

# Alternativas Energéticas

FÓRUM MINEIRO DE  
ENERGIA RENOVÁVEL

1º MINAS MEETING

SEMANA DO MEIO AMBIENTE 2014.



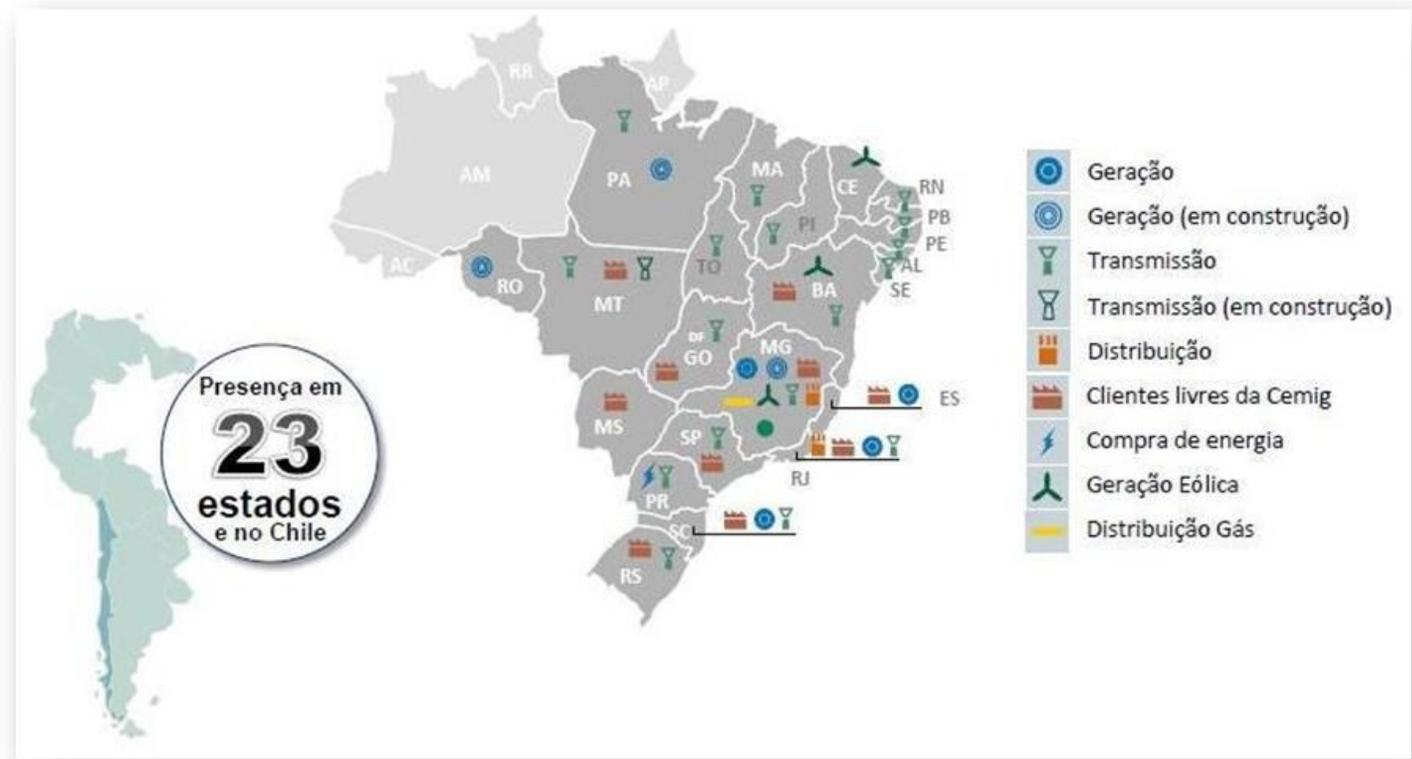
## AGENDA:

- Um pouco sobre a Cemig
- Contextualização do Problema da Energia
- Como se pensa as Alternativas Energéticas
- Potenciais:
  - ✓ Hidrico
  - ✓ Eólico
  - ✓ Solar
  - ✓ Outros
- Algumas questões: Eficiência, Tecnologia e o Futuro...
- Considerações Finais.

# CEMIG: UMA GRANDE EMPRESA

## Visão

Consolidar-se, nesta década, como o **maior grupo** do setor elétrico nacional em valor de mercado, com presença em gás, **líder mundial em sustentabilidade**, admirado pelo cliente e reconhecido pela solidez e performance.



**Missão:** Atuar no setor de energia com rentabilidade, qualidade e responsabilidade social.

## QUAIS SÃO OS NOSSOS DESAFIOS?

População?

Consumo?

Urbanização?



Envelhecimento?

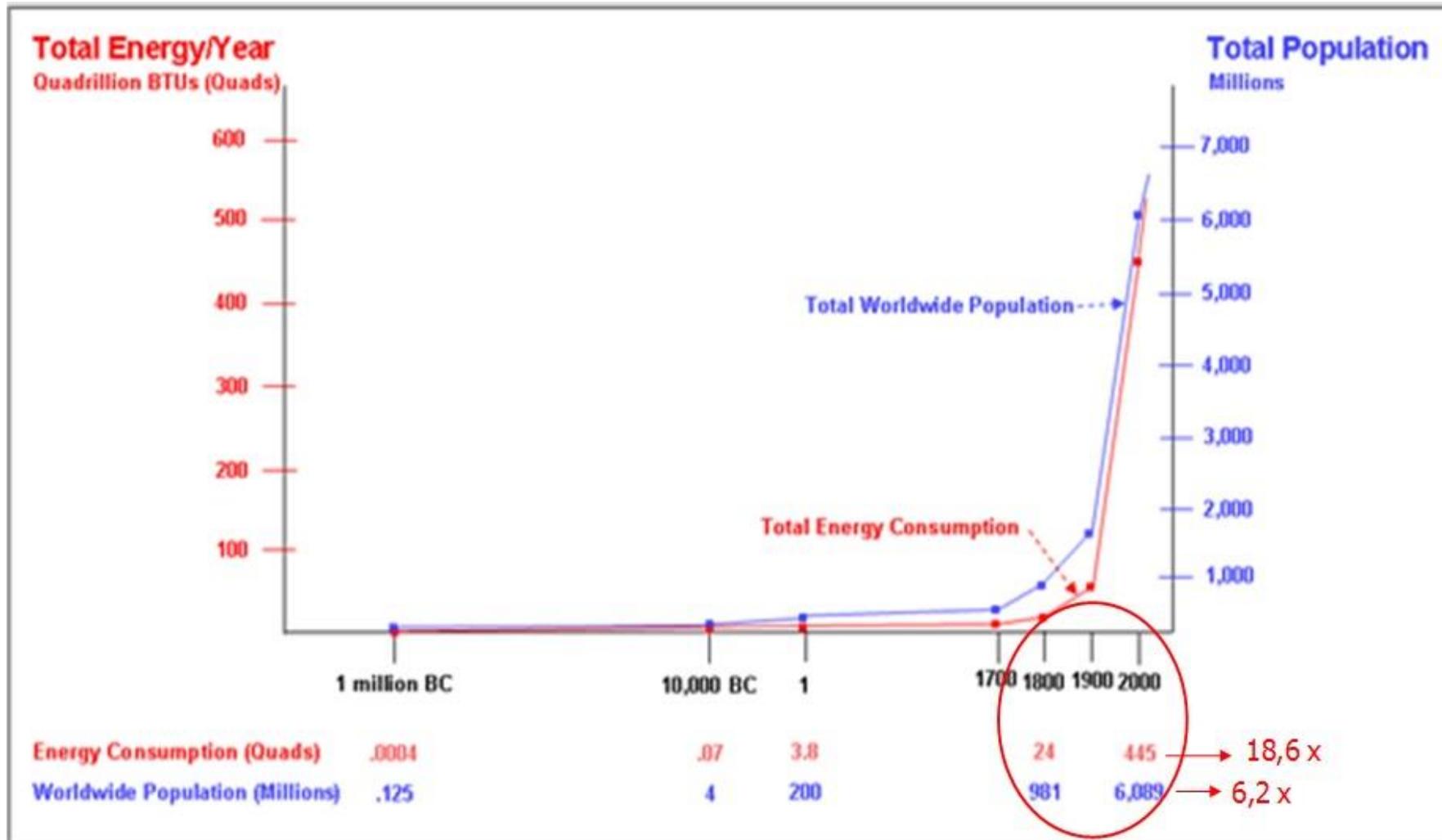
Mobilidade?

Resíduos?

??????

**Em todos a Energia está presente!**

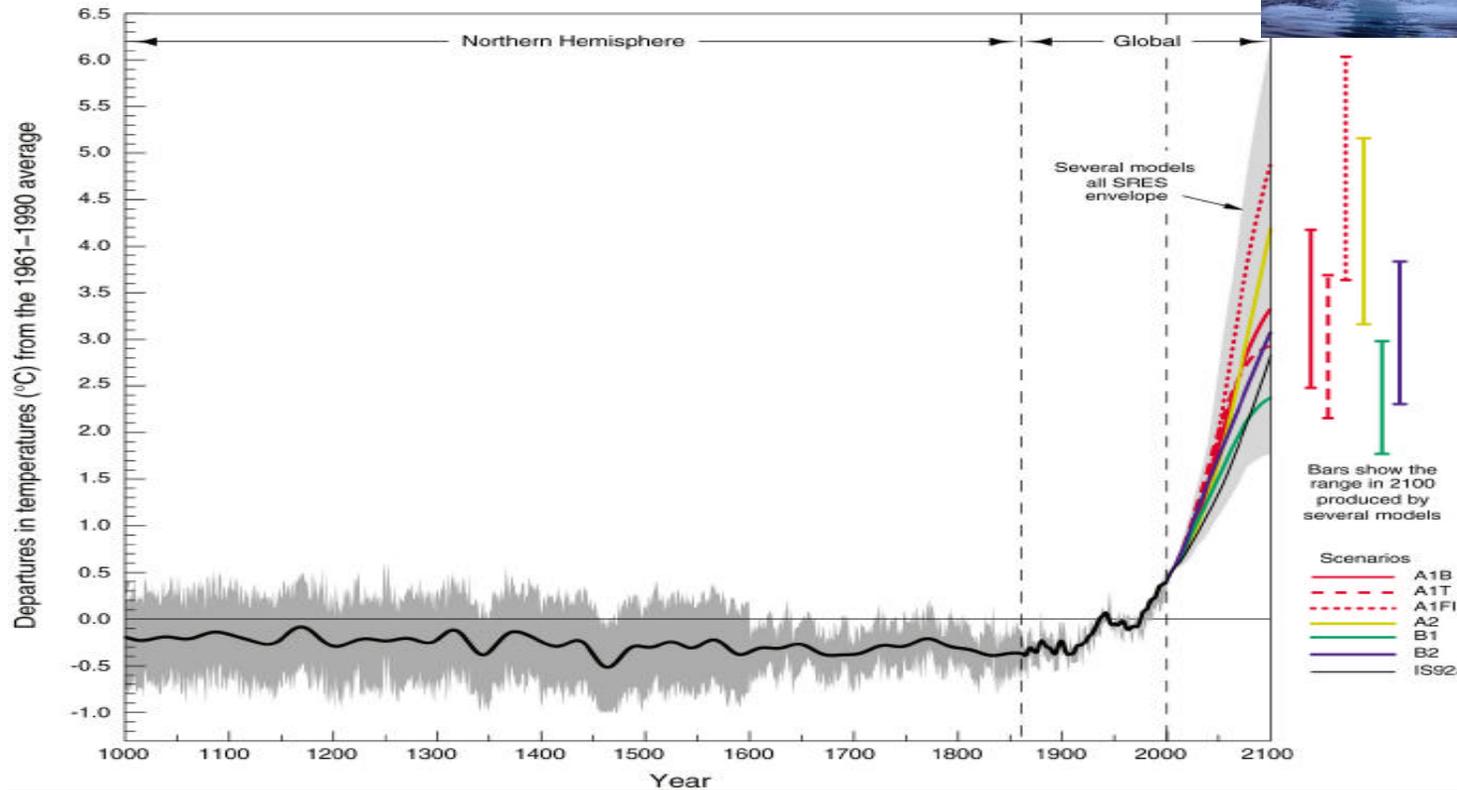
# ESGOTAMENTOS DOS RECURSOS NATURAIS



# AQUECIMENTO GLOBAL

Variations of the Earth's surface temperature: 1000 to 2100.

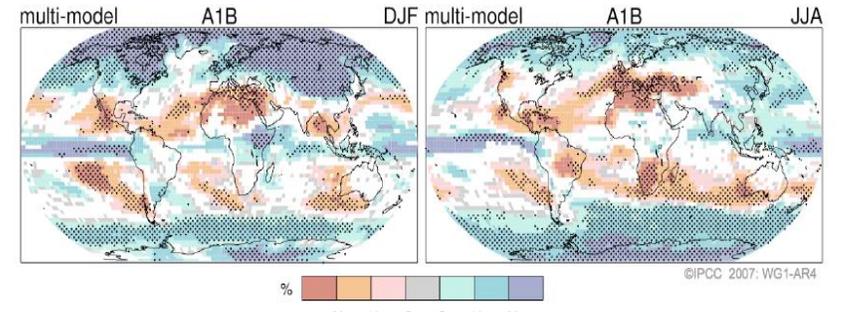
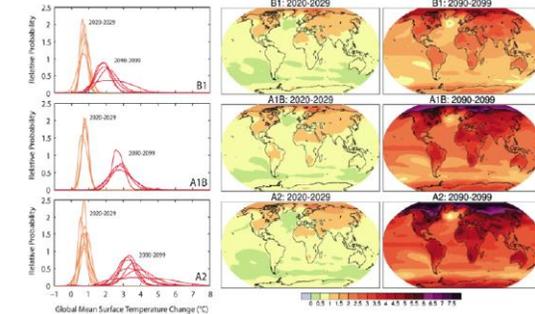
1000 to 1861, N.Hemisphere, proxy data; 1861 to 2000 Global, Instrumental; 2000 to 2100, SRES projections



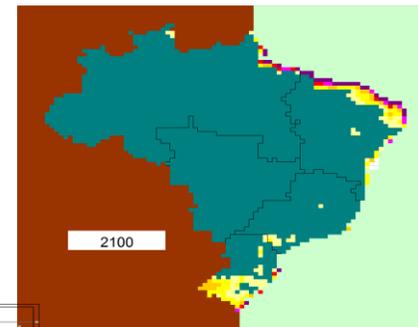
Fonte: IIASA – International Institute for Applied System Analysis

Temperatura...

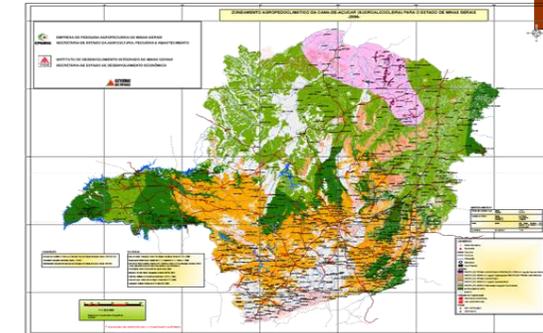
Pluviométrica...



Ventos...

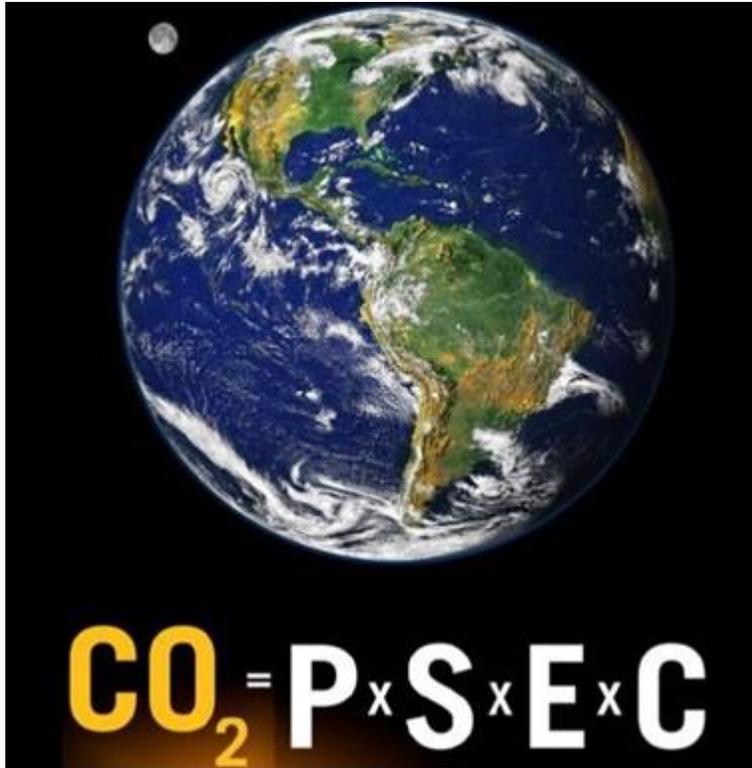


INDI – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE MINAS GERAIS  
Adaptabilidade da cana-de-açúcar em Minas Gerais



Edafoclimáticas...





## Mudanças Climáticas:

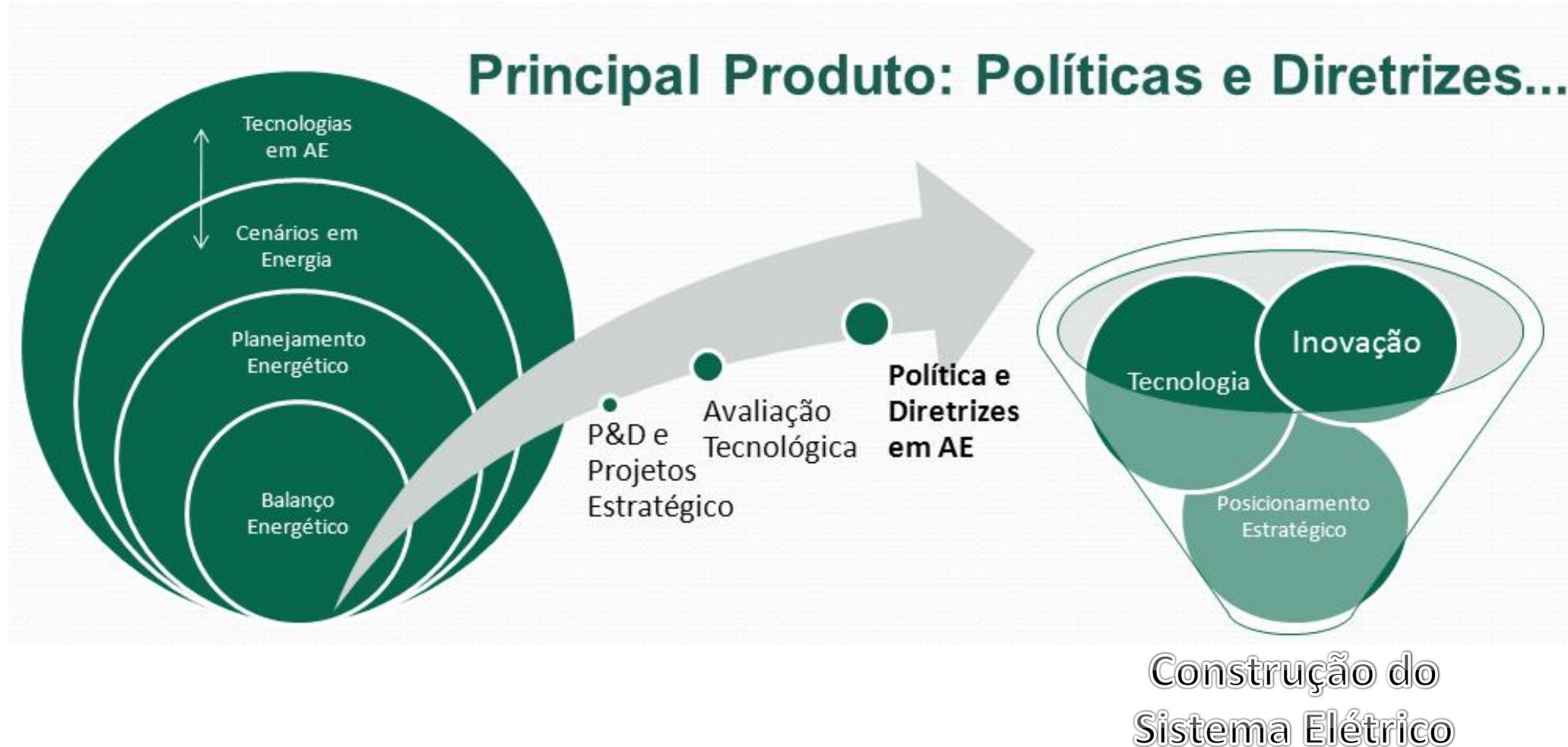
- Controle e captura de emissões
- Reduzir a população
- Mudanças no padrão de consumo
- **Eficiência de processos**
- **Energias renováveis**

$$CO_2 = \text{Pessoas} \times \frac{\text{Serviços}}{\text{Pessoas}} \times \frac{\text{Energia}}{\text{Serviços}} \times \frac{CO_2}{\text{Energia}}$$

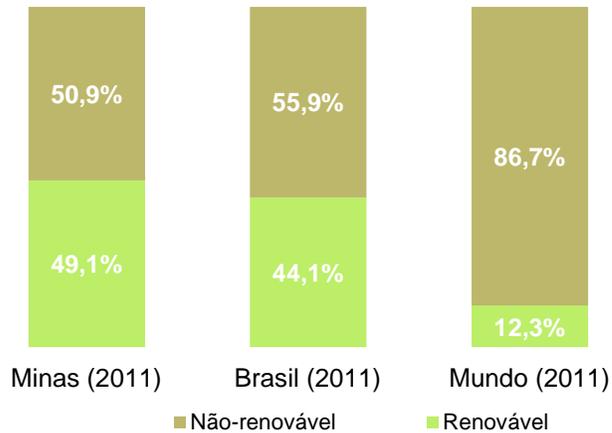
Possibilidades de atuação Local e Global...

Baseado na Equação de Kaya...

# COMO SE PLANEJAR AS ALTERNATIVAS:



# OFERTA INTERNA DE ENERGIA: Um olhar sobre o Presente Minas Gerais x Brasil x Mundo



Fonte:

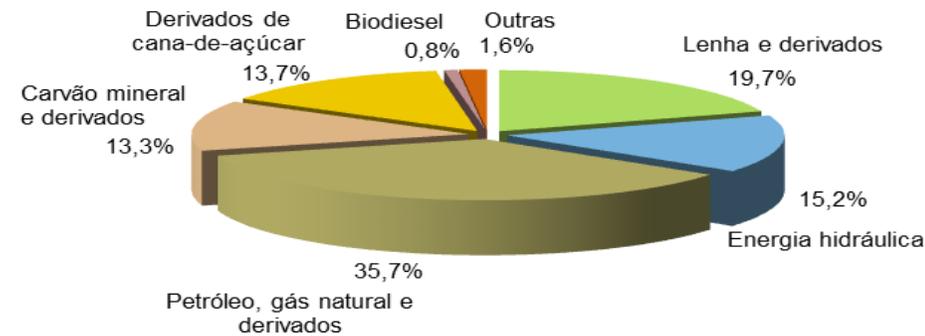
1) Balanço Energético Nacional - 2012 (ano base 2011)

2) Balanço Energético do Estado de Minas Gerais - 2012 (ano base 2011)

3) <http://www.iea.org> (consulta em 20/12/2013)

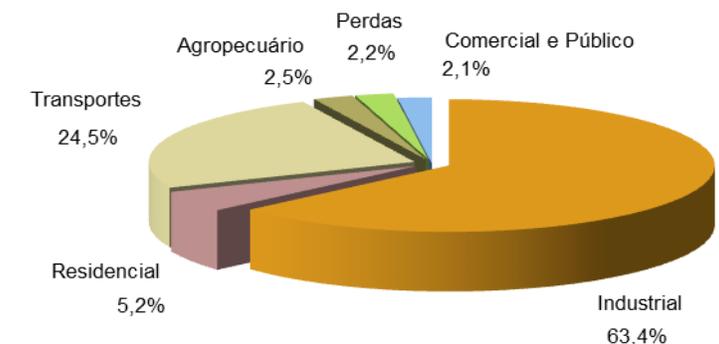
O setor industrial apresenta a maior demanda de energia do Estado, 22,7 milhões de tep, com decréscimo de 0,6% em relação a 2010.

## Demanda energética, por fonte (MG)

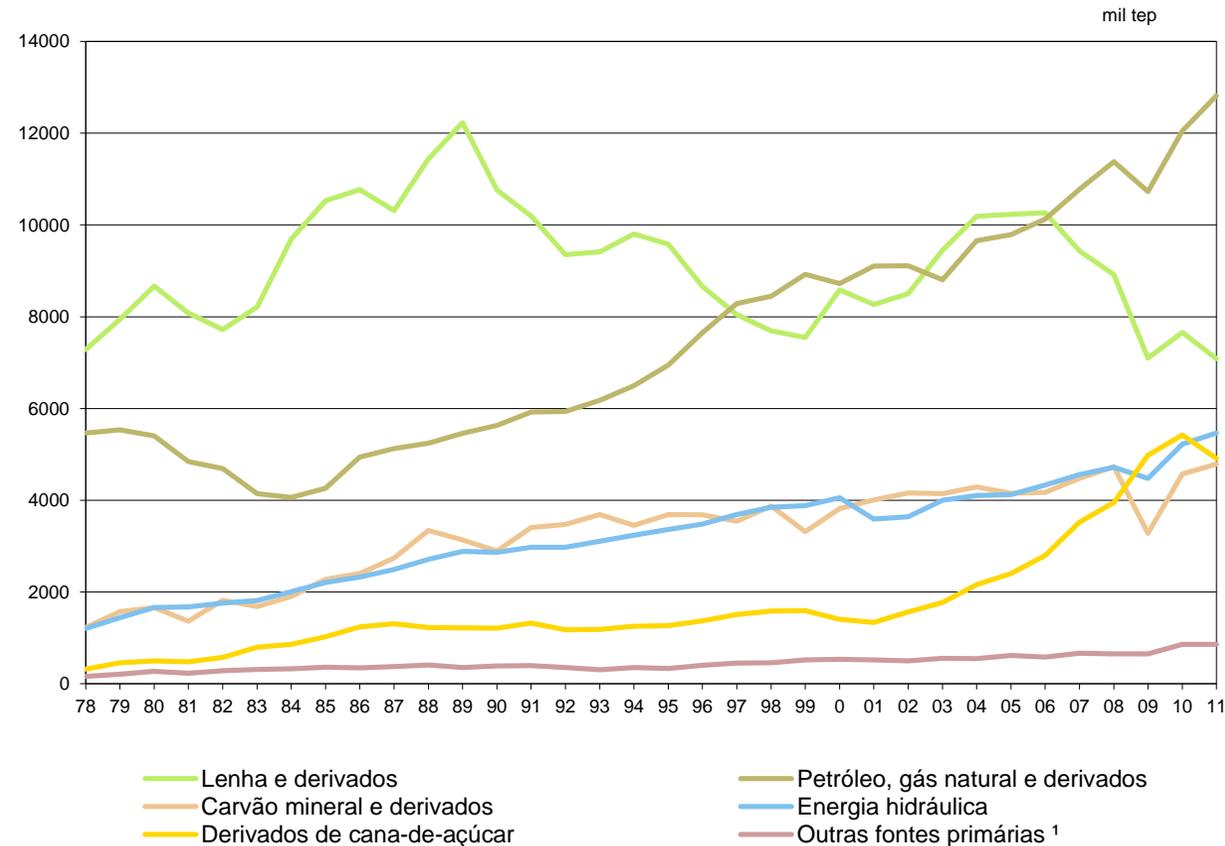


Petróleo, gás natural e derivados apresentam a maior participação na demanda total de energia do Estado. Desse montante, 58,4 % são utilizados no setor de transportes, 31,6% no industrial, 5,1% no residencial, 4,5% no agropecuário e 0,3% nos setores comercial e público.

## Demanda energética, por setor (MG)



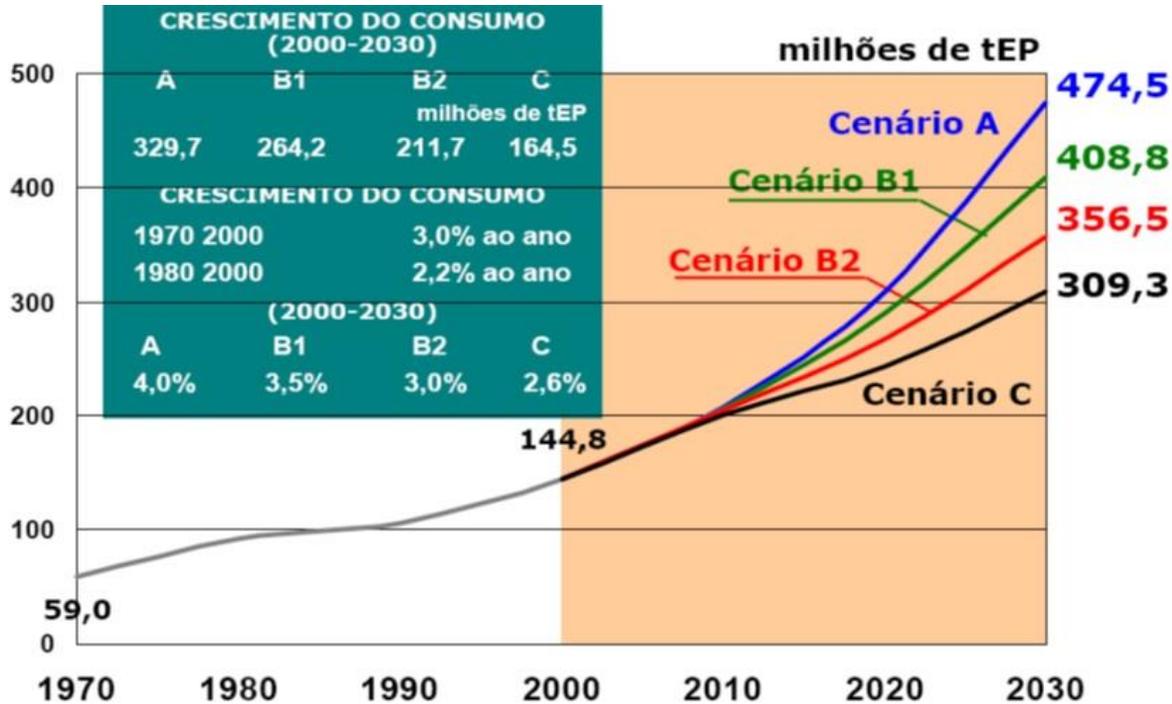
# EVOLUÇÃO DA DEMANDA: UM RETRATO DO PASSADO



No período 1978-2011, a demanda cresceu no Estado a uma taxa média de 2,5% ao ano e a variação ocorrida no Brasil foi de 2,9% para o mesmo intervalo de tempo.

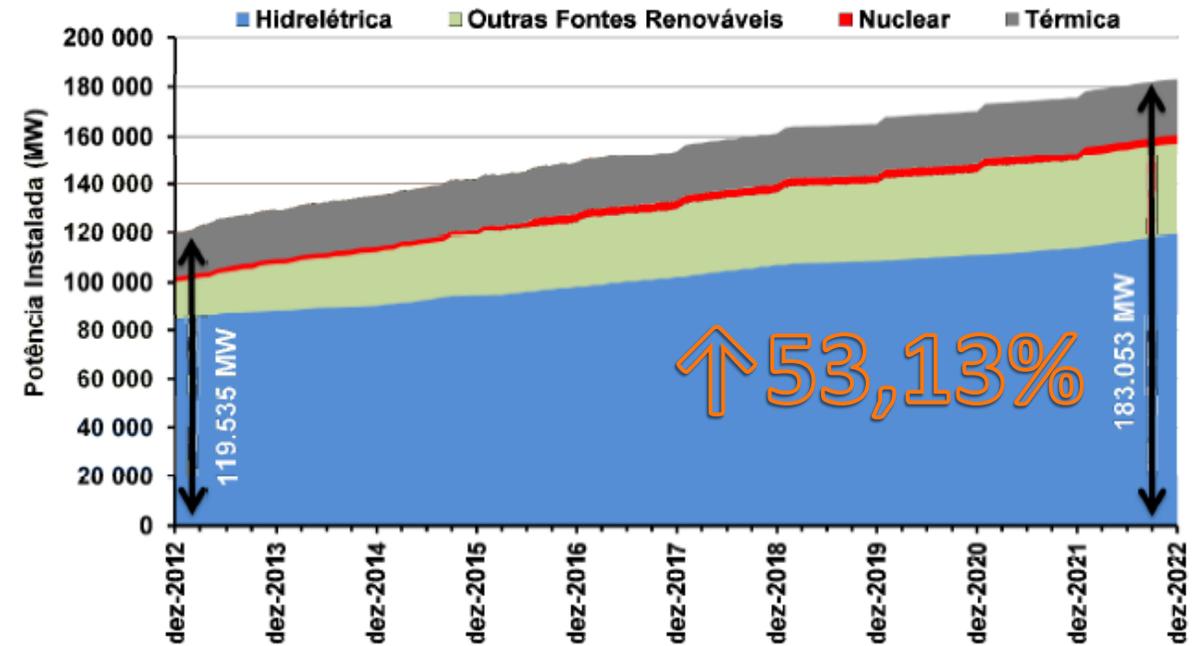
<sup>1</sup> Licor negro e resíduos de biomassa industriais e agrícolas  
10<sup>3</sup> tep = 11.629 MWh

# DESAFIO DE PLANEJAMENTO: UM OLHAR PARA O FUTURO



Fonte: PNE 2030 – EPE/MME

Longo prazo



FORNTE: EPE.

Curto e Médio Prazos

- Historicamente, Planejamento Energético = Planejamento Elétrico;
  - O Planejamento e sua realização → Âmbito Nacional;
    - Significado deste valor...

# EXEMPLO DE ROTEIRO TECNOLÓGICO E CENÁRIO PROSPECTIVO

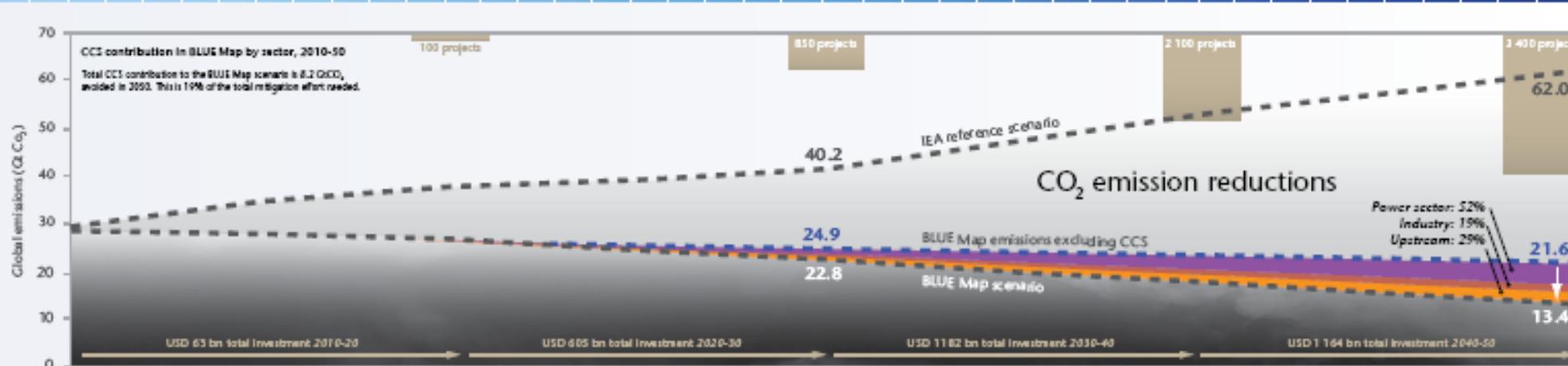
## IEA CCS roadmap targets

2010 2020 2030 2040 2050

### Key findings

- CCS is an important part of the lowest cost decarbonisation portfolio. Without CCS, overall costs to limit emissions by 2050 rise by 300%. This roadmap achieves 100 projects globally by 2020 and over 200 projects by 2050.
- This roadmap's level of project development requires an additional investment of ca. USD 2.3 billion from 2010 to 2030, which is about 1% of the overall investment needed to achieve a 50% reduction in CO<sub>2</sub> emissions by 2030.
- The developed world must lead in the next decade, investing an average of USD 1.3-1.6 billion annually between 2010-20. However, CCS technology must spread rapidly to the rest of the world through expanded international collaboration and financing for CCS demonstration in developing countries at an average annual level of USD 1.2-2.3 billion between 2010-20.
- CCS is more than a strategy for "clean coal". CCS technology will be adopted by biomass and gas power plants, in the full transportation and oil processing sectors, and in non-fossil fuel sectors like cement, iron and steel and chemical manufacturing.
- The milestones in this roadmap will only be achievable as expanded international collaboration, new efforts to provide developing countries with CCS technology transfer are needed. Industry works with a global reach should also expand their CCS collaborative efforts.

### Global CCS contribution by 2050



### Millnet status

Technology	Regulatory	Finance	Public engagement
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrate large scale plants</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with high purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport and H<sub>2</sub> storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulatory frameworks in place for CCS demonstration in OECD countries</li> <li>• Regulatory frameworks in place for CCS demonstration in early phase non-OECD countries</li> <li>• Regulatory frameworks in place for CCS demonstration in non-OECD countries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide USD 3-4 billion annually for CCS demonstration in OECD countries</li> <li>• Provide USD 1.0-1.5 billion annually for CCS demonstration in non-OECD countries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide public engagement in all regions in CCS operational business</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce CCS operating costs to 100 \$/tCO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with high purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport and H<sub>2</sub> storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with high purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport and H<sub>2</sub> storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide USD 3-4 billion annually for CCS demonstration in OECD countries</li> <li>• Provide USD 1.0-1.5 billion annually for CCS demonstration in non-OECD countries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provide public engagement in all regions in CCS operational business</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Commercial systems with gas separation membranes</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub></li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport</li> <li>• Demonstrate H<sub>2</sub> production with low purity CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> storage and H<sub>2</sub> transport and H<sub>2</sub> storage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continue to monitor and refine legal and regulatory frameworks in all regions in CCS operational business</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continue to monitor and refine CCS financing models in operational business</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refine public engagement strategies in all regions in CCS operational business</li> </ul>

Next 10 years a critical period for CCS  
Achieving this roadmap's vision will require an ambitious investment in CCS demonstration over the next decade. The developed world will need to lead, working in close collaboration with developing countries to share knowledge and best practices for technology, regulatory and public engagement strategies.

### Number of projects needed by 2020: 100



### CC<sub>2</sub> emissions avoided by sector by 2020-2050 (Gt/yr)



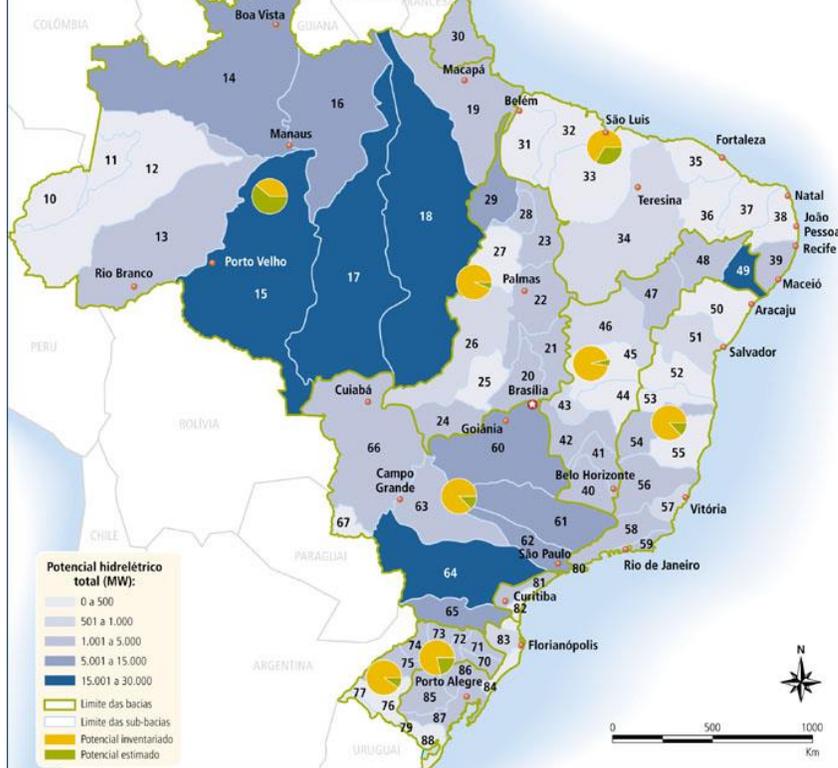
### Additional investment needed by 2030: USD 42 bn





# POTENCIAL HÍDRICO:

Fonte: CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRAS. Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro - SIPOT. Rio de Janeiro, abr. 2003.



Energia para Base do Sistema:

- Hídrica
- Térmica

Opção atual da Sociedade: Usinas Sem reservatório.

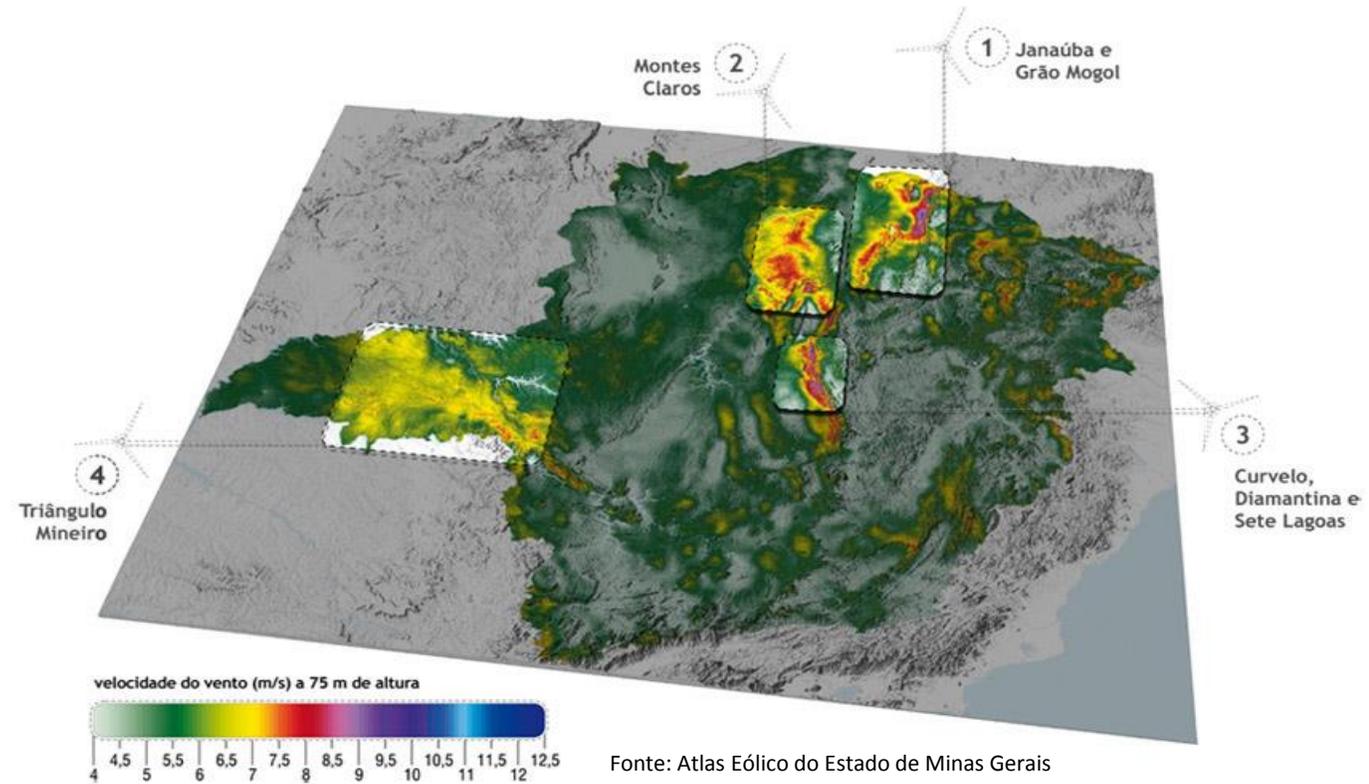
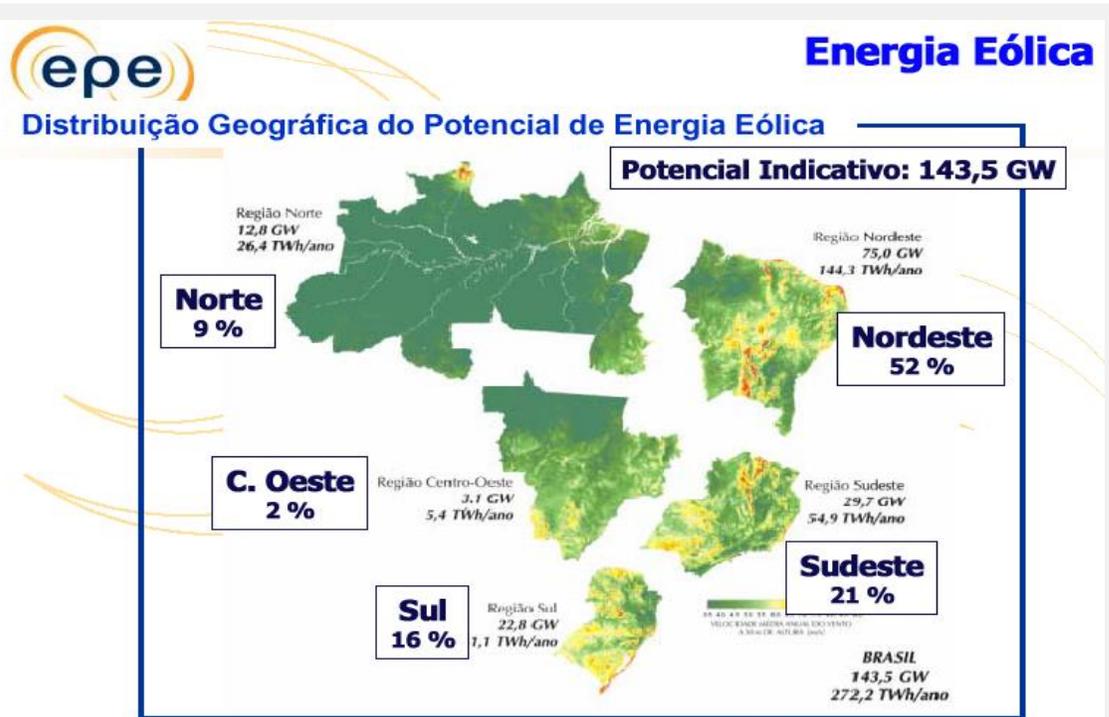
Maior implicação: Redução da Confiabilidade e disponibilidade de energia.

Potencial Hidrelétrico Brasileiro em cada Estágio por Estado - Dezembro de 2013 (MW)

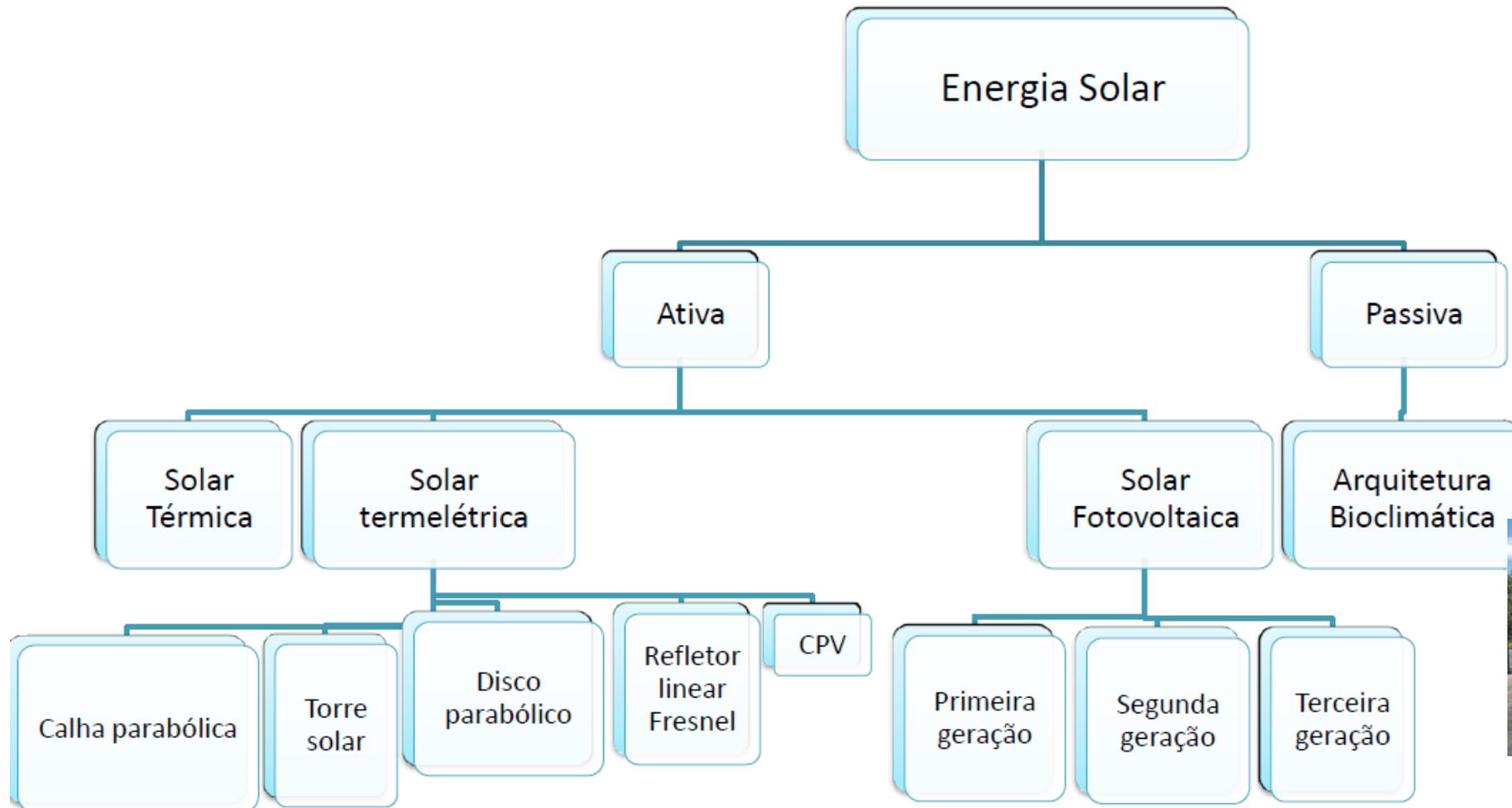
Estágio	1 - Remanescente	2 - Individualizado	4 - Inventário	5 - Viabilidade	6 - Projeto Básico	7 - Construção	8 - Operação	Total
UF	Soma de Potência (MW)							
AC	402,00	656,00	62,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1.120,50
AL	0,00	17,20	4,50	1.165,00	0,00	0,00	1.582,25	2.768,95
AM	6.226,00	6.709,00	7.046,40	0,00	7,03	0,00	250,00	20.238,43
AP	360,00	0,00	1.059,70	285,00	7,50	439,20	76,95	2.228,35
BA	0,00	324,48	1.607,76	3.037,90	361,09	0,00	6.858,53	12.189,76
CE	0,00	0,00	3,45	0,00	17,57	0,00	4,00	25,02
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	30,00
ES	108,20	105,10	634,09	0,00	13,60	0,00	557,91	1.418,91
GO	2.564,00	36,05	3.481,99	368,00	188,72	0,00	6.001,72	12.640,48
MA	146,00	146,00	462,35	755,50	2,50	0,00	663,18	2.175,53
<b>MG</b>	<b>973,00</b>	<b>1.776,90</b>	<b>7.259,40</b>	<b>117,00</b>	<b>676,12</b>	<b>34,75</b>	<b>12.294,89</b>	<b>23.732,06</b>
MS	113,21	903,48	792,46	0,00	677,46	0,00	3.627,54	6.114,15
MT	4.511,90	1.234,00	10.874,55	75,00	820,84	1.266,94	1.886,47	20.669,70
PA	2.379,00	3.713,00	21.341,58	930,00	700,00	12.330,30	8.500,30	49.894,18
PB	0,00	5,50	2,10	0,00	0,00	0,00	3,52	11,12
PE	0,00	0,00	300,75	500,00	22,12	0,00	752,02	1.574,89
PI	0,00	0,00	269,50	91,50	0,00	0,00	118,65	479,65
PR	1.212,76	271,43	3.820,92	1.953,73	875,52	0,00	15.991,20	24.125,56
RJ	422,20	123,00	699,82	475,00	82,68	0,00	1.453,92	3.256,63
RN	0,00	0,00	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15
RO	1.052,46	4.254,33	488,37	0,00	64,10	85,40	7.274,85	13.219,51
RR	4.178,00	84,00	1.301,30	324,00	0,00	0,00	5,00	5.892,30
RS	491,10	1.296,00	3.391,12	146,00	275,07	4,75	4.475,25	10.079,29
SC	254,12	222,40	1.918,23	281,00	432,55	24,12	4.030,60	7.163,02
SE	0,00	0,00	0,00	1.165,00	0,00	0,00	1.581,00	2.746,00
SP	441,00	375,00	879,09	2.161,50	239,58	0,00	11.058,87	15.155,04
TO	156,60	0,00	2.028,91	2.304,00	6,00	0,00	2.313,70	6.809,21
<b>Totais</b>	<b>25.991,55</b>	<b>22.252,87</b>	<b>69.732,99</b>	<b>16.735,13</b>	<b>5.470,05</b>	<b>14.185,46</b>	<b>91.392,32</b>	<b>245.760,39</b>

**11.437,17 MW Disponíveis em Minas Gerais...**

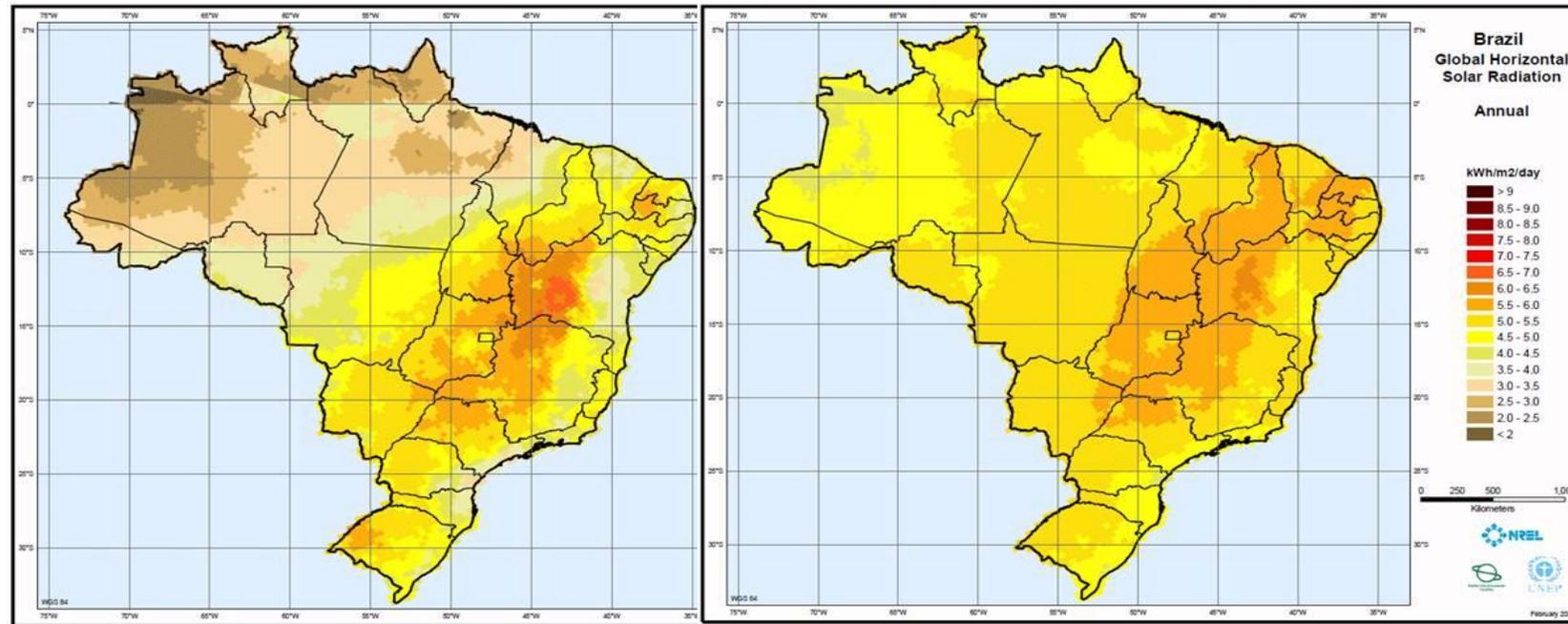
# POTENCIAL EÓLICO:



# POTENCIAL SOLAR:

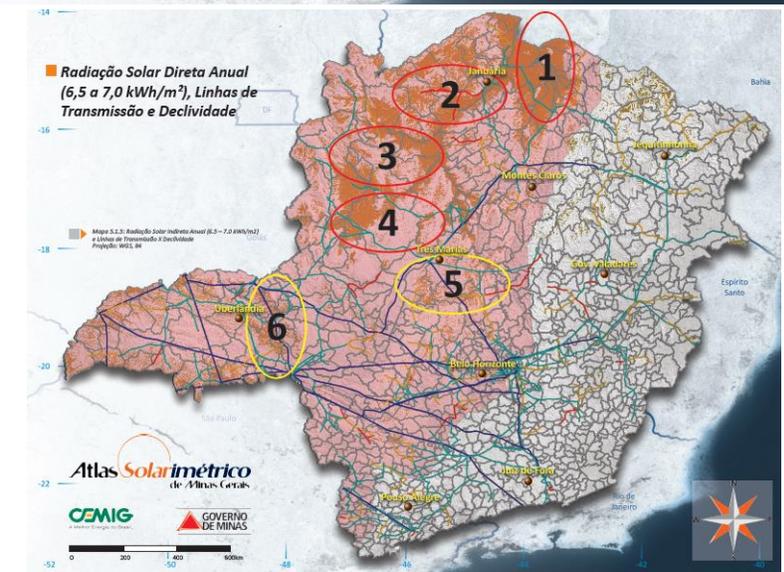
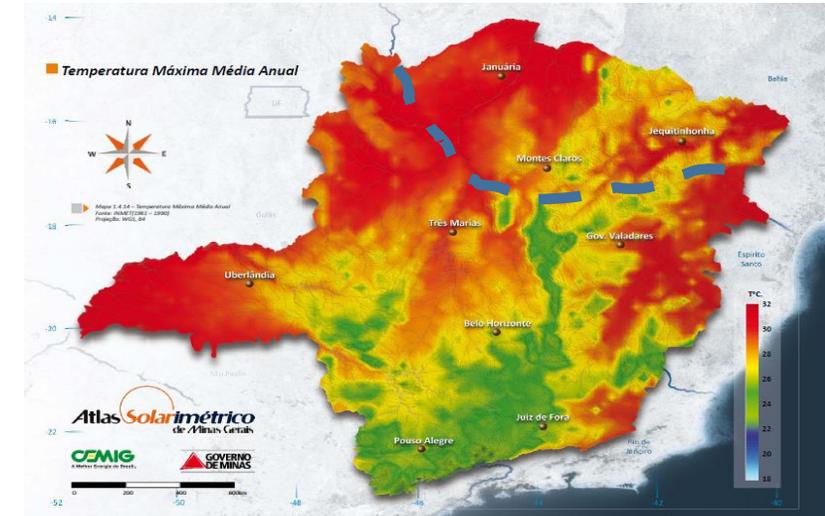


# POTENCIAL SOLAR:



Radiação solar direta:  
- Concentradores solares

Radiação solar global:  
- Energia fotovoltaica



Potencial Solar para Grande Empreendimentos em Energia

# POTENCIAL DE BIOMASSA:

## Biogás - RSU

Região	Estado	Emissões Totais (m³ biogás)	Emissões (m³/h)	Potencial (MW)
Sul	Paraná	1.944.920.684	7.401	9,3
	Rio Grande do Sul	1.832.307.728	6.972	8,7
	Santa Catarina	1.000.130.733	3.806	4,8
	<b>Total</b>	<b>4.777.359.145</b>	<b>18.179</b>	<b>23</b>
Centro-Oeste	Distrito Federal	1.359.811.798	5.174	6,5
	Goiás	1.848.266.726	7.033	8,8
	Mato Grosso	752.404.045	2.863	3,6
	Mato Grosso do Sul	613.531.491	2.335	2,9
<b>Total</b>	<b>4.574.014.060</b>	<b>17.385</b>	<b>22</b>	
Sudeste	Espírito Santo	1.315.949.632	5.000	6,3
	Minas Gerais	6.471.007.946	24.861	30,8
	Rio de Janeiro	8.492.025.477	32.111	40,4
	São Paulo	19.425.511.707	73.541	92,4
<b>Total</b>	<b>25.214.494.762</b>	<b>95.512</b>	<b>119,9</b>	
Nordeste	Alagoas	2.222.222.222	8.539	10,7
	Bahia	2.544.444.444	9.682	12,1
	Ceará	2.261.555.555	8.606	10,8
	Maranhão	1.278.098.633	4.863	6,1
	Pernambuco	775.124.398	2.949	3,7
	Paraíba	1.520.345.972	5.785	7,2
	Piauí	398.217.457	1.515	1,9
	Rio Grande do Norte	502.021.225	1.910	2,4
	Sergipe	439.542.538	1.673	2,1
	<b>Total</b>	<b>7.174.887.872</b>	<b>27.352</b>	<b>34,5</b>
Norte	Acre	197.241.579	751	0,9
	Amapá	223.131.550	849	1,1
	Amazonas	1.070.330.917	4.073	5,1
	Pará	1.563.842.901	5.951	7,4
	Rorônia	284.328.413	1.082	1,4
	Roraima	100.126.034	381	0,5
	Tocantins	39.719.432	1.494	1,9
	<b>Total</b>	<b>3.831.720.826</b>	<b>14.580</b>	<b>18</b>
	<b>Total</b>		<b>225.548</b>	<b>282</b>

282 MW

## Resíduos Agrosilvopastoris:

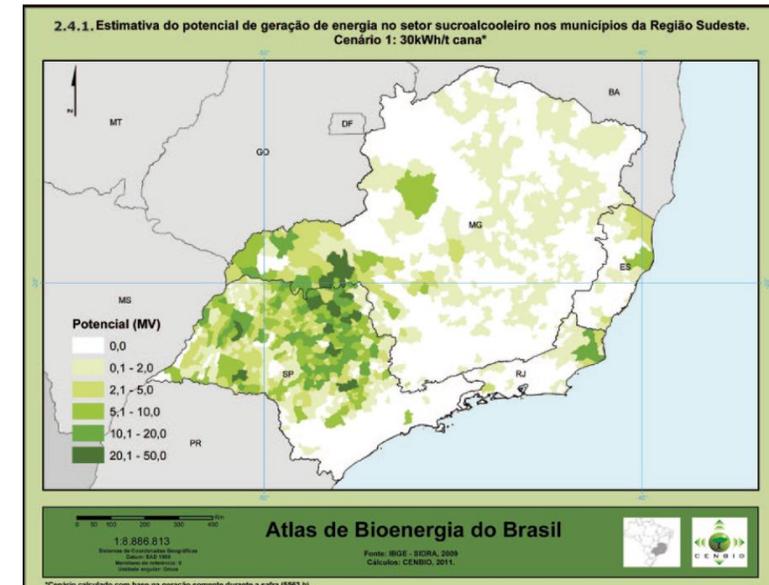
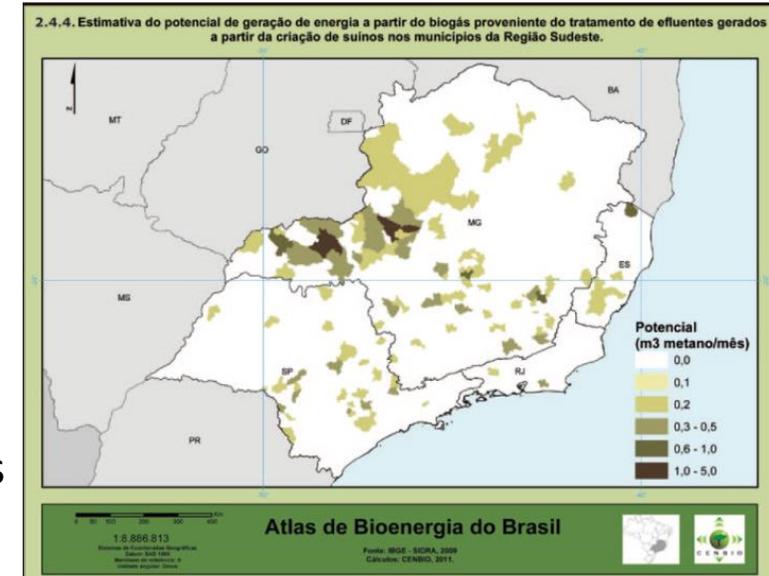
Sector	Produto/Fase	Produção Total	Resíduos	Efluentes	Potencial	
Agroindústria associada à agricultura	Culturas	Produção industrializada (t)	Total de Resíduos (t/ano)	Efluentes (m³/ano)	Potencial Energético (MW/ano)	
		Soja	57.345.382	41.862.129	0	3.422
	Milho	50.745.996	29.432.678	0	2.406	
	Cana-de-açúcar (bagaço e torta de filtro)		671.394.957	201.418.487	0	16.464
		Cana-de-açúcar (vulgar)	-	-	604.255.461	-
	Feijão	3.486.763	1.847.984	0	143	
	Arroz	12.651.774	2.530.355	0	175	
	Trigo	5.055.525	3.033.315	0	238	
	Mandioca	23.786.281	0	0	-	
	Café	2.440.057	1.220.029	0	97	
	Cacau	218.487	83.025	0	7	
	Banana	199.282	99.640	0	-	
	Laranja	16.944.529	8.825	0	-	
	Coco-da-baía	675.012	405.000	0	39	
	Castanha de caju	110.253	40.484	0	8	
Uva	614.574	0	0	-		
<b>SUBTOTAL</b>		<b>845.668.872</b>	<b>201.418.487</b>	<b>604.255.461</b>	<b>22.999</b>	
Pecúaria	Criações	Criações (mil cabeças/ano)	Efluentes (m³/ano)	Potencial Energético (MW/ano)		
		1.212.555	23.600.654	137		
	Bovinos (leite)	435	316.909.675	1.032		
	Suínos	15.474	20.379.732	122		
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>5.000</b>	<b>365.315.261</b>	<b>-</b>	<b>1.291</b>	
Agroindústria associada à pecuária	Animais abatidos (mil litros de leite)	Total de Resíduos (t/ano)	Efluentes (m³/ano)	Potencial Energético (MW/ano)		
		4.773.641.106	-	69.434.780	7,6	
	Abatidos (carne)	12.037.241.550	216.670	19.643.882	2,2	
	Abatidos (peles)	30.932.830	49.493	12.373.132	1,4	
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>16.861.313.361</b>	<b>266.163</b>	<b>121.540.947</b>	<b>15</b>	
Florestal	Etapas da cadeia produtiva	Madeira em tora (m³/ano)	Total de Resíduos (m³/ano)	Efluentes (m³/ano)	Potencial Energético (MW/ano)	
		122.159.595	34.795.898	-	650	
	Colheita	-	50.778.566	-	954	
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>122.159.595</b>	<b>85.574.465</b>	<b>-</b>	<b>1.604</b>	

Fonte: PNRS, 2010

Além disso:

- ETA
- ETE
- Efluentes Industriais
- Resíduos Industriais
- Florestas energéticas
- ....

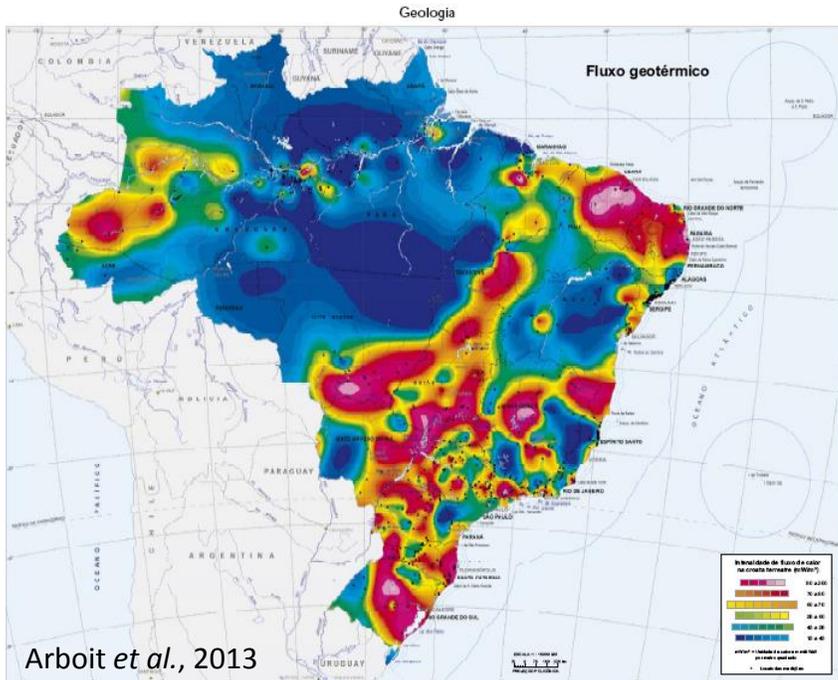
- Milhares de Unidades de GD!



Fonte: Abrelpe, 2013

A Cemig está desenvolvendo um projeto de P&D – Atlas de Potencial Energético da Biomassa em MG...

# OUTROS POTENCIAIS:

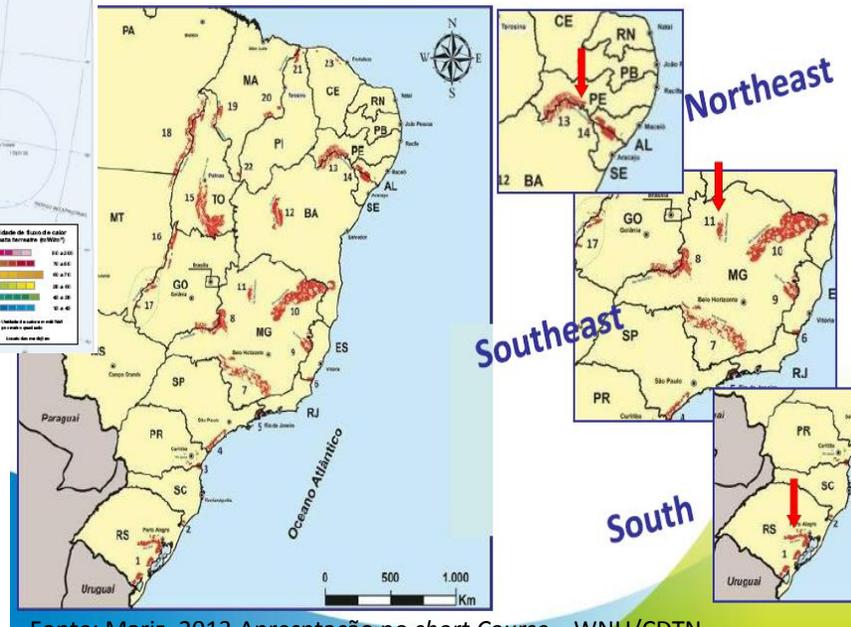


## Geotérmico

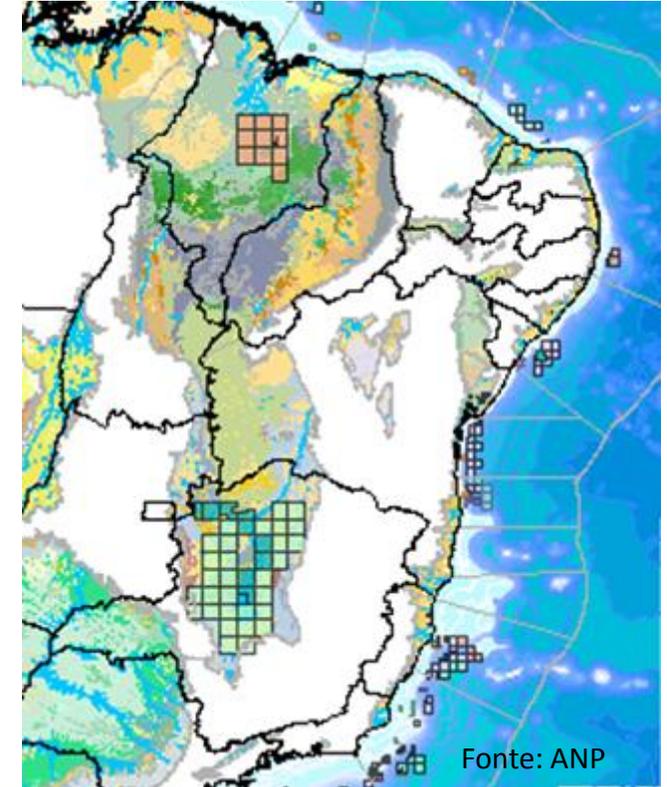
250 MWt

Não é adequado para Eletricidade...

???



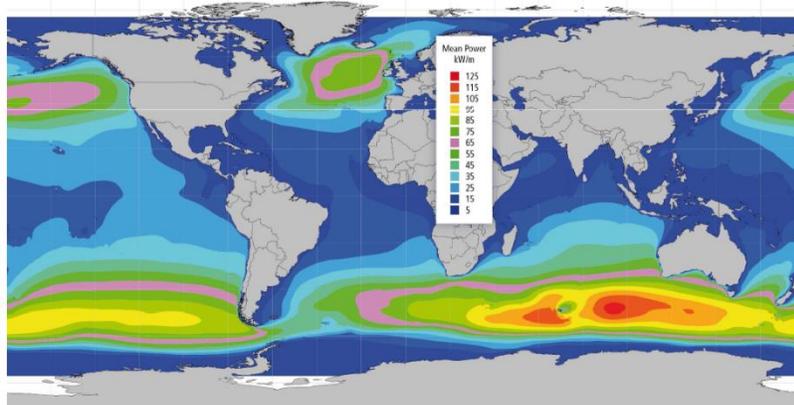
## Nuclear



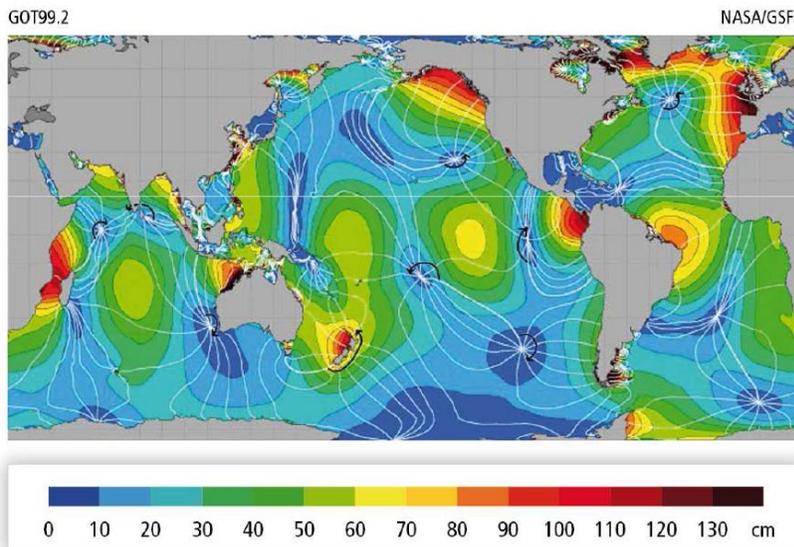
## Gás Natural

Grande expectativa para desenvolvimento regional e social...

# OUTROS POTENCIAIS:

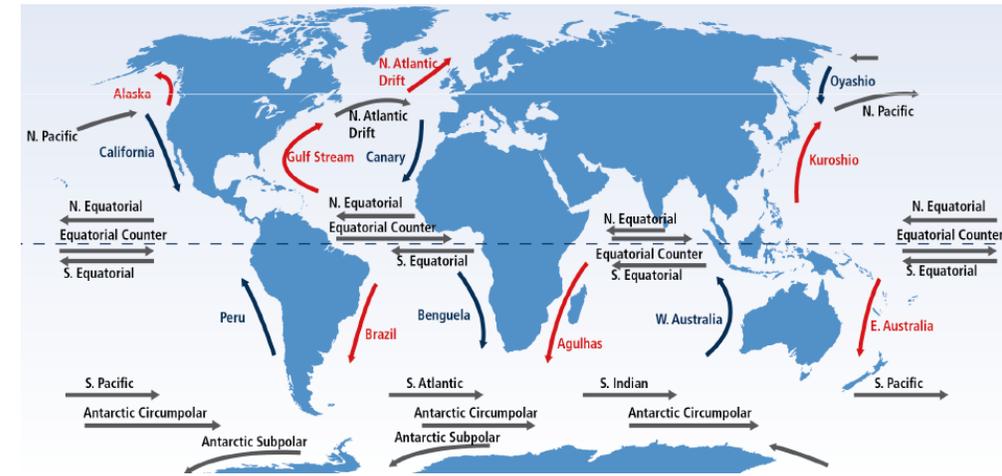


Ondas<sup>1</sup>  
*Brasil* :  
 $72.10^9 \frac{kWh}{ano}$

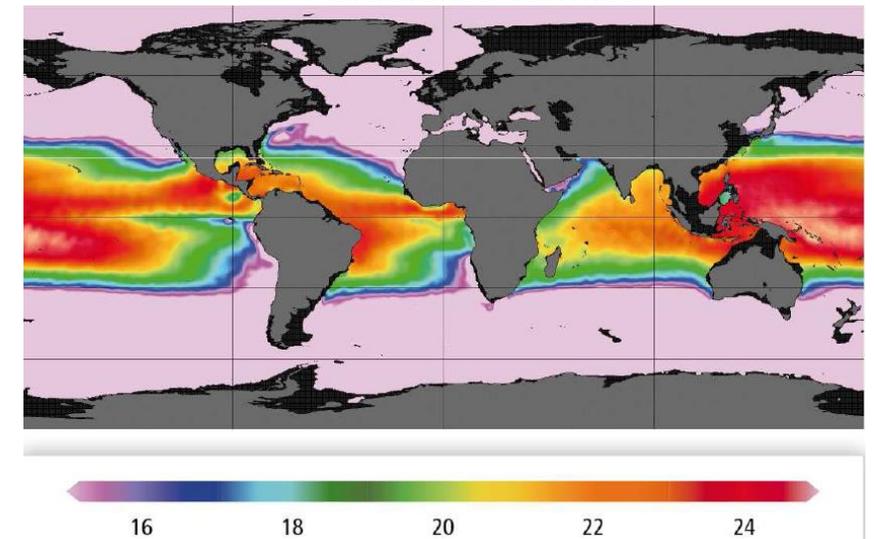


Mares<sup>1</sup>  
*Brasil* :  
 $462.10^9 \frac{kWh}{ano}$

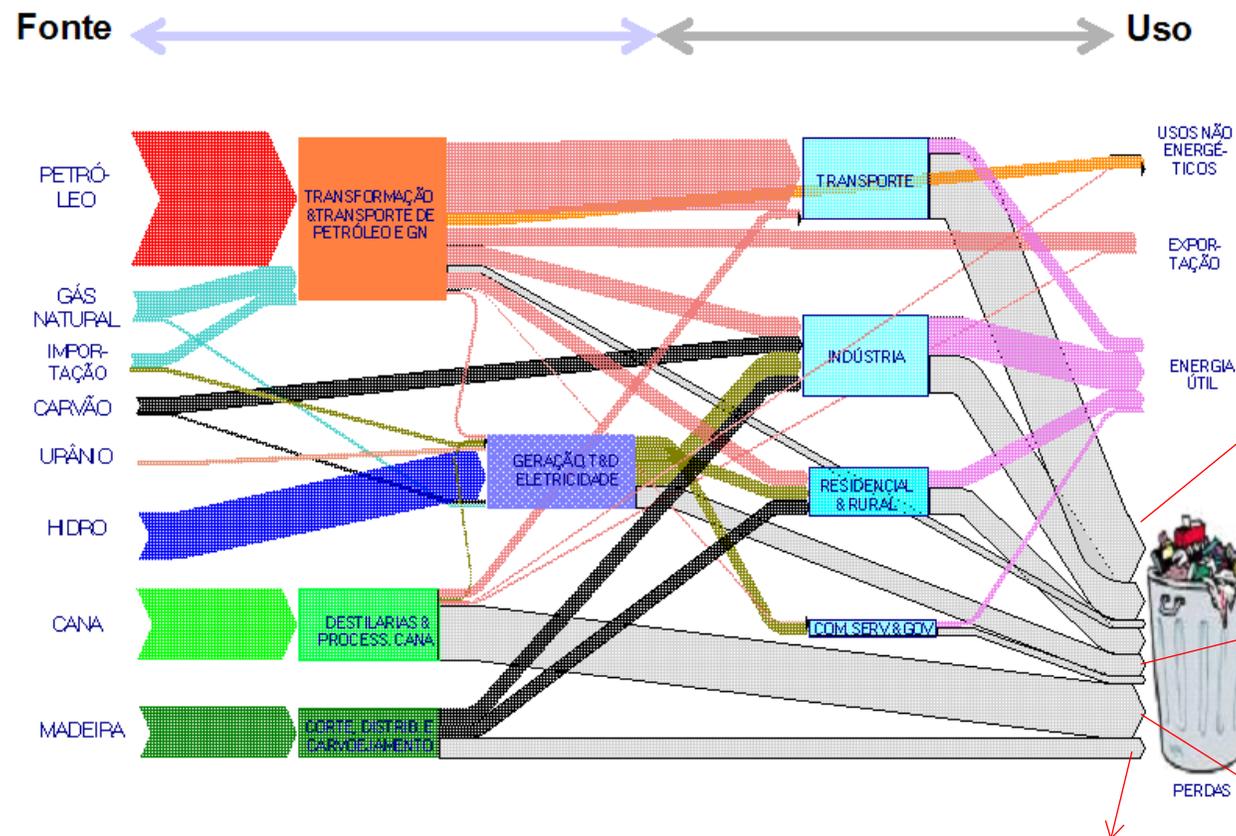
Correntes Oceânicas



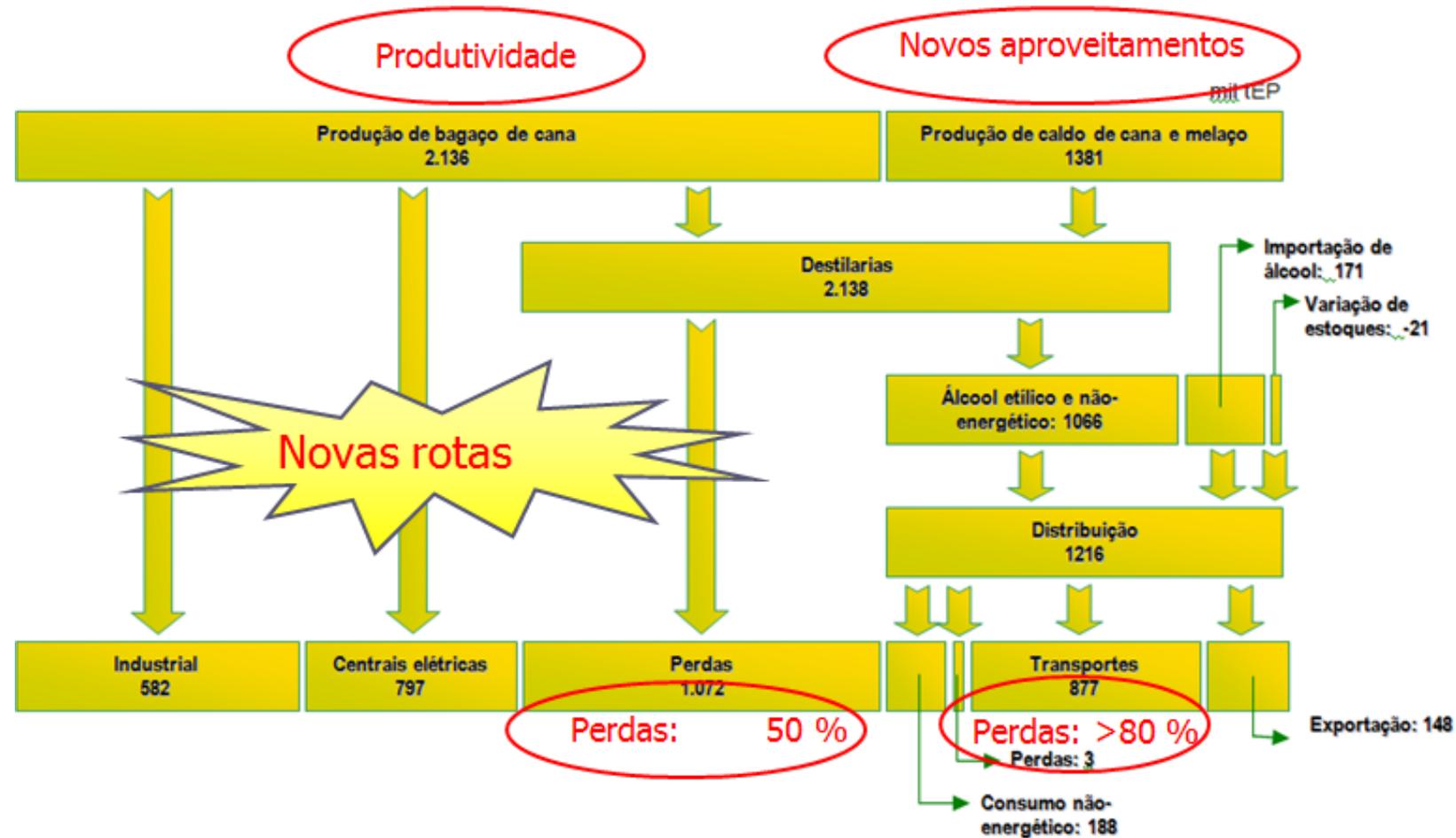
Gradiente Térmico



# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:



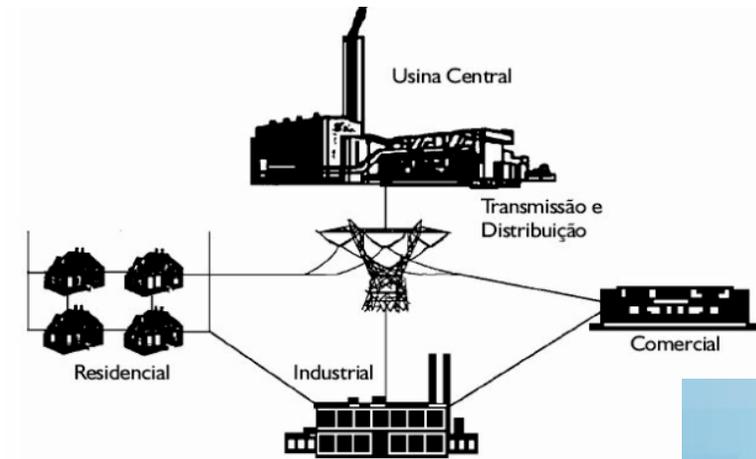
# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA:



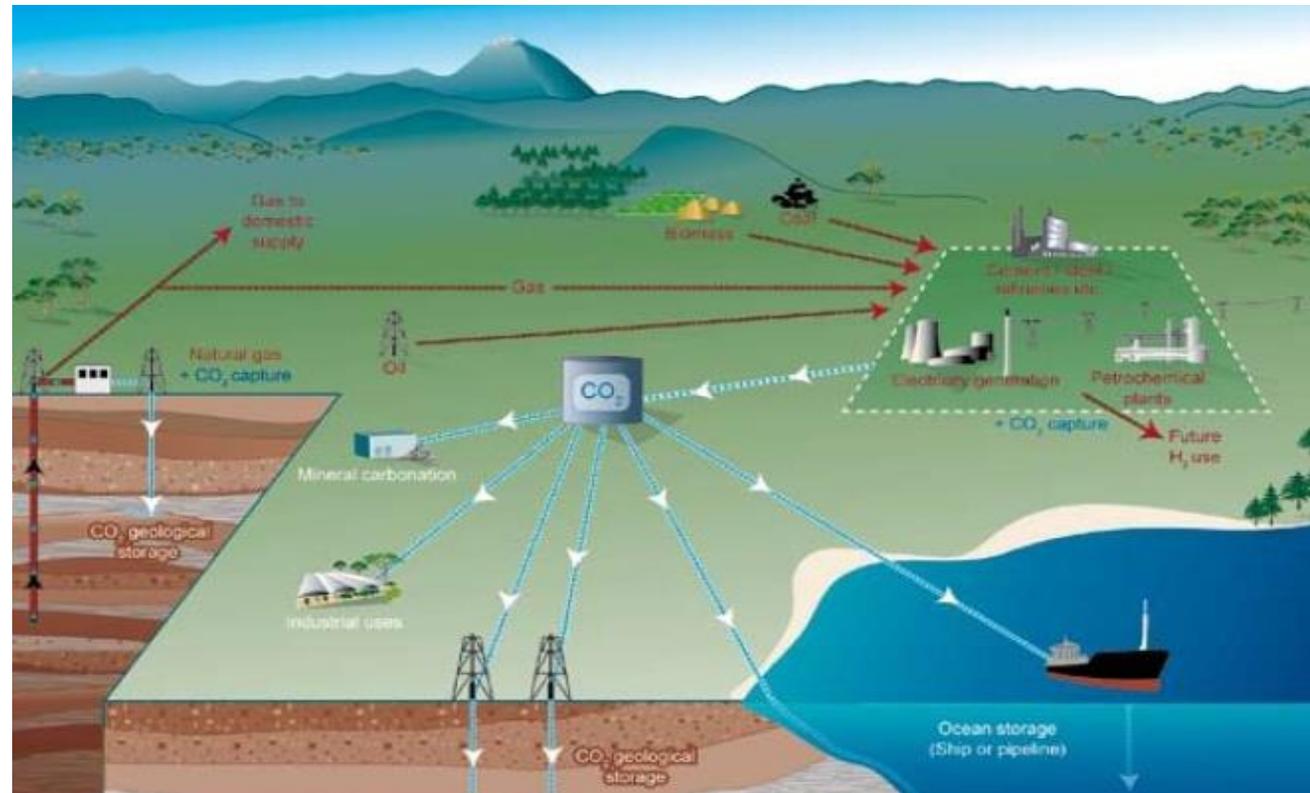
O edital 14/2014 Fapemig prevê a seleção de projeto de P&D Cemig/Aneel/Fapemig abordando o tema de Eficiência Energética: ATLAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS...

# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA:

GD E SG modificarão significativamente a relação da sociedade com o sistema elétrico...

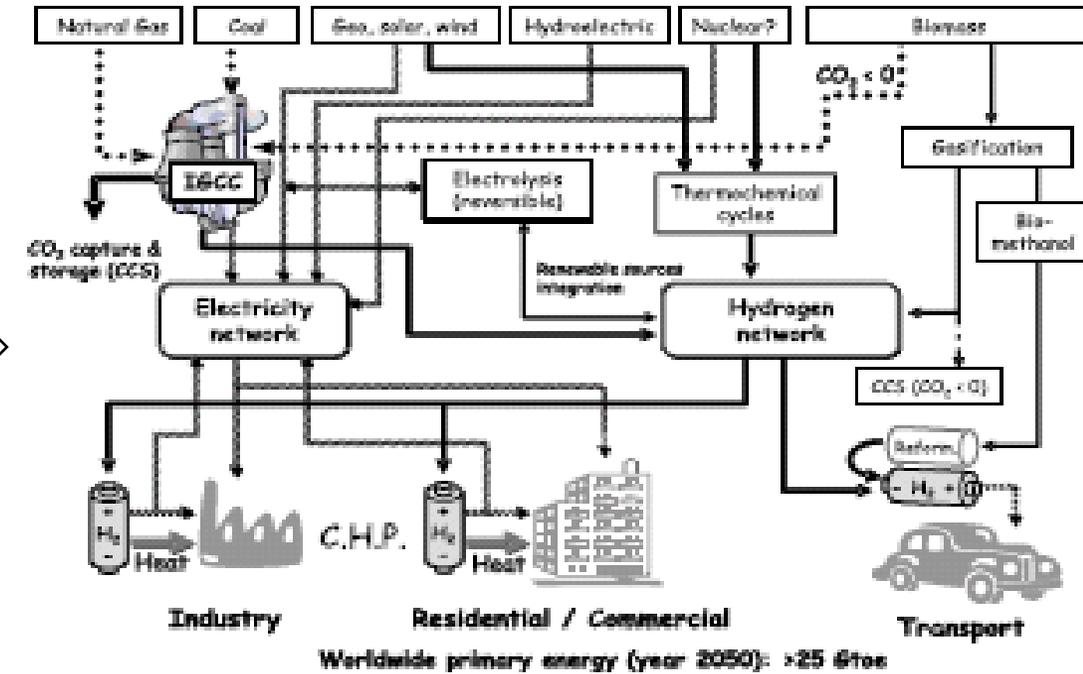
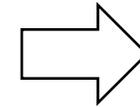
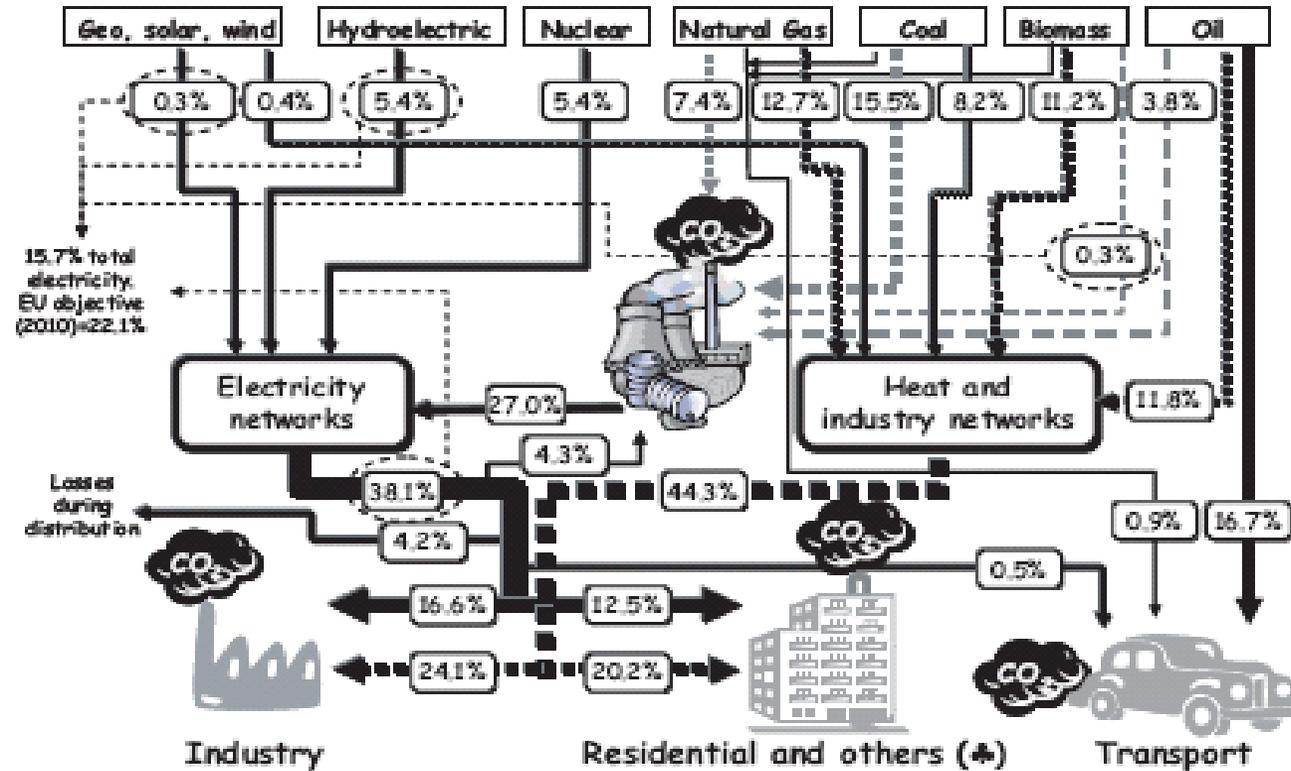


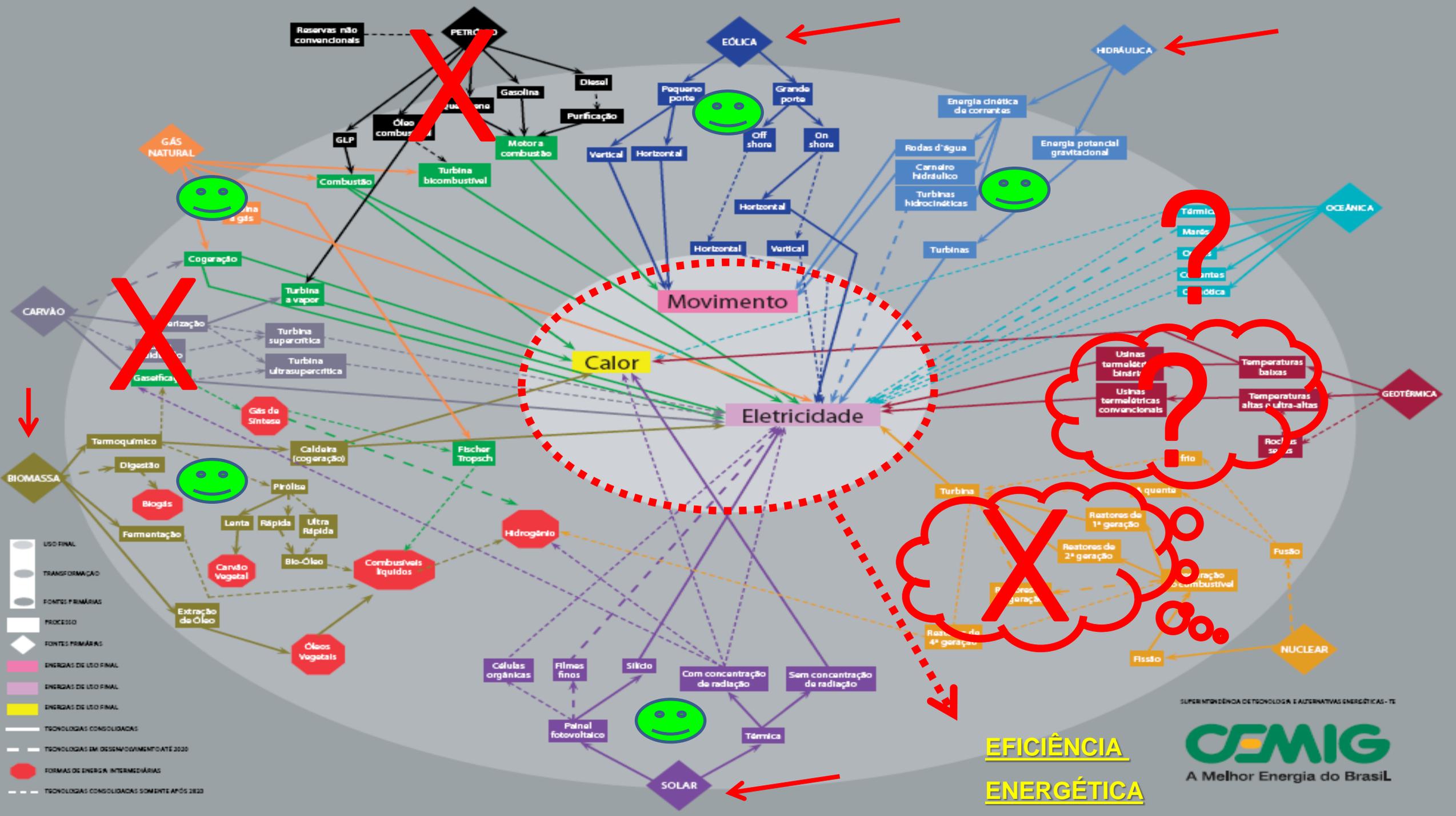
# QUESTÃO TECNOLÓGICA:



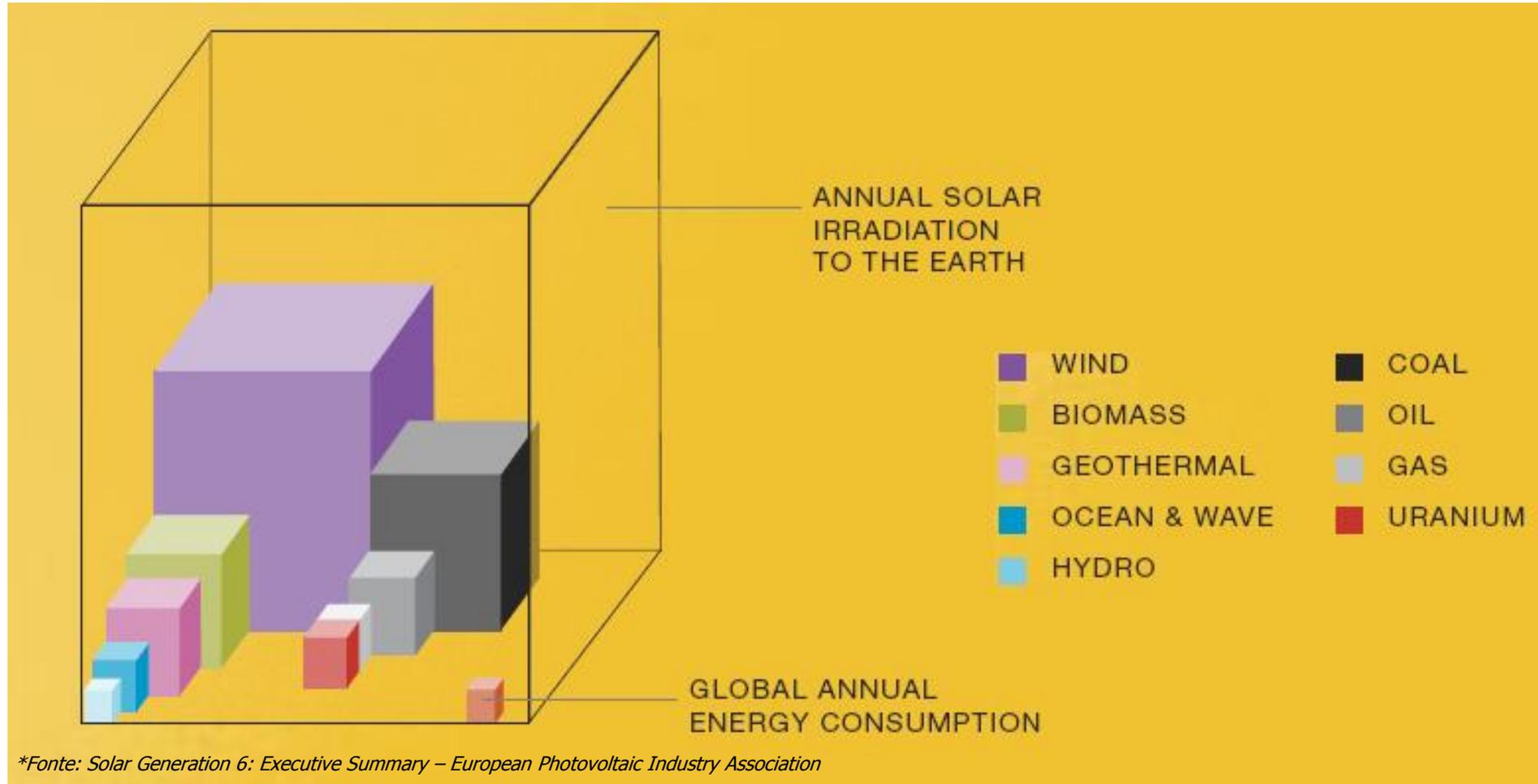
**CCS COMO A REDENÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS!**

# E O FUTURO?...



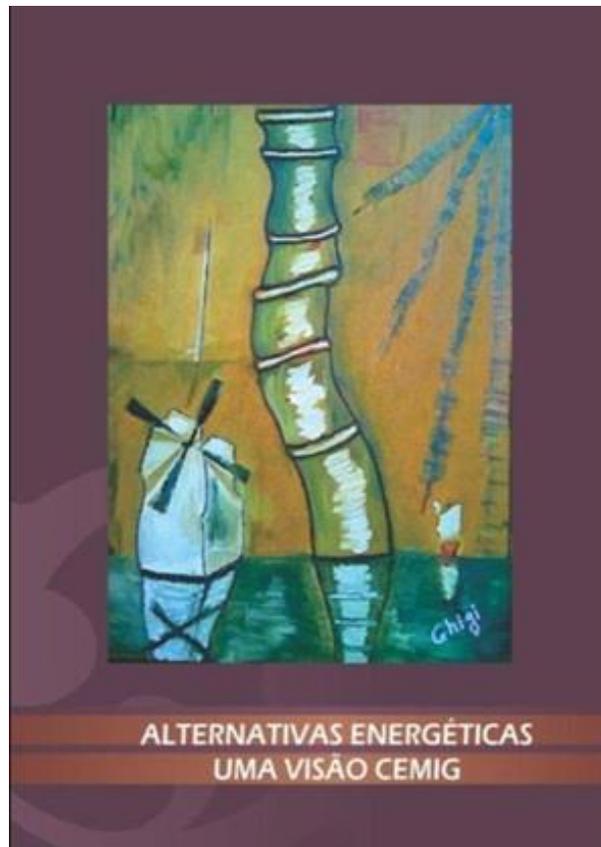


# POTENCIAIS GLOBAIS:



\*Fonte: Solar Generation 6: Executive Summary – European Photovoltaic Industry Association

# Alternativas, mais do que somente fontes...



Disponível para Download no site da Cemig.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS:

- Teremos grandes desafios para a construção do futuro;
- Energia é essencial para o atual modo de vida;
- A importância de se pensar e planejar: BE, PE e Cenários;
- O crescimento da Demanda no Brasil: Eólica, Solar e Biomassa;
- O Brasil possui potencial de todas as fontes a ser explorados, e em especial de Energia Renovável;
- Eficiência Energética como o outro lado da moeda;
- Expectativa em GD e SD;
- Tecnológica como instrumento essencial...
- Potenciais Globais: o problema energético como uma questão econômica;

Alternativas Energéticas como uso de todas as opções na construção do sistema energético futuro, como solução local e sustentável.

# Obrigado!

**Cláudio Homero Ferreira da Silva, Dr. Eng. Química**

**Gerência de Alternativas Energéticas  
Superintendência de Tecnologia e Alternativas  
Energéticas**

**Vice Presidência**

**Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig**

**Telefone: 55 (31) 3506-4340**

**e-mail: [chomero@cemig.com.br](mailto:chomero@cemig.com.br)**

