



PAPEL DAS TERMELÉTRICAS NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

Rio de Janeiro, 13 de agosto de 2014 | Rev.1

OBJETIVOS

- Debater o papel da geração termelétrica na matriz elétrica brasileira;
- Analisar os atributos da geração termelétrica: segurança no suprimento; flexibilidade; despachabilidade e complementariedade;
- Discutir o potencial de diferentes fontes de energia para termelétricas: gás natural; carvão mineral; óleo combustível e diesel; biomassa e nuclear;
- Avaliar a necessidade e as etapas para a ampliação da participação nuclear na matriz elétrica brasileira;
- Propor critérios para o uso das termelétricas que considerem os custos da transmissão, a localização e o uso na base ou na ponta da demanda;
- Discutir se são válidos os mecanismos de compensação de emissões de GEEs propostos pelos órgãos estaduais de licenciamento.

PARTICIPANTES

Claudio Sales e Alexandre Uhlig

Moderadores

Edmilson Moutinho dos Santos

Instituto de Energia e Ambiente da USP

Professor

Hermes Chipp

Operador Nacional do Sistema (ONS)

Diretor Geral

Hélio Gurgel Cavalcanti

Associação Brasileira de Entidades

Estaduais de Meio Ambiente (Abema)

Presidente

Ricardo Baitelo

Greenpeace

Coordenador de Clima e Energia

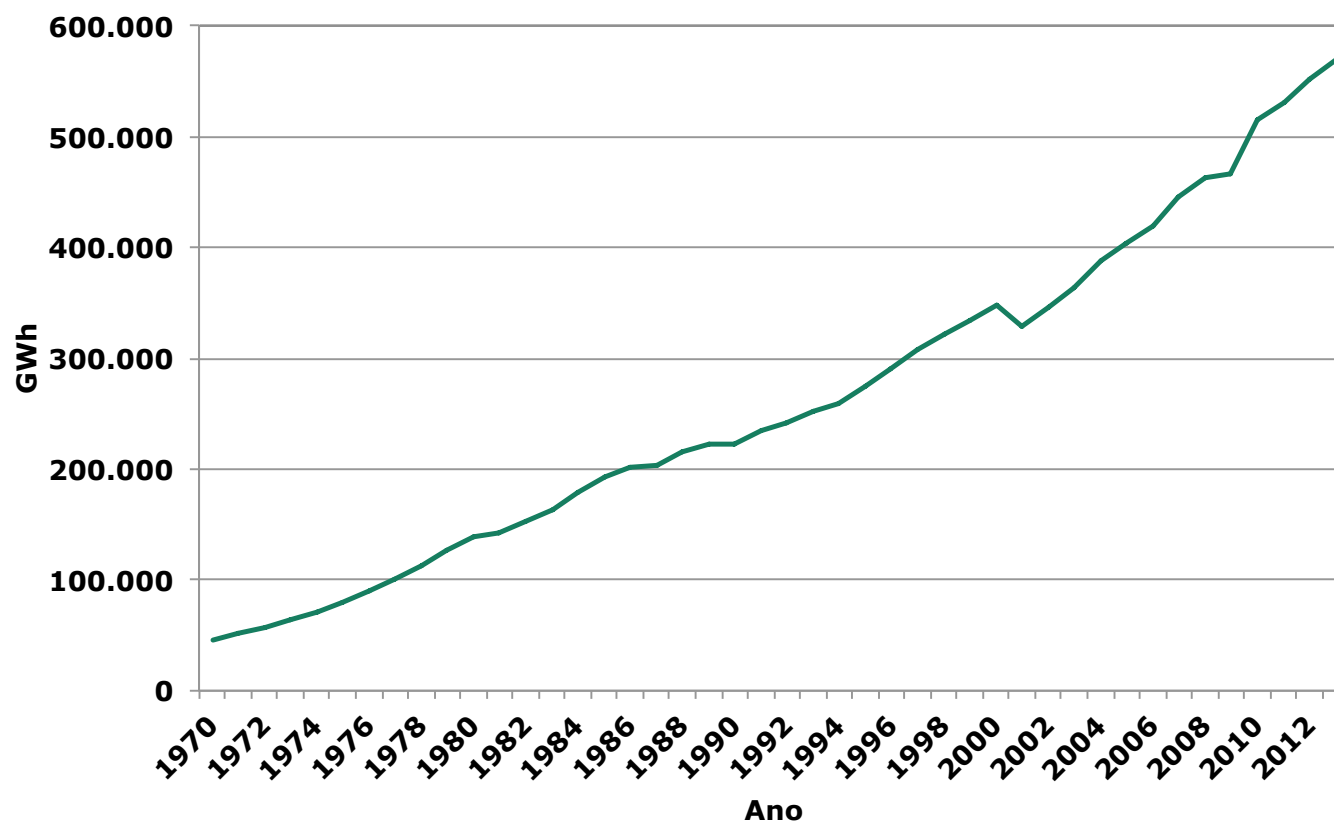
Carlos Alberto Afonso

EDF – UTE Norte Fluminense

Diretor Administrativo e Financeiro

DEMANDA POR ELETRICIDADE

A demanda por eletricidade cresceu 12 vezes nos últimos 43 anos (6,0% ao ano).

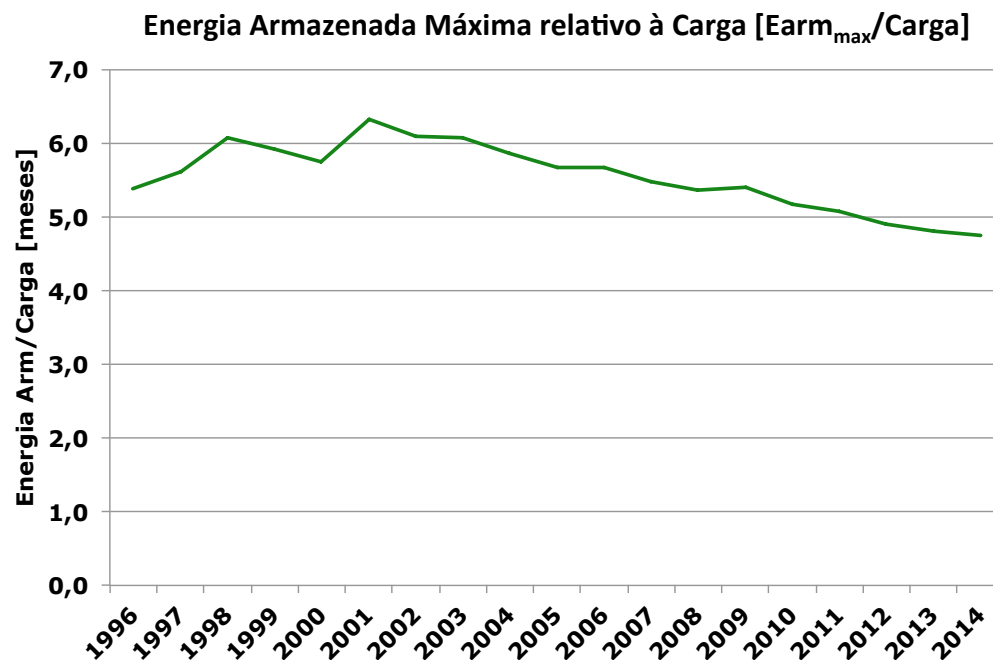


Até o final da década de 90, esta demanda era atendida exclusivamente por hidrelétricas, mesmo em períodos de poucas chuvas.

ENERGIA ARMAZENADA NOS RESERVATÓRIOS

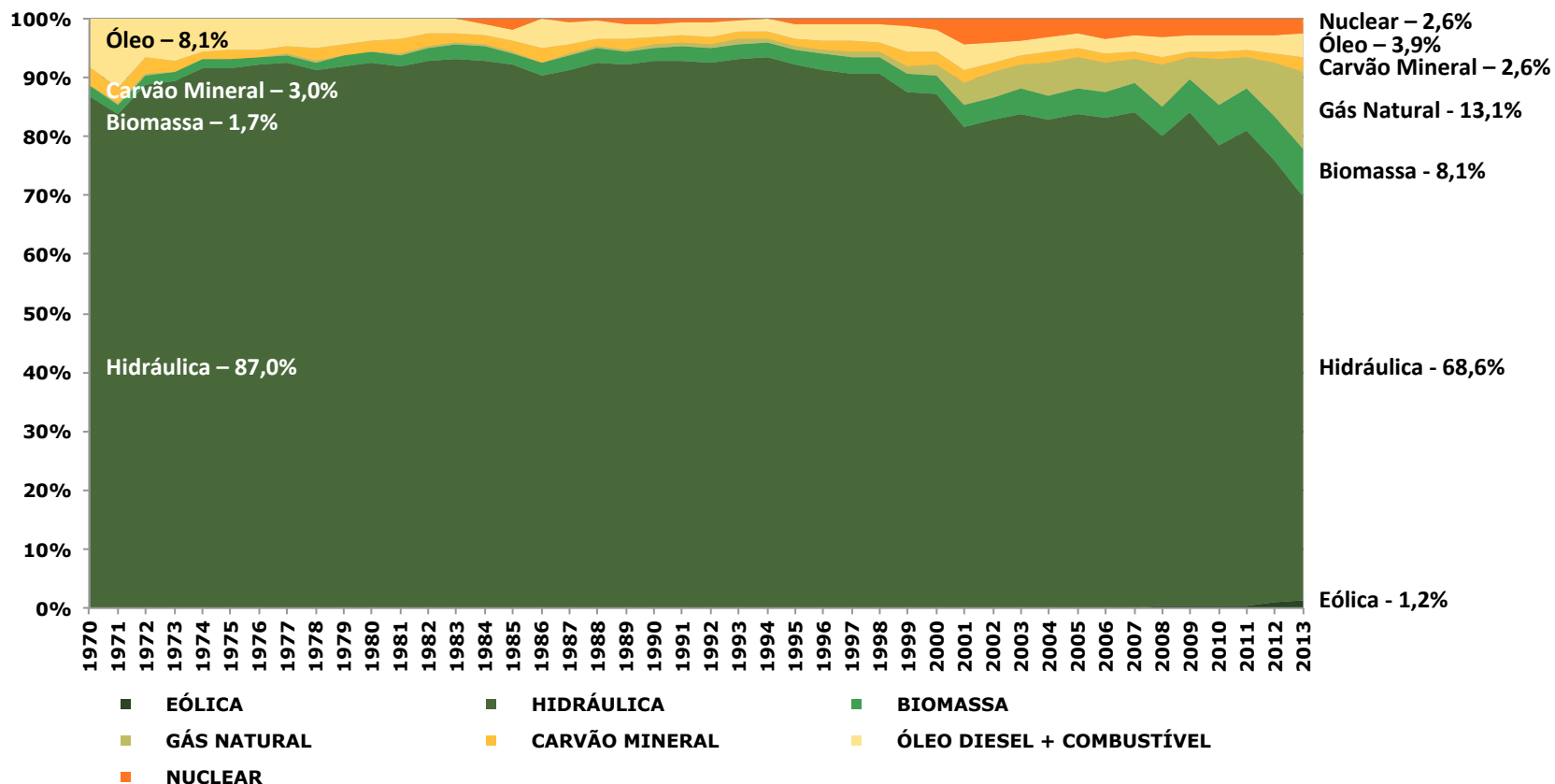
Após o final da década de 90, o setor elétrico passa a ter dificuldades para atender à demanda exclusivamente com hidrelétricas por dois motivos:

- a) aumento da carga;
- b) redução da energia armazenada nos reservatórios.



GERAÇÃO TERMELETRICA

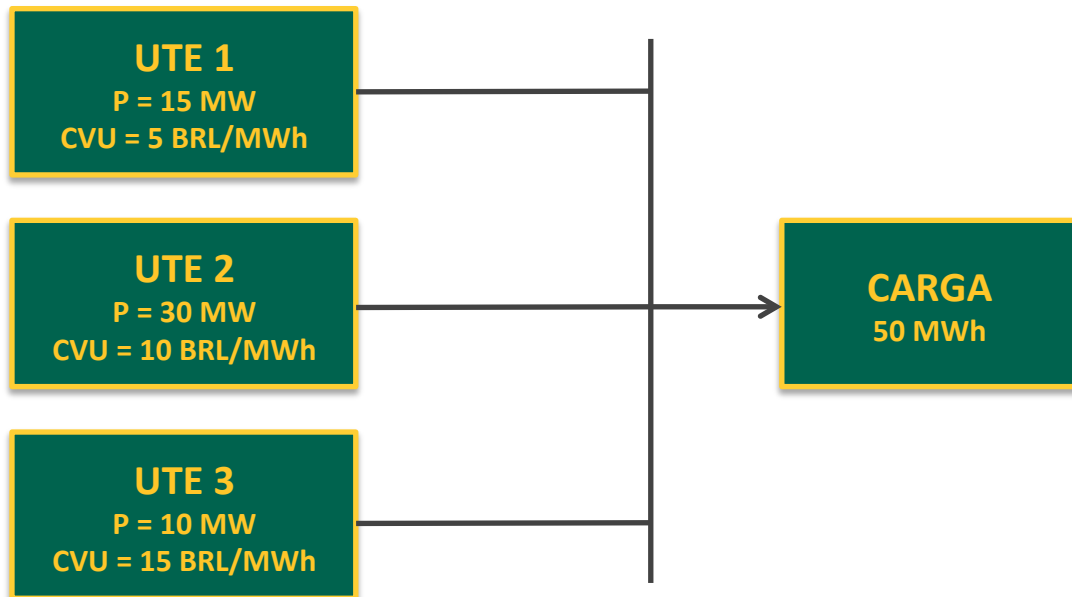
Isto fez com que a participação da geração termelétrica na matriz elétrica brasileira aumentasse.



**PORQUE O USO DE TERMELÉTRICAS É NECESSÁRIO
PARA UM SISTEMA COMO O BRASILEIRO?**

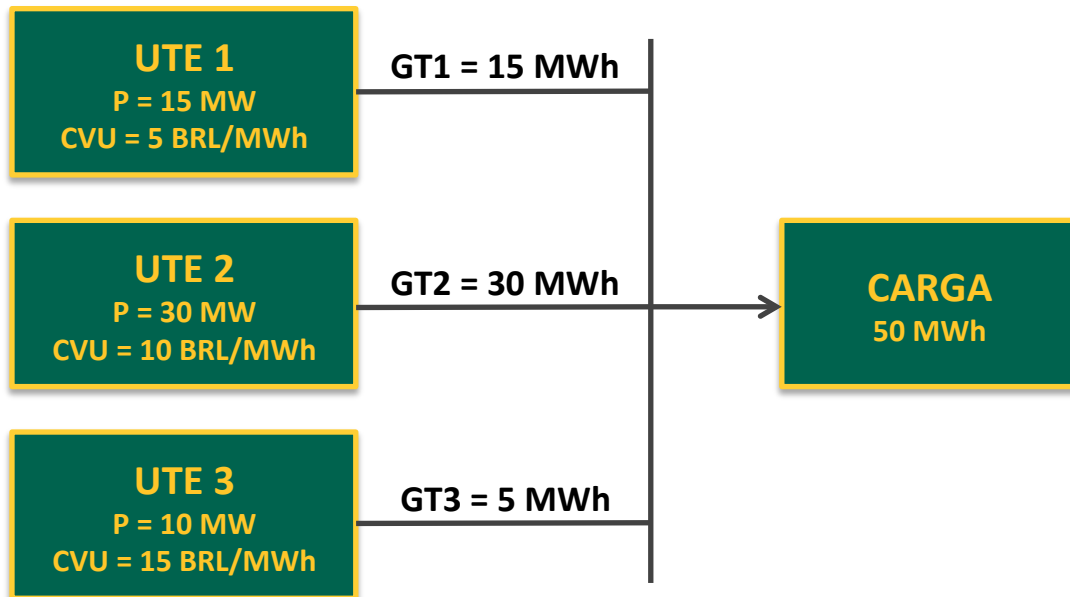
**A RESPOSTA REQUER ENTENDER A POLÍTICA DE
OPERAÇÃO...**

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO TÉRMICO



Qual é o despacho ótimo?

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO TÉRMICO



Intuitivamente:

Custo Total de Operação

$$15 * 5 + 30 * 10 + 5 * 15 = \text{BRL } 450$$

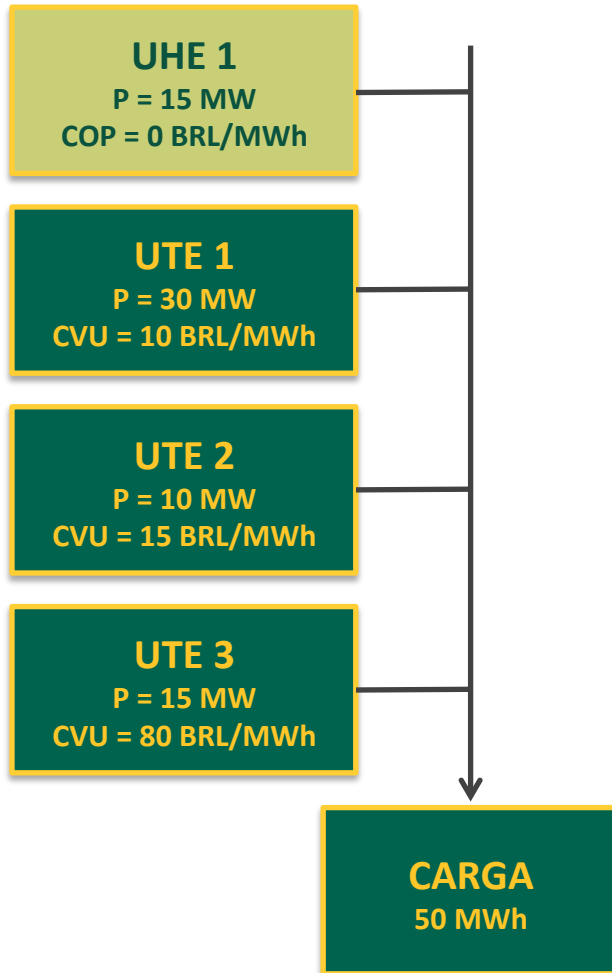
Se a CARGA fosse 51 MWh, qual seria o custo?

$$15 * 5 + 30 * 10 + 6 * 15 = \text{BRL } 465$$

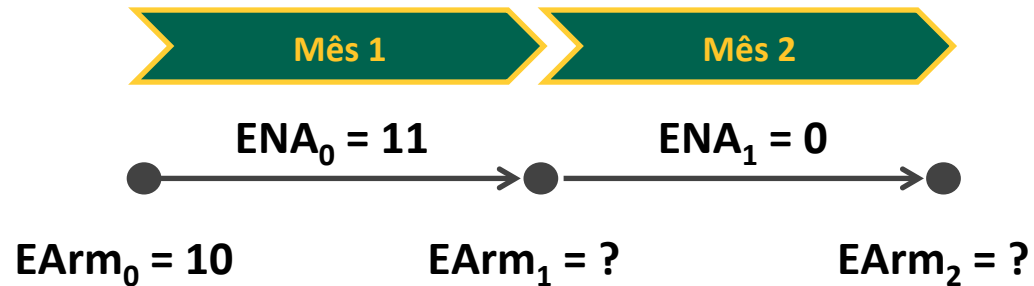
Portanto

Custo Marginal de Operação (CMO) = 15 BRL/MWh

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO HIDROTÉRMICO



Qual é o despacho ótimo?



Exemplo de operação “miope”: gerar toda água que chega

Mês 1	Mês 2
GH = 15 MWh	GH = 6 MWh
GT1 = 30 MWh	GT1 = 30 MWh
GT2 = 5 MWh	GT2 = 10 MWh
GT 3 = 0 MWh	GT3 = 4 MWh

Custo Total de Operação

$$(30 * 10 + 10 * 15) + (30 * 10 + 10 * 15 + 4 * 80) = \text{BRL } 1.145$$

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO HIDROTÉRMICO

Impacto da decisão do primeiro mês no custo do segundo mês

Decisão Primeiro Mês						Decisão Segundo Mês					Custo Total
GH	GT1	GT2	GT3	Custo Imediato	EArm final	GH	GT1	GT2	GT3	Custo Futuro	
15	30	5	0	375	6	6	30	10	4	770	1145
14	30	6	0	390	7	7	30	10	3	690	1080
13	30	7	0	405	8	8	30	10	2	610	1015
12	30	8	0	420	9	9	30	10	1	530	950
11	30	9	0	435	10	10	30	10	0	450	885
10	30	10	0	450	11	11	30	9	0	435	885
9	30	10	1	530	12	12	30	8	0	420	950
8	30	10	2	610	13	13	30	7	0	405	1015
7	30	10	3	690	14	14	30	6	0	390	1080
6	30	10	4	770	15	15	30	5	0	375	1145
5	30	10	5	850	16	15	30	5	0	375	1225

A UHE tem potência instalada de 15 MW.

O armazenamento superior a 15 MW esbarra no limite de turbinamento do segundo mês.

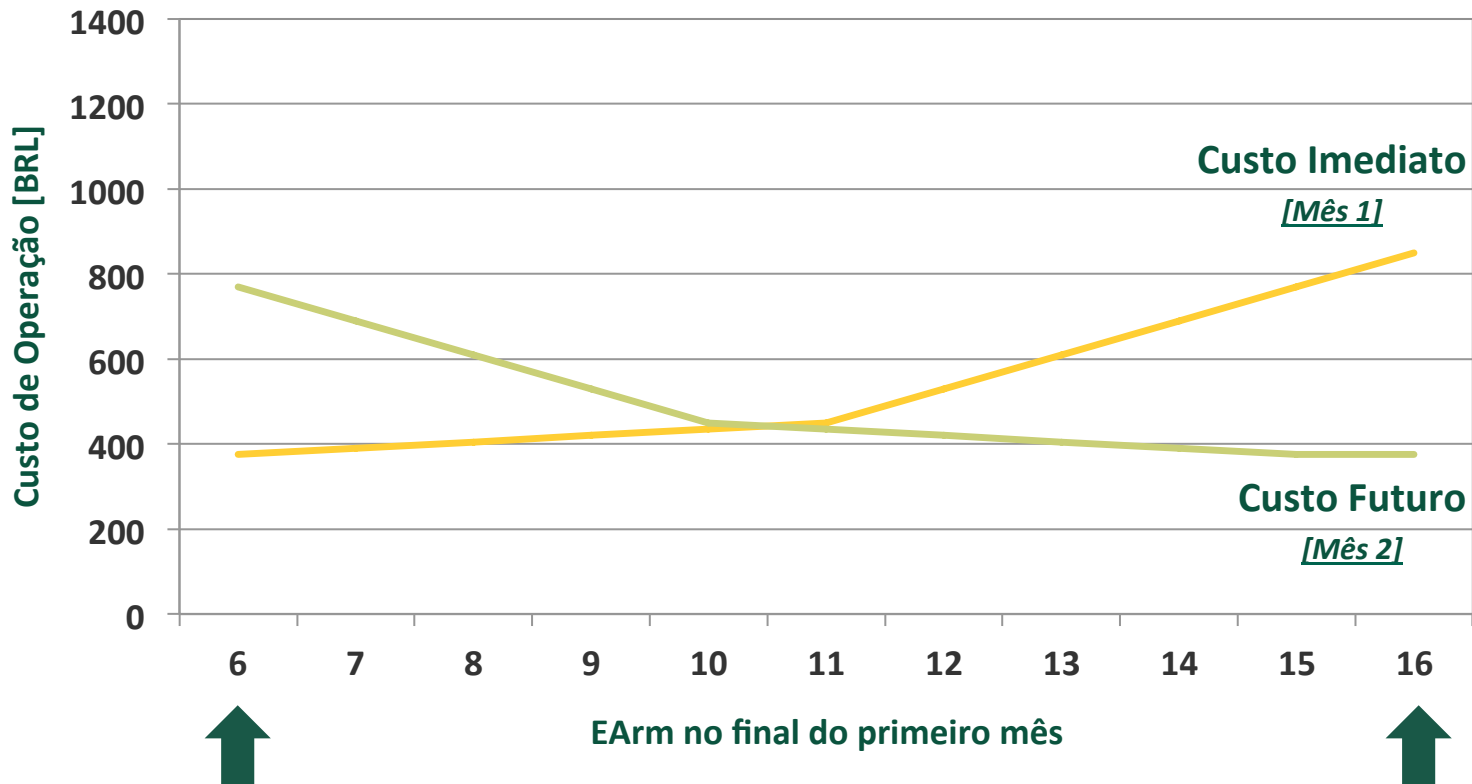
Características do despacho hidrotérmico:

- 1) Problema acoplado no tempo: uma decisão operativa, tomada hoje, afeta o custo de operação futuro;
- 2) A solução ótima deve comparar o custo imediato das térmicas com o custo de oportunidade das hidráulicas.

A afluência não é conhecida. Essa incerteza é modelada por meio de cenários.

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO HIDROTÉRMICO

Minimização do Custo Total de Operação

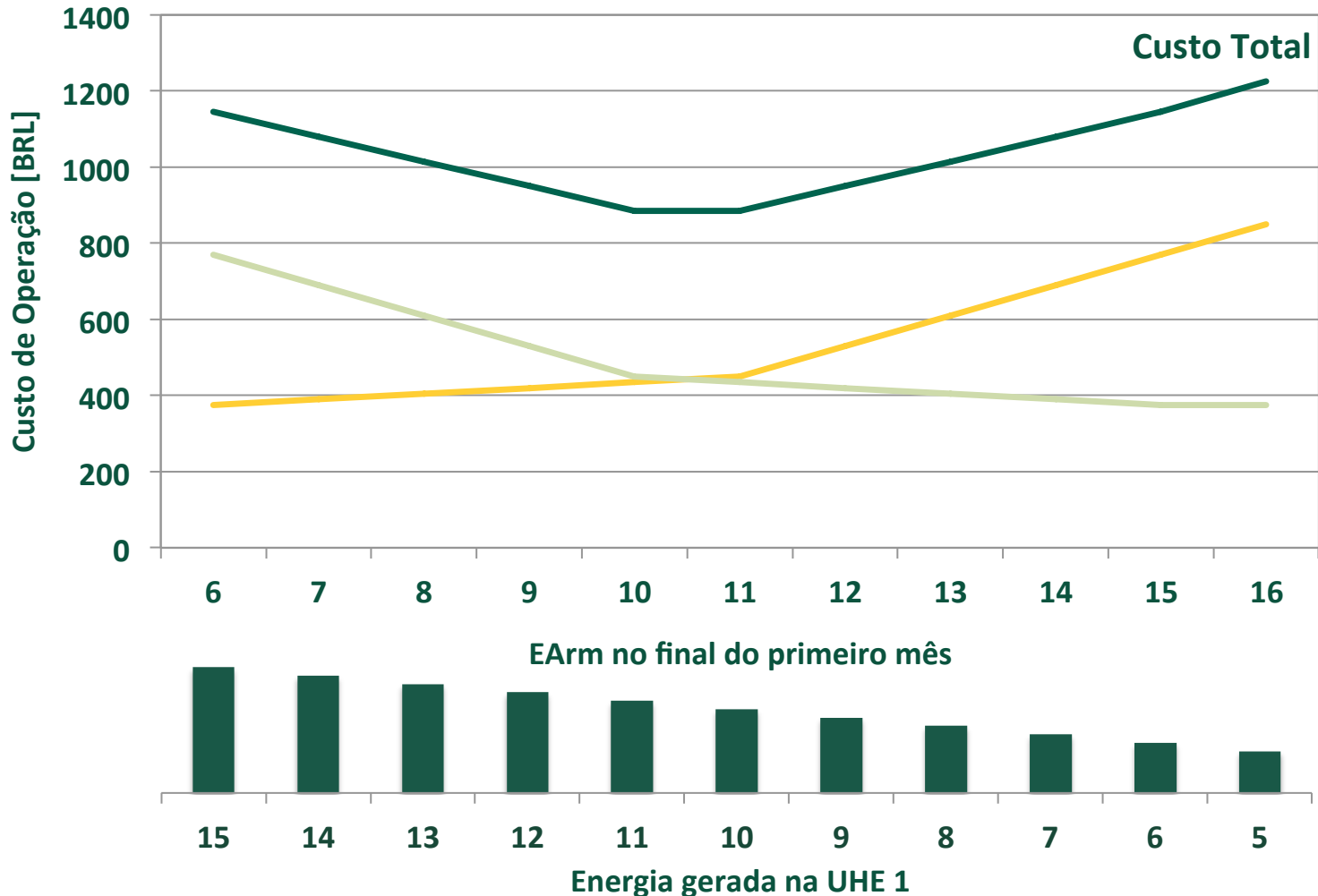


Reservatório vazio ao final do primeiro mês: custo imediato baixo e custo futuro alto

Reservatório cheio ao final do primeiro mês: custo imediato alto e custo futuro baixo

POLÍTICA DE OPERAÇÃO: DESPACHO HIDROTÉRMICO

Minimização do Custo Total de Operação

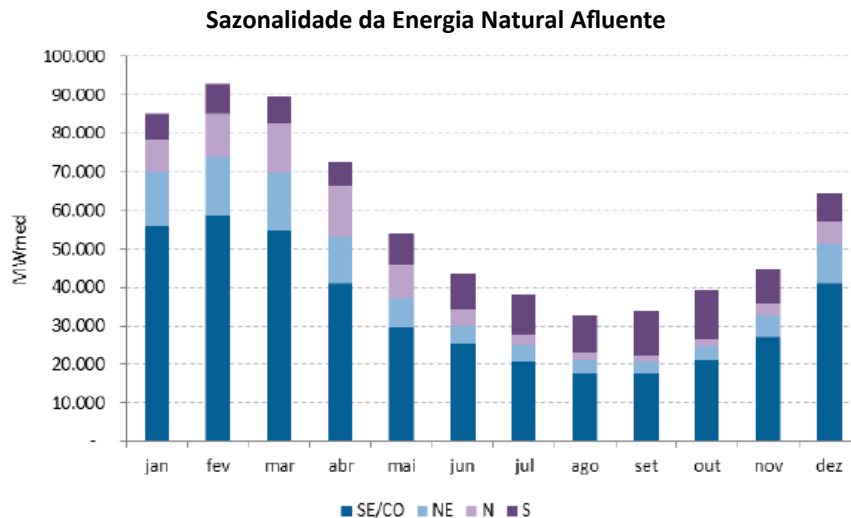


ATRIBUTOS DA GERAÇÃO TERMELETRICA

ATRIBUTOS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

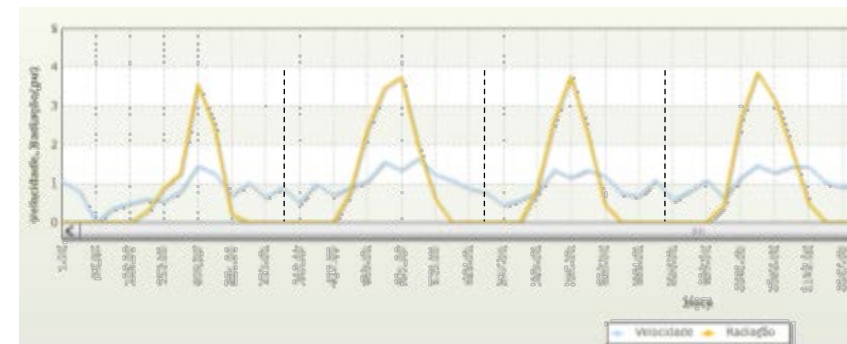
SEGURANÇA NO SUPRIMENTO

- As termelétricas dependem apenas da disponibilidade de combustível para gerar eletricidade, o que as tornam uma fonte bastante confiável.
- As termelétricas não dependem do clima (chuvas, ventos e insolação), característica as diferenciam de hidrelétricas, eólicas e solares.



Fonte: ONS – Planejamento da Operação Energética 2012/2016

Sazonalidade dos ventos e da radiação solar

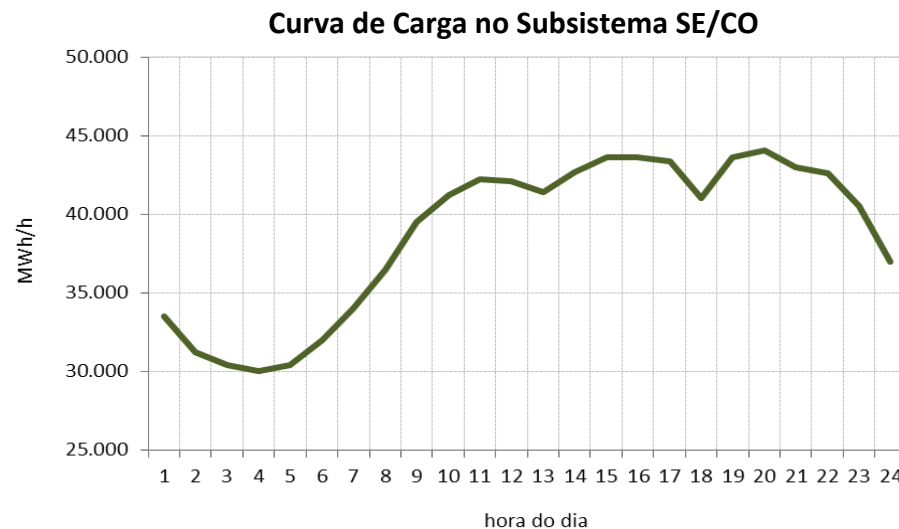


Fonte: Antônio Guilherme, 2014

ATRIBUTOS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

DESPACHABILIDADE OU FLEXIBILIDADE OPERACIONAL

- Termelétricas podem “partir e parar” de maneira rápida e eficiente se houver fornecimento adequado de combustível. Isto garante o atendimento às necessidades de energia e respostas imediatas às flutuações da demanda por eletricidade. A flexibilidade das termelétricas garantem, inclusive, a complementariedade no uso de fontes renováveis intermitentes (eólica ou solar).



ATRIBUTOS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

FLEXIBILIDADE

- **Locacional:** é possível construir termelétricas próximas aos centros de carga.
- **Fornecimento de Combustível:** algumas usinas permitem o uso de mais de uma fonte de energia para produzir calor. Existem usinas movidas à óleo combustível e a gás natural, por exemplo.

Localização dos Gasodutos no Brasil

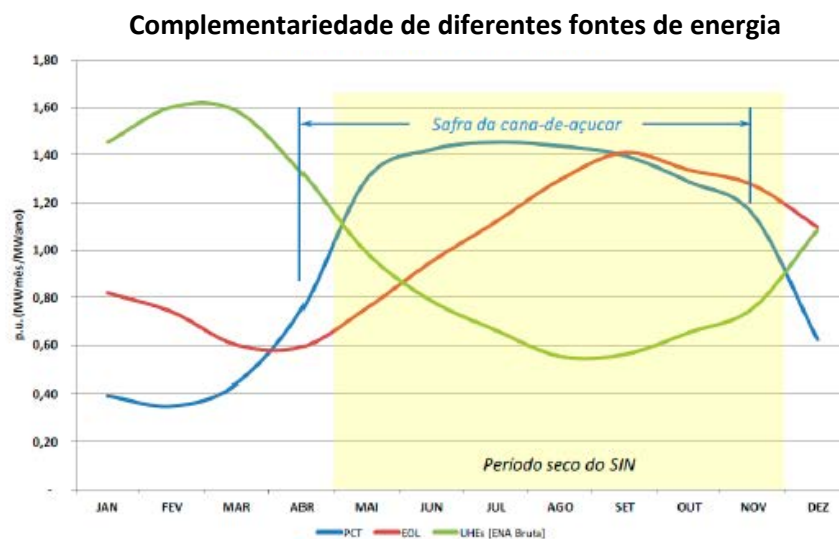


Fonte: Blog Geopolítica do Petróleo

ATRIBUTOS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

COMPLEMENTARIEDADE





- Por não depender do clima, as termelétricas desempenham o papel de complementares a usinas hidrelétricas, eólicas e solares em situações de escassez de chuvas, ventos e de pouca insolação. Além disto, no caso da biomassa, existe a complementariedade sazonal. A oferta de bagaço de cana ocorre exatamente no período seco.



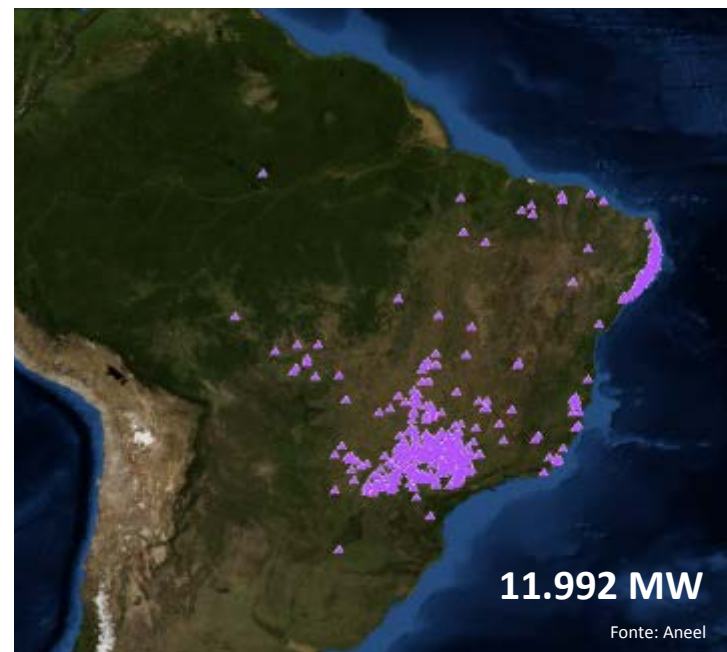
FONTES DE ENERGIA PARA GERAÇÃO TERMELÉTRICA

FONTES DE ENERGIA PARA TERMELÉTRICAS

BIOMASSA

- Segurança no Suprimento 
- Despachabilidade 
- Flexibilidade Locacional 
- Baixa emissão de GEEs 
- Diversidade de fontes: bagaço de cana; madeira; casca de arroz; licor negro e biogás.
- Empreendimentos de pequeno porte, próximos ao centro de consumo. Complementariedade sazonal com outras fontes como hidráulica e eólica.
- Interfere no solo e compete com alimentos
- Potencial: 7.000 MW médios, até 2022 (EPE)
- Restrições: Falta de capilaridade da rede de transmissão e critérios dos leilões de energia

Termelétricas a biomassa



FONTES DE ENERGIA PARA TERMELÉTRICAS

GÁS NATURAL

- Segurança no Suprimento ●
- Despachabilidade ●
- Flexibilidade Locacional ●
- Baixa emissão de GEEs ●
- O aumento do despacho termelétrico torna competitivas usinas de custo variável mais baixo como as usinas a gás natural. Combustível fóssil com menor emissão de GEEs. É possível instalá-las próximo ao centro de consumo.
- Potencial: 436 bilhões m^3 de gás natural (Produção em 2012: 25,8 bilhões m^3 – 10 bilhões m^3 para energia)
- Restrições: Aumento na produção de gás natural e da infraestrutura (gasodutos) para distribuição.

Termelétricas a gás natural

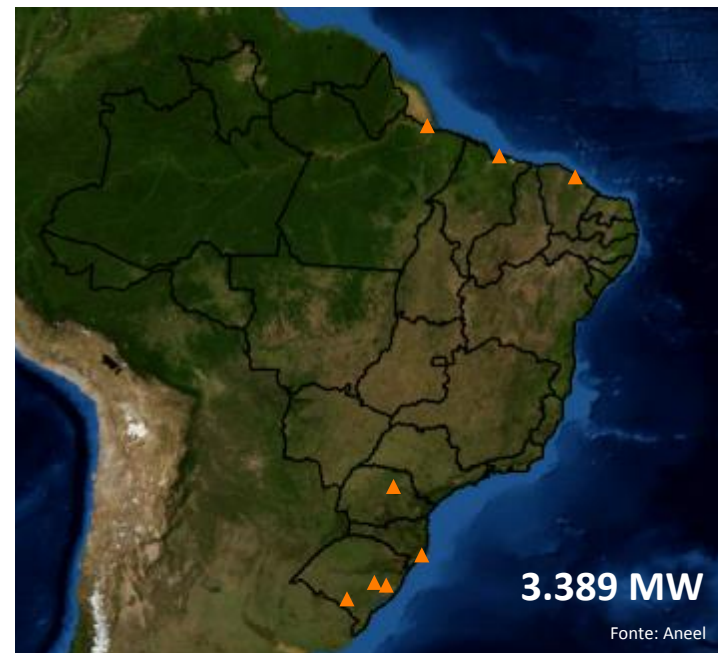


FONTES DE ENERGIA PARA TERMELÉTRICAS

CARVÃO MINERAL

- Segurança no Suprimento ●
- Despachabilidade ◐
- Flexibilidade Locacional ◑
- Baixa emissão de GEEs ○
- O aumento do despacho termelétrico torna competitivas usinas de custo variável mais baixo como as usinas a carvão. Trata-se de uma fonte segura e com custo baixo.
- Potencial: 25,8 bilhões t de carvão mineral (Produção em 2012: 6,6 milhões t – 6,2 milhões t para energia). As reservas poderiam gerar 17.000 MW_{méd} (Aneel)
- Restrições: Baixa qualidade do carvão nacional, critérios dos leilões de energia e emissão de GEEs

Termelétricas a carvão mineral



FONTES DE ENERGIA PARA TERMELÉTRICAS

ÓLEO DIESEL E COMBUSTÍVEL

- Segurança no Suprimento ●
- Despachabilidade ●
- Flexibilidade Locacional ●
- Baixa emissão de GEEs ○
- Adequadas ao suprimento de comunidades e de sistemas isolados. É uma termelétrica com baixo custo fixo e elevado custo variável, ideal para funcionar poucas horas no ano ou poucas horas no dia
- Potencial: 2,3 bilhões m³ de petróleo (Produção em 2012: 120,8 milhões m³ – 4,5 milhões m³ para eletricidade)
- Restrições: Critérios dos leilões de energia e emissão de GEEs

Termelétricas a óleo diesel e combustível

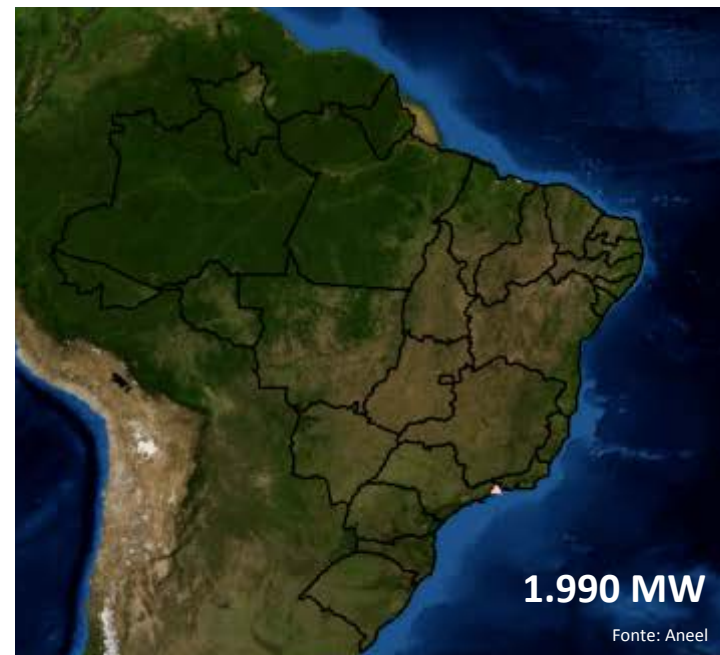


FONTES DE ENERGIA PARA TERMELÉTRICAS

NUCLEAR

- Segurança no Suprimento ●
- Despachabilidade ◐
- Flexibilidade Locacional ◐
- Baixa emissão de GEEs ●
- Fonte com alta densidade energética, sem emissão de GEEs e importante na diversificação da matriz elétrica. O Brasil possui boas reservas de urânio e domínio da tecnologia de enriquecimento.
- Potencial: 178 mil t Urânio (Produção em 2012: 380 t – 660 t para eletricidade)
- Restrições: Constituição impede participação privada na geração termonuclear e disposição final dos dejetos de alta atividade radioativa

Termelétricas nuclear



RESUMO DAS FONTES PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

	Segurança no Suprimento	Flexibilidade Operacional	Flexibilidade Locacional	Complementariedade	Baixo Impacto Socioambiental	Renovabilidade	Baixa Emissão de GEEs
Termelétrica Biomassa	●	●	●	●	●	●	●
Termelétrica Gás Natural	●	●	●	●	●	○	●
Termelétrica Carvão	●	●	●	●	●	○	○
Termelétrica Óleo (OD, OC)	●	●	●	●	●	○	○
Termelétrica Nuclear	●	●	●	●	●	○	●
Hidrelétrica	●	●	●	○	●	●	●
Eólica	●	●	●	●	●	●	●
Solar	●	●	●	●	●	●	●

CONFIGURAÇÃO ÓTIMA DO PARQUE TERMELÉTRICO

PARTICIPAÇÃO DAS TERMELÉTRICAS DEVE CONSIDERAR

LOCALIZAÇÃO

- Usinas mais próximas do centro de carga, aumentam a confiabilidade do sistema e reduzem os custos de transmissão.
- Os custos das ampliações e dos reforços na transmissão para escoar a energia da respectiva usina devem ser incorporados aos preços dos leilões. Isto tornará a competição entre as fontes mais isonômica, pois levará em conta o preço final da energia para o consumidor.

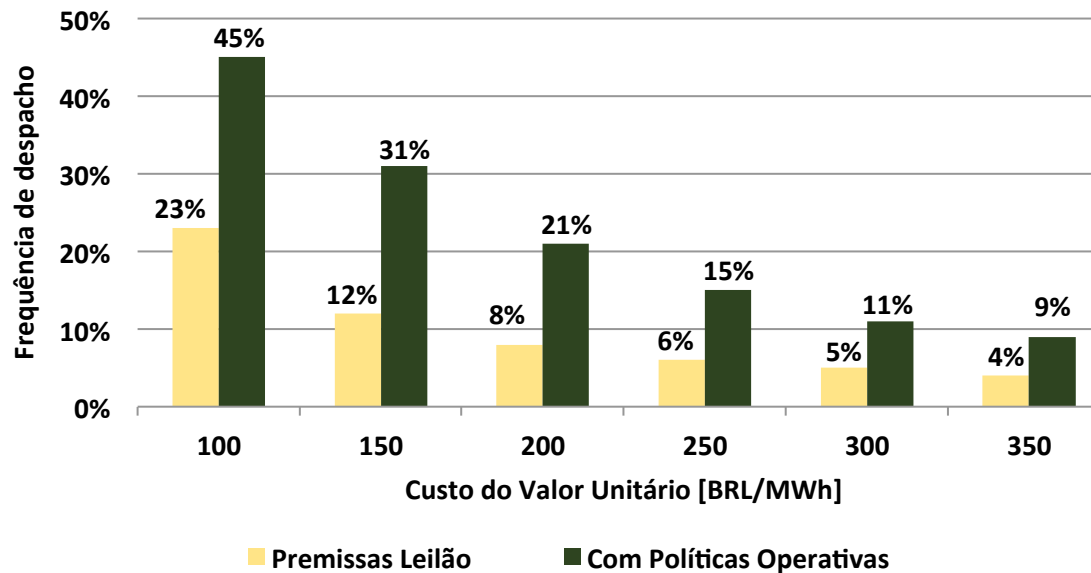
PARTICIPAÇÃO DAS TERMELÉTRICAS DEVE CONSIDERAR

FATOR DE CAPACIDADE (FREQUÊNCIA E TEMPO DE DESPACHO)

- O Índice de Custo Benefício (ICB) deve refletir a frequência que a termelétrica será despachada. É essencial interromper o descompasso entre:
 - frequências de despacho mais baixas no leilão; e
 - frequências de operação muito mais altas, na prática
- Termelétricas com fator de capacidade alto tornam-se mais competitivas para operar na base: nuclear, gás natural e carvão mineral.
- É importante valorizar a sazonalidade (período seco e úmido) e a despachabilidade (despacho na base ou na ponta da demanda de energia).

PARTICIPAÇÃO DAS TERMELÉTRICAS DEVE CONSIDERAR

Premissas dos Leilões de Energia Custo e Despacho de Térmicas



Fonte: VEIGA. Matriz Energética Brasileira - Desafios Atuais – Impacto de Longo Prazo – Outubro de 2008

Quando o despacho termelétrico é mais alto que o que foi inicialmente previsto, termelétricas de baixo investimento e alto custo operacional prevalecem nos leilões. Precisamos do contrário: Termelétricas de investimento mais alto e baixo custo operacional

O Instituto Acende Brasil é um Centro de Estudos que visa a aumentar o grau de **Transparência e Sustentabilidade** do Setor Elétrico Brasileiro. Para atingir este objetivo, adotamos a abordagem de **Observatório do Setor Elétrico** e estudamos as seguintes dimensões:

Para saber mais acesse
www.acendebrasil.com.br

