-33.4	17.6	121	150	375	20	800	30.6
				Haber-Bosch Process Fe Based Catalyst		High-Temperature Cracking Ni Catalyst		
Methanol								
-98	64.7	18.75	149	51	250	3	290	16.6
				$Cu/ZnO/Al_2O_3$ Catalyst		Steam Reforming		
MCH								
-127	101	6.1	47	10	240	2	350	68.3
				Non-PGM Catalyst		Pt/Al_2O_3 Catalyst		

© NEA GROUP

Conclusões

- Existem sinergias importantes entre o hidrogênio e as energias renováveis especialmente solar e eólica. O hidrogênio pode aumentar o potencial de crescimento do mercado de eletricidade renovável substancialmente e ampliar o alcance de soluções renováveis. Os eletrolisadores podem adicionar flexibilidade do lado da demanda. O hidrogênio também pode ser usado para armazenamento de energia sazonal. Produzi-lo a baixo custo é a pré-condição para colocar essas sinergias em prática.
- Dada a estrutura de custos dos eletrolisadores, o acesso à eletricidade de baixo custo é um fator-chave de para se atingir a economicidade já que os custo operacionais podem responder por 50% do custo do hidrogênio produzido.
- A eletrólise da água para produzir hidrogênio em combinação com o armazenamento subterrâneo de hidrogênio, onde geologicamente viável, é uma opção prontamente disponível e tecnicamente viável para o armazenamento em escala de TWh de energia elétrica por longos períodos de tempo, na ordem de semanas até meses, o chamado armazenamento sazonal
- H2 x Baterias: Essas duas opções de armazenamento estão bem caracterizadas nos nichos específicos de aplicação. Esses nichos tendem a crescer à medida que os sistemas energéticos mundiais caminham para a introdução cada vez maiores de fontes renováveis de energia com comportamento intermitente

© NEA GROUP

OBRIGADO! THANK YOU! VIELEN DANK!

João Carlos Camargo, Diretor de Energia (joao.camargo@hytron.com.br)

https://www.hytron.com.br
https://www.neuman-esser.de

© NEA GROUP

IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR • 2022
FLORIANÓPOLIS • 23 A 27 DE MAIO



Armazenamento de Energia no Brasil e no Mundo

Raul Beck
Fundação CPQD

Criamos tecnologia e geramos inovação em benefício de clientes, parceiros e da sociedade.

Gerencia de Soluções de Energia



Uma organização privada, independente e orientada ao mercado



MERCADOS DE ATUAÇÃO:

- Telecom
- Energia e Utilities
- Indústria
- Financeiro
- Defesa
- Financeiro
- Agronegócio
- Provedores de tecnologia e serviços

COLABORADORES:

917

PROCESSOS DE PATENTES:

391 Nacionais

210 Internacionais

SPIN-OFFS:

Padtec

tropico

Atuação em PD&I

Nossas Competências

+ 200 projetos de P&D ANEEL em + de 25 empresas de GTD

CONECTIVIDADE

Plano Diretor | 5G | LTE | IoT| SmartGrid | LPWAN

INTERNET DAS COISAS – IOT

SW Embarcado | Dispositivos IoT | Gateways | Aplicações IoT

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

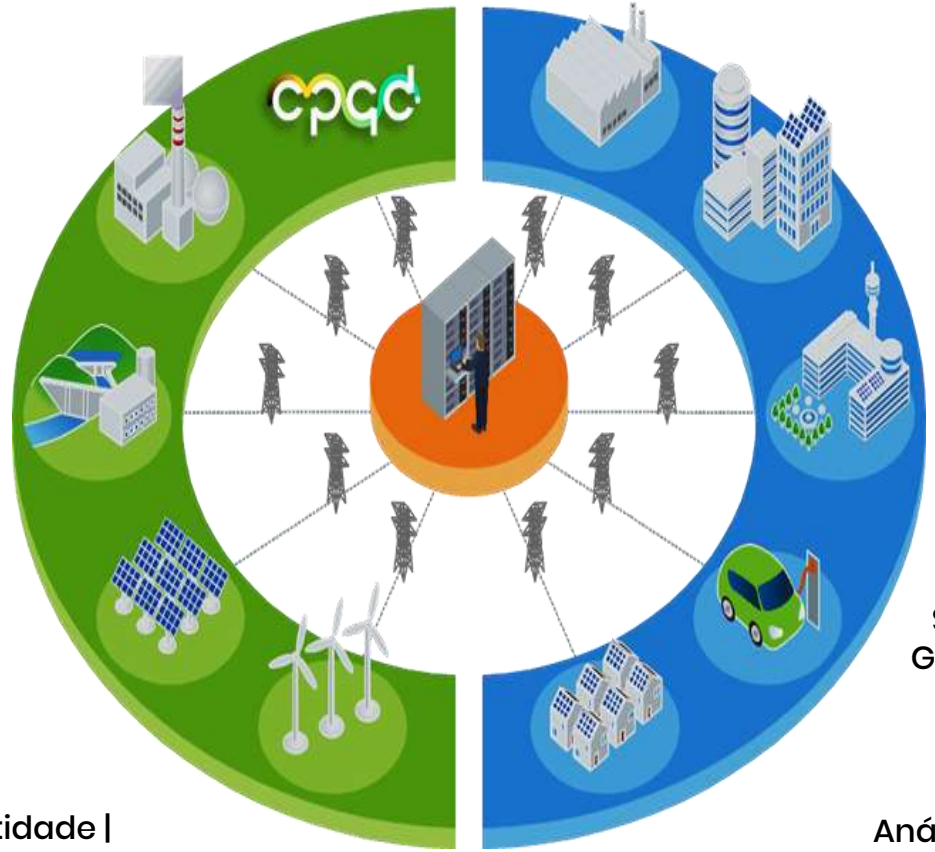
IA Embarcada | ML | Predição e Prescrição | Interação por voz | Visão Computacional

SOLUÇÕES DE SENSOREAMENTO

Baseadas em Fibra Óptica | Soluções baseadas em RF

BLOCKCHAIN

Rastreabilidade | Gestão de Identidade | Smart Contract | Comercialização de Energia



MOBILIDADE ELÉTRICA

Plataforma Mobilidade | Algoritmos | Inversor | Motor | Eletroposto

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Bateria e células | Algoritmos | Estado de Carga & Saúde | BMS

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Redes Inteligentes | Potencial de geração | Análises de cargas | Viabilidade técnica e de negócio | Gestão da operação plantas FV

AUTOMAÇÃO DE REDE

Self Healing | Reconfiguração Ótima de Rede | Gerenciamento de Manobras | Monitoramento de Transformadores, Chaves, SE

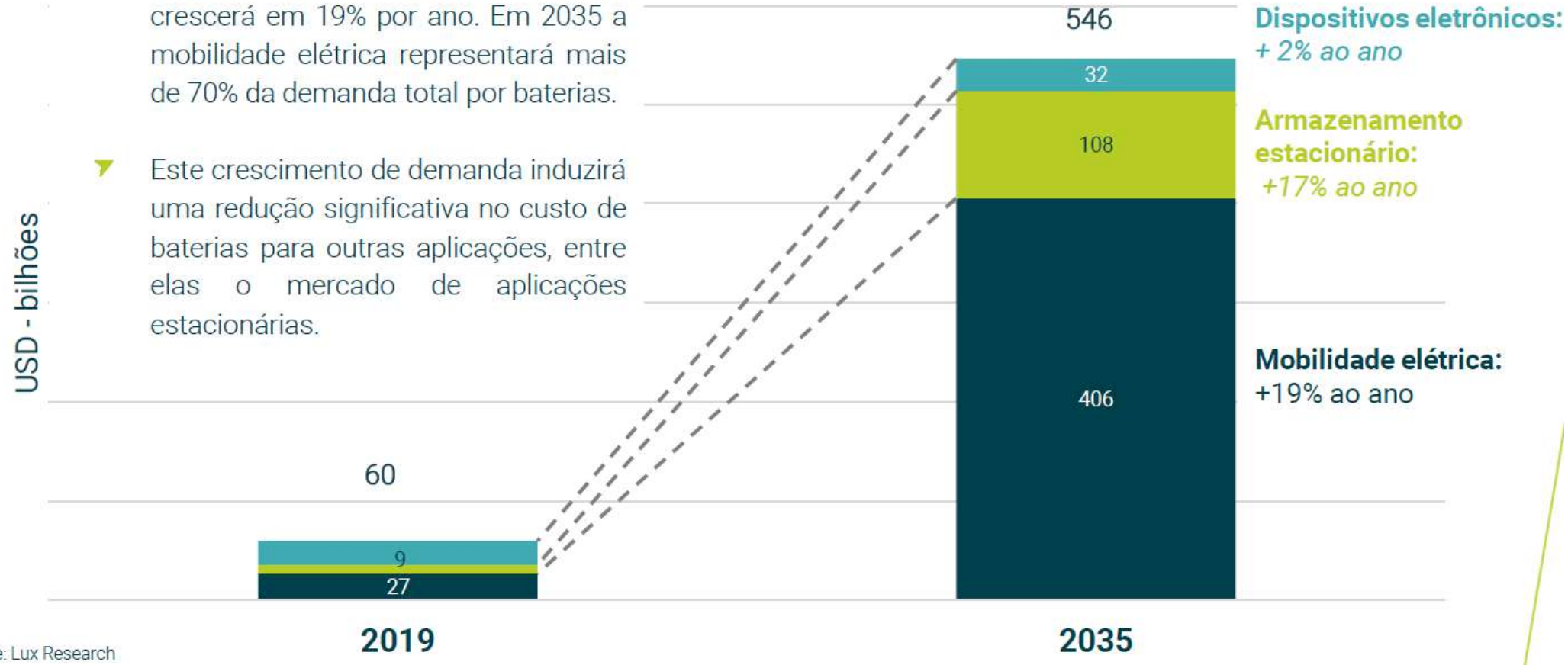
SEGURANÇA CIBERNÉTICA

Análise de risco | LGPD | Avaliação de Segurança | Controle Acesso | Segurança Cognitiva | Proteção SW e HW | Criptografia

Projeção global do mercado de baterias de lítio (LiB)

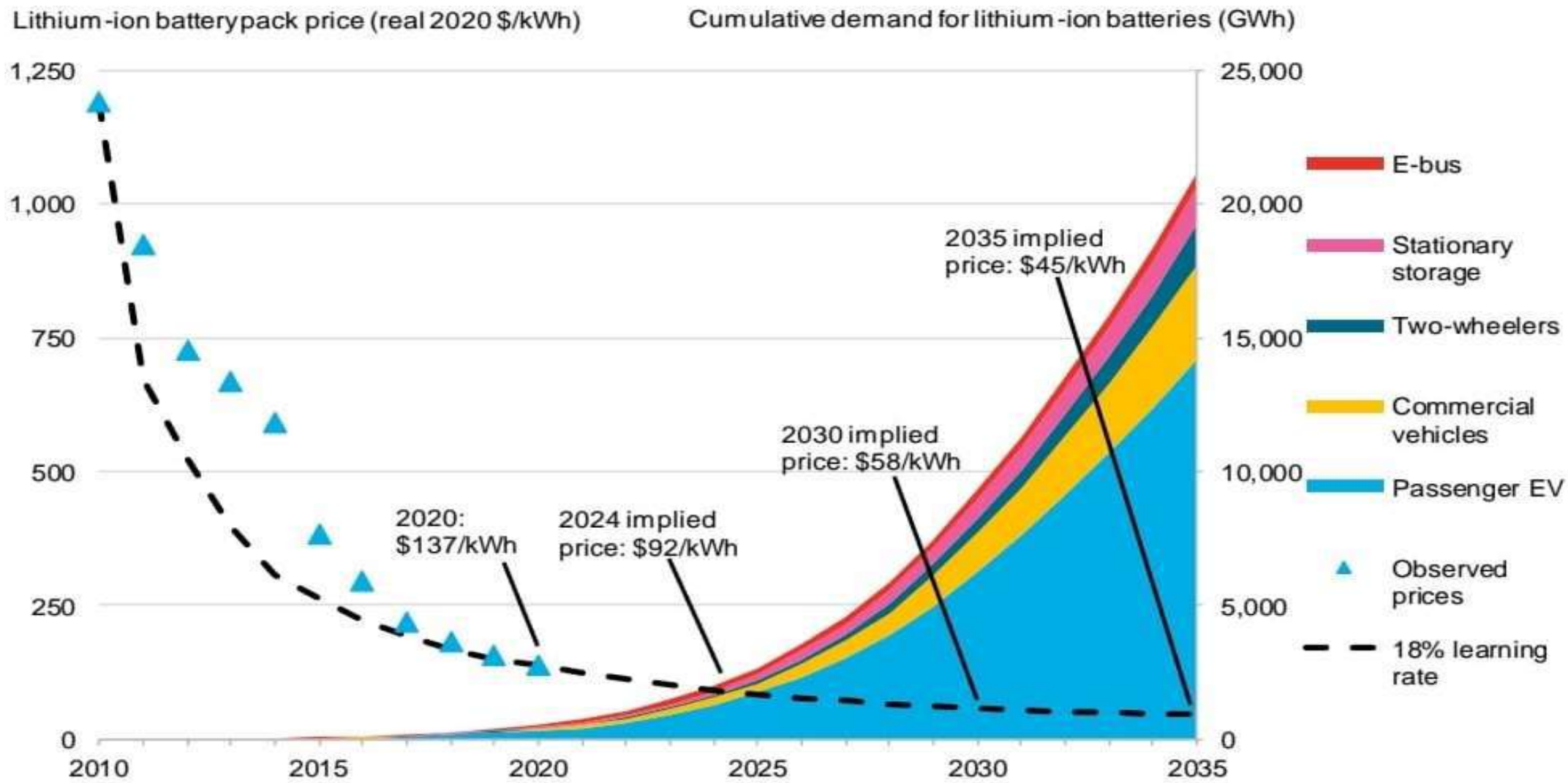
FATURAMENTO GLOBAL DE ARMAZENAMENTO

- Entre 2020 e 2035 a demanda por baterias para mobilidade elétrica crescerá em 19% por ano. Em 2035 a mobilidade elétrica representará mais de 70% da demanda total por baterias.
- Este crescimento de demanda induzirá uma redução significativa no custo de baterias para outras aplicações, entre elas o mercado de aplicações estacionárias.



Fonte: Lux Research

Projeções de preço e demanda de LiB



Source: BloombergNEF 2020 Electric Vehicle Outlook and 2020 Lithium-ion Battery Price Survey.

Evolução do preço de BESS com LiB

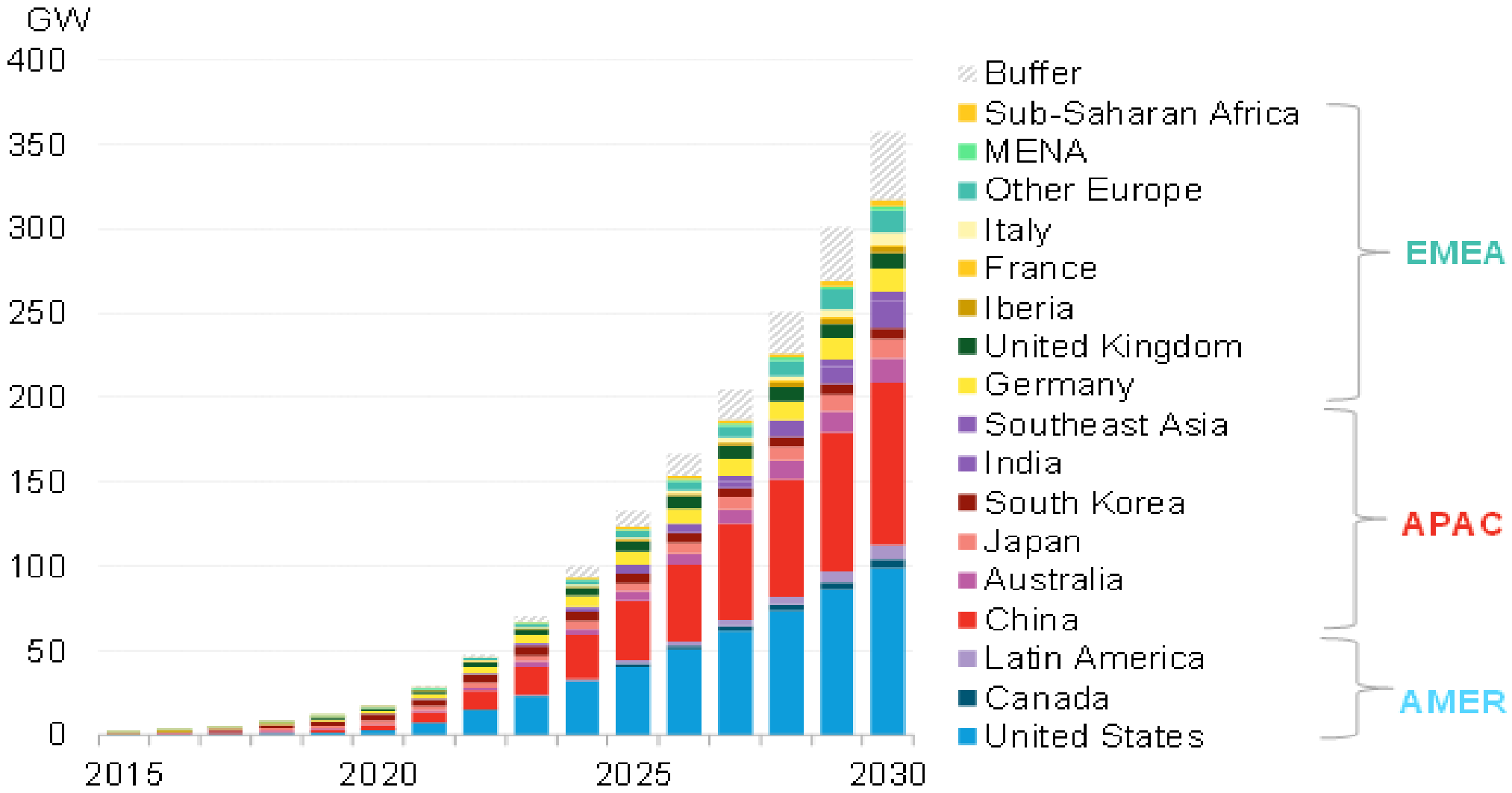
Projeção de preços (U$/kWh) para BESS de grande capacidade (acima de 100 MWh / 25 MW – 4 horas)



Fonte: BNEF

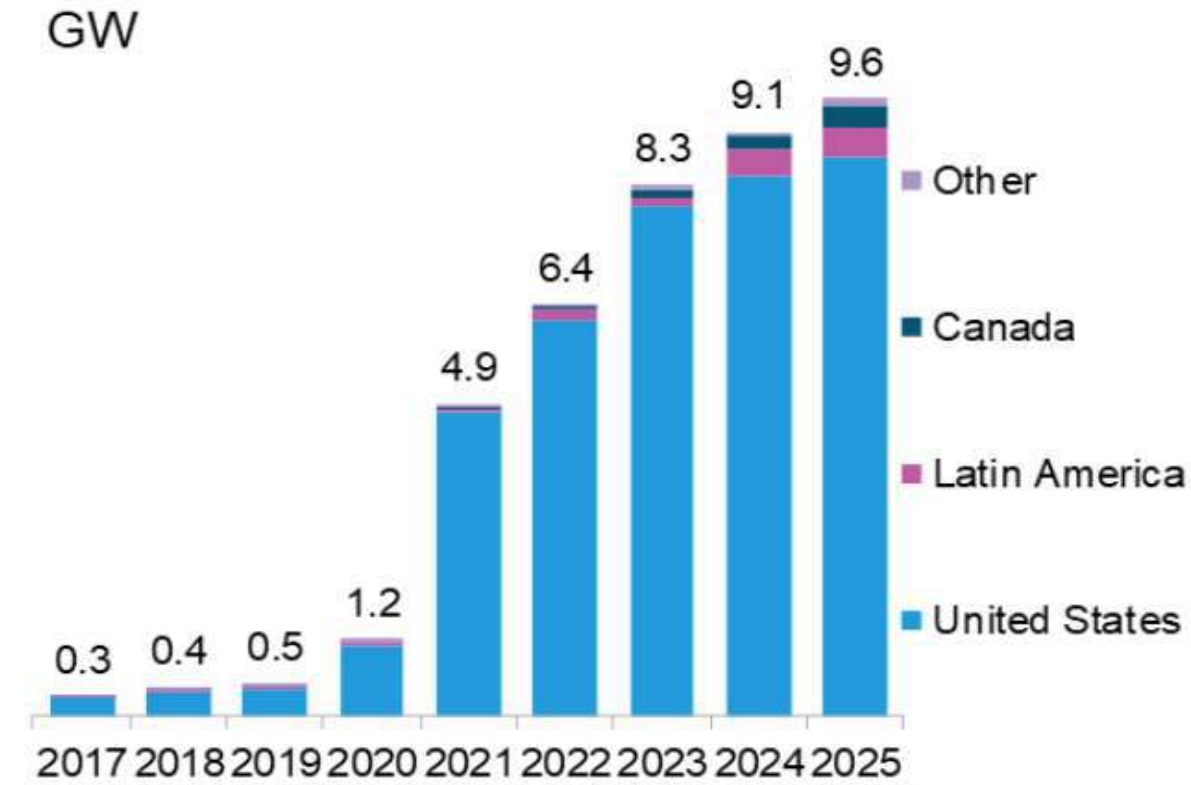
Projeção global do mercado de BESS

Expectativa atingir 350 GW / 1 TWh acumulados em 2030 (BNEF)



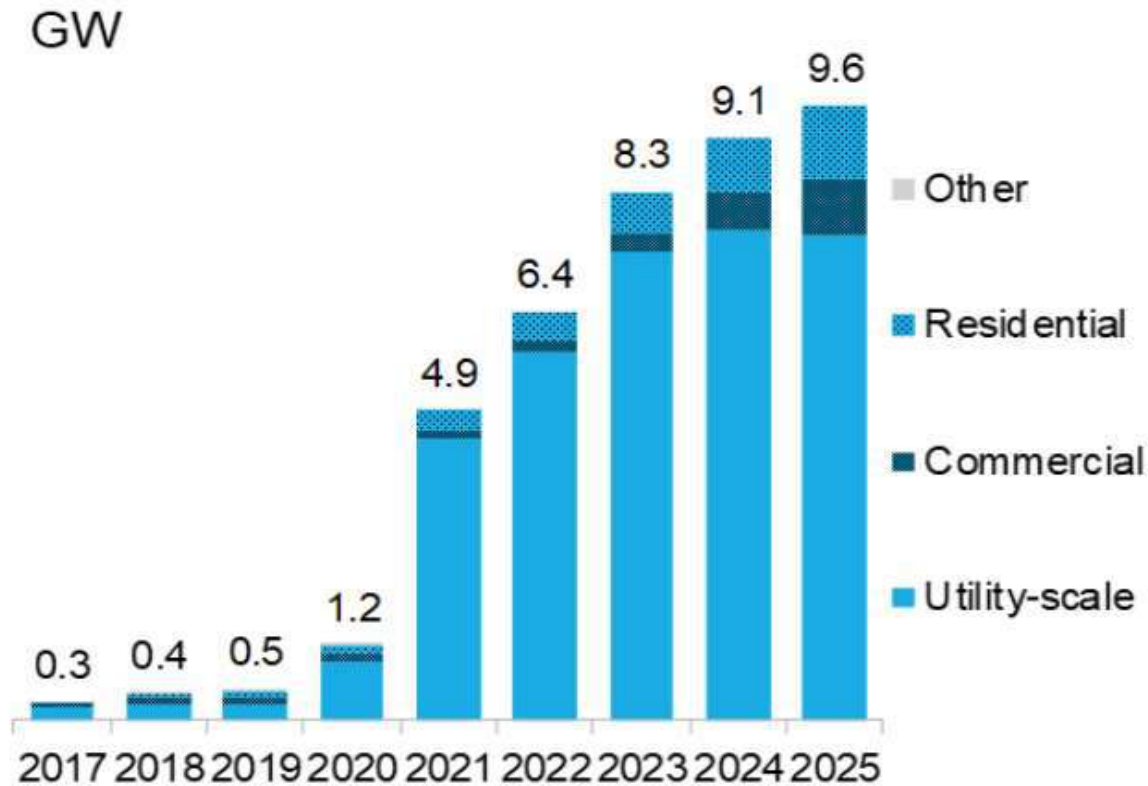
Expansão do mercado de BESS nas Américas

Instalações de armazenamento de energia nas Américas, por região



Source: BloombergNEF

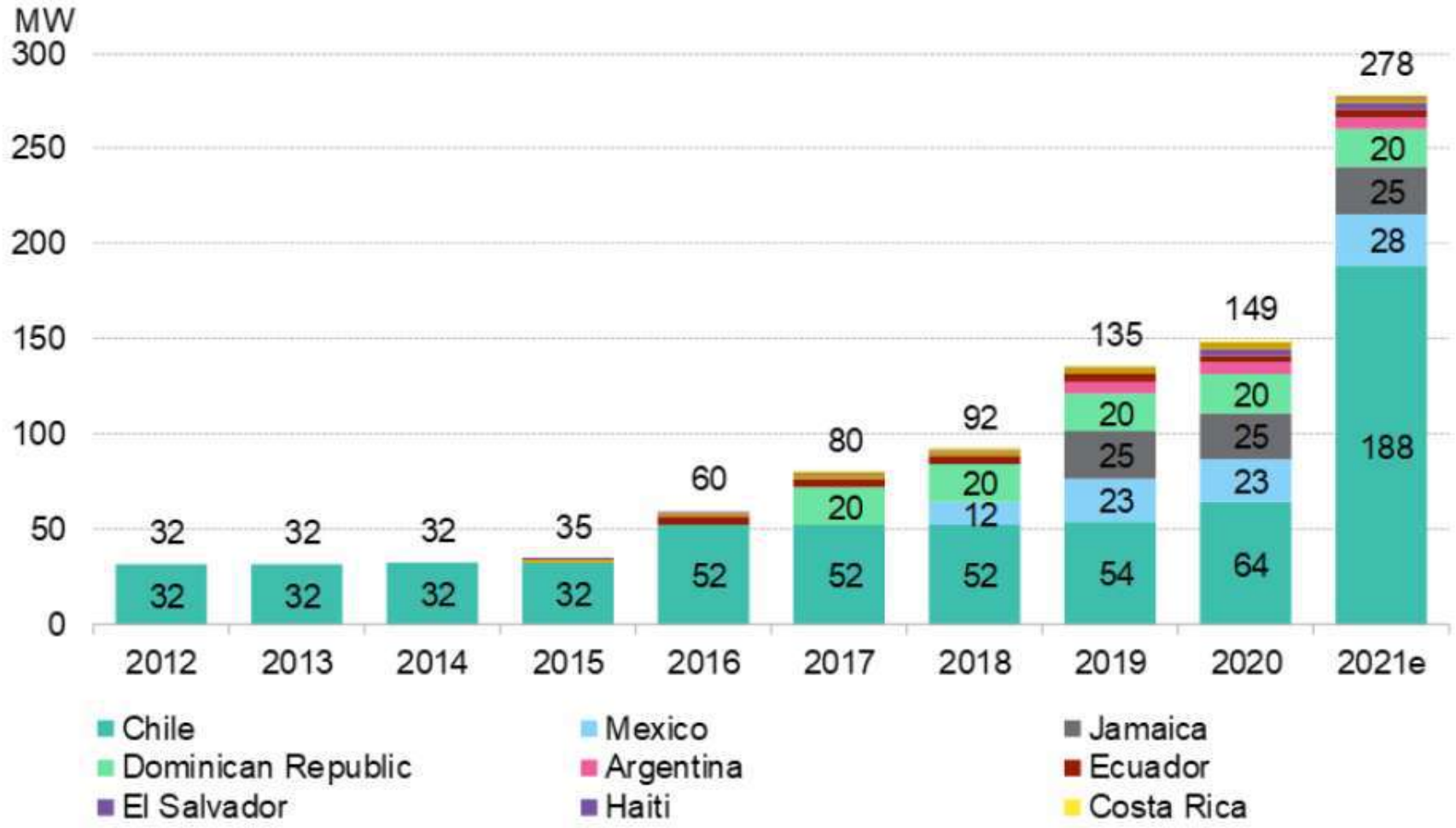
Instalações de armazenamento de energia nas Américas, por setor



Source: BloombergNEF

Mercado de BESS na América Latina

Capacidade cumulativa da bateria comissionada e financiada / em construção na América Latina



Source: BloombergNEF

BESS pequeno porte / residenciais













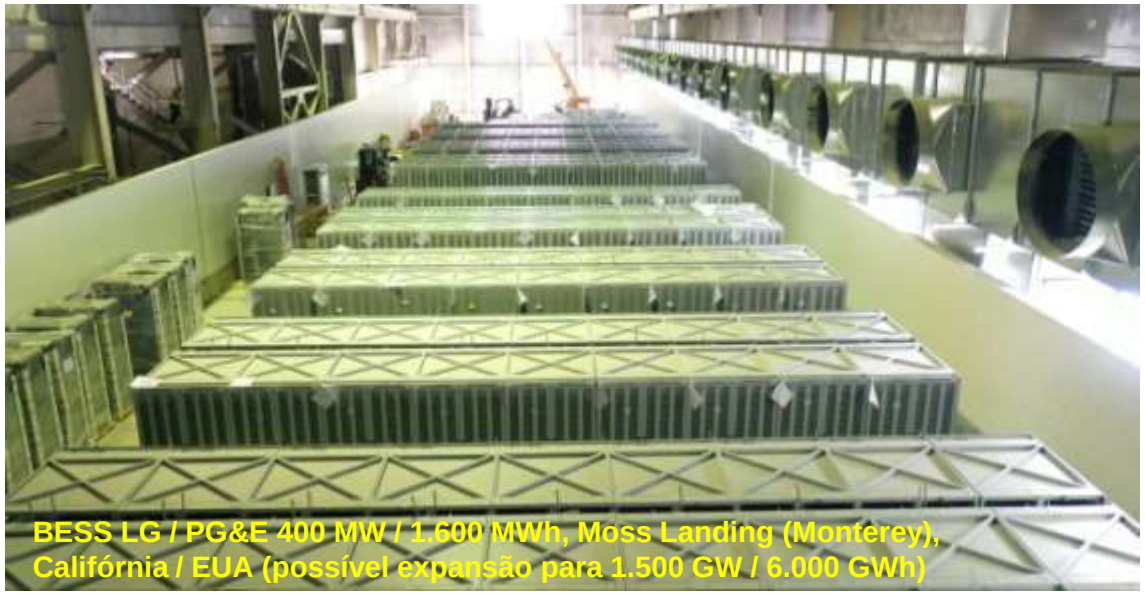




Maiores BESS em operação em 2021

PROJETO BESS	Local	País	Tecnologia	Fabricante	Energia	Potência	Autonomia
Dynegy Moss Landing I e II	Monterey/CA	EUA	Li-ion	LG Energy Solution	1.600 MWh	400 MW	4 h
Dynegy Moss Landing	Monterey/CA	EUA	Li-ion	TESLA	730 MWh	182,5 MW	4 h
NextEra Energy-Blythe 1, 2 e 3	Riverside/CA	EUA	Li-ion	Samsung	1.172 MWh	293 MW	4 h
NextEra Energy-McCoy	Riverside/CA	EUA	Li-ion	Samsung	920 MWh	230 MW	4 h
Manatee Energy Storage Center	Manatee County/FL	EUA	Li-ion	Tesla ?	900 MWh	409 MW	2,2 h
Elkhorn BESS	Santa Cruz/CA	EUA	Li-ion	TESLA	730 MWh	182 MW	4 h
NGK CISC 648 MWh (15 DER)	Abu Dhabi	Emirados Árabes	NaS	NGK Insulators	648 MWh	108 MW	6 h
Victorian Big Battery	Geelong, Victoria	Austrália	Li-ion	TESLA	450 MWh	300 MW	1,5 h
Saticoy BESS	Ventura/CA	EUA	Li-ion	TESLA	400 MWh	100 MW	4 h
Alamitos BESS	Long Beach/CA	EUA	Li-ion	Fluence / AES / LG Chem	400 MWh	100 MW	4 h
Statera Energy Ltd	DER	Inglaterra	Li-ion	Sungrow / CATL	391 MWh	362 MW	1 h
Solaseado	Haenam/Jeolla	Coréia do Sul	Li-ion	Hyundai ESS	305 MWh	72 MW	4 h
Buzen substation	Fukuoka	Japão	NaS	Mitsubishi / NGK	300 MWh	50 MW	6 h
Minety BESS Project	Wiltshire, Minety	Inglaterra	Li-ion	Sungrow / CATL / Samsung	266 MWh	150 MW	1,8 h
Gateway Energy Storage	East Otay Mesa/CA	EUA	Li-ion	NEC / LG Chem	250 MWh	250 MW	1 (3) h
Rokkasho Aomari	Rokkasho, Aomori	Japão	NaS	NGK Insulators	245 MWh	34 MW	7 h
Xining	Qinghai	CHINA	Li-ion	Sungrow / CATL	203 MWH	203 MW	1 h
Taiyuan	Taiyuan, Shanxi Province	CHINA	Na-ion	HiNa Battery / IOP-CAS	1 MWh	0,5 MW	2 h

BESS grande porte


BESS LG / PG&E 400 MW / 1.600 MWh, Moss Landing (Monterey), Califórnia / EUA (possível expansão para 1.500 GW / 6.000 GWh)

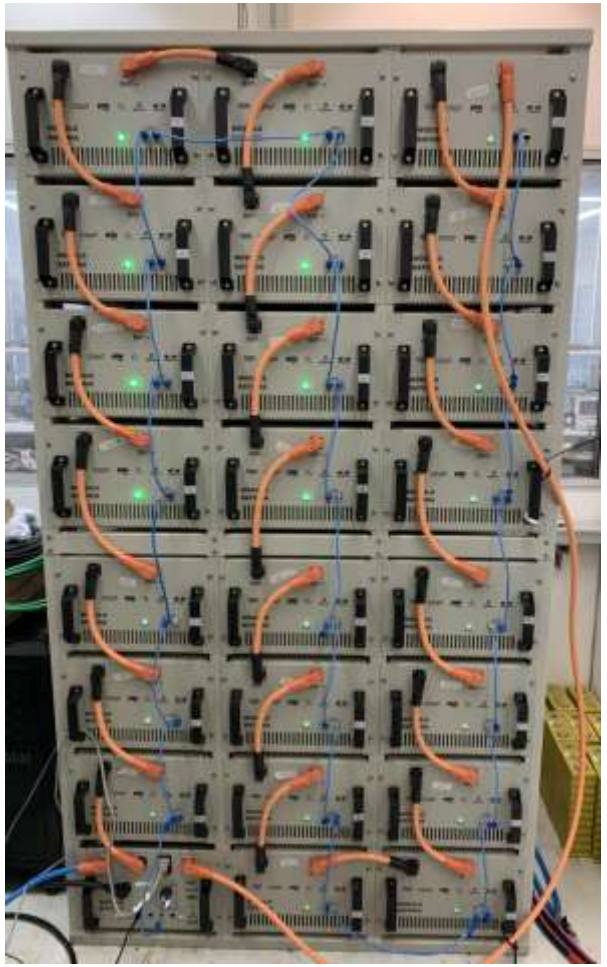

BESS TESLA / PG&E 183 MW / 730 MWh, Moss Landing (Monterey), Califórnia / EUA


BESS NEC/LG Chem 250 MW / 250 MWh Gateway Energy Storage, Califórnia / EUA


BESS TESLA 150 MW / 194 MWh, Neoen's Hornsdale Power Reserve, South Australia

P&D ANEEL - Chamada Estratégica 21





CTEEP/CPQD/USP/PHB – 100kW/200kWh



CPQD/PHB
100kW/118kWh



Chamada Estratégica 21 - Desdobramentos

Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2022

"...recomendação inovadora feita por EPE e ONS na EPE-DEE-NT-085/2020 / ONS NT 0129/2020, ***devidamente aprovada*** *pelo MME, envolvendo a instalação de bancos de baterias com* ***capacidade de 30 MW*** *e pelo menos* ***2 horas de descarga (60 MWh)*** *na SE 138 kV Registro, localizada no litoral do Estado de São Paulo." (ISA CTEEP – previsão início operação Nov/22)*







Chamada Estratégica 21 - Desdobramentos

Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2022

"...foi observada redução nos custos das baterias no decorrer dos últimos anos. Isso resultou em premissa de custos menor que a adotada no PDE 2030, mesmo que ainda se observem incertezas associadas a esses valores na implementação dos projetos no Brasil, principalmente relacionado aos custos de internalização."

Tabela 3: Carga tributária incidente sobre um SAEB

Equipamento	II	IPI	PIS	COFINS	ICMS	Carga Bruta
SAEB de fabricação nacional	-	15%	1,65%	7,60%	12%	65,18%
SAEB importado	18%	15%	2,10%	9,65%	18%	79,82%

Fonte: Elaboração da RegE

Tabela 4: Carga tributária incidente sobre turbinas a gás de potência superior a 5.000 kW

NCM	II	IPI	PIS	COFINS	ICMS	Carga Bruta
8411.82.00	0%	5%	0%	0%	12%	31,32%

Fonte: Elaboração da RegE

Desenvolvimento de LiB no Brasil

Seleção de células



Estudos laboratoriais



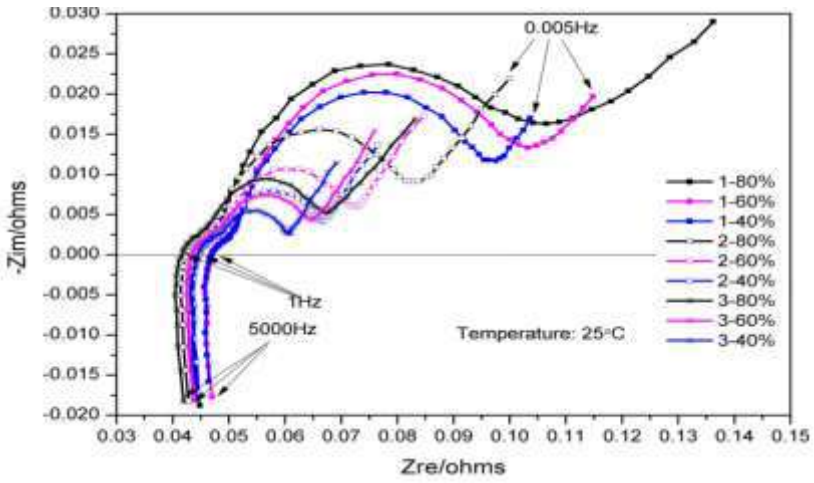
Análises térmicas



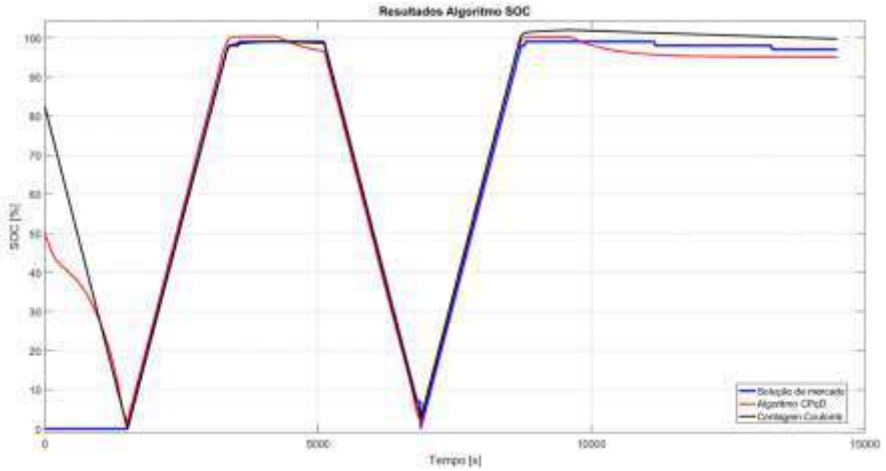
Desenvolvimento BMS (HW+FW)



Extração de parâmetros



Desenvolvimento algoritmos



Desenvolvimento empacotamento

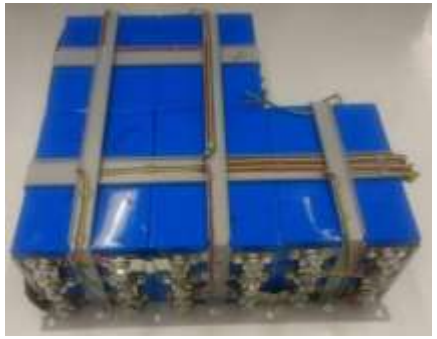


SoC, SoH e Balanceamento

Montagem de protótipos

Desenvolvimento de LiB no Brasil

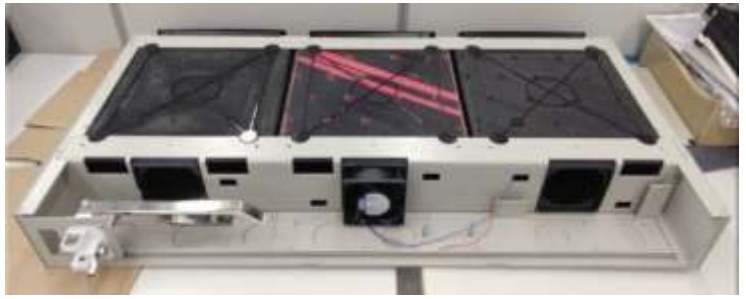
Abrangência da atuação em baterias avançadas





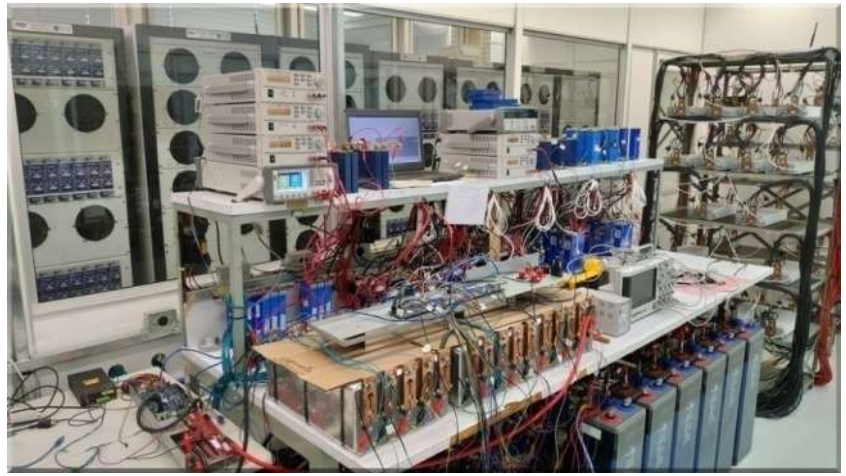








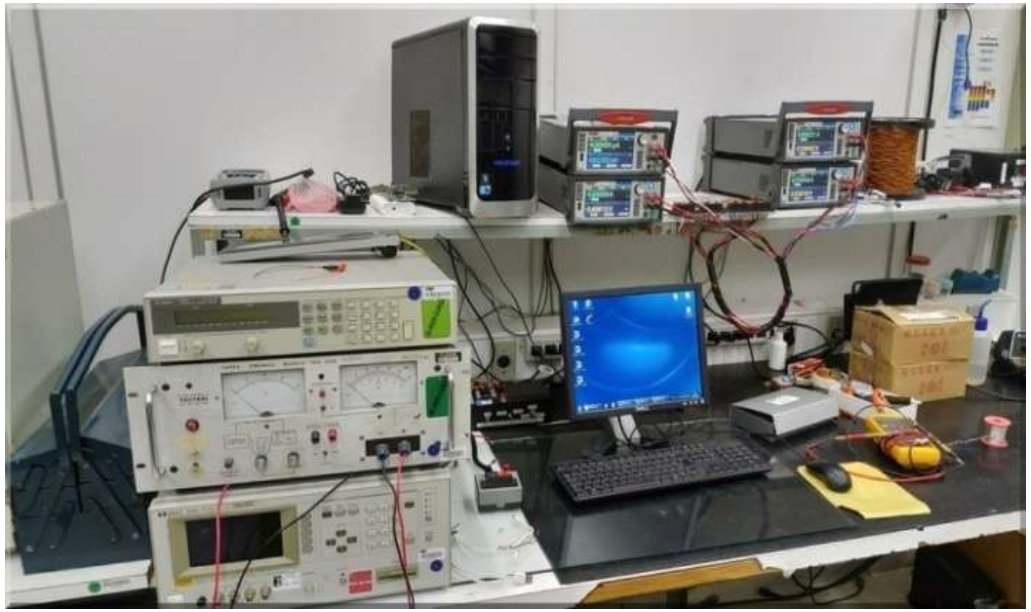
Infraestrutura laboratorial








Infraestrutura laboratorial



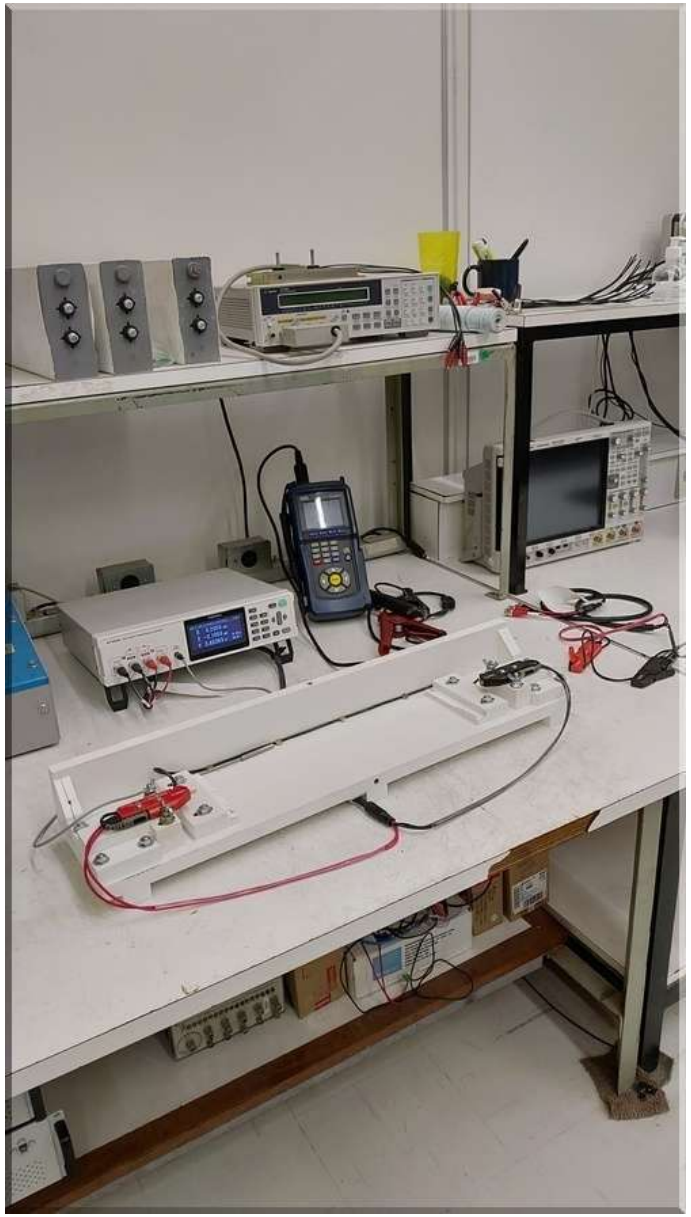






Infraestrutura laboratorial



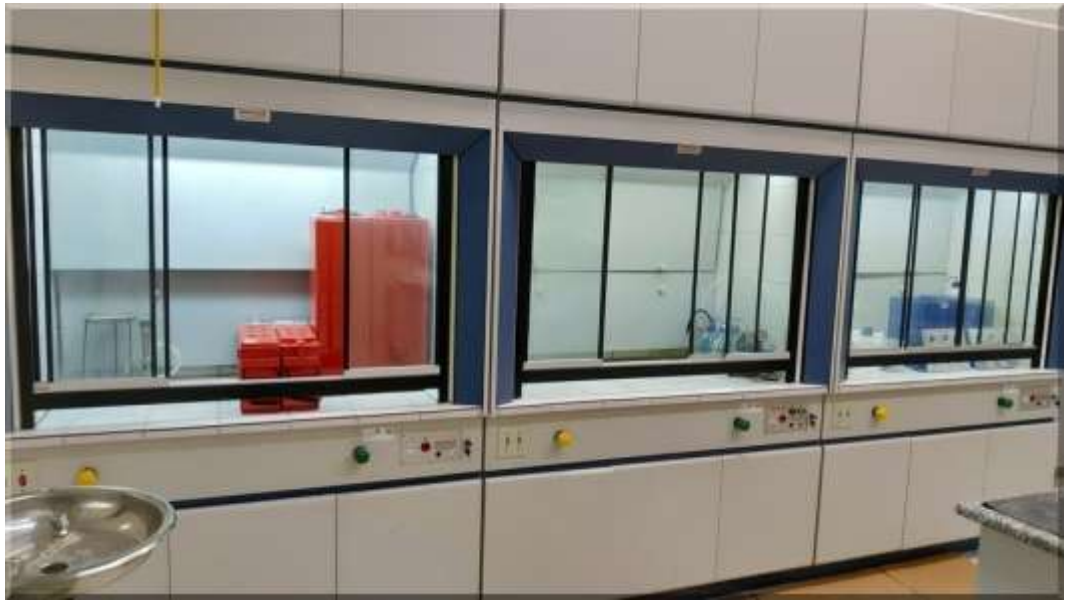




Infraestrutura laboratorial



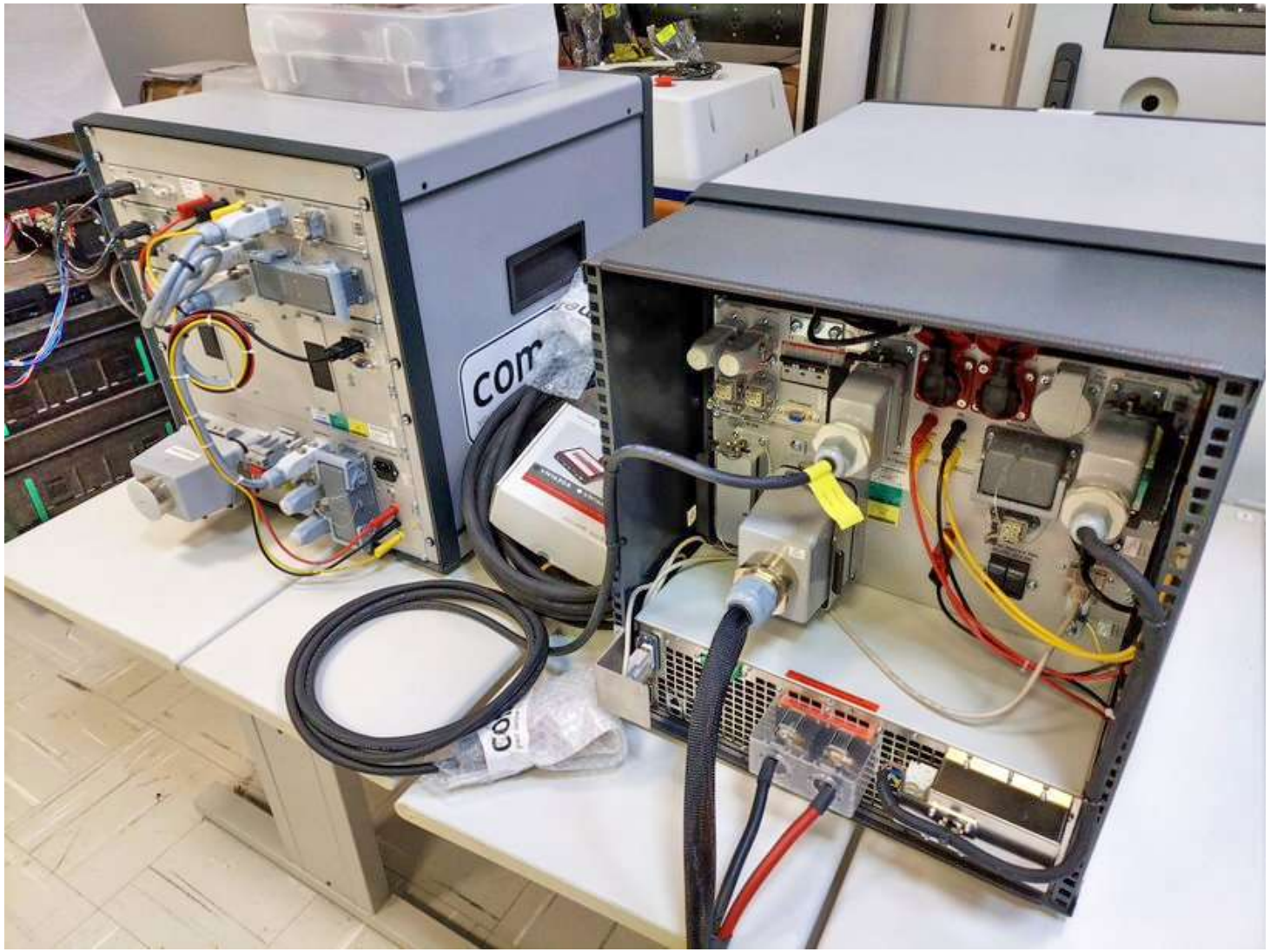




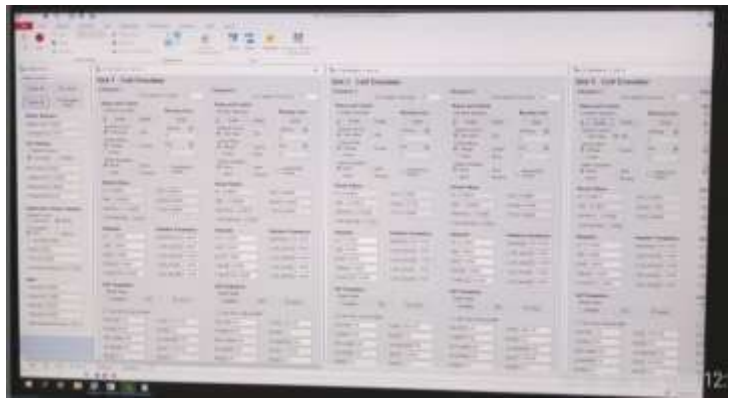
Infraestrutura laboratorial



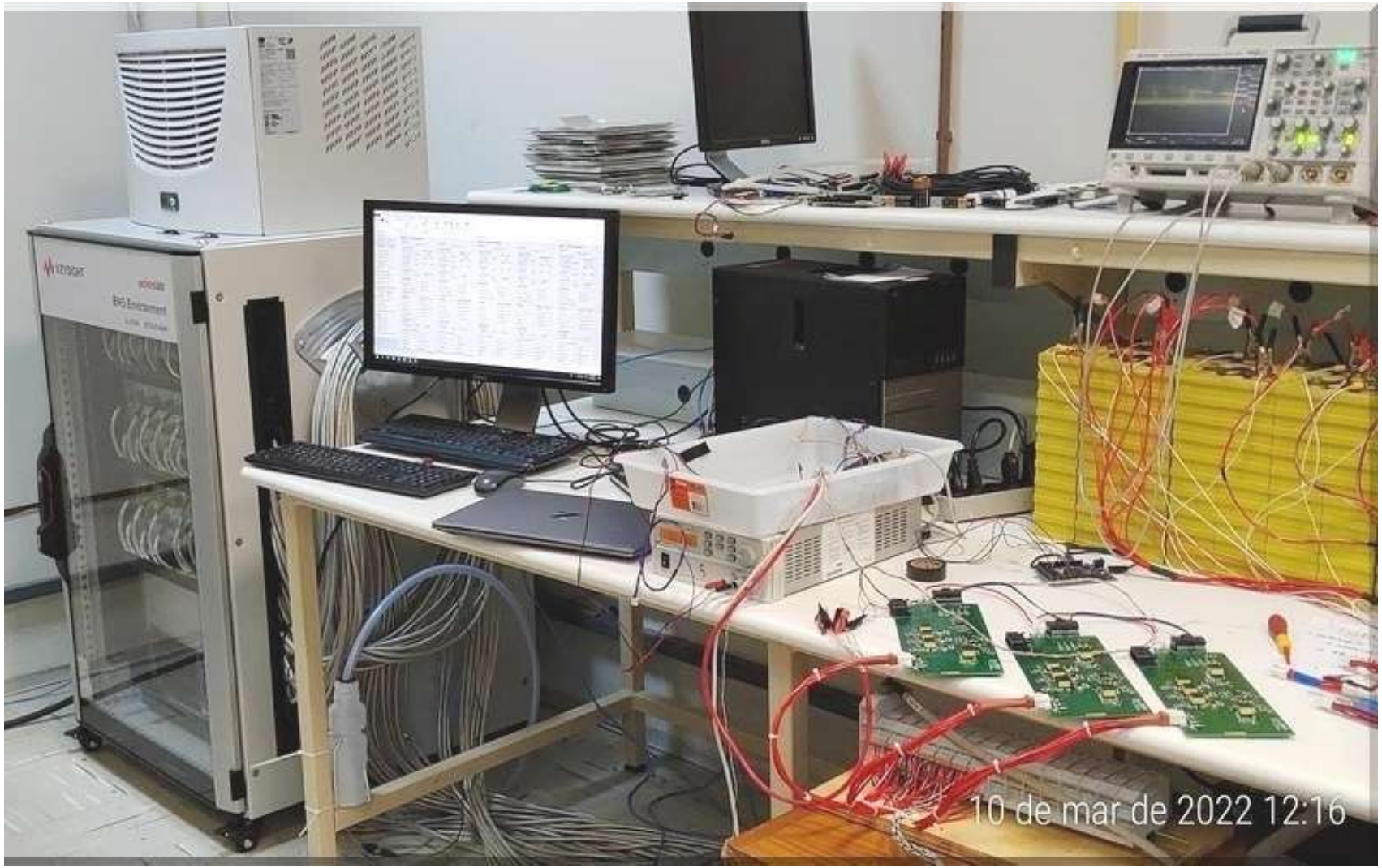




Infraestrutura laboratorial







Infraestrutura laboratorial

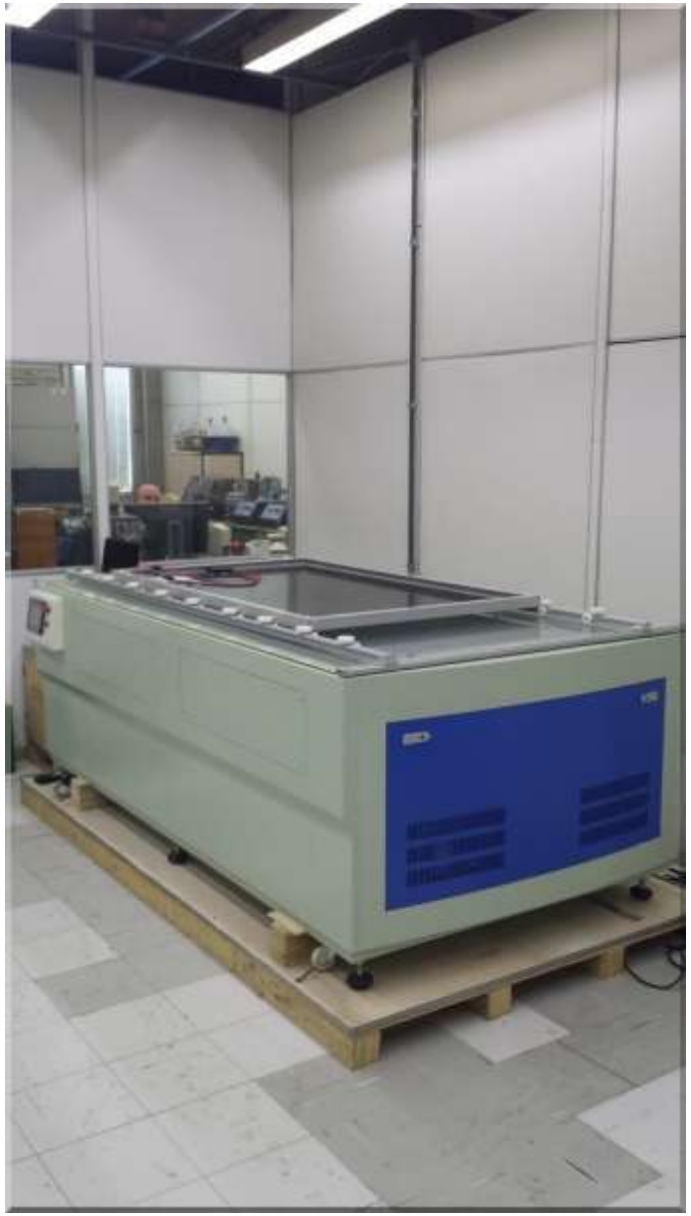
Primeiro laboratório privado para ensaios de baterias para carros elétricos do Brasil, em operação há mais de 2 anos: capacidade até 800 V / 600 A / 250 kW







Infraestrutura laboratorial









Fundação CPQD

Campinas - SP

www.cpqd.com.br

Obrigado!

raul@cpqd.com.br