

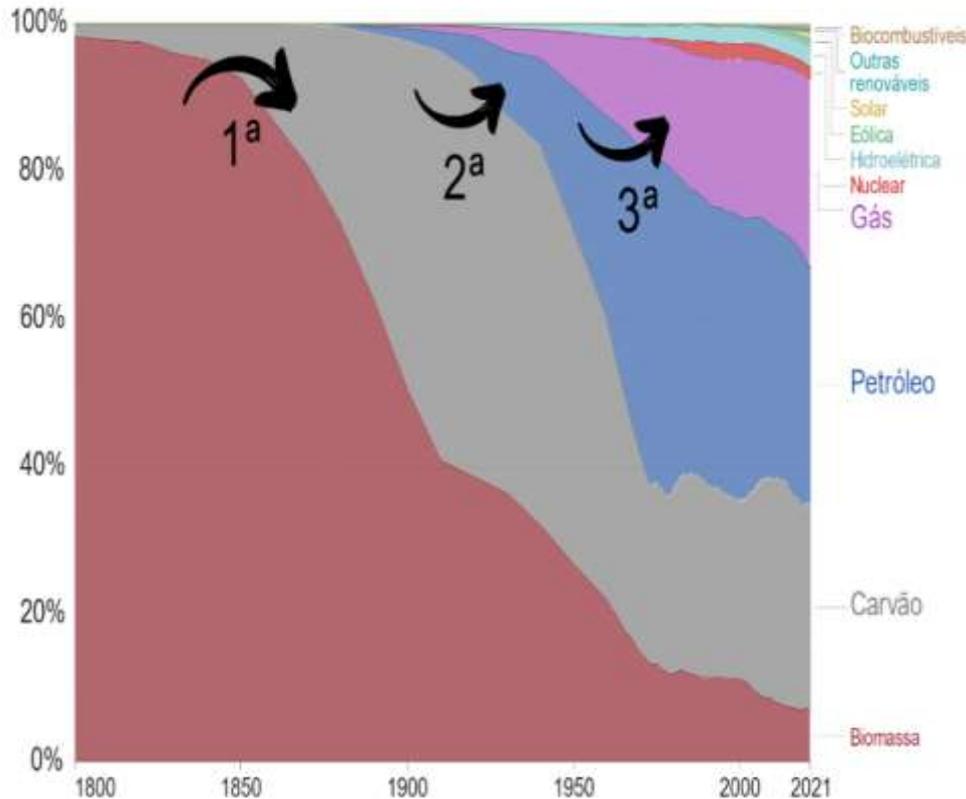
Transição Energética e Mercado de Carbono

Célio Andrade
Professor Titular
UFBA
celiosa@ufba.br



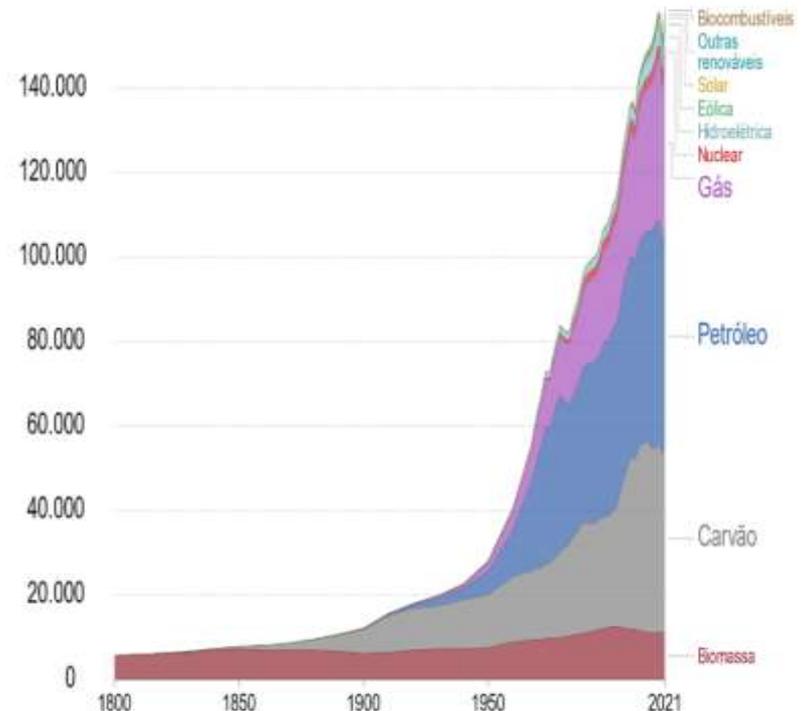
Transição Energética Global: aumento participação energias não-fósseis

Consumo primário global de energia (percentual)



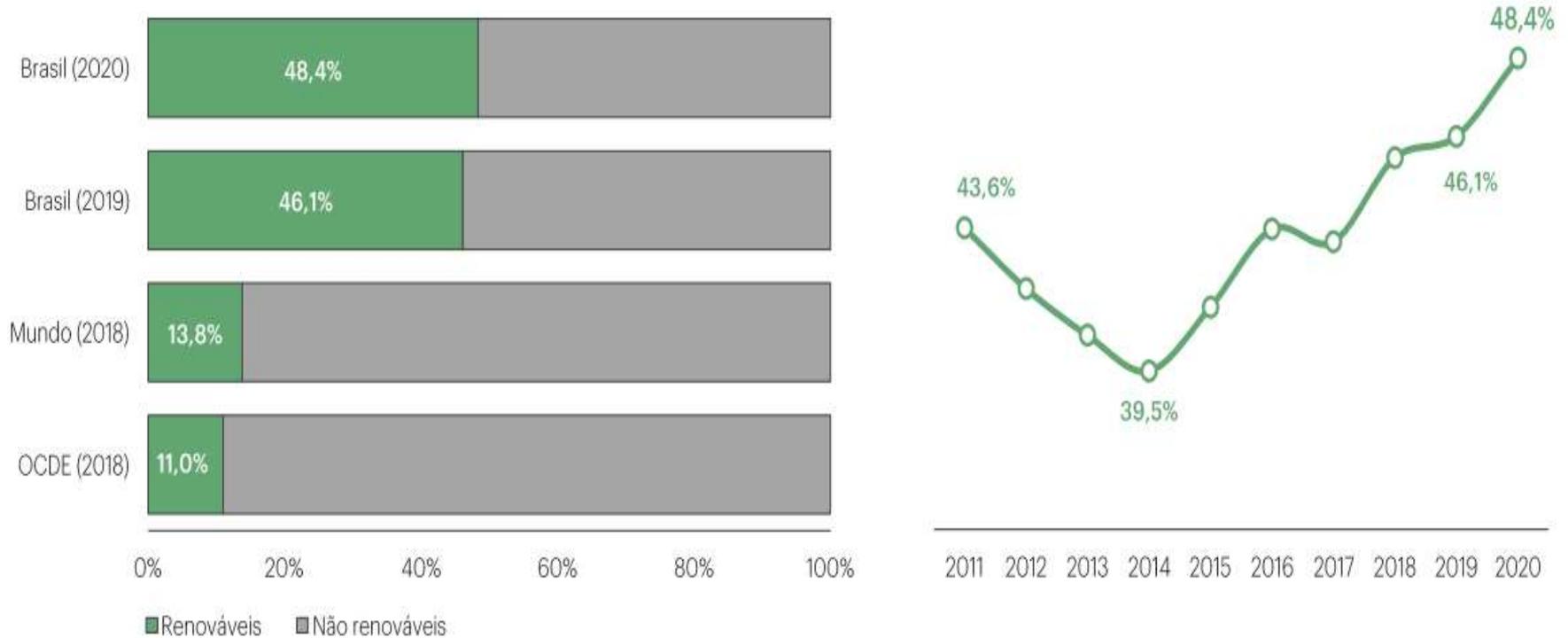
Fonte: Vaclav Smil (2017) e BP Statistical Review of World Energy

Consumo primário global de Energia (TWh)



Source: Vaclav Smil (2017) e BP Statistical Review of World Energy

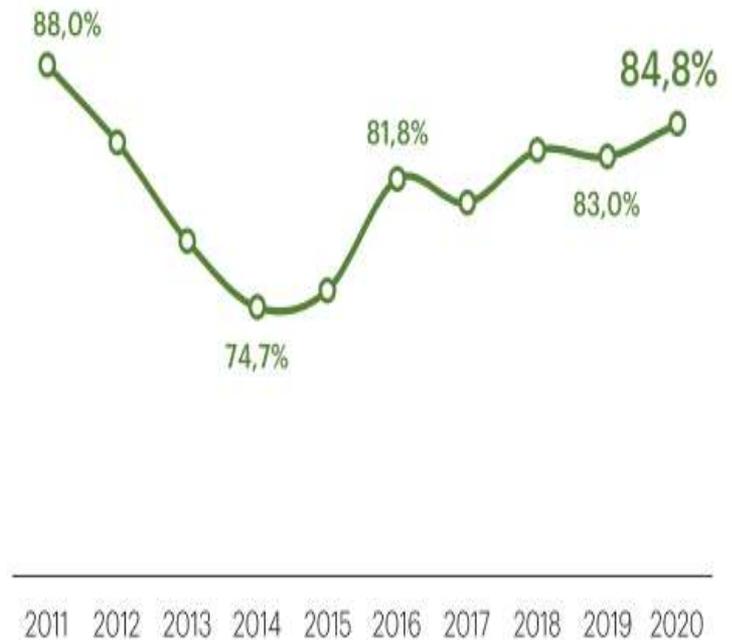
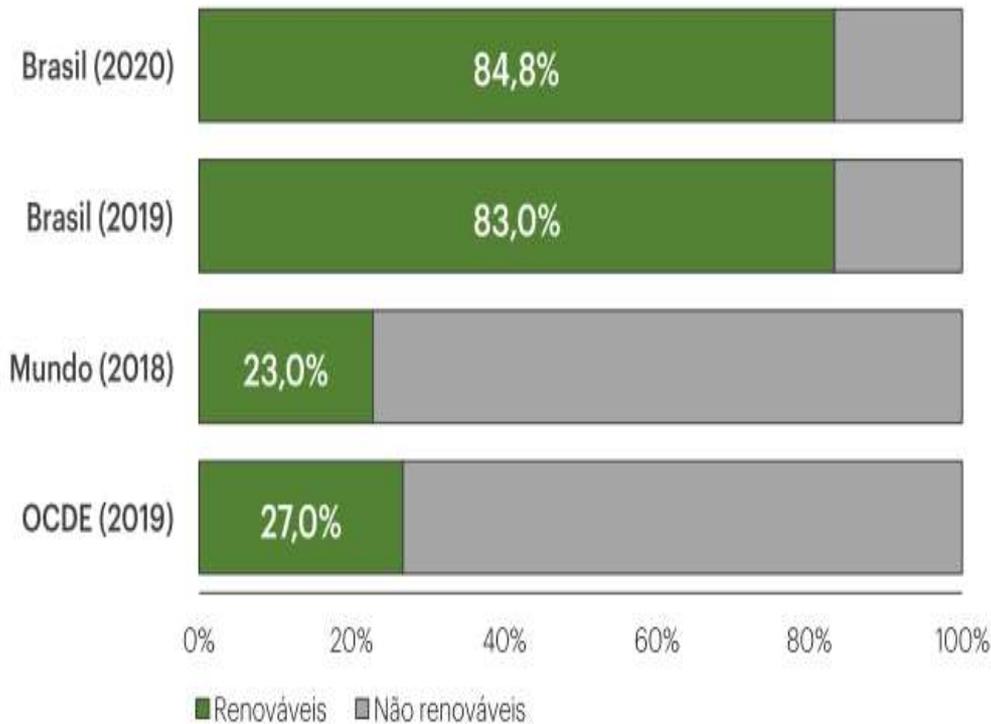
Participação das Energias Renováveis na Matriz Energética do Brasil e do Mundo



48,4 % of all Brazilian energy production came from renewable sources (hydro, biomass, wind, solar and geothermal) against 13,8 % in the world average.

Source: EPE

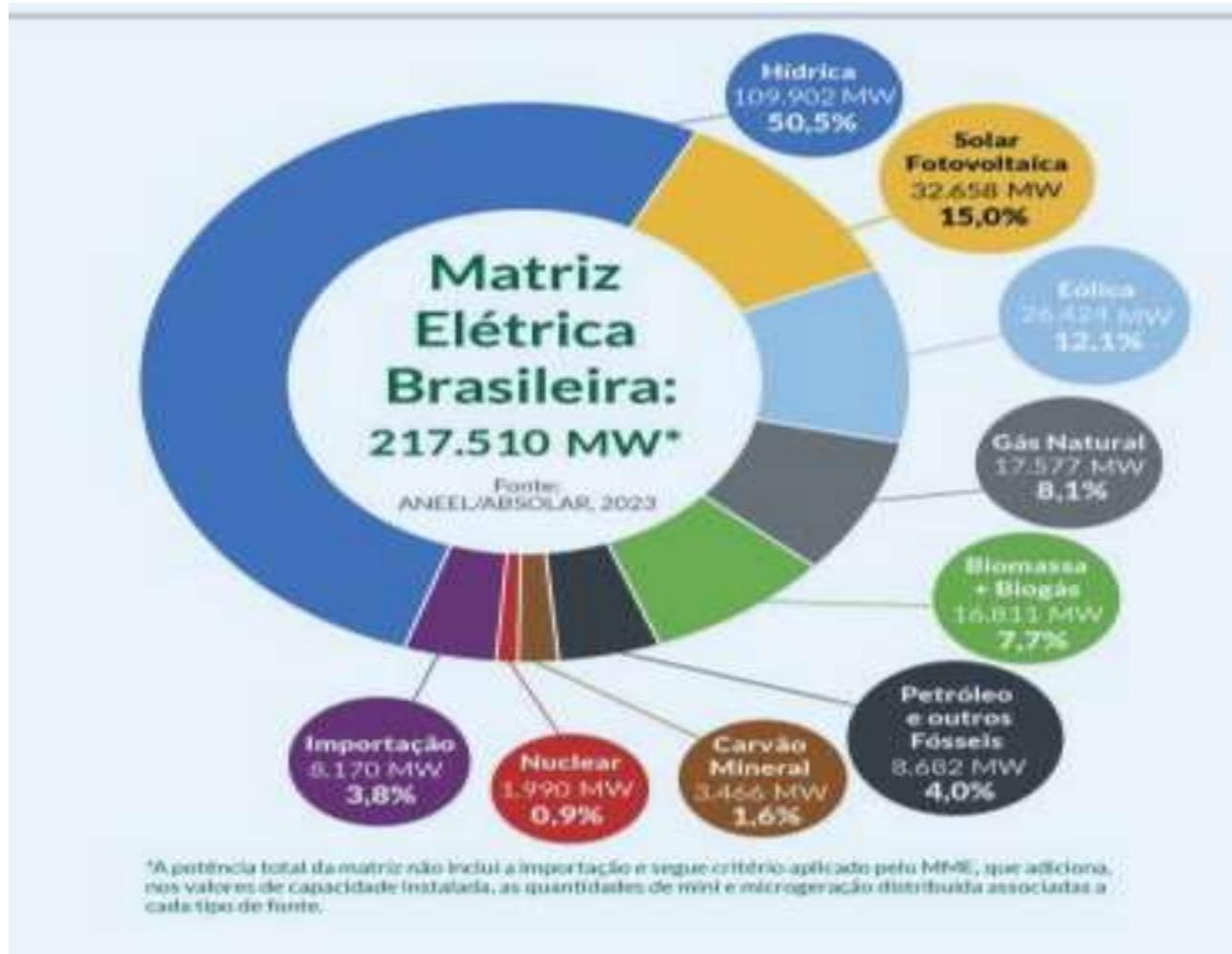
Participação das Energias Renováveis na Matriz Elétrica do Brasil e do Mundo



84,8% of all Brazilian electric power production came from renewable sources (hydro, biomass, wind, solar and geothermal) against 23 % in the world average.

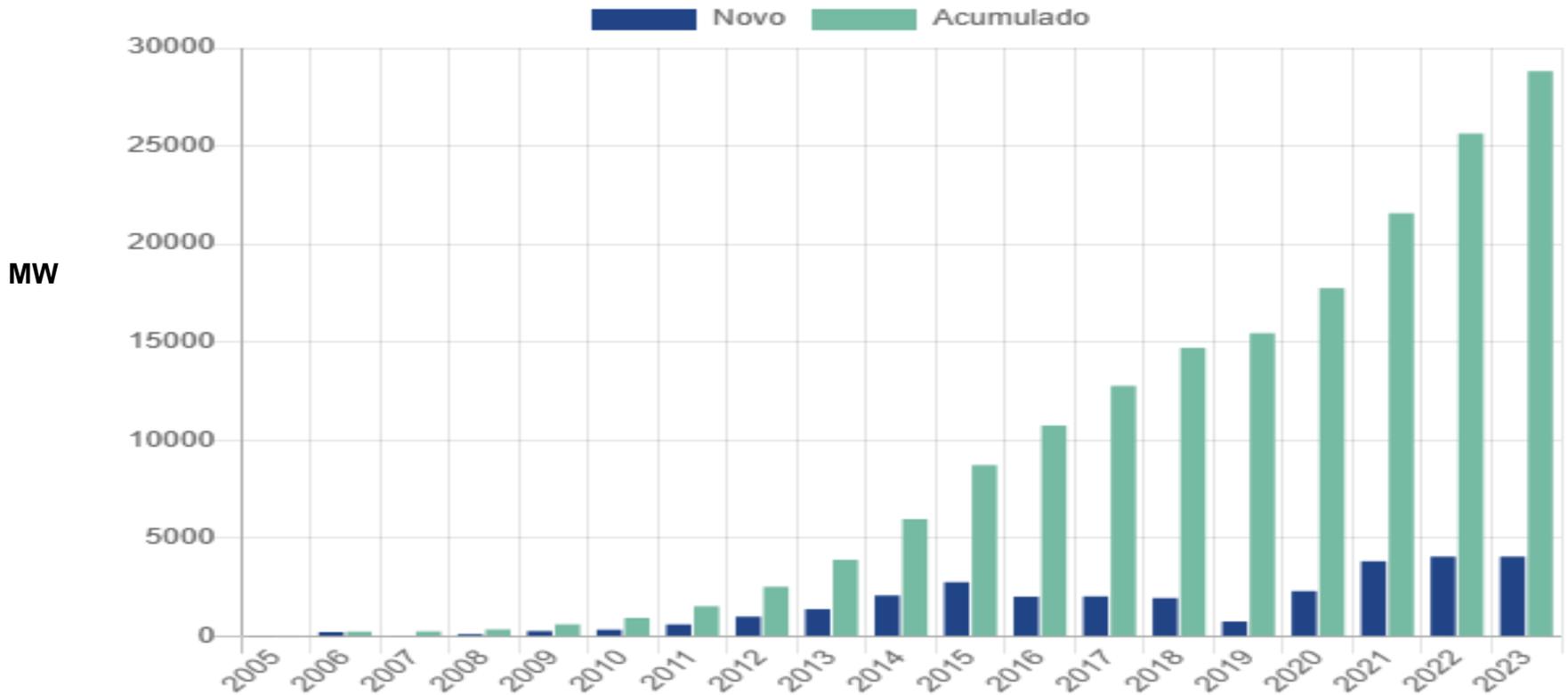
Source: EPE

Participação das Fontes de Energias Renováveis na Matriz Elétrica Brasileira



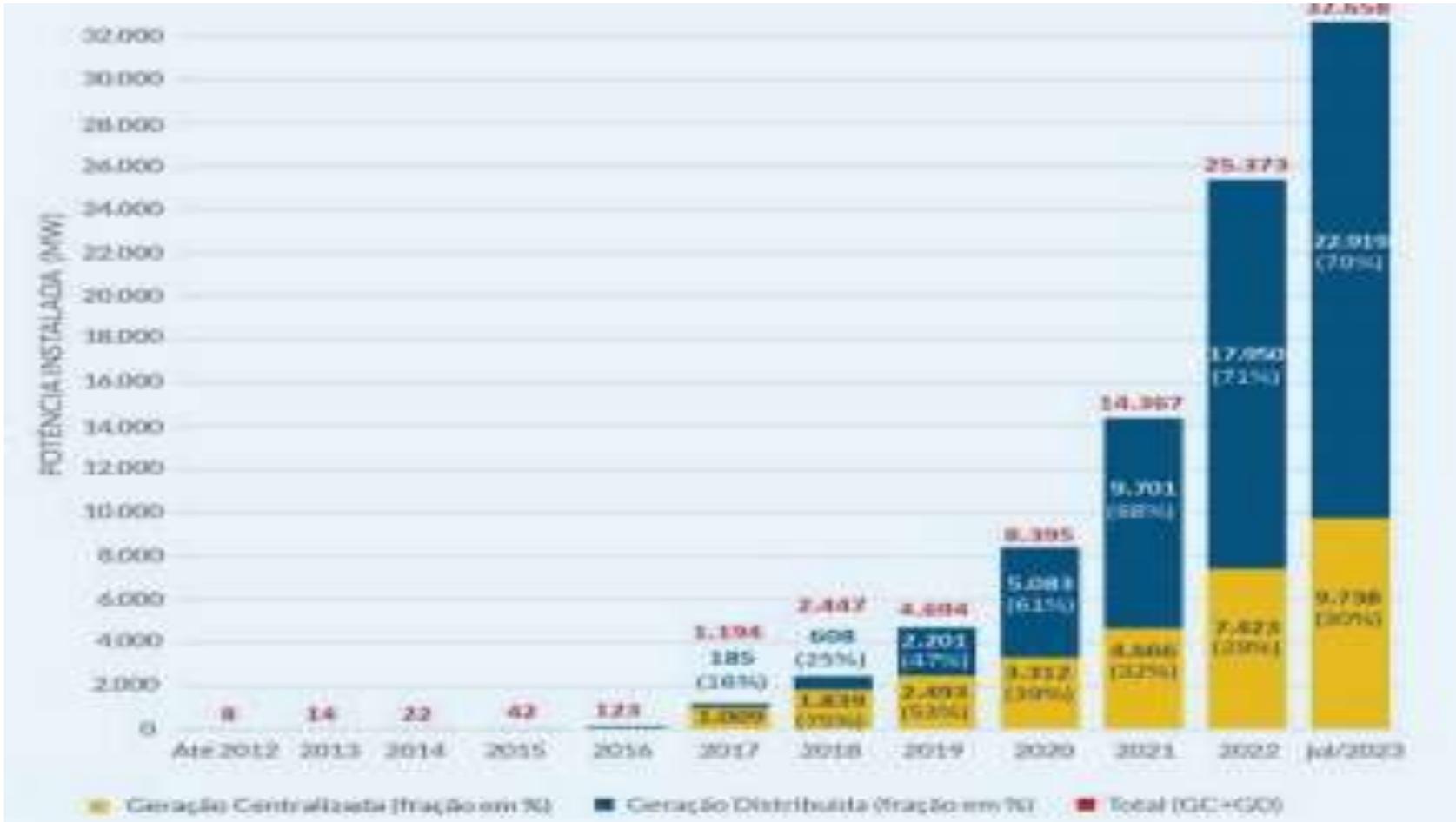
Source: ENEEL/ABSOLAR

Evolucao da Capacidade Instalada de Energia Eolica no Brasil (2005-2023)



Source: ABEOLICA

Evolução da Capacidade Instalada de Energia Solar no Brasil (2012-2023)



Source: ANEEL/ABSOLAR

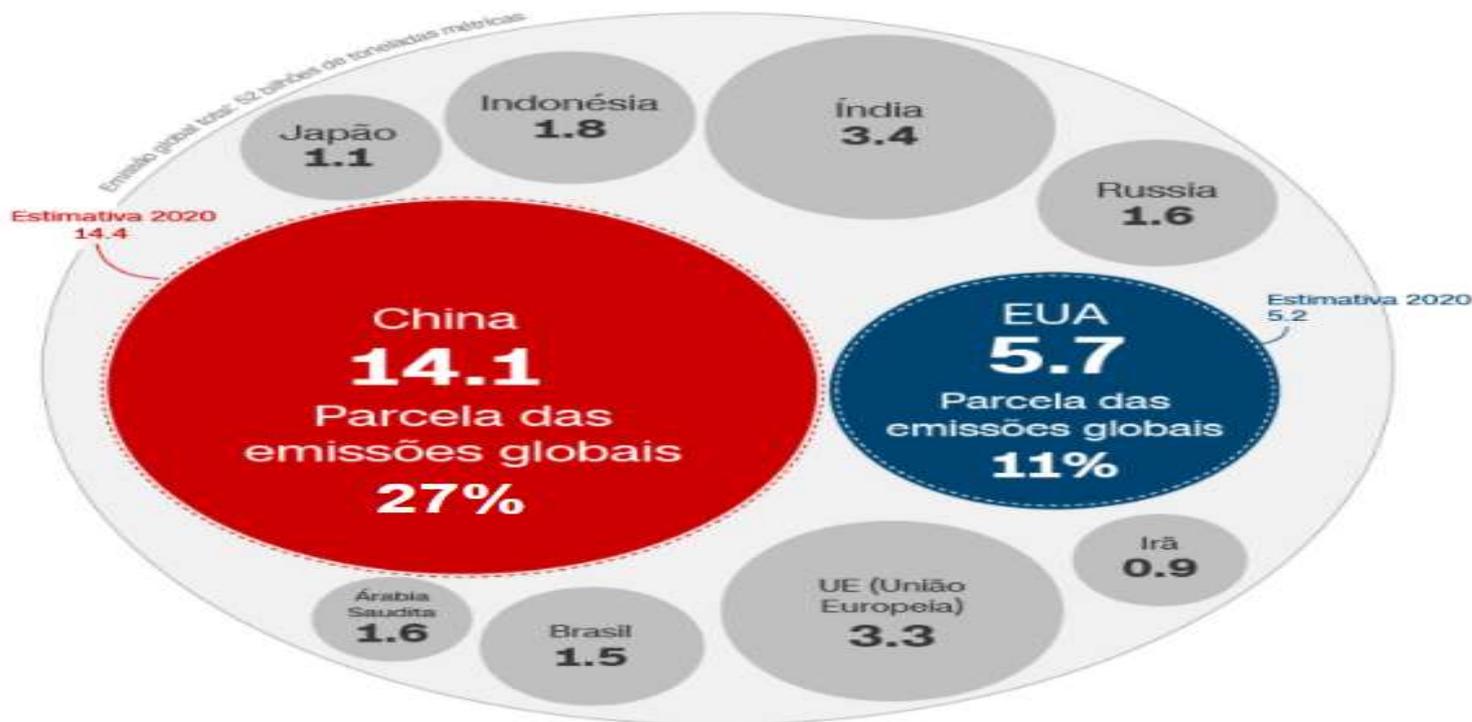
Maiores emissores de GEE?

Emissão EUAxChina

China é o maior emissor de gases do efeito estufa do mundo

Em 2019, China emitiu quase 2.5 vezes mais que os Estados Unidos

Top 10 de maiores emissores de gases do efeito estufa, em toneladas métricas de CO²



Como contabilizar emissões de GEE?

Equação para Cálculo das Emissões Totais de GEE

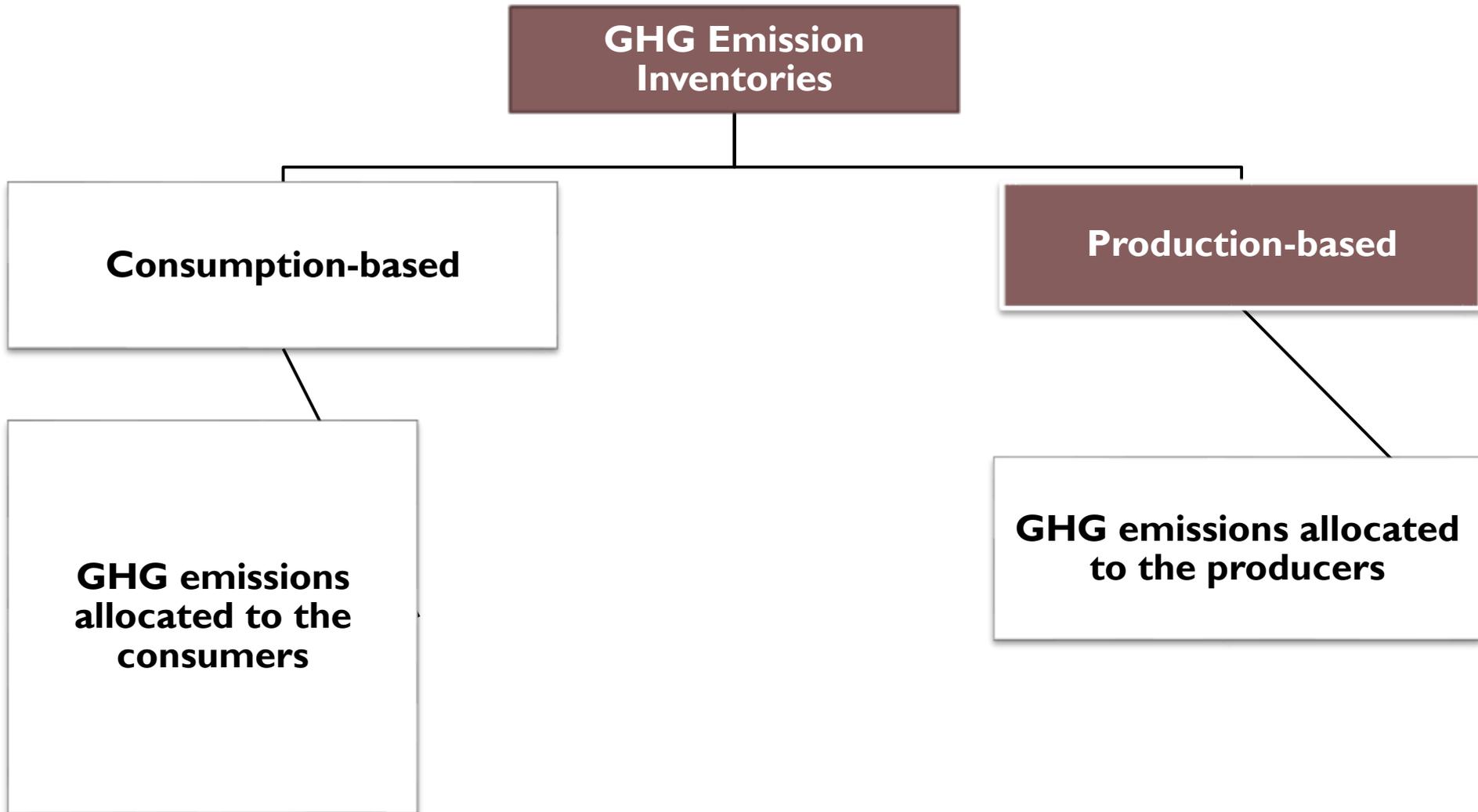
$$ET = \sum_i^n DA \cdot FE_{GEEi} \cdot GWP_{GEE}$$

ET: emissões totais GEE; DA: dados de atividade ou fontes de emissão GEE; FE: fatores de emissão GEE
GWP - "Potencial de Aquecimento Global"

GWP: PRINCIPAIS GASES EFEITO ESTUFA

| Gás | Potencial Aquecimento Global |
|------------------|------------------------------|
| CO ₂ | 1 |
| CH ₄ | 25 |
| N ₂ O | 298 |
| HFCs | 12– 14.800 |

Metodologias Contabilizacao GHG (PAS2070, IPCC, GHG Protocol e ISO 14064)



GHG Protocol: escopos

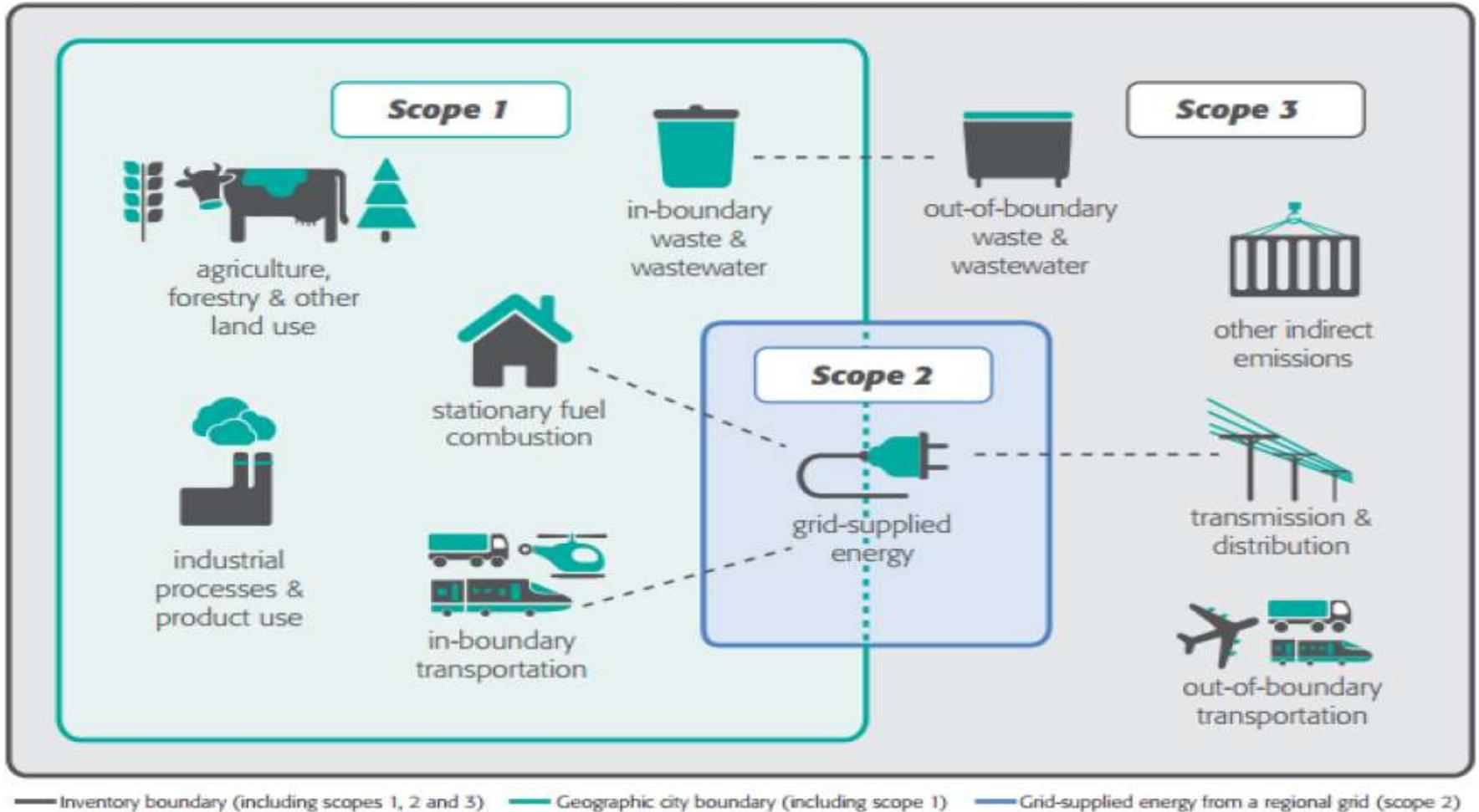
- E1 - emissões diretas, de fontes próprias ou controladas pela organização;
- E2 - emissões indiretas, provenientes do consumo de energia (elétrica e térmica);
- E3 - emissões indiretas decorrentes da cadeia de valor da organização, mas que provêm de fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma.



| | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| Abas gerais | Introdução | Resumo | Fatores de emissão | Fatores variáveis | Fugitivas - GEE não Quioto | Aeroportos | Fatores de conversão | |
| Escopo 1 | Combustão estacionária | Combustão móvel | Emissões fugitivas | Processos industriais | Atividades agrícolas | Mudanças no uso do solo | Resíduos sólidos | Efluentes |
| Escopo 2 | Eleticidade (localização) | Perdas T&D (localização) | Compra de Energ. Térmica | Eleticidade (esc. compra) | Perdas T&D (esc. compra) | | | |
| Escopo 3 | Categorias de Escopo 3 | Transp & Distr upstream | Resíduos sólidos gerados | Efluentes gerados | Viagens a negócios | Deslocamento casa-trabalho | Transp & Distr downstream | |

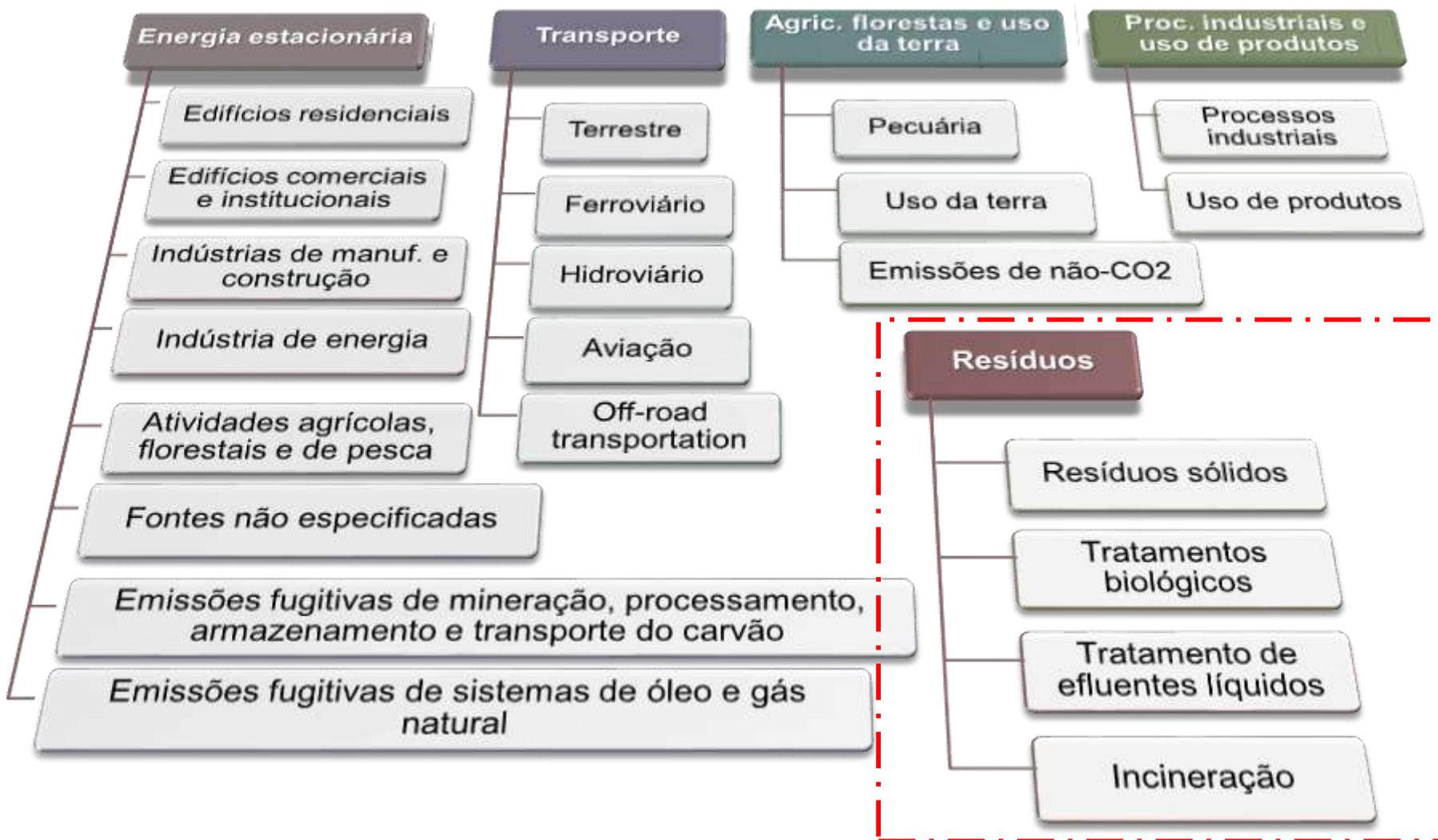
Consolidação para preenchimento no Registro Público de Emissões (RPE)

Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories - GPC (2014): escopos

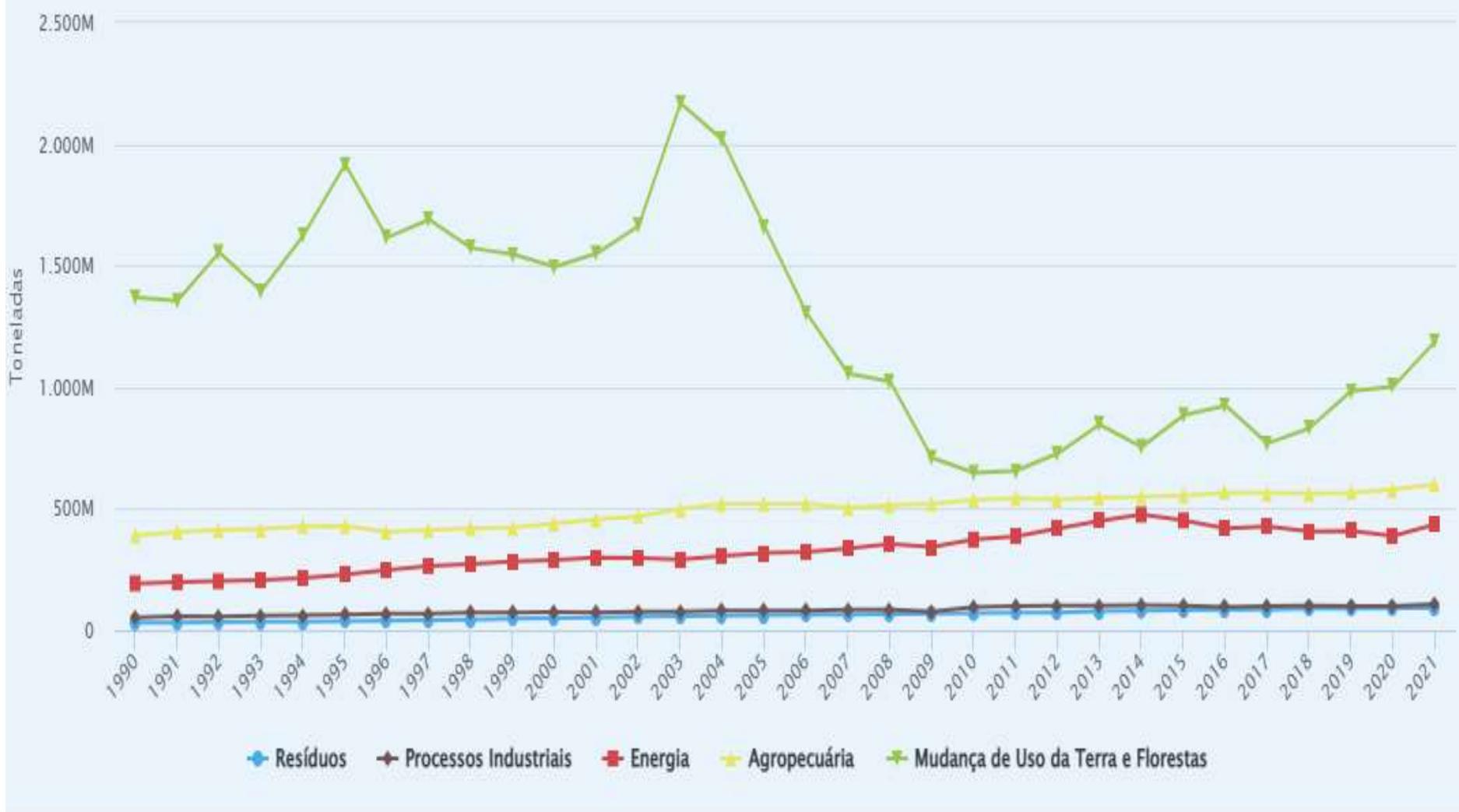


Fonte: WRI (2014)

SETORES INVENTARIADOS



Brazilian Inventory of GHG Emissions (1990 - 2021)



Source: SEEG

https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission

**Mecanismos utilizados para redução
emissões mediante valoração do
carbono?**

1. PRECIFICACAO INTERNA CARBONO (PIC) OU INTERNAL CARBON PRICING (ICP): 800-1000 empresas (Iberdrola/Neoenergia, Braskem, American Electric Power...)

2. TAXA DE CARBONO: 36 iniciativas – América Latina (Chile, Argentina e Uruguai)

3. MERCADO DE CARBONO:

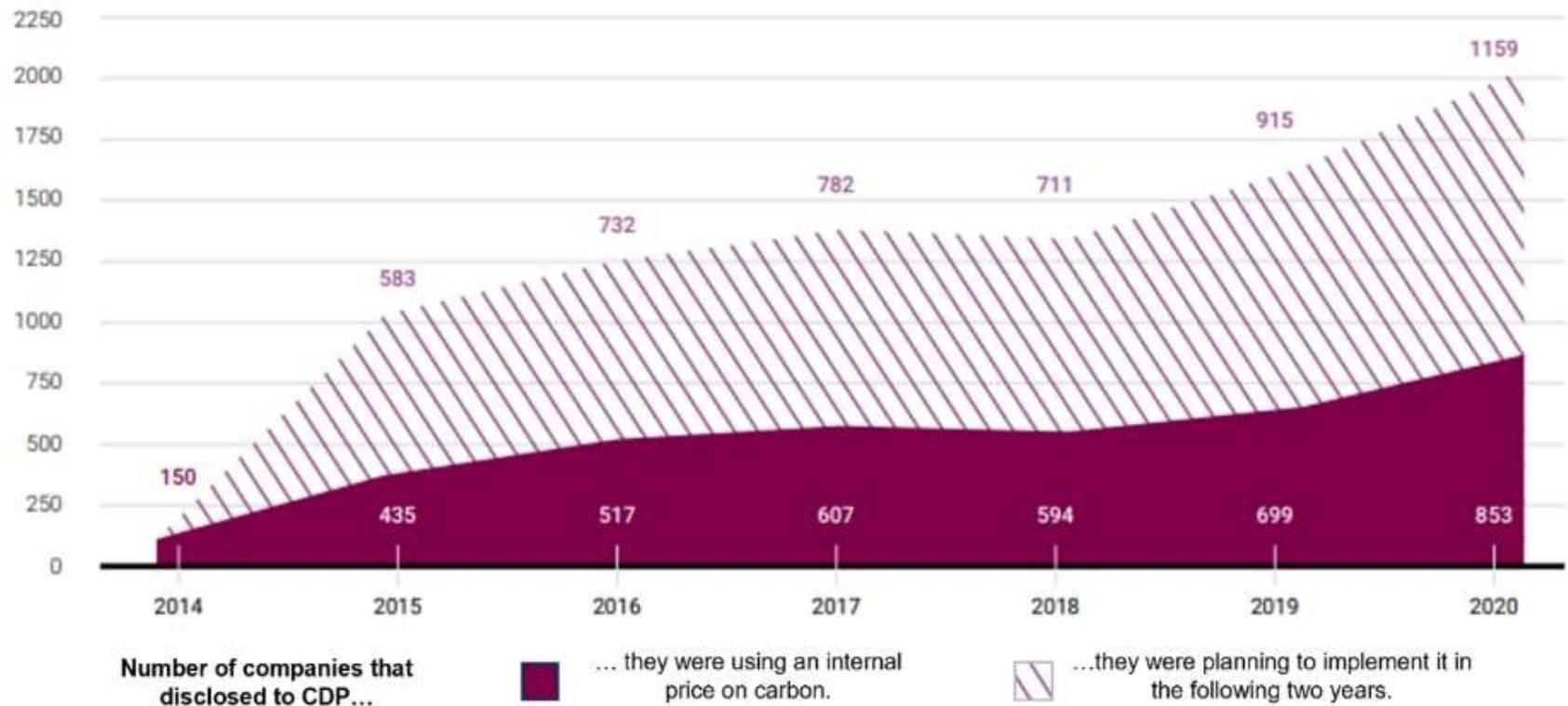
3.1 VOLUNTARIO: principais padrões (VCS, Golden Standard, CAR, ACR, CCB, CCX, Social Carbon...)

3.2 REGULADO: 33 iniciativas ETS (EU, China, Califórnia e Québec...)

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNTZkNjc0NTAtYTVjMi00OTc1LWJhZTEtYWQxY2M0YzdjMGM0liwidCI6ImRINGNIMThjLTUyMTQtNDA2OS04MTg4LTFiOGZiNDJIM2NjZSJ9&pageName=ReportSection8563bbab36110c9ec008>

INTERNAL CARBON PRICING – ICP

Growth of internal carbon pricing



Fonte: CDP (2021)

UE: CBAM (*Carbon Border Adjustment Mechanism*)

- Fase de transição em vigor desde 01/10/23 e de forma permanente a partir de 01/01/26;
- Adotado para proteger as indústrias europeias de **ferro, aço, cimento, fertilizantes, energia, alumínio e hidrogênio**, por meio da criação de **taxa de carbono** para tais produtos provenientes de outros países que venham a ser comercializados na EU;
- Durante o período transicional, os importadores dos produtos apenas deverão **reportar emissões diretas e indiretas de GEE, incluindo as advindas da cadeia de produção (Escopo 3)**.

Voluntary Carbon Market: Brazil's Petrobras buys carbon credits for the first time

SAO PAULO, Sept 5 (Reuters) - Brazilian state-run oil company Petrobras PETR4.SA said on Tuesday it has made its first ever carbon credit purchase, a move that marks its entrance into the voluntary carbon market.

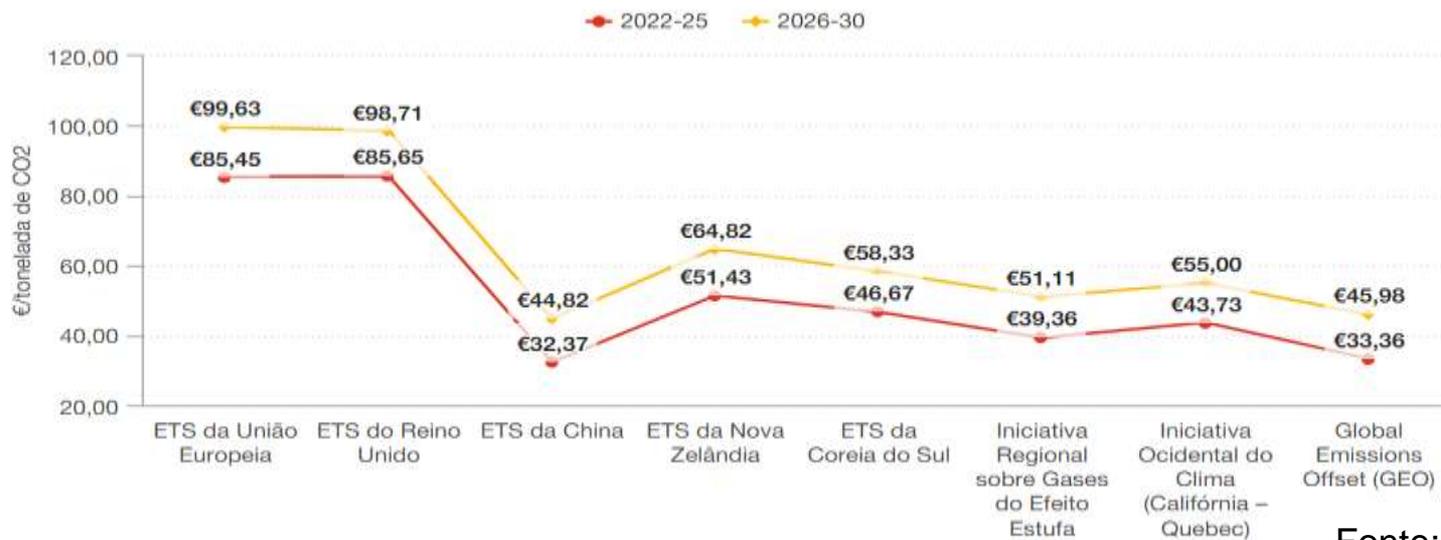
Petrobras bought 175,000 carbon credits from Projeto Envira Amazonia in the Amazon rainforest, it said in a securities filing, adding it plans to spend up to \$120 million in carbon credits by 2027.

The certification of the credits follows **Verra's Verified Carbon Standard (VCS)**, the largest certifier of the voluntary carbon market in the world, Petrobras said.

Projeto Envira Amazonia started in August 2012 with the aim of protecting about 39,000 hectares of forest in the western state of Acre, its website says.

Gustavo Pinheiro, a coordinator at the Climate and Society Institute (iCS), welcomed the Petrobras move into the carbon market but said **175,000 credits is a small amount for a company of its size**. He estimated that **Petrobras paid less than \$1 million for the 175,000 credits**.

Preço Médio do Carbono nos Mercados Regulados



Fonte: PWC (2022)

Preço do carbono bate recorde nos 100 euros

Poluir custa mais caro à indústria europeia com a subida do preço das licenças de emissões.

Mecanismo pioneiro mercado regulado de carbono?

MDL : Protocolo de Kyoto (COP 3 - 1997)

MDL – Países em
Desenvolvimento

Mecanismo de Flexibilização (MDL)

Metas de Redução de Emissão de GEE

I Período: 2008 – 2012: 5% (1990)

II Período: 2013-2020: 18% (1990)

COP 3 – Protocolo de Kyoto
(1997)

Vigor em 2005 : 37 Países
Industrializados + CE

Governança Ambiental Global -
Rio 92

MDL pelo Protocolo de Kyoto Art. 12

Reduções Certificadas de Emissões (RCE)

Comprovação do Princípio da Adicionalidade

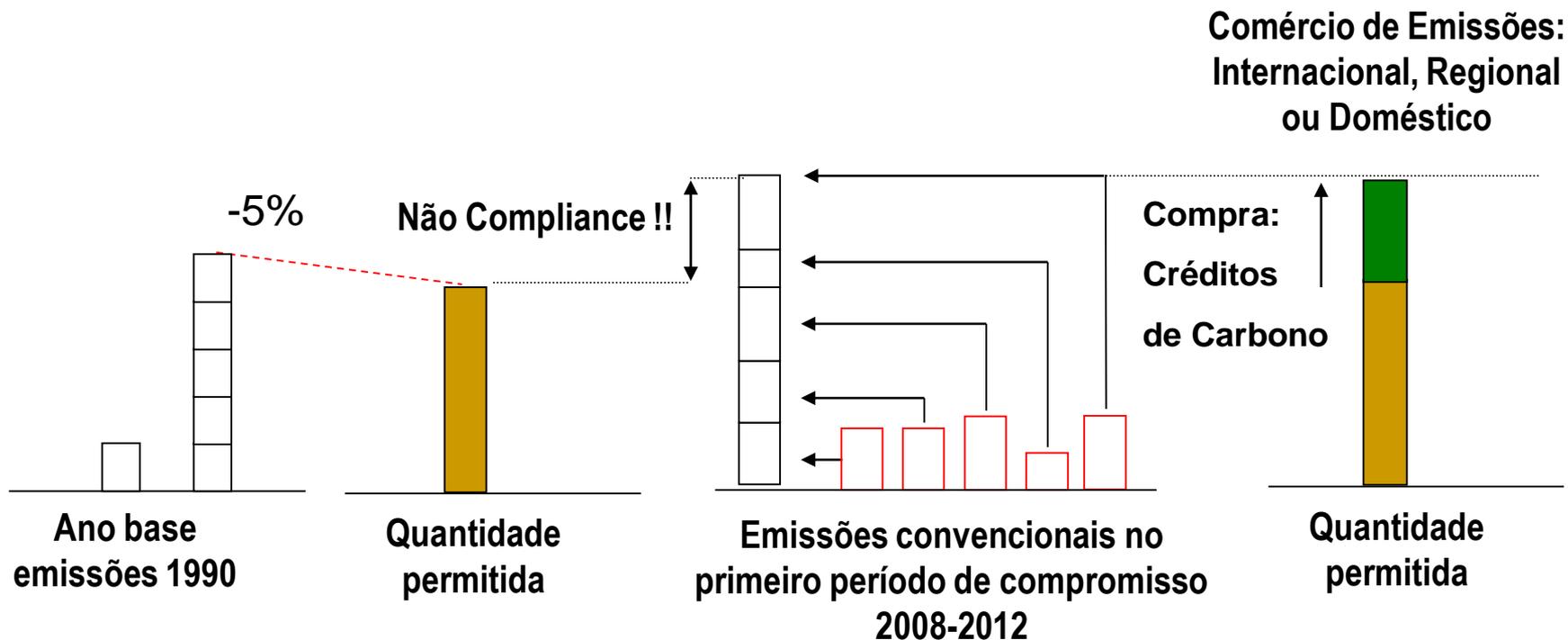
**Transferência de
Tecnologia**

**Tecnologia
Ambientalmente
Segura**

**Desenvolvimento
Sustentável**

Operacionalização do Mercado de Carbono no PK

1. **“CARBON ALLOWANCES”** — permissões governamentais para emitir uma quantidade definida de GEE para a atmosfera.
2. **CRÉDITOS DE CARBONO** — projetos que tenham removido uma unidade de GEE da atmosfera ou resultem em evitar a emissão de GEE para a atmosfera.



Preço Carbono durante vigência PK

Mercado extremamente volátil diante das incertezas em torno da implementação dos acordos internacionais.

Preço em US\$/tCO₂e:

Jun 08: 29,00 (inicio I periodo PK)

Nov 09: 12,29

Out 10: 13,69

Set 11: 11,84

Jun 12: 3,75 (final I periodo PK)

Mai 13: 3,54 (inicio II periodo PK)

Jan 14: 6,11

Out 15 : 8,71 (antecede Acordo Paris)

Jul 16: 4,43

Ago 17: 5,94

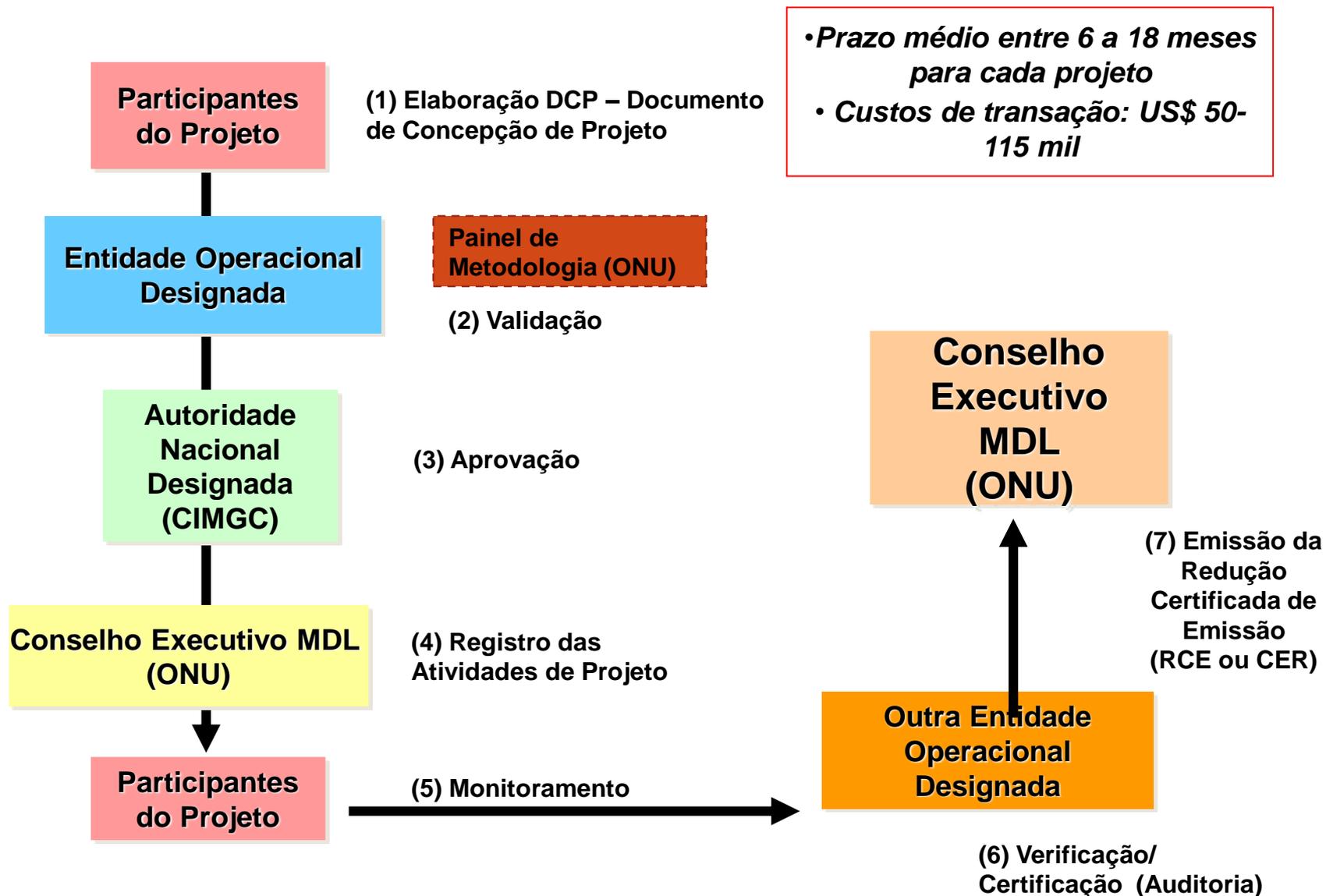
Nov 18: 15,62

Mai 19: 25,50

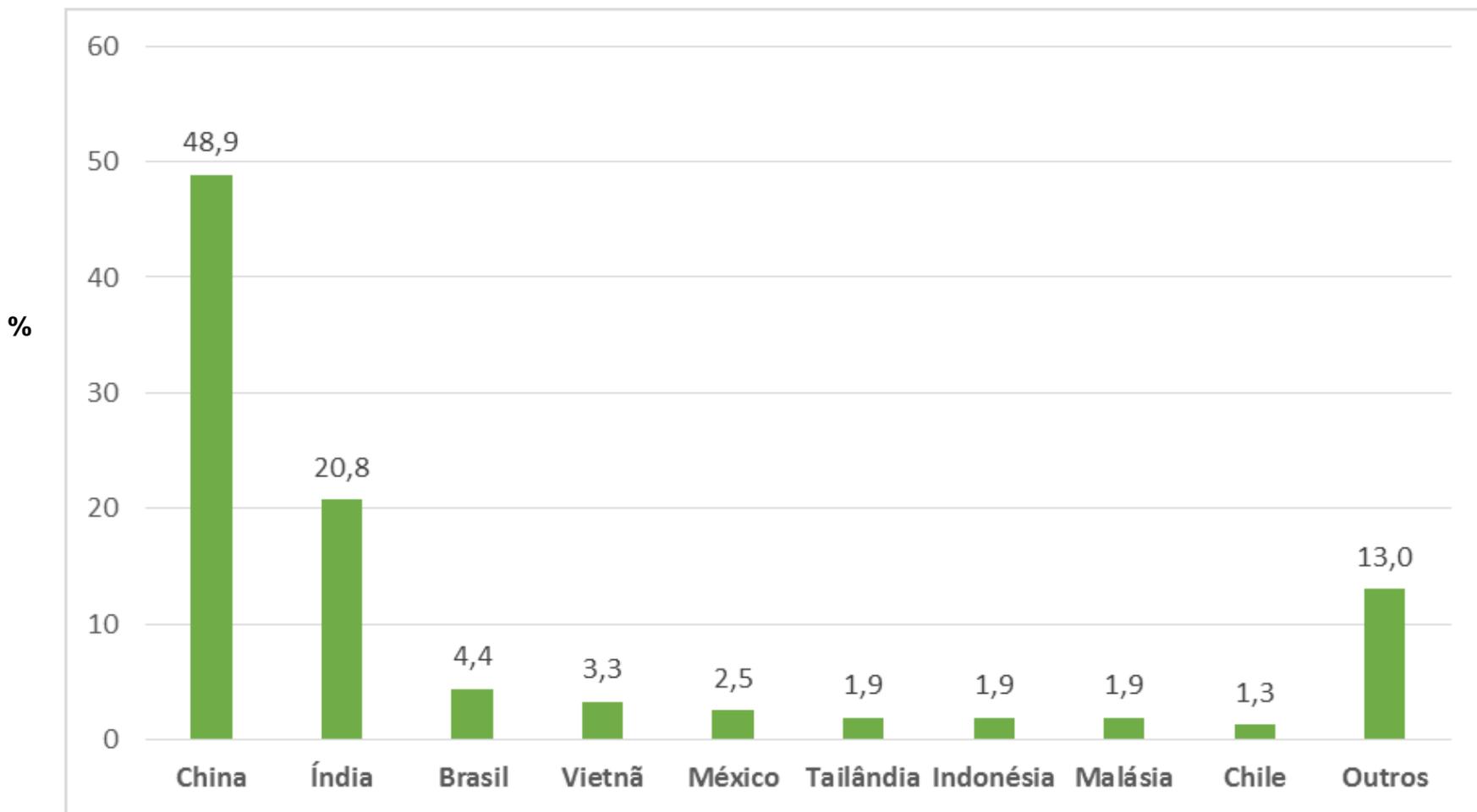
Dez 20: 32,37 (final II periodo PK)

Fonte: investing.com

Ciclo de Projeto MDL

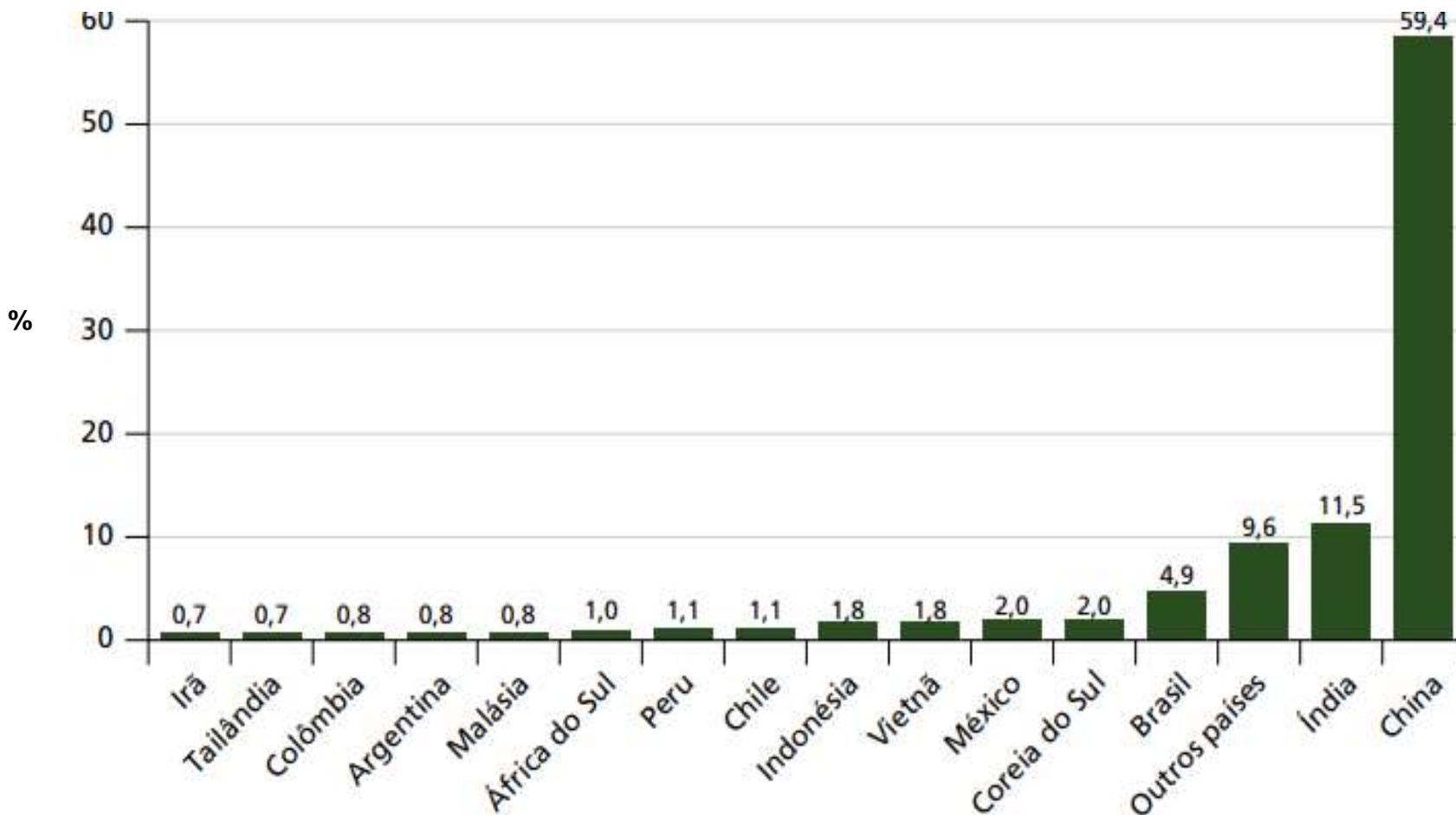


MDL no Mundo: distribuição por países



Fonte: MCTI

MDL no Mundo: potencial de redução anual de GEE



Fonte: MCTI

MDL no Brasil: distribuição por setor

| Tipos de atividades de projeto | Atividades de projeto do MDL | | Redução estimada de emissão de GEEs | |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| | Quantidade | Percentual em relação ao total | tCO ₂ e | Percentual em relação ao total |
| Hidrelétrica ¹ | 94 | 27,5 | 138.473.415 | 36,5 |
| Biogás ² | 63 | 18,4 | 24.861.823 | 6,5 |
| Usina eólica | 57 | 16,7 | 44.306.593 | 11,7 |
| Gás de aterro | 52 | 15,2 | 91.367.345 | 24,1 |
| Biomassa energética | 41 | 12,0 | 16.091.394 | 4,2 |
| Substituição de combustível fóssil | 9 | 2,6 | 2.664.006 | 0,7 |
| Metano evitado ³ | 9 | 2,6 | 8.627.473 | 2,3 |
| Decomposição de N ₂ O | 5 | 1,5 | 44.660.882 | 11,8 |
| Utilização e recuperação de calor | 4 | 1,2 | 2.986.000 | 0,8 |
| Reflorestamento e florestamento | 3 | 0,9 | 2.408.842 | 0,6 |
| Uso de materiais | 1 | 0,3 | 199.959 | 0,1 |
| Energia solar fotovoltaica | 1 | 0,3 | 6.594 | 0,0 |
| Eficiência energética | 1 | 0,3 | 382.214 | 0,2 |
| Substituição de SF ₆ | 1 | 0,3 | 1.923.005 | 0,5 |
| Redução e substituição de PFC | 1 | 0,3 | 802.860 | 0,2 |
| Total | 342 | 100,0 | 379.762.405 | 100,0 |

Solar PV CDM projects by year and total CDM projects by region

| Years | Africa | Asia & Pacific | Latin America | Middle-East | Total |
|---------------------|------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| 2006 | 1 | 1 | | | 2 |
| 2008 | | 1 | | | 1 |
| 2009 | | 9 | | 1 | 10 |
| 2010 | | 9 | | | 9 |
| 2011 | | 21 | | 3 | 24 |
| 2012 | 5 | 225 | 16 | 6 | 252 |
| 2013 | | 18 | 1 | | 19 |
| 2014 | | 15 | | | 15 |
| 2015 | 1 | 5 | 1 | 1 | 8 |
| 2016 | 4 | 7 | | | 11 |
| 2017 | 1 | 9 | | | 10 |
| 2018 | 1 | 1 | | | 2 |
| 2019 | 6 | 6 | 4 | | 16 |
| 2021 | | | 3 | | 3 |
| Solar PV CDM | 19 | 327 | 25 | 11 | 382 |
| CDM Total | 223 | 6430 | 1014 | 93 | 7833 |

Source: Fenhann and Schletz (2022)

Number and capacity of solar PV CDM projects and energy capacity of the total CDM projects and installed capacity and production of solar PV in Latin America

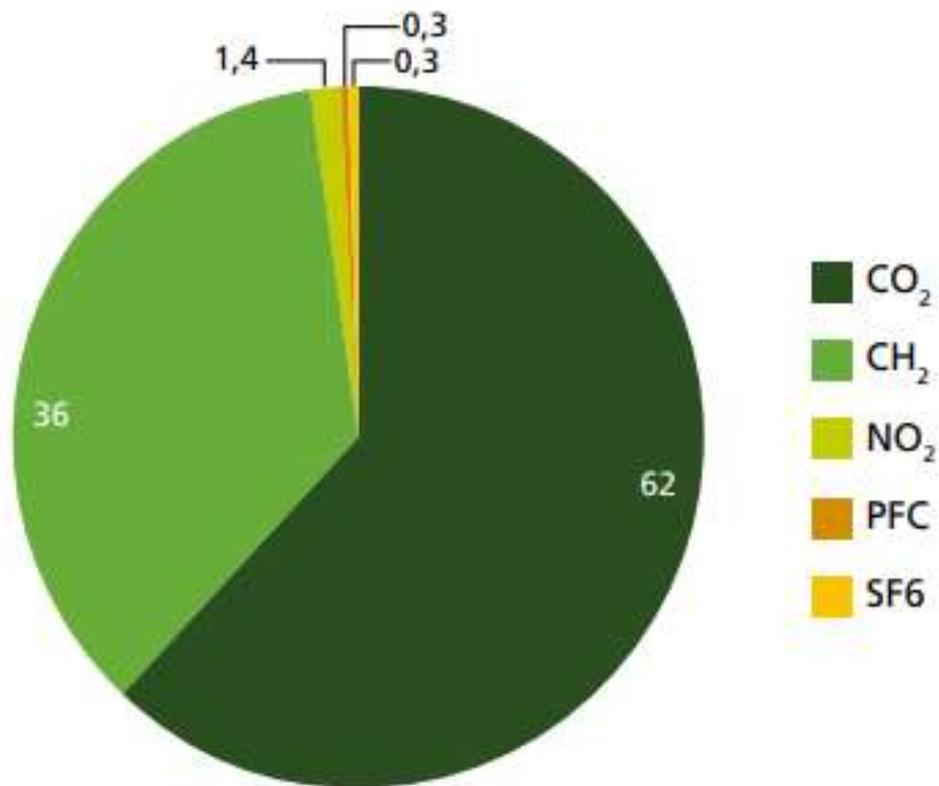
| Countries | Solar PV CDM Projects | Total CDM Projects | Capacity of Solar PV CDM Projects (MW) | Energy Capacity of Total CDM Projects (MW) | Installed Capacity of Solar PV (MW) in 2020 | Solar PV Energy Production (GWh) in 2019 |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|---|---|--|---|
| Argentina | 2 | 46 | 20.0 | 1082.53 | 761 | 801 |
| Brazil | 1 | 344 | 3.0 | 17761.32 | 7879 | 6665 |
| Chile | 14 | 110 | 604.2 | 3454.11 | 3106 | 6419 |
| Dominican Republic | 2 | 14 | 111.5 | 507.57 | 267 | 360 |
| Ecuador | 1 | 33 | 50.0 | 1451.87 | 28 | 38 |
| Peru | 5 | 61 | 96.0 | 3036.95 | 331 | 823 |
| Latin America | 25 | 1014 | 884.7 | 36994.66 | 14964^a | 19031^a |

Source: Fenhann and Schletz (2022) and IRENA (2021).

Note: (a) South America, Central America and the Caribbean.

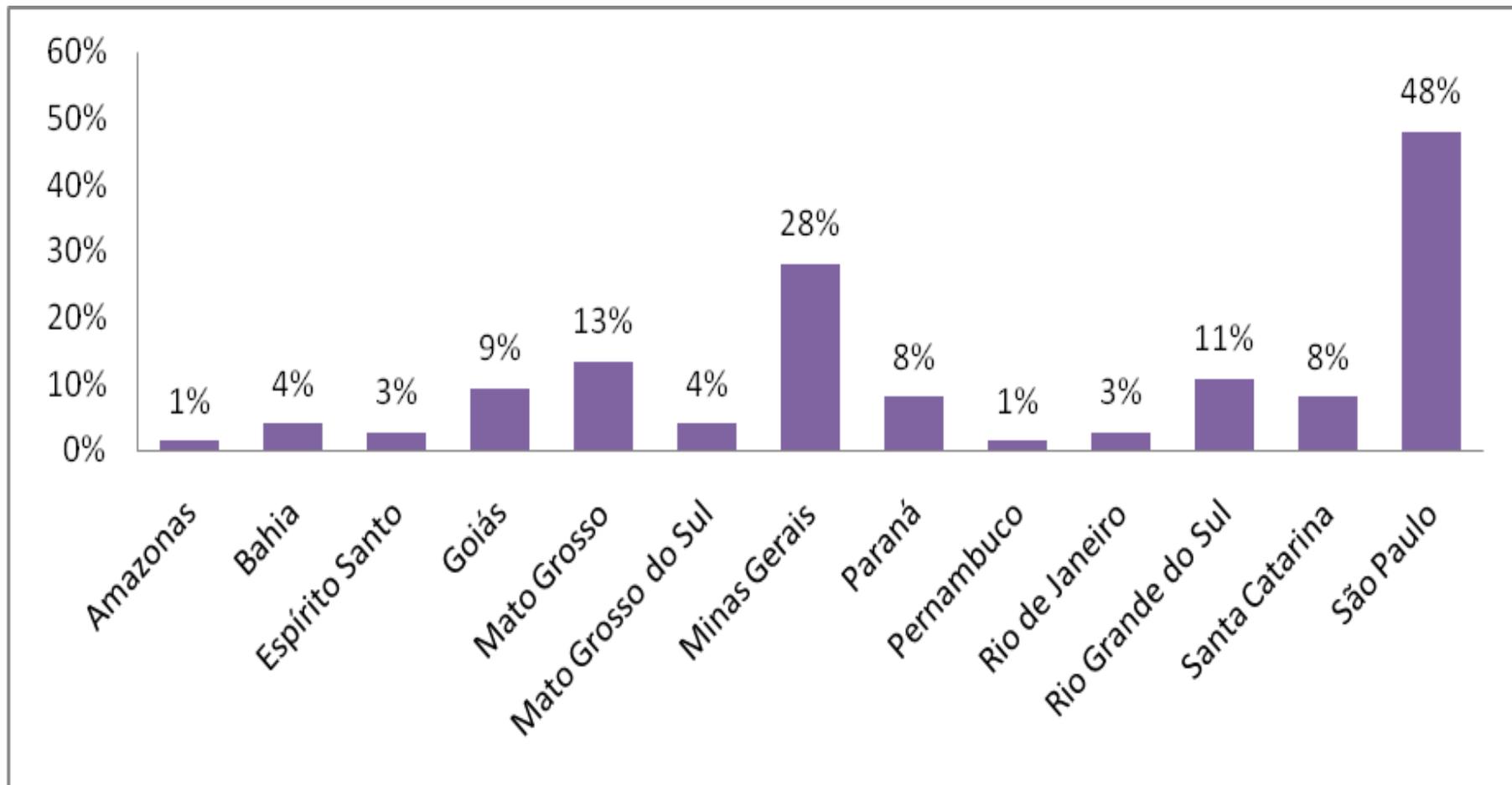
MDL no Brasil : distribuição por tipo de GEE

(Em %)



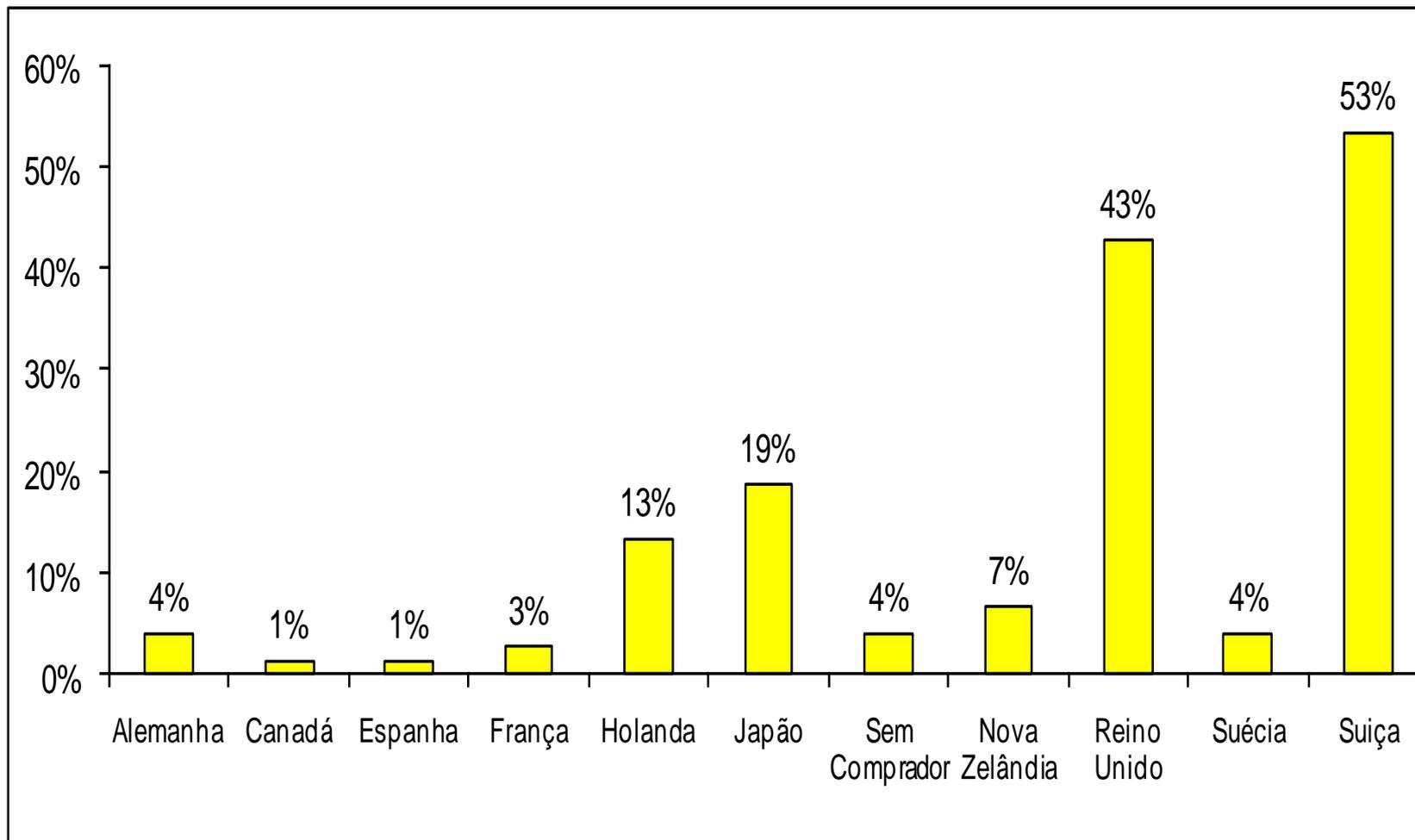
Fonte: MCTI

Participação do Estados Brasileiros no Desenvolvimento de Projetos de MDL



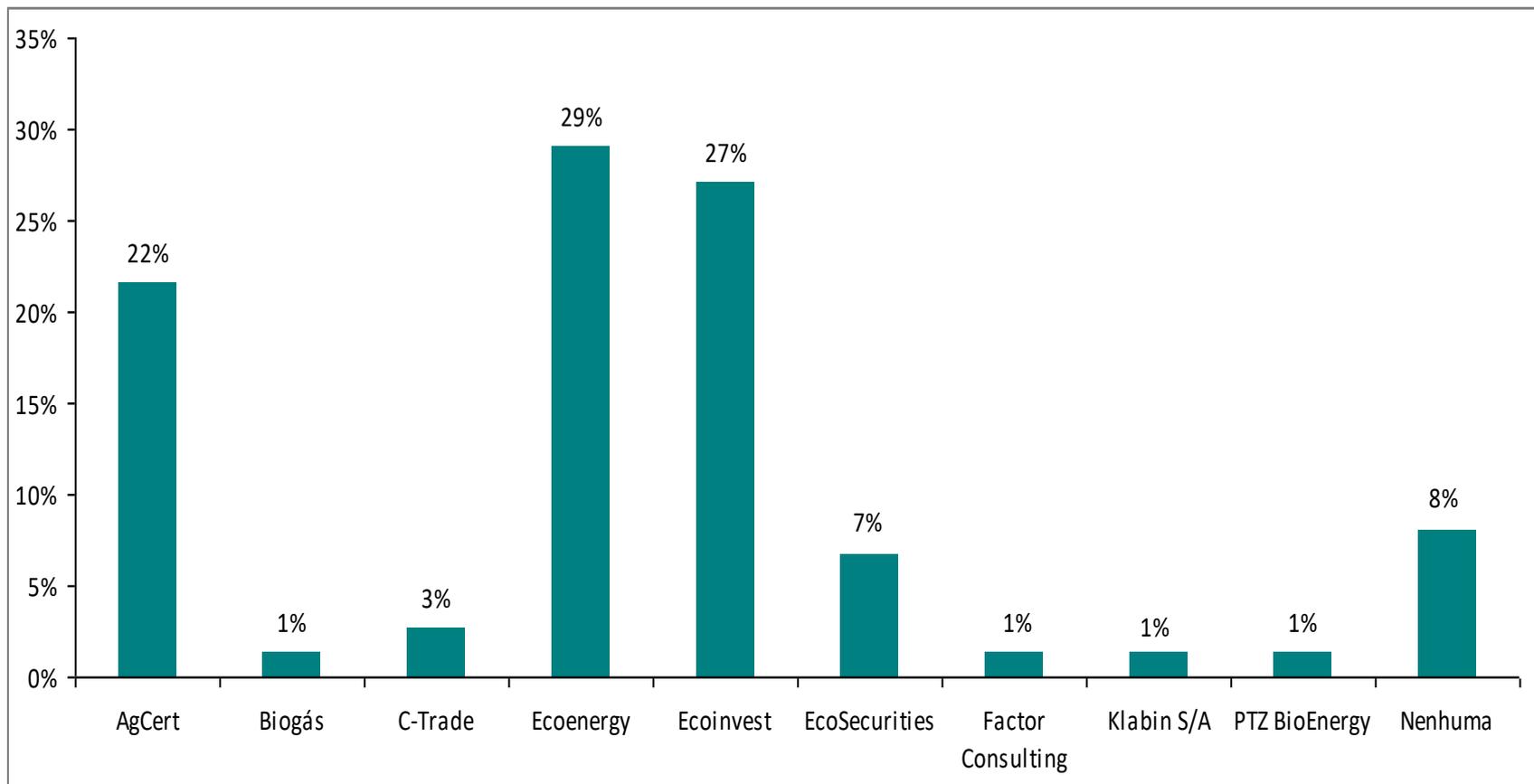
Fonte: MCTI

MDL no Brasil : Nacionalidade dos Compradores de Créditos de Carbono



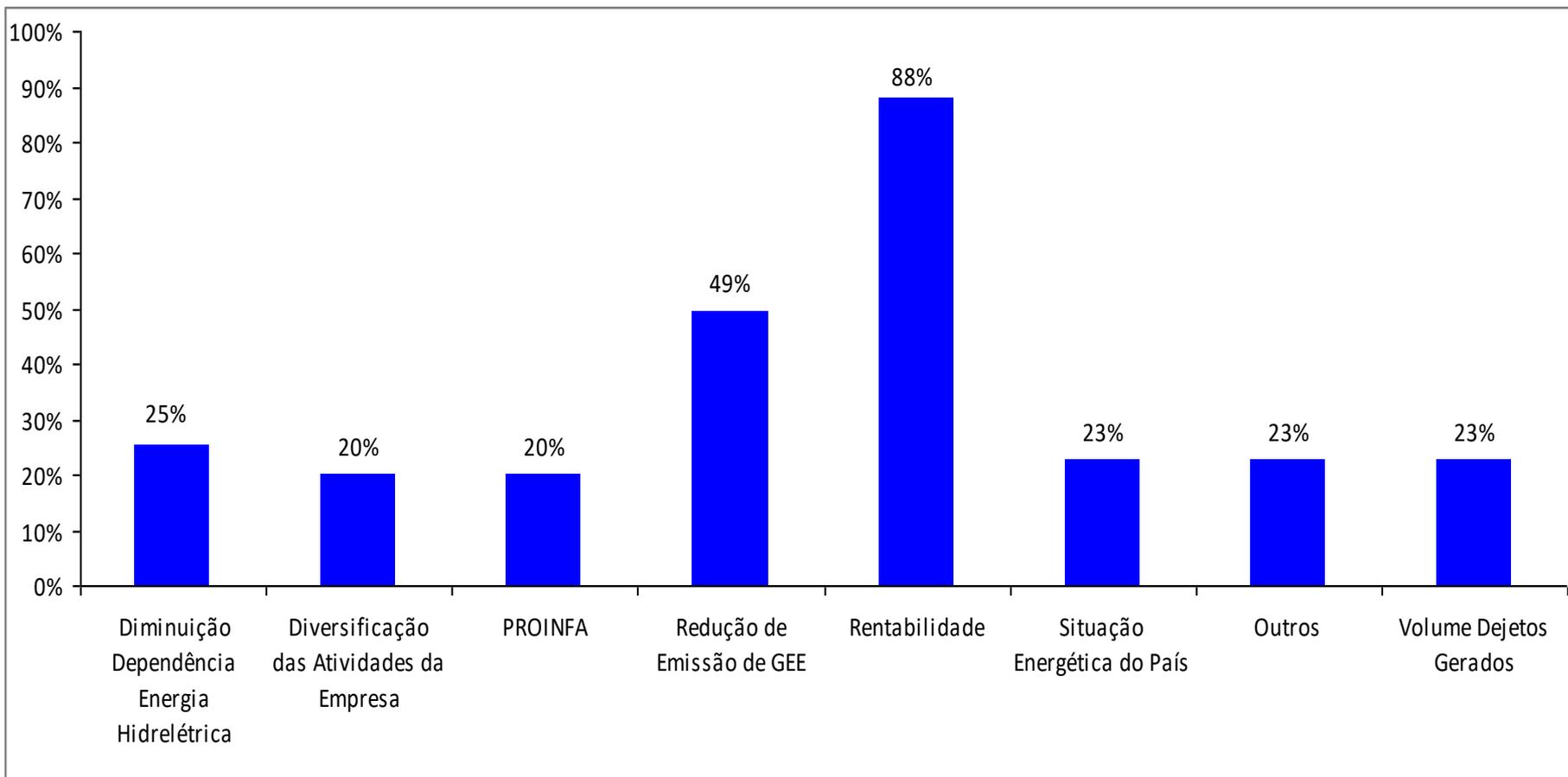
Fonte: MCTI

Consultorias Contratadas para Desenvolvimento Projetos de MDL



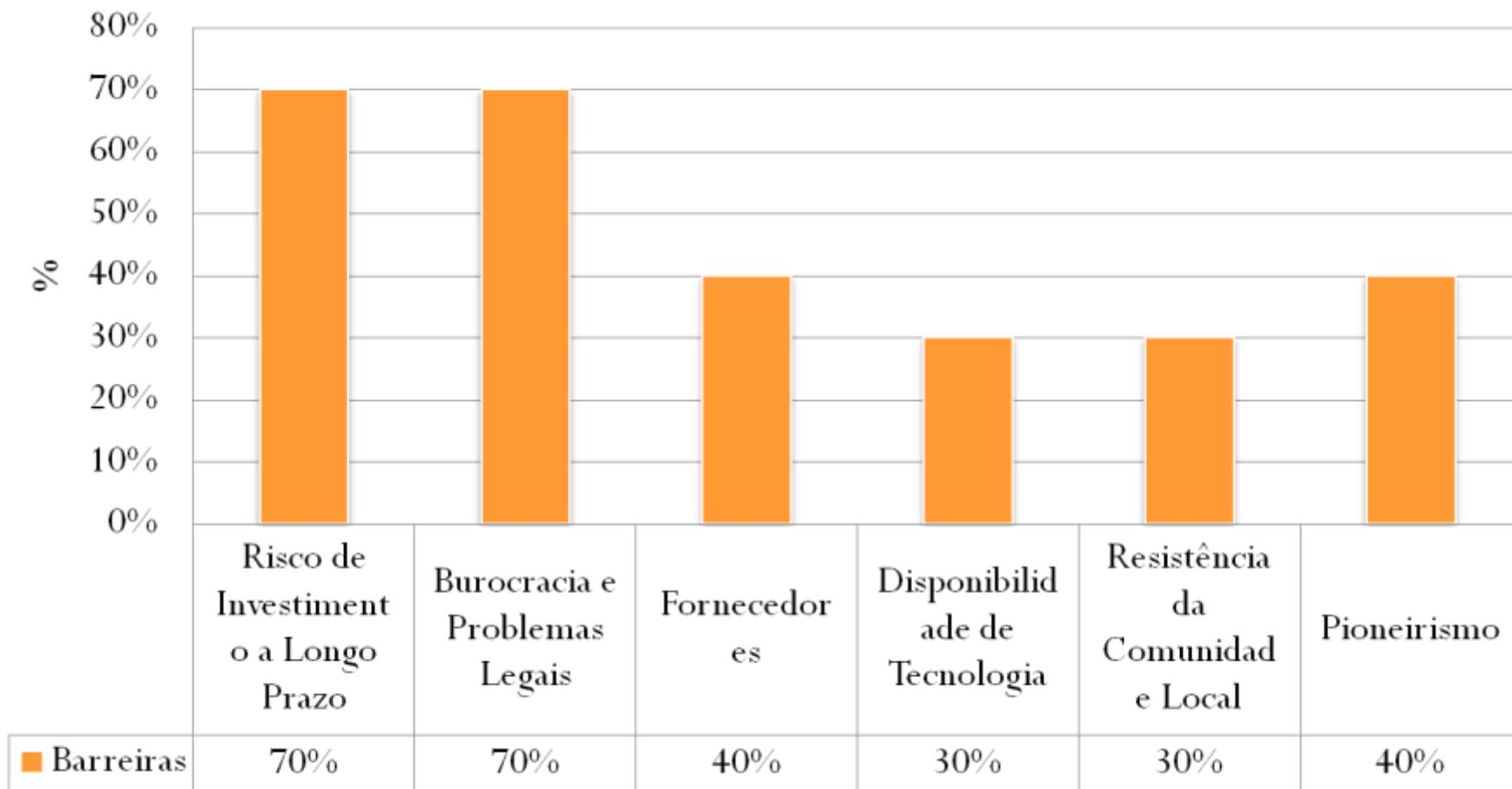
Fonte: MCTI

Motivações para Desenvolvimento de Projetos de MDL no Brasil



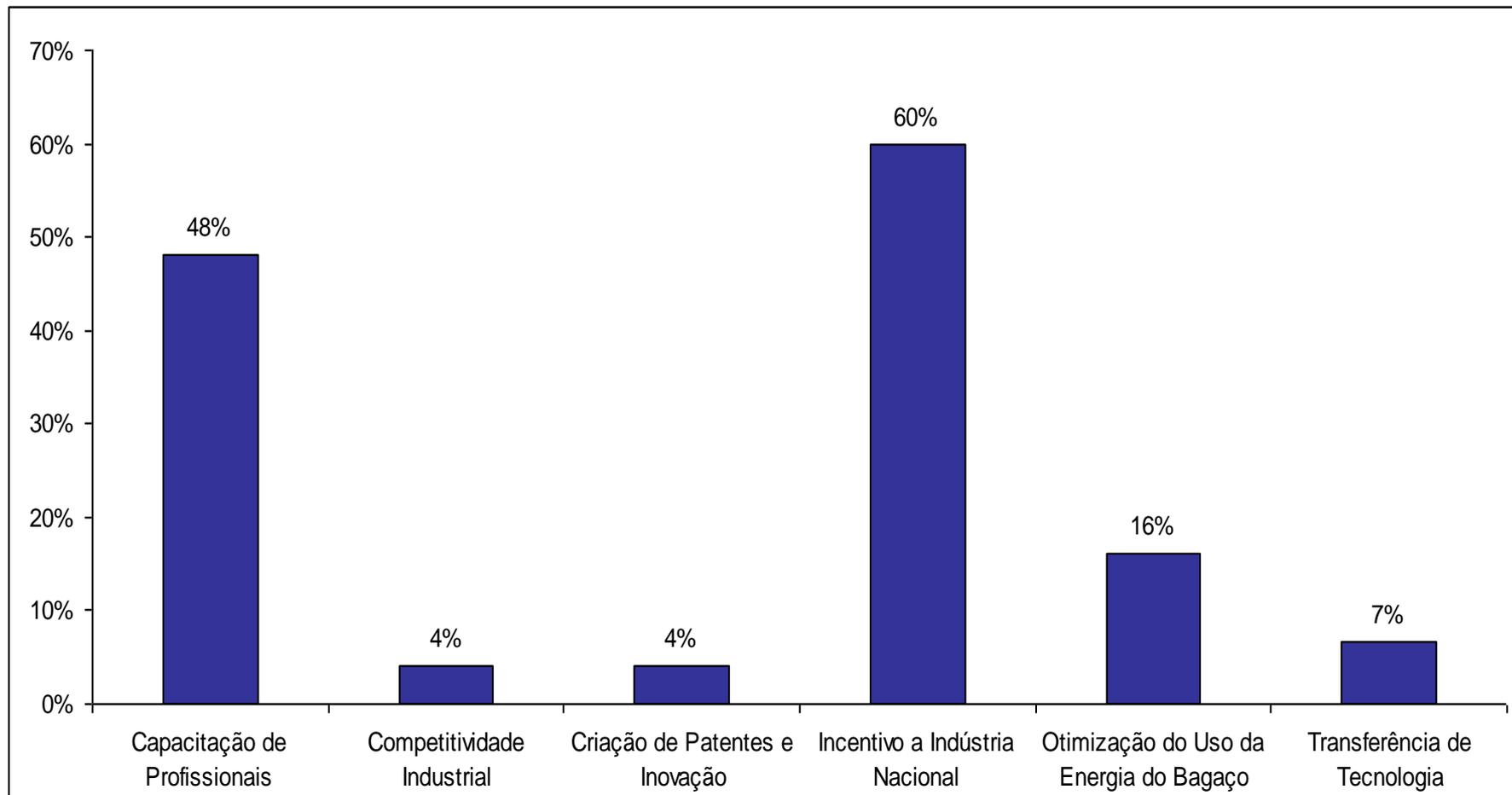
Fonte: MCTI

Barreiras Enfrentadas para Desenvolvimento de Projetos de MDL



Fonte: MCTI

Benefícios Tecnológicos Gerados pelos Projetos de MDL no Brasil



Fonte: MCTI

Exemplos de Projetos de MDL no Brasil

Parque Eólico – Rosa dos Ventos - CE

Aterro Sanitário – Vega/Battre - BA

Usina Hidrelétrica – Votorantim - BA

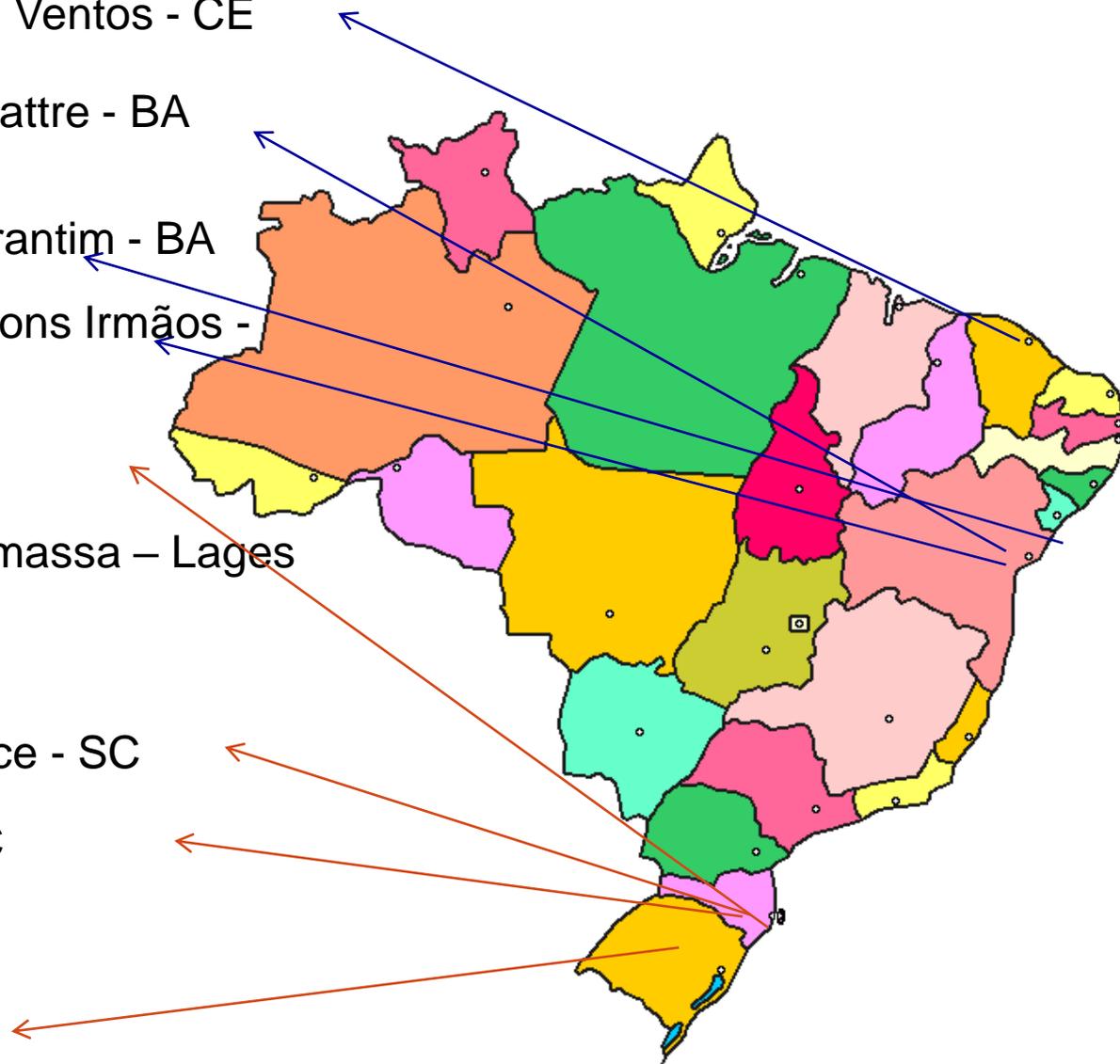
Suinocultura – Fazenda Bons Irmãos - BA

Cogeração de Energia Biomassa – Lages - SC

Parque Eólico – Agua Doce - SC

Suinocultura – Sadia - SC

PCH – Erval Seco - RS



Aterro Sanitário VEGA/Battre



Salvador/BA

Aterro Sanitário VEGA/Battre



Salvador/BA

Suinocultura – Bons Irmãos



Mata de São João/BA

Suinocultura – Bons Irmãos



Mata de São João/BA

Suinocultura – Bons Irmãos



Mata de São João/BA

Suinocultura – Bons Irmãos



Mata de São João/BA

Usina Hidrelétrica Votorantim



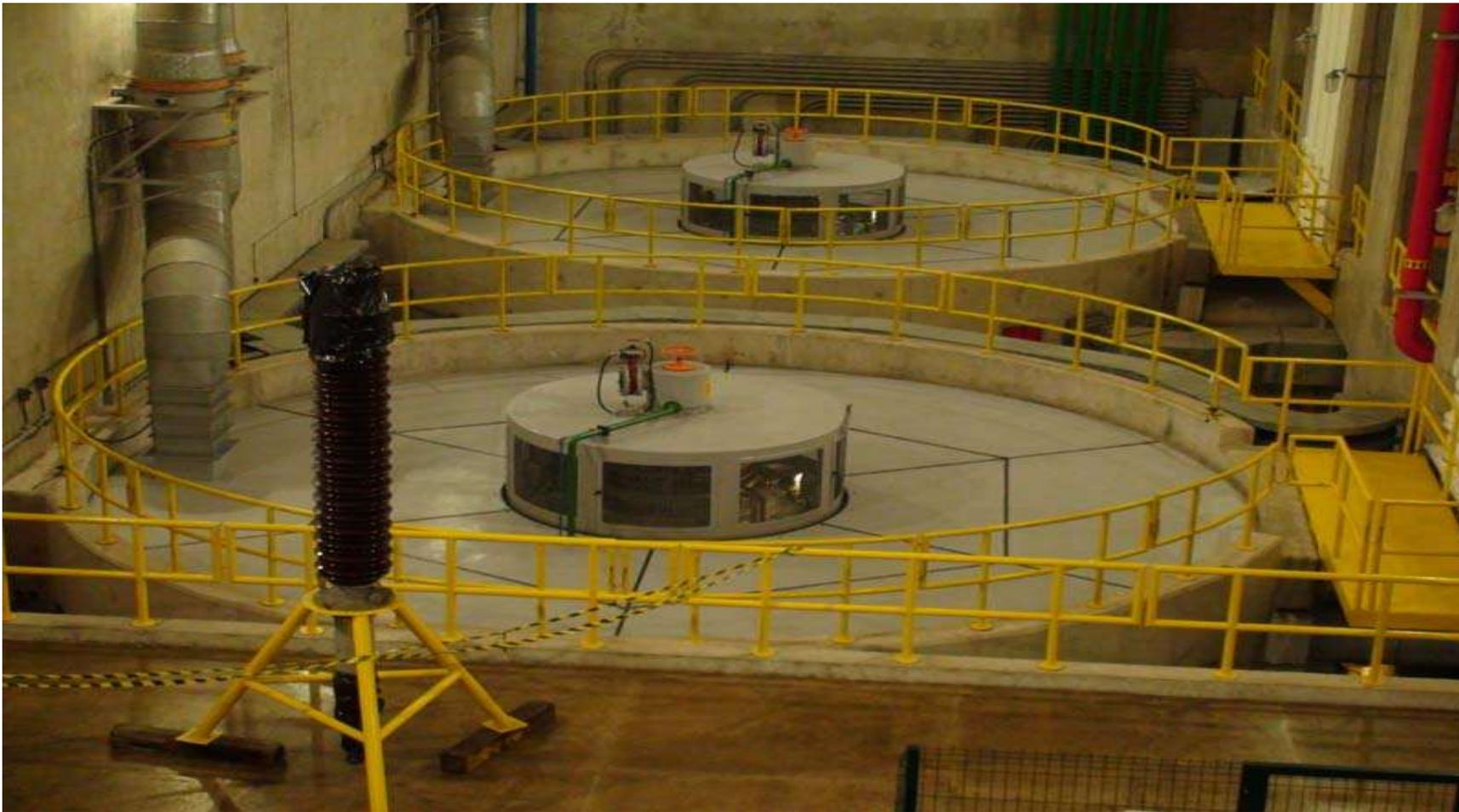
Cachoeira/BA

Usina Hidrelétrica Votorantim



Usina Hidrelétrica – Cachoeira/BA

Usina Hidrelétrica Votorantim



Cachoeira/BA

Projeto Biomassa Lages



Lages/SC

Projeto Biomassa Lages



Lages/SC

Projeto Biomassa Lages



Lages/SC

Projeto Biomassa Lages



Lages/SC

Parque Eolico – Agua Doce



Água Doce/SC

Parque Eólico Água Doce



Água Doce/SC

PCH Erval Seco



Erval Seco/RS

PCH Erval Seco



Erval Seco/RS

Suinocultura – Projeto Sadia



Programática –RS/SC/MT/MG/PR

Suinocultura – Projeto Sadia



Programática –RS/SC/MT/MG/PR

Parque Eolico – Rosa dos Ventos



Canoa Quebrada/CE

Parque Eolico – Rosa dos Ventos



Canoa Quebrada/CE

Parque Eolico – Rosa dos Ventos



Canoa Quebrada/CE

Parque Eolico – Rosa dos Ventos



Canoa Quebrada/CE

Parque Eolico – Rosa dos Ventos



Canoa Quebrada/CE

Parque Eolico – Canoa Quebrada



Canoa Quebrada/CE

Mecanismo substituto ao MDL?

Regulamentação do Artigo 6 do Acordo de Paris

- Finalização do conjunto de regras do Artigo 6.4 referente ao **Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável – MDS**:

“to contribute to the reduction of emissions levels in the host Party which will benefit from mitigation activities resulting in emission reductions that can also be used by another Party to fulfil its nationally determined contribution”.

- O MDS foi proposto pelo Brasil, em 2015, para dar continuidade ao **MDL** que gerou investimentos de **US\$ 32 bilhões** no Brasil em 15 anos, evitando a emissão de 124 milhões tCO₂e;
- Principais **desafios MDS/lições aprendidas com o MDL**:
 - reduzir os **altos prazos de aprovação e custos de transação**;
 - aperfeiçoar os critérios de **adicionalidade** e de definição de **linhas de base**;
 - reduzir o risco de **dupla contagem de redução de emissões**;
 - definir regras para **transição dos créditos gerados no MDL para o MDS** considerando que os períodos de créditos concedidos aos projetos **MDL** têm durações de **21 anos** nos escopos **não-florestais** e **60 anos** no escopo florestal.

Obrigado!

Comentários Adicionais?