





Ciclo de Palestras do CIGRE-Brasil 26.07.2019 - 14h00 às 19h00

PROGRAMAÇÃO

Comitê Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

<u>Programação</u>

- 1. 14:00-15:00 Políticas e Ferramentas Regulatórias na Era das Redes Inteligentes e Energia Renovável no Brasil - Sandoval de Araujo Feitosa Neto - ANEEL (Diretor)
- 15:00-16:00 Desafios para Integração de Fontes Renováveis e Recursos de Storage no Sistema Elétrico Brasileiro - Saulo José Nascimento Cisneiros - CIGRE-Brasil (Diretor-Presidente)
- 16:00-17:00 Desafios e Soluções de ITC na Rede Elétrica do Futuro -Marcelo Costa de Araujo - CIGRE-Brasil (Coordenador do CE-D2)
- 17:00-18:00 Estado da Arte e Inovações em Linhas de Transmissão no Sistema Elétrico Brasileiro - Carlos Alexandre M. do Nascimento -CIGRE-Brasil (Coordenador do CE-B2)
- 5. 18:00-19:00 O futuro da Engenharia de Projetos na Área de Proteção,
 Automação e Controle de Sistemas Elétricos Iony Patriota de Siqueira
 CIGRE-Brasil (Diretor Técnico)











Comitê Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

Ciclo de Palestras do CIGRE-Brasil 26.07.2019 - 14h00 às 19h00

Desafios para Integração de Fontes Renováveis e Recursos de Storage no Sistema Elétrico Brasileiro

Saulo Cisneiros
Diretor Presidente do CIGRE-Brasil



<u>Sumário</u>

- 1. SIN Características e Evolução
- 2. Desafios Causados pelas Novas Fontes e Demandas Ambientais
- 3. Características da Geração Eólica
- 4. Características da Geração Solar
- 5. A Geração Intermitente no Brasil e no Nordeste
- 6. Atendimento Energético à Região Nordeste em 2010-2018
- 7. Implantação de Recursos de Armazenamento
- 8. Proposta de uma Matriz Energética
- 9. Reflexões sobre a Expansão







"ÁGUA E ENERGIA SÃO BENS COMUNS E DE TODOS"









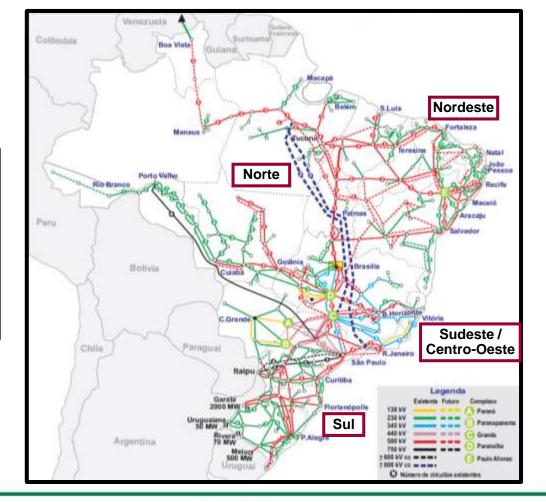
1. SIN - Características e Evolução







O Sistema
Interligado
Nacional - SIN

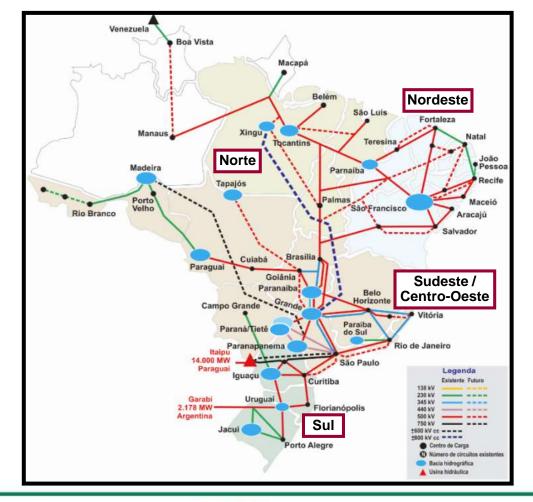








O Sistema
Interligado
Nacional - SIN









Principais Características do SIN

- ✓ Dimensão Continental
- ✓ Predominante hidroelétrico com grandes usinas distantes dos centros de carga:
 - Capacidade instalada de geração: 68%
 - Produção anual depende das afluências
- ✓ Longas linhas de transmissão
- ✓ Números de 2018:
 - Capacidade instalada de geração: > 161.500 MW
 - Extensão linhas de transmissão >= 230 kV: > 141.000 km
- ✓ Integração de novas fontes
 - Grandes usinas a fio d'água na região amazônica
 - Inserção das fontes intermitentes







Evolução da Matriz de Energia Elétrica por Fonte

Tipo	2018		2023		2018-2023	
	MW	%	MW	%	MW	%
Hidráulica(*)	109.212	67,6	114.585	64,4	5.373	4,9
Nuclear	1.990	1,2	1.990	1,1	-	-
Gás / GNL	12.821	7,9	17.861	10,0	5.040	39,3
Carvão	2.672	1,7	3.017	1,7	345	12,9
Óleo/Diesel	4.614	2,9	4.900	2,8	286	6,2
Biomassa ^(*)	13.353	8,3	13.781	7,7	428	3,2
Outras	779	0,5	1.000	0,6	221	28,4
Eólica ^(*)	14.305	8,9	17.281	9,7	2.976	20,8
Solar ^(*)	1.780	1,1	3.626	2,0	1.846	103,7
Total	161.526	100,0	178.041	100,0	16.515	10,2

(*) 86% de Fontes Renováveis







Brasil é visto como modelo em energia renovável

Especialista elogia importação de carro elétrico

ELIANE OLIVEIRA elianeo@bsb.oglobo.com.br

-BRASILIA- O Brasil tem feito o dever de casa no campo da produção de energias renováveis e pode atuar como garoto-propaganda nesse área, inclusive na Conferência Mundial do Clima que acontecerá em Paris, no início do próximo mês. A avaliação foi feita ao GLOBO pela presidente do Conselho Mundial de Energia Renovável, Angelina Galiteva. Conhecida por ter ajudado a fazer uma revolução verde no estado americano da Califórnia. ela teve uma série de encontros em Brasília, na semana passada, com representantes do Ministério de Minas e Energia, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), do Ipea, da Confederação Nacional da Indústria (CNI) e da Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres (Abrace).



Conferência do clima. Para Angelina, país pode ser garoto-propaganda

 O Brasil deve sentir orgulho. É um garoto-propaganda
 afamou a especialista.

Segundo Angelina, 84% da matriz energética brasileira são de fontes renováveis, com ênfase para as hidrelétricas. Es acrescentou que os leilos de energia eólica são para sum exemplo de que as fontes serão ainda mais diversificadas. Lembrou que há investimentos em biomassa e recomen-

dou que, no caso da energia solar, o Brasil aprenda com a União Europeia.

A especialista também elogiou a decisão do governo brasileiro de liberar as importações de carro elétrico. A seu ver, é uma "excelente solução". Ela ressaltou que, de forma geral, os consumidores, especialmente os mais jovens, estão cada vez mais interessados em novas energias. — Há, ainda, a opção de carro movido a hidrogênio, que os europeus estão mais inclinados a adotar — destacou.

CRISE AFETOU MAIS CARVÃO

Munida de gráficos que leva consigo a reuniões e palestras, Angelina disse que, ao contrário do que muitos pensam, os investimentos em energia renovável caíram apenas em um primeiro momento na crise financeira internacional de 2008, mas depois se recuperaram. Houve uma queda de 9% em 2009, frente ao ano anterior, mas em seguida, em 2010, os investimentos cresceram 35%. Em 2014, a alta foi de 12% em relação a 2013.

 O carvão foi mais afetado do que a energia limpa — disse.

Sobre a Califórnia, ela disse que o estado gasta 30% de sua energia na gestão de recursos hídricos, como transposição de bacias, distribuição e tratamento de água e saneamento. Além disso, graças à energia solar, os californianos começam a construir casas com baixíssimo consumo de energia. A expectativa é que, em 2040, 50% da matriz energética da Califórnia sejam de energias renováveis. ●









2. Desafios Causados pelas Novas Fontes e Demandas Ambientais







Características da Oferta Futura

- ✓ Novas e grandes hidroelétricas localizadas distantes dos grandes centros de carga, exigindo extensos sistemas de transmissão para o transporte de grandes blocos de energia no período chuvoso e pequenos montantes nos períodos secos
- ✓ Essas novas hidroelétricas com grande capacidade de produção no período chuvoso, sem reservatório de acumulação, e baixa produção no período seco, propiciam uma acentuada sazonalidade da oferta
- ✓ Aumento considerável das fontes renováveis não convencionais, em especial a Energia Eólica







Impactos das Demandas Ambientais

- ✓ As demandas ambientais tem provocado restrições para construção e operação de usinas hidráulicas
- ✓ A capacidade total dos reservatórios está sendo mantida enquanto que a carga cresce em média 4% ao ano
- ✓ Desta forma a energia armazenada nos reservatórios em relação a carga total tem se reduzido a cada ano

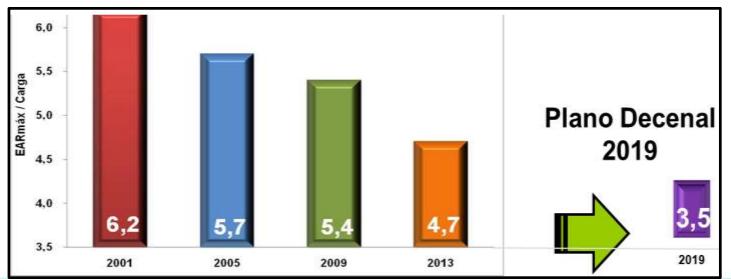






Características do Parque Hidráulico

- ✓ Redução gradativa da regularização plurianual
- ✓ Capacidade de Regularização = Energia total armazenada nos reservatórios (EARmax) / Carga Total Mensal de Energia Elétrica (Carga)









Consequências da Queda da Regularização

A queda de regularização do SIN devido a restrições ambientais causa as seguintes consequências:

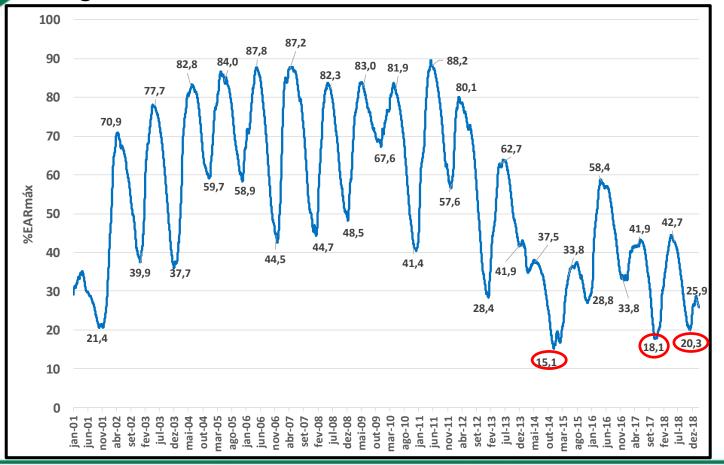
- Maior dependência do período úmido das bacias do SIN
- Necessidade de enchimento e esvaziamento dos principais reservatórios com periodicidade anual
- Redução da capacidade do SIN de armazenar a geração das fontes intermitentes
- Uso mais intenso de geração térmica para a garantia do suprimento energético e para o atendimento à ponta, com o consequente aumento dos custos de operação
- Aumento dos custos de expansão







Energia Armazenada - Sudeste/Centro-Oeste - 2001/2018

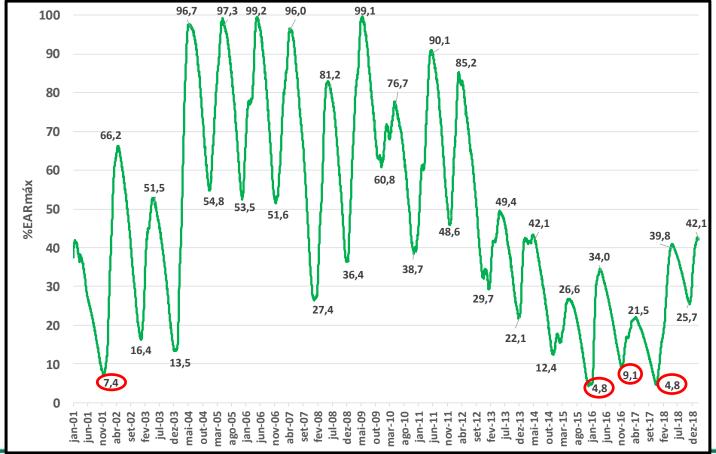








Energia Armazenada - Nordeste - 2001/2018









Geração das Grandes UHEs a Fio d'Água

- ✓ Em 2019, 16.000 MW de geração eólica e 18.000 MW de grandes UHEs a fio d'água estarão em operação, 7.000 MW no Rio Madeira (Jirau + Santo Antônio) e 11.000 MW no Rio Xingu (Belo Monte)
- ✓ O pico de geração durante o período úmido atingirá a capacidade total instalada e no período seco decrescerá a menos de 2.000 MW
- ✓ Esta larga faixa (18.000 X 2.000) é uma consequência natural das usinas a fio d'água cuja geração real depende apenas da afluência às usinas







Impactos Técnicos da Geração a Fio d'água

- ✓ Dificuldade para alocar a geração plena das usinas a fio d'água na curva de carga diária e armazenar esta geração nos reservatórios existentes em outras regiões durante o período úmido das bacias que ocorre de dezembro a abril nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste
- ✓ Alta probabilidade de perda real da geração das hidráulicas sem reservatório mais a geração intermitente durante o período úmido
- ✓ <u>Será muito difícil acomodar de forma plena a geração das grandes usinas hidráulicas sem reservatório e a geração das fontes intermitentes</u>







Impactos Econômicos da Geração a Fio d'água

- ✓ Aumento da geração térmica com o consequente aumento dos custos operacionais e também das emissões de CO₂ com impacto direto no meio ambiente
- ✓Os custos totais dependem da geração das hidráulicas sem reservatório e da geração das fontes intermitentes, que não será possível armazenar, mais a geração térmica adicional

$$CT = Custo (GHsR_{na} + GEOL_{na} + GT)$$







Proposta para Redução dos Impactos Emergentes

- ✓ Este cenário requer resposta para esta questão chave: "qual é a mínima capacidade de regularização dos reservatórios que deve ser observada visando dar condições para armazenar a geração intermitente e otimizar a geração produzida por todas as fontes?"
- ✓ A construção de usinas hidráulicas, mesmo com pequenos reservatórios, promove os seguintes benefícios:
 - Controlar a energia hidráulica afluente e armazenar a geração intermitente
 - Reduzir o despacho de geração térmica, contribuindo para a redução da emissão de CO₂









3. Características da Geração Eólica







Características Básicas da Geração Eólica

- A Geração Eólica é <u>intermitente</u> e <u>sazonal</u> e apresenta alta <u>incerteza</u> e <u>variabilidade</u> a qualquer tempo, o que significa:
- Dificuldade de previsão por depender de uma variável meteorológica com alta incerteza
- Variações rápidas e significativas que dependem das condições meteorológicas
- ✓ Essas características causam as seguintes consequências imediatas e estratégicas:
 - Mudança dos métodos e das ferramentas tradicionais usados no planejamento e operação dos sistemas elétricos
 - Mudança dos procedimentos e requisitos para conexão dessas fontes aos sistemas elétricos
 - Melhoria dos métodos e ferramentas para previsão de vento e da geração eólica







Geração Eólica como Fontes de Geração

A GEOL pode ser considerada como duas fontes:

- ✓ <u>de energia</u>, em que ela é bastante previsível e menos variável
- ✓ de potência, aonde estão os problemas que precisam ser contornados através da definição de requisitos em duas direções:
 - para tornar essas fontes robustas, de forma que elas possam resistir aos impactos do sistema sem sair de operação
 - para fortalecer o sistema elétrico, de forma a mitigar os efeitos da variação brusca e rápida dessas fontes (Vladmiro Miranda, Consultor do INESC TEC)







Geração Eólica como Fonte de Potência

Além das suas características básicas, a EOL pode ser considerada como 2 fontes de geração: potência e energia

Como fonte de potência há uma grande variabilidade durante o dia:

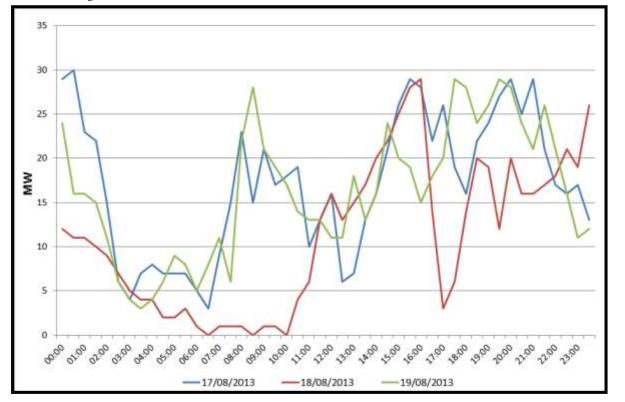
- ✓ A máxima e a mínima geração podem ocorrer a qualquer momento do dia
- ✓ A EOL causa impactos negativos sobre o sistema elétrico
 o que requer medidas estruturais e operacionais







Geração Eólica como Fonte de Potência



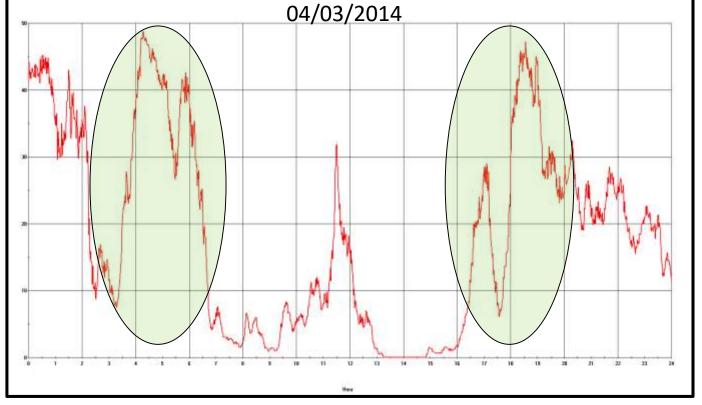
Geração diária de um parque eólico da Região Nordeste







Geração Eólica como Fonte de Potência



Geração diária de um parque eólico da Região Sul







Geração Eólica como Fonte de Energia

Como Fonte de Energia há uma característica sazonal, com a geração mensal variando durante o ciclo anual:

- ✓ Os maiores valores de geração ocorrem na 2ª parte do ano durante o período seco dos rios e bacias
- ✓ A geração mensal é muito mais previsível do que a geração diária e horária
- ✓ A geração eólica mensal para cada ano é mais previsível do que a geração hidráulica
- ✓ A produção anual das eólicas tem grande previsibilidade o que pode reduzir a necessidade por geração térmica e hidráulica
- ✓ Este benefício é tão maior quanto maior for o volume de geração eólica







Fonte de Geração Eólica: Potência X Energia

- ✓ A geração eólica com fonte de potência ou de energia tem impactos diferentes sobre o sistema elétrico
- ✓ Como fonte de potência causa impactos negativos enquanto que como fonte de energia agrega benefícios ao sistema de energia elétrica



- ✓ Esta contradição traz um grande desafio que é reduzir a sua grande variabilidade ao longo do dia
- ✓ A questão chave da geração eólica é: Como minimizar seus impactos negativos causados como fonte de potência e maximizar seus benefícios como fonte de energia?







Medidas para Melhorar o Desempenho da Geração Eólica

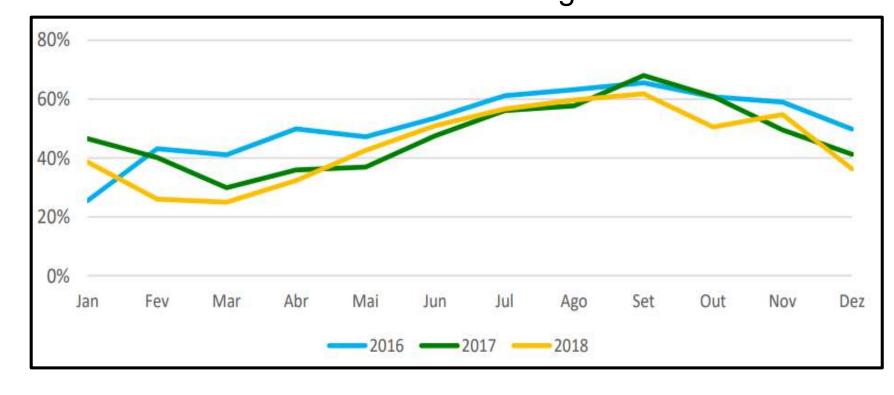
- ✓ Reduzir a variabilidade
- ✓ Capacitar os geradores eólicos para participar do controle de frequência
- ✓ Melhorar os métodos e as ferramentas para previsão de vento e da geração eólica
- ✓ Melhorar o desempenho dos aerogeradores e plantas eólicas para resistir a impactos da rede







Geração Eólica como Fonte de Energia FC Médio Mensal da EOL na Região NE - 2016/2018

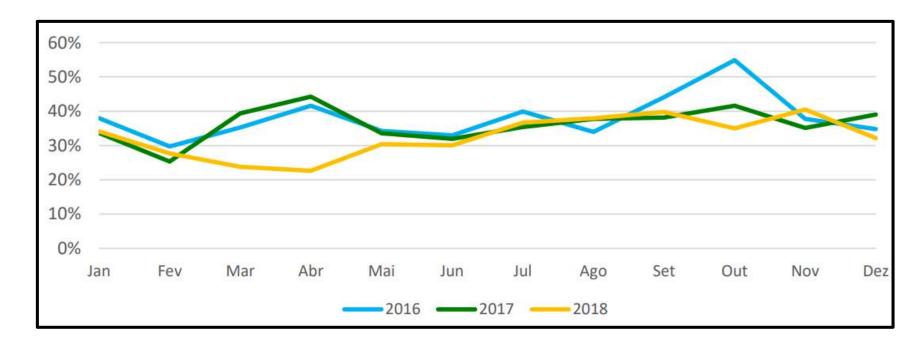








Geração Eólica como Fonte de Energia FC Médio Mensal da EOL na Região Sul - 2016/2018



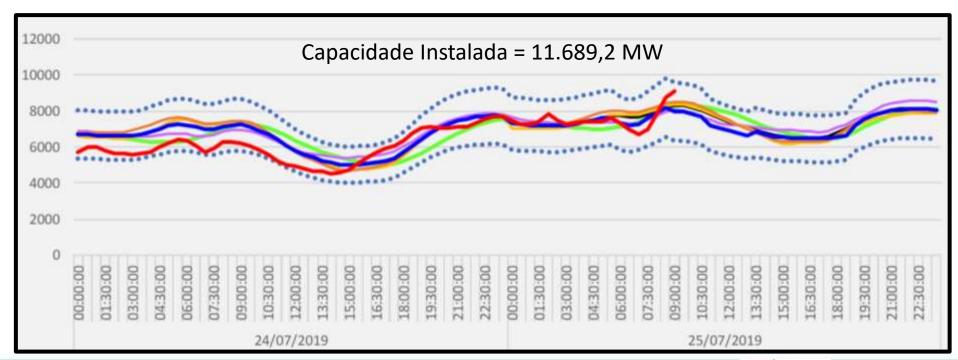






Previsão da Geração Eólica na Região NE

Previsto ONS x Modelo ONS – GFS x Modelo ONS - Combinado x Modelo ONS - ECMWF1 x Modelo ONS - ECMWF2 x Meteológica x Verificada











Medidas para Reduzir a Variabilidade das Plantas Eólicas

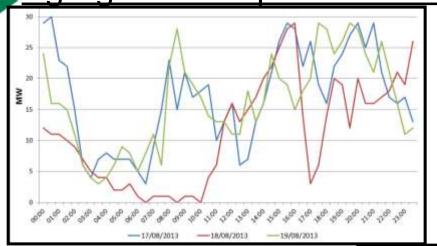
- ✓ Agregar várias plantas em um mesmo ponto da rede
- ✓ Agregar outras fontes em um mesmo site:
 - eólica + solar
 - eólica + solar + biomassa
 - eólica + solar + gás
 - eólica + solar + baterias
- ✓ Implementar parques eólios em locais com condições ambientais e de vento adequadas
- ✓ Encontrar os melhores sites



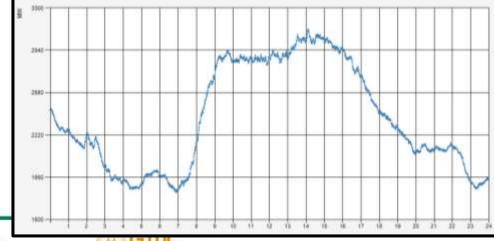




Agregar várias plantas em um mesmo ponto da rede



A geração agregada é menos variável do que a geração individual de cada parque













4. Características da Geração Solar







Tecnologias para Geração Solar

A exploração da fonte solar para geração de energia elétrica dá-se por meio de duas tecnologias:

Heliotérmica (Termossolar)

- ✓ O princípio básico é a utilização de superfícies espelhadas que refletem e concentram a irradiação solar direta, com o objetivo de convertê-la em energia térmica
- ✓ A partir daí gera-se vapor d'água que irá acionar um ciclo Rankine.

Fotovoltaica

- ✓ Faz uso de elementos semicondutores fotossensíveis que convertem a irradiação solar em uma diferença de potencial nos terminais P-N
- ✓ A ligação elétrica desses terminais resulta na circulação de corrente contínua





Tecnologias para Geração Solar

A Tecnologia Heliotérmica ainda se mostra pouco atrativa economicamente e, portanto, com menor utilização, porém apresenta as seguintes vantagens:

- ✓ Possibilidade de armazenamento da energia suficiente para assegurar a disponibilidade de plena potência ao sistema elétrico por até 12 horas após o pôr do sol
- ✓ Uso de geradores síncronos convencionais, com aumento dos requisitos de inércia e de nível de curto-circuito da área

A Tecnologia Fotovoltaica tem se mostrado cada vez mais atrativa economicamente e, portanto, com maior utilização, porém apresenta as seguintes desvantagens:

- ✓ Depende efetivamente da presença da radiação solar
- ✓ Gera energia em CC o que requer o uso de conversores para conexão à rede elétrica



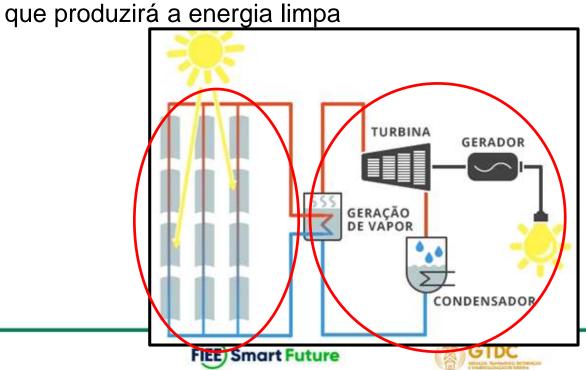




Tecnologia Heliotérmica

O calor acumulado é usado para aquecer o fluido, que aquece a água até seu estado gasoso

✓ Em seguida a usina Heliotérmica funcionará como uma usina termoelétrica: o vapor irá movimentar as turbinas, acionando o gerador





Desempenho dos Módulos Fotovoltaicos

Principais fatores que influenciam a eficiência da conversão dos módulos fotovoltaicos: Temperatura Ambiente e Irradiação Solar

Temperatura Ambiente

- ✓ O aumento da temperatura implica em um pequeno aumento da corrente fotogerada, porém causa a diminuição da tensão de saída do módulo
- ✓ A diminuição da tensão com o aumento da temperatura é mais expressiva do que o aumento da corrente
- ✓ Como a geração de energia está relacionada ao produto
 V x I = P, o aumento da temperatura dos módulos implicará em uma perda de potência
- ✓ O aumento da temperatura reduz a potência gerada pelo módulo PV









Desempenho dos Módulos Fotovoltaicos

<u>Irradiação Solar</u>

- ✓ Este fator é o mais importante para o valor da energia gerada
- ✓ A irradiação solar influencia diretamente na corrente elétrica fotogerada
- ✓ A relação entre a corrente de curto-circuito e a irradiação solar pode ser considerada praticamente linear
- ✓ Fato que não ocorre com a tensão nos terminais do módulo, pois apesar de ser diretamente proporcional à irradiação, essa relação não é linear, pois a temperatura do módulo não permanece constante, se houver variação da irradiação solar
- ✓ Região Nordeste: radiação solar + vento o ano todo



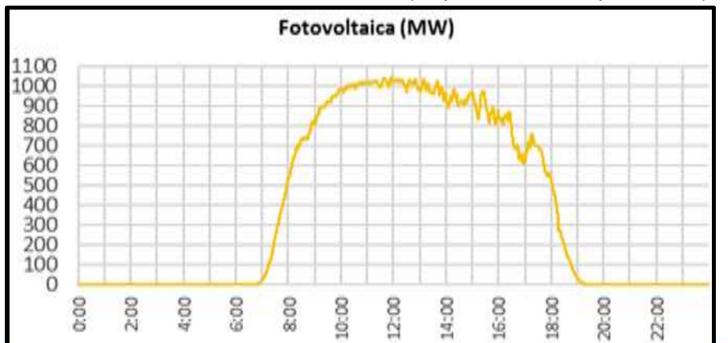




Curva típica diária de Geração Solar FV no NE

No dia 29/01/19 ocorreram novos recordes de Geração Solar FV

- ✓ Média diária (24h) de 389 MWmed com **FC = 33%**
- ✓ Máxima diária de 1.044 MW às 11h55 (HBV) com FC = 89%
- ✓ Potência instalada = 1.167,7 MW (Supervisionadas pelo ONS)









Características Básicas da Geração Solar

A partir da curva de geração diária da região Nordeste as seguintes constatações podem ser feitas:

- ✓ A geração solar depende efetivamente da presença da Irradiação Solar. Sem ela não há geração
- ✓ Durante a noite não há geração e de dia o montante da geração depende da Irradiação Solar e das condições meteorológicas de temperatura, pressão, umidade, nebulosidade e chuva, e de ocorrência de eclipses do sol
- ✓ Os períodos de curvas ascendentes e descendentes da geração solar são muito mais previsíveis do que os da geração eólica
- ✓ Isto permite uma preparação antecipada das medidas operativas definidas na programação e executadas em tempo real
- ✓ Os fenômenos de eclipses solares são raros e de previsão precisa, o que possibilita a definição de medidas prévias



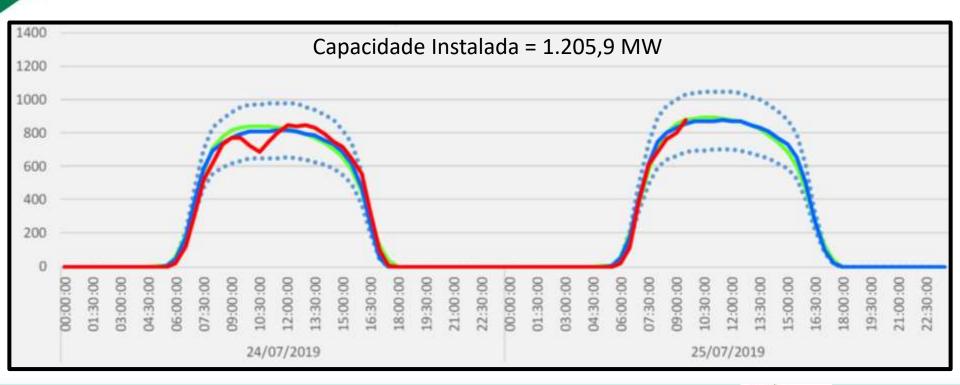






Previsão da Geração Solar na Região NE

Previsto x Meteologica x Verificada













5. A Geração Intermitente no Brasil e no Nordeste







Capacidade Instalada de GEOL no Mundo - 2018



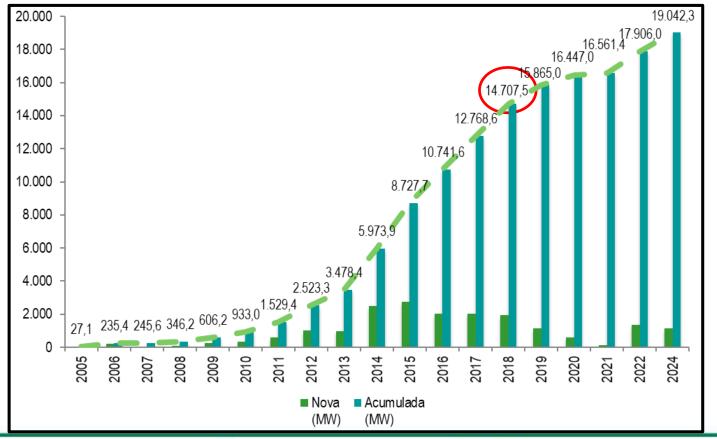




Fonte: GWEC
- Global Wind
Report 2018



Capacidade Instalada de GEOL no Brasil



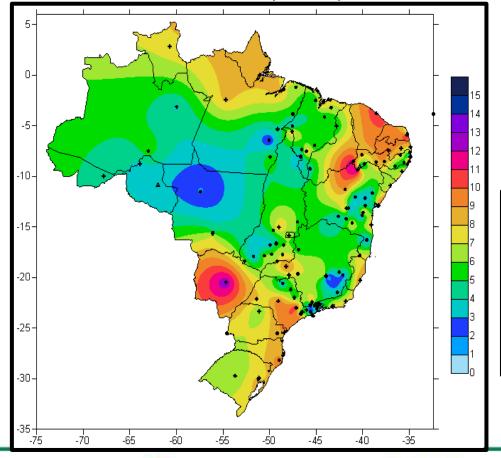
Fonte: ABEEólica, 2018







Velocidade Média (m/s) Anual de Vento no Brasil



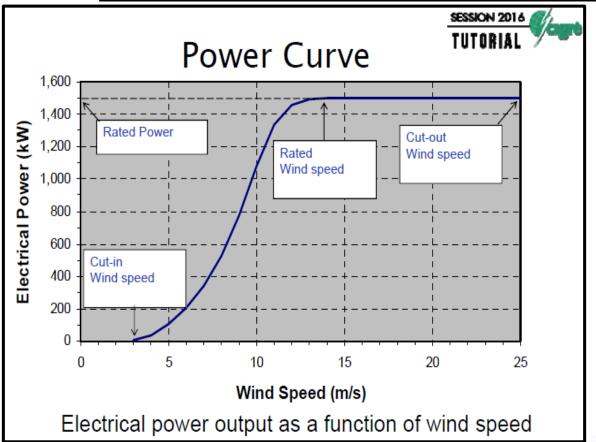


Faixa de
velocidade de
vento para
operação das
turbinas eólicas:
3m/s - 25m/s





Wind Turbine Power Curve









Fator de Capacidade de GEOL no Mundo

País	Geração (TWh)	% do Total Gerado no País	Potência Instalada (MW)	Fator de Capacida- de (%)	Expansão no Ano (MW)
China	241,0	4,0	148.640	20	19,300
Estados Uni	228,8	5,3	82.453	33	8.193
Alemanha	77,4	12,0	49.534	19	4.993
Espanha	48,9	18,0	23.026	24	38
Índia	44,8	3,0	28.700	19	3.612
Reino Unido	37,5	11,2	15.695	29	1.404
Brasil	33,5	5,8	10.129	42	2.496
Canada	21,2	4,2	11.890	21	581
França	20,7	3,8	11.670	21	1.346
Itália	17,6	6,2	9.257	22	120
Turquia	16,5	6,0	5.376	37	873
Suécia	15,1	9,8	6.618	27	490
Austrália	13,2	5,1	4.576	33	140
Dinamarca	12,8	42,5	5.133	29	167
Polônia	12,6	7,6	5.831	26	682
Portugal	12,5	22,1	5.005	29	235
México	10,6	3,3	3.678	35	454
Holanda	7,9	6,9	4.191	24	789
Japão	7,1	0,7	3.280	25	196
Romênia	6,7	9,9	3.037	25	52
Outros	67,1	1,0	31.271	27	3.983
Total	959,5	3,9	468.989	24,7	50.244
%/total*	3,9		7,3		23,4







Localização e Capacidade Instalada dos Parques Eólicos - Nordeste e Sul



Fonte: ANEEL, Google Earth, 2017





Fonte: ONS, 2017



Radiação Solar Média (Wh/m².dia) Anual - Brasil



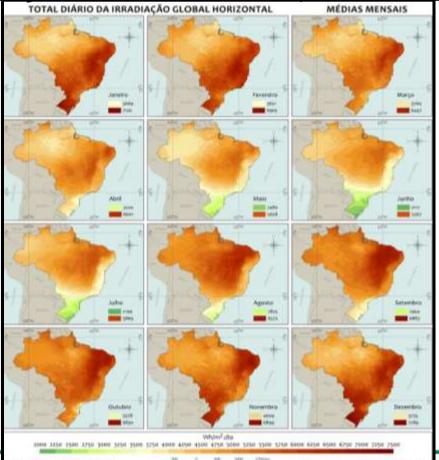
FIEE) Smart Future



Radiação Solar na região semiárida do Brasil: 6.250 Wh/m².dia



Radiação Solar Média (Wh/m².dia) Mensal - Brasil





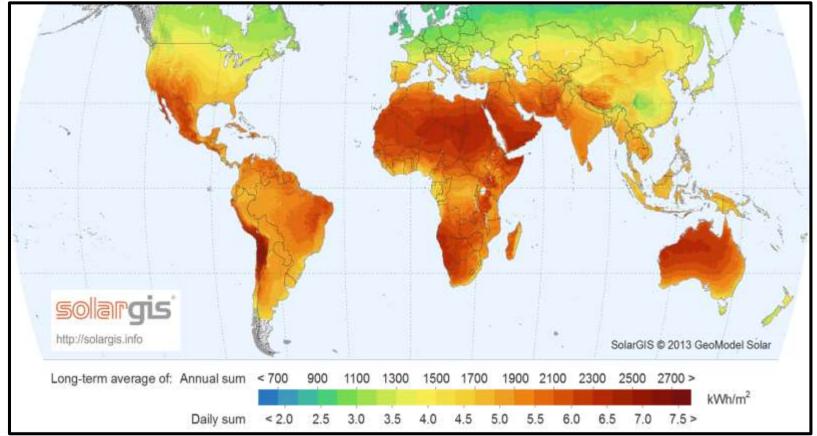
Há Radiação Solar durante todo ano na região semiárida do Brasil







Radiação Solar Média (kWh/m²) Anual - Mundo









Integração Eólica + Solar

Implantar parques de energia eólica e solar de forma integrada em um mesmo site, visando:

- aproveitar a riqueza de vento e sol da região NE do Brasil
- aproveitar a complementariedade entre essa fontes
- compartilhar a rede de conexão e de transmissão
- obter ganhos de eficiência
- tornar estes projetos mais competitivos





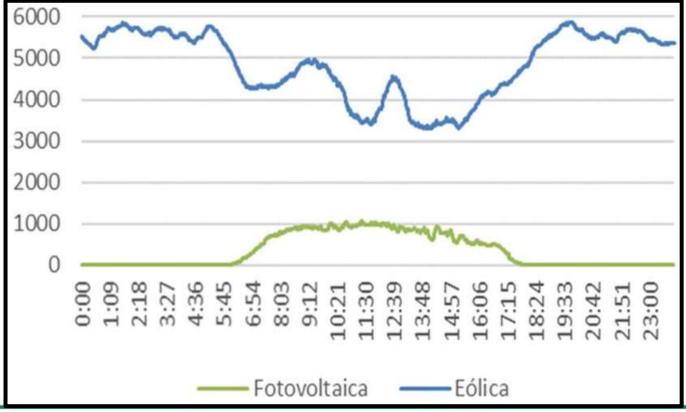






Integração Eólica + Solar

Geração Eólica e Solar no NE - Dia 09/03/2019









Integração Eólica + Solar

(1º Parque Híbrido do Brasil - Fontes dos Ventos e Fontes Solar em PE)





Realização de Leilões Híbridos

Com os benefícios da implantação de parques de energia eólica e solar em um mesmo site, propõe-se a realização de Leilões Híbridos de Energia

- ✓ Implantar plantas eólicas e solares integradas em um mesmo site
- ✓ Agregar recursos de armazenamento de batérias
- ✓ O montante de energia contratada seria definido pelo conjunto eólica + solar + batérias
- ✓ Os contratos de uso e de conexão da transmissão considerariam este montante de energia, que seriam menores do que a contratação individual por fonte
- ✓ Isto propiciará ganhos de eficiência do parque gerador, redução do uso da rede elétrica e de seus investimentos, e redução de perdas de energia não gerada







Integração Eólica + Solar + Batérias

(RENEWABLES 2018 - GLOBAL STATUS REPORT)

Several technologies, including energy storage, have evolved in parallel with renewable energy and are now helping to integrate variable renewable energy into the electricity sector.



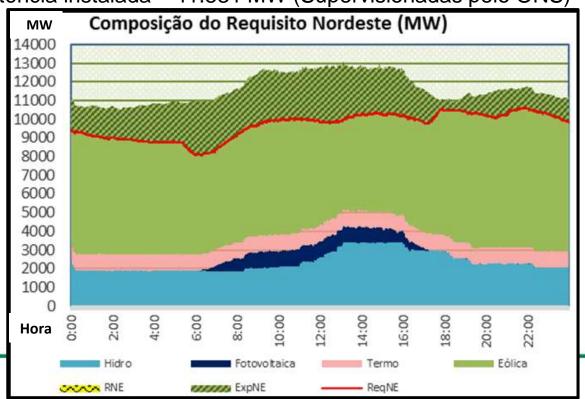






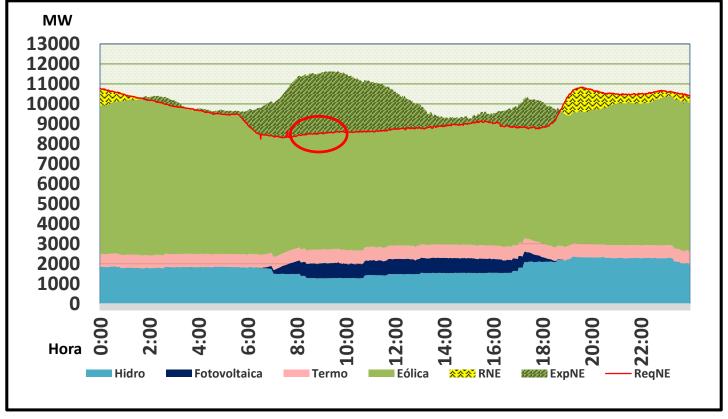
Recordes de GEOL no NE - 21/06/19

- ✓ MED diária = 8.101 Mwmed, FC = 70%, suprindo 84% da carga NE
- ✓ MAX diária = 8.969 MW 09h20, FC = 78%, suprindo 90% da carga NE
- ✓ Nordeste foi exportador de energia durante todo dia
- ✓ Potência instalada = 11.531 MW (Supervisionadas pelo ONS)





Suprimento da Região Nordeste - 18/11/2018



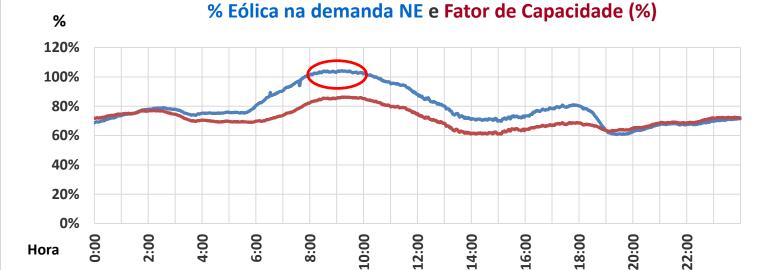
Capacidade Instalada de GEOL na Região Nordeste: 10.326 MW







Desempenho da GEOL no Nordeste - 18/11/2018



De 08:00 às 10:00 horas a GEOL supriu a carga total do NE com um FC = 86%

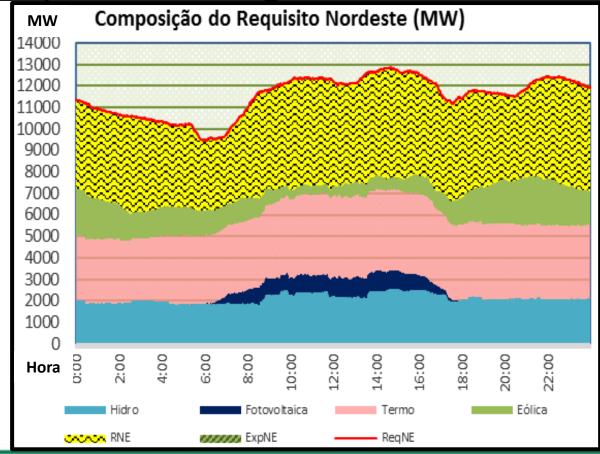
- √ O nível de penetração eólica não é problema nenhum se o sistema regional está fortemente conectado a outros
- ✓ O ponto chave é que este sistema deve ter um nível mínimo de inércia para se manter integro em caso de perda das interligações (Ole Gjerde, Senior Manager, Statnett, Norway)







Suprimento Região Nordeste - 18/03/2019

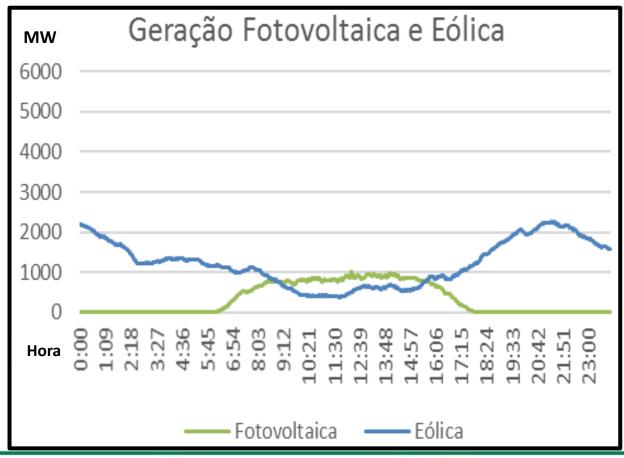








Desempenho GEOL no Nordeste - 18/03/2019



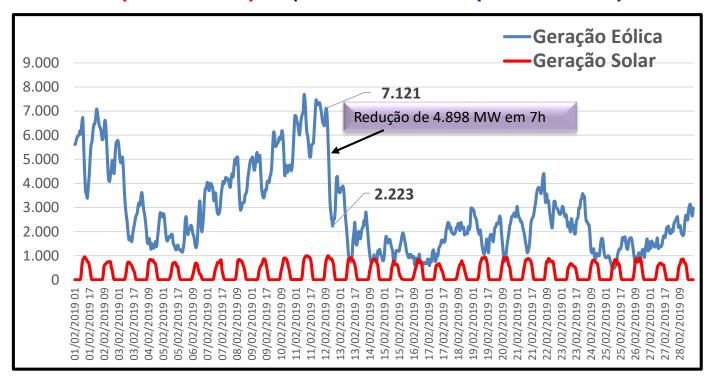






GEOL X Solar FV no Nordeste - FEV/2019

A GSOL (1.168 MW) superou a GEOL (11.320 MW) no NE

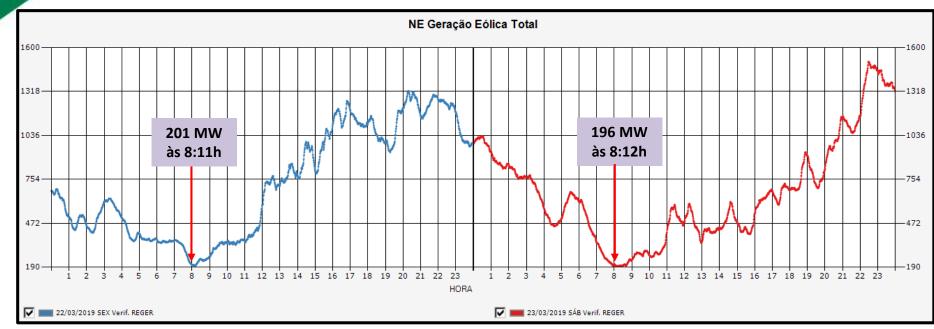








Desempenho GEOL no Nordeste - 22-23/03/2019



Capacidade Instalada = 11.532 MW GEOL = 196 MW - FC = 1,7% (menor de 2019)









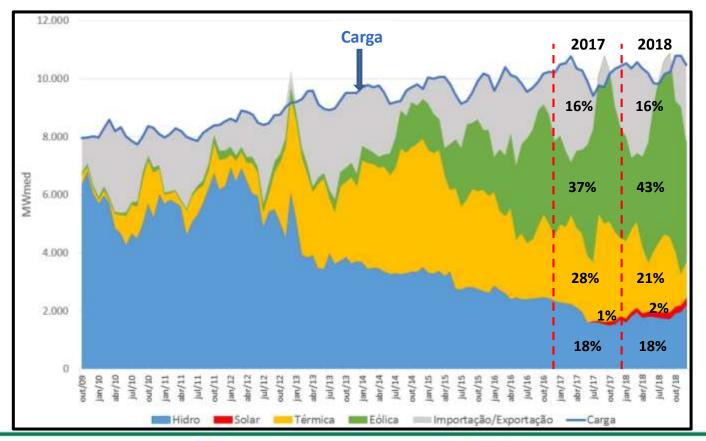
6. Atendimento Energético à Região Nordeste em 2010-2018







Balanço Energético Região NE - OUT/2009 - DEZ/2018



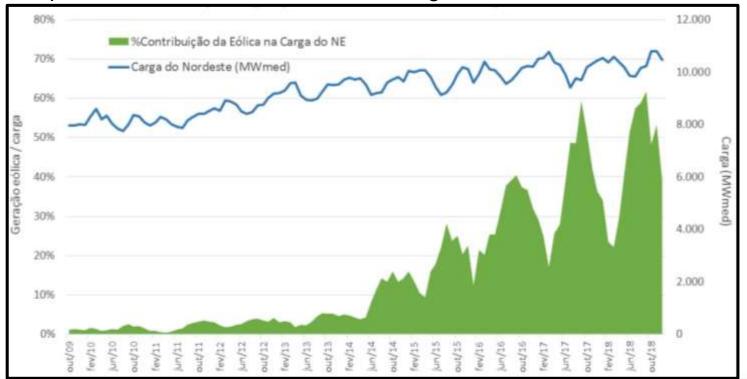






Suprimento da Carga da Região Nordeste por Geração Eólica - 2009-2018

Capacidade Instalada de GEOL na Região Nordeste: 10.326 MW











7. Implantação de Recursos de Armazenamento







Papel Especial do Armazenamento

- ✓ O Armazenamento tem um papel especial na operação dos sistemas de potência, pois a potência é consumida quando é produzida
- ✓ Sistemas de potência requerem flexibilidade dos geradores para fazer o balanço entre "geração e carga"
- ✓ A implantação de usinas a fio d'água e de fontes intermitentes requerem meios de armazenamento para acomodar a geração excedente para ser usada noutro momento
- ✓ <u>Meios de armazenamento possibilitam o controle da potência</u> <u>liberada pelas fontes intermitentes e do fluxo de potência nas</u> <u>linhas de transmissão</u>







Serviços Providos por Meios de Storage

Bulk energy services	Ancillary services	Transmission infrastructure services	Distribution infrastructure services	Customer energy management services	Off-grid	Transport sector
Electric energy time shift (arbitrage)	Regulation	Transmission upgrade deferral	Distribution upgrade deferral	Power quality	Solar home systems	Electric 2/3 wheelers, buses, cars and commercia vehicles
Electric supply capacity	Spinning, non- spinning and supplemental reserves	Transmission congestion relief	Voltage support	Power reliability	Mini-grids: System stability services	
	Voltage support			Retail electric energy time shift	Mini-grids: Facilitating high share of VRE	
	Black start			Demand charge management		
ovec in red Fnerou stor	rage services directly suppo	rting the integration of yes	ishle renewshle enermy	Increased self-consumption of solar PV		

*Source: Electricity Storage Renewables: Costs and markets to 2030 - IRENA







Propostas para Implantação de Meios de Armazenamento

- Em plantas eólicas e solares para controlar a potência liberada
- ✓ Nas redes de distribuição para controle do fluxo de potência, reduzindo investimento na expansão dessas redes
- ✓ Nas redes de transmissão para controle do fluxo de potência, reduzindo investimento na expansão dessas redes:
 - No nível de 230 kV para controle do fluxo de potência nas LTs de suprimento às cargas de áreas
 - No nível de 500 kV para controle do fluxo de potência nas LTs regionais e nas interligações entre regiões
- ✓ Os reservatórios das UHEs (convencionais e de bombeamento) armazenam a geração excedente em nível sistêmico







Propostas para Implantação de Meios de Armazenamento na Rede de Transmissão

- ✓ Definir a expansão da rede de transmissão para eliminar restrições à geração intermitente
- ✓ Definir nos pontos de restrição da rede a implantação de meios de armazenamento
- ✓ Avaliar os investimentos requeridos para cada alternativa: expansão da rede de transmissão X implementação de meios de armazenamento
- ✓ Os meios de armazenamento seriam uma nova opção a ser avaliada na expansão da rede de transmissão em comparação às instalações convencionais como linhas de transmissão







Propostas para Implantação de Meios de Armazenamento na Rede de Transmissão

- ✓ A implantação de meios de armazenamento pode ser viabilizada de duas formas considerando as regras e procedimentos aplicados à expansão do sistema de transmissão:
 - Contratos de Uso da Transmissão, que são os resultados dos leilões de transmissão para novas instalações
 - <u>Contratos de Serviços Ancilares</u>, que seriam providos pelo concessionário do equipamento de armazenamento









8. Proposta de uma Matriz Energética







Considerações sobre a Matriz Energética

- A geração hidráulica é um recurso variável, sua disponibilidade depende da ocorrência de chuvas nas bacias aonde estão os reservatórios de acumulação
- ✓ As novas usinas hidráulicas estão distantes dos centros de carga, o que requer a implantação de extensos sistemas de transmissão
- ✓ A geração térmica é um recurso fixo, sua disponibilidade depende apenas da existência do combustível
- ✓ A implantação de térmicas próximas aos centros de carga pode aumentar a segurança, a confiabilidade e a qualidade do atendimento a esses centros
- ✓ A fontes renováveis não convencionais, como eólica e solar, são fontes intermitentes e não despacháveis, seu volume depende da magnitude de vento e sol







Considerações sobre a Matriz Energética

- Os reservatórios das usinas hidráulicas (convencionais e de bombeamento) são o melhor meio para armazenar a geração das fontes intermitentes em nível sistêmico, reduzindo a necessidade de instalação massiva de outros meios de armazenamento
- ✓ As hidráulicas com reservatório + geração intermitente maximizam os benefícios técnicos e econômicos que podem ser obtidos considerando as características de todas as fontes disponíveis
- ✓ Com as restrições à implantação de reservatórios, surgem as usinas térmicas a gás de última geração, de partida e variação rápida de geração







Considerações sobre a Matriz Energética

- √ Fontes intermitentes como Eólica e Solar são muito importantes para suprir a demanda de energia elétrica.
- ✓ Porém essas fontes devem ser consideradas como complementares e não como básicas, porque elas podem variar de forma abrupta e significativa em certos momentos e por períodos de tempo
- ✓ A demanda de energia elétrica não pode ser suprida apenas por fontes intermitentes
- ✓ Qual é o mix adequado de fontes para suprir a demanda de energia elétrica considerando aspectos de segurança, eficiência e ambientais?







Proposta de uma Matriz Energética

- O mix adequado de fontes deve maximizar os benefícios técnicos e econômicos considerando as características de todas as fontes disponíveis
- ✓ A definição desse mix deve considerar as seguintes fontes:
 - Hidráulicas com e sem reservatório
 - Térmicas (gás + nuclear)
 - Renováveis (eólica + solar + biomassa)
- ✓ Nessa proposta de matriz energética deve-se destacar os seguintes pontos:
 - As hidráulicas com reservatório + as fontes renováveis constituem uma vantagem estratégica que não pode ser perdida
 - Não haveria mais espaço para novas térmicas a combustível líquido e a carvão







A Geração Nuclear

A geração nuclear apresenta dois grandes desafios:

- ✓ O complexo e custoso processo de descomissionamento das plantas nucleares e de seus equipamentos após o tempo de vida útil pré-definido
- ✓ O armazenamento dos resíduos (lixos) nucleares, especialmente a definição de locais adequados

Diante desses desafios, estudos têm sido feitos para:

- ✓ Aumentar a vida útil de plantas nucleares, de forma similar ao que já é feito com usinas convencionais em especial com hidráulicas
- ✓ Melhorar o processo de tratamento e reciclagem para reprocessamento dos resíduos nucleares









9. Reflexões sobre a Expansão







O Desafio do Equilíbrio Carga X Geração na Matriz Atual Necessidades do SIN com as Novas Renováveis

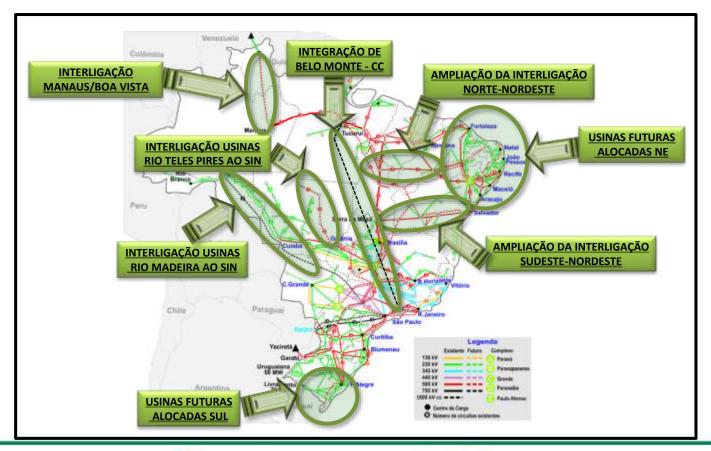








Principais Desafios na Transmissão

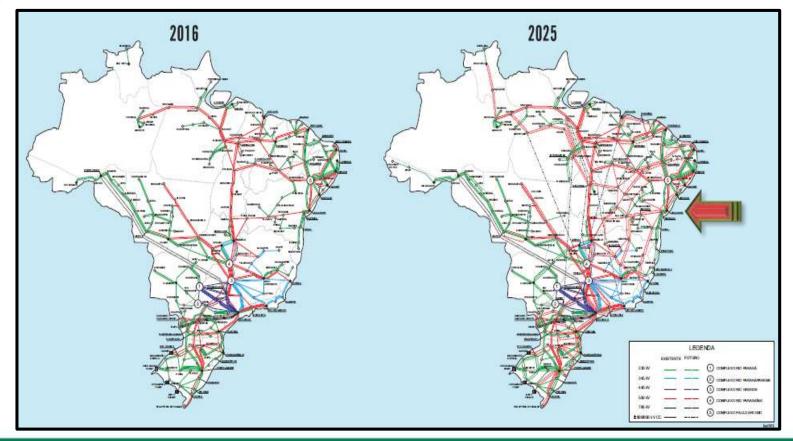








Evolução da Transmissão - 2016/2025

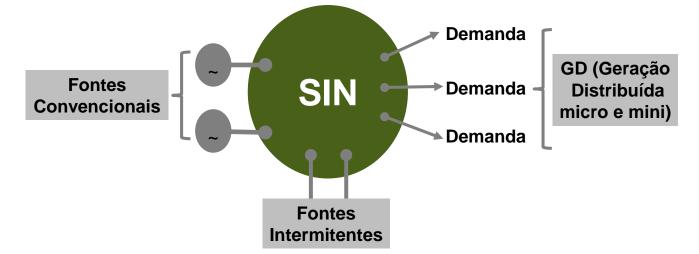








<u>Preocupações para Acomodar Montantes</u> Maiores de Fontes Intermitentes



<u>Aumento de Fontes Intermitentes e Geração Distribuída:</u>

- Aumento do nível de imprevisibilidade no SIN
- Aumento da complexidade da operação das redes de transmissão e distribuição
- Necessidade de geração de backup e reserva de potência
- Necessidade de modernização de equipamentos para estabilidade dinâmica
- Necessidade de revisão da regulação







O Paradigma da Expansão da Matriz Energética

Expansão ótima possível no médio prazo



+ Ampliação dos grandes troncos de transmissão, em especial entre regiões, considerando o critério "N-2" de confiabilidade como forma de mitigar a ocorrência de grandes perturbações

PDE (EPE) PEN (ONS)

Montantes adequados, considerando custos e segurança energética, devem ser determinados por estudos de planejamento da expansão e planejamento da operação







Obrigado! Saulo Cisneiros saulo@cigre.org.br

