
MINI USINAS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ELETRICIDADE SOLAR OU BIOGAS

O PRODUTOR RURAL COMO INTEGRADOR

COSOL
Csaba Sulyok

1. Introdução

- Geração distribuída
- Incentivos e desafios
- Legislação ANEEL
- Benefícios econômicos
- Plataforma de gestão

FV complementa Hidroelétricas

As mudanças climáticas deixam os reservatórios mais secos, mas aumentam a irradiação solar

- Custo competitivo
 - Armazenamento possível pelas hidrelétricas
 - Uso compartilhado das subestações elétricas
 - Baixo impacto ambiental
 - Redução da transmissão
-

—

Micro solar no telhado



2 - 20 kWp

Mini solar condomínio



500 kWp - 5 MW

Mega solar centralizada



30 MW - 1000 MW

Quais são as vantagens econômicas, técnicas ou ambientais?

Microgeração (Telhado)	Minigeração (usina GD)	Usina Centralizada
2 - 20 kWp	0,5 - 5 MWp	30 - 300 MWp
Consumo local	Perto da carga	Transmissão
R\$ 7 / Wp	R\$ 4 / Wp	R\$ 3,3 / Wp
Financiado diretamente pelo consumidor via crédito	Financiado pelo usineiro por PPA com um grupo de consumidores	Financiado com base de PPA do governo, via leilão de energia

**Os benefícios econômicos,
ambientais e sociais da
geração distribuída
solar compartilhada**

Objetivos específicos

Apresentação das tecnologias fotovoltaicas

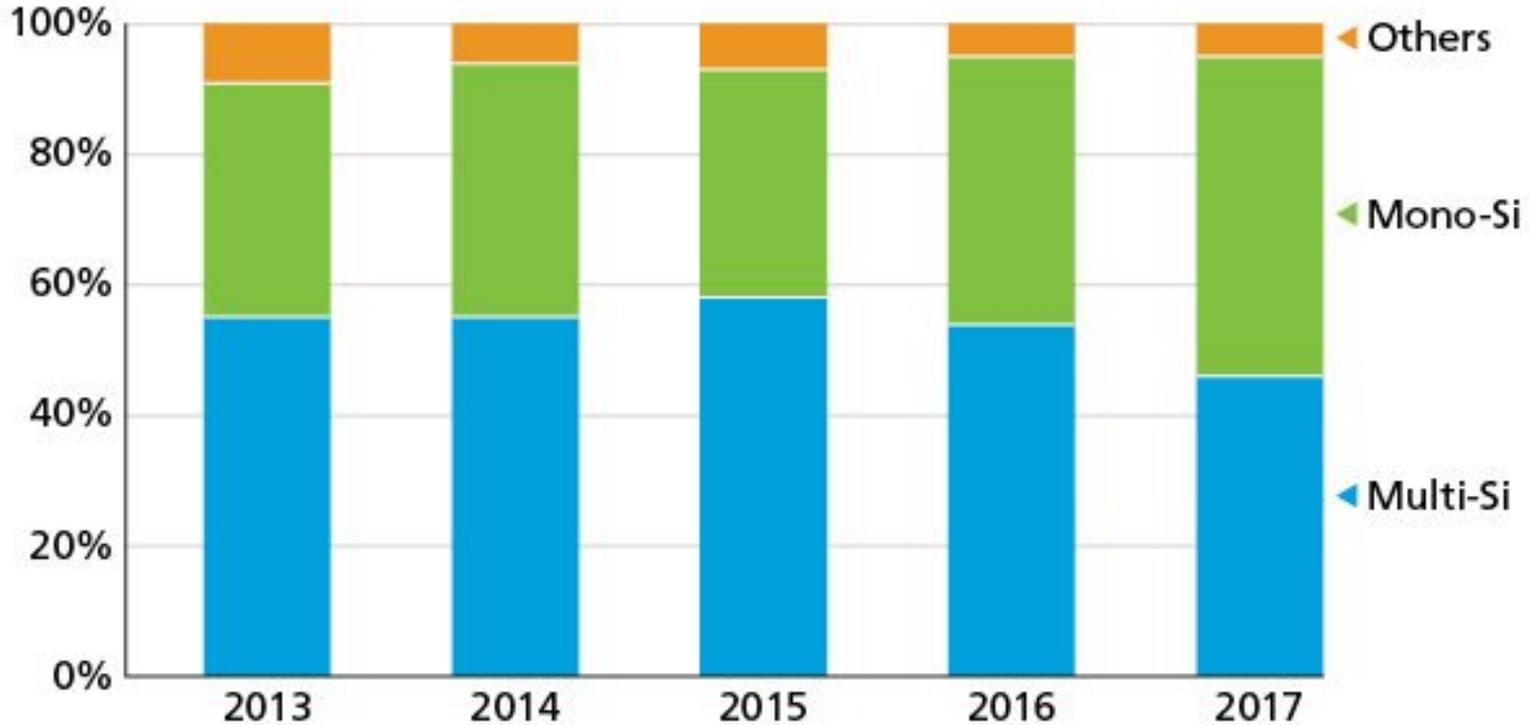
Cadeia de suprimento industrial fotovoltaica

Avaliando a indústria global de componentes fotovoltaicos

Inovações tecnológicas emergentes na indústria solar

Mapeando o recurso solar para geração de energia fotovoltaica

Divisão por Tecnologia das Usinas Fotovoltaicas do Mundo



A tecnologia FV baseada em Si-wafer foi responsável por cerca de 95% da produção total em 2017

42%

Taxa do Crescimento Anual Composto
de instalações fotovoltaicas globais (2010 - 2017)

Fonte: IEA, 2019

Objetivos específicos II

Revisão da legislação da geração distribuída de energia

Análise de investimento de capital e custos operacionais

Como maximizar a eficiência econômica da energia solar

Tendências de inovação na geração distribuída

Modelo de um mercado virtual solar comunitário

100 GW

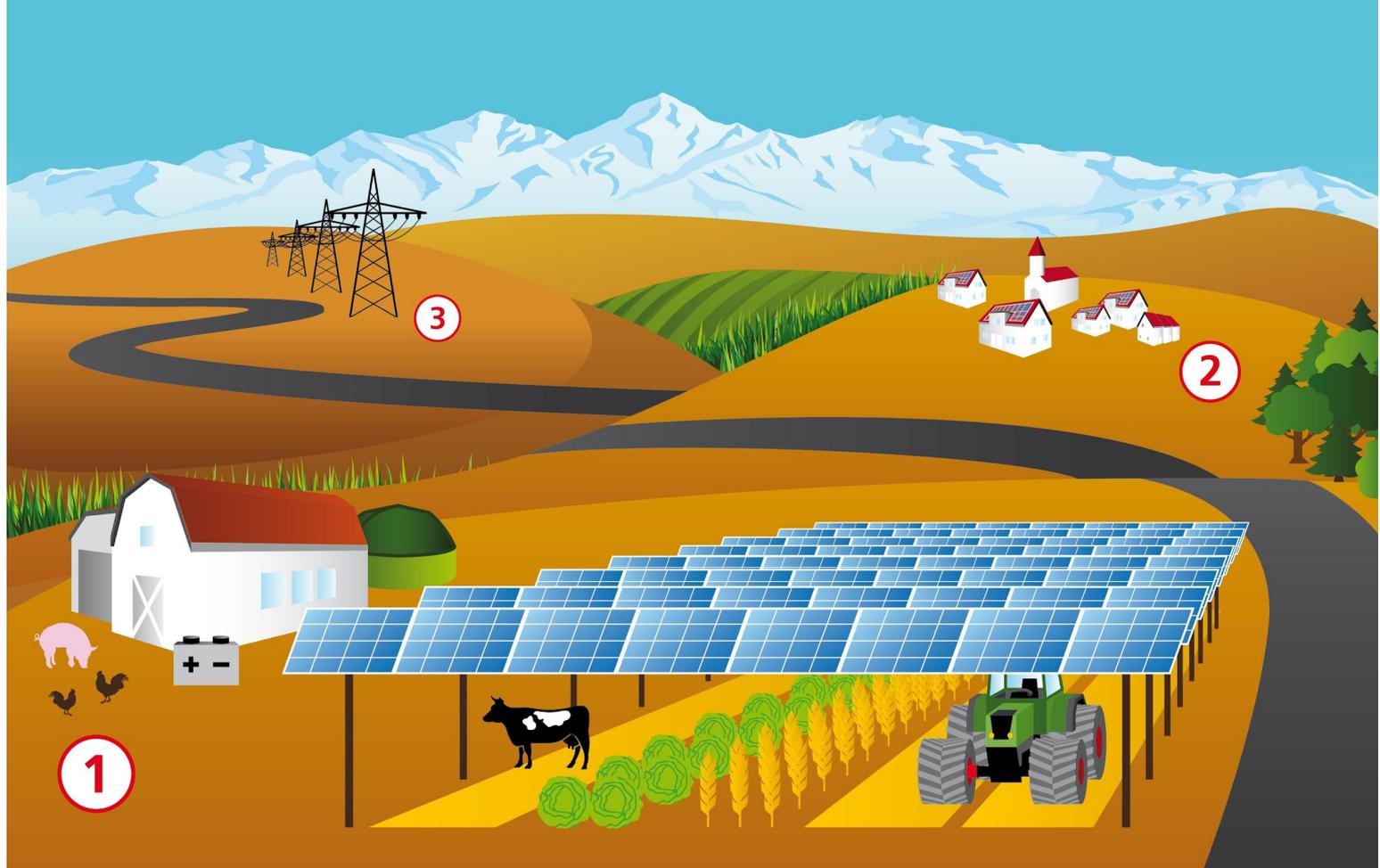
Capacidade fotovoltaica instalada em 2018

= 10 x Belo Monte

Fonte: Wood Mackenzie, 2019

O que é a Geração Distribuída?

Agro- voltaico



1 Autoconsumo incl. armazenamento

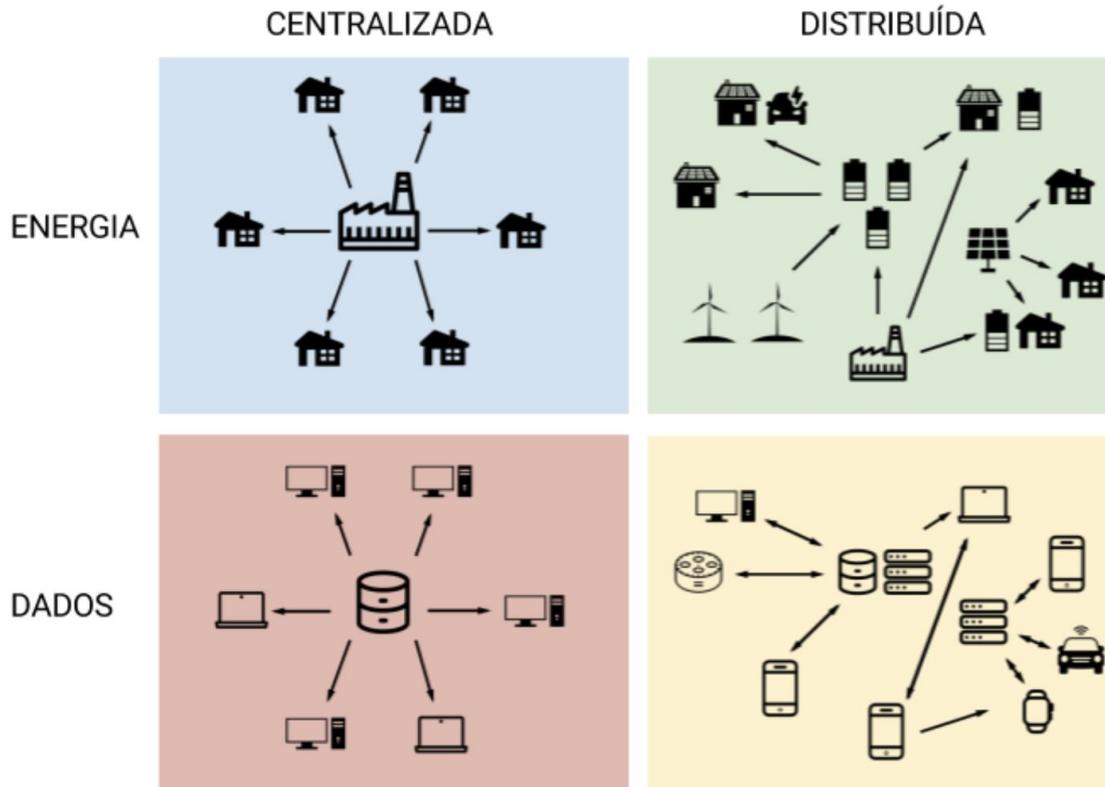
2 Geração remota para PMEs e residências locais

3 Injeção para transmissão para geração distribuída

Energia & Informação

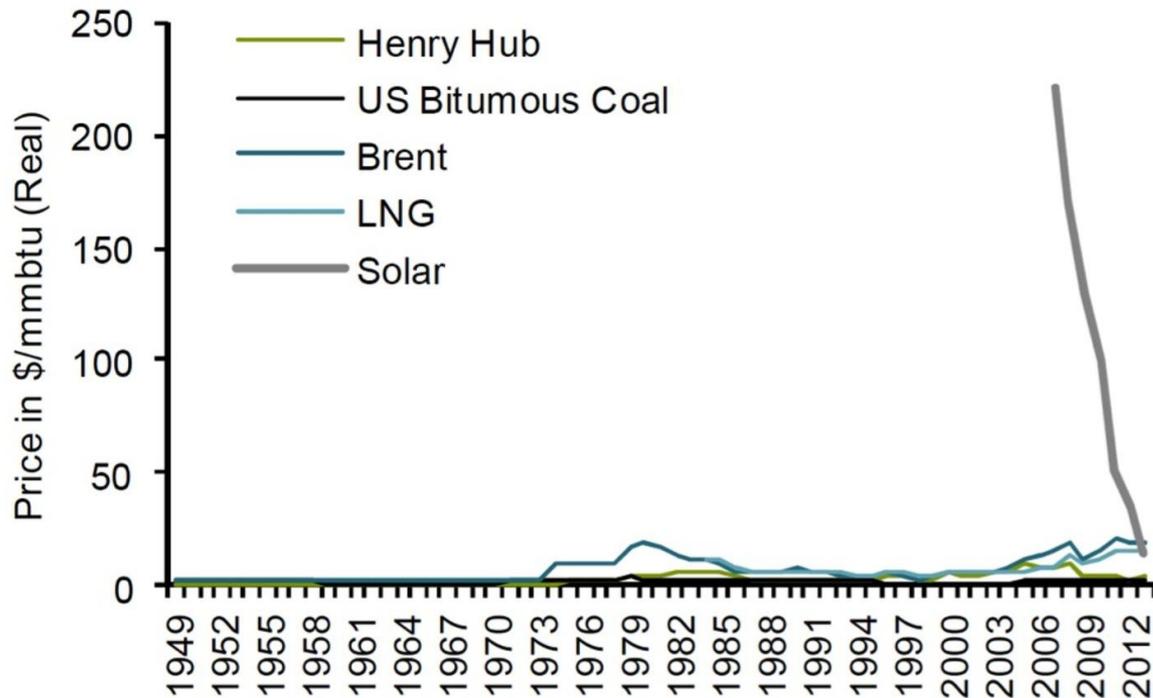
Mudança do modelo centralizado para o modelo **distribuída**.

Tanto no matriz da geração de **energia** quanto na arquitetura de **dados**.



A cometa da tecnologia FV

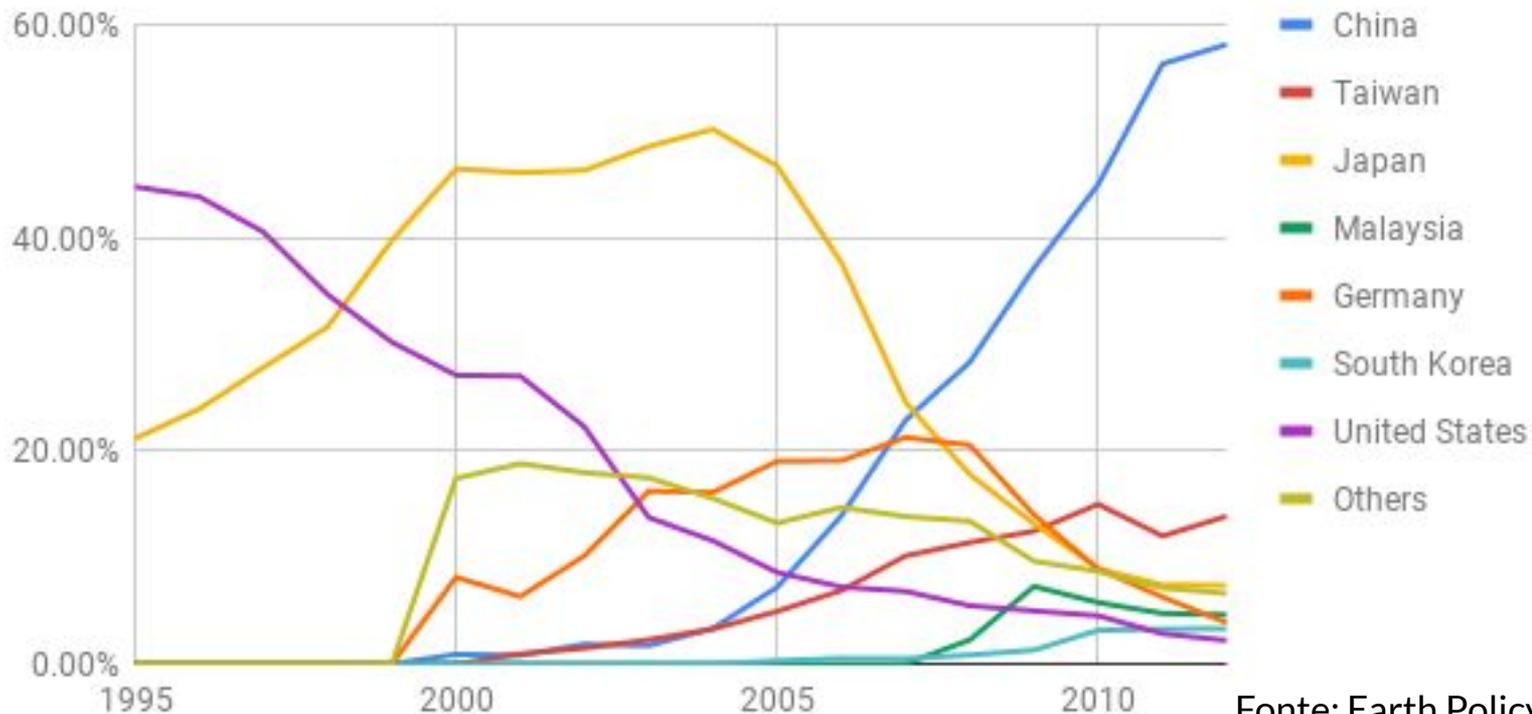
Bernstein Research **comparou** o **custo** em milhões de unidades térmicas britânicas (mmbtu) de vários combustíveis **fósseis** líquidos com o custo da energia **solar**.



R\$1 / Wdc

Preços globais misturados de módulos fotovoltaicos

Participação do mercado dos fabricantes dos módulos FV por país



Fonte: Earth Policy Institute, 2014

2. Revisão da literatura

Revisão da literatura científica

Tecnologia fotovoltaica

Políticas relacionadas à energia fotovoltaica (FV)

Modelos econômicos que demonstram as tendências

Tecnologias emergentes como blockchain e drone

Benefícios e desafios do modelo solar comunitário

Price of a solar panel per watt

Global solar panel installations

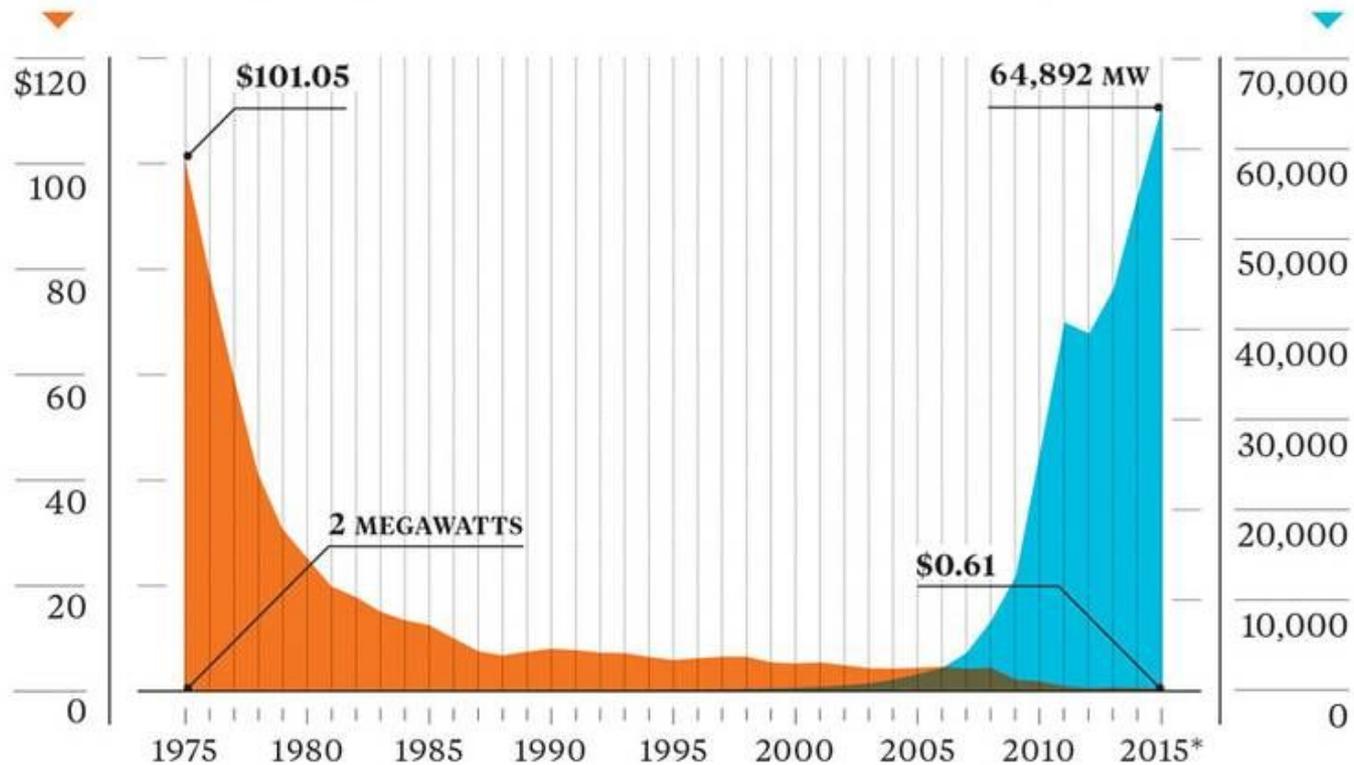
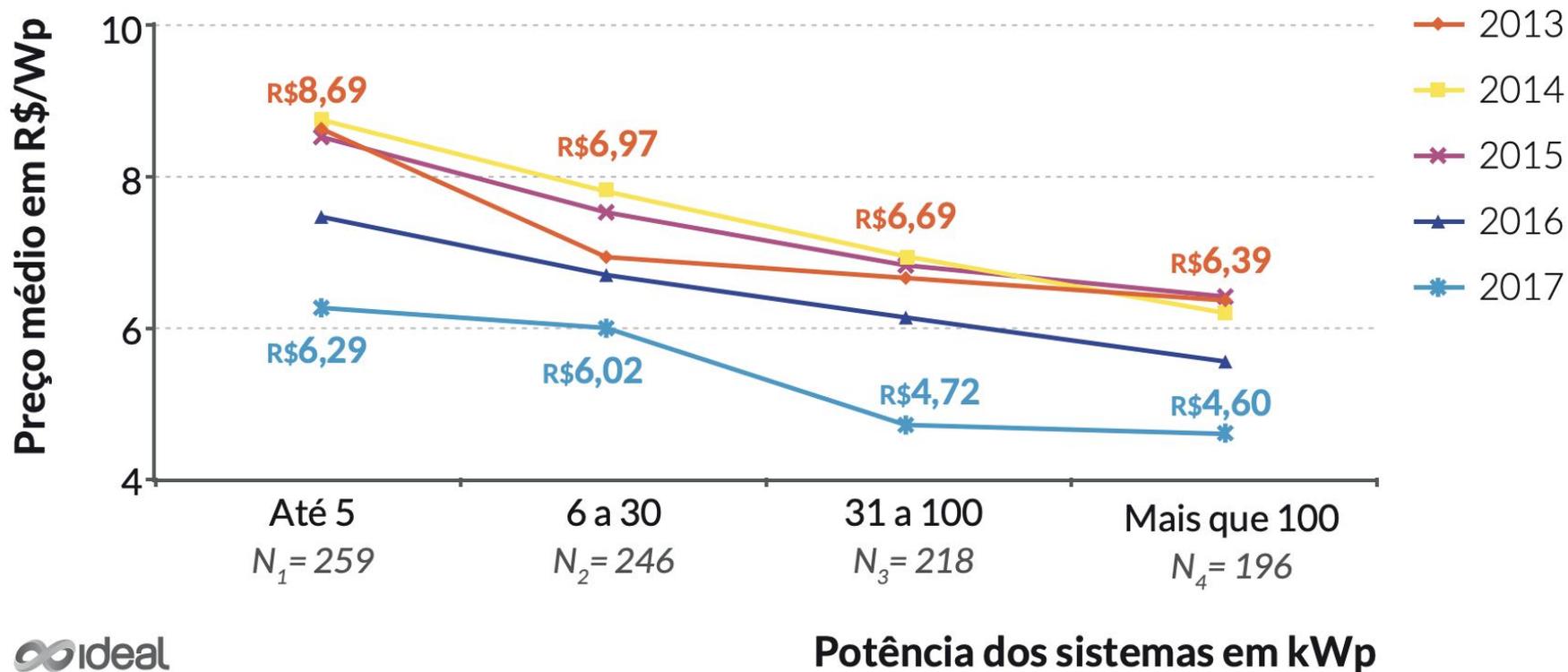


Gráfico mostrando o custo dos painéis solares em comparação com a capacidade instalada global de energia solar. Fonte: Earth Policy Institute/Bloomberg

PREÇOS DE SISTEMAS FV EM 2017



1000 micro FV x 3 kW (telhado) vs Mini Usina FV de 3 MW (fazenda solar)



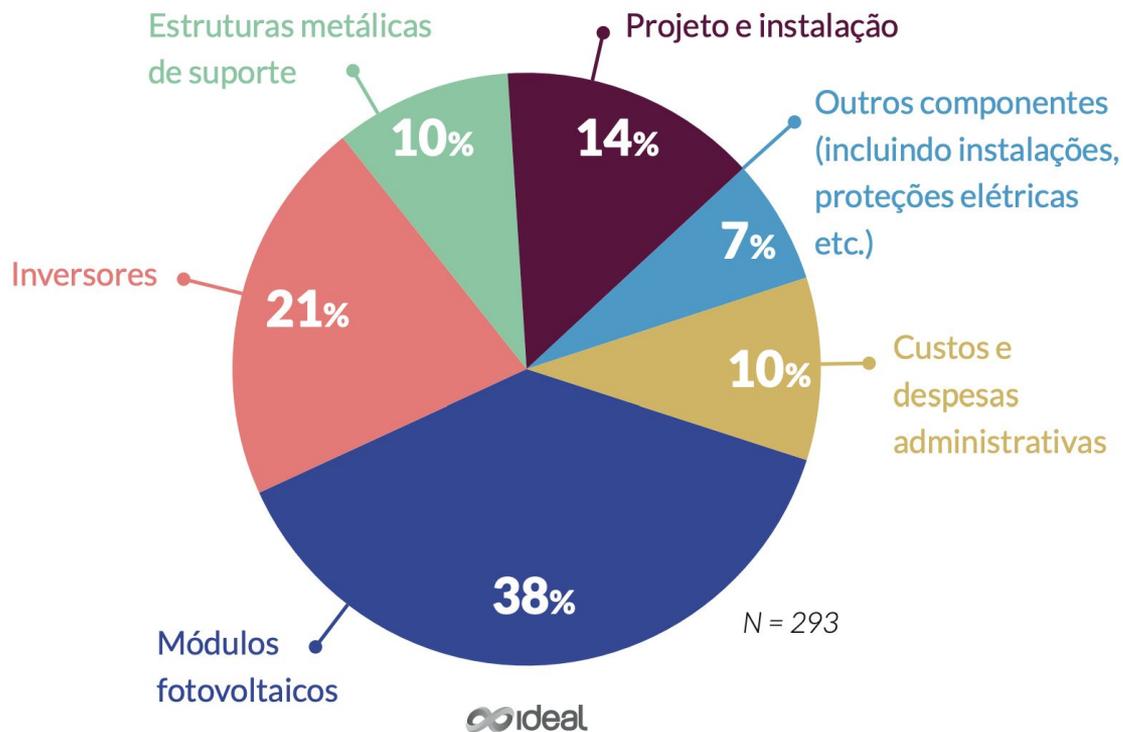
50%



Custo de geração, Emissões CO₂, Uso de agua

Fonte: Estudo Grupo Brattle

COMPOSIÇÃO DO CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA FV

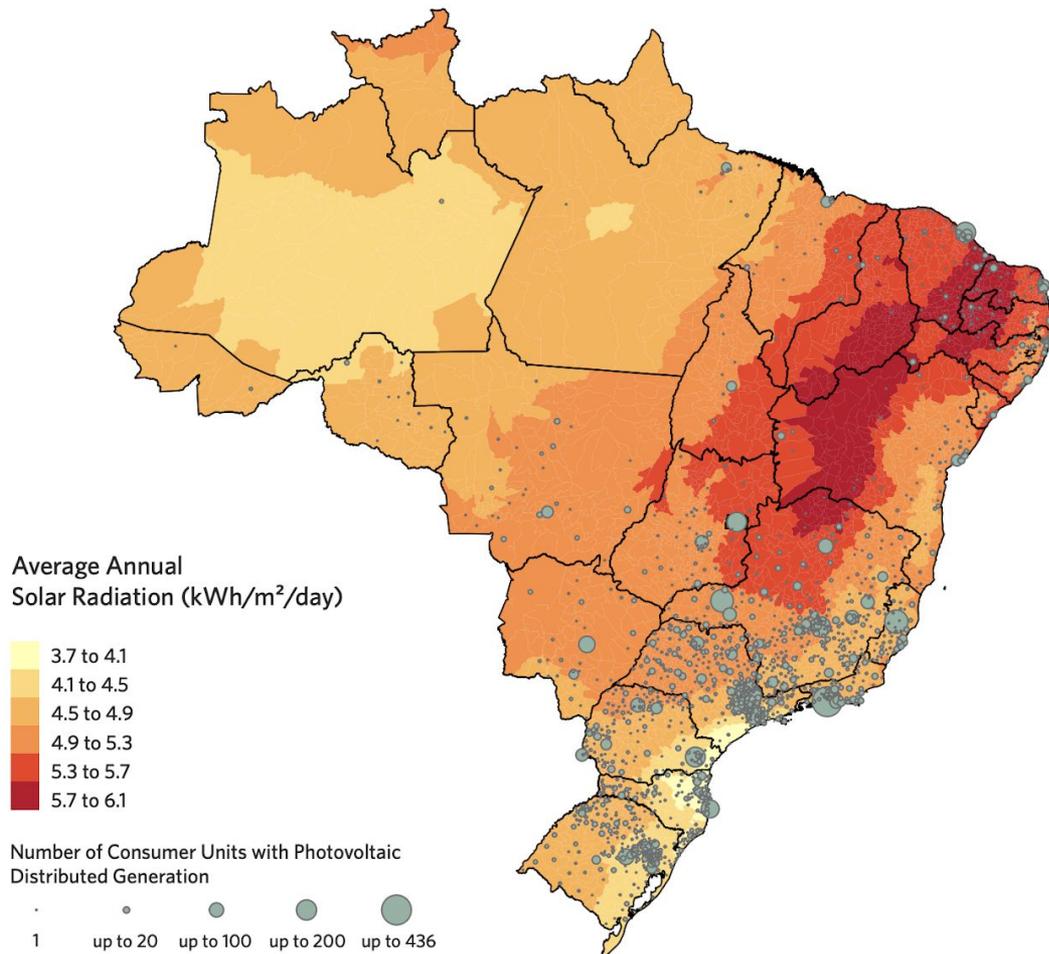


Mapa de radiação e implantação FV

Semiárido Nordeste com maior potencial

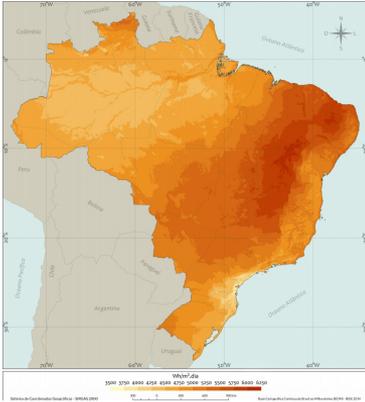
Instalações concentradas na região sul: SP, RJ, MG

Usinas centralizadas implantadas no Nordeste



3. Metodologia

Métodos



Fatores da eficiência econômica FV

Efeitos de economia de escala

Impacto da radiação solar e mapas

Comparação tecnológico FV

Impacto da temperatura e tracker

Estrutura das cidades e seus impactos

Avaliação dos impactos ambientais da geração FV

Proposta de modelo que oferece o melhor custo benefício e menor impacto ambiental relativo



Metodologia de pesquisa econômica

Custo de energia nivelado (LCOE)

Operação e manutenção (O&M)

Auto consumo local vs geração remota

Custos do módulo FV

Custos do balanço do sistema (BoS)

Custos de engenharia, aquisição e construção (EPC)

Metodologia de pesquisa fotovoltaica



Valores de radiação solar horizontal global

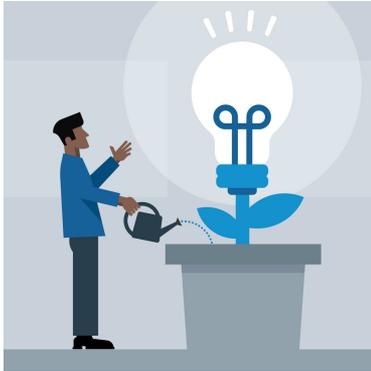
Topografia

Infraestrutura da rede elétrica

Facilidade de acesso a uma subestação

Acesso a recurso hídrico para operação e manutenção

Acesso rodoviário para logística de suprimentos



Metodologia de pesquisa em inovação

Ruptura do modelo de negócios

Desenvolvimentos tecnológicos

Melhorias estruturais

Blockchain

IoT de energia

4. Resultados

Economia Fotovoltaica

Estrutura das cidades

Cidades horizontais



Cidades verticais



Comparação de telhado 3kW vs usina 1MW

Escala	Radiação solar kWh/m ² /yr.	Tracker	Custo /kWp	Tamanho sistema (Invest./Custo)	Geração /kWp/yr.	Produção do Sistema
Telhado	1800 Salvador	Sem	R\$6000	3,75 kWp	1428 kWh	5 355 kwh
Usina	2200 Bom Jesus Lapa	Com tracker	R\$4000	5,00 kWp	2014 kWh	10 069 kWh
Diferença	22%	25%	33%	33%	42%	88%

Comparação Económica por Modelo de Instalação FV	Rooftop micro PV	Community distributed mini PV	Utility centralized PV
Tamanho	2 - 100 kWp	500 kWp - 5 MWp	30 - 3000 MW
Impacto ambiental	Baixo	Médio	Alto
Custo das externalidades	R\$0,01 /kWh	R\$0,02 /kWh	R\$0,04 /kWh
Distância da carga	Localmente	Perto da carga	Grande distância
Necessidade de transmissão	0 - 10 km	30 - 300 km	500 - 3000 km
Radiação solar (kWh /m² /yr)	1600	1900	2100
Operação & Manutenção	R\$0,06 /kWh	R\$0,04 /kWh	R\$0,03 /kWh
Economia da escala	R\$7,5 / kWp	R\$4,2 /kWp	R\$3,6 /kWp
Custo da geração	R\$0,48 /kWh	R\$0,27 /kWh	R\$0,25 /kWh
Custo da transmissão	R\$0,01 /kWh	R\$0,02 /kWh	R\$0,05 /kWh
Custo nivelado total	R\$0,56 /kWh	R\$0,35 /kWh	R\$0,37 /kWh

RESULTS**1,014 kWh per Year ***

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Energy Value (\$)
January	5.80	92	N/A
February	6.03	86	N/A
March	5.86	93	N/A
April	5.25	82	N/A
May	5.02	81	N/A
June	4.54	72	N/A
July	4.87	80	N/A
August	5.26	86	N/A
September	5.73	90	N/A
October	5.55	90	N/A
November	5.15	80	N/A
December	5.17	83	N/A
Annual	5.35	1,015	0

Location and Station Identification

Requested Location	salvador, brazil	
Weather Data Source	(INTL) SALVADOR, BRAZIL	3.5 mi
Latitude	13.02° S	
Longitude	38.52° W	

PV System Specifications *(Residential)*

DC System Size	0.7 kW
Module Type	Standard
Array Type	Fixed (open rack)

RESULTS**2,014 kWh per Year ***

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Energy Value (\$)
January	7.58	171	N/A
February	8.01	161	N/A
March	7.74	173	N/A
April	7.49	163	N/A
May	7.32	166	N/A
June	7.27	162	N/A
July	7.59	174	N/A
August	8.36	188	N/A
September	8.47	180	N/A
October	7.72	172	N/A
November	6.75	148	N/A
December	6.87	156	N/A
Annual	7.60	2,014	0

Location and Station Identification

Requested Location	bom jesus da lapa, brazil	
Weather Data Source	(INTL) BOM JESUS DA LAPA, BRAZIL	1.2 mi
Latitude	13.27° S	
Longitude	43.42° W	

PV System Specifications *(Residential)*

DC System Size	1 kW
Module Type	Standard
Array Type	1-Axis Tracking

Política Energética

ANEEL

Sistema de compensação

Isenção da TUSD

- REN 482 de 2012:
Net metering, créditos até 5 anos
 - REN 687 de 2016:
GD remota e compartilhada
 - CONFAZ 16:
isenção do ICMS
 - Revisão da regras em 2021
-

— Modalidades da geração distribuída

Geração na unidade
consumidora

Geração remota

Geração compartilhada

Condomínios



**Uma única residência,
comércio ou indústria,
por exemplo**

Geração distribuída
junto à carga



**Condomínios horizontais
ou verticais, residenciais
ou comerciais**

Empreendimentos
com múltiplas unidades



**Duas ou mais unidades
que pertencem à mesma
pessoa física ou jurídica**

Autoconsumo remoto



**Consumidores diversos
reunidos em cooperativa
ou consórcio**

Geração compartilhada



Total de usinas GD:	78.798
Total de UCs que recebem os créditos:	109.284
Potência total:	950.083 kW

Fonte: Aneel, 31. Maio 2019

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Modalidade	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
Autoconsumo remoto	11.075	40.510	220.737,48
<u>Geracao compartilhada</u>	268	1.148	23.296,24
Geracao na propria UC	67.425	67.425	705.421,75
Multiplas UC	30	201	628,17

ICMS

Composição tarifária da baixa tensão

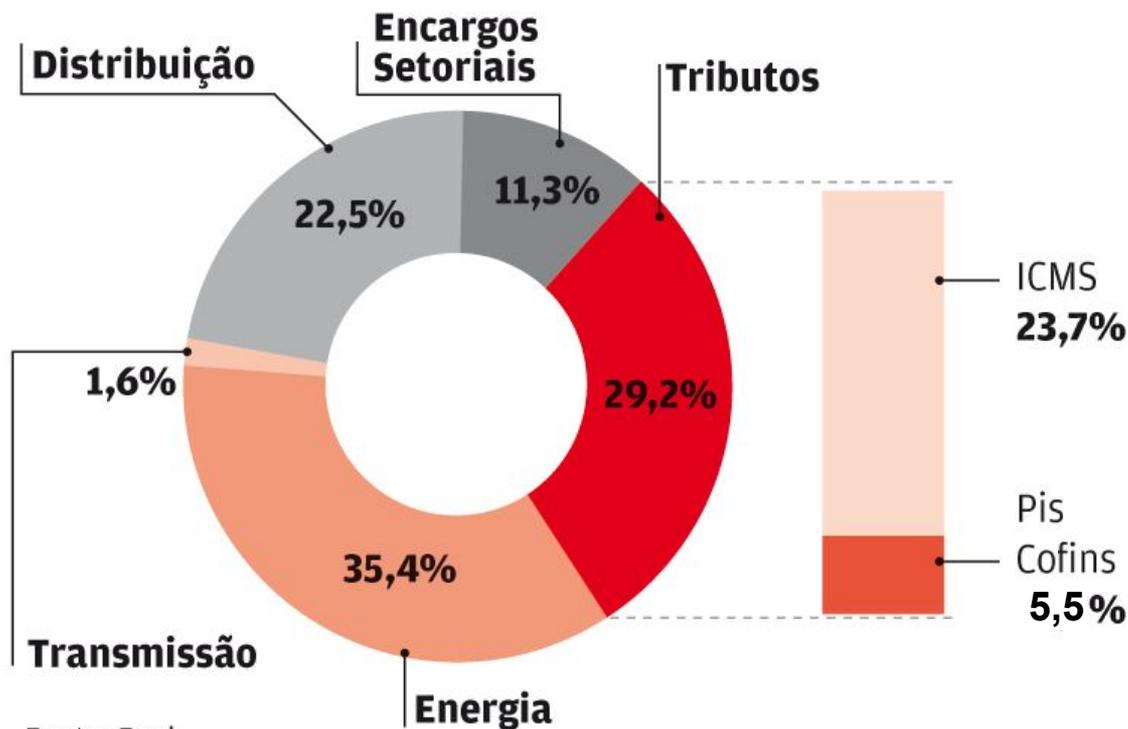
Tributação excessivo

Distribuição ineficiente

Alto índice do furto

Encargos setoriais altos

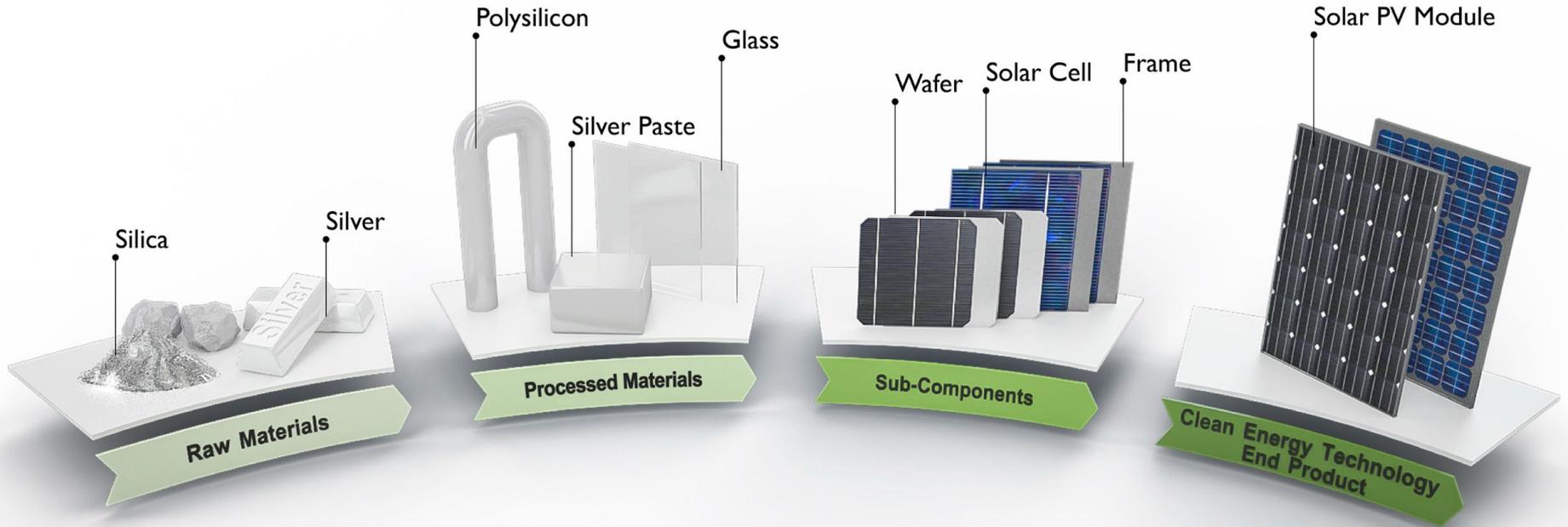
Geração, transmissão eficiente devido leilões



Fonte: Enel

Tecnologia Fotovoltaica

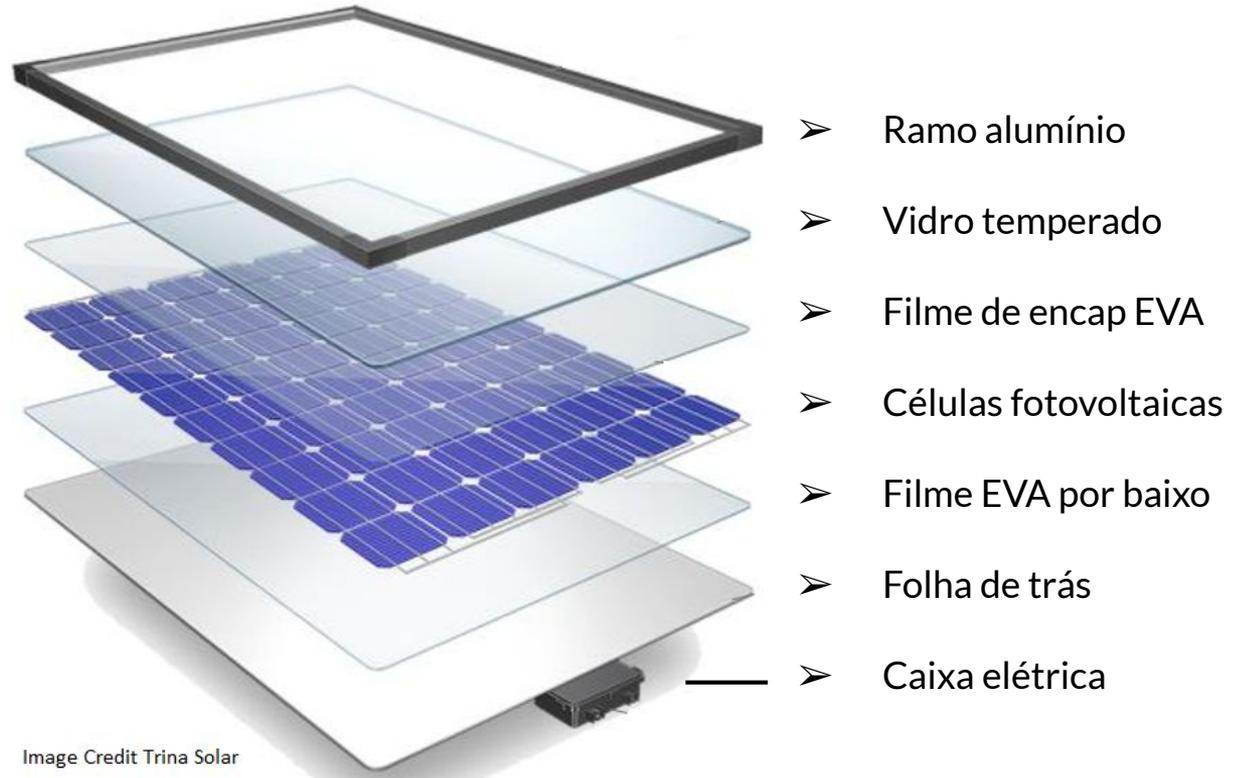
Tecnologia da fabricação FV



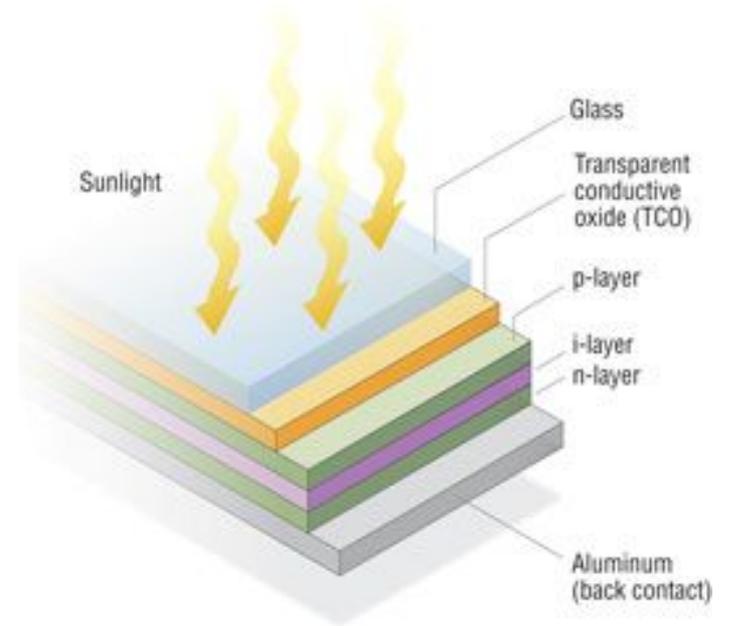
Cadeia de suprimentos de manufatura FV

	Silício poli.	Biscoito	Celula FV	Modulo solar	Balanco do Sistema	Instalação
Tecnologia	Alta	Média	Alta	Baixa	Baixa	Baixa
Emprego	Média	Baixa	Média	Média	Média	Alta
Concorrência	Baixa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Intencidade do Capital	Muita Alta	Alta	Média	Média	Baixa	Baixa
Incentivos	Custo energia Tecnologia/ Regulatório Grande Volume	Custo energia Acesso a Poly-Si	Incentivos Tecnológicos	Mão de obra Prox. Mercado Relacionamento Produtor celula	Incentivos Tecnológicos	Localização Mão da obra Incentivos gov

— Estrutura do painel fotovoltaico

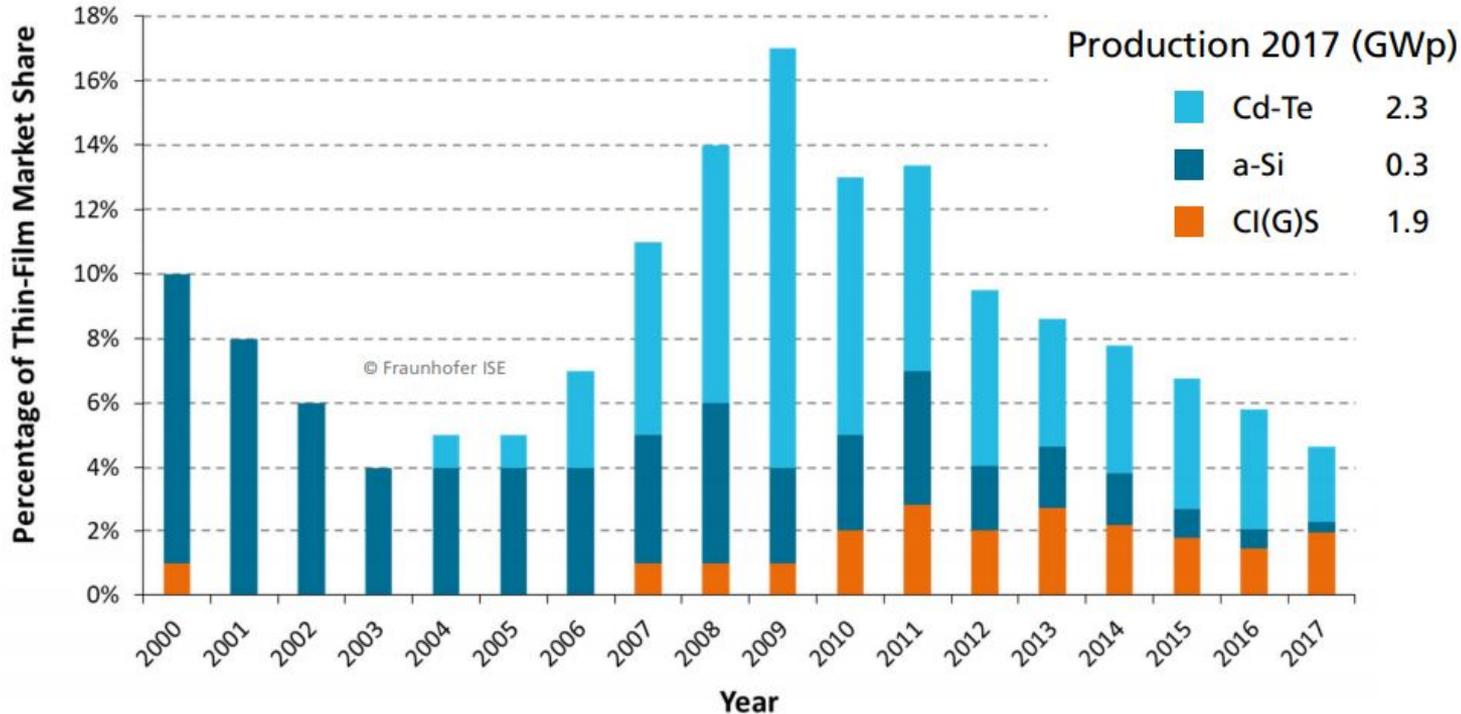


Anatomia de filme fino FV

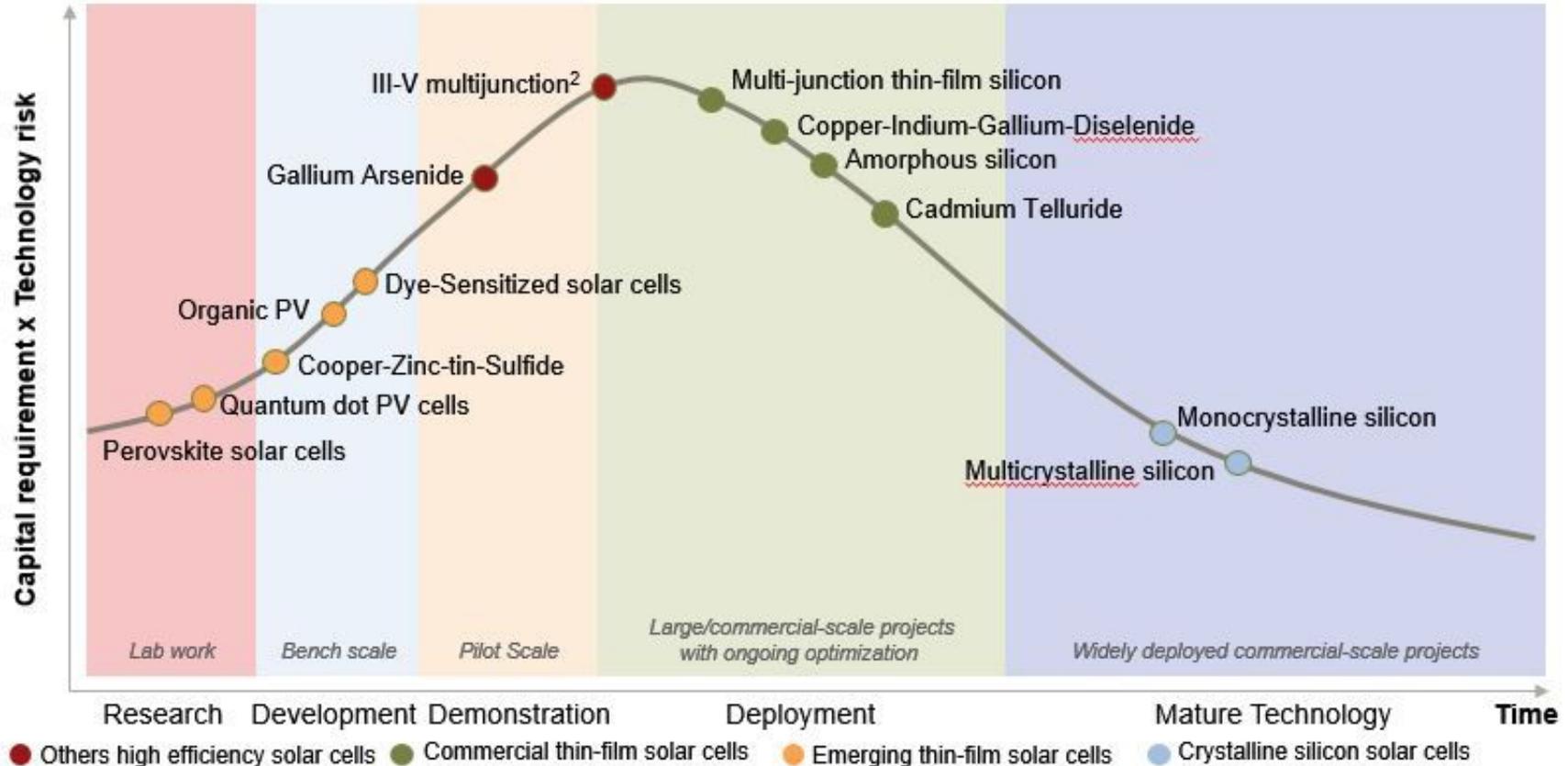


Participação do mercado das tecnológica filme fino

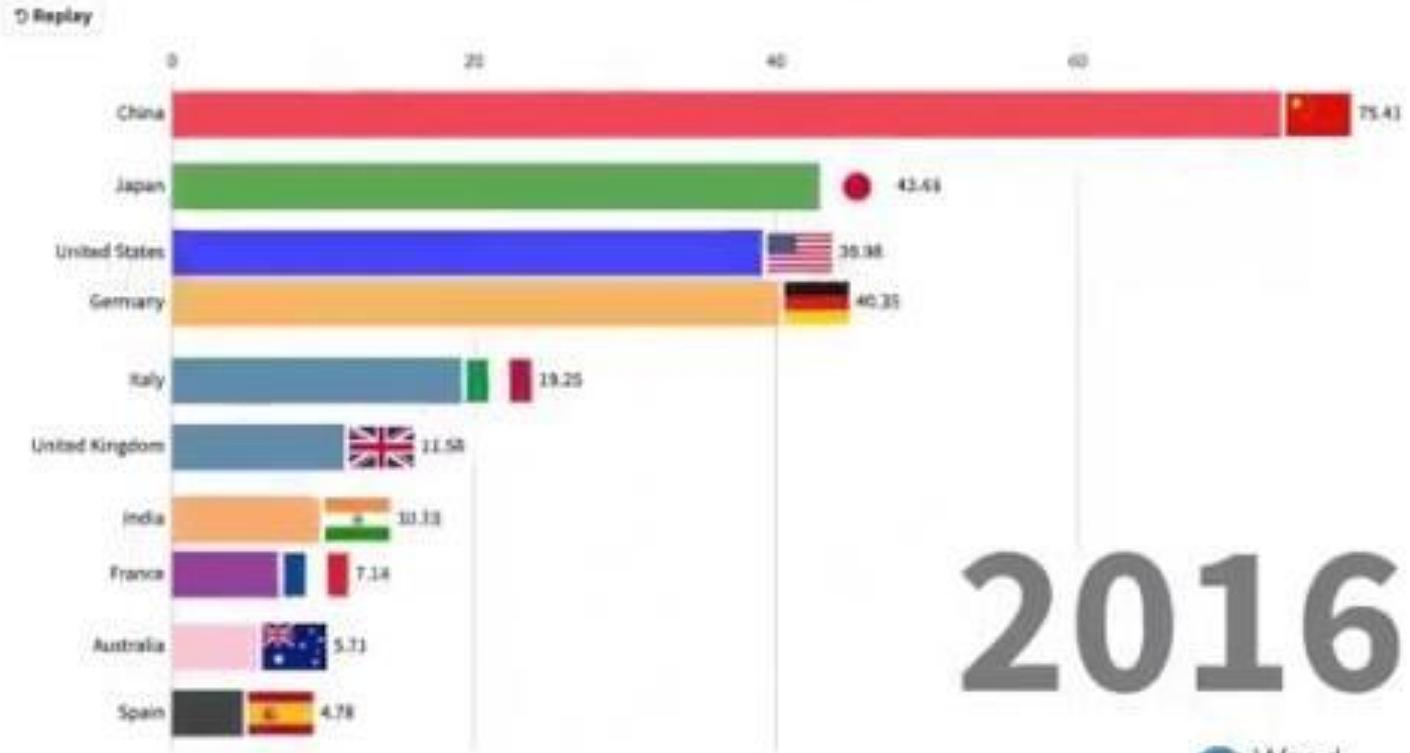
Em percentual do produção total global fotovoltaico



Curva de Maturidade da Tecnologia Fotovoltaica



Cumulative annual PV installations by country, 2001 - 2024E (GWdc)

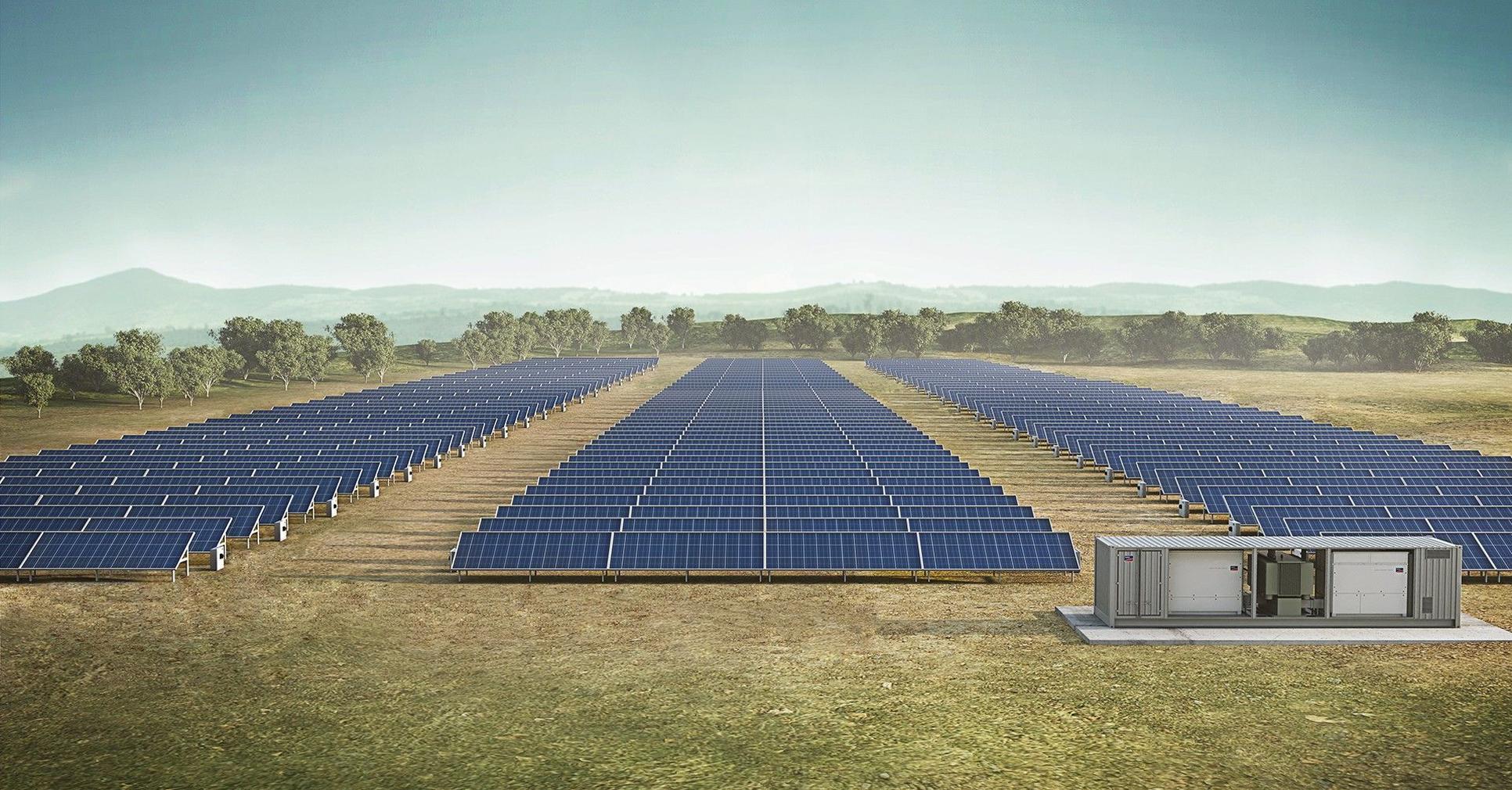


2016



Source: Wood Mackenzie Power & Renewables, Global solar PV market outlook analysis, Q1 2019

**Instalações FV
por país
2001 - 2024,
em GWdc**



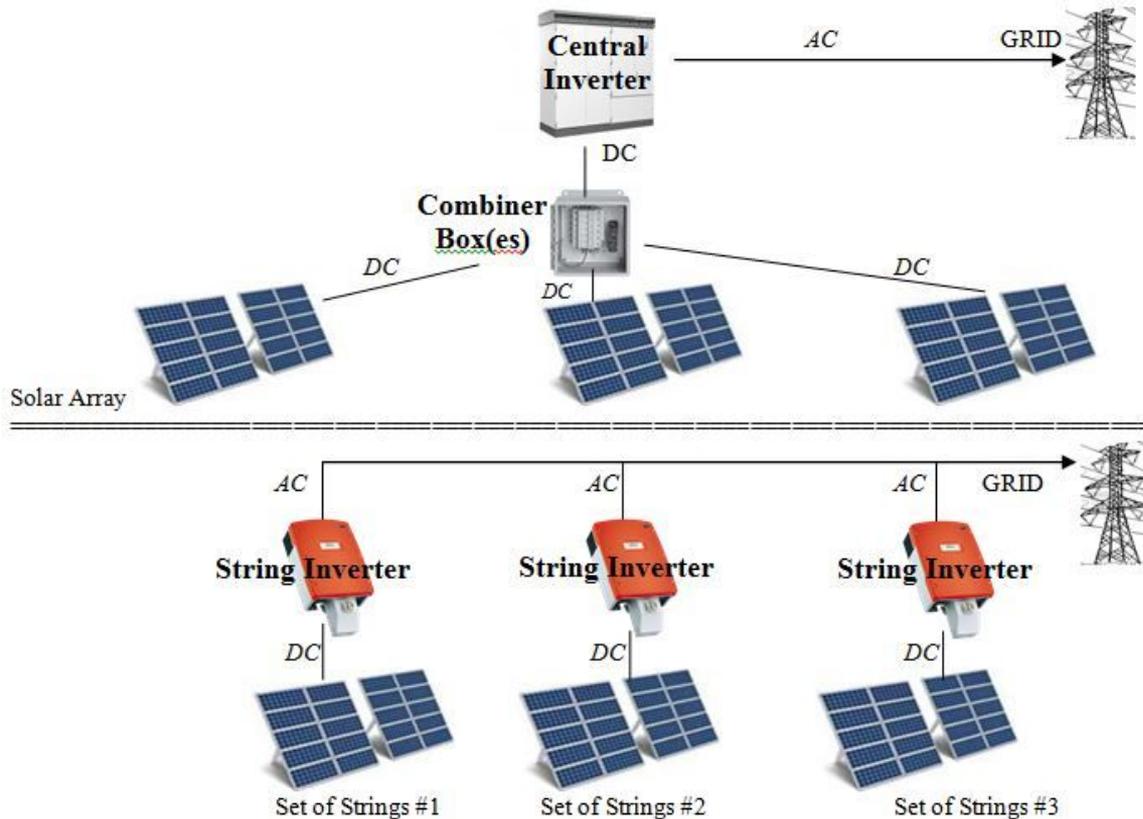
Usina fotovoltaica de 5 MW com inversor centralizado, Fonte: SMA

Inversor & tracker

Inversor centralizado vs string (corda)

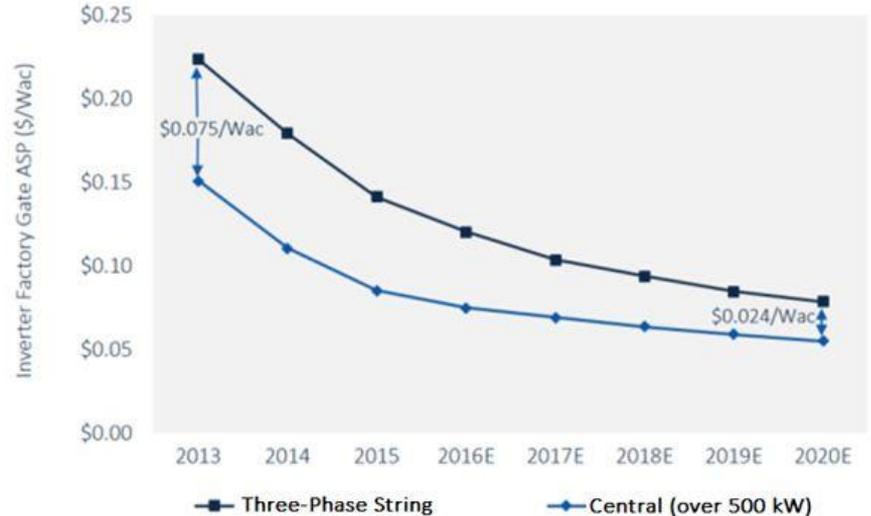
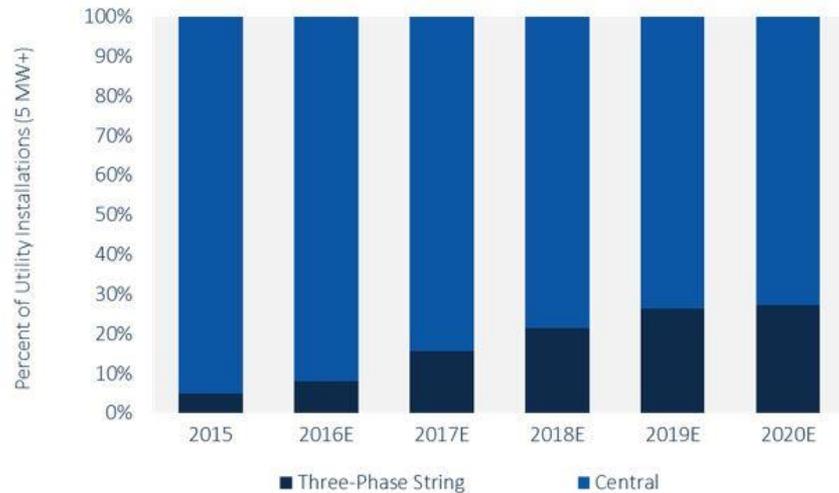


Arquitetura de inversor centralizado vs string



Inversor string vs centralizada

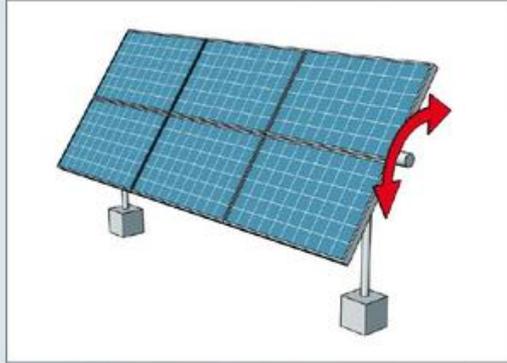
Participação e Custos



Solar trackers

1. Eixo único horizontal
2. Eixo único vertical
3. Azimuth rotativo
4. Dual eixo 3D

The main types of trackers



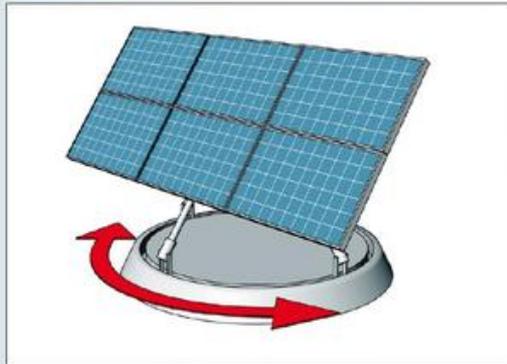
Horizontal single axis tracking:

Rows of modules are usually orientated in a north-south line rotating from east to west.



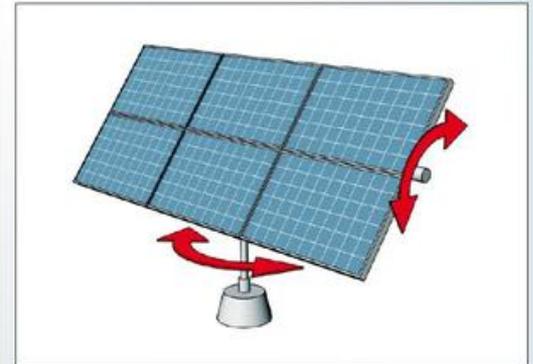
Tilted single axis tracking:

The elevation of the axis improves the amount of total power to be produced depending on the latitude.



Azimuth tracker:

A single axis tracker that rotates around a vertical axis facing east mornings and west evenings.



Dual-axis tracker:

Rotates around a vertical axis. The elevation drive adjusts the modules to the altitude of the sun.

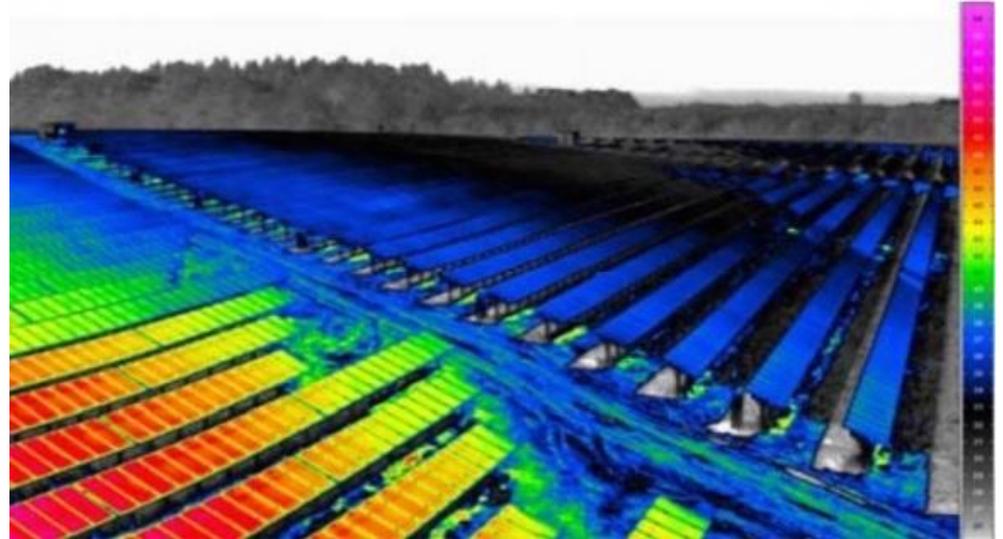


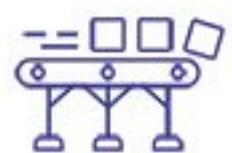
Agrovoltaico

Estufa &
Fotovoltaico
no agronegócio

Inovação & IoRE

Drones de avaliação e controle FV





1ST REVOLUTION

Automation through
steam engines

18th Century

2ND REVOLUTION

Automation through
electricity

20th Century

3RD REVOLUTION

Automation through
computers

1970s

4TH REVOLUTION

Automation through
AI and IoT

Today



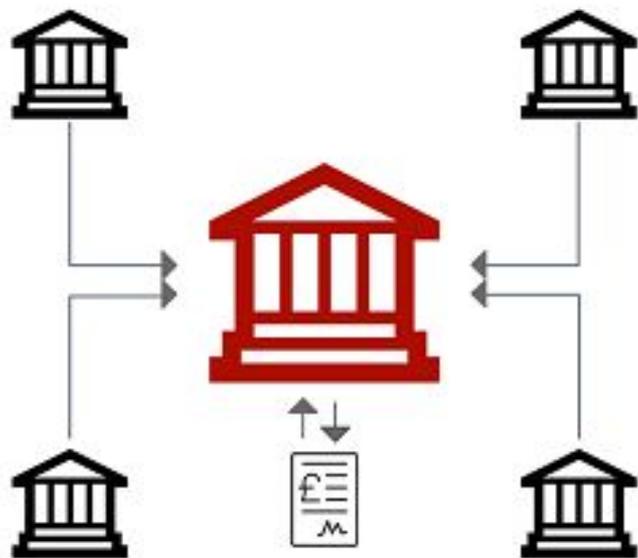
Blockchain & IoT da Energia

POWER TO THE PEOPLE

BREAKING THE POWER COMPANY'S MONOPOLY WITH BLOCKCHAIN

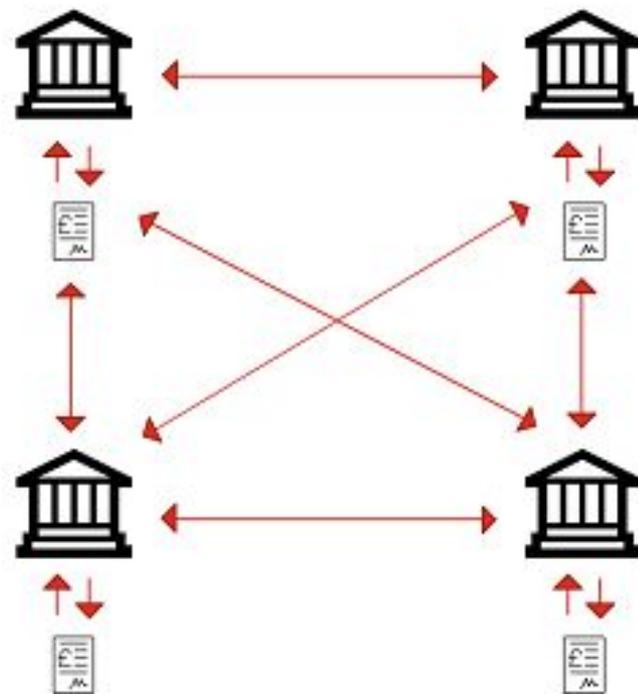
Electricity is getting greener, but most of us can't control where our power comes from—yet





Abordagem tradicional

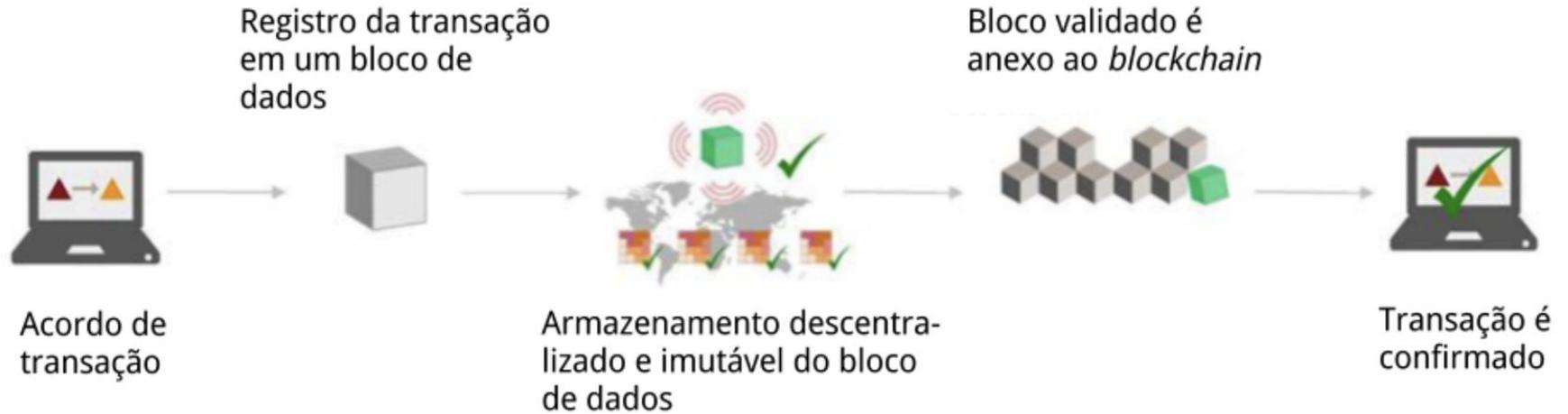
Base de dados controlado por uma autoridade central confiável



Abordagem blockchain

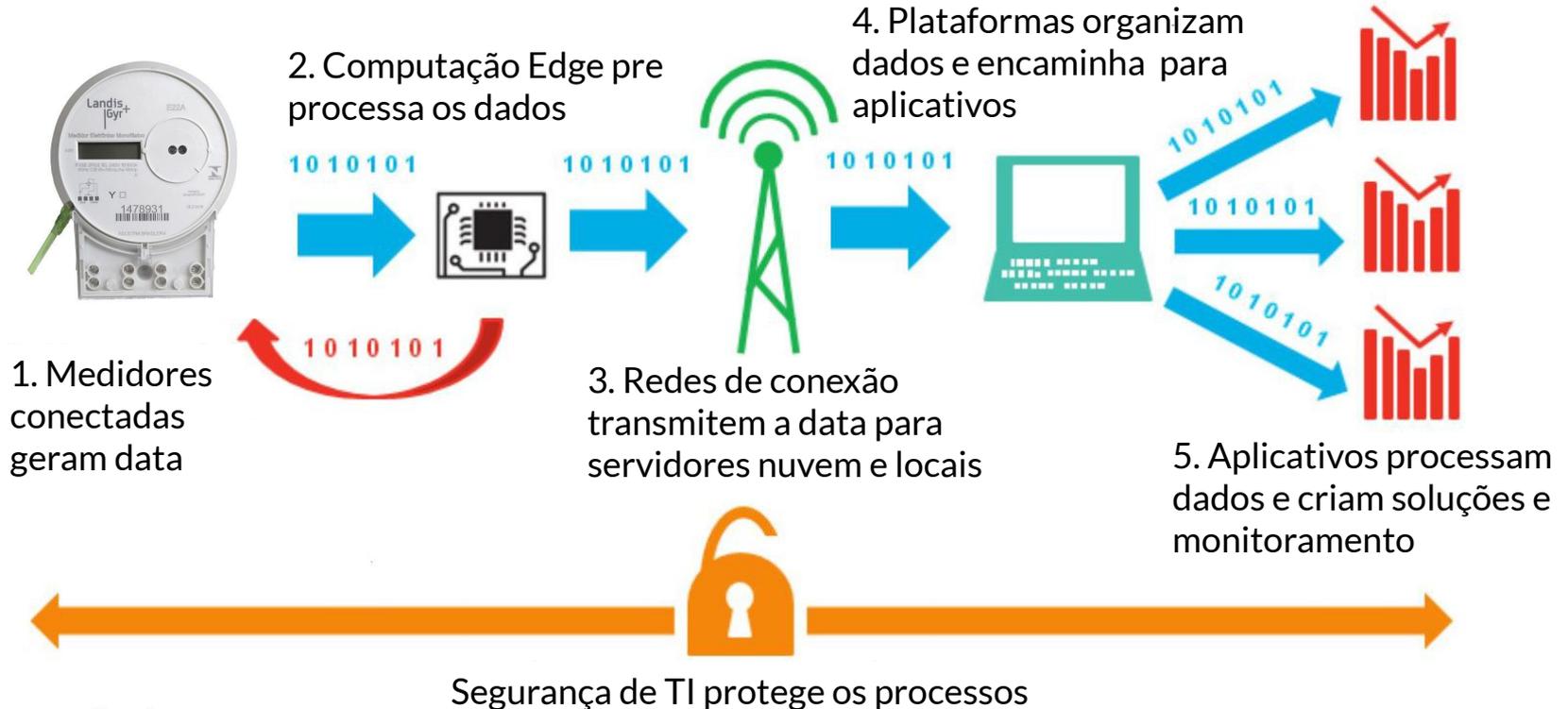
Cada participante tem uma cópia de base de dados, garantindo imutabilidade

Como funciona o Blockchain?



Fonte: PWC, 2016

O que é IoT de energia?



IoT da medição de energia elétrica



📅 Carteira Virtual

📄 Requisições de Contrato

📄 Contratos de consumo

🔔 Notificações

⚙️ Configurações

Home

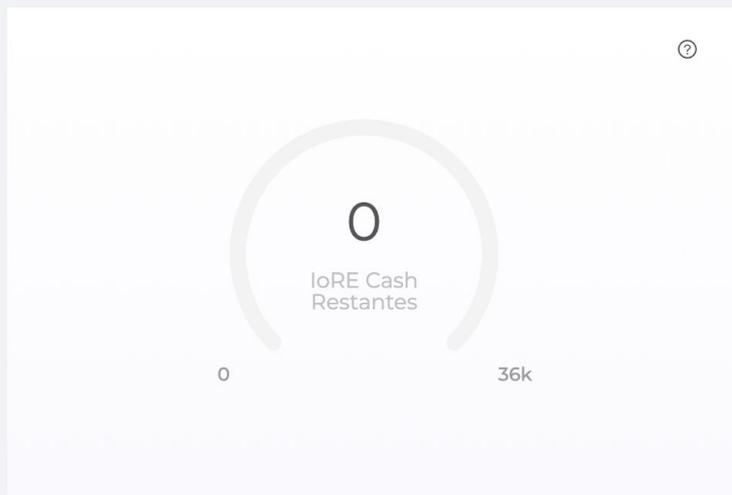
Olá, **Consumidor**

Rua Paula Cruz - S/N, SP

Carteira

Estadísticas

Histórico



IoRE Energy
0

Sustentabilidade
1

Comprar IoRE Cash

* Quantidade:

Valor a pagar:

R\$ 0,00

COMPRAR

Formas de Pagamento

Escolha uma forma de pagamento:

Boleto

ADICIONAR CARTÃO

—
O Energia do futuro é

**Descentralizada,
Descarbonizada &
Digital**

Obrigado

IEA SP, 2019
Csaba Sulyok
cosol.com.br