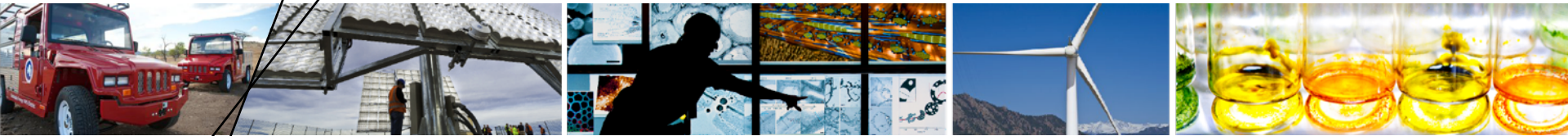


Experiências dos EUA com Geração Distribuída de Energia Solar



David Mooney, Ph.D.

Março de 2016

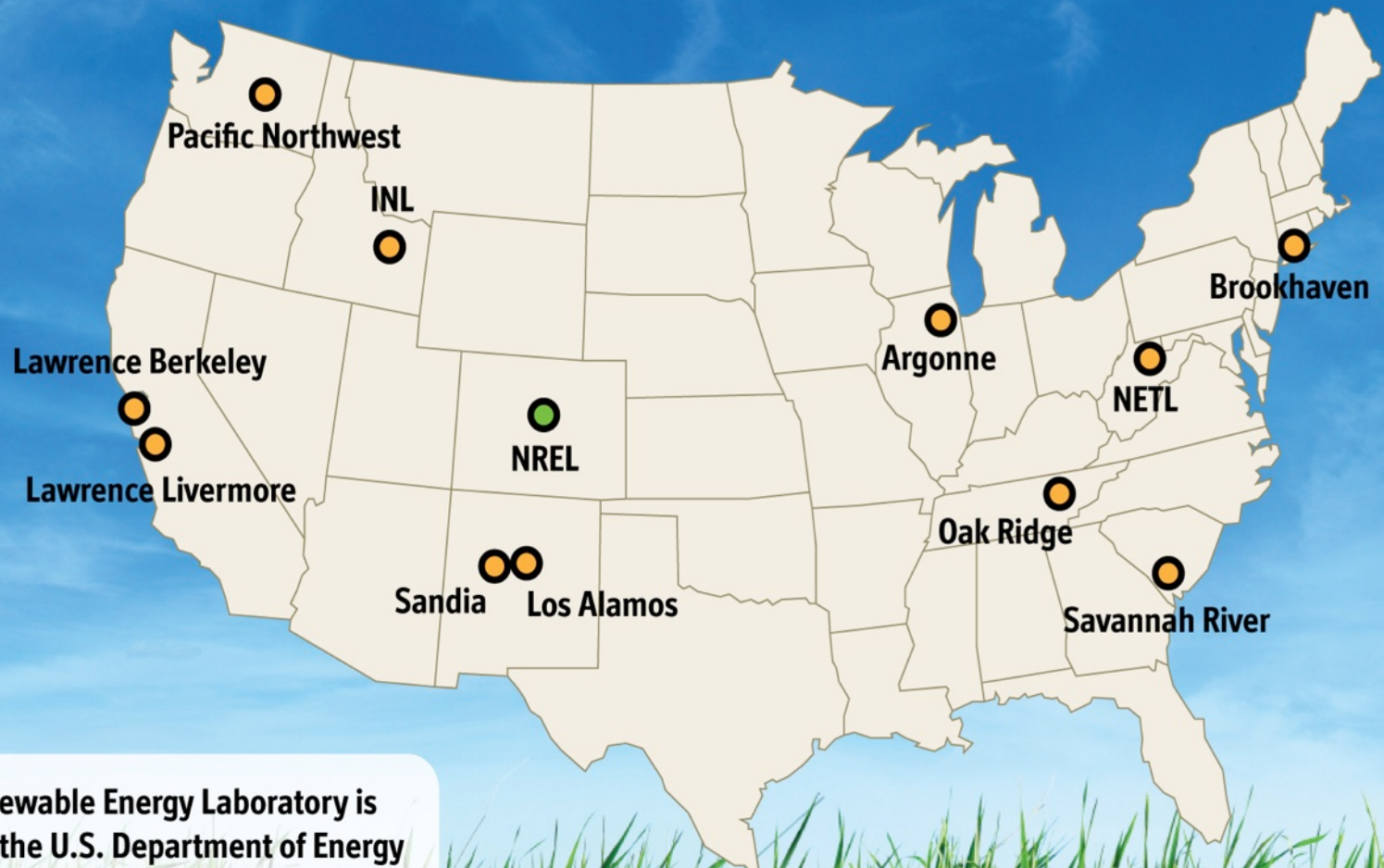
RESUMO

1. Visão geral do Laboratório Nacional de Energia Renovável
2. Histórico e situação atual do mercado de energia solar dos EUA
3. Estímulos à geração distribuída de energia solar (GDES)
4. Integração da energia solar distribuída à rede elétrica

RESUMO

1. Visão geral do Laboratório Nacional de Energia Renovável
2. Histórico e situação atual do mercado de energia solar dos EUA
3. Estímulos à geração distribuída de energia solar (GDES)
4. Integração da energia solar distribuída à rede elétrica

COMPLEXO DO LABORATÓRIO NACIONAL DO DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS EUA



National Renewable Energy Laboratory is operated for the U.S. Department of Energy by the Alliance for Sustainable Energy, LLC

ATIVO NACIONAL COM UMA MISSÃO ESPECÍFICA

- Instalações de primeira classe, cientistas renomados
- Quase 1.700 funcionários
- O campus é um modelo de energia sustentável
- Impacto econômico nacional de US\$ 872 milhões por ano – orçamento anual de US\$ 400 milhões
- 657 parcerias ativas com o setor, a comunidade acadêmica e os governos



ESCOPO DA MISSÃO



Eficiência energética

Edificações
residenciais

Edificações
comerciais

Veículos
pessoais e
comerciais



Energia renovável

Solar

Eólica e hídrica

Biomassa

Hidrogênio

Geotérmica



Integração de sistemas

Infraestrutura da
rede

Interconexão da
energia
distribuída

Bateria e
armazenamento
térmico



Foco no mercado

Setor privado

Agências federais

Departamento
de Defesa

Governos
estaduais/locais

Internacional

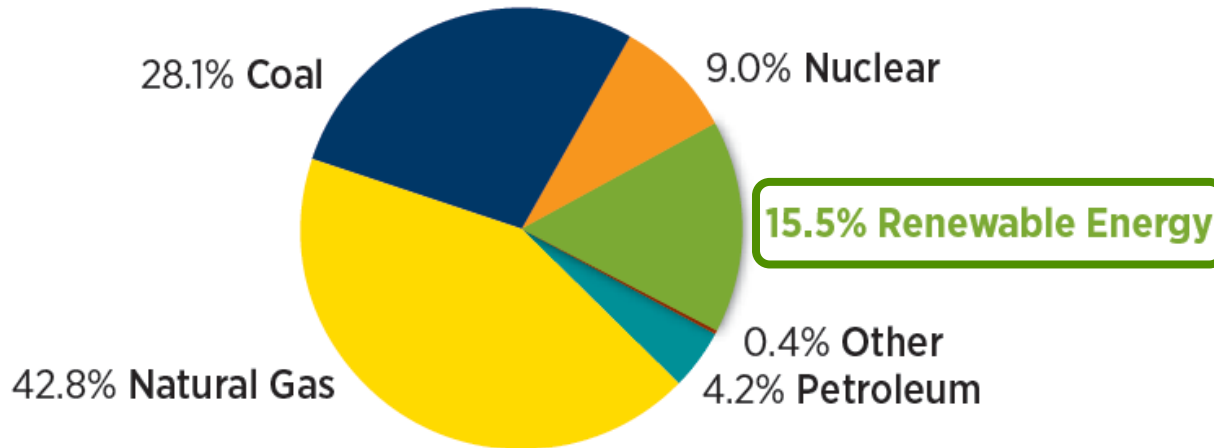
Análise transversal e apoio a decisões

RESUMO

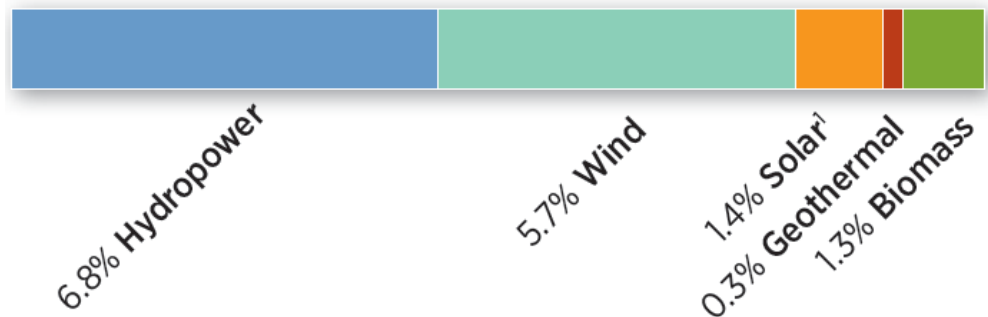
1. Visão geral do Laboratório Nacional de Energia Renovável
- 2. Histórico e situação atual do mercado de energia solar dos EUA**
3. Estímulos à geração distribuída de energia solar (GDES)
4. Integração da energia solar distribuída à rede elétrica

CAPACIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL NOS EUA - SITUAÇÃO ATUAL

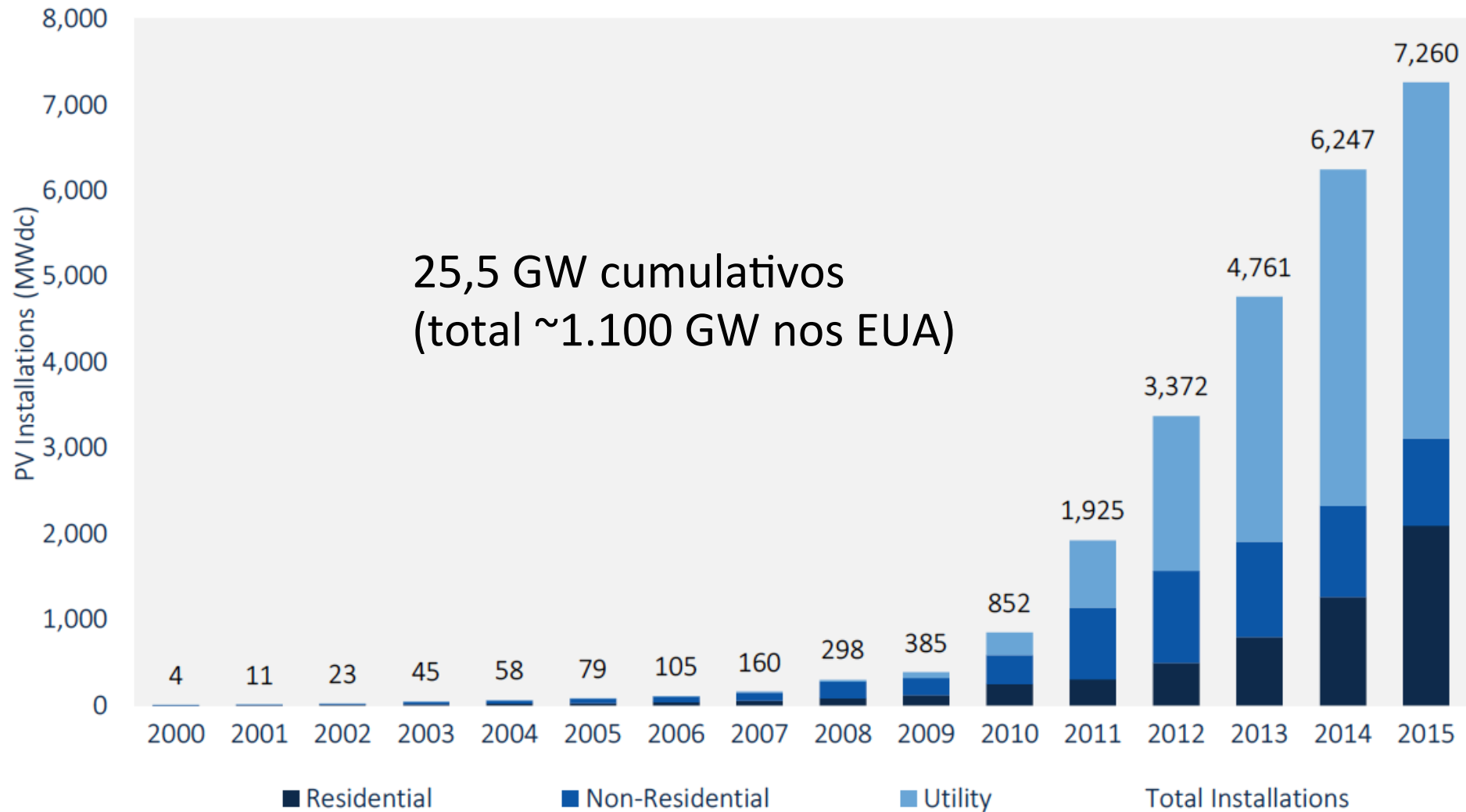
U.S. Electric Nameplate Capacity (2014): 1,163 GW



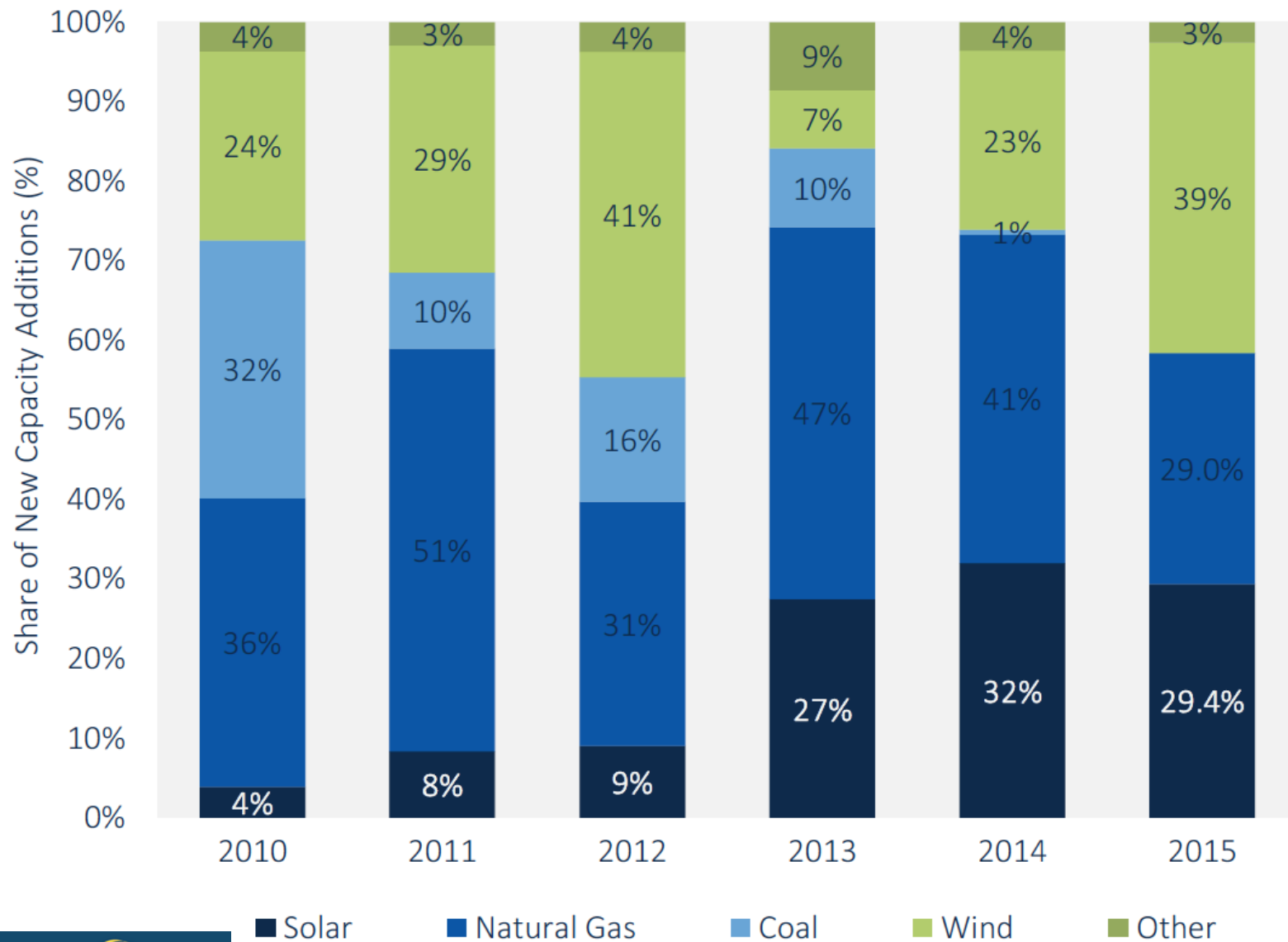
U.S. Renewable Capacity: 180 GW



ADIÇÕES ANUAIS DE CAPACIDADE NOS EUA



NOVAS ADIÇÕES DE CAPACIDADE NOS EUA



RESUMO

1. Visão geral do Laboratório Nacional de Energia Renovável
2. Histórico e situação atual do mercado de energia solar dos EUA
- 3. Estímulos à geração distribuída de energia solar (GDES)**
4. Integração da energia solar distribuída à rede elétrica

QUAIS SÃO OS ESTÍMULOS?



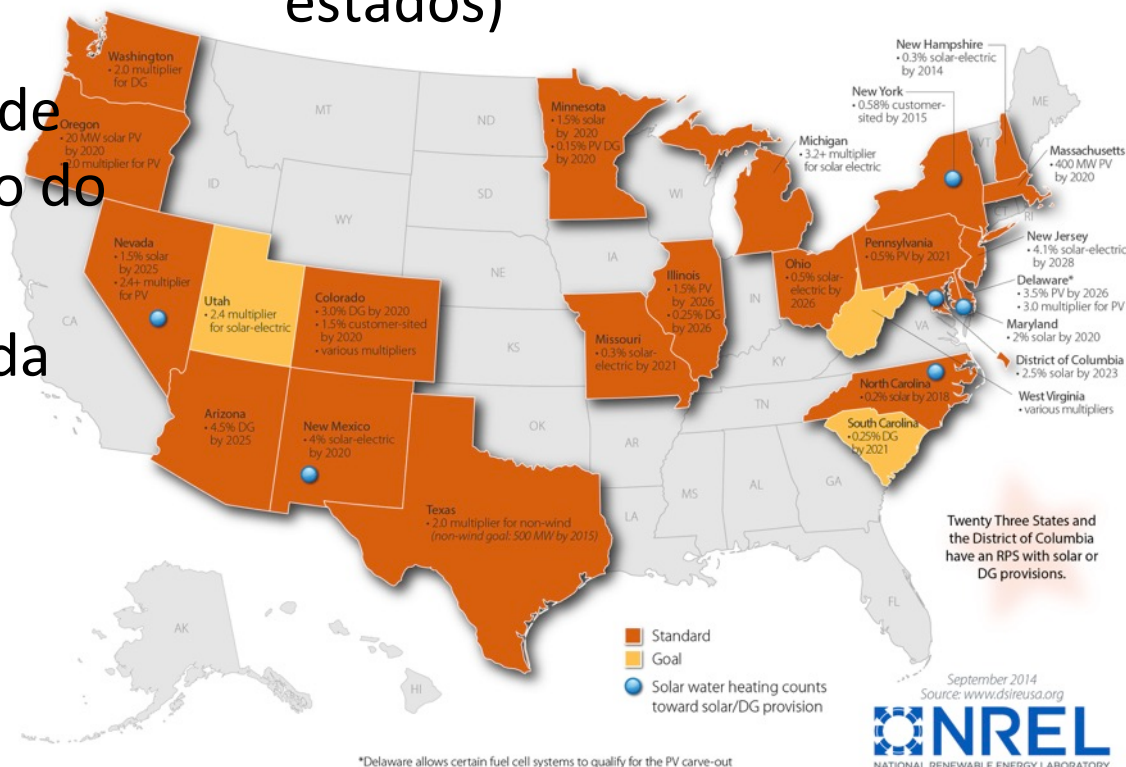
ESTÍMULOS DECORRENTES DAS POLÍTICAS FEDERAIS E ESTADUAIS

FEDERAIS

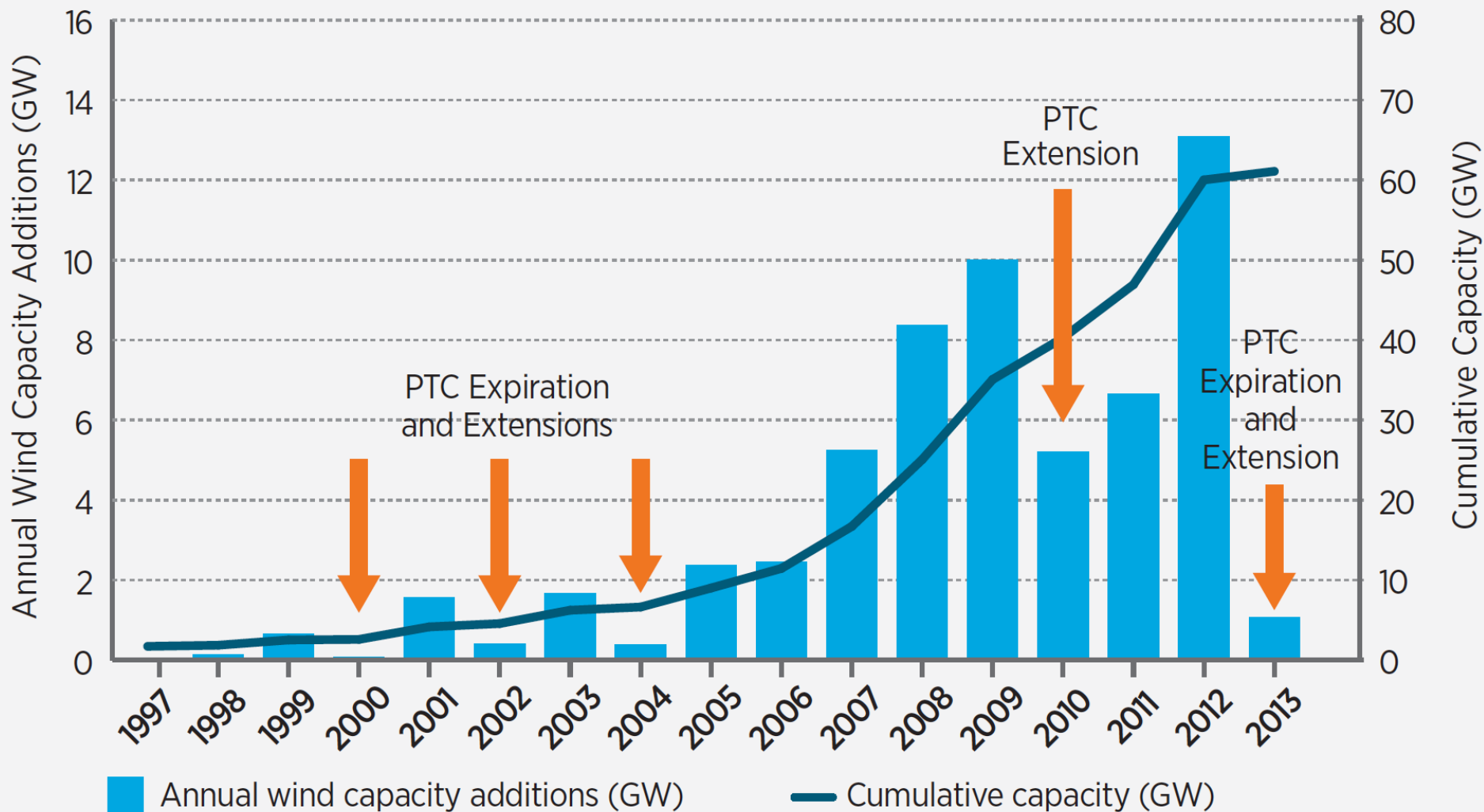
- Créditos fiscais à produção
- Créditos fiscais ao investimento
- Programa de concessão de verbas do Departamento do Tesouro dos EUA
- Plano de Energia Limpa da EPA

ESTADUAIS

- Regulamentação sobre energia renovável (28 estados)

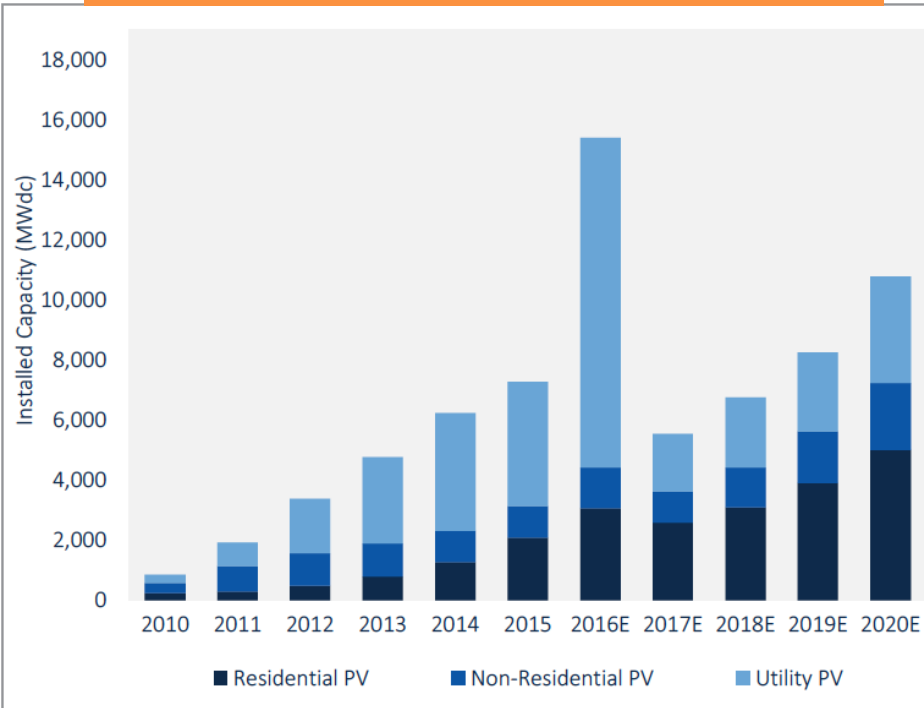


IMPACTOS DAS POLÍTICAS

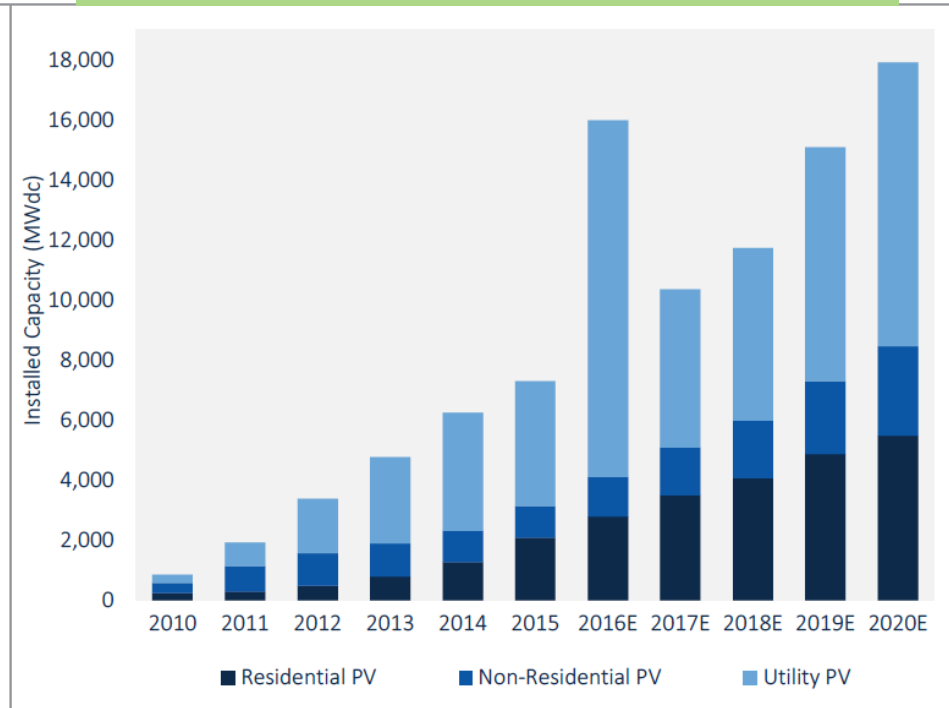


PREVISÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NOS EUA

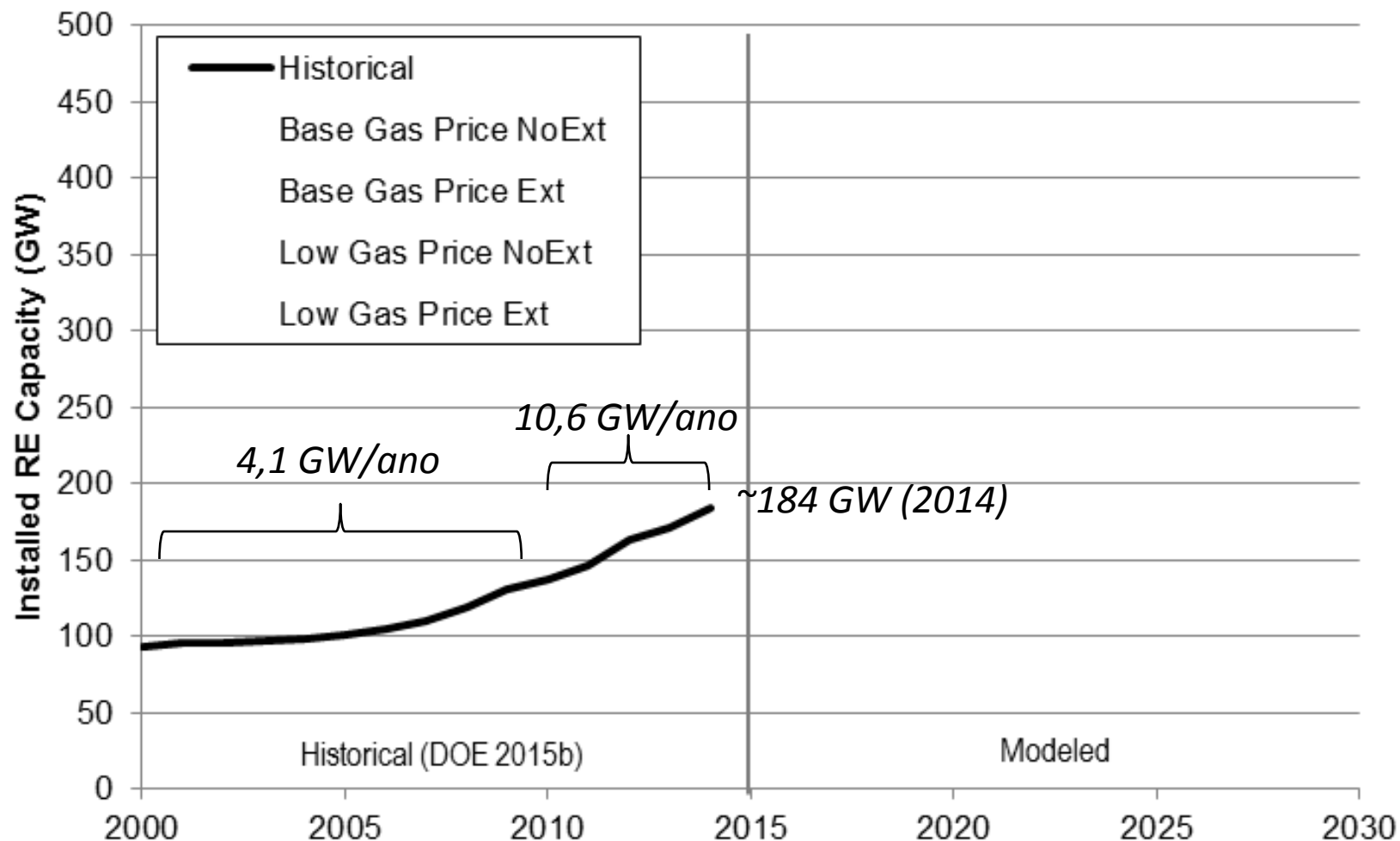
Previsão pré-extensão do crédito fiscal



Previsão com extensão do crédito fiscal



AUMENTO NO CRESCIMENTO DA CAPACIDADE DE ENERGIA RENOVÁVEL (ER) NOS ÚLTIMOS 5 ANOS

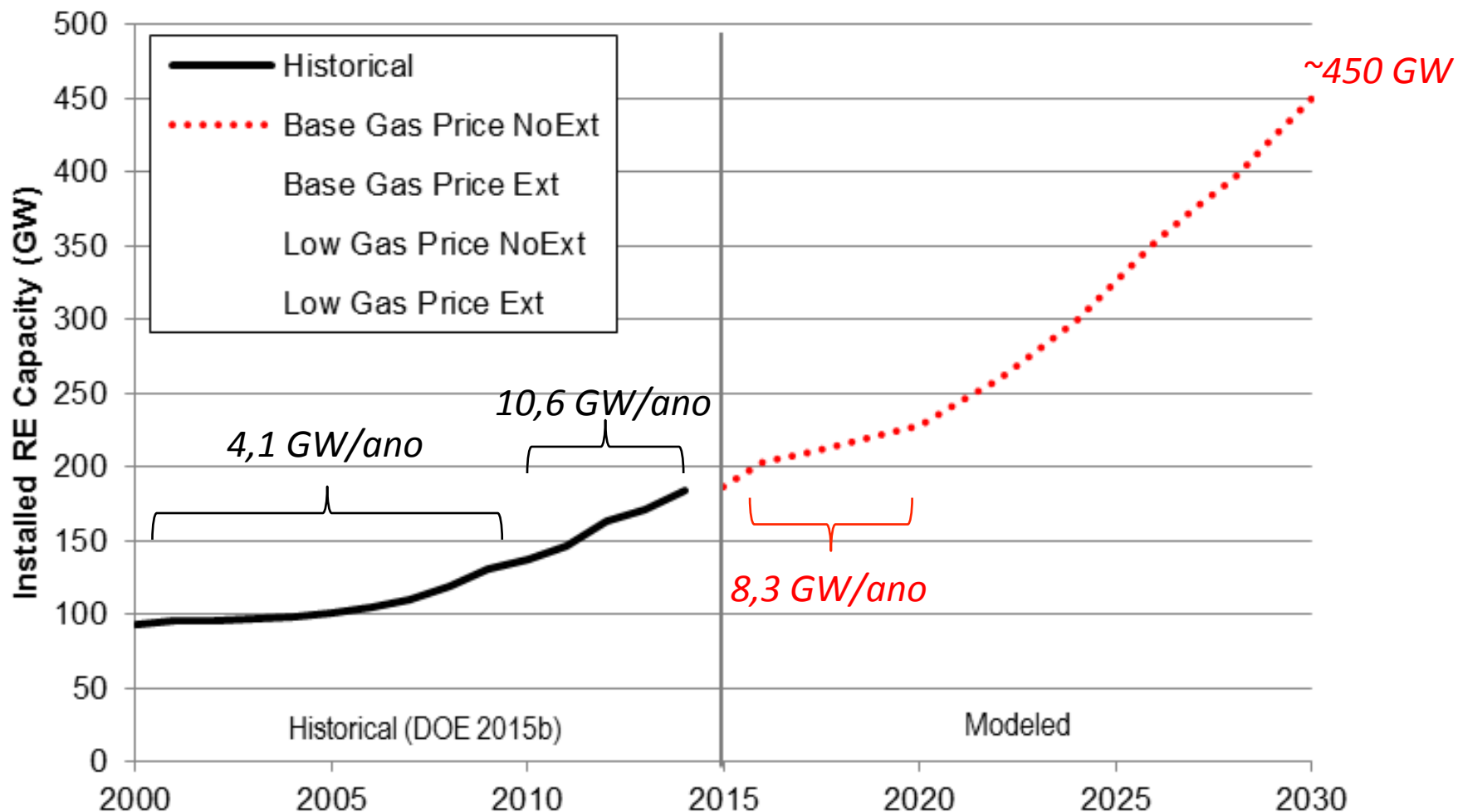


ER = biomassa, geotérmica, hidrelétrica, solar e eólica

As adições de ER totalizaram 12,8 GW em 2014 e 17,6 GW em 2012

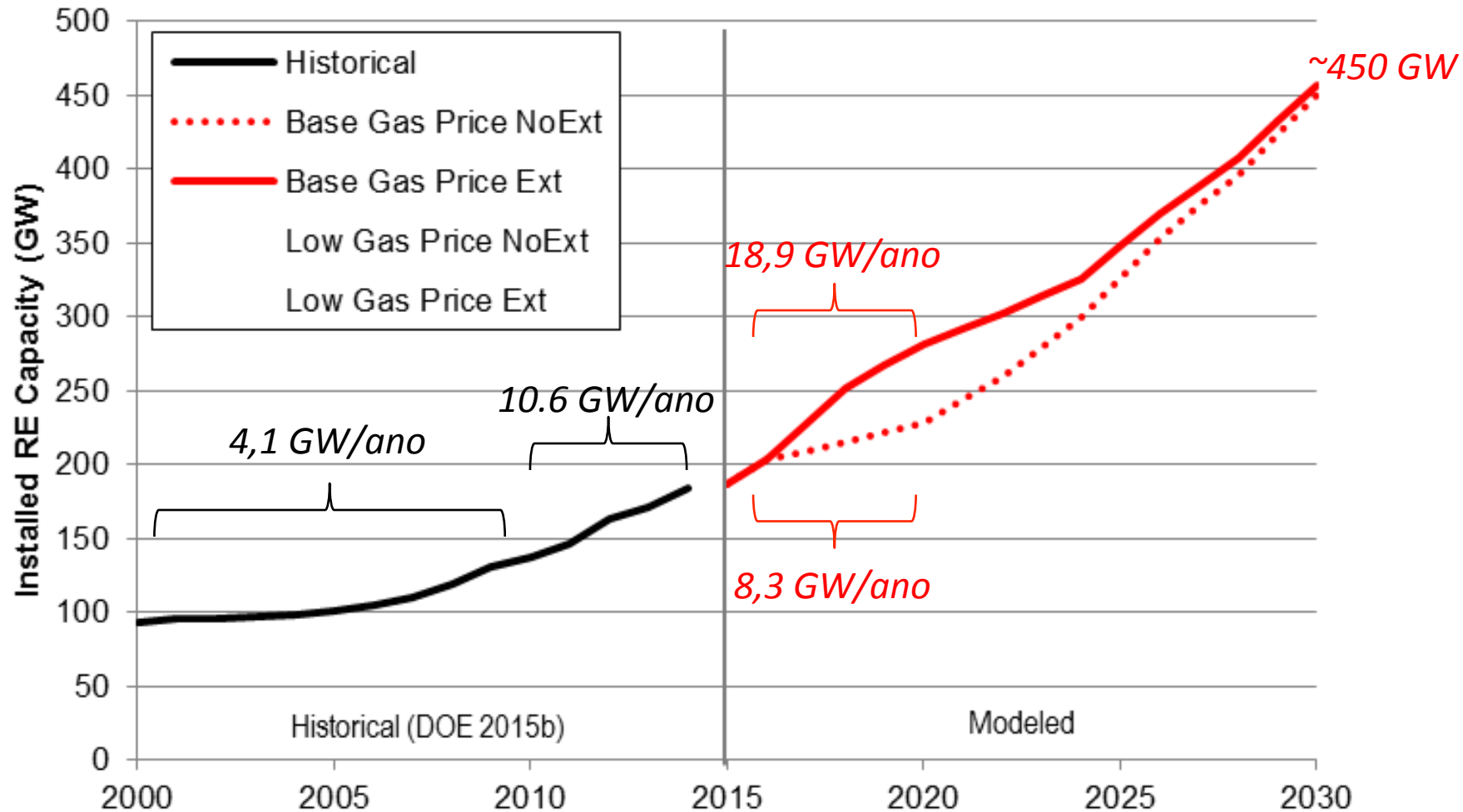
(os dados de 2015 não estavam disponíveis na ocasião da análise)

PREÇOS BÁSICOS DO GÁS – SEM AS EXTENSÕES DO CRÉDITO FISCAL, ESTIMA-SE QUE O CRESCIMENTO DA ER SERÁ LENTO NOS PRÓXIMOS 5 ANOS



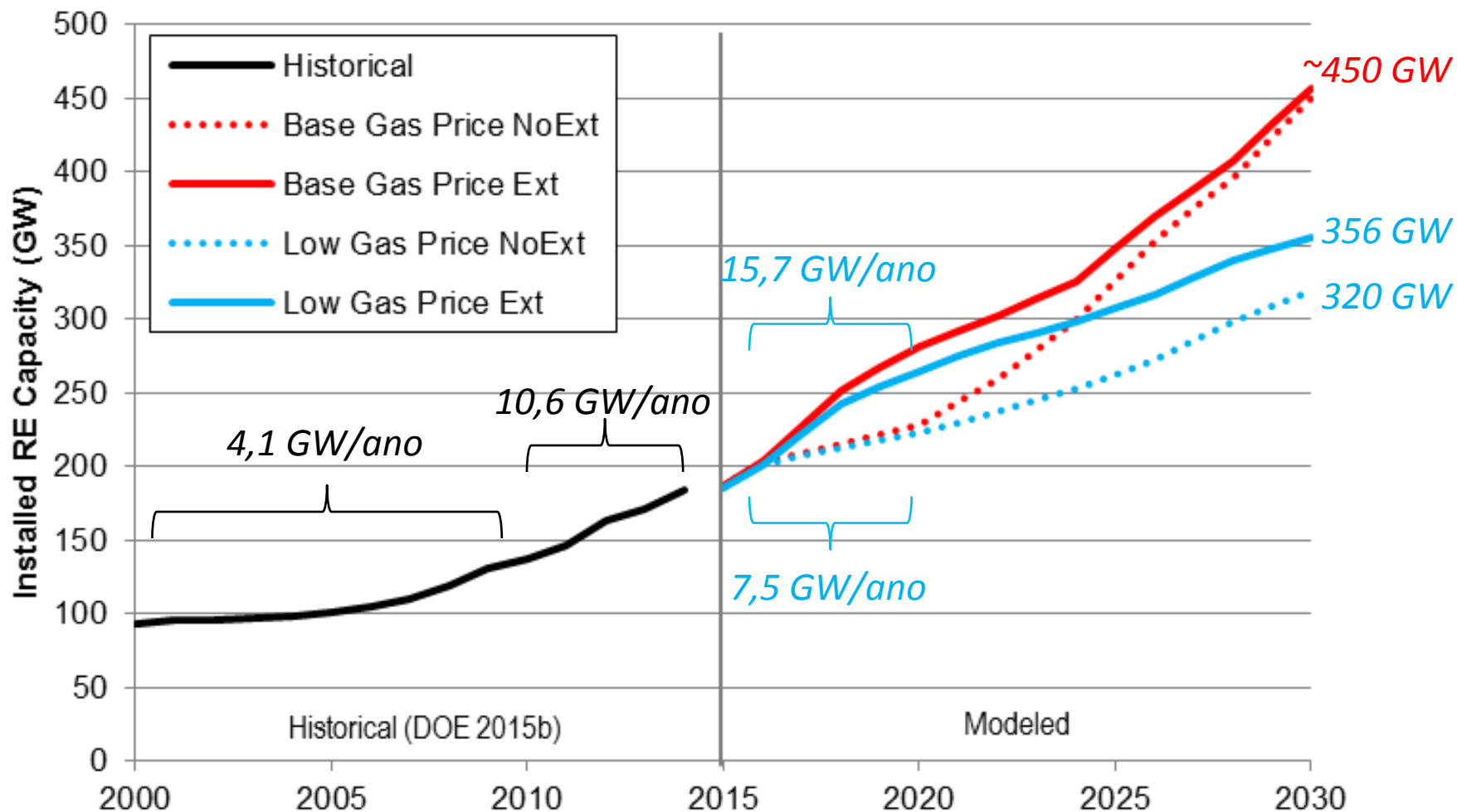
Mas o crescimento da ER aumentaria além das taxas históricas durante a década de 2020 devido a uma combinação de fatores: (1) diminuição dos custos da ER, (2) aumento dos preços do gás natural e (3) exigência de políticas de energia limpa, p. ex., Plano de Energia Limpa

PREÇOS BÁSICOS DO GÁS – AS EXTENSÕES DO CRÉDITO FISCAL PODEM AUMENTAR SIGNIFICATIVAMENTE A UTILIZAÇÃO DE ER NO CURTO PRAZO



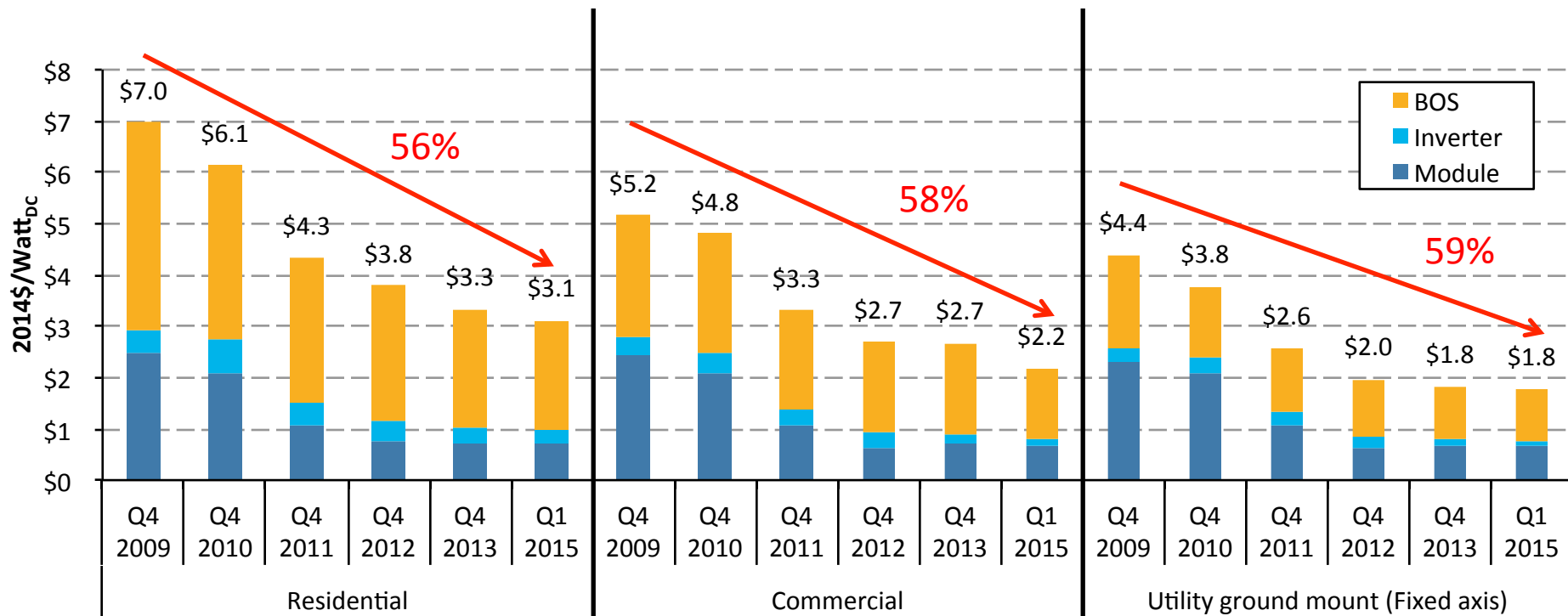
Mas os impactos das extensões diminuiriam após 2020; em 2030, a capacidade instalada acumulada seria quase idêntica nos cenários com e sem extensão

PREÇOS BAIXOS DO GÁS RESULTAM EM MENOR UTILIZAÇÃO DE ER

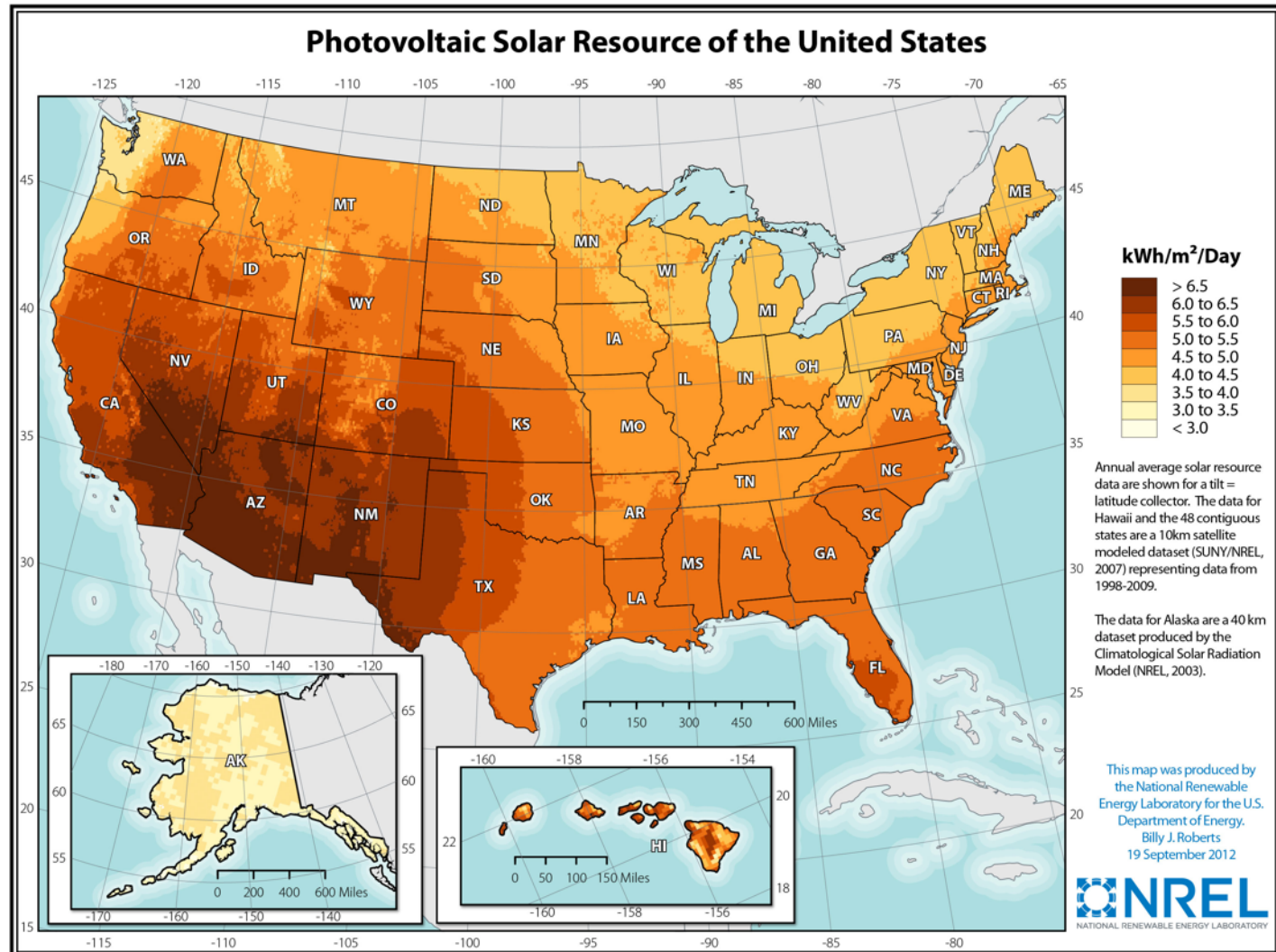


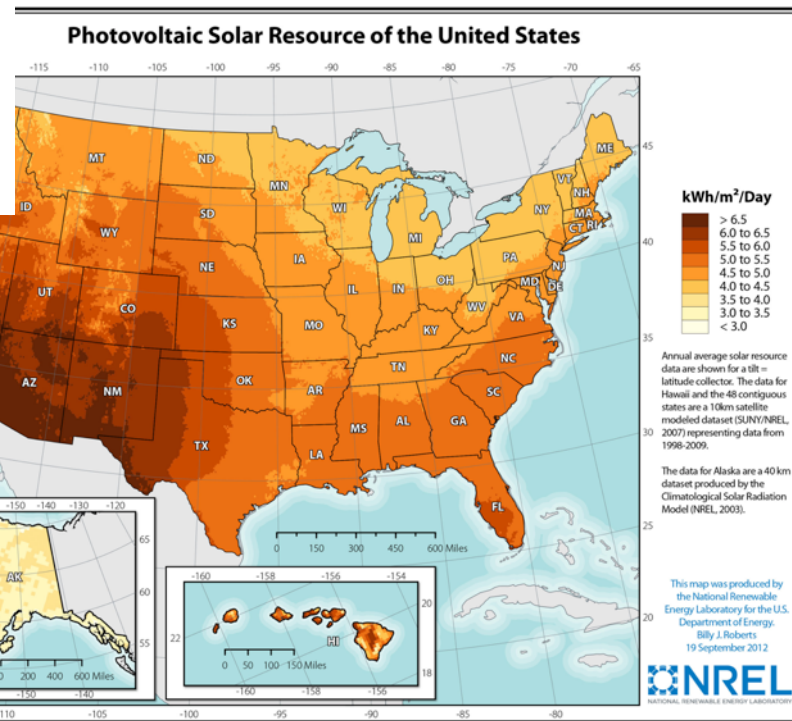
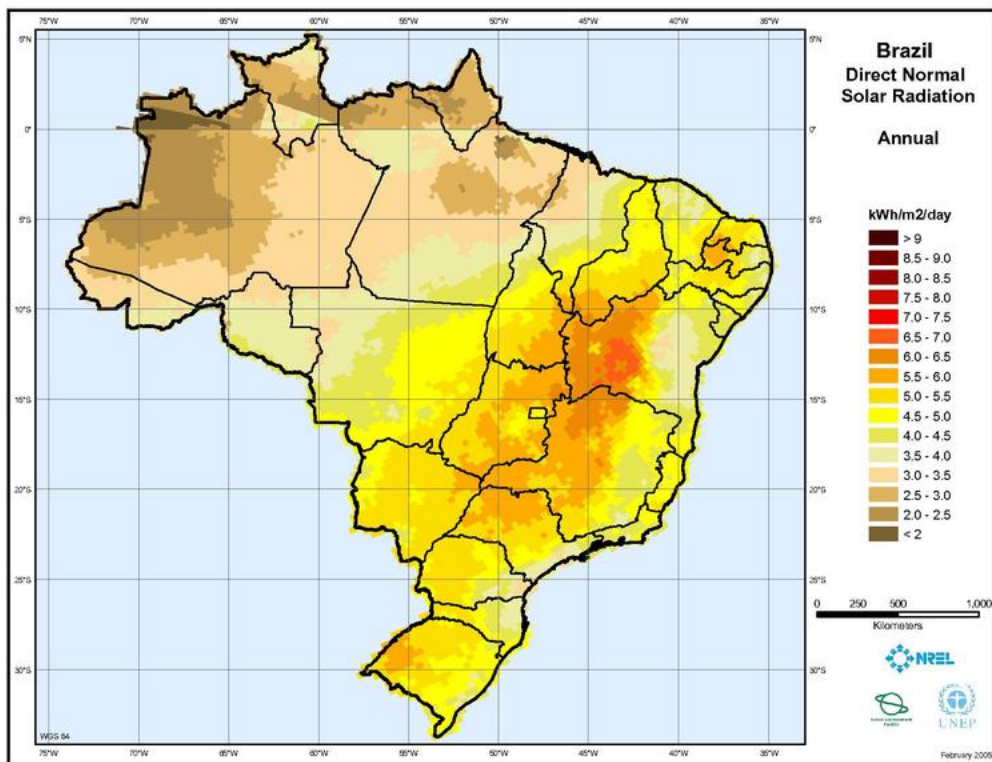
Mas os impactos das extensões de crédito fiscal na utilização de ER durariam mais tempo

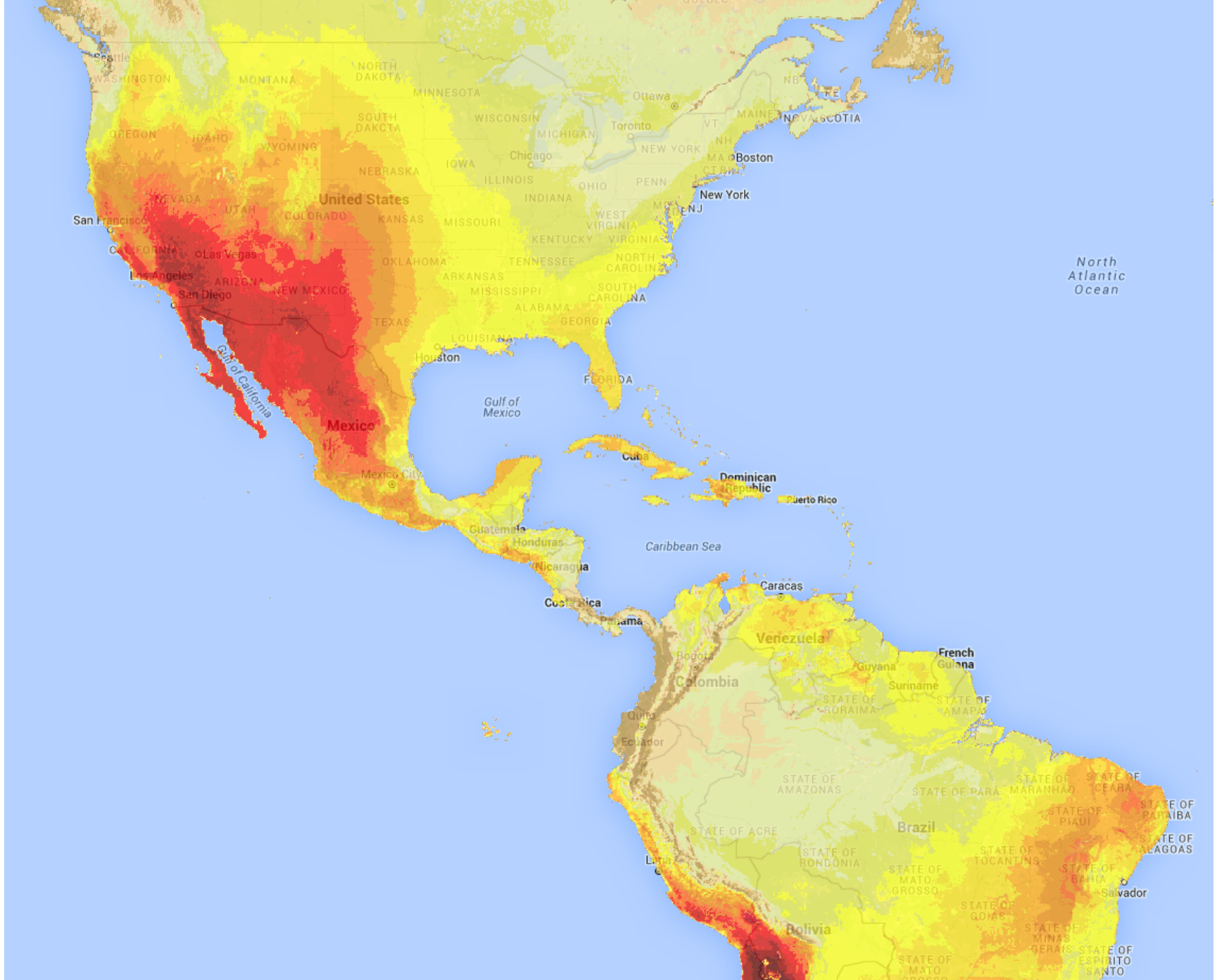
MODELOS DE PREÇOS DE SISTEMAS DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL (NREL)



OS RECURSOS IMPULSIONAM OS MERCADOS?



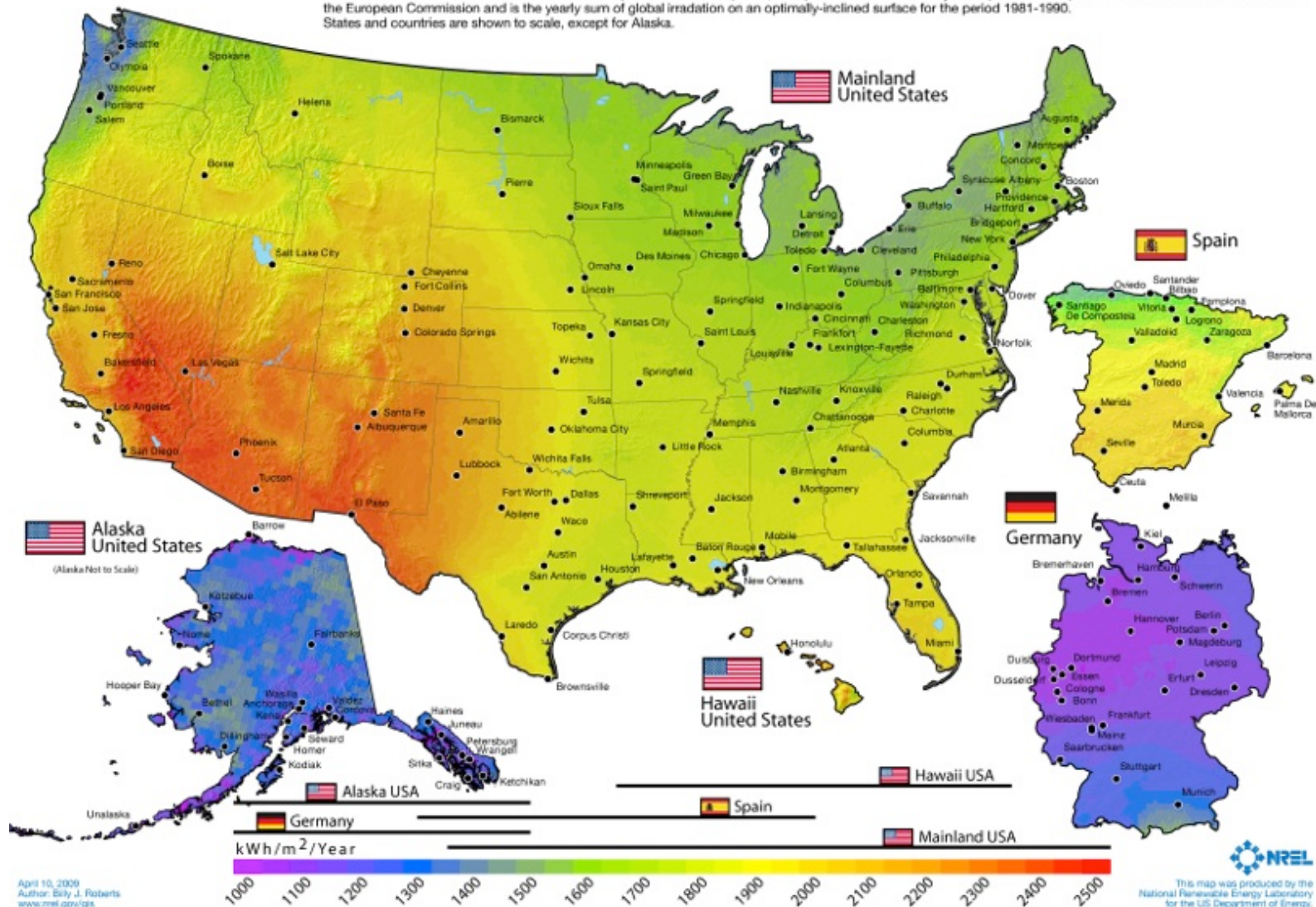




COMPARAÇÃO DE RECURSOS

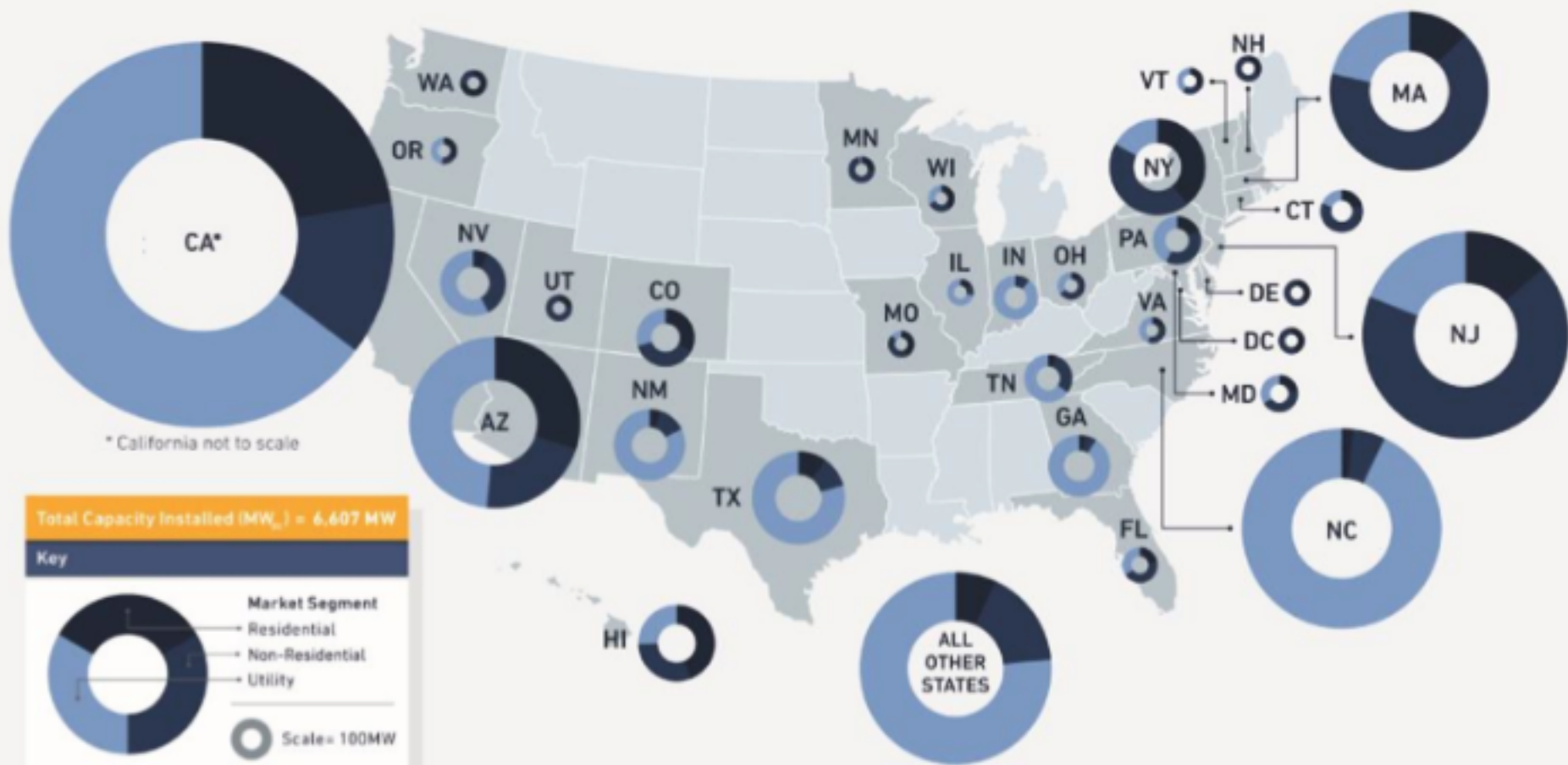
Photovoltaic Solar Resource: United States - Spain - Germany

Annual average solar resource data are for a solar collector oriented toward the south at a tilt = local latitude. The data for Hawaii and the 48 contiguous states are derived from a model developed at SUNY/Albany using geostationary weather satellite data for the period 1998-2005. The data for Alaska are derived from a 40-km satellite and surface cloud cover database for the period 1985-1991 (NREL, 2003). The data for Germany and Spain were acquired from the Joint Research Centre of the European Commission and is the yearly sum of global irradiation on an optimally-inclined surface for the period 1981-1990. States and countries are shown to scale, except for Alaska.



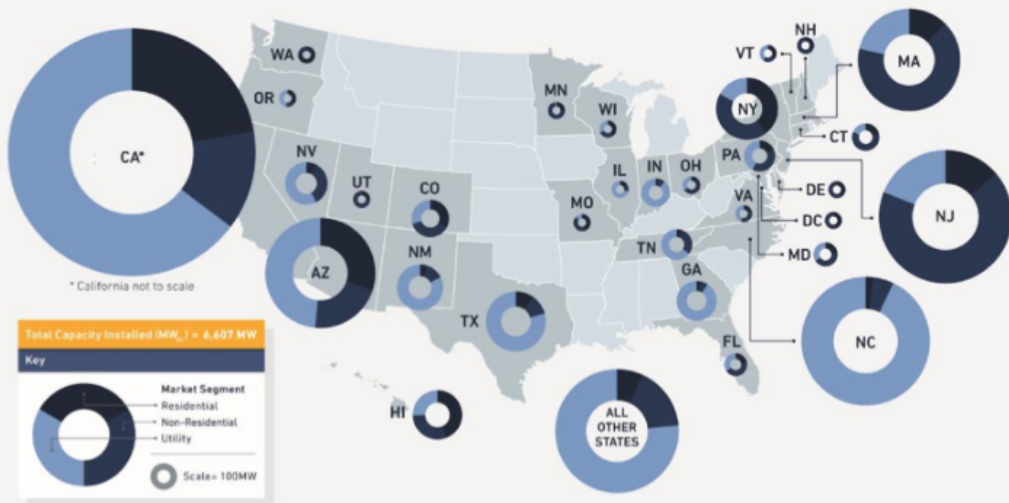
UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA POR ESTADO NOS EUA

2014E PV INSTALLATIONS BY STATE

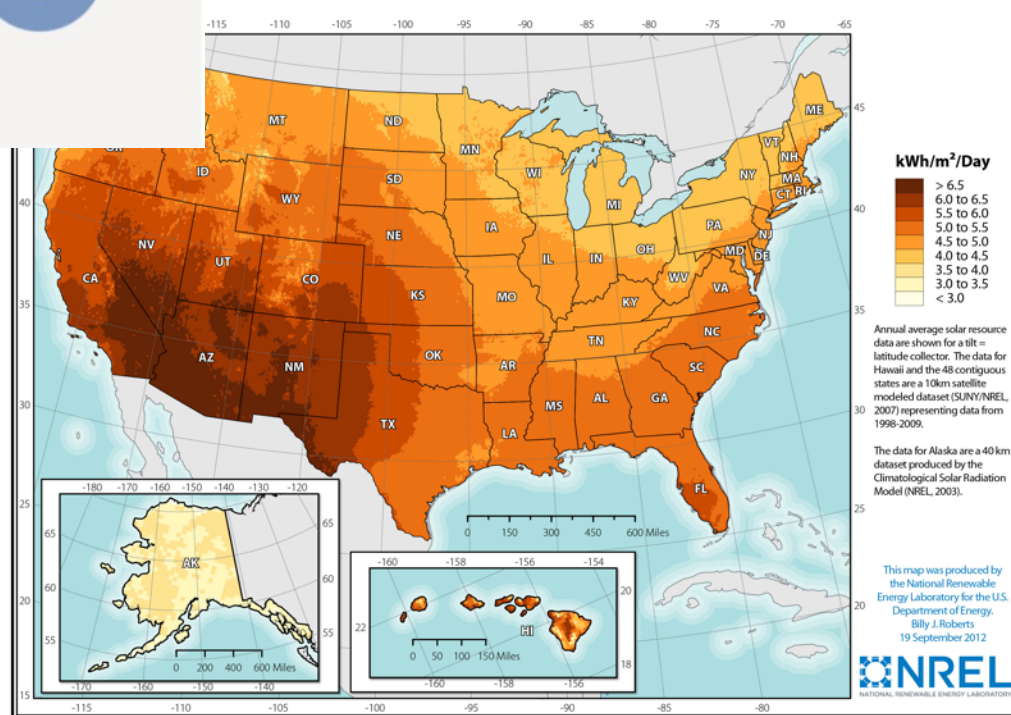


UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA POR ESTADO NOS EUA

2014E PV INSTALLATIONS BY STATE

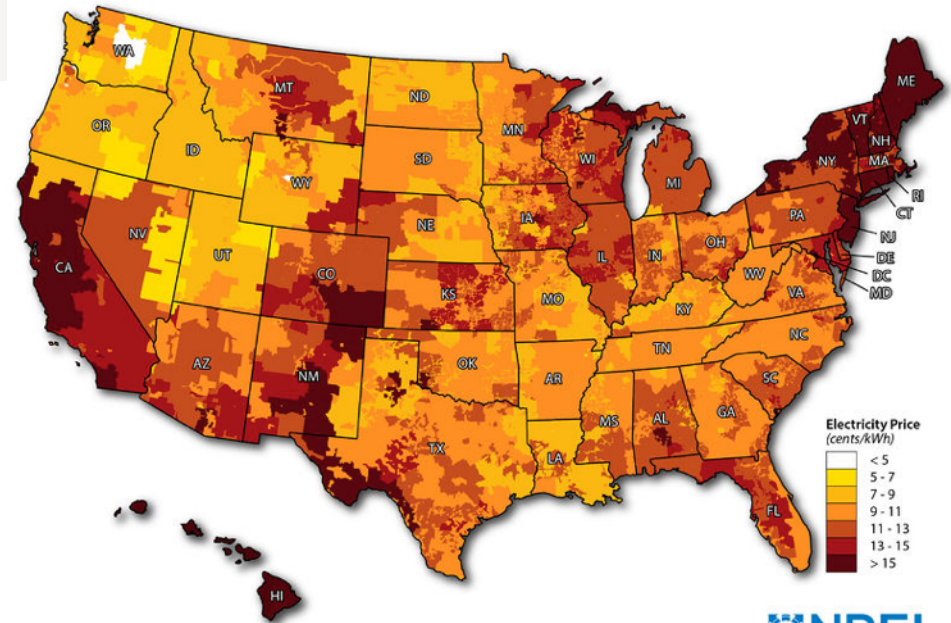
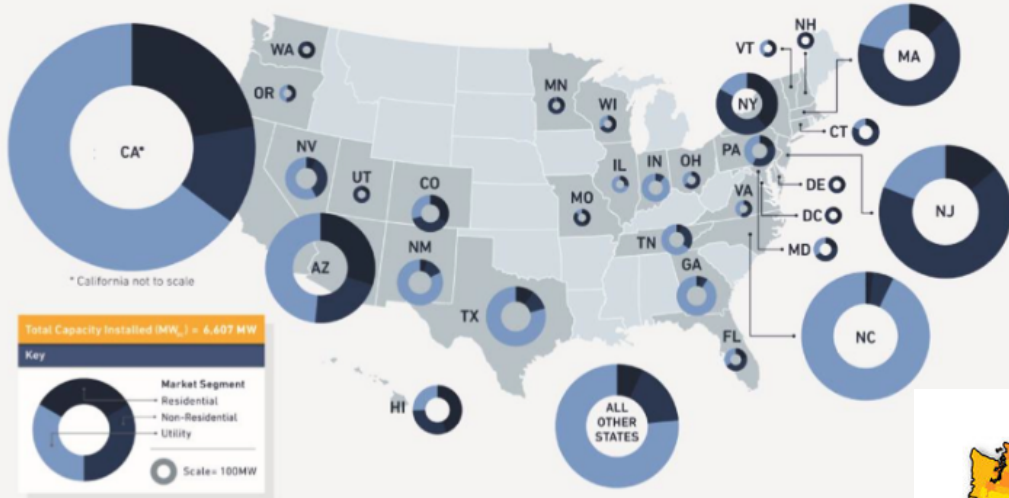


Photovoltaic Solar Resource of the United States

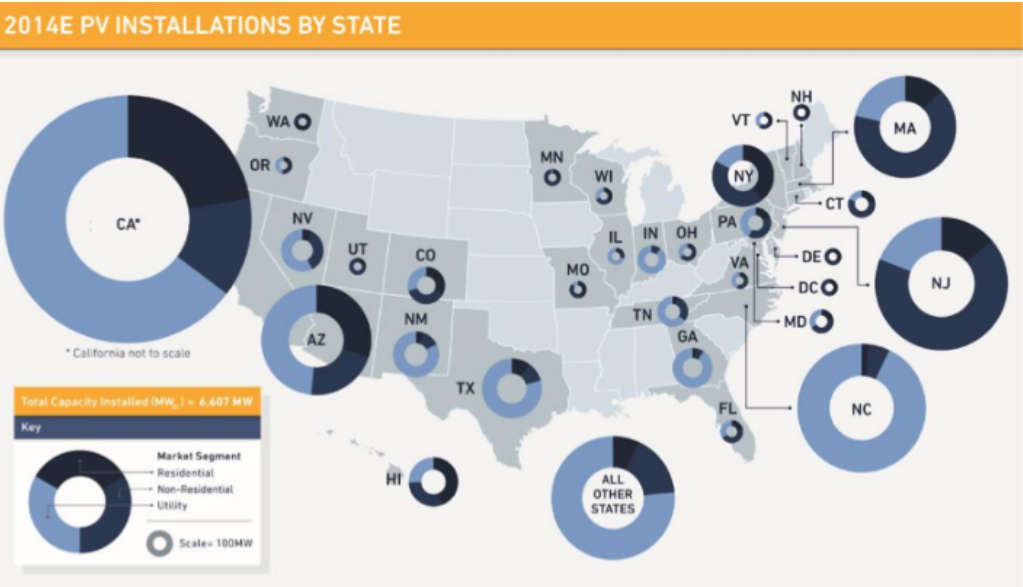


UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA POR ESTADO NOS EUA

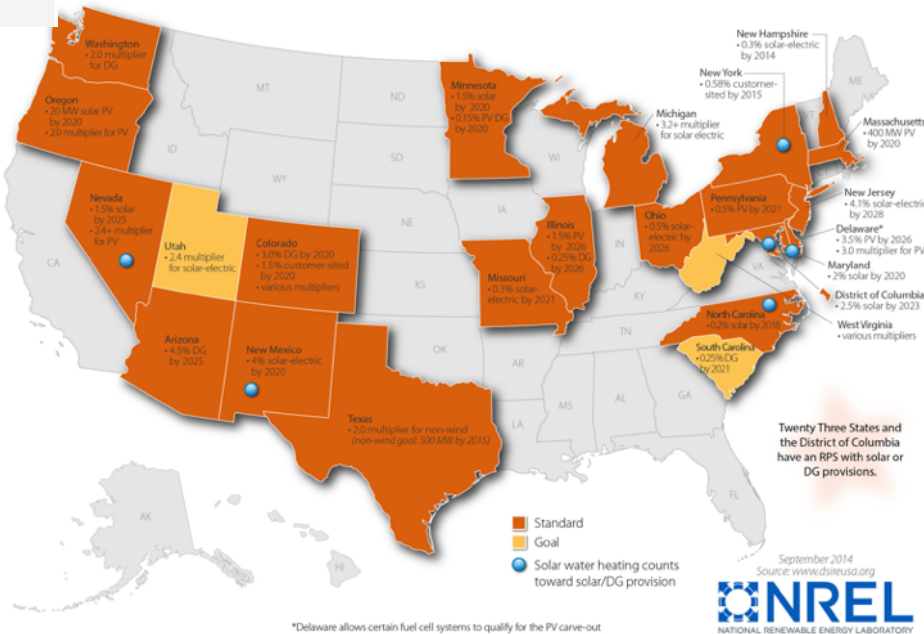
2014E PV INSTALLATIONS BY STATE



UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA POR ESTADO NOS EUA



Renewable Portfolio Standard Policies
with Solar or Distributed Generation Provisions



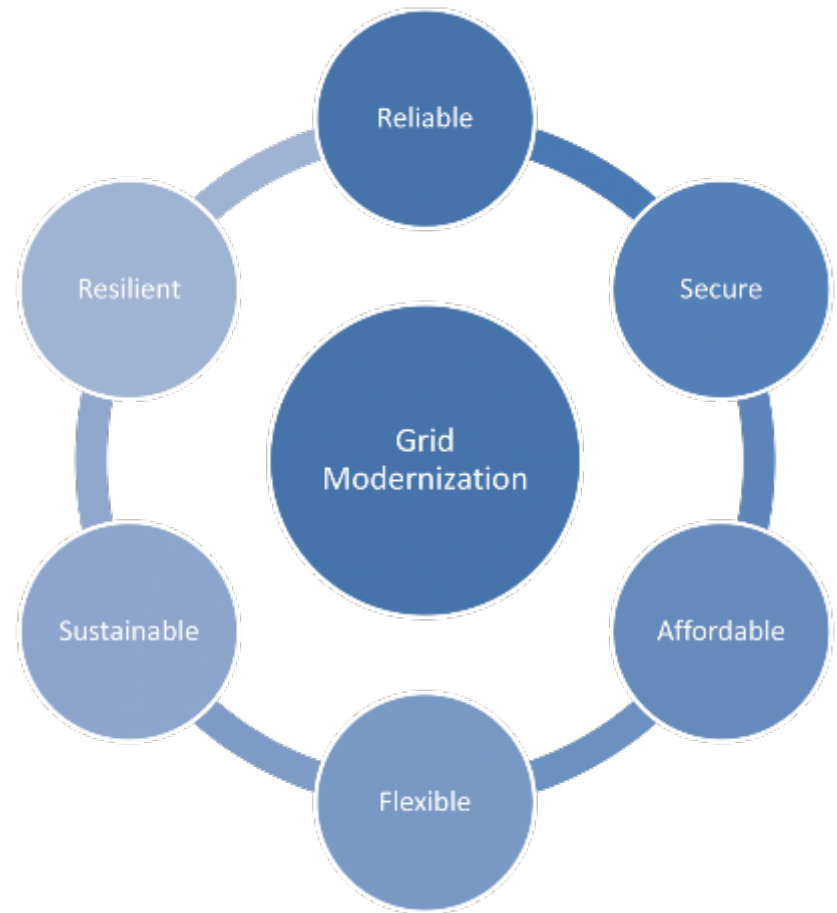
RESUMO

1. Visão geral do Laboratório Nacional de Energia Renovável
2. Histórico e situação atual do mercado de energia solar dos EUA
3. Estímulos à geração distribuída de energia solar (GDES)
4. Integração da energia solar distribuída à rede elétrica

INICIATIVA DO DOE PARA MODERNIZAÇÃO DA REDE

A visão da Iniciativa de Modernização da Rede do DOE é uma rede que futuramente:

- Integre perfeitamente as fontes e o armazenamento de energia convencional e energia renovável com a geração central e a distribuída.
- Sirva como uma plataforma crucial para gerar prosperidade, competitividade e inovação em uma economia global baseada em energia limpa.
- Forneça eletricidade resiliente, confiável, flexível, segura, sustentável e acessível aos consumidores onde, quando e como eles desejarem.



<http://energy.gov/sites/prod/files/2016/01/f28/Grid%20Modernization%20Multi-Year%20Program%20Plan.pdf>

PRINCIPAIS FATORES TÉCNICOS PARA MODERNIZAÇÃO DA REDE

Inovação tecnológica

Teste de sistemas integrados e dispositivos

- Desenvolver novos dispositivos para aumentar os serviços e a disponibilização da rede e validar altos níveis de sistemas integrados de geração variável em diversas escalas

Sensoriamento e medições

- Propor sensores de baixo custo, análises e visualizações que possibilitem 100% de observabilidade

Operações de sistemas, fluxo de energia e controle

- Projetar e implementar uma nova arquitetura de rede que coordene e controle milhões de dispositivos e os integre aos sistemas de gestão de energia

Ferramentas de projeto e planejamento

- Criar ferramentas de planejamento de redes que integrem transmissão, distribuição e dinâmica do sistema em uma variedade de escalas de tempo e espaço

Segurança e resiliência

- Desenvolver soluções avançadas de segurança (cibernética e física) e capacidade de responder a incidentes em tempo real para os novos sistemas e as novas tecnologias

Apoio institucional

- Fornecer ferramentas e dados que possibilitem decisões mais informadas e reduzam os riscos em questões fundamentais que influenciem o futuro da rede elétrica/do setor de energia

ÁREAS DE PESQUISA DO NREL

Projetos e estudos

Operações e controles

Sensoriamento, medições e previsões

Dispositivos e sistemas integrados

Confiabilidade e mercados

Operações e controles

Projetos e estudos

Medições de recursos

Previsão

Sensores de rede

Interoperabilidade

Solar

Veículos elétricos

Eletrônica de potência

Caracterização

Eólica

Cargas

Armazenamento de energia

Interconexão

Segurança física e cibernética

Apoio institucional

INSTALAÇÃO DE INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA (ESIF)



NREL | ENERGY SYSTEMS
NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY | INTEGRATION FACILITY
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

Funcionalidades únicas

- Múltiplos barramentos experimentais CA e CC paralelos (nível de potência MW) com simulação de rede e gases
- Pontos de interconexão flexível para eletricidade, energia térmica e combustíveis
- Leito de teste de microrredes de média tensão (15 kV)
- Centro de operação de empresas virtuais de serviços públicos e salas de visualização
- Laboratório de teste de redes inteligentes para comunicações avançadas e controle
- Interconectividade com locais externos para alimentação de dados e validação de modelos
- Computação de alto desempenho (HPC) em petascale e sistema de gestão de dados em centro de dados que é modelo de eficiência energética
- Capacidade de simulação *Power hardware-in-the-loop* (PHIL) (técnica utilizada no desenvolvimento e teste de sistemas integrados complexos em tempo real) em escala de MW para testar cenários de redes com alta penetração de tecnologias de energia limpa



LABORATÓRIOS DE ESIF

Painel fotovoltaico para telhados



Armazenamento de energia - Residencial, comunitário e em escala de rede



Edificações pequenas e cargas controláveis



HPC e centro de dados



Outdoor Test Area

Integração de sistemas de energia
Simuladores de rede - microrredes



Sistemas Avançados de Gerenciamento de Distribuição



Áreas de teste externas
Veículos elétricos, transformadores, bancos de capacitores, reguladores



INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO HAVAÍ

TECNOLOGIA SOLUCIONADA

A interconexão é um desafio quando se conecta a energia fotovoltaica distribuída em alta penetração à rede de distribuição de energia elétrica, como ocorre no Havaí.

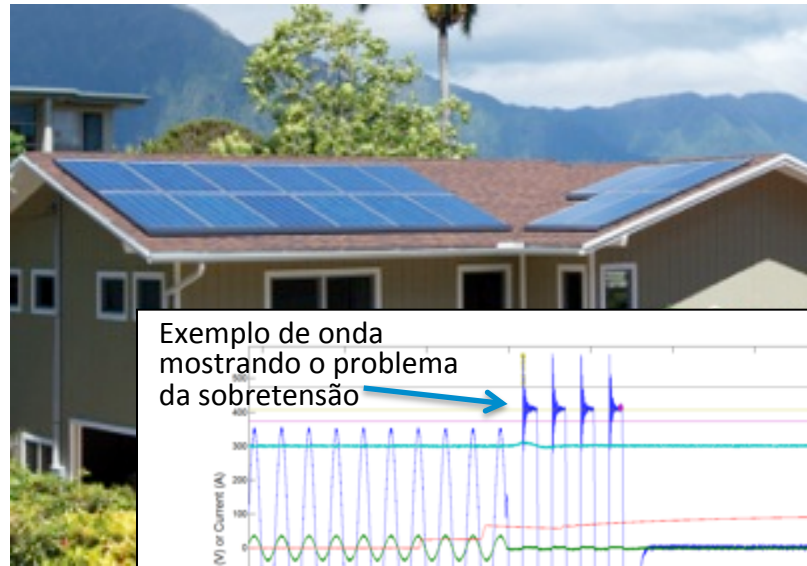
ESTRATÉGIA DE P&D

Testar inversores solares de vários fabricantes quanto à sua capacidade de mitigar os impactos da sobretensão passageira

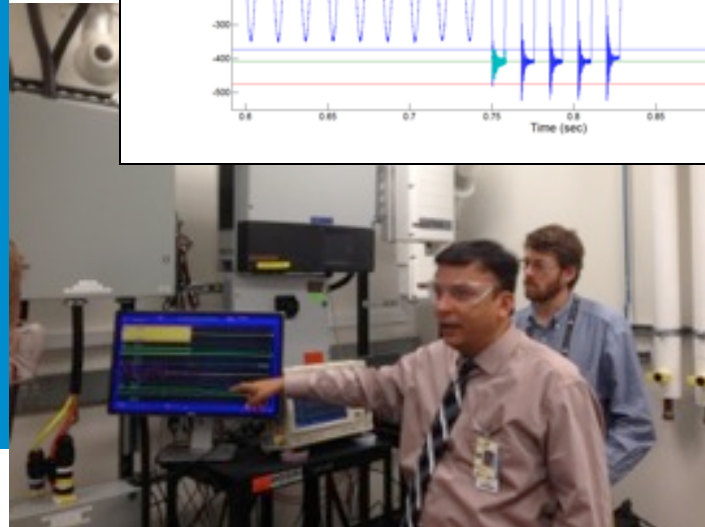
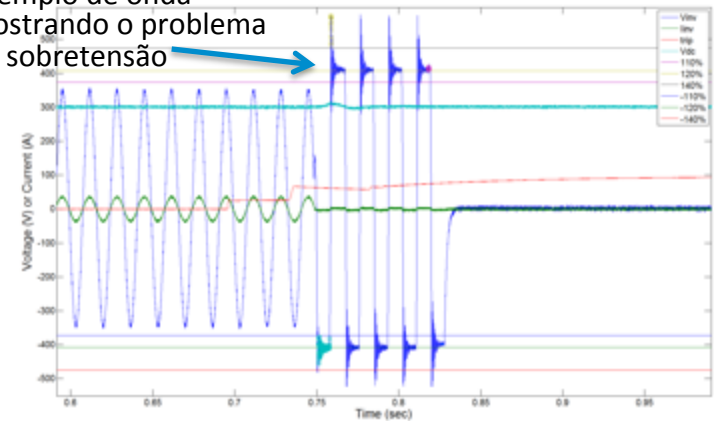
IMPACTO

A Hawaiian Electric (Heco) solicitou à Comissão de Serviços Públicos (PUC) que modifique suas políticas de interconexão de modo a permitir a implantação de sistemas fotovoltaicos com inversores avançados nos circuitos de distribuição dos bairros até 250% da carga mínima durante o dia (MDL).

<http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64173.pdf>



Exemplo de onda mostrando o problema da sobretensão



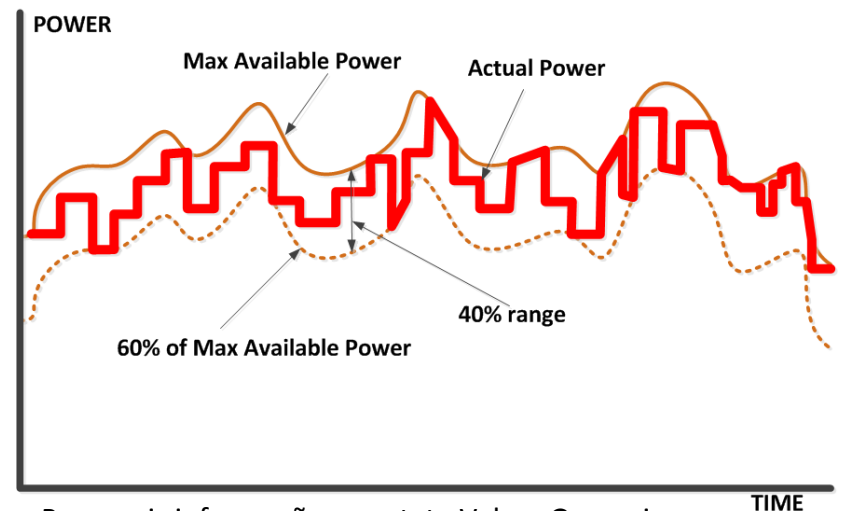
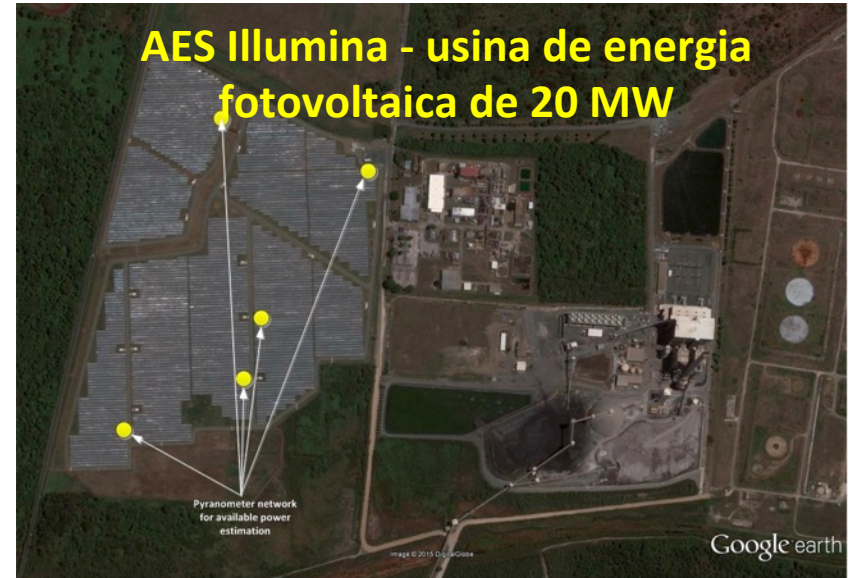
Para mais informações: contate
Sudipta Chakraborty
Sudipta.Chakraborty
@ nrel.gov

ENERGIA FOTOVOLTAICA PROPORCIONA SERVIÇOS DE REDE EM PORTO RICO

- **A energia fotovoltaica participou do Controle Automático de Geração (CAG)**
 - Segue o sinal de CAG da Autoridade de Energia Elétrica de Porto Rico (Prepa) com até 40% de energia disponível
- **A energia fotovoltaica forneceu resposta à queda de frequência**
 - Regulação para mais e para menos
 - Queda simétrica de 5% e 3%
- **Testes de resposta rápida à queda de frequência (FFR)**
 - Testam a capacidade da usina de disponibilizar toda a reserva em até 500 ms
 - Três novos controles foram implementados e validados

Impacto

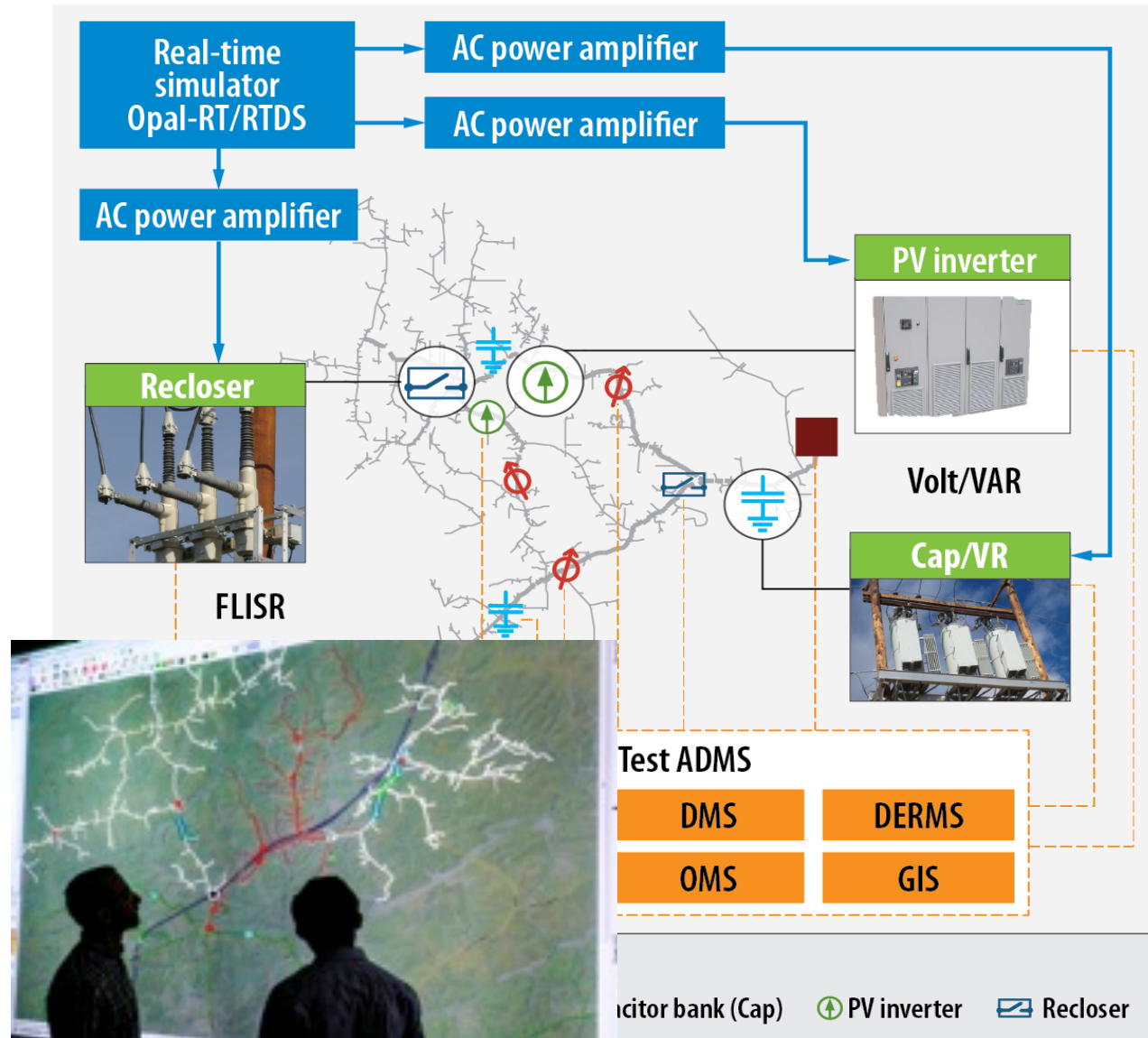
Experimento pioneiro do mundo real que utiliza sistemas fotovoltaicos para manter a estabilidade de uma grande rede



Para mais informações: contate Vahan Gevorgian
Vahan.Gevorgian @ nrel.gov

LEITO DE TESTE PARA SISTEMAS AVANÇADOS DE GERENCIAMENTO DE DISTRIBUIÇÃO (ADMS) DO NREL

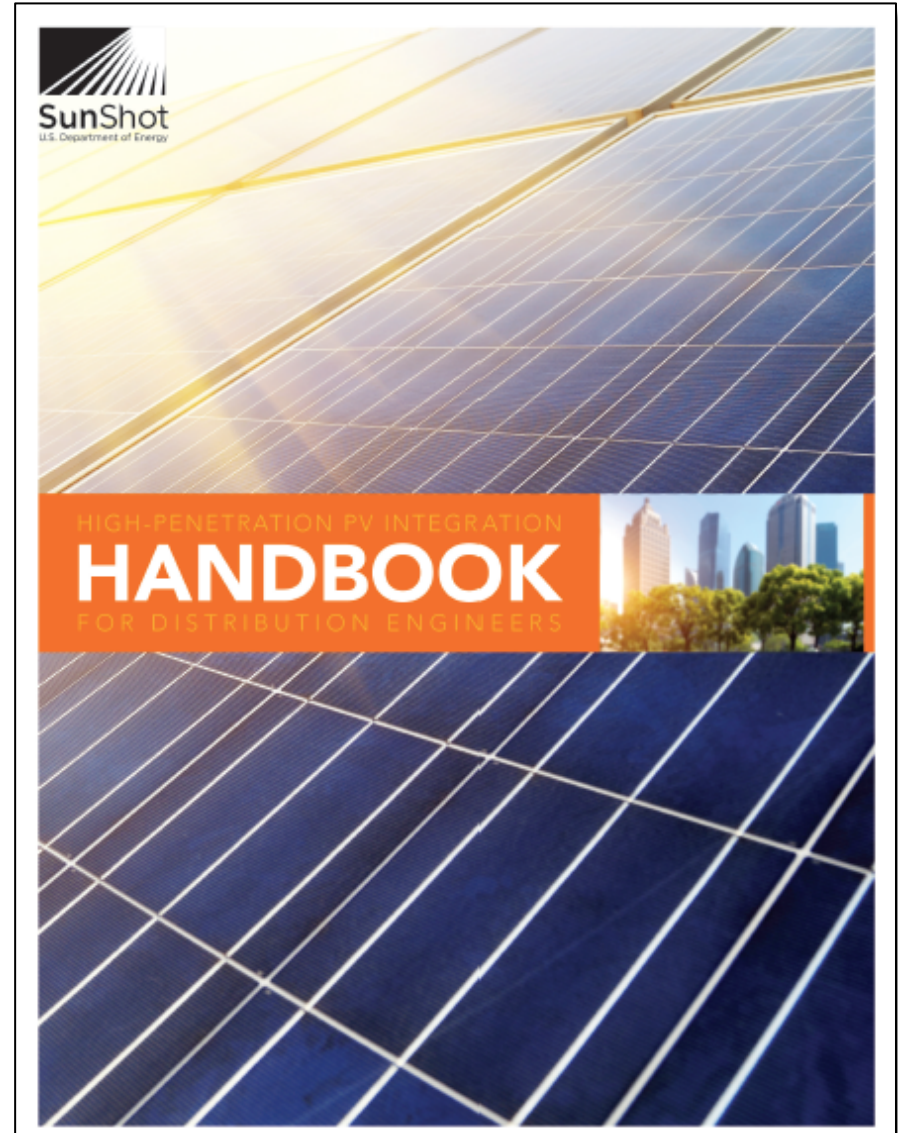
- O NREL está criando um leito de teste **nacional, não patenteado**, para Sistemas Avançados de Gerenciamento de Distribuição (ADMS) com o objetivo de **acelerar o desenvolvimento do setor e a adoção de recursos ADMS**
- Permite que parceiros de serviços públicos, fornecedores e pesquisadores avaliem casos existentes e futuros de uso do ADMS e o integrem aos equipamentos HIL (*hardware-in-the-loop*)



Para mais informações: contate Murali Baggu Murali.Baggu @ nrel.gov

MANUAL PARA ENGENHEIROS DE DISTRIBUIÇÃO

- As constatações do Projeto de Integração de Sistemas Fotovoltaicos de Alta Penetração do NREL/SCE foram compiladas em um manual (mais de 100 páginas) para ajudar os engenheiros de distribuição a analisar os impactos causados no sistema de distribuição de energia elétrica pelos níveis de alta penetração dos sistemas fotovoltaicos interconectados.
- Foram parceiros nesse projeto: Laboratório Nacional de Energia Renovável (NREL), Southern California Edison (SCE), Quanta Technology, Satcon Technology Corporation, Electrical Distribution Design (EDD) e Clean Power Research (CPR)



SISTEMA INTEGRADO DE MODELAGEM DE REDES DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO (IGMS)

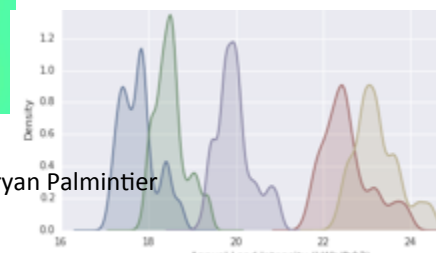
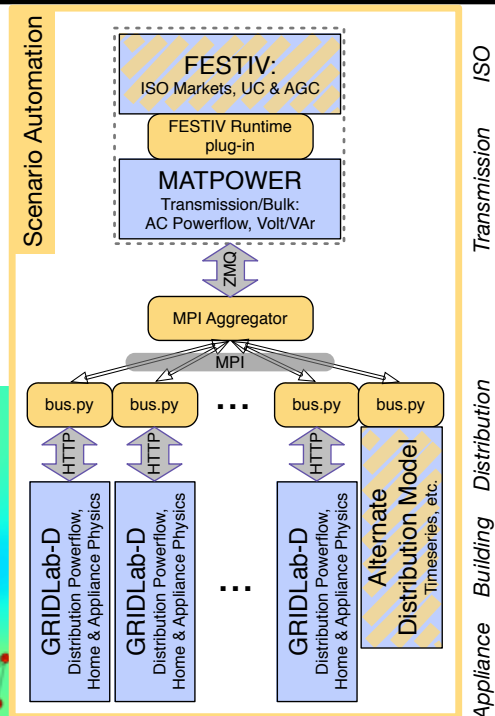
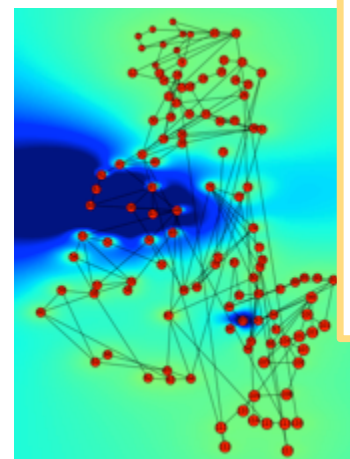
Estrutura de análise de última geração para modelagem de transmissão e distribuição em escala total que comporte milhões de recursos energéticos altamente distribuídos

Funcionalidade de modelagem de transmissão e distribuição do começo ao fim

- Detalhes dos mercados atacadistas em vários períodos (incluindo preços marginais locais)
- Gerador/despacho da reserva (CAG)
- Fluxo de energia CA (transmissão em massa)
- Fluxo total de energia trifásica não balanceada para centenas a milhares de linhas de distribuição
- Modelos, baseados na física, do consumo de energia nas edificações e das cargas em situações de uso final

Exemplos de aplicações

- **Operação(ões) de média escala bem-sucedida(s):** 118 barramentos de transmissão, 743 linhas de distribuição, total > 1 milhão de barramentos, > 600 mil residências
- **Futuro:**
 - Simular armazenamento em rede inteligente, energia fotovoltaica e resposta à demanda
 - Simular arquiteturas de mercados e serviços alternativos
 - Simulação conjunta com hardware por PHIL
 - Conexão com sistemas avançados de gerenciamento de distribuição/energia (DMS/EMS)

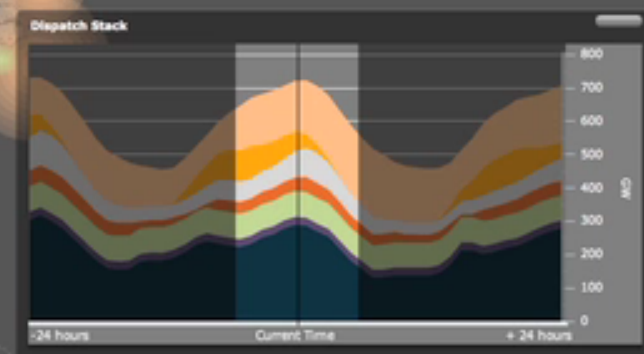
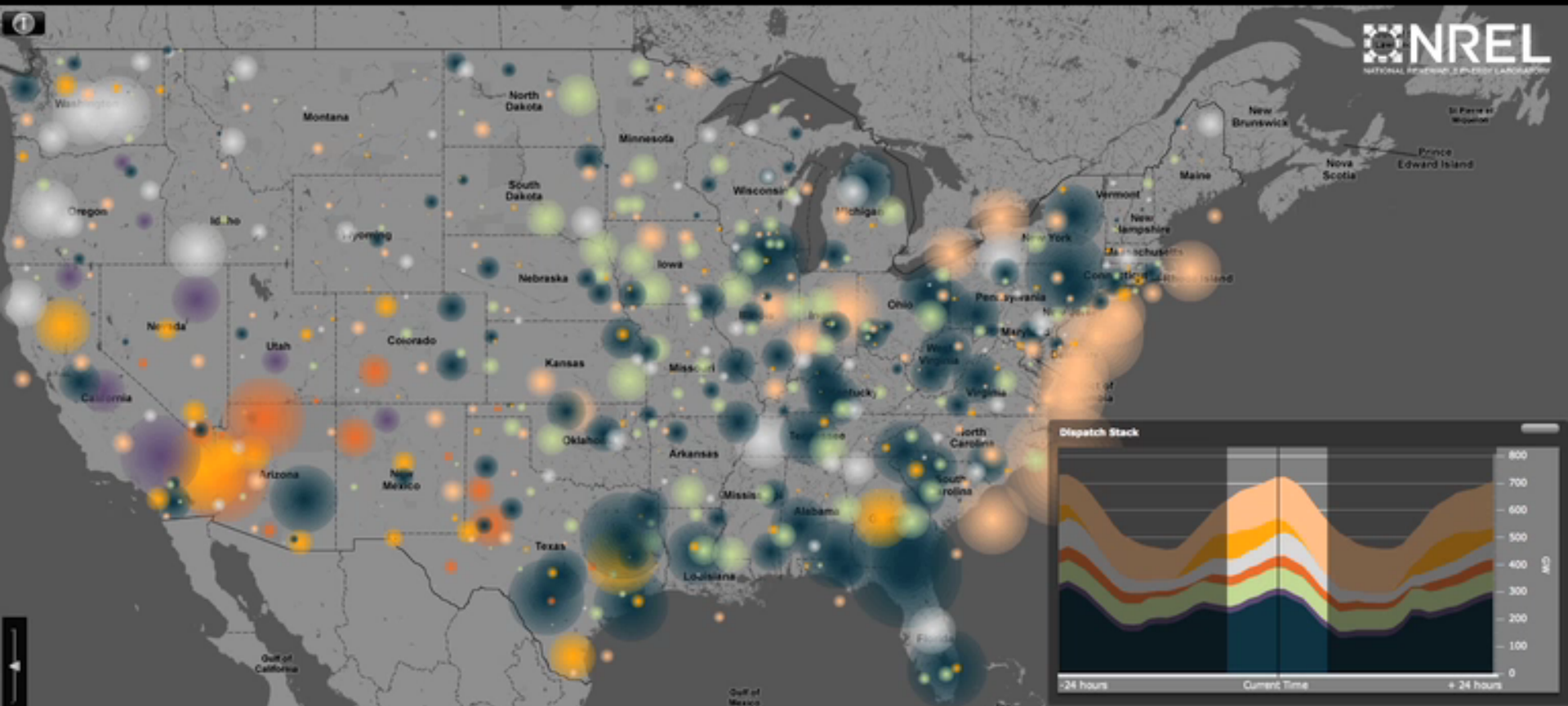


Para mais informações: contate Bryan Palmintier
Bryan.Palmintier @ nrel.gov

IMPACTO

Fornece uma simulação pioneira conjunta com os mercados em nível de transmissão, milhares de linhas de distribuição e milhões de recursos energéticos distribuídos

<http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/65552.pdf>



Jul 27, 2050 Hour:14

Play Stop

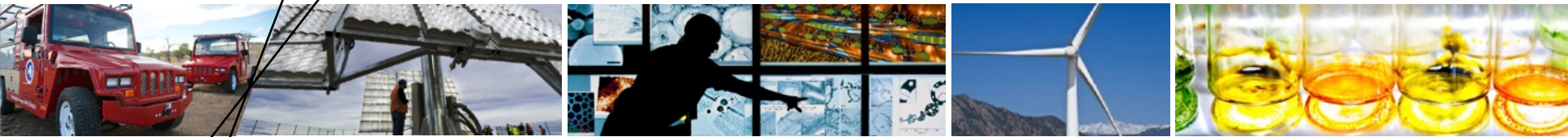
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sept Oct Nov Dec

Faster Slower

Resumo e pontos importantes

- A geração distribuída de energia está tendo grande crescimento nos EUA
- A expansão do mercado foi impulsionada pela regulamentação nos estados e pelo crédito fiscal federal ao investimento, juntamente com políticas de medição de redes
- A recente explosão foi possibilitada por opções de financiamento inovadoras e queda dos preços dos sistemas
- Continuam a existir barreiras e oportunidades significativas
 - Forte crescimento projetado para os próximos dois anos, mas:
 - a miscelânea de políticas continua nos EUA, criando um ambiente ineficiente para os negócios;
 - os custos dos programas de software continuam altos;
 - as incertezas nos modelos de negócio dos serviços públicos poderiam causar impacto na energia fotovoltaica; e
 - ainda restam desafios de integração técnica

**Obrigado pela oportunidade de
compartilhar a pesquisa do NREL!**



david.mooney@nrel.gov