

Transition énergétique et marché de l'électricité au Brésil: Les limites des règles actuelles de commercialisation pour le développement des renouvelables

Séminaire énergie-environnement

Groupe systèmes énergétiques - Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau

Université de Genève

Clarice Ferraz –

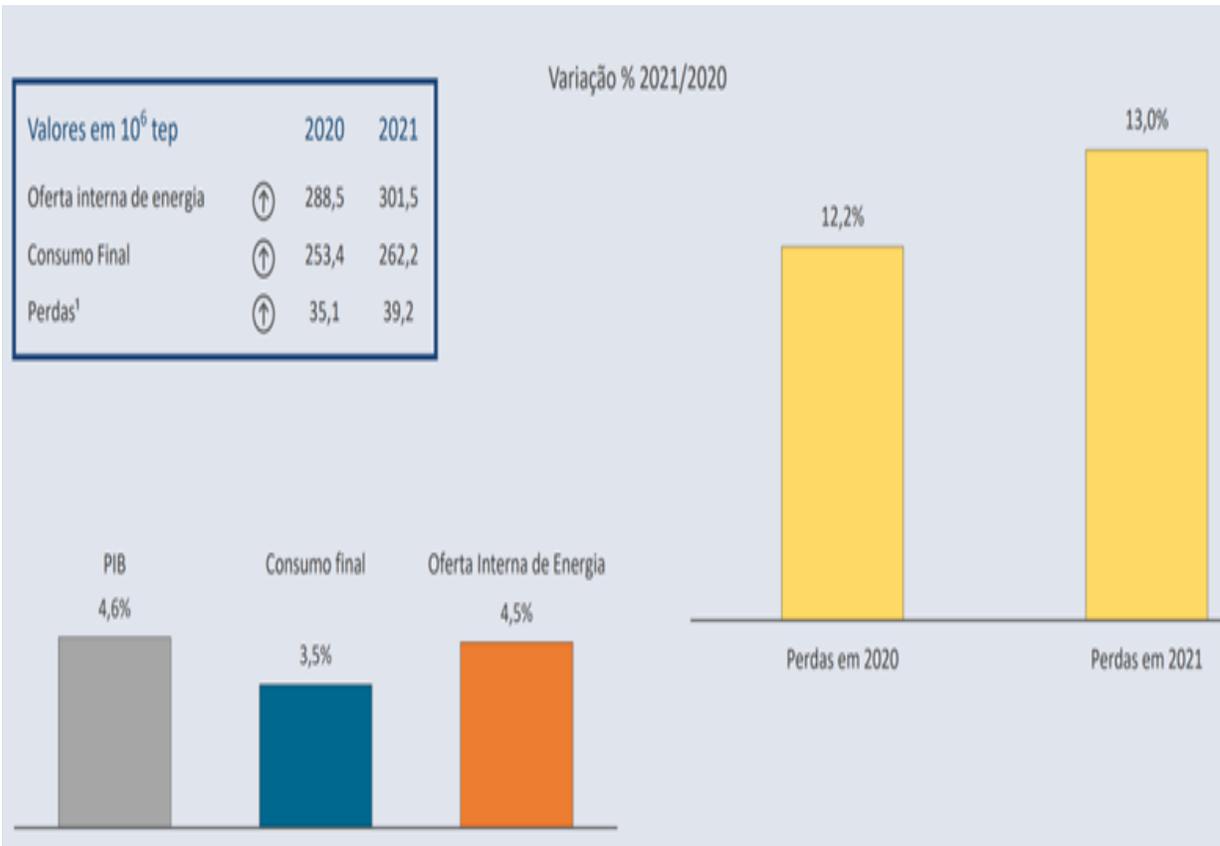
Université Fédérale de Rio de Janeiro

Plan de la Conférence

1. L'électricité au Brésil en quelques chiffres
2. La problématique – comment décarboner le secteur et maintenir l'accès à l'électricité à des prix abordables
3. Est-ce que la structure de marché se montre adéquate pour les objectifs de politique énergétique que tous les pays sont censés se fixer?
4. Remarques finales et questions

L'Electricité au Brésil en Quelques chiffres

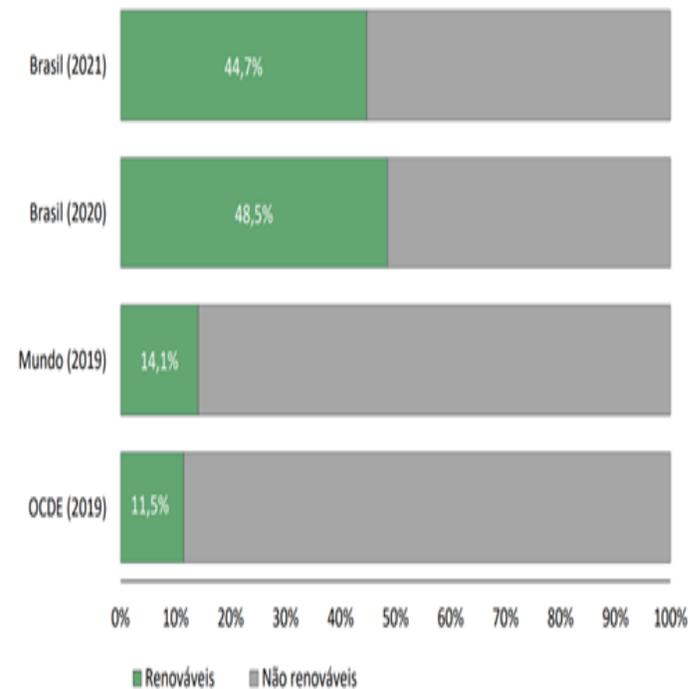
Offre Interne d'Énergie (2021/2020) : + 4,5



% Renováveis

Participação das renováveis na OIE

Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE) e EPE para o Brasil. Elaboração: EPE



L'offre interne d'énergie

RENOVÁVEIS ▶ 44,7%



Biomassa da Cana

16,4%



Hidráulica¹

11,0%



Lenha e Carvão Vegetal

8,7%



Outras renováveis

8,7%

NÃO RENOVÁVEIS ▶ 55,3%



Petróleo e derivados

34,4%



Gás Natural

13,3%



Carvão Mineral

5,6%



Urânio

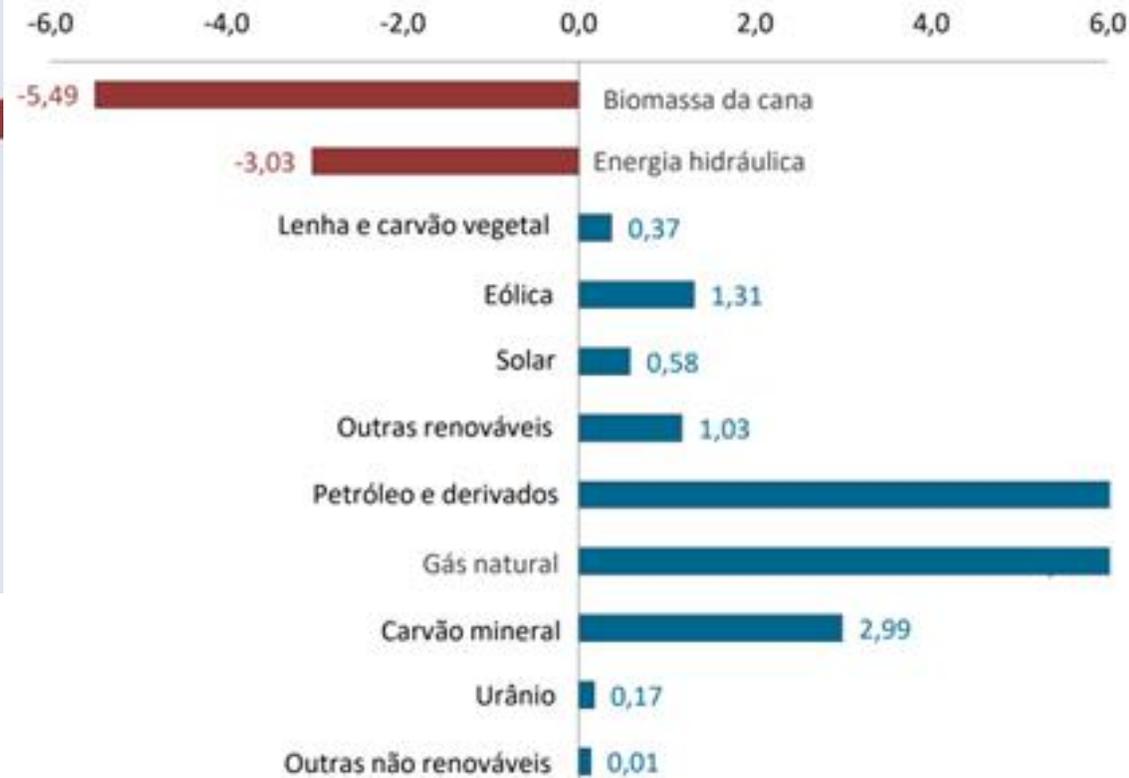
1,3%



Outras não renováveis

0,6%

Varição Mtep 2021/2020



Consumption

Transport + Industry: 65%



Transportes
32,5%



Indústrias
32,3%



Residências
10,9%



Setor Energético
9,5%



Agropecuária
5,0%



Serviços
4,8%

2021

262,1 Mtep

2020

253,4 Mtep

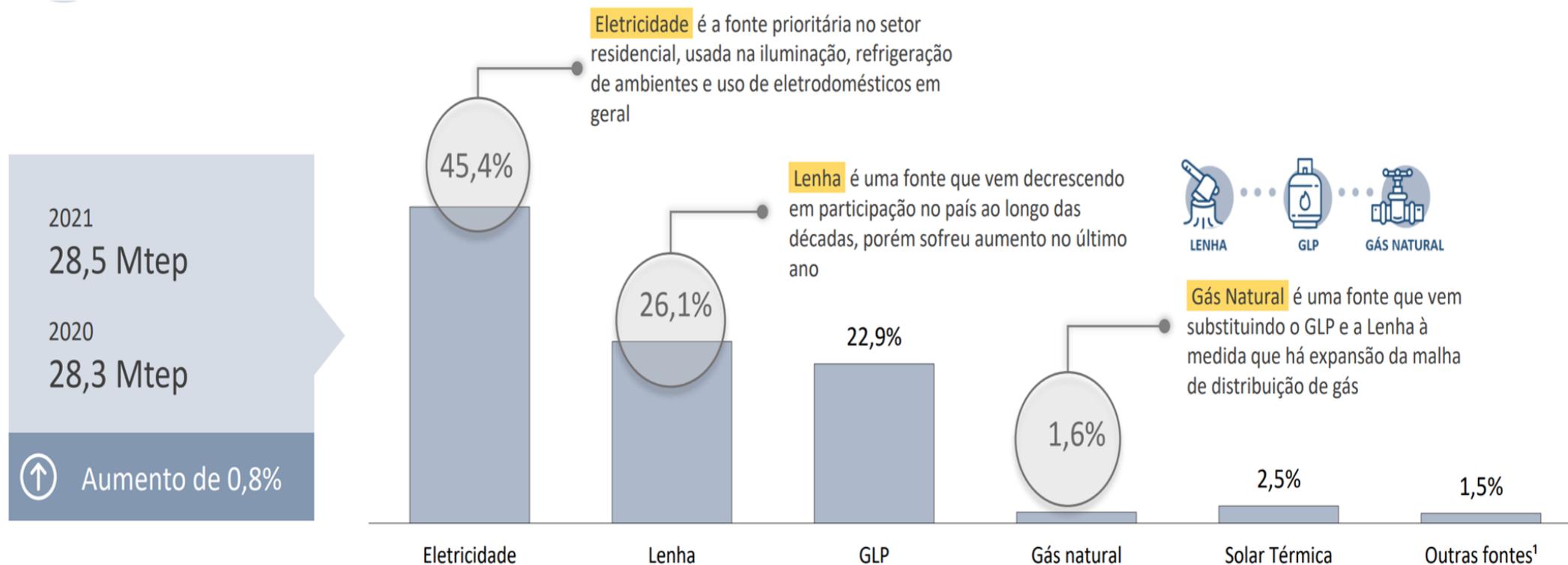


Aumento de 3,5%

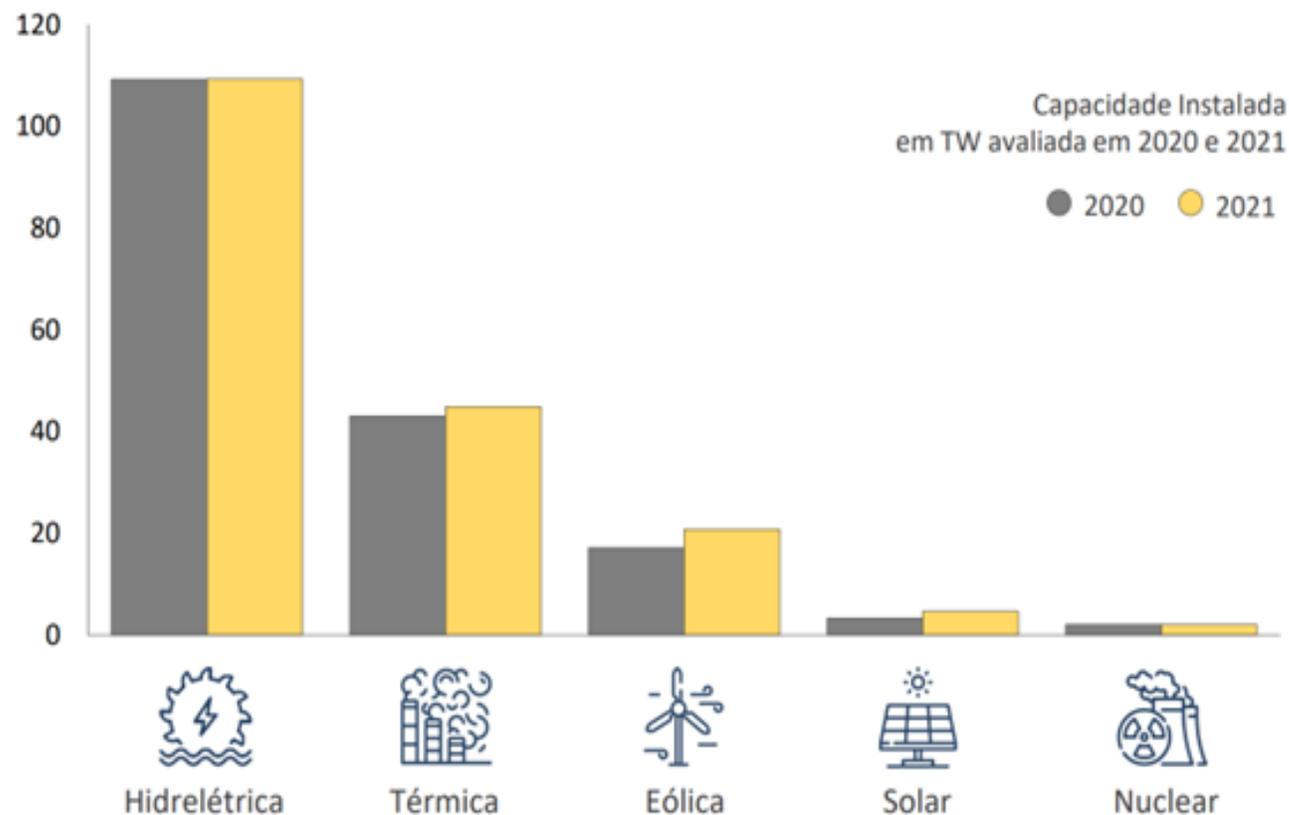


Uso não energético
5,1%

Consumption residential



Augmentation de la capacité installée (+3,5%)

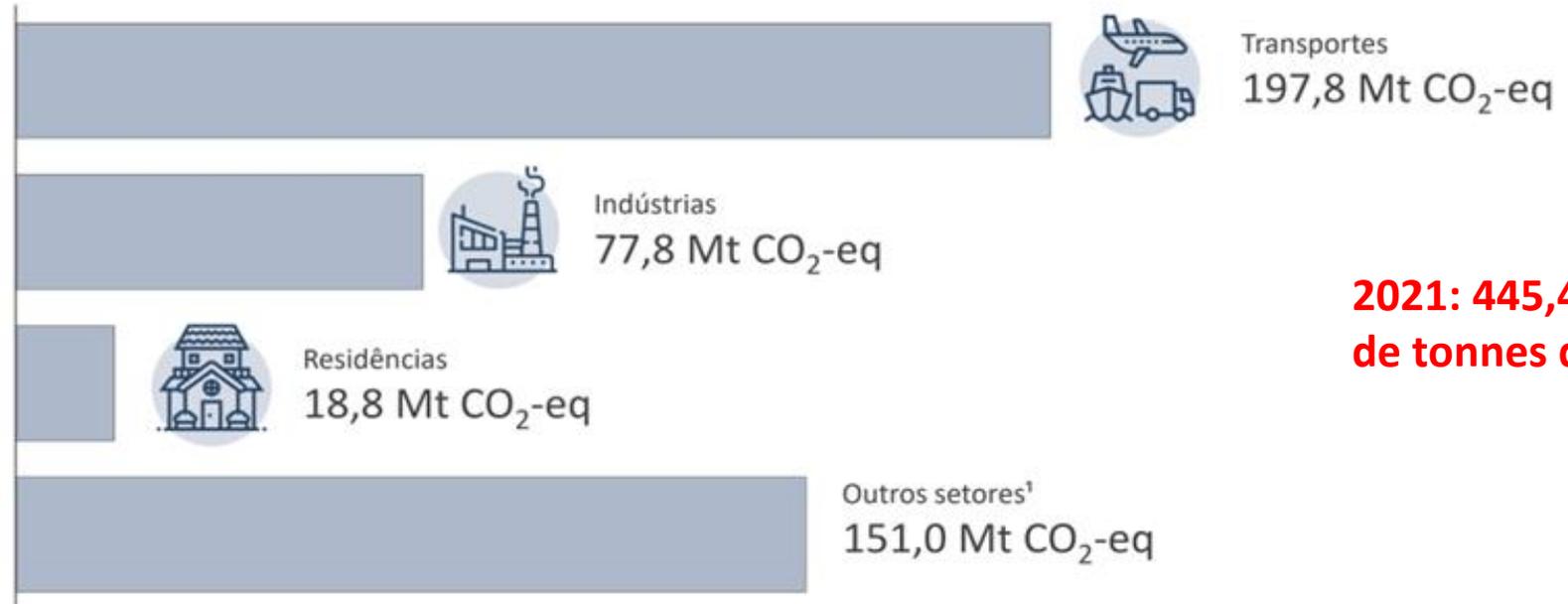


Varição da capacidade Instalada das fontes no parque gerador (GW)

Fonte	2020	2021	Δ 21/20
Hidrelétrica	109.271	109.350	0,1%
Térmica ²	43.057	44.866	4,2%
Eólica	17.131	20.771	21,2%
Solar	3.287	4.632	40,9%
Nuclear	1.990	1.990	0,0%
Capacidade disponível	174.737	181.610	3,9%

Les émissions polluantes

Emissões totais (2021) em Mt CO₂-eq



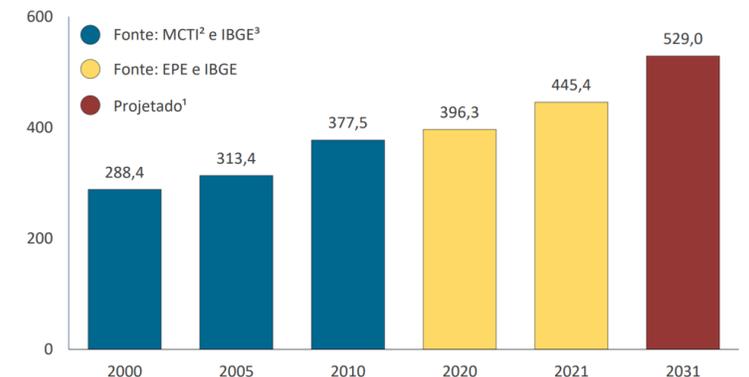
2021: 445,4 millions de tonnes de CO₂eq

2020
396,3 Mt CO₂-eq

2021
445,4 Mt CO₂-eq

↑ Aumento de 12,4%

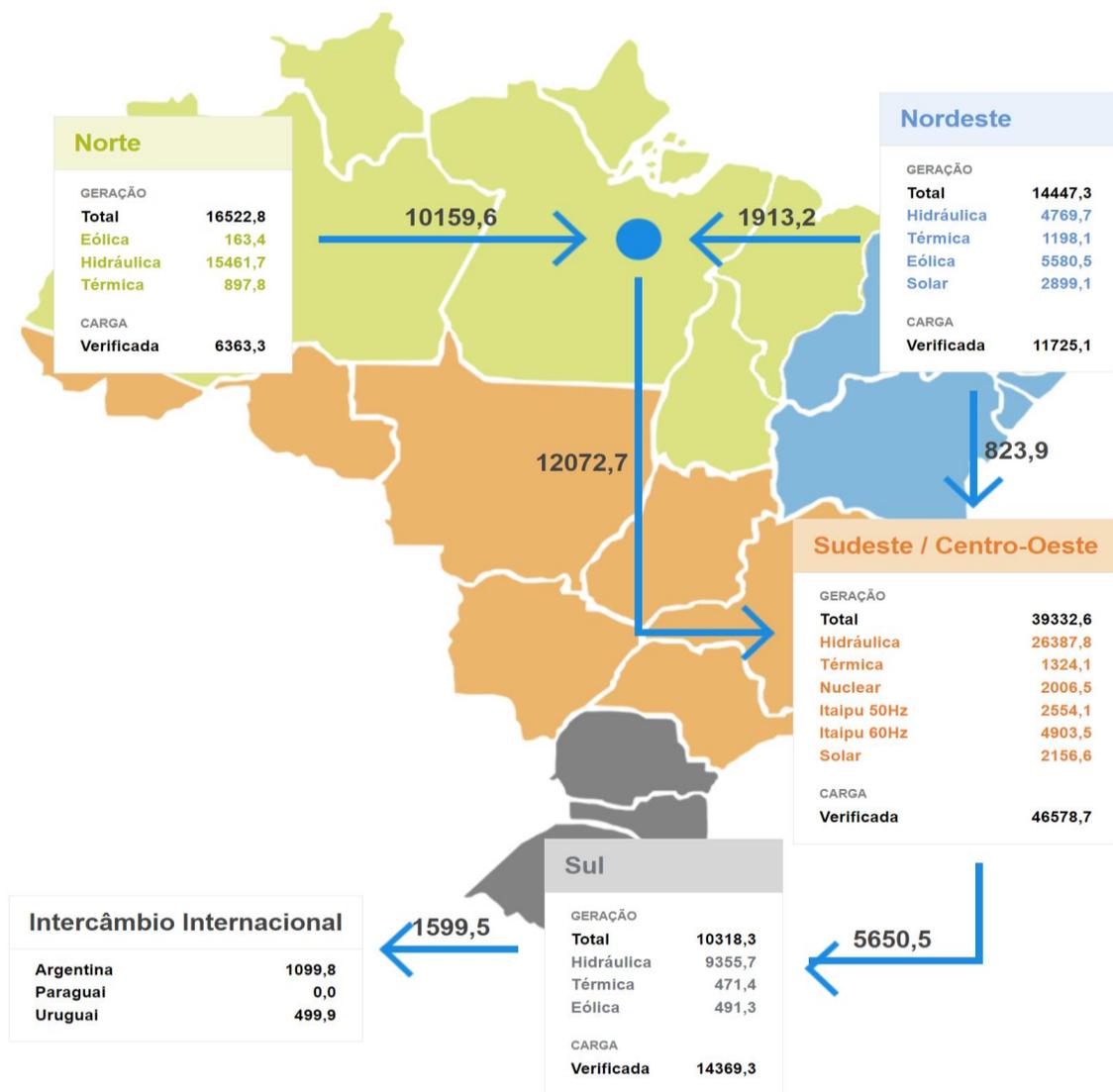
Crescimento das Emissões Totais (MtCO ₂ -eq)		
Indicador	Realizado	Projetado ¹
	2000 a 2021	2021 a 2031 ¹
Taxa média de crescimento anual	2,1%	1,7%



Quelques repères...

- En termes d'émissions par habitant, chaque Brésilien, produisant et consommant de l'énergie en 2021, a émis en moyenne 1,9 t CO₂-eq, soit l'équivalent de 13 % d'un Américain, 32 % d'un citoyen de l'Union européenne et 27 % chinois, selon les dernières données publiées par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour l'année 2019.
- L'intensité carbone de l'économie était de 0,14 kg CO₂/US\$ppp [2010]¹. Toujours sur la base des données de l'AIE de 2019, l'intensité carbone de l'économie brésilienne équivaut à 32 % de l'économie chinoise, 57 % de l'économie américaine et 95 % de l'économie de l'Union européenne.
- Pour chaque tep mise à disposition, le Brésil émet l'équivalent de 89% des émissions de l'Union Européenne, 65% des USA et 49% de la Chine.

Distribution de l'offre Interne d'électricité

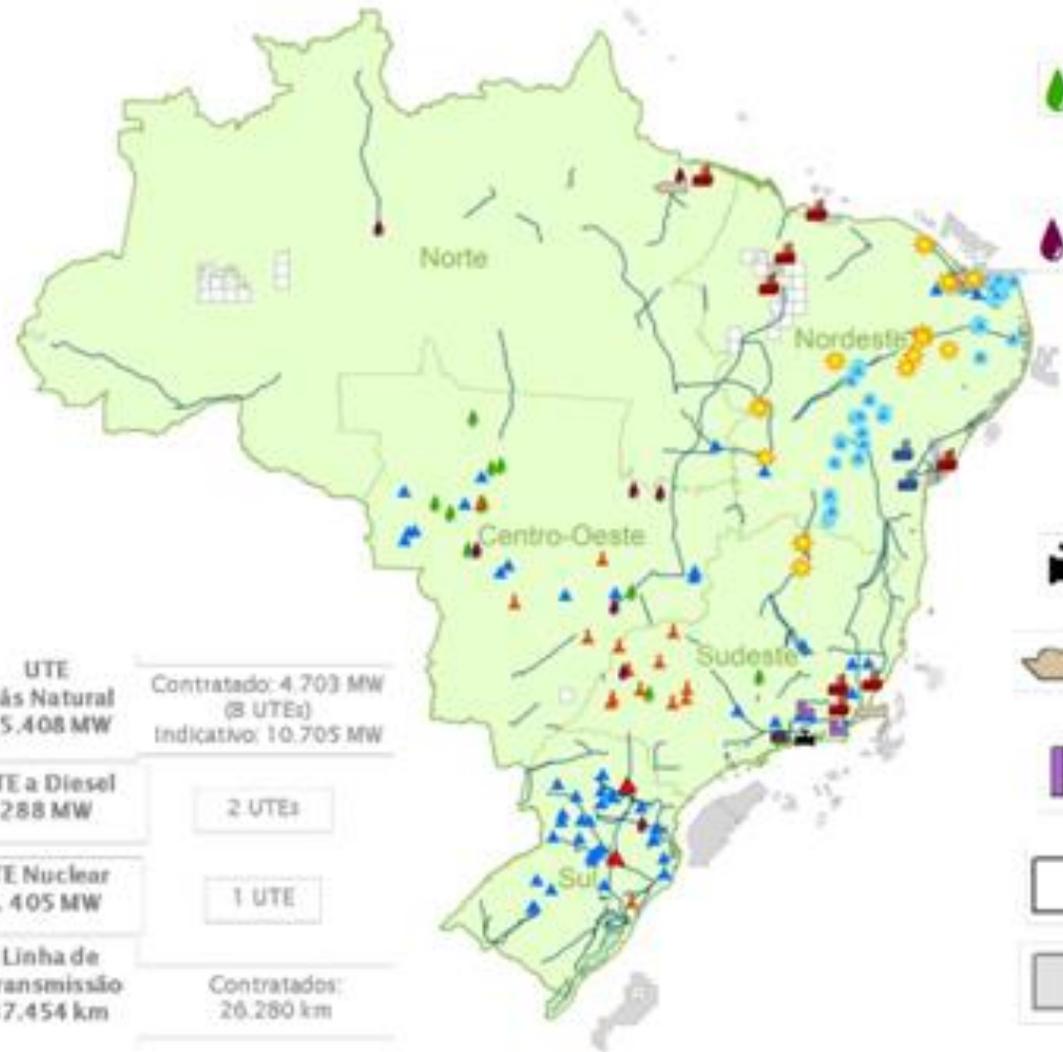


Offre interne d'électricité

- Croissance de l'offre domestique de 25,7 TWh (+3,9%) par rapport à 2020.
- **Le fait marquant a été la progression de la production à base de gaz naturel (+46,2%) .**
- La production hydraulique a diminué de 8,5 %, accompagnant la baisse des importations (-6,5 %), dont la principale origine est Itaipu.
- En revanche, la production éolienne a atteint 72 TWh, soit une croissance de 26,7 %. L'éolien atteint 20 771 MW, en croissance de 21,2 %.
- La production solaire atteint 16,8 TWh, ce qui représente une augmentation de 55,9 % par rapport à l'année précédente.
- La part des énergies renouvelables dans la matrice électrique s'est établie à 78,1 % en 2021.

La distribution des ressources électriques

Concentration des EnR sur la côte et de la biomasse au Centre-ouest



	UHE 4.477 MW	Contratado: 204 MW (2 UHEs) Indicativo: 4.273 MW
	PCH 2.246 MW	Contratado: 746 MW (57 PCHs) Indicativo: 1.500 MW
	Usinas Fotovoltaicas 5.475 MW	Contratado: 1.675 MW (48 usinas fotovoltaicas) Indicativo: 3.800 MW
	Eólica 16.488 MW	Contratado: 4.488 MW (140 parques eólicos) Indicativo: 12.000 MW
	UTE a Biomassa 1.095 MW	Contratado: 635 MW (15 UTEs) Indicativo: 460 MW

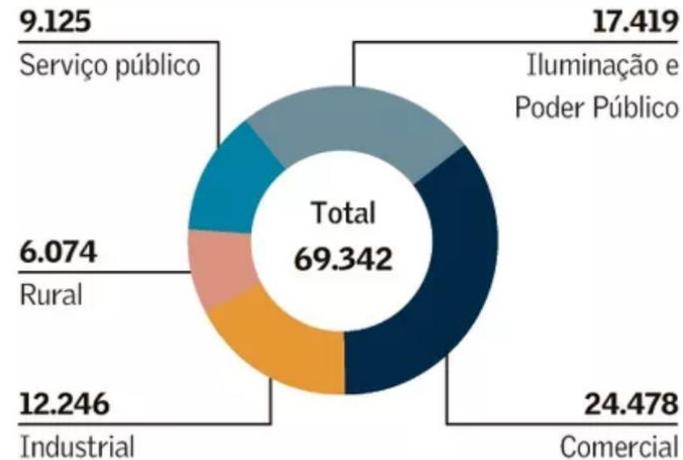
	UTE Gás Natural 15.408 MW	Contratado: 4.703 MW (8 UTEs) Indicativo: 10.705 MW
	UTE a Diesel 288 MW	2 UTEs
	UTE Nuclear 1.405 MW	1 UTE
	Linha de Transmissão 37.454 km	Contratados: 26.280 km

	Usina de Etanol 12 bilhões de litros	11 usinas planejadas e 22 usinas ampliadas
	Usina de Biodiesel 2,8 bilhões de litros	8 usinas planejadas e 6 usinas ampliadas
	Gasoduto de transporte	1 Gasoduto previsto: 11 km
	Terminal de GNL	2 Terminais de regaseificação previstos e 3 terminais indicativos
	UPGN	2 Unidades de Processamento de Gás Natural previstas e 1 UPGN indicativa
	Unidades Produtivas	242 UPs em áreas contratadas
	Unidades Produtivas da União	21 UPs em áreas não contratadas que pertencem à União

La commercialisation d'électricité

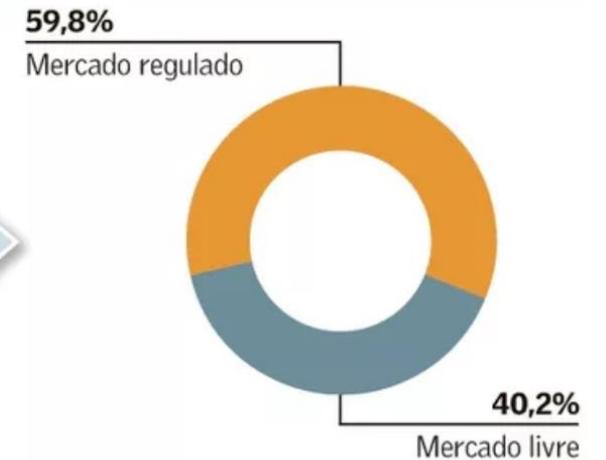
Marché libre
X
Marché régulé
("consommateurs captifs" – BT)

Autorizados a migrar



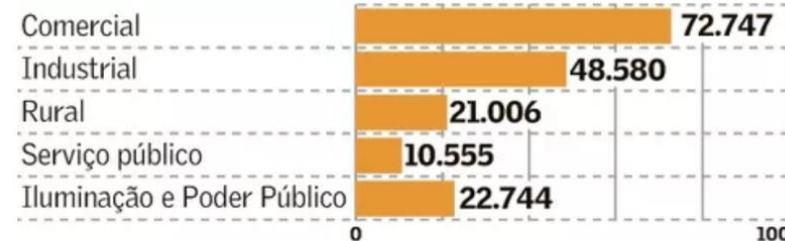
Acréscimo de **4.999 MW** médios para o mercado livre

Representatividade do consumo no SIN



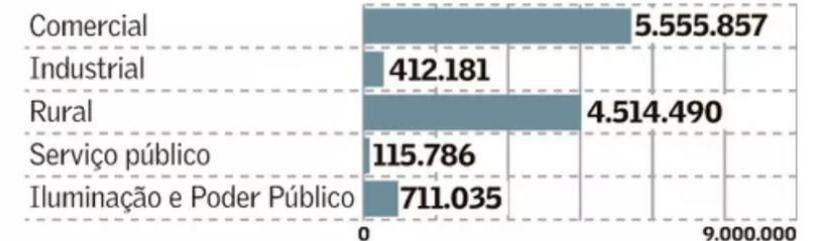
Potencial futuro de migrações

Grupo A - alta tensão



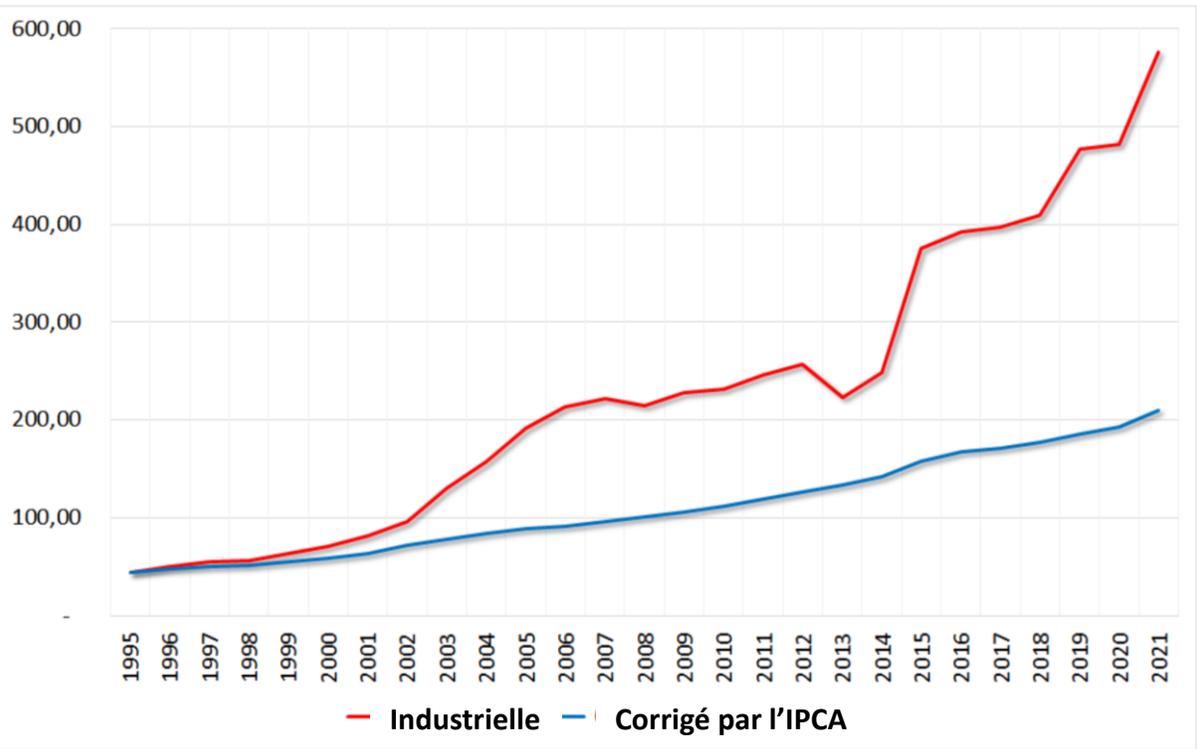
Total: 175.632

Grupo B - baixa tensão

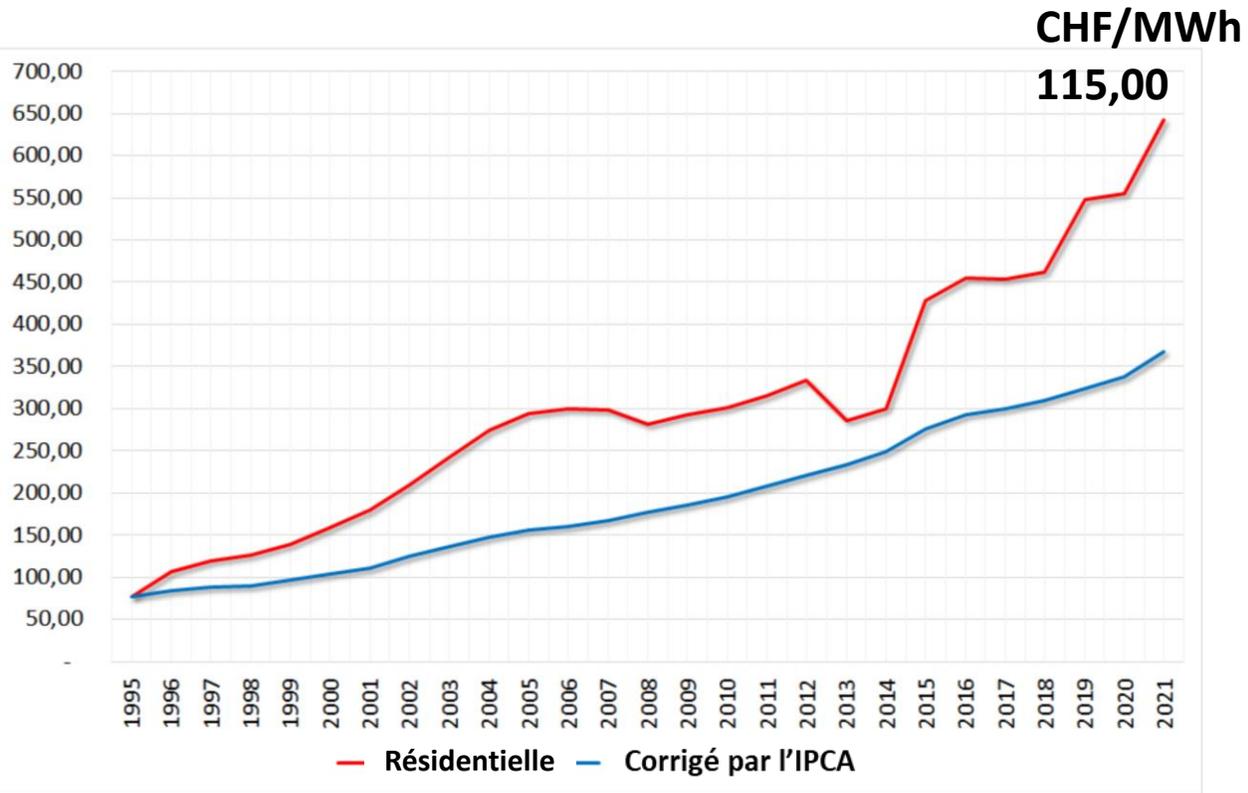


Total: 11.309.349

L'évolution des tarifs (R\$/MWh)



Selon l'AIE, en 2018 le tarif résidentiel brésilien était le 2ème plus cher au monde (PPA)

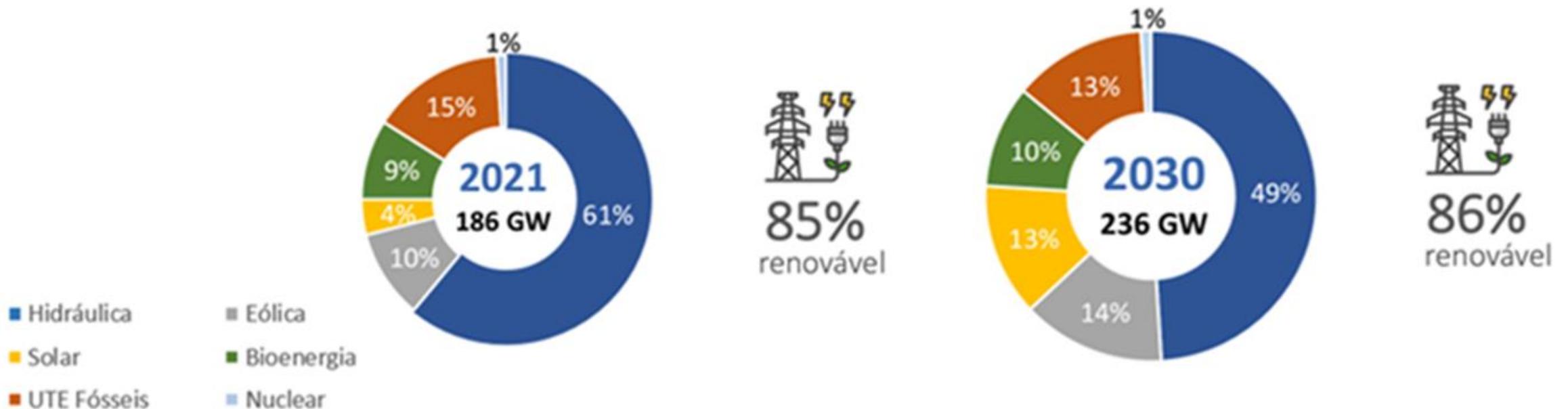


L'expansion de l'offre d'Electricité présentée par l'ancien gouvernement

... com a realização de reformas, contribuindo com a redução de gargalos ao crescimento e aumentando a competitividade nacional, em especial nos setores de serviços e indústria de construção e transformação, com destaque para o desempenho dos setores exportadores de *commodities*.

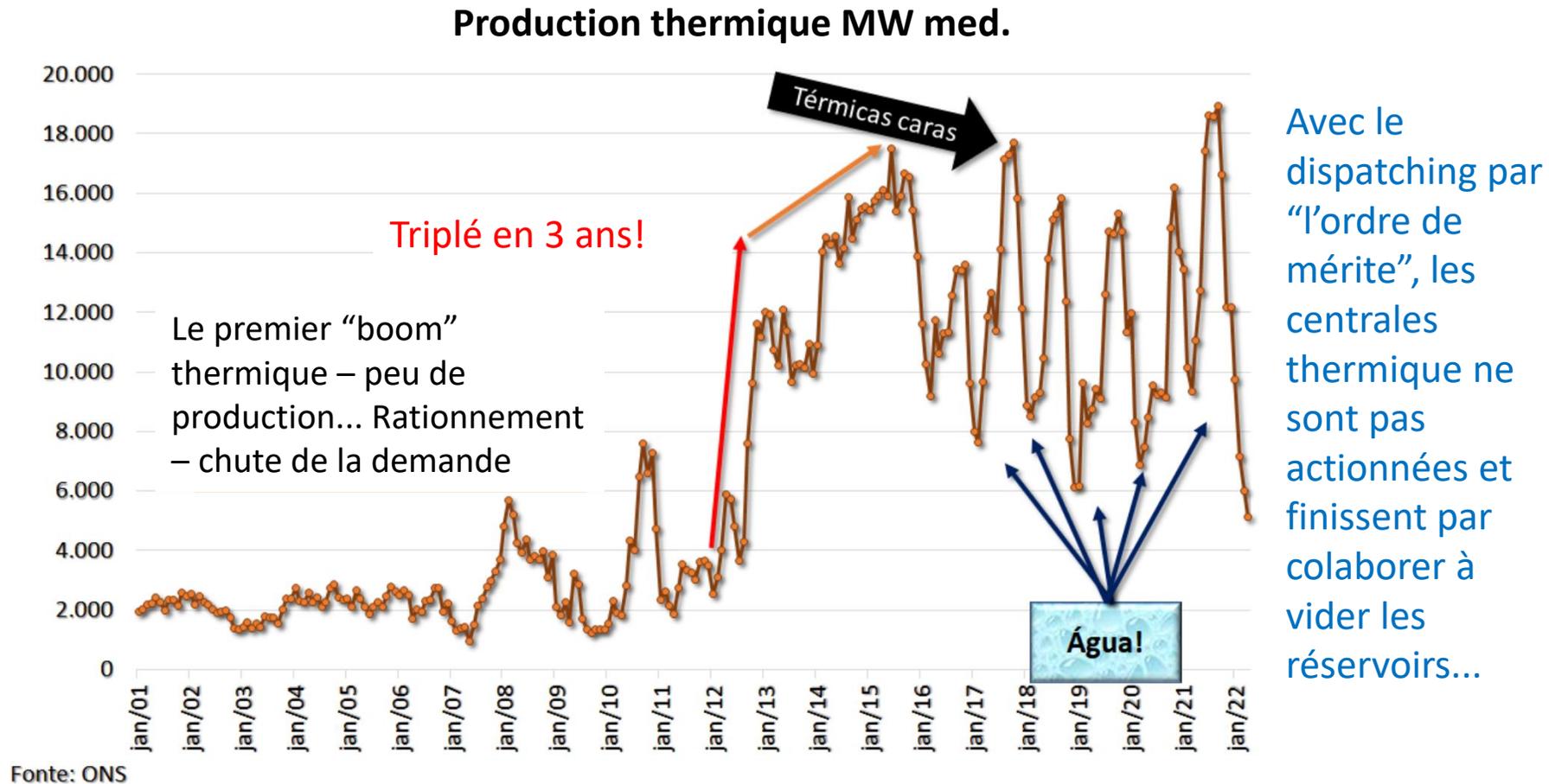
La diversification...

Est-ce que cela nous mène à la décarbonation?



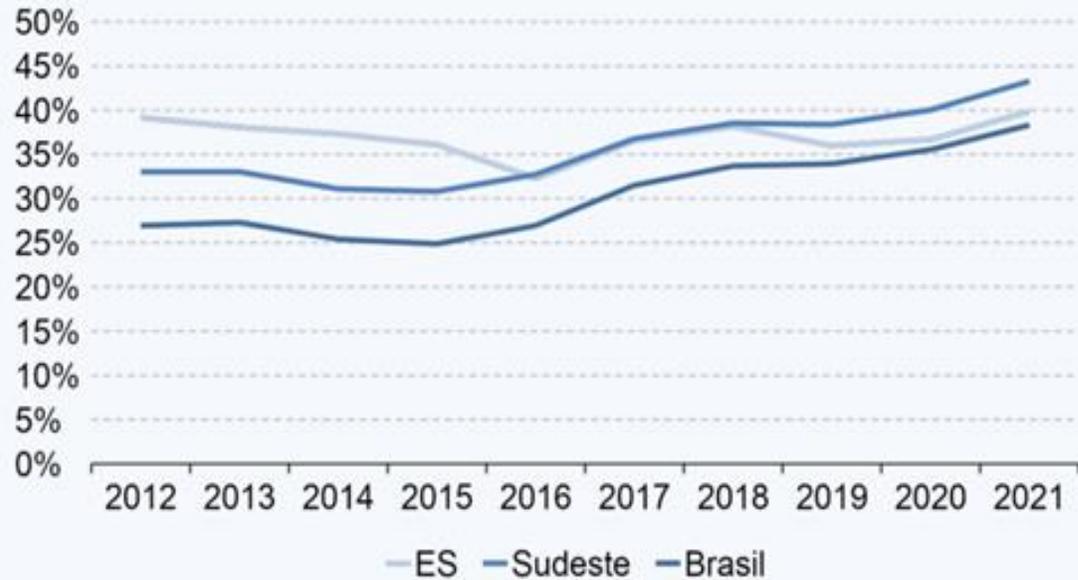
... com a redução na participação hidrelétrica sendo compensada pelo crescimento das fontes eólica e da solar, assim como um crescimento da participação das fontes renováveis em autoprodução e geração *distribuída*, de 6% para 14%.

L'ouverture du marché est accompagnée de l'expansion de la production thermique



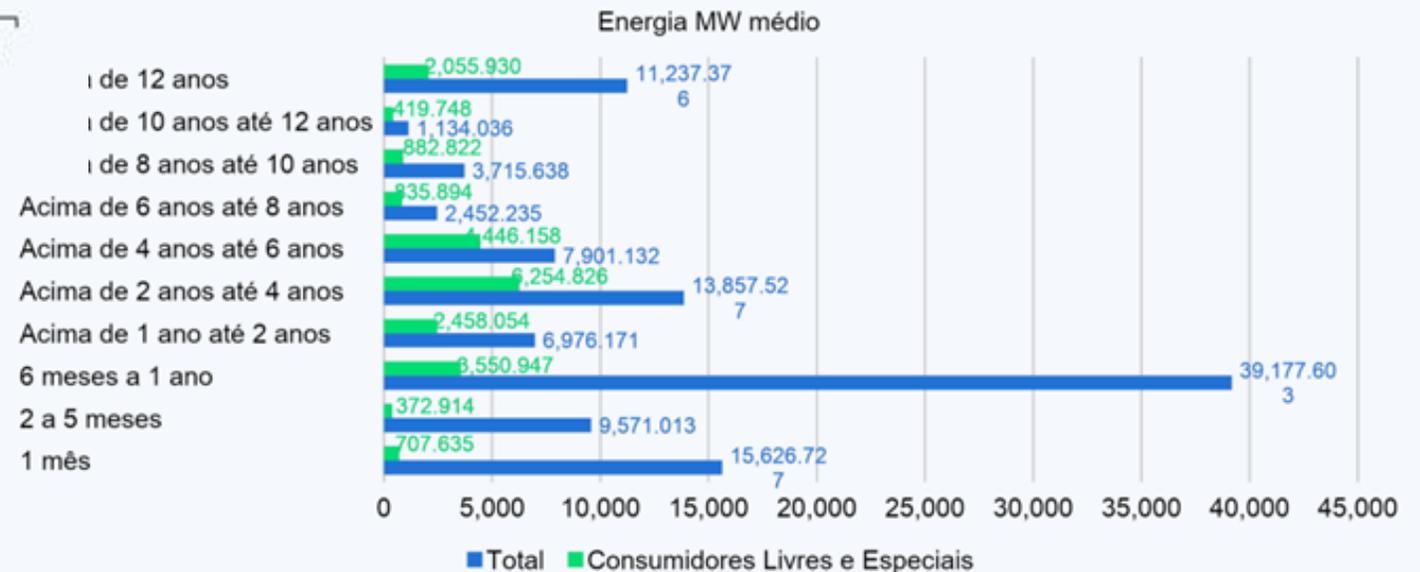
Le rôle du marché libre de l'électricité

Participação do mercado livre no total de energia consumida (%)



Ce type (durée) de contrat serait-il capable de financer les nouvelles infrastructures?
Est-ce une bonne idée d'avancer vers 100% de marché libre?

Duração e montante (MW médios) dos contratos CCEAL de compra total e por consumidores livres e especiais no ACL



La transition électrique – les enjeux

- Répartition du risque en période d'urgence climatique et écologique
- Électrification des usages énergétiques
- Nécessite une large mobilisation de ressources
 - Prédominance des coûts fixes – adaptation et création de nouvelles infrastructures(coût de financement)
- Partage des coûts et incertitudes inhérentes au procédé (paradigme technologique non défini)
- Coordination physique, économique et politique (refonte des normes et organisation de la filière)

Le mauvais agenda brésilien

- Objet : Expansion du marché libre et privatisation d'Eletrobras avant que le nouveau cadre réglementaire ne soit défini - (même dynamique de la crise de 2000/2001)
- En parallèle - Des réformes organisationnelles et réglementaires qui modifient la valeur des actifs existants
- Environnement d'énorme incertitude
 - Changement climatique en cours - grande incertitude du côté de l'offre et de la demande (crise de l'eau)
 - Le secteur connaît un changement de paradigme avec l'expansion des énergies renouvelables variables.
 - Crise économique profonde et rediscussion du rôle de l'État – États-Unis (Biden) et UE

Comment structurer la transition ?

➔ Comment garantir qu'il y aura de l'électricité pour le développement économique et social du pays ?

➔ Comment allouer les coûts de transition ?

Ex : gilets jaunes..

Coûts de transition/Justice climatique

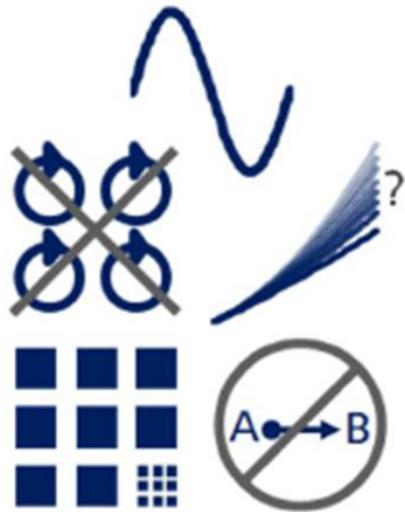
Ce n'est pas un problème de régulation

Défis futurs : + Énergies renouvelables variables

La sécurité dépend de la flexibilité du système

EFFETS TEMPORELS

Variabilité
Incertitude
Perte d'inertie



EFFETS SPATIAUX

Modularité
Restriction
géographique

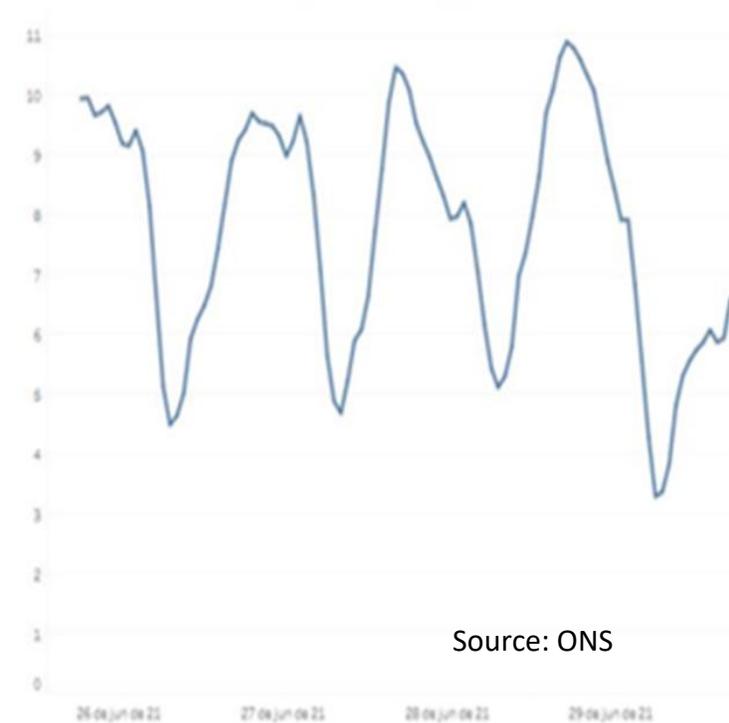
Flexibilité technique:

- Centrales de backup de déclenchement rapide
- Réseaux pour connecter les EnR
- Management de la demande
- Stockage

Comment atteindre plus de flexibilité ?

- **Flexibilité spatiale** - intégration de différents territoires via l'expansion de la **transmission**
- **Flexibilité temporelle** (perte d'inertie/variabilité de génération/imprévisibilité)
 - Instantané (inférieur à la seconde) : stabilité du système
R: batteries ou réservoir disponible
 - Suivi de la charge journalière (min. à h) : prise en compte des contraintes d'exploitation de la centrale et de la variabilité de production
R : nombreuses batteries/sources dispatchables décarbonées/réservoir
 - Planification (mois à années) : équilibrer la saisonnalité de la production (stock ; répartition flexible ; gestion de la demande)
R : sources/réservoir décarbonés dispatchables

Production d'Electricité eolienne
26/06/2021 -30/06/2021 (GWh)
Geração de Energia (GWh)



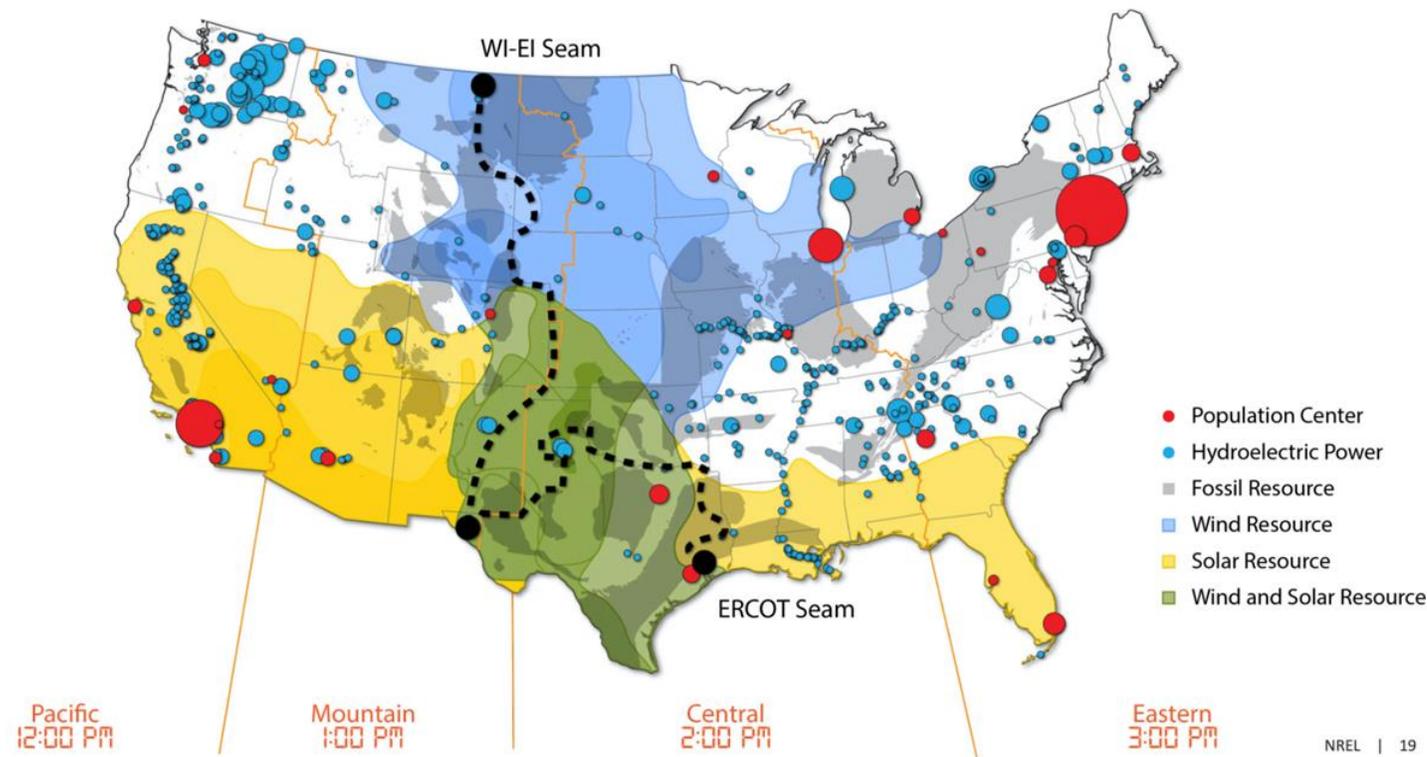
Les réponses habituelles

➡ Côté structurel: Le système doit être plus décentralisé

➡ Côté commercialisation: Le marché doit avoir de nouveaux produits pour rémunérer les nouveaux besoins du système : marché de capacité, équilibre de fréquence. Etc.

Mais....

Reconsidérons la décentralisation du système



The East-West grid seam divides cities, time zones, and energy resources

THE FACTS

In 2018, Trump appointees suppressed the Interconnections Seam Study to help the coal industry.

WHAT YOU NEED TO KNOW

- The study showed that a “supergrid” capable of shipping bulk power across the U.S. would accelerate the growth of renewable energy, which was a direct threat to the coal industry.
- The study also showed that U.S. grid modernization would eliminate up to 35 megatons of CO2 emissions and save consumers \$3.6 billion every year.
- Editorial exchanges between the study's authors and DOE officials went through 18 rounds, and some advocates remain skeptical that the study will ever be released.

The Value of HVDC for Continental Power Systems:

The Interconnection Seams Study

A. Bloom, Member, IEEE, J. Novacheck, Member, IEEE, J. D. McCalley, Fellow, IEEE, Y. Makarov, N. Samaan, Senior Member, IEEE, A. L. Figueroa-Acevedo, Member, IEEE, A. Jahanbani-Ardakani, H. Nosair, A. Venkatraman, J. Caspar, D. Osborn, J. Lawhorn, R. Johnson, and J. Lau, Member, IEEE

II. APPROACH

Abstract—The Interconnections Seam Study examines the potential economic value of increasing electricity transfer between the Eastern and Western Interconnections using high-voltage direct current (HVDC) transmission and optimizing both generation and transmission resources across the country. The study conducted a holistic multi-model analysis which used co-optimized generation and transmission expansion planning, production cost modeling, and AC power flow analysis. Four future scenarios were developed and studied to quantify and observe potential benefits. The results show benefit-to-cost ratios that reach as high as 3.3 and annual operational savings exceeding \$2 billion US, indicating significant value to increasing HVDC transmission.

The Interconnections Seam Study is a coordinated transmission planning analysis of two major U.S. interconnections using multiple models and methods. The goal of the study is to identify the potential economic value of more tightly integrating the EI and WI using HVDC transmission technology. A technical review committee (TRC) comprised of over 50 industry representatives met on six occasions to discuss the approach, methods, scenarios, data, assumptions, and results of the study. This study is the initial valuation of increasing grid interconnection and should not be referenced as final results to build designs.

La décarbonation est-elle accélérée par les marchés électriques?

EU (GB)

Marchés décentralisés de l'électricité +

- Marchés de capacité
- RES : tarifs de rachat, contrats sur différence, mécanismes fiscaux, Smart Export Guarantee
- Taux basé sur l'actif pour le financement du nucléaire en cours de discussion
- Plafonnement des prix pour les consommateurs résidentiels

USA

Marchés de l'électricité de court terme entre états +

- Marchés de capacité
- Quotas renouvelables obligatoires
- Allègements fiscaux
- Politiques nationales de facturation nette et de facturation nette
- Quotas de stockage d'énergie
- Programmes de réponse à la demande hors du marché

...

TEXAS

Marché libre + Système isolé

- Blackouts
- Explosion des prix

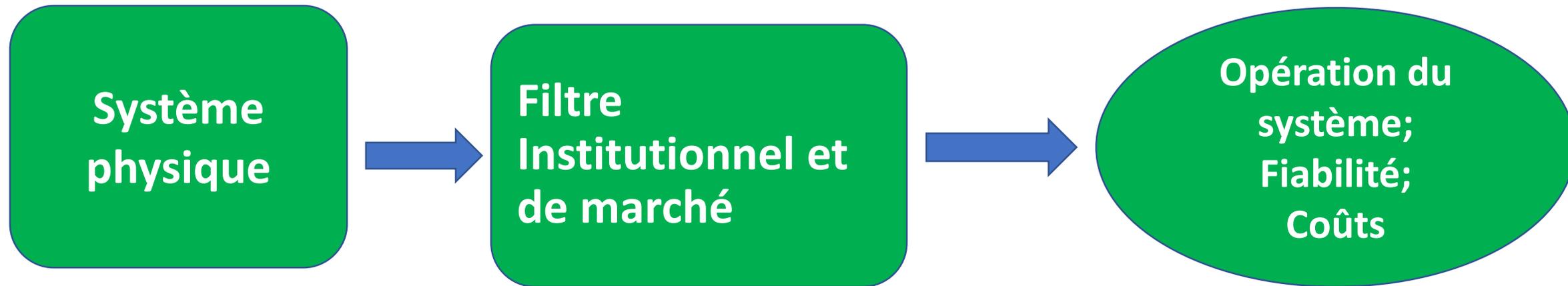
Quelle transition souhaitons-nous atteindre?

**Libéralisation des
marchés
Carbonation
Dépendence
Prix élevés
Instabilité**

Ou

**Coordination
Moindre prix
Désarbonation
Souveraineté**

Un secteur électrique qui marche bien doit intégrer



L'opération du système électrique dépend de deux aspects

Quelques idées à retenir pour réussir la transition électrique

LES ÉLÉMENTS CLÉS - Nous avons besoin de beaucoup de coordination

➤ **Transmission**

Minimisation des coûts et partage des risques – voir Texas et Amapá

➤ **Stockage - Réservoir**

- « Ce qui aide vraiment, c'est le stockage hydroélectrique » A. Bloom (ex. NREL, next era)
- Réserves d'exploitation court et moyen terme
- Réserves de régularisation saisonnières

➤ **R&D et efficacité énergétique**

Impacts de la crise du Covid et post-Covid + politique industrielle + politique énergétique

Baisse du niveau de l'investissement : crise + insécurité et Incertitude par rapport au futur:

- ↓ Confiance des familles
- ↓ Capacité d'investissement de l'industrie
- ↑ "Financeirização" - ↑ Risque de bulles spéculatives
- Pour inverser le cycle : des dépenses publiques et de l'investissement
- **La reconfiguration de la politique énergétique et industrielle avec une impulsion particulière pour les NRE et pour l'Efficacité Energétique (« machine à créer des emplois » Birol)**
- L'Efficacité Energétique présente les meilleurs résultats macroéconomiques parmi tous les programmes analysés (AIE + FMI (Sustainable Recovery, 2020) ; Freyre, 2019 : évaluation du programme éco21 adopté en 2006 (Genève))



AIE, 2020

Le rôle de l'Etat

- Responsabilité et légitimité sociale et politique
- **Capacité à mobiliser des ressources et moindres coûts de financement)**
- **Importance du secteur – impacts croissants sur le territoire, impacts macroéconomiques et sociaux**

“Les aspects réglementaires sont discutés lorsque les choses vont bien. Dans les décisions difficiles, l'Etat intervient (ingérence ou légitimité, c'est une question d'appréciation)” - S. Thomas

S

Seuls les gouvernements ont la légitimité et le leadership politique pour gérer les conflits économiques et sociaux et assurer la sécurité d'approvisionnement

Energy Outlook 2019 – AIE

La privatisation part d'un agenda impromptu

- Discute juste la nouvelle réforme du cadre institutionnel
- Celui qui détient les réservoirs aura entre ses mains la liquidité du marché et la maîtrise des stocks d'eau indispensables pour garantir la vie face aux impacts du changement climatique.
- Transition pour + de marché ➡ Réduit le rôle de l'État
- Renonce aux instruments de politique énergétique et industrielle (!)
 - Le rôle de l'Entreprise publique a été ignoré (!)

Fausse modernité –
Faux débat

Eletrobrás

La dispute autour de la ré-étatisation

½ des actifs stratégiques pour
la transition énergétique

47 % de la
transmission



Eletrobrás

44 % de la
production
électrique

50 % des réservoirs

Des questions?

Merci beaucoup!

Muito obrigada!

Clarice C. de M. Ferraz
clarice.cmferraz@gmail.com