

Comissão de Serviços de Infraestrutura do Senado Federal
Programa para 2013/2014 "Investimento e Gestão"
1º Ciclo - Energia e Desenvolvimento do Brasil

Energia Eólica, uma questão de Sustentabilidade



Prof. Dr. Alexandre Costa

Diretor de Energia Eólica do
Centro de Energias Renováveis (CER)

alexandre.acosta@ufpe.br



Brasília, Abril de 2013

Motivação

O CER

Eólica no CER

Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

Vantagens da Eólica

Fonte Limpa e Renovável:

Análise da Cadeia Produtiva; Taxa de “Recuperação”

Geração Descentralizada:

Fragmentação das Centrais de Geração

Preços Relativamente Baixos:

Baixo Investimento (MW); Custos Baixos (MWh)

Diminuição da Dependência Nacional Externa:

Recurso Autóctone

(Costa and Arranz-Piera, 2011)

Motivação

O CER

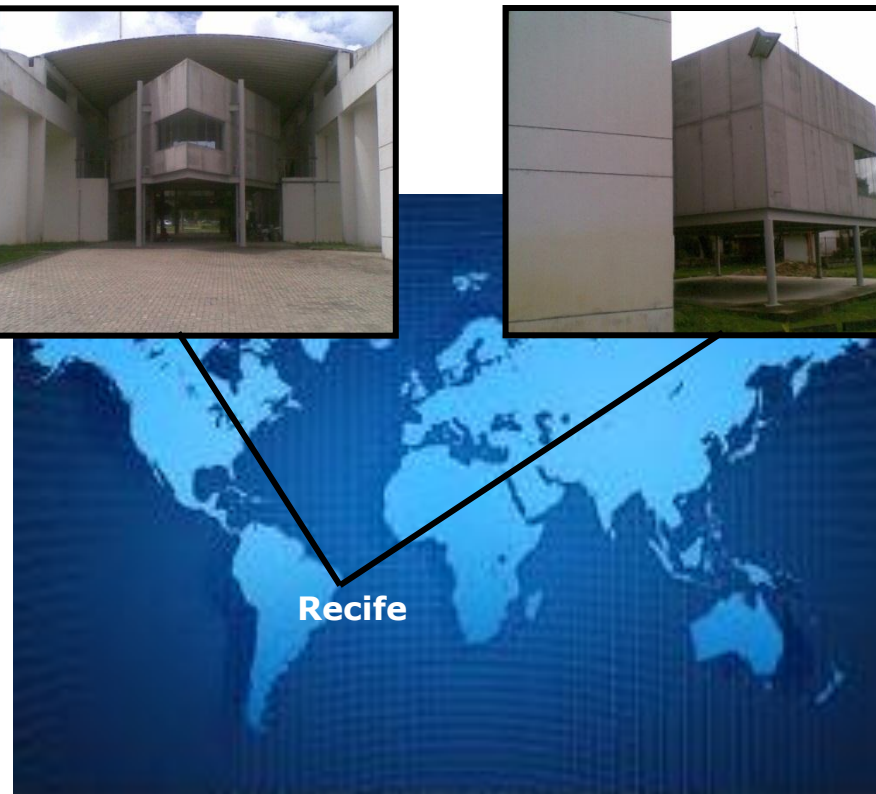
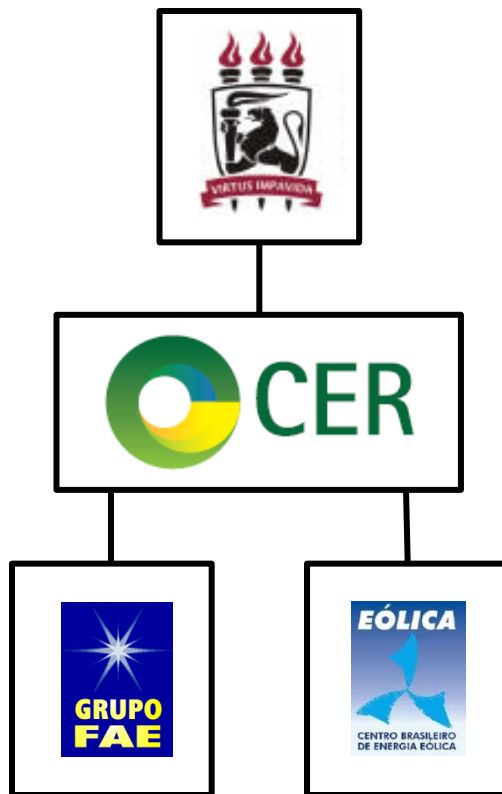
Eólica no CER

Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

O Centro de Energias Renováveis (CER)



Equipes do CER

Energia Solar

Prof. Dr. Naum Fraindenraich

Prof. Dr. Chiguereu Tiba

Profa. Dra. Elielza Moura

Profa. Dra. Olga de Castro Vilela

Prof. Dr. André Cunha

**Doutorandos, Mestrandos,
Alunos de Graduação**

Energia Eólica

Prof. Dr. Pedro Rosas

Prof. Dr. Alex Maurício Araújo

Prof. Dr. Everaldo Feitosa

Prof. Dr. Alexandre Costa

**Doutorandos, Mestrandos,
Alunos de Graduação**

Motivação

O CER

Eólica no CER

Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

Centro Brasileiro de Energia Eólica



Centro de Referência do MCT

~10 Doutorados no Exterior em Eólica

~20 Dissertações de Mestrado em Eólica



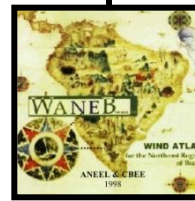
1990
kick-off
UFPE



1992
1st WTG
Noronha



1998
Small
WTG
UFPE



1998
WANEÉ
ANEEL



1999
CTTE
Olinda



2000
2nd WTG
Noronha

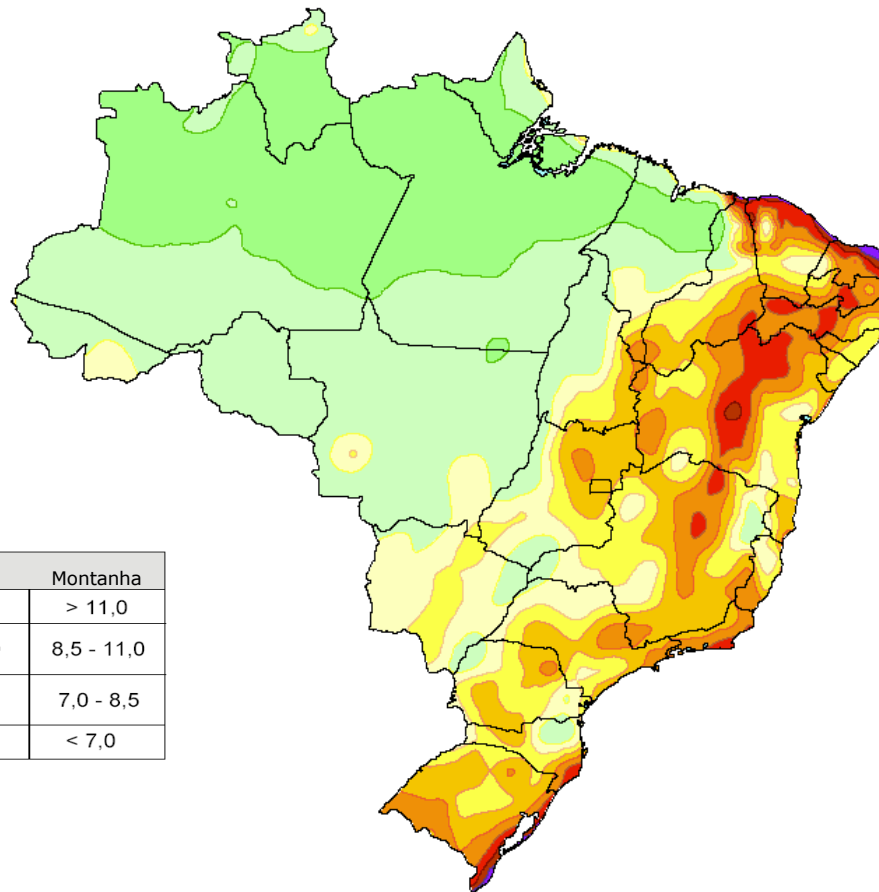


2003
Guia
Projeto
Elétrico
WWEA





2004...2012: PROINFA, Leilões, Doutorados no Exterior...

Centro Brasileiro de Energia Eólica

Mapa Eólico do Brasil
 ANEEL/MCT
 1998-2003



CLASSE DE ENERGIA

		Mata	Campo aberto	Zona costeira	Morro	Montanha
4		> 6,0	> 7,0	> 8,0	> 9,0	> 11,0
3		4,5 - 6,0	6,0 - 7,0	6,5 - 8,0	7,5 - 9,0	8,5 - 11,0
2		3,0 - 4,5	4,5 - 6,0	5,0 - 6,5	6,0 - 7,5	7,0 - 8,5
1		< 3,0	< 4,5	< 5,0	< 6,0	< 7,0

Centro Brasileiro de Energia Eólica



COLABORAÇÕES

Espanha:

CIEMAT, UPM

Dinamarca:

RISOE, DTU, FOLKCENTER

Estados Unidos:

UMASS

Reino Unido:

LOUGHBOROUGH,
SOUTHAMPTON, IMPERIAL
COLLEGE OF LONDON

Vestas V27 225 kW
Fernando de Noronha

Atividades dos Pesquisadores do CER



**Prof. Dr.
Everaldo Feitosa**
PhD Southampton, 1989

Trajetória:

Eólica Tecnologia, 2008-atual
WWEI, Vice-presidente
WWEA, Vice-presidente
ABEEÓLICA, Fundador
CBEE, Fundador

Linhas de Trabalho:

Aeroelasticidade

Análise Aerodinâmica

Turbinas Eólicas de Grande e
Pequeno Portes

Atividades dos Pesquisadores do CER



Prof. Dr.

Pedro Rosas

PhD DTU/RISOE, 2003

Trajetória:

UFPE, 2003-atual

SINTEF, 2001

DTU/RISOE, 1999-2003

CBEE, 1996-1999

Linhas de Trabalho:

Certificação de Máquinas

Integração de Centrais Eólicas

Geração Distribuída

Qualidade de Energia

Avaliação do flicker produzido
por Aerogeradores

Compatibilidade
Eletromagnética

Atividades dos Pesquisadores do CER



**Prof. Dr.
Alex Maurício Araújo**
PhD UFRJ, 1993

Trajetória:

Consultor/Avaliador:
MCTI, FINEP, FACEPE,
FAPESB, FAPESP...
UFPE, 1978-atual
UFRJ, 1987-1993

Linhas de Trabalho:

Análise Estatística de
Dados Observacionais

Simulação Dinâmica do
Fluxo Eólico

Conversão Eólica em
Ambientes Urbanos

Novas Tecnologias para
Conversão
Cinética/Mecânica

Atividades dos Pesquisadores do CER



**Prof. Dr.
Alexandre Costa**

PhD UPM/CIEMAT, 2005

Trajetória:

UFPE, 2012-atual

CTGAS-ER, 2012

IL3/UB, 2010-2012

IMM/DTU, 2004

CIEMAT, 2001-2012

UPM, 2001-2005

CBEE, 1997-2000

Linhas de Trabalho:

Controle da Qualidade de
Dados Observacionais

Técnicas de Downscaling
do Vento Local

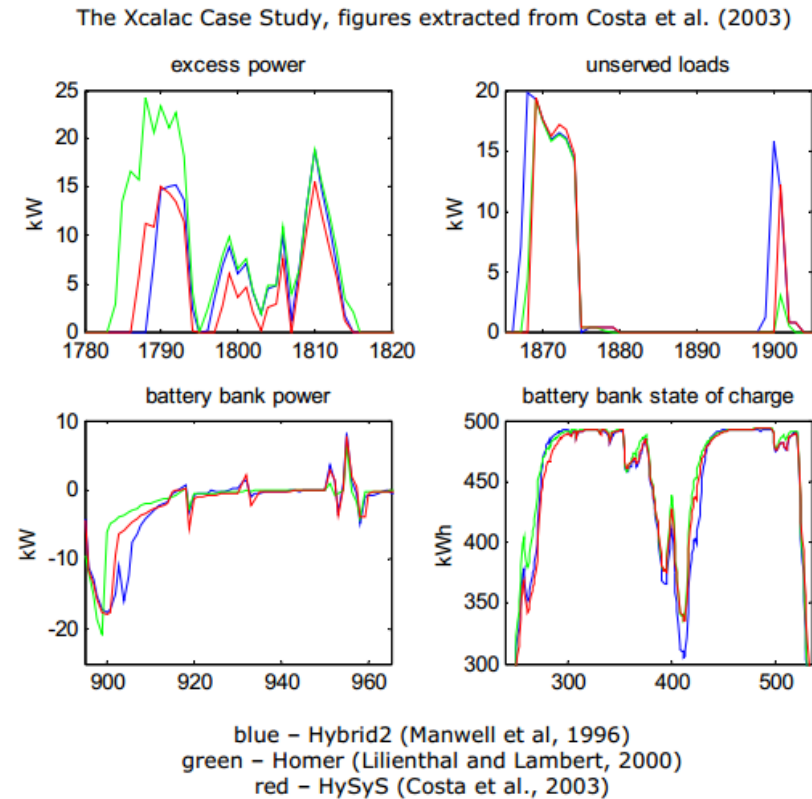
Previsão a Curto Prazo da
Produção de Centrais Eólicas
e Controle Preditivo de
Aerogeradores

Simulação em Regime
Quasi-estacionário de
Sistemas Híbridos com Eólica

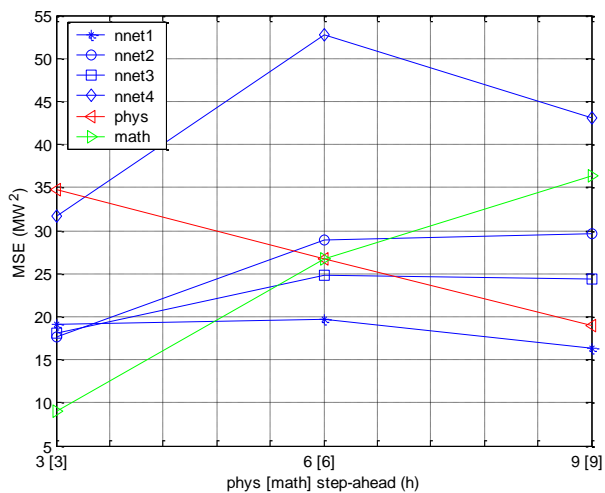
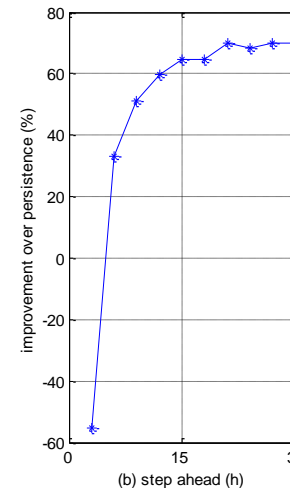
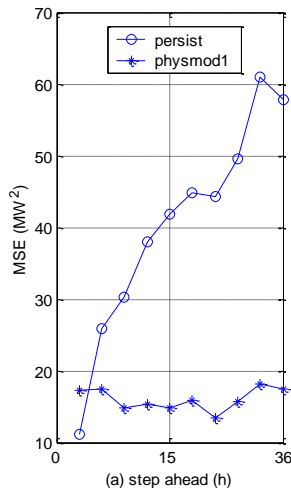
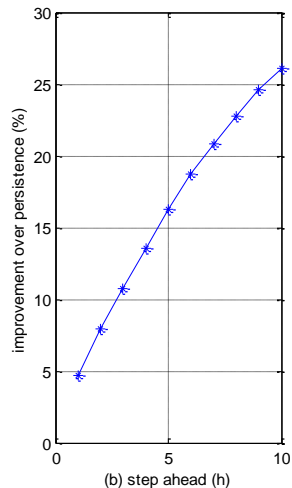
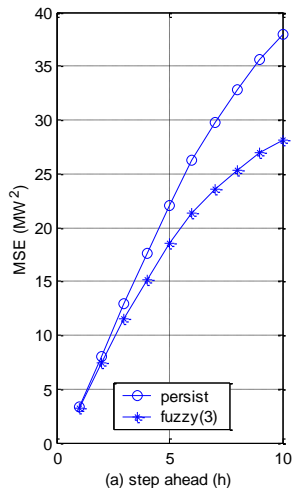
Atividades dos Pesquisadores do CER

Simulação em Regime
Quasi-estacionário de
Sistemas Híbridos
Eólico/Solar/Bateria
Não Conectados à
Rede Convencional

(Costa et al., 2003; Costa, 2008)



Atividades dos Pesquisadores do CER



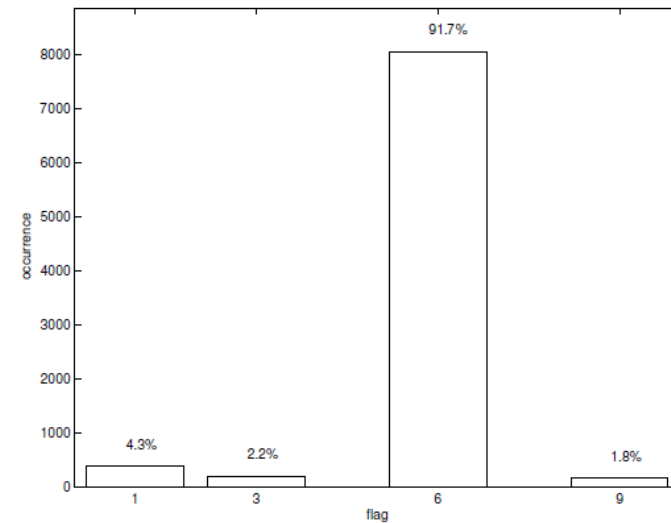
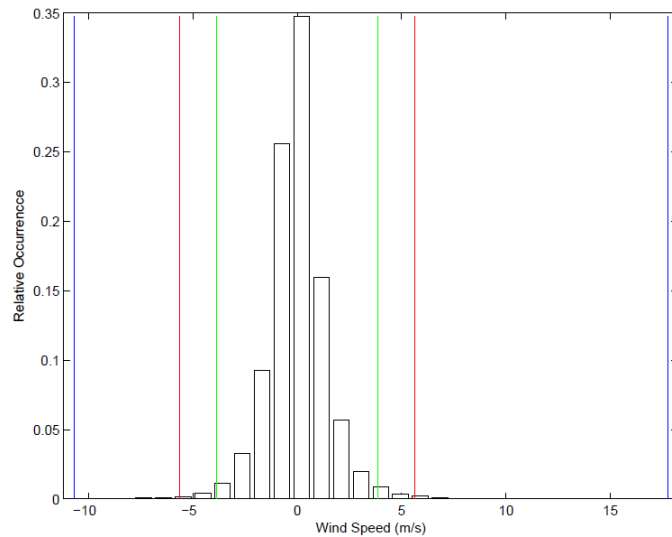
Previsão a Curto Prazo da
Produção de Centrais Eólicas

(Costa et al., 2006)

Atividades dos Pesquisadores do CER

Controle da Qualidade de Dados Meteorológicos Observacionais e da Produção de Aerogeradores e Centrais Eólicas

(Costa et al., 2013)

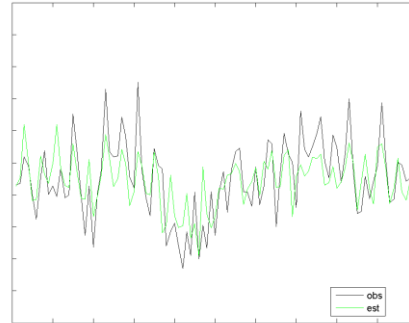
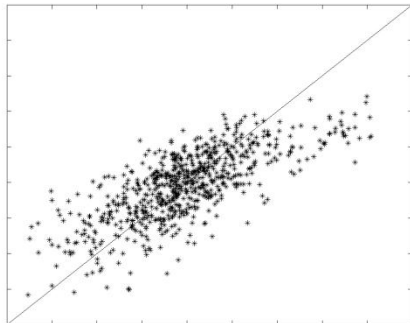
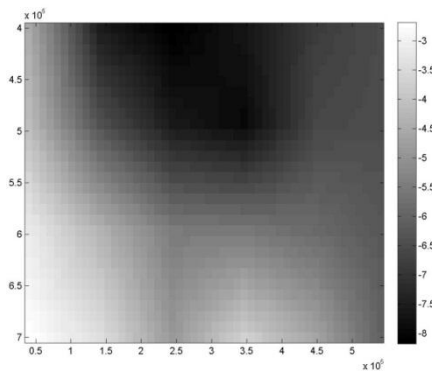
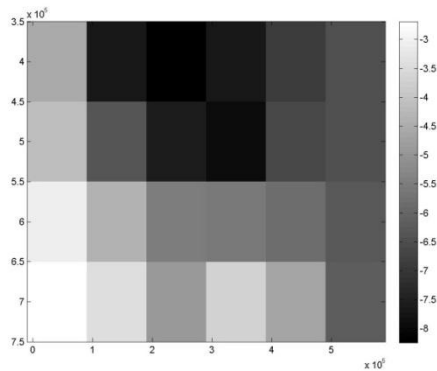


flag	quality
1	suspicious
3	bad
6	good
9	missing

thresholds for step	
whitebar	recorded data
blue	max. record.
green	suspicious
red	bad

Atividades dos Pesquisadores do CER

Técnicas de Aumento de Resolução Espacial do Vento Local a partir das Saídas de Modelos da Circulação Geral Atmosférica
(Costa e Santos, 2012)



3 Pilares para a Sustentabilidade no CER

Projetos Atuais de P&D&I em Eólica

PETROBRAS, CTGAS-ER, IMPSA, SUDENE, CIEMAT

Atividades de Docência

Graduação em Engenharia de Energia,
Mestrado e Doutorado Stricto Sensu

Atividades de Extensão

Programa de Estágio Voluntário em Eólica,
Pós-graduação Lato Sensu em Solar & Eólica

Motivação

O CER

Eólica no CER

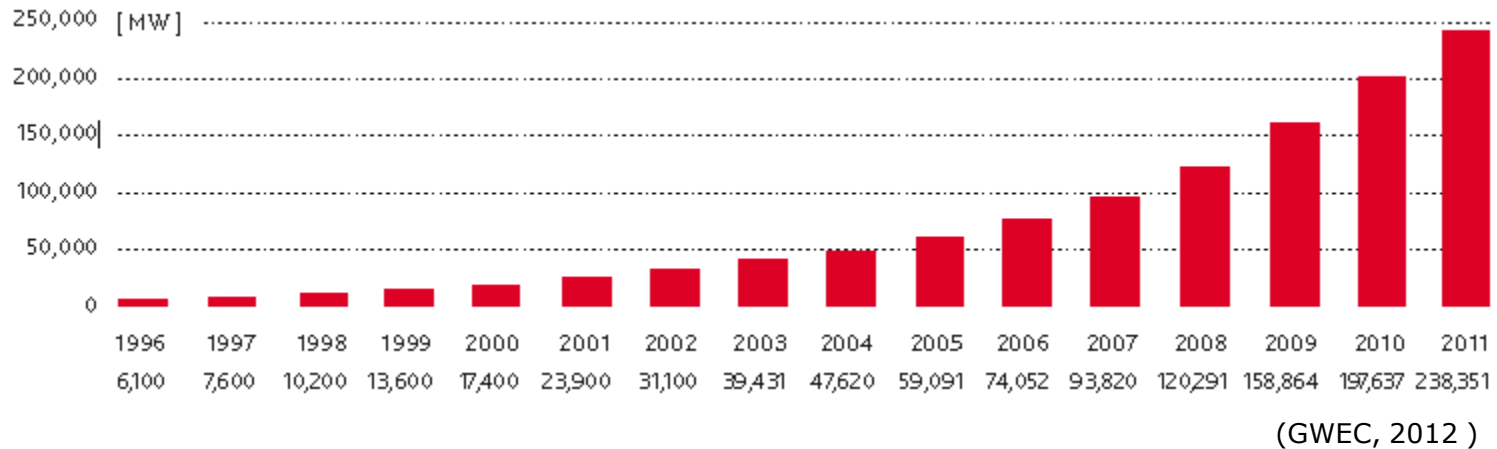
Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

Panorama Mundial

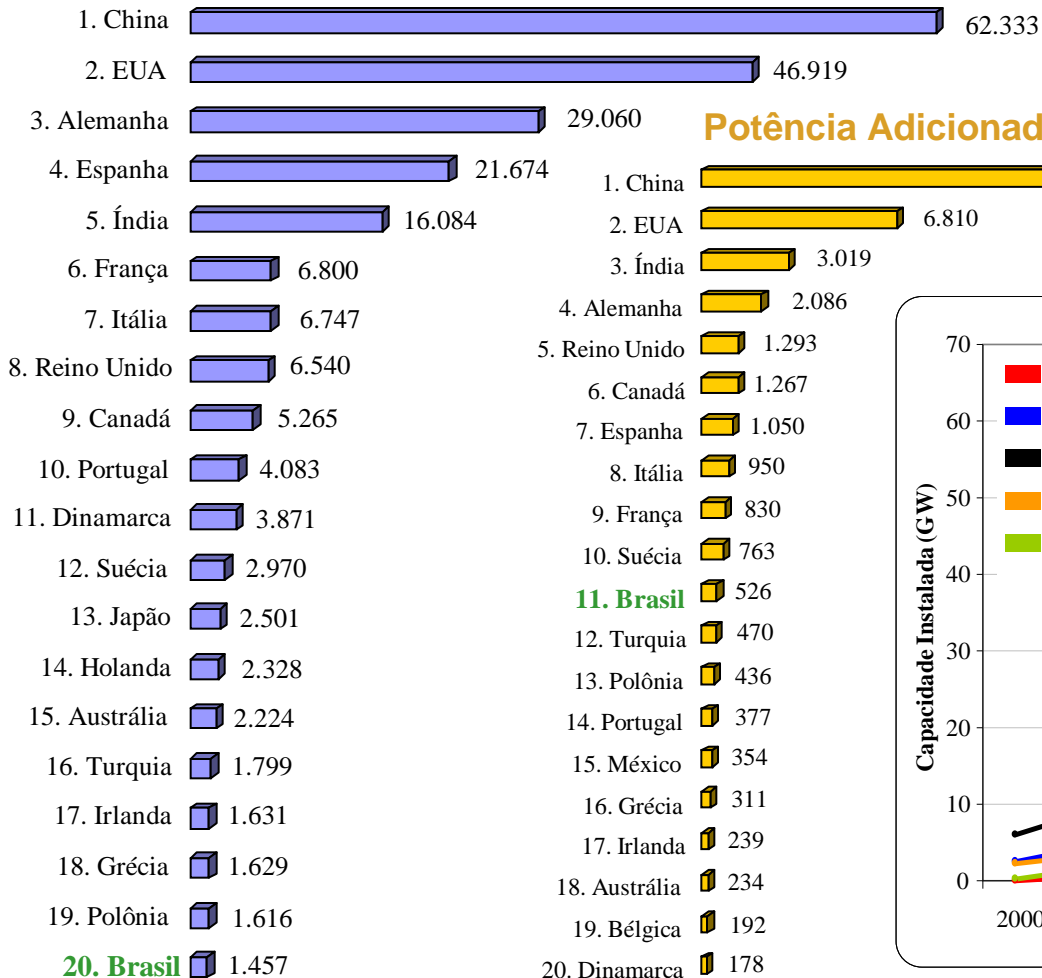
Crescimento da Potência Eólica Instalada no Mundo



Segundo o Global Wind Energy Council (GWEC), espera-se um crescimento contínuo para os próximos anos.

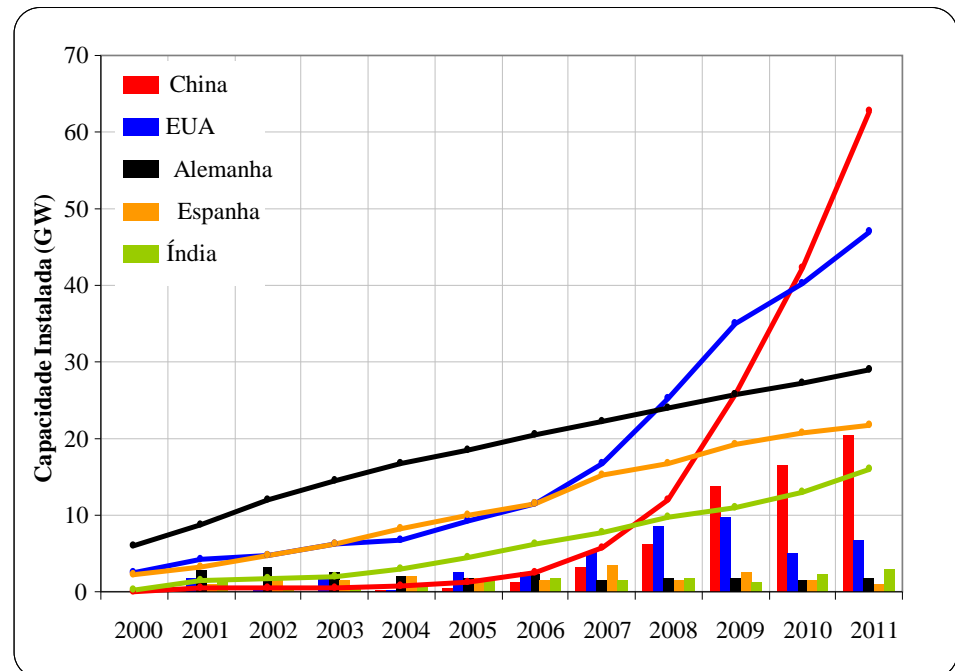
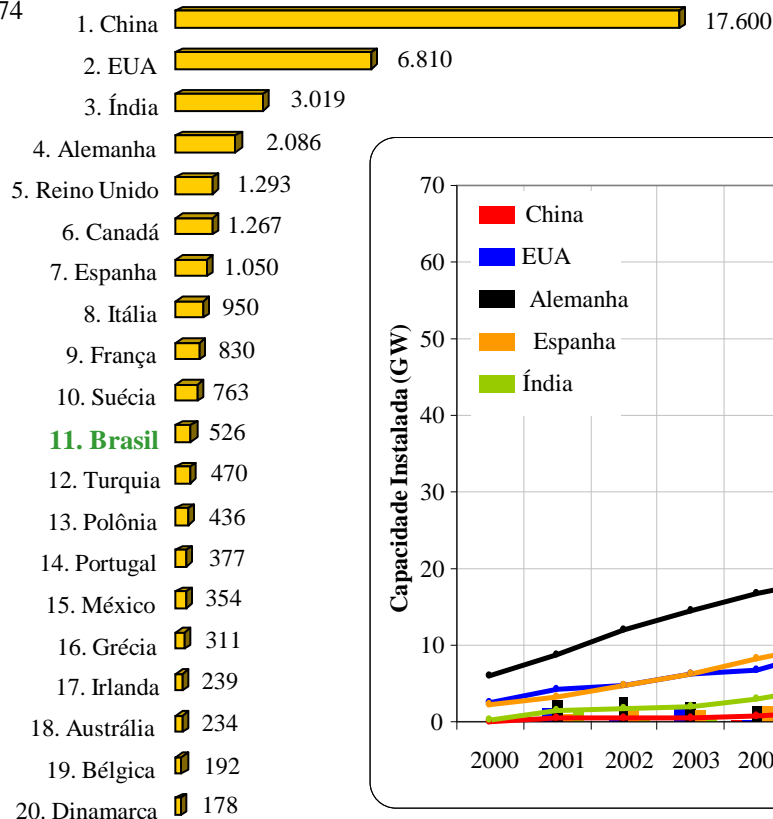
Panorama Brasileiro

Potência Total no Final de 2011 (MW)



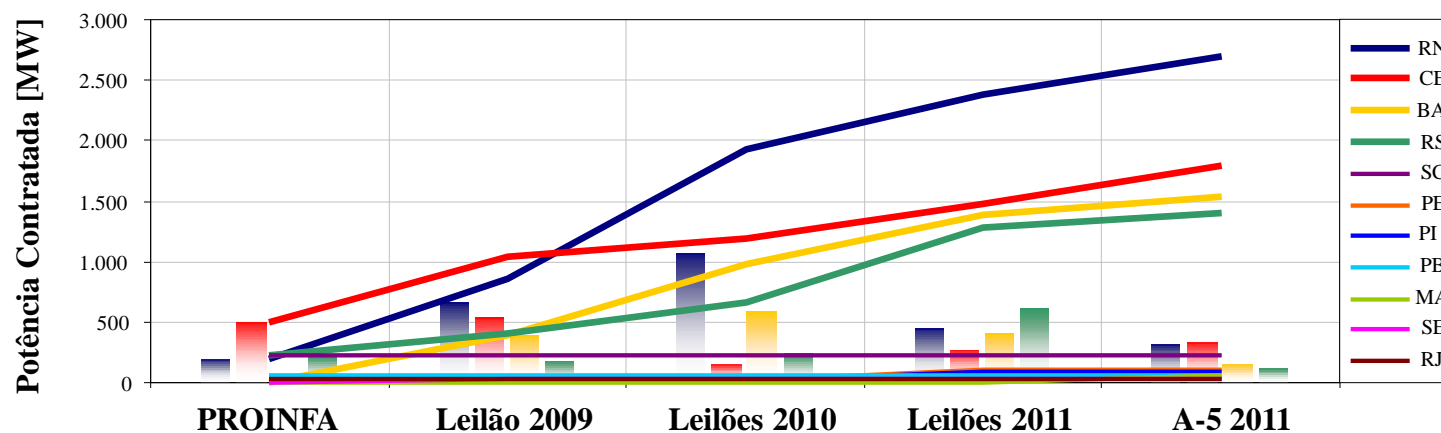
(GWEC, 2012)

Potência Adicionada em 2011 (MW)



Panorama Brasileiro

Contratações em Eólica no Brasil



POTÊNCIA NOMINAL DE EÓLICA CONTRATADA POR ESTADO (MW)										
	PROINFA 2004		LEILÃO 2009		LEILÕES 2010		LEILÕES 2011		LEILÃO A-5 2011	
	contratado	contratado	acumulado	contratado	acumulado	contratado	acumulado	contratado	acumulado	
1- RN	201,1	657,0	858,1	1.064,6	1.922,7	458,2	2.380,9	321,8	2.702,7	
2- CE	500,5	542,7	1.043,2	150,0	1.193,2	278,1	1.471,3	328,0	1.799,3	
3- BA	0,0	390,0	390,0	587,4	977,4	414,4	1.391,8	149,5	1.541,3	
4- RS	227,6	186,0	413,6	245,8	659,4	624,4	1.283,8	119,6	1.403,4	
5- SC	226,7	0,0	226,7	0,0	226,7	0,0	226,7	0,0	226,7	
6- PE	21,3	0,0	21,3	0,0	21,3	78,0	99,3	0,0	99,3	
7- PI	17,9	0,0	17,9	0,0	17,9	75,6	93,5	0,0	93,5	
8- PB	64,9	0,0	64,9	0,0	64,9	0,0	64,9	0,0	64,9	
9- MA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,6	57,6	
10- SE	0,0	30,0	30,0	0,0	30,0	0,0	30,0	0,0	30,0	
11- RJ	28,1	0,0	28,1	0,0	28,1	0,0	28,1	0,0	28,1	
TOTAL	1.288,0	1.805,7	3.093,7	2.047,8	5.141,5	1.928,7	7.070,2	976,5	8.046,7	

Motivação

O CER

Eólica no CER

Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

Desafios da Eólica e Soluções Possíveis

Simulação e Validação

Modelagem e Parametrizações Específicas;
Avaliação Onshore e Offshore;
Torres Anemométricas & LIDARs & Satélite;
Base Pública de Dados

(Costa et al., 2013; Taylor, 2001)

Carácter Aleatório

Previsão a Curto Prazo; Armazenamento

(Costa et al., 2008; Gallego et al., 2011)

Interferência entre Centrais

Difusão da Esteira; Defeito de Velocidade;
Energia Cinética Turbulenta

(Crespo et al., 1999; Vermeer et al., 2003)

Desafios da Eólica e Soluções Possíveis

Tropicalização vs Nacionalização

Aerodinâmica; Materiais; Conversores; Inversores;
Estratégias de Controle

Instabilidade de Tensão e Frequência

Reforço da Rede; Aerogerador Flexível;
Armazenamento em Curto Prazo

Escoamento da Produção

Infraestrutura Elétrica; Linhas de Evacuação; Subestações

Normatização e Certificação

Nacionalização de Normas; Ensaios e Testes;
Fomento aos Laboratórios Nacionais

Desafios da Eólica e Soluções Possíveis

Condições Estáveis em Médio e Longo Prazo

Mercado Livre; Leilões

Preços Competitivos

Incentivo a Fabricantes; Valor da Energia Produzida

Procedimentos Administrativos

'one-stop-shop' approach

(EWEA, 2010)

Mão-de-obra Qualificada

Técnicos; Engenheiros; Especialistas; Mestres; Doutores

Motivação

O CER

Eólica no CER

Panorama da Eólica

Desafios da Eólica

Recomendações

Recomendações de Caráter Urgente com respeito a P&D&I em Eólica

Radiografia do Setor e Análise de Sensibilidade

A partir dos estudos do CGEE e CTSN;

Priorização dos Desafios;

Sugestões sobre as Estratégias para as Soluções aos Desafios

Comitê Técnico-científico Permanente

Formado por Autoridades na Matéria

Editais Específicos

Pesquisas Básica (futuro) e Aplicada (presente)

Recomendações de Caráter Urgente com respeito a P&D&I em Eólica

Remuneração dos Pesquisadores

Bolsa para Alunos e Professores;
Valor Condizente para as Bolsas;
Mecanismos de Atração e Fixação;
Vagas nas Universidades;
Incentivo à Relação com a Empresa e a Indústria;
Incentivo a Patentes

Fomento aos Centros de Excelência

Verbas Direcionadas para Despesas Ordinárias;
Instalação e Ampliação de Laboratórios;
Incentivo à Formação dos Pesquisadores

Referências

Costa, A.; Arribas, L.; Avia, F.; Feitosa, E. HySyS v.1.0 - Hybrid Power System Balance Analyser. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Madrid, 2003.

Costa, A.; Crespo, A.; Navarro, J.; Madsen, H. Modelling the Integration of Mathematical and Physical Models for Short-term Wind Power Forecasting. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Athens, 2006.

Costa, A. HySyS, Hybrid Power System Analyser In: Workshop on Status and Development of Software Tools for PV Hybrid and Mini-grid Systems, by the PVPS Task 11 on PV Hybrids and Mini-grids of the International Energy Agency (IEA), 2008.

Costa, A.; Lizcano, G.; Crespo, A.; Navarro, J.; Feitosa, E.; Madsen, H. A review on the young history of the wind power short-term prediction. Renewable & Sustainable Energy Reviews, v. 12, p. 1725-1744, 2008.

Costa, A.; Arranz-Piera, P. D-A1 Report on policy assessment of the wind energy sector in Lebanon. CEDRO Programme, United Nations Development Programme (UNDP), 2011.

Costa, A.; Santos, A. Técnicas estatísticas e dinâmicas de downscaling do vento local. Relatório Interno, Projeto P007 Comparação entre Técnicas de Aumento de Resolução de Dados de Reanálise para Geração de Séries de Velocidade de Vento de Longo Prazo. CTGAS-ER/PETROBRAS, 2012.

Costa, A.; Romo, B.; Blazquez, P.; Migoya, E. Wind atlas of the West Bank: modelling microscale effects, installable wind power capacity and proposals for the atlas usage. Spanish Agency for International Development Cooperation (AECID), 2013.

Referências

Crespo, A.; Hernandez, J.; Frandsen, S. Survey of modelling methods for wind turbine wakes and wind farms. *Wind energy*, v. 2, n. 1, p. 1-24, 1999.

EWEA. *WindBarriers: administrative and grid access barriers to wind power*. European Wind Energy Association (EWEA), 2010.

Gallego, C.; Costa, A.; Cuerva, A. Improving short-term forecasting during ramp events by means of regime-switching artificial neural networks. *Advances in Science and Research*, v. 6, p. 55-58, 2011.

GWEC. *Global wind report: annual market update 2011*. Global Wind Energy Council (GWEC), 2012.

Taylor, K. E. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. *Journal of Geophysical Research*, v. 106, p. 7183–7192, 2001.

Vermeer, L. J.; Sørensen, J. N.; Crespo, A. Wind turbine wake aerodynamics. *Progress in aerospace sciences*, v. 39, n. 6, p. 467-510, 2003.

Muito obrigado pela atenção!



Prof. Dr. Alexandre Costa

Diretor de Energia Eólica do
Centro de Energias Renováveis (CER)

alexandre.acosta@ufpe.br
alexcosta30@hotmail.com
skype alexcosta301

