



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA USP
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

PEDRO SALA TORRES

**ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E NORMATIVOS
EM PROJETOS HÍBRIDOS EÓLICO-FOTOVOLTAICO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**São Paulo
Agosto 2017**

PEDRO SALA TORRES

**ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E NORMATIVOS
EM PROJETOS HÍBRIDOS EÓLICO-FOTOVOLTAICO**

Monografia de Especialização apresentada
ao Programa de Educação Continuada, da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título
de Especialista em Engenharia

Orientador: Professor Dr. Roberto Castro

São Paulo
Agosto 2017

Agradecimentos

Agradeço aos meus familiares, amigos e professores.

A participação de todos, cada um com a sua importância, foi fundamental nesse processo!

There is always a bigger fish - Qui-Gon Jinn

Resumo

Faz-se um estudo da legislação e aspectos técnicos na questão atual dos parques híbridos Eólico-fotovoltaicos, onde as infraestruturas e procedimentos operacionais devem ser partilhados com o objetivo de melhorar a operação de ambos e com isso reduzir os custos de investimentos de forma global. Também é levantado o panorama atual do mercado de energias renováveis, leilões de energia, o caótico cenário econômico brasileiro e perspectivas de futuro para o mercado.

No capítulo 1 é feita uma contextualização do Setor Elétrico Brasileiro, introduzindo dados atualizados para o setor elétrico. Discute-se o modelo adotado, as instituições envolvidas, leilões de energia, mercado livre e cativo de energia.

No capítulo 2 é abordado o tema dos leilões de energia. Explica-se cada tipo de leilão de energia existente e faz-se uma abordagem crítica do planejamento e situação atual do mercado.

Nos capítulos 3 e 4 discute-se a energia eólica e a solar fotovoltaica no Brasil respectivamente. Mercado, participação, expansão e situação desses tipos de energia renovável dentro do SIN, contextualizando a questão no Brasil. Para ambas as fontes são apresentados mapas com a localização das usinas em construção e em operação no país.

No capítulo 5 a análise é sobre os parques híbridos eólicos-fotovoltaicos. A questão da geração variável de energia renovável e a imprevisibilidade da geração. Impactos na geração e medidas que devem ser adotadas para mitigar os efeitos estocásticos. Levanta-se a complementaridade potencial das fontes com análise de caso no nordeste do país. Analisa-se também a regulamentação dos projetos e a necessidade de normativas próprias para o setor.

Abstract

To study the brazilian legislation and technical aspects of the energy auctions promoted by the government, having as main foccus hybrid wind-photovoltaic systems, where the infrastructures and operations may be optimized to improve its overall costs. The local renewable energy market, public energy auctions, the current economic caos and future perspectives are also further investigated.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Evolução da Capacidade Eólica Instalada no Brasil – *Inclui obras paralisadas (660 MW)	15
Figura 2 – Histórico Consumo Anual de Energia Elétrica - Brasil	16
Figura 3 – Potencia Elétrica Instalada no Brasil - Março 2017	17
Figura 4 – Capacidade Instalada no Brasil por Fonte	18
Figura 5 – Representação dos Mercados Livre e Cativo	20
Figura 6 – Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro	22
Figura 7 – Matriz Elétrica Brasileira	23
Figura 8 – Mapa do Potencial Eólico do Brasil	31
Figura 9 – Brasil - Preço da Energia Eólica nos Leilões	32
Figura 10 – Custo de Expansão por Fonte	35
Figura 11 – Geração Eólica no SIN (MWmed)	36
Figura 12 – Fator de Capacidade no Nordeste - Março 2015 a 2017	37
Figura 13 – Fator de Capacidade no Sul - Março 2015 a 2017	37
Figura 14 – Capacidade Eólica Instalada no Brasil por Estado - Junho 2017 . . .	38
Figura 15 – Parques Eólicos Contratados - Região Sul – junho/2017	39
Figura 16 – Parques Eólicos Contratados - Regiões N/NE – junho/2017	40
Figura 17 – Potência Eólica em Construção por Estado (MW)	41
Figura 18 – Parque Eólico no Rio Grande do Norte	41
Figura 19 – Localização das Estações Solarimétricas	44
Figura 20 – Potencial Anual Médio de Energia Solar por Região	45
Figura 21 – Radiação Solar Global Horizontal Média Anual	46
Figura 22 – Total Contratações UFV até junho/2017 via Leilões de Energia . . .	47
Figura 23 – Total Contratado por Estado de Todas as Contratações em Leilões até junho/2017	48
Figura 24 – Percentual por Estado de Todas as Contratações por Leilão até junho 2017	49
Figura 25 – Parques Fotovoltaicos Contratados – junho 2017	50
Figura 26 – Potência de saída normalizada para diferentes níveis de agregação de usinas UFV no sul da Califórnia num dia parcialmente nublado .	52
Figura 27 – Exemplo de Uso de Baterias Na Mitigação da Flutuação da Geração	53
Figura 28 – Percentual de Obscuridade Durante o Eclipse Solar	54
Figura 29 – Geração Solar na Califórnia - Perfil da Geração na Semana Entre 14 e 21 de Agosto com Intervalos de 5 Minutos	55
Figura 30 – Locais Estudados	57
Figura 31 – Curtailment (corte) por combinação e local	58

Figura 32 – Localidade 1– Rio Grande do Norte	62
Figura 33 – Linhas de Transmissão Construídas na localidade 1 (esquerda) e Planejadas (direita)	63
Figura 34 – Localidade 2 e 4 – Sudoeste Baiano – Região de Caetité Bahia . . .	63
Figura 35 – Localidade 3 – Centro Oeste Baiano	64
Figura 36 – Localidade 5 – Chapada do Araripe - Pernambuco / Piauí	65

Lista de tabelas

Tabela 1 – Leilões de Contratação - Energia Eólica 33

Lista de abreviaturas e siglas

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AMA	Acompanhamento de Medições Anemométricas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPEX	Capital Expenditures
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CSP	Concentrated Solar Power
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GEE	Gases de efeito estufa
IEA	International Energy Agency
KV	Kilovoltagem
KW	KiloWatts
LER	Leilão de Energia Renovável
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MCP	Mercado de Curto Prazo
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Medida Provisória
MW	Megawatt
NE	Nordeste
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico

ONU	Organização das Nações Unidas
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Energia
PLD	Preço de Liquidação de Diferenças
PLS	Projeto de Lei do Senado
PMO	Programação Mensal da Operação
PPA	Power Purchase Agreement
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
REN	Resolução Normativa
RN	Rio Grande do Norte
RS	Rio Grande do Sul
SEB	Setor Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
TL	Termo de Liberação
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
VPL	Valor Presente Líquido
VRE	Variable Renewable Energy

Sumário

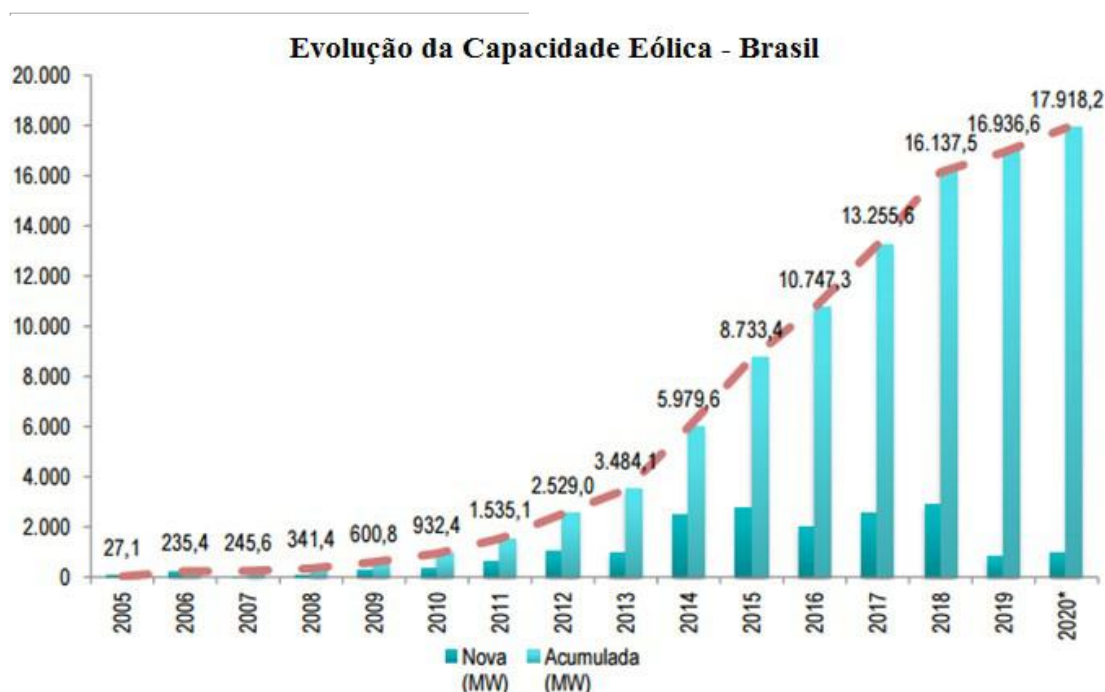
1	INTRODUÇÃO	15
1.1	O Setor Elétrico	15
1.2	O Modelo Adotado	18
1.3	Leilões de Energia	20
1.4	Sistema Elétrico Brasileiro – SEB	21
1.5	O Panorama Eólico e Fotovoltaico no Brasil	22
2	LEILÕES DE ENERGIA	25
2.1	Panorama do Mercado – O Planejamento	27
3	ENERGIA EÓLICA NO BRASIL	30
3.1	O Potencial Brasileiro	30
3.2	A Estrada Até Agora – Leilões e Mercado	32
3.3	Futuras Instalações e Parques em Operação (junho/2017)	37
4	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL	43
4.1	O Potencial Brasileiro	43
4.2	A Estrada Até Agora – Leilões e Mercado	46
5	USINAS HÍBRIDAS SOLAR – FOTOVOLTAICA	51
5.1	Geração Variável e Riscos de Fornecimento	51
5.1.1	O Caso do Eclipse Solar na Califórnia	53
5.2	Avaliação de Complementariedade	55
5.3	Retorno dos Investimentos	58
5.4	Dificuldades Normativas	60
5.5	Locais Potenciais	61
6	CONCLUSÃO	66
	Referências	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 O Setor Elétrico

O Brasil, país de dimensões continentais, apresenta características muito particulares quando se analisa o mercado de energia elétrica. O modelo de geração hidro-térmico centralizado, perfazendo grandes usinas hidrelétricas e centrais térmicas ainda é o predominante. Recentemente o termo hidro-térmico-eólico começou a ser utilizado por alguns agentes do setor, em razão do crescimento da participação da geração eólica na matriz elétrica, atingido aproximadamente 11 GW de capacidade instalada em junho de 2017, distribuídos em 443 parques eólicos e 5700 aerogeradores (ABEEÓLICA, 2017). Trata-se de um potencial eólico que cresce a cada ano e que, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 – PDE 2024 – do Ministério de Minas e Energia – MME, deverá atingir os 24 GW de capacidade instalada em 2024.

Figura 1 – Evolução da Capacidade Eólica Instalada no Brasil – *Inclui obras paralisadas (660 MW)

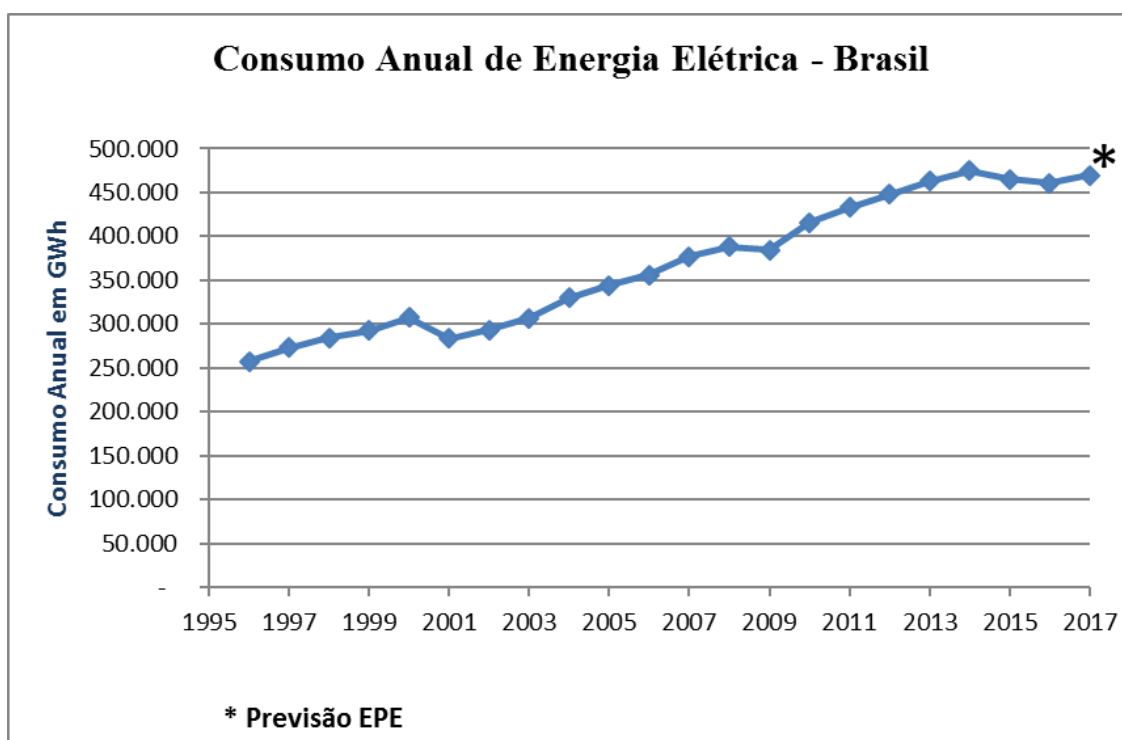


Apesar de o Brasil estar passando por um momento de retração econômica desde meados de 2014, com queda na demanda por eletricidade e outros insumos em geral, ainda assim o que é notado analisando-se os dados de longo prazo é que a demanda por energia elétrica tem crescido constantemente, com muita resiliência, por

razões como o crescimento populacional, desenvolvimento industrial e modificação do perfil de consumo, independente de crises sazonais.

Percebe-se que a regra é o aumento da demanda de longo prazo, e as inflexões na curva de demanda no tempo tornam-se apenas uma “particularidade”, que esconde na frieza dos números, grandes problemas estruturais como o apagão hídrico de 2001, ou crises socioeconômicas, seja ela de proporções mundiais como em 2008/2009 ou de proporções nacionais como a vivida atualmente no Brasil desde o final do ano de 2014, perdurando até o presente momento.

Figura 2 – Histórico Consumo Anual de Energia Elétrica - Brasil



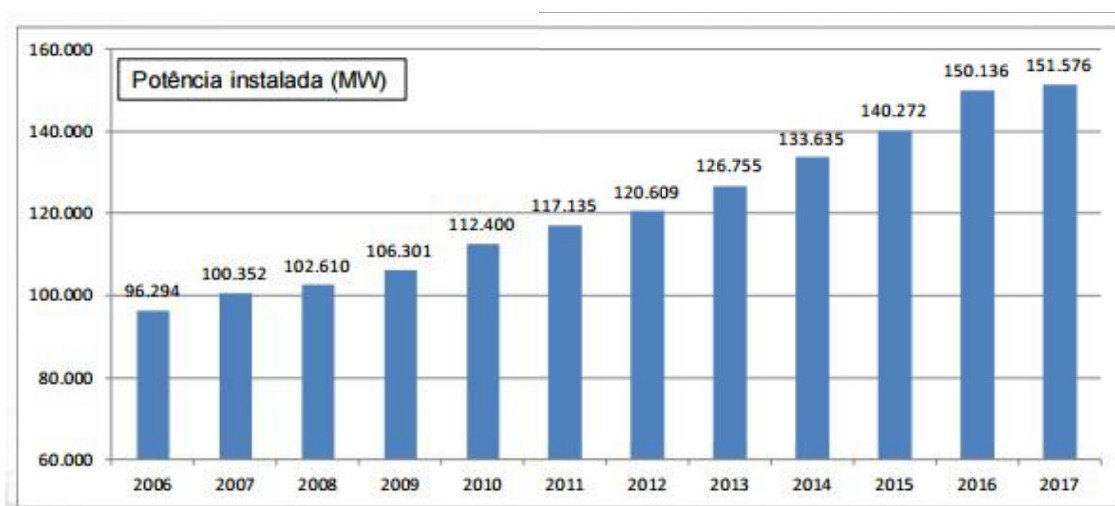
Dados ANEEL - Produção Própria

Na história recente observam-se três inflexões na curva de demanda: em 2001, provocada pela crise hídrica, falta de linhas de transmissão e escassez no abastecimento – o popular apagão elétrico, em 2008 com a crise hipotecária de alto risco *subprime* e mercados financeiros – afetando todo o mundo capitalista com quebra de grandes bancos e fundos de investimentos - e atualmente com a maior crise econômica dos últimos 100 anos da história do Brasil (MELLO, 2017) , nos levando de volta para patamares de consumo energético de 2012.

Independente da intensidade dessa crise, de outras do passado ou das que estão por vir, tem-se a certeza de que haverá a recuperação da demanda por energia elétrica no longo prazo.

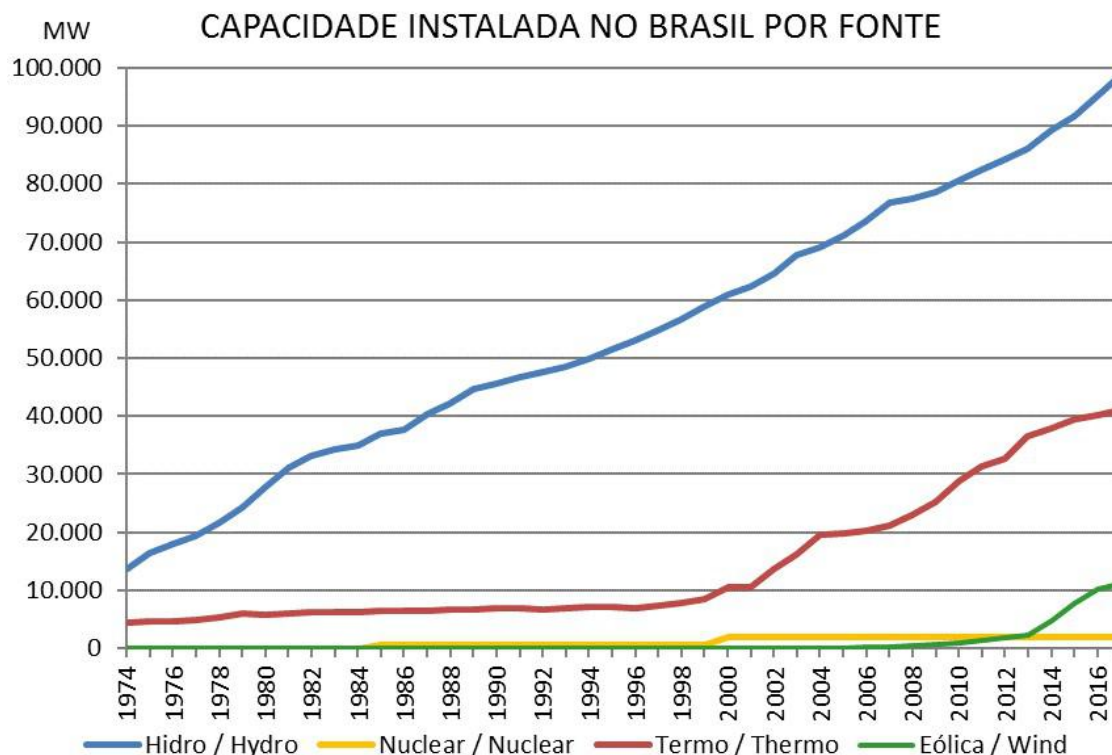
Segundo a Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL em 2010 a potência elétrica instalada no Brasil era de 112 GW, em 2014 já se observava aumento para cerca de 133 GW e em março de 2017 era de cerca de 152 GW, considerando as fontes hídrica, térmica, eólica, solar e nuclear. (ANEEL..., 2017) .

Figura 3 – Potencia Elétrica Instalada no Brasil - Março 2017



ANEEL - Informações Gerenciais - Março 2017

Outros projetos em construção somam aproximadamente 20 GW em capacidade instalada e deverão entrar em operação nos próximos anos. Esses dados não consideram o montante de energia importada, tendo sido por contrato de aproximadamente 6 GW no ano de 2016.

Figura 4 – Capacidade Instalada no Brasil por Fonte

Dados ANEEL - Produção Própria

1.2 O Modelo Adotado

O mercado de energia elétrica brasileiro é diferente de outros sistemas de necessidades básicas como o de gás e água. Ao contrário dessas commodities, o armazenamento de energia elétrica ainda não é viável economicamente em larga escala, apesar dos avanços pioneiros no desenvolvimento de baterias, promovidos por empresas como a Tesla do visionário sul africano Elon Musk e seu sistema caseiro de armazenamento *powerwall*. Logo, praticamente toda a energia consumida precisa ser gerada e entregue instantaneamente à carga. O desequilíbrio nessa balança pode provocar desligamentos em cascata, causando apagões generalizados.

São quatro os seguimentos a que se subdivide o setor energético: geração, transmissão, distribuição e comercialização. Como consequência da “desverticalização” a qual passou o setor nos anos 1990 (GOLDEMBERG, 2003), cada um desses segmentos possui diversas empresas – designados como agentes do setor elétrico – atuando como investidores. Cada um desses seguimentos possui características econômicas diferentes entre si.

A geração elétrica permite que exista competição dentro das licitações pelo direito à exploração do recurso e nos leilões de fornecimento para as distribuidoras, além dos ganhos de economia de escala. No entanto, a transmissão e a distribuição são monopólios naturais, exigindo permanente regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL sobre a tarifação e de outros aspectos técnicos.

Os agentes de transmissão de energia são responsáveis pelo transporte de grandes cargas por longas distâncias, fazendo a conexão dos centros de carga às usinas geradoras através das subestações. A responsabilidade do concessionário é construir, manter e operar as linhas nos prazos e requisitos mínimos estabelecidos, de modo a garantir a disponibilidade dentro dos padrões do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS.

A distribuição de energia dá-se localmente, dentro de uma área geográfica de atendimento determinada, podendo ser em baixa, média ou alta tensão, a depender da classe do consumidor final. Portanto, é de responsabilidade da distribuidora fazer a entrega de energia ao consumidor final, não importando o porte, sendo obrigada por lei a adequação da infraestrutura necessária para tal. Esse seguimento é embasado, principalmente, pela Resolução Normativa 414 de 2010 da ANEEL, a qual estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, e pelos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, que dispõe disciplinas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica.

Os três seguimentos descritos anteriormente, geração, transmissão e distribuição, são formados por agentes públicos e privados que atendem a dois tipos de mercado: o composto por consumidores livres e o composto por consumidores cativos. A comercialização de energia dá-se dentro do âmbito da CCEE, com contratos específicos para o mercado livre e o cativo.

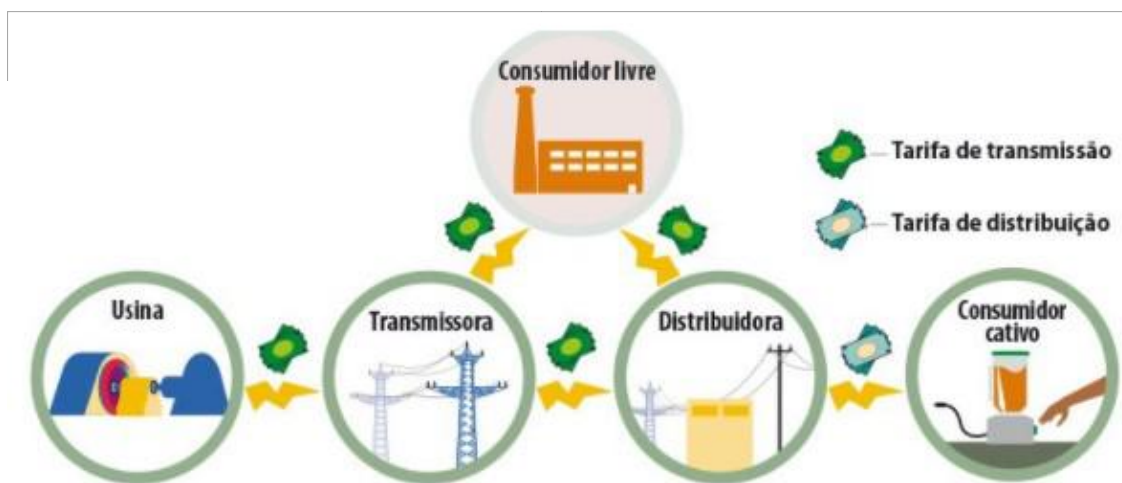
Os cativos – sejam eles residenciais, comerciais ou industriais – compram a energia exclusivamente da distribuidora local, mediante tarifa regulada pela ANEEL e não contam com qualquer flexibilidade contratual. Como já dito anteriormente é de responsabilidade das distribuidoras fazer o fornecimento da energia contratada em sua região de atuação. Cabe a esses agentes, também, fazer o planejamento da demanda de seus consumidores, contratando a energia necessária através dos leilões promovidos pela ANEEL. Caso não tenha energia contratada suficiente, a distribuidora tem a diferença entre a energia medida e a contratada precificada pelo Preço de Liquidação das Diferenças – PLD. Esses contratos de fornecimento estão contidos no chamado Ambiente de Contratação Regulada – ACR e estão submetidos aos Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado – CCEAR.

Os consumidores aptos a serem livres são os que têm demanda igual ou maior

que 3 MW, em qualquer tensão para novos consumidores, e de tensão de fornecimento igual ou maior que 69 KV para consumidores antigos. Estes últimos, a partir de 1º de janeiro de 2019, também poderão optar pelo mercado livre conforme a lei nº 13.360, de 2016. Essa classe de consumidor pode, portanto, fazer a opção pelo fornecimento direto com a distribuidora local, ficando no mercado cativo, ou por comprar a energia diretamente de um produtor qualquer, pagando pelo uso do sistema de transmissão e distribuição das outras empresas através da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, dependendo do ponto de consumo.

Na representação da figura 5 (SETOR... , 2015) o consumidor livre pagaria apenas a TUST caso estivesse conectado diretamente a rede de transmissão, através de uma subestação. Essa situação é mais comum em grandes consumidores como montadoras, siderúrgicas e indústrias de transformação como a de alumínio. Esses consumidores estão dentro do Ambiente de Contratação Livre – ACL, também conhecido como o Mercado Livre de Energia Elétrica.

Figura 5 – Representação dos Mercados Livre e Cativo



Portal Senado Federal

1.3 Leilões de Energia

Os leilões de energia elétrica são promovidos pela ANEEL, conforme a necessidade de contratação de longo prazo e a segurança do sistema, definida pelos agentes do setor, em especial a EPE e o ONS. São leilões em que são definidos os valores teto para a contratação de cada tipo de fonte e o vencedor é o agente que oferecer a entrega da energia com a menor tarifa elétrica.

Os empreendedores participantes dos leilões não são obrigados a vender energia pelo preço teto definida pela ANEEL. Caso haja desinteresse o produtor pode oferecer a energia no mercado livre, nos contratos de curto prazo.

Uma boa analogia retirada do portal do Senado Federal para o agente gerador é “para as usinas, a situação é a mesma de um proprietário de um apartamento na praia: ele pode optar por alugar o imóvel de forma permanente, por um preço menor, ou arriscar oferecê-lo por temporadas menores, a um preço bem mais alto, lembrando que esperar para alugar a um preço maior implica também um risco maior, já que pode não haver interessados. Vai da estratégia comercial de cada gerador definir quanto vender no mercado regulado e quanto reservar para arriscar no mercado livre.” (SETOR. . . , 2015)

1.4 Sistema Elétrico Brasileiro – SEB

A lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997 pode ser considerada a base na qual toda a política energética nacional atual se apoia. Ela dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE e a Agência Nacional do Petróleo - ANP e dá outras providências. Complementarmente a essa lei, várias outras importantes foram editadas nos anos subsequentes instituindo novas políticas com foco em energias renováveis, como o biodiesel, eólica e solar. Nesse contexto, pode-se destacar a lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, que trata da atualização das modalidades de contrato de energia elétrica, instituindo o Ambiente de Contratação Regulada – ACR e o Ambiente de Contratação Livre – ACL. Outra providência fundamental e que ajudou a modernizar o setor foi a criação da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE em substituição ao antigo Mercado Atacadista de Energia- MAE, que tem a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica no SIN. O decreto n. 5.163 de 30 de julho de 2004, regulamenta esse mercado, definindo as regras gerais de comercialização de energia elétrica, a saber:

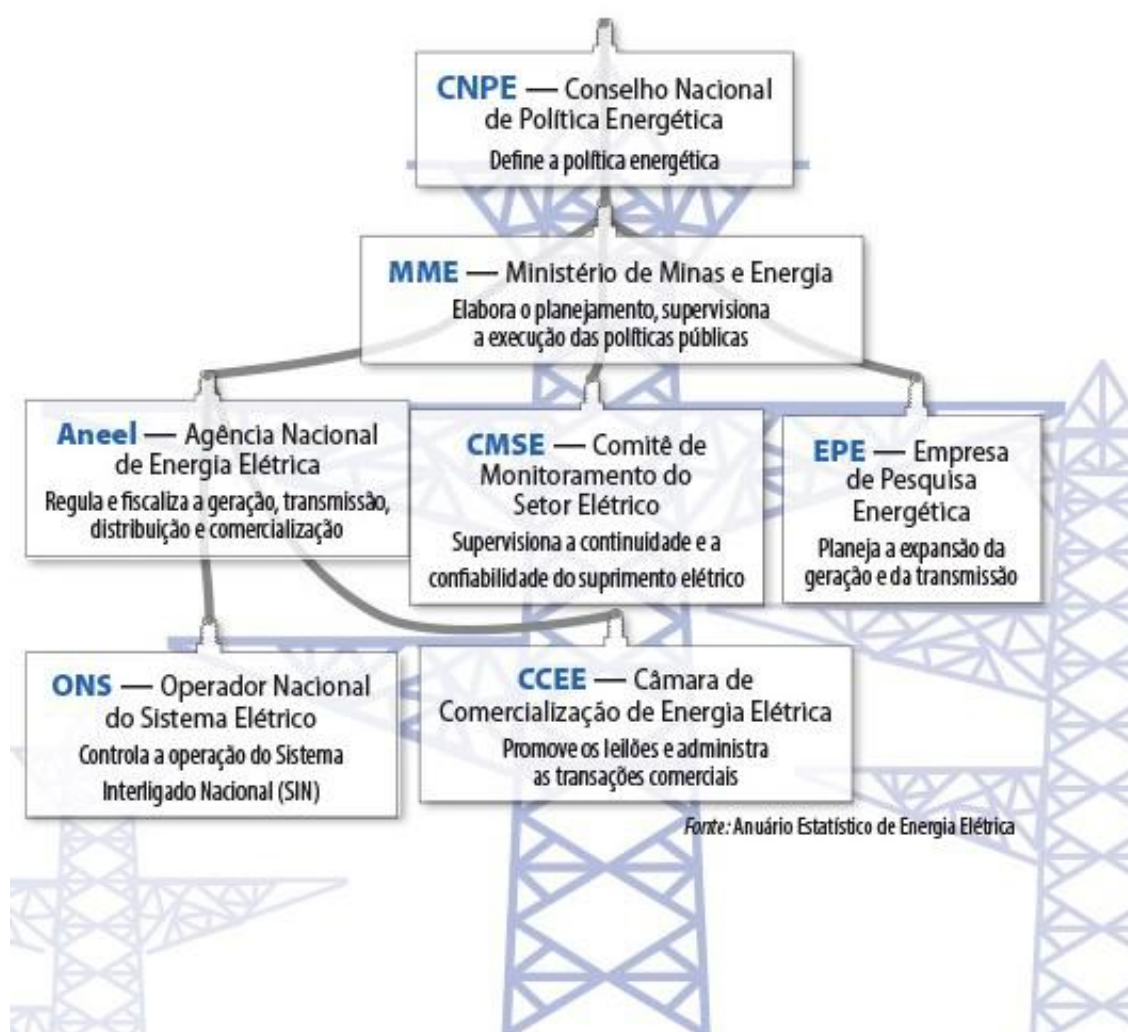
“Art. 1º A comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, bem como destes com seus consumidores, no Sistema Interligado Nacional - SIN dar-se-á mediante contratação regulada ou livre, nos termos da legislação, deste Decreto e de atos complementares.”

A lei n. 10847 também de 15 de março de 2004 é também um importante marco à modernização da estrutura burocrática do mercado de energia elétrica. Ela autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que tem por finalidade a prestação de serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento de longo prazo do setor energético.

Este conjunto de leis e diretrizes criou o que hoje se entende como o Setor Elétrico Brasileiro – SEB e que em termos institucionais, apresenta um órgão de planejamento (EPE), um órgão com a função de avaliação permanente da segurança do abastecimento (Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE) e um terceiro órgão para atender as tratativas de comercialização de energia elétrica no SIN (CCEE).

Portanto, as instâncias que administram o setor de energia elétrica, dentro do que se entende pelo SEB, são mostradas na figura 6.

Figura 6 – Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro



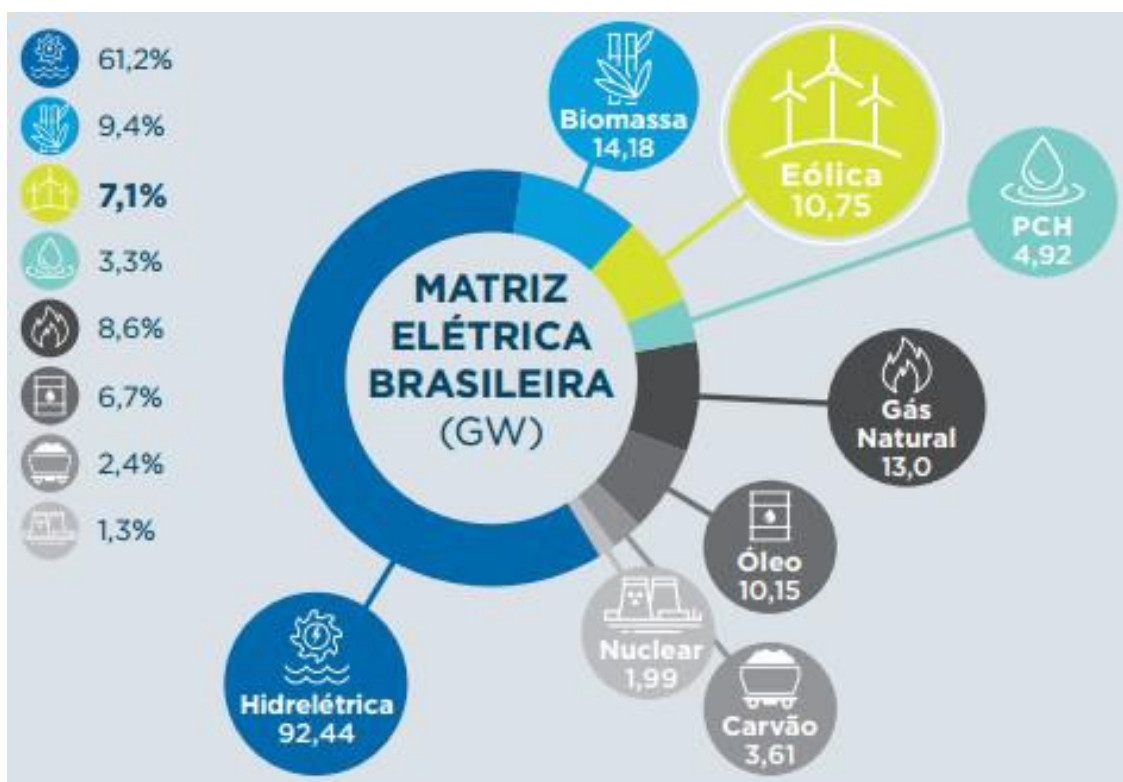
Portal Senado Federal

1.5 O Panorama Eólico e Fotovoltaico no Brasil

Em 2016 2,01 GW de nova capacidade de energia eólica tiveram a operação iniciada, o que elevou a participação total dessa fonte para 7,1% de participação na matriz elétrica brasileira. A energia hidrelétrica ainda representa a base da matriz elétrica com mais de 60% de participação na capacidade instalada (ABEEÓLICA, 2016) . Observa-se que a geração solar ainda é insignificante na matriz brasileira, com menos de 1% do total da capacidade instalada, apesar do enorme potencial (TIEPOLO et al.,).

Segundo o PDE 2024, há a expectativa de que em 2024 a energia eólica seja responsável por 45% da geração elétrica na região Nordeste do Brasil, com 21,6 GW de capacidade instalada, e que quando somada a energia solar deverá atingir 50%. Em complementação às outras fontes, a energia solar e a eólica proporcionarão que a região se torne exportadora de energia, em contraste com a situação atual de déficit e importação.

Figura 7 – Matriz Elétrica Brasileira



ABEEólica

Apesar da pouca geração por meio de instalações solares fotovoltaicas até então, esse cenário começa a apresentar grande perspectiva de mudança. Até o final de 2017 deverão entrar em operação aproximadamente 890 MW de energia solar fotovoltaica que foi leiloada no 6º Leilão de Energia de Reserva – LER realizado em

outubro de 2014. Outros 1 GW foram leiloados no 7º leilão de energia de reserva em agosto de 2015, com início da operação prevista também para 2017.

Estabelecido pelas portarias MME nº 236 (30/05/2014), MME nº 320 (09/07/2014) e MME nº 69 (13/03/2015), esses leilões foram um grande marco para o setor solar fotovoltaico, pois foram as primeiras grandes contratações dessa modalidade de energia no país. Desde então toda a cadeia produtiva vem se mobilizando com vários fabricantes se instalando no país para atender ao crescente *pipeline* de novas instalações. Somam-se a essa demanda provocada pelos grandes leilões os pequenos geradores alavancados pela nova regulamentação de geração distribuída via REN 482/2012 e REN 687/2015, que está provocando uma revolução no setor, com aumento expressivo das instalações. (BRASIL, 2017)

2 LEILÕES DE ENERGIA

Os leilões de energia introduziram o elemento da competição entre os empreendedores de geração na contratação de energia elétrica. A energia contratada a partir desse modelo teve como resultado menores preços pagos pela energia elétrica gerada, beneficiando todo o país, com as características de livre mercado e concorrência.

O art. 2º da Lei nº 10.848, de 2004, dispõe que:

“... as concessionárias, as permissionárias e as autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) devem garantir o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada – ACR, por meio de licitação, conforme regulamento.”

O § 11 do mesmo artigo determina que:

“... cabe à Aneel a realização e regulação das licitações para contratação regulada de energia elétrica, diretamente ou por intermédio da CCEE”.

Os vencedores dos leilões de energia nova ou existente tem o contrato bilateral formalizado denominado de Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado – CCEAR. Esses contratos são realizados entre o agente vendedor e os agentes de distribuição e têm o prazo de duração diferente para cada modalidade.

Para novos empreendimentos, a duração é de no mínimo quinze e no máximo trinta anos, contados a partir da data de início de fornecimento. Para energia existente, os contratos podem ser de um a até quinze anos de duração. Já para as fontes alternativas, são contratos de no mínimo dez anos e máximo de trinta, após início do fornecimento.

São nove as modalidades de leilão de energia listadas e já realizadas na CCEE ou na antiga MAE, e uma inédita, incluída pelo Decreto n. 9.019 de 2017, que trata da descontração de energia. São, portanto, as modalidades:

- Leilão de Venda

Essa modalidade foi utilizada apenas uma vez, no ano de 2002, com o objetivo de tornar disponíveis aos agentes distribuidores e comercializadores de energia, alguns lotes oferecidos por empresas geradoras, públicas e privadas, tendo sido executado pelo extinto MAE.

- Leilão de Fontes Alternativas (Entre A-1 e A-5)

O leilão de fontes alternativas foi regulamentado em 2007 com o decreto n. 6.048 e foi instituído para atender ao crescimento da demanda do mercado cativo, além de aumentar a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira. Foram privilegiadas as fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas – PCHs.

- Leilão de Excedentes

Tendo sido realizado uma única vez em 2003, foi executado pelo MAE com o objetivo de venda de energia excedente das concessionárias.

- Leilão Estruturante (A-3 ou A-5)

Indicados por resolução do CNPE, os leilões estruturantes devem ser aprovados pelo presidente da república. São leilões que têm prioridade de licitação e implantação, em razão do caráter estratégico. A previsão desses leilões é dada pelo decreto n. 5.163 de 2004. Visam garantir o atendimento de longo prazo à demanda por energia elétrica, atendendo ao planejamento do setor.

- Leilão de Energia de Reserva

Como já citado anteriormente, essa modalidade de contratação tem como finalidade aumentar a segurança energética do SIN. Podem participar desses leilões empreendimentos de energia nova ou existente. No caso de energia existente é permitida a participação desde que aumente a garantia física do SIN. A energia de reserva é contabilizada exclusivamente no Mercado de Curto Prazo – MCP, dentro da CCEE. Tem sua contratação firmada pelo Contrato de Energia de Reserva – CER entre produtores e agentes de consumo. Aos usuários dessa energia - a saber: agente de distribuição, consumidores livres e autoprodutores – cabem firmar Contrato de Uso da Energia de Reserva – CONUER com a CCEE, além de aportar garantias financeiras para as liquidações.

Os custos decorrentes da contratação da energia de reserva são divididos entre os usuários do SIN, através do Encargo de Energia de Reserva – EER e são pagos, proporcionalmente a carga do agente, mensalmente no âmbito da liquidação financeira realizada na CCEE.

- Leilão de Energia Nova (A-3 ou A-5)

Para atender ao aumento de carga das distribuidoras são feitos leilões de energia nova, que é proveniente de usina que ainda será construída. Podem ser do tipo A-3 ou A-5.

- Leilão de Energia Existente

Para contratar a energia de usinas já em operação e que já tiveram seus investimentos amortizados, foi criada a modalidade de energia existente. Essa contratação tem, por essência, presumidamente custo mais baixo do que as citadas anteriormente.

- Leilão de Compra

Trata-se de um tipo de leilão realizado entre os anos 2003 e 2004, onde distribuidores e comercializadores de energia compraram energia de geradores, produtores independentes e outros agentes com sobras contratuais de energia.

- Leilão de Ajuste

Os leilões de ajuste são realizados para tratar as diferenças, limitadas a até 1% da carga da distribuidora, entre a carga contratada em leilões anteriores e ao desempenho real de sua área de concessão. São contratos de curta duração, entre seis meses a dois anos, e a Resolução Normativa da ANEEL n. 411 de 2010 aprovou o modelo desses leilões, delegando a realização dos mesmos à CCEE.

- Leilão de Descontratação

Ainda inédito no âmbito do sistema elétrico brasileiro, o leilão de descontratação tem como empreendimentos elegíveis somente os provenientes dos leilões de reserva, ainda sem ter iniciado a operação em teste e que estejam com o CER vigente. Estarão aptos empreendimentos eólicos, fotovoltaicos e hídricos. O primeiro leilão desse tipo deverá ocorrer até 31 de agosto de 2017, tendo sido estabelecido pelas portarias do MME n. 151 de 18 de abril de 2017 e n. 200 de 18 de maio de 2017.

2.1 Panorama do Mercado – O Planejamento

A falta de planejamento, ou mal planejamento, do setor elétrico é sintomático. Por anos o setor sofreu interferências políticas que, muitas vezes, causaram sérios impactos negativos. A construção de usinas hidrelétricas sem reservatório – algumas vezes por atender a populismos ambientais, atrasos na construção de linhas de transmissão e

recentemente a MP 579 de 2012, são apenas alguns exemplos atuais. (HOLLANDA, 2014)

No ambiente dos leilões, por exemplo, a falta de linhas de transmissão para escoar a geração eólica e solar de estados importantes como Rio Grande do Sul, Bahia e Rio Grande do Norte, causou a exclusão de mais de 20 GW em projetos do que seria o certame de energia de reserva de dezembro de 2016. É verdade que o leilão foi cancelado por falta de demanda, decorrente da queda do consumo elétrico no país, porém o problema de falta de infraestrutura permanece.

Apesar da ANEEL ter promovido recentemente leilões de transmissão na tentativa de sanar o problema, ainda não há muitas definições sobre o tema, justamente pelo retrospecto de má gestão, causando insegurança nos empreendedores.

A previsão do mecanismo de descontratação de energia de reserva apesar de acertada traduz a situação crítica em que vive a cadeia produtiva e dos empreendimentos do setor. Foram descontratados projetos eólicos e solares, conforme estabelecido na portaria MME n. 151 de abril de 2017 e da n. 200 de maio do mesmo ano, num volume aproximado de 183 MW. Não houve descontratação de PCHs. Ainda não há previsões de novas descontratações, no entanto a estimativa do CMSE é que em 2018 haverá uma sobra estrutural contratada de 8,4 GWm e de 7 GWm no período de 2018 a 2021. (COMITÊ DE MONITORAMENTO DO SETOR ELÉTRICO (CMSE), 2017). Do total em 2018 aproximadamente 2 GWm são provenientes de leilões de reserva, sendo portanto possíveis candidatos à descontratação.

O planejamento do setor deve levar em conta diversas diretrizes, inclusive algumas de proporções globais. A questão dos Gases de Efeito Estufa – GEE nunca esteve tão em evidência quanto atualmente, com a assinatura do acordo climático de Paris em 2016, em convenção da Organização das Nações Unidas – ONU na COP21, o qual propôs que o aumento da temperatura média global fique bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, empregando esforços para preferencialmente limitá-la em até 1,5°C.

O Brasil foi um dos países que se comprometeram com o acordo, estipulando como meta individual a redução de 37% das emissões de GEEs com relação a 2005, até 2025, e em 43% até 2030, inclusive tendo sido ratificada pelo decreto presidencial n. 9073 de 05 de junho de 2017. Sem dúvida o desenvolvimento das energias renováveis, em especial nesse contexto, a eólica e a solar fotovoltaica, tem uma enorme contribuição para o cumprimento desse acordo.

Numa tentativa de modernizar o setor elétrico brasileiro foi lançada em julho de 2017 pelo governo federal a Nota Técnica N. 5, com o intuito de ser uma “proposta de aprimoramento do marco legal do setor elétrico”. Numa visão de nortear o setor para o

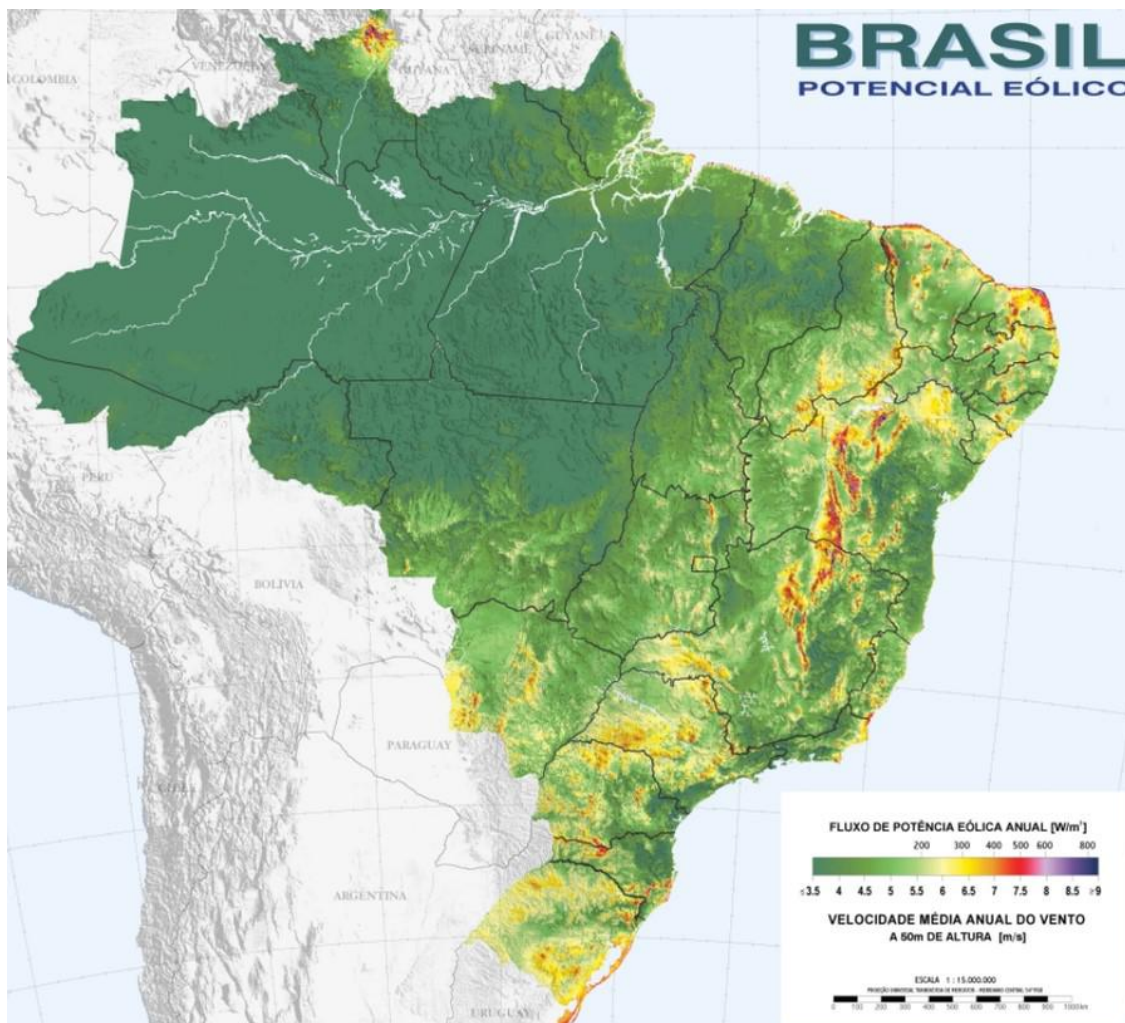
futuro. A ideia é reduzir o intervencionismo estatal no setor, com medidas para reduzir a judicialização e impactos causados pela MP 579. Também propõe-se a gradual ampliação do mercado livre de energia até 2028, com limite inferior de 75 KW de demanda para os usuários.

Outro ponto que pretende-se mudar é a cobrança por volume na transmissão e distribuição, que dificulta a inserção da geração distribuída, uma vez que esta representa perda de receita no curto prazo para esses agentes e repasses de custos aos demais consumidores. Outra modificação seria a obrigatoriedade da tarifa binômia a todos os consumidores, o que em tese permitirá a venda do excesso da energia distribuída gerada por mini e micro produtores.

3 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

3.1 O Potencial Brasileiro

O tamanho do potencial explorável de geração de energia elétrica por meio eólico no Brasil ainda não é inteiramente conhecido. Em 2001 foi lançado o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (AMARANTE; ZACK; SÁ, 2001) , que estimou em 143 GW o potencial nacional. Porém esses estudos estão defasados e, em alguns casos, podem ter sido feitos com equipamentos que hoje são considerados inadequados para um estudo preciso. Até mesmo a altura de medição adotada à época, de 50 metros, fica muito aquém do empregado atualmente na geração, que vem atingindo os 120 metros na altura do eixo da máquina. Estimativas mais recentes como a da ABEEólica, porém sem metodologia verificada nessa monografia, elevam esse potencial à casa dos 500 GW, perfazendo mais do que o triplo da capacidade de geração instalada atualmente no Brasil, somadas todas as fontes.

Figura 8 – Mapa do Potencial Eólico do Brasil

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

Existem também divergências na metodologia de medição e verificação do recurso, devido à complexidade na determinação, de restrições técnicas – como, por exemplo, as extensões territoriais e dificuldades socioambientais.

Foi com a intenção de explorar esse enorme potencial eólico e de outras fontes renováveis, além de promover a diversificação da matriz elétrica brasileira, que em 2002 o governo federal, através da lei n 10.438, de 26 de abril daquele ano, lançou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.

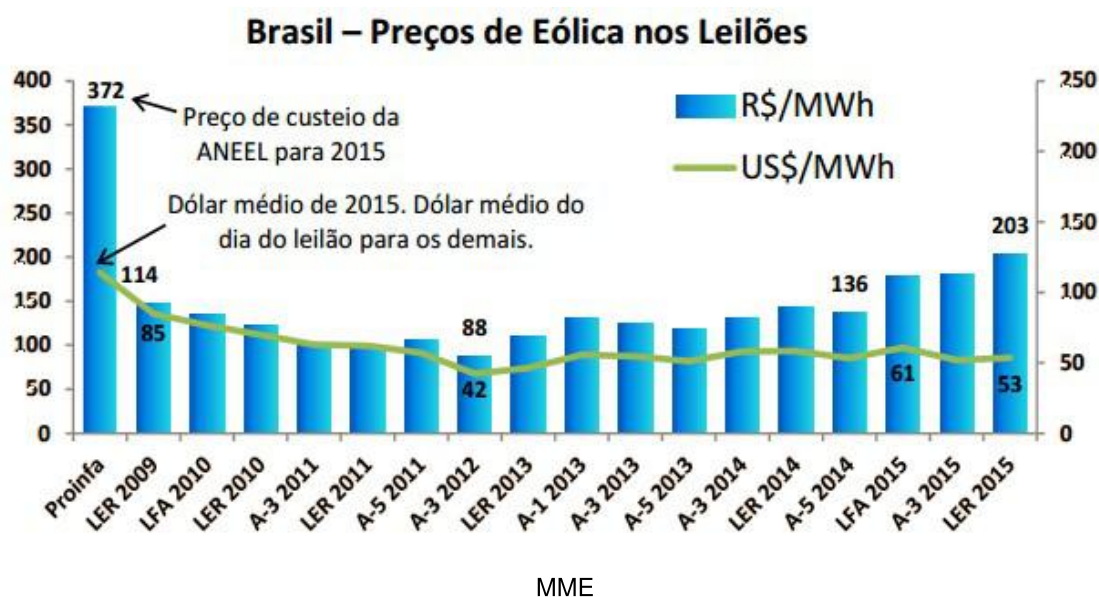
Estabeleceu-se que fosse contratado inicialmente, mediante leilão de energia para somar-se ao SIN, o total de 3.300 MW, repartidos igualmente entre eólica, biomassa e PCH. Tendo sido “substituído” posteriormente pelo modelo de leilões de energia da ANEEL, o PROINFA atingiu a contratação de 1,4 GW em energia eólica, superando portanto a estimativa inicial para a fonte eólica.

A energia gerada pelas usinas do PROINFA é contratada pela Eletrobrás via contrato de compra de energia de longo prazo (*Power Purchase Agreement*– PPA) e é paga por todos os consumidores finais, livres e cativos, do SIN. Apenas os consumidores classificados como de baixa renda ficam isentos.

O valor pago pela energia das usinas do PROINFA é calculado a partir do valor econômico correspondente à tecnologia da fonte, além de levar em conta as premissas indicadas no art. 3º do Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004, como por exemplo, o método do fluxo de caixa descontado para 20 anos com uma taxa de retorno do capital próprio compatível com os riscos minorados que decorrem das garantias de contratação e de preço.

Justamente pelo carácter pioneiro e de “ponta pé” inicial, o custo de geração da energia eólica das usinas do PROINFA é a mais alta entre as usinas de geração dessa fonte no Brasil, situando-se na casa de 370 R\$/ MWh. Apesar do elevado custo, o PROINFA teve importância fundamental no desenvolvimento do mercado eólico no Brasil.

Figura 9 – Brasil - Preço da Energia Eólica nos Leilões



3.2 A Estrada Até Agora – Leilões e Mercado

Observa-se que com o advento dos leilões de energia, e por consequência o aumento da disputa entre os investidores, houve redução considerável nos valores dos

contratos de geração subsequentes aos do PROINFA. O primeiro leilão de energia que contratou a fonte eólica, dentro do atual modelo, foi o 2º Leilão de Energias de Reserva de 2009. Foram contratados 1.805,7 MW de potência instalada, no total de 71 parques eólicos.

Ao valor de 148,39 R\$ / MWh o LER de 2009 teve um deságio de 21,5% em relação ao valor teto de referência. Até a publicação deste trabalho houveram 16 leilões com contratação de geração eólica, representando aproximadamente 18 GW de energia contratada. Não há até o momento informações a respeito do leilão de descontração previsto para ocorrer em 31 de agosto de 2017.

Tabela 1 – Leilões de Contratação - Energia Eólica

LEILÃO	PROINFA	LER 2009	LER 2010	LFA 2010	LER 2011	A-3 2011	A-5 2011	A-5 2012	LER 2013
POTÊNCIA (MW)	1.423,08	1.805,70	528,20	1.519,60	861,10	1.067,60	975,70	281,90	1.505,2
N. PARQUES	54	71	20	50	34	44	39	10	66
LEILÃO	-	A-5 2013	A-3 2014	LER 2014	A-5 2014	LFA 2015	A-3 2015	LER 2015	ACL
POTÊNCIA (MW)	-	2.337,80	551,00	769,10	925,55	90,00	538,80	548,80	2.284,2
N. PARQUES	-	97	21	31	36	3	19	20	109

Elaboração Própria - Dados ANEEL / MME

Segundo ranking do *Global Wind Energy Council – GWEC*, entidade que representa a indústria eólica mundial nos principais órgãos internacionais como a Organização das Nações Unidas – ONU e na *International Energy Agency – IEA*, o Brasil encerrou o ano de 2016 como o 9º país com mais capacidade eólica instalada. (GWEC, 2016)

Importante destacar também, além da crescente capacidade instalada, a qualidade das instalações eólicas no Brasil. Um projeto de parque eólico para ser bem sucedido precisa obrigatoriamente ser oriundo de uma boa campanha de medição. Isso envolve instalações de qualidade, com sensoramento e registradores de dados de alta qualidade. As equipes técnicas de instrumentação e de avaliação dos dados

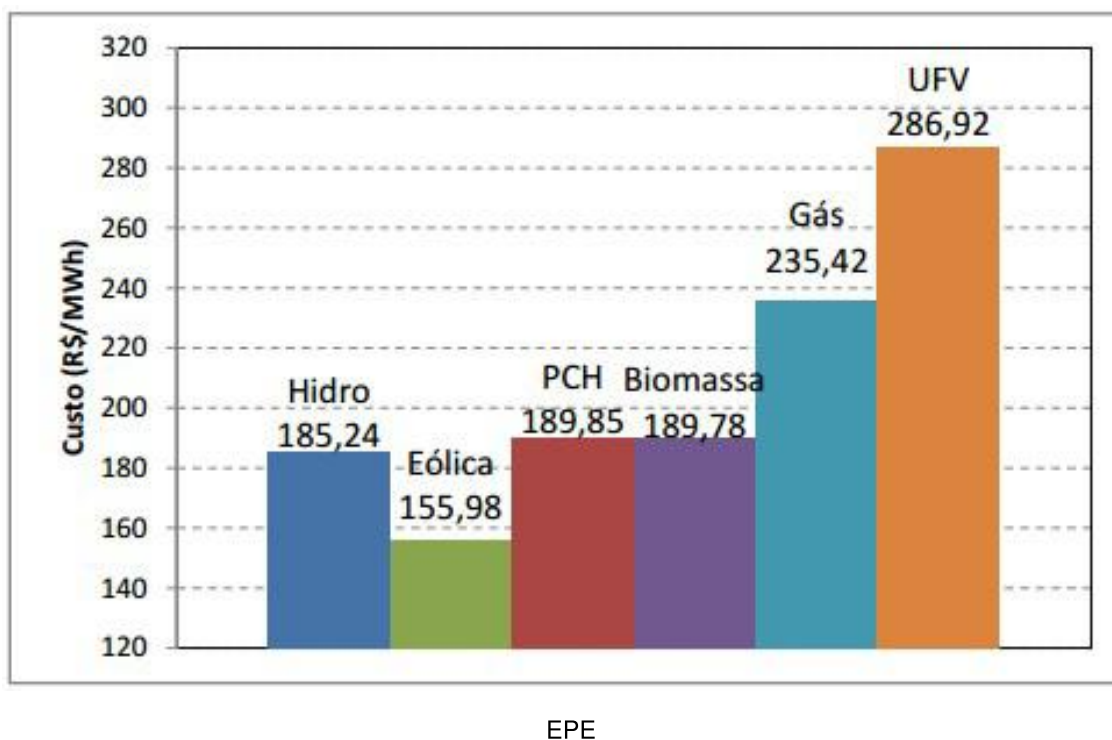
são fundamentais no processo. Aqui se faz lembrar o conceito de *garbage in - garbage out* e da importância das medições precisas nos projetos. A potência eólica é proporcional ao cubo da velocidade do vento, portanto pequenos erros podem superestimar a capacidade de geração de um parque, ou até mesmo tornar um projeto inviável pela medição reduzida do recurso.

Não à toa, o Brasil é líder mundial em fator de capacidade médio das instalações, tendo média de quase 40% nas instalações, superando a média mundial que é de 24% (MME, 2016) . Aqui, mais uma vez, os leilões de energia têm papel importante, pois estimulam a competição entre os desenvolvedores dos projetos. Avanços tecnológicos nos materiais e o aumento do porte das instalações também são outros fatores colaborativos para o melhor aproveitamento dos recursos.

Outro fato que corrobora com a eficiência dos leilões é a diferença entre o fator de capacidade médio das usinas do PROINFA e dos leilões de energia. As usinas do PROINFA operam com fator de capacidade médio menor do que 30%, ao passo que as usinas dos leilões de energia se aproximam dos 45%, a um custo global de geração menor (SALINO, 2011). Por essa razão, a média do fator de capacidade das usinas vem aumentando consistentemente ano após ano, tendo inclusive provocado mudanças no cálculo das garantias físicas com impacto no PLD.

Segundo estudo da EPE sobre o custo da expansão da geração (EPE, 2016) , a energia eólica se tornou a fonte com custo de expansão mais baixo no Brasil atualmente. Os dados comparam de 2016 a 2025 a estimativa de custo de expansão de seis das principais fontes. De acordo com esse estudo, o custo da eólica deve ficar em R\$ 155,98/MWh, menor inclusive do que a hidro, fonte mais utilizada.

“Os custos são definidos por tipo de fonte e são calculados como média dos preços ponderados pela energia contratada por cada empreendimento vencedor (dos leilões de energia). Uma exceção é feita para as usinas hidrelétricas, pois o custo desse tipo de usina é muito específico, e é utilizado o custo mais atual estimado para cada projeto. Buscando aprimorar a estimativa de custo e nivelar os critérios para todas as fontes (...)”

Figura 10 – Custo de Expansão por Fonte

A EPE, sem dúvida, também é um dos propulsores e promovedores do aumento na qualidade dos projetos, redigindo normas e padrões, que obrigam a utilização de sensores de alta qualidade. Como exemplo desse esforço, cita-se o Guia de Boas Práticas para Instalação de Estações Anemométricas e todo o sistema de monitoramento de parques eólicos no SIN, o AMA.

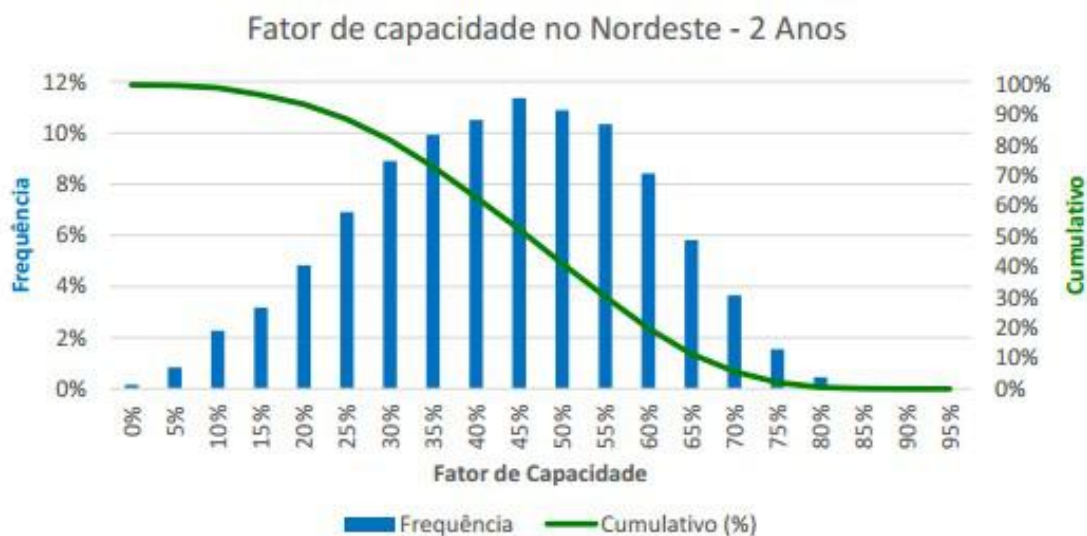
A geração eólica no SIN é representada na figura 12, com representação dos últimos dois anos e com os três primeiros meses de 2017. A curva do fator de capacidade médio é também apresentada. É possível também observar o aumento da geração em razão do crescente aumento na capacidade.

Figura 11 – Geração Eólica no SIN (MWmed)

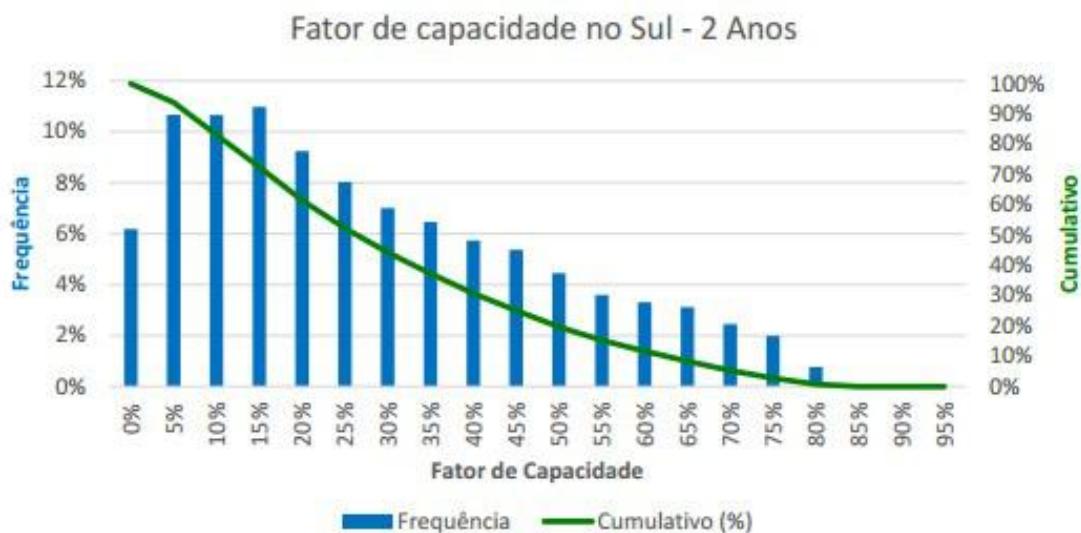
ONS

Acima de todos os fatores que levam a construção de um bom empreendimento eólico obviamente está a qualidade dos ventos no Brasil, sobretudo na região nordeste. Com velocidade média alta e direção de escoamento uniforme, muitas localidades nessa região são extremamente propícias para o desenvolvimento de projetos eólicos. Já na região do sul do país, a presença dos ventos é mais comum na forma de rajadas, o que contribui para instalações com menor fator de capacidade em relação à média nacional.

A seguir observa-se os histogramas e curvas de permanência do fator de capacidade das usinas eólicas do Nordeste e do Sul, considerando dados médios horários. São dados retirados da ONS e que correspondem aos últimos dois anos, entre março de 2015 e março de 2017.(ONS, 2017)

Figura 12 – Fator de Capacidade no Nordeste - Março 2015 a 2017

ONS

Figura 13 – Fator de Capacidade no Sul - Março 2015 a 2017

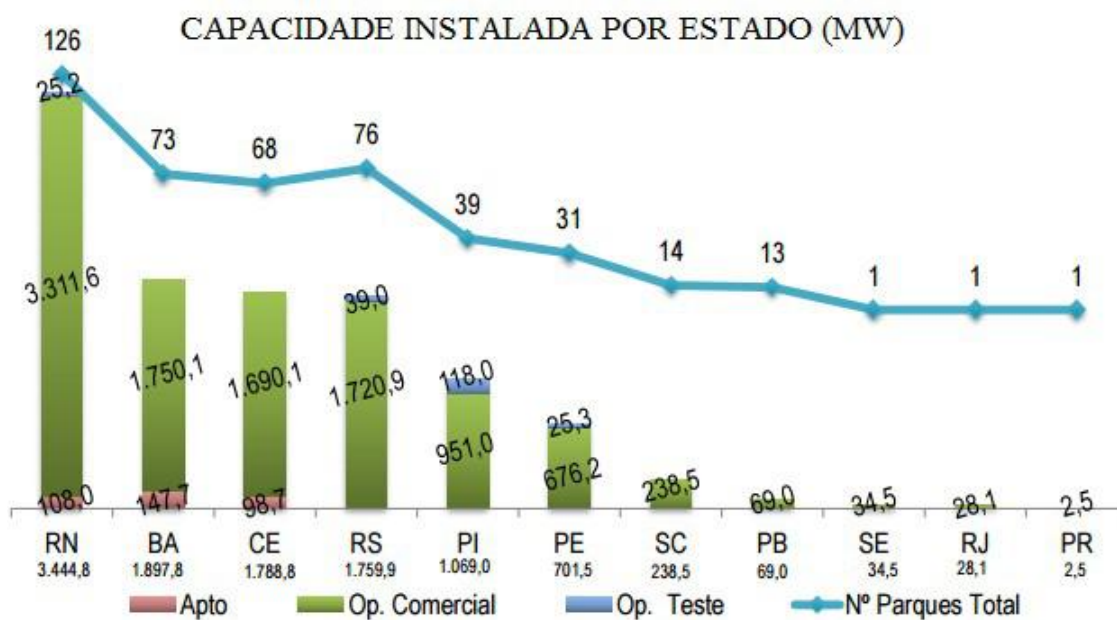
ONS

3.3 Futuras Instalações e Parques em Operação (junho/2017)

Atualmente o estado com maior capacidade eólica instalada é o Rio Grande do Norte. A facilidade de acesso, o baixo custo de aquisição e arrendamento e a sensação inicial dos investidores de que áreas costeiras são mais favoráveis aos investimentos eólicos, provavelmente fizeram do estado o pioneiro nos grandes projetos eólicos. No entanto o estado da Bahia deverá ultrapassar e tomar a dianteira na produção eólica nacional nos próximos anos, conforme sugerem os gráficos a seguir. O estado do RS

tem também uma participação significativa do total da capacidade eólica instalada, porém poucos projetos vêm sendo contratados nesse estado nos últimos leilões, frente à concorrência com os projetos no NE.

Figura 14 – Capacidade Eólica Instalada no Brasil por Estado - Junho 2017

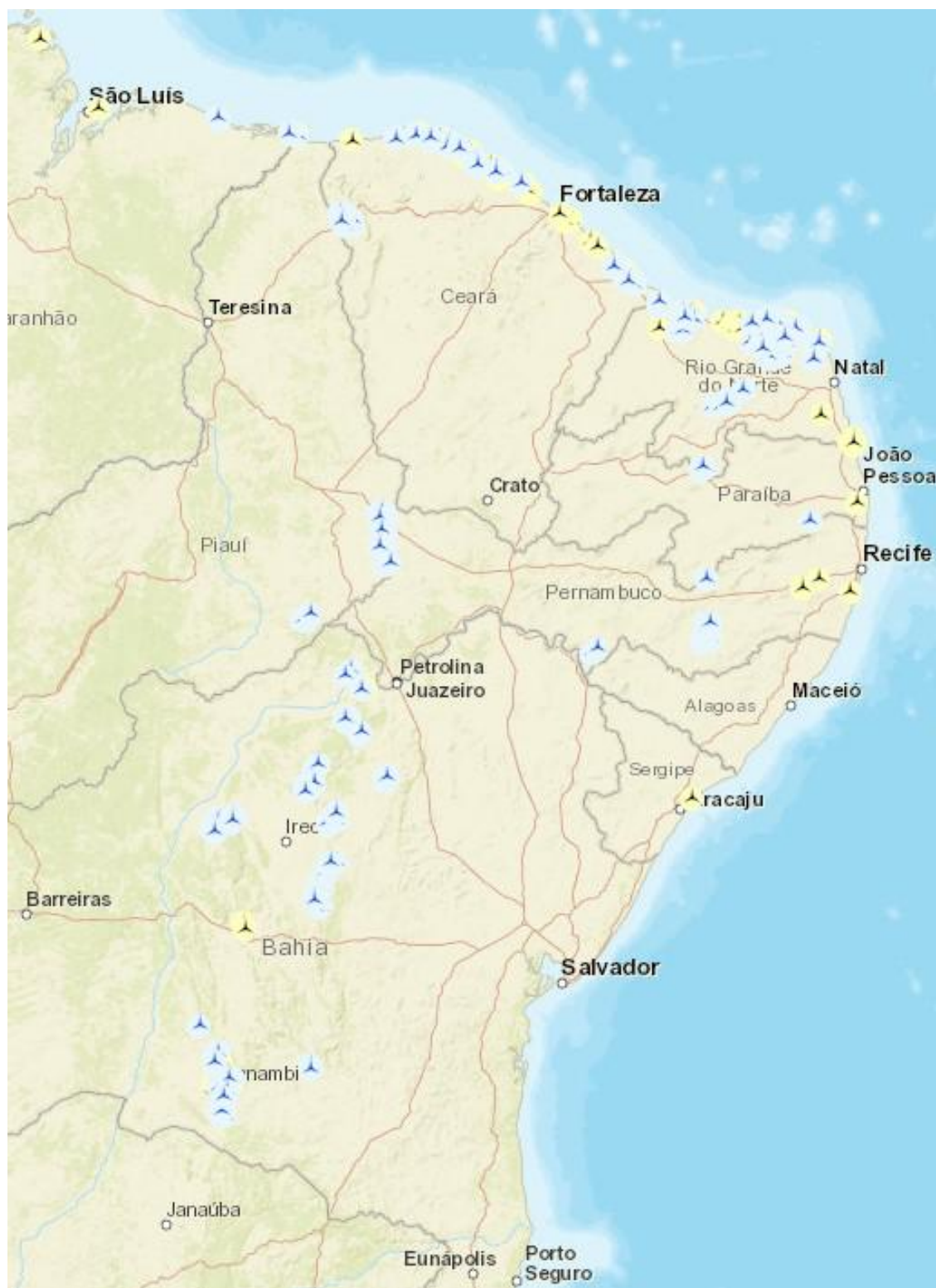


O extremo sul do Rio Grande do Sul é onde estão localizados grande parte dos parques eólicos fora da região Nordeste. Nas imediações do município de Santa Vitória do Palmar e também na região do município de Osório do mesmo estado estão concentradas boa parte da potência instalada dessa região.

Figura 15 – Parques Eólicos Contratados - Região Sul – junho/2017

Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

Já na região Norte / Nordeste, destacam-se os estados do Rio grande do Norte, Bahia, Ceará e Piauí. Destacam-se grandes centros de geração, como a cidade de Parazinho no Rio Grande do Norte, a Chapada do Araripe na tríplice fronteira entre Ceará, Pernambuco e Piauí, todo o meio oeste baiano com grandes projetos que vão desde a região da Chapada Diamantina até o norte do estado na região da cidade de Juazeiro e ao sul na cidade de Caetité.

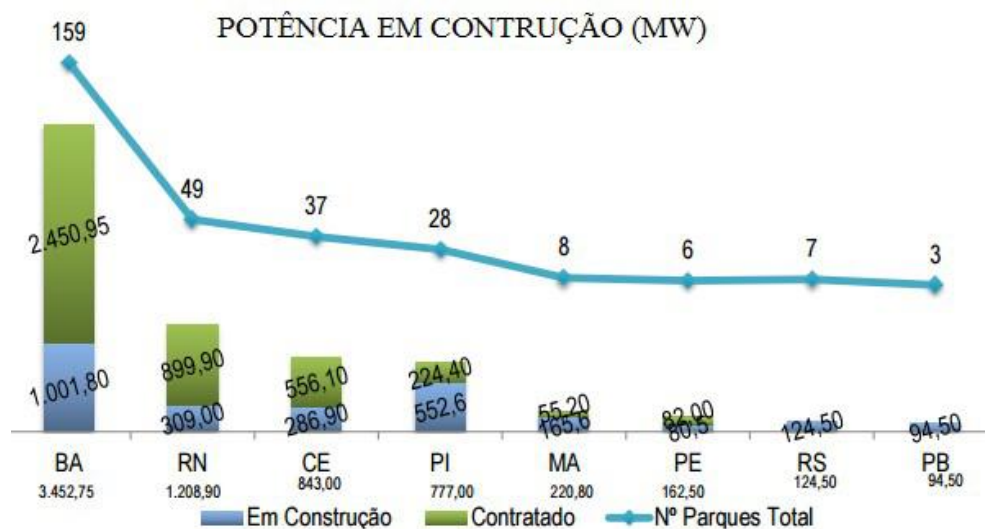
Figura 16 – Parques Eólicos Contratados - Regiões N/NE – junho/2017

Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

Observa-se que o estado da Bahia terá um *boom* na sua capacidade instalada

nos próximos anos, e até o ano de 2018 saltará aproximadamente dos atuais 1,8 GW para cerca de 5,2 GW, contando somente a situação dos contratos e construções em andamento.

Figura 17 – Potência Eólica em Construção por Estado (MW)



ABEEólica

Abaixo uma imagem da região de Parazinho – RN, região com a maior concentração de aerogeradores instalados no país.

Figura 18 – Parque Eólico no Rio Grande do Norte



Acervo Próprio

4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

4.1 O Potencial Brasileiro

Por ser um país localizado quase inteiramente na zona tropical, o Brasil possui grande potencial para aproveitamento da energia solar durante todas as estações do ano. Existem várias opções de aproveitamento dessa energia renovável e abundante, que podem ser pequenos sistemas isolados e desconectados da rede fazendo uso de baterias para armazenagem de energia elétrica, sistemas de energia solar concentrada CSP, sistemas para aquecimento de água, parques fotovoltaicos dentre outras aplicações.

O desenvolvimento de parques fotovoltaicos – UFVs passa por etapas semelhantes aos dos parques eólicos. O recurso solar precisa ser medido e avaliado para levantamento de viabilidade técnica-econômica de uma determinada região. O Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006 foi feito com base nos dados de 95 estações solarimétricas espalhadas pelo território do país.(PEREIRA et al., 2006)

Figura 19 – Localização das Estações Solarimétricas

Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006

O critério de avaliação do estudo foi:

“... os valores médios das estimativas do total diário de irradiação solar fornecidas pelo modelo de transferência radiativa BRASIL-SR para o período de julho de 1995 a dezembro de 2005 - uma década completa de dados. Os mapas estão na resolução espacial de 10km x 10km”.

O mesmo estudo complementa(PEREIRA et al., 2006) :

“apesar das diferentes características climáticas observadas no Brasil, pode-se observar que a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais relativamente altas em todo país. O valor máximo de irradiação global – 6,5kWh/m² - ocorre no norte do estado da Bahia, próximo à fronteira com o estado do Piauí. Essa

área apresenta um clima semi-árido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300mm/ano) e a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil. A menor irradiação solar global – 4,25kWh/m² – ocorre no litoral norte de Santa Catarina, caracterizado pela ocorrência de precipitação bem distribuída ao longo do ano. Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro (1500-2500 kWh/m²) são superiores aos da maioria dos países da União Européia, como Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²), onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados .”

Figura 20 – Potencial Anual Médio de Energia Solar por Região

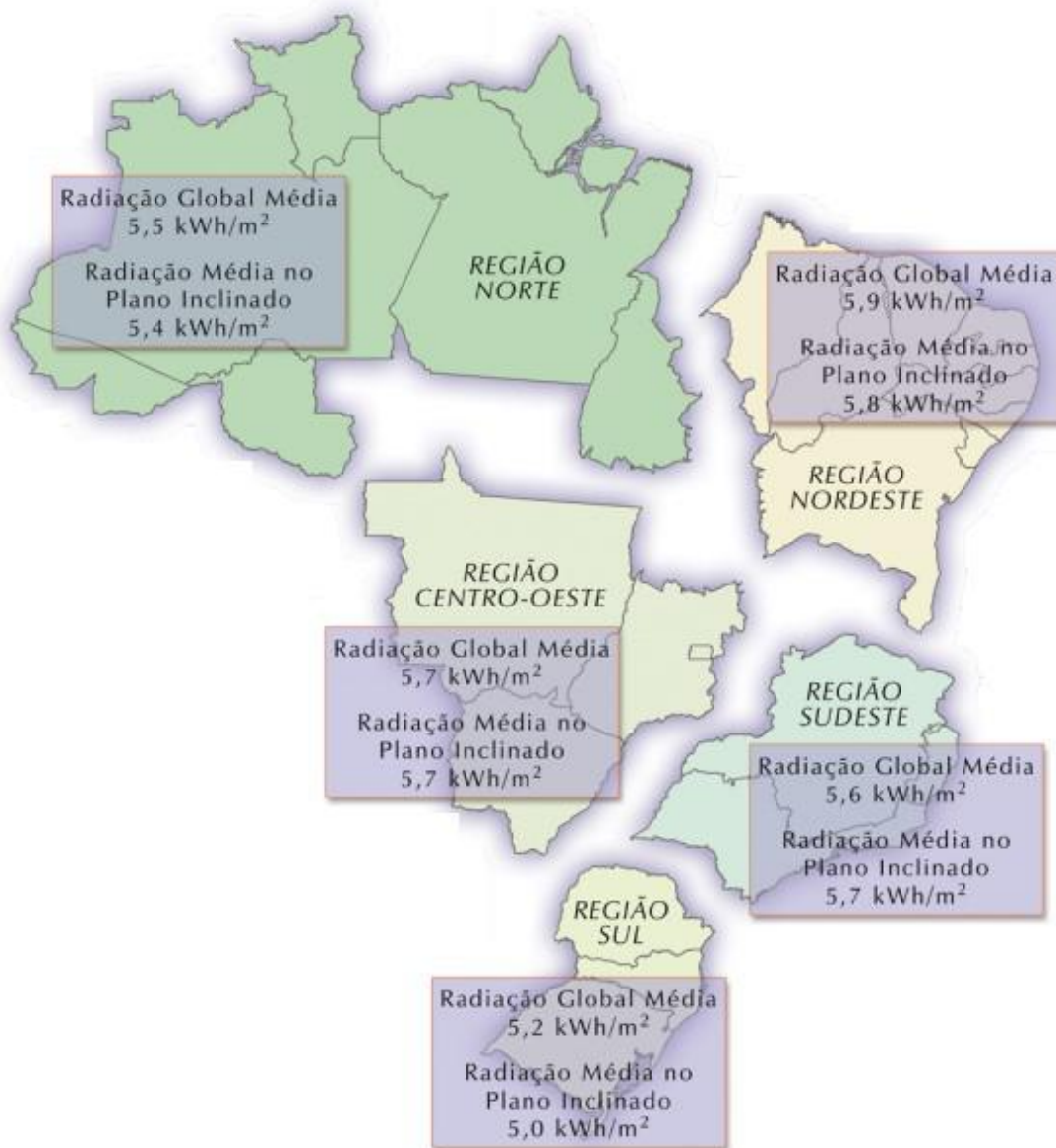


Figura 21 – Radiação Solar Global Horizontal Média Anual

Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006

4.2 A Estrada Até Agora – Leilões e Mercado

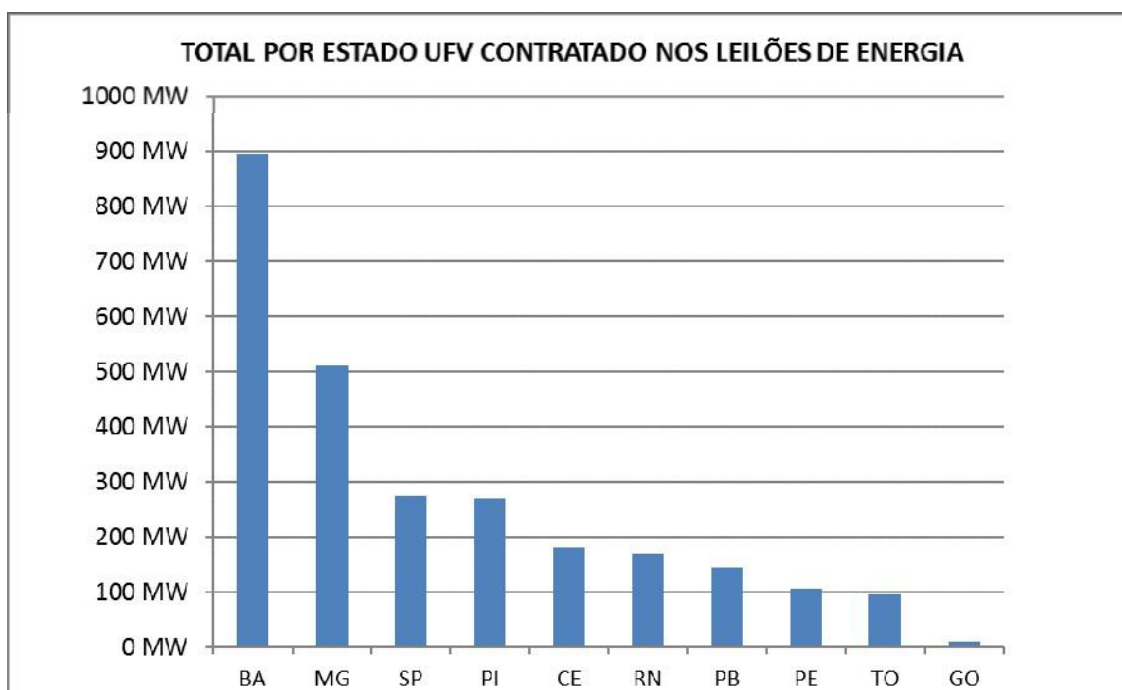
Se o mercado de energia eólica dos leilões e das grandes contratações é relativamente novo no Brasil, o de energia solar fotovoltaica ainda engatinha com os primeiros parques ainda entrando em operação em teste. Em maio desse ano, por exemplo, entraram em operação em teste as usinas fotovoltaicas de Ituverava 1, 2 e 3 no leste da Bahia, referentes ao LER de 2014, totalizando 84 MW de capacidade

instalada.

Excluídas as usinas UFVs de micro e mini geração distribuída, regulamentadas pela resolução 482/2012, estão em operação (Junho/2017) com outorgas regularizadas aproximadamente 25 MW em energia solar fotovoltaica no país. Ainda muito pouco se comparado com outros países como Alemanha, Estados Unidos e China. Este último já ultrapassou os 75 GW em usinas fotovoltaicas. A Califórnia, com sua política de priorização de fontes limpas de energia, gerou mais de 11% de sua energia elétrica através da energia solar em 2016(NREL, 2016) .

Claramente percebe-se que 2017 será o ano que esse tipo de geração saltará no Brasil para patamares significativos. Como já dito anteriormente, estão previstos a entrada de mais de 1 GW de novas usinas fotovoltaicas no segundo semestre de 2017, com destaque para os estados da Bahia e de Minas Gerais. O estado de São Paulo, apesar de ter menos incidência solar do que os estados do Nordeste, também tem posição de destaque nas contratações.

Figura 22 – Total Contratações UFV até junho/2017 via Leilões de Energia



Dados ANEEL / MME – Elaboração Própria

Os leilões aos quais se referem as informações da figura 23 totalizam 2.653 MW de potência pico com previsão de investimentos de aproximadamente 12 bilhões de reais e são distribuídos da seguinte maneira:

- Leilão 08/2014 (LER) - Suprimento em 1º de outubro de 2017:

Contratação de 889,66 MW e investimentos previstos de 4.1 bilhões de reais.

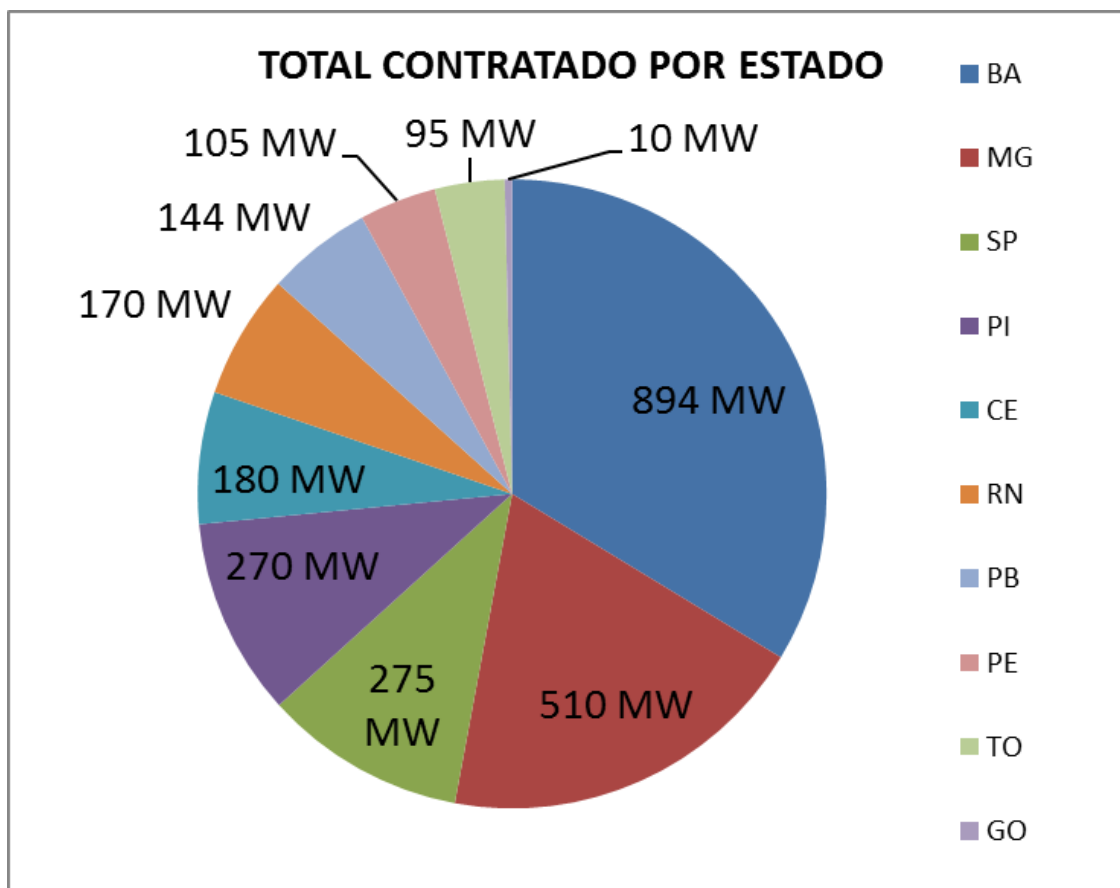
- Leilão 08/2015 (LER) - Suprimento em 1º de agosto de 2017

Contratação de 833,80 MW e investimentos previstos de 4.3 bilhões de reais.

- Leilão 09/2015 (LER) - Suprimento em 1º de novembro de 2018

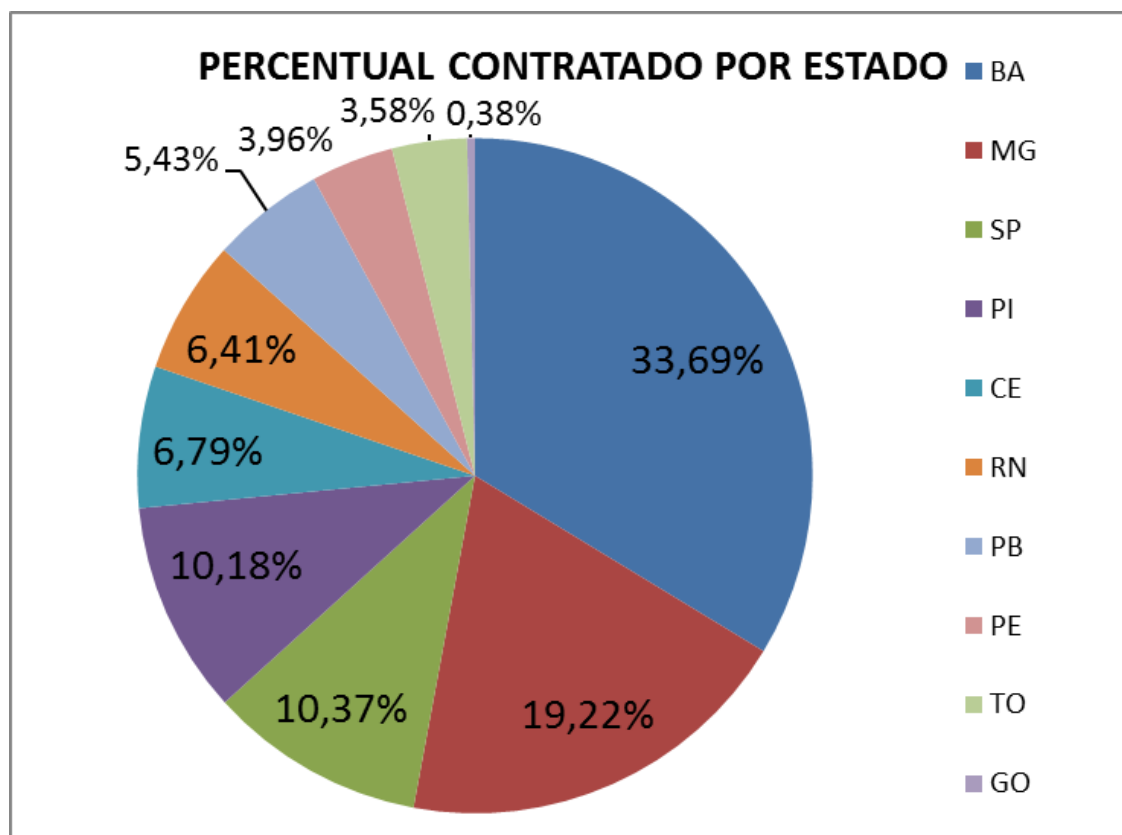
Contratação de 929,34 MW e investimentos previstos de 4.4 bilhões de reais.

Figura 23 – Total Contratado por Estado de Todas as Contratações em Leilões até junho/2017



Dados ANEEL / MME - Elaboração Própria

Figura 24 – Percentual por Estado de Todas as Contratações por Leilão até junho 2017



Dados ANEEL / MME – Elaboração Própria

O mapa a seguir apresenta as localizações dos parques UFVs contratados até então. Como já demonstrado anteriormente, existe uma maior contratação na região nordeste, com destaque para o estado da Bahia.

Figura 25 – Parques Fotovoltaicos Contratados – junho 2017

Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

5 USINAS HÍBRIDAS SOLAR – FOTOVOLTAICA

5.1 Geração Variável e Riscos de Fornecimento

Individualmente as usinas eólicas vêm se tornando as mais baratas para expansão do sistema no Brasil e em vários outros países, com tendência de que esse processo de barateamento continue se acentuando, com o desenvolvimento de novas tecnologias e aumento da escala de produção. O mesmo deverá ocorrer com as UFVs.

Sabe-se que uns dos fatores mais importantes dentro do sistema elétrico são a confiabilidade de fornecimento e a previsão da geração, evitando os chamados apagões elétricos. Dentro dessa ótica, inclusive, o ONS calcula o chamado risco de déficit, com atualizações periódicas dentro da Programação Mensal da Operação – PMO, que leva em conta diversos fatores, como previsão da geração e da demanda.

Dentro do tema da previsibilidade tem-se um problema com a crescente inserção na matriz elétrica de fontes renováveis variáveis de energia (*Variable Renewable Energy*- VRE) como a eólica e a solar. Segundo a IEA (IEA, 2014) tecnicamente a operação de sistemas com participação entre 5 a 10 % de VREs na geração pode ser feita sem maiores problemas e com poucos investimentos, desde que tomados alguns cuidados como evitar a concentração incontrolada de VREs (*hot spots*), assegurar que plantas VREs possam contribuir com a estabilização do sistema quando necessário, prever a produção de VREs com medição e utilizar as previsões no planejamento de outras VREs e fluxo de potência na rede.

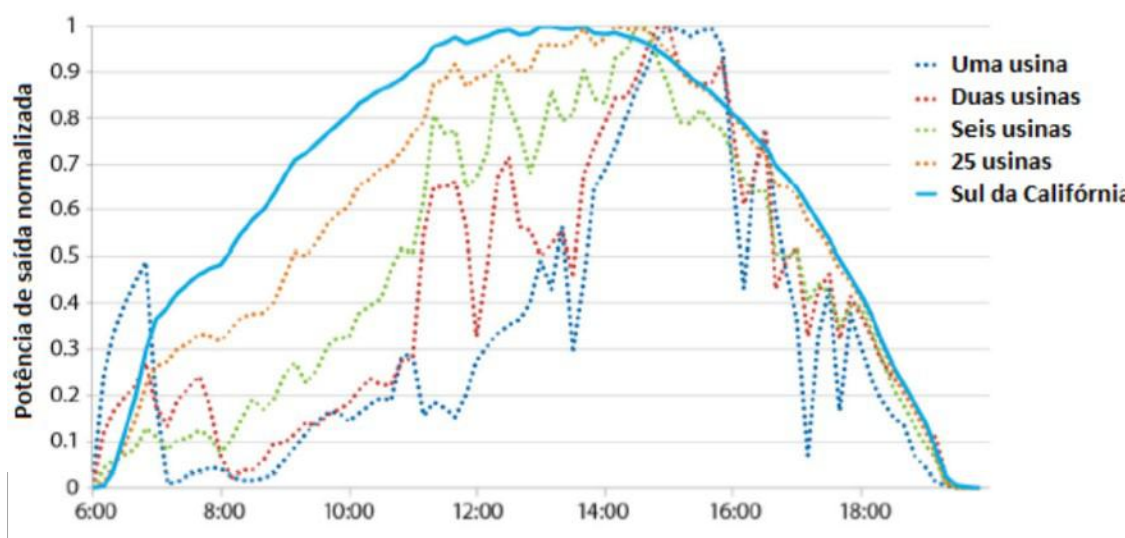
Ainda segundo a IEA é possível atingir níveis de integração de participação de VREs de até 40 a 45 % sem um aumento significativo no custo do sistema, porém a integração efetiva com bom custo-benefício dessas fontes exige mudanças importantes em todo o sistema elétrico. O estudo ainda traz a informação de que cada país deverá passar por um processo individualizado, onde características locais deverão ser observadas e enfrentadas no longo prazo. No Brasil, a dimensão continental e a dificuldade de flexibilidade da geração devido à falta de linhas de transmissão compatíveis com essa realidade seria um dos principais problemas.

No entanto o Brasil, nesse contexto das VREs, é privilegiado nas condições meteorológicas. Há pouca variação global nos ventos ao longo do ano, principalmente na região nordeste. A geração solar é um pouco mais “previsível”, com sua curva característica em forma de sino majoritariamente afetada pela transição dia-noite. Pontualmente existem distorções na curva em razão de nuvens, poeira ou neblina. Essas pequenas variações, no entanto, são amortizadas do ponto de vista da geração quando se analisa toda a geração fotovoltaica.

Como já discutido, novos investimentos em infraestrutura são essenciais.

“À medida que se aumenta a distribuição geográfica dos parques eólicos e fotovoltaicos, diminui-se a variação da geração do conjunto. Parques solares espalhados, por exemplo, não são afetados por nuvens ao mesmo tempo.” (KONZEN, 2016)

Figura 26 – Potência de saída normalizada para diferentes níveis de agregação de usinas UFV no sul da Califórnia num dia parcialmente nublado



Konzen, 2016

Muito vem sendo discutido também sobre a possibilidade da instalação de baterias com potência a partir de 2% da capacidade instalada do parque, para mitigar os efeitos da inconsistência na geração, o que aumenta a garantia física do parque. O fato é que existem maneiras de reduzir o risco e que a solução passa por novos investimentos. (ESSAKIAPPAN; MANJREKAR; ENSLIN, 2015) (JONGSUWANWATTANA; CHERDSANGUAN; CHAYAVICHITSILP, 2016) .

Figura 27 – Exemplo de Uso de Baterias Na Mitigação da Flutuação da Geração

Thomas W. Overton, 2016

Esse ecossistema com baterias, além de mitigar os efeitos das VREs, também pode ser utilizado para serviços ancilares como controle de frequência, atenuação da carga e ajuda na estabilidade da rede controlando a taxa de rampa.

Os parques híbridos em geral e em especial os eólico-fotovoltaicos são também uma forma de reduzir as imprevisibilidades na geração. O mesmo comportamento apresentado na geração fotovoltaica no sul da Califórnia é encontrado quando se agregam outras fontes complementares dentro de um mesmo sistema e/ou subestação.

5.1.1 O Caso do Eclipse Solar na Califórnia

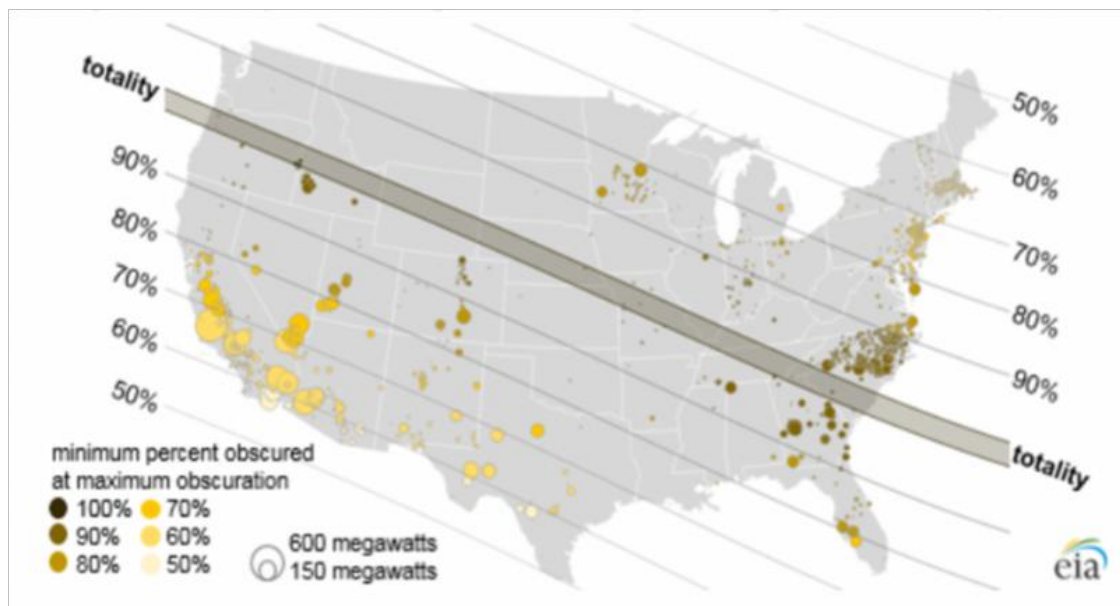
Como já comentado, a confiabilidade no fornecimento de energia é uma das prerrogativas básicas de qualquer sistema elétrico e indispensável para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Dentro dessa lógica e com a crescente inserção da matriz das VREs é indispensável um bom planejamento.

No final do mês de agosto/2017 ocorreu o episódio astrológico conhecido como eclipse solar que foi principalmente observado no hemisfério norte do globo terrestre. Sabe-se que a o estado Americano da Califórnia possui em sua matriz energética participação expressiva de geração elétrica com recurso solar, sendo de aproximadamente 10% da geração do estado. Trata-se do estado daquele país com maior participação no Produto Interno Bruto e com vasto e importante parque industrial. As consequências,

portanto, de um desabastecimento de energia poderia gerar problemas significativos.

No dia do evento grandes porções dos Estados Unidos ficaram as escuras por um intervalo de tempo de aproximadamente dois minutos e meio. Obviamente, o suficiente para provocar a concessionária local a tomar as devidas providências e planejar o sistema.

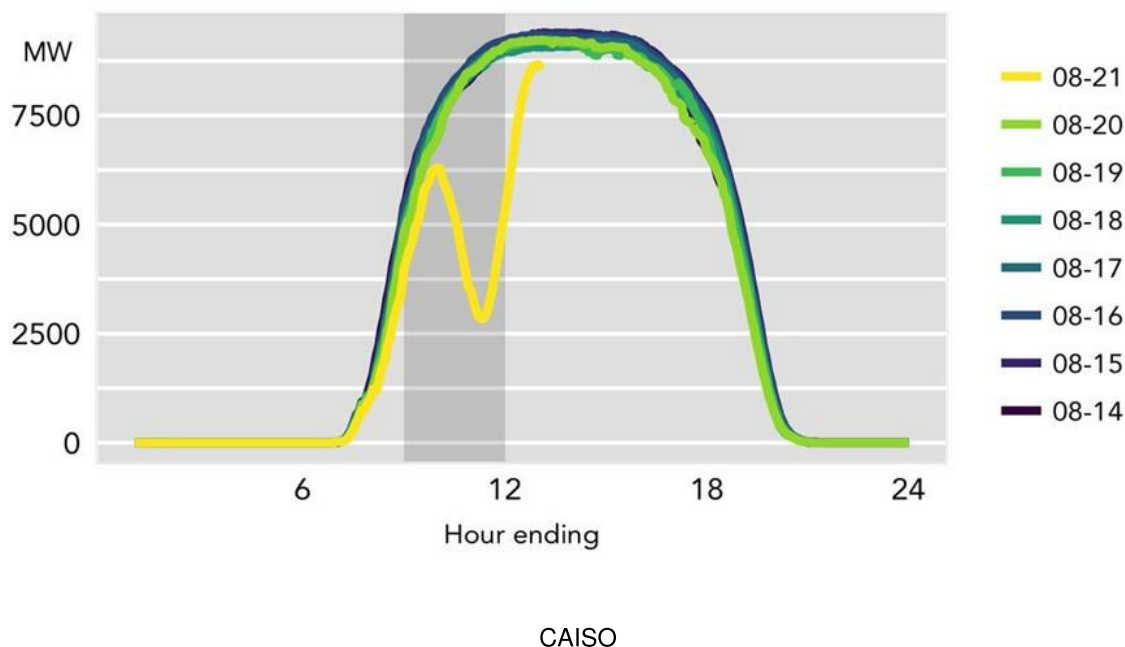
Figura 28 – Percentual de Obscuridade Durante o Eclipse Solar



CAISO

O que se observou durante o evento foi uma queda brusca de geração elétrica solar. Houve uma queda de capacidade disponível em relação a média esperada para o horário de cerca de 6 GW.

Figura 29 – Geração Solar na Califórnia - Perfil da Geração na Semana Entre 14 e 21 de Agosto com Intervalos de 5 Minutos



Para contornar o problema sete estados vizinhos à Califórnia forneceram energia elétrica por meio de térmicas a gás e hidrelétricas. Fica evidente a necessidade de um bom planejamento, não só de curto prazo como nesse caso, mas também de longo prazo, com investimentos em linhas de transmissão e inovação, tornando o sistema o mais flexível possível.

5.2 Avaliação de Complementariedade

Complementariedade perfeita entre duas fontes de geração somente existiria quando uma das fontes estivesse na sua disponibilidade mínima e a outra estivesse em máxima, e na situação oposta de disponibilidade o mesmo ocorreria invertido. De maneira geral sabe-se que este não é o caso das usinas híbridas eólico-fotovoltaicas, apesar de existir forte sinergia entre as fontes.

A característica de complementariedade pode ser avaliada sobre diferentes aspectos, discricionário para cada agente, como o aproveitamento do terreno, eventual redução de custos de investimento, a otimização no uso das instalações de interesse mútuo dentre outras.

Considerando que existe uma maior presença na matriz elétrica da fonte eólica em relação à solar, e que essas usinas já estão, portanto, conectadas a uma subestação, outro aspecto que também é importante para análise é a capacidade de verter energia para a rede proveniente de usinas fotovoltaicas utilizando a mesma infraestrutura do

parque eólico.

Cada site precisa ser avaliado individualmente com medição local apropriada dos recursos, levando em conta diversos fatores, como apresentado pelo estudo da EPE Avaliação da Geração de Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017) . A conclusão desse estudo é justamente a necessidade de avaliação criteriosa de cada caso, “reforçando a importância de uma avaliação pautada em uma metodologia consistente”. O estudo também conclui que variando aspectos técnicos nos projetos, em um mesmo local, podem-se encontrar resultados diferentes.

Esse mesmo estudo fez o levantamento de cinco regiões as quais definiu como propícias para receber projetos híbridos. Fez-se uma análise levando em conta a capacidade de verter a energia fotovoltaica produzida (*curtailment*), que seriam os cortes devido a excessos na geração, pois se adotou como premissa que a subestação é dimensionada para a capacidade instalada do parque eólico e com distância de até 20 km entre os sites eólico e fotovoltaico. Comenta-se mais uma vez do sistema AMA da EPE e sua grande quantidade de dados de avaliação dos recursos. Os cinco sites escolhidos possuem dados de medição dos últimos 12 meses com intervalos de medição a cada 10 minutos.

Idealmente, quando se for fazer a avaliação dos recursos, as estações devem estar, preferencialmente, o mais próximo possível do site do projeto, evitando erros em razão de microclimas, relevo local e fatores locais pertinentes. Nesse estudo as estações adotadas estavam a até 20 km de distância entre si.

Figura 30 – Locais Estudados

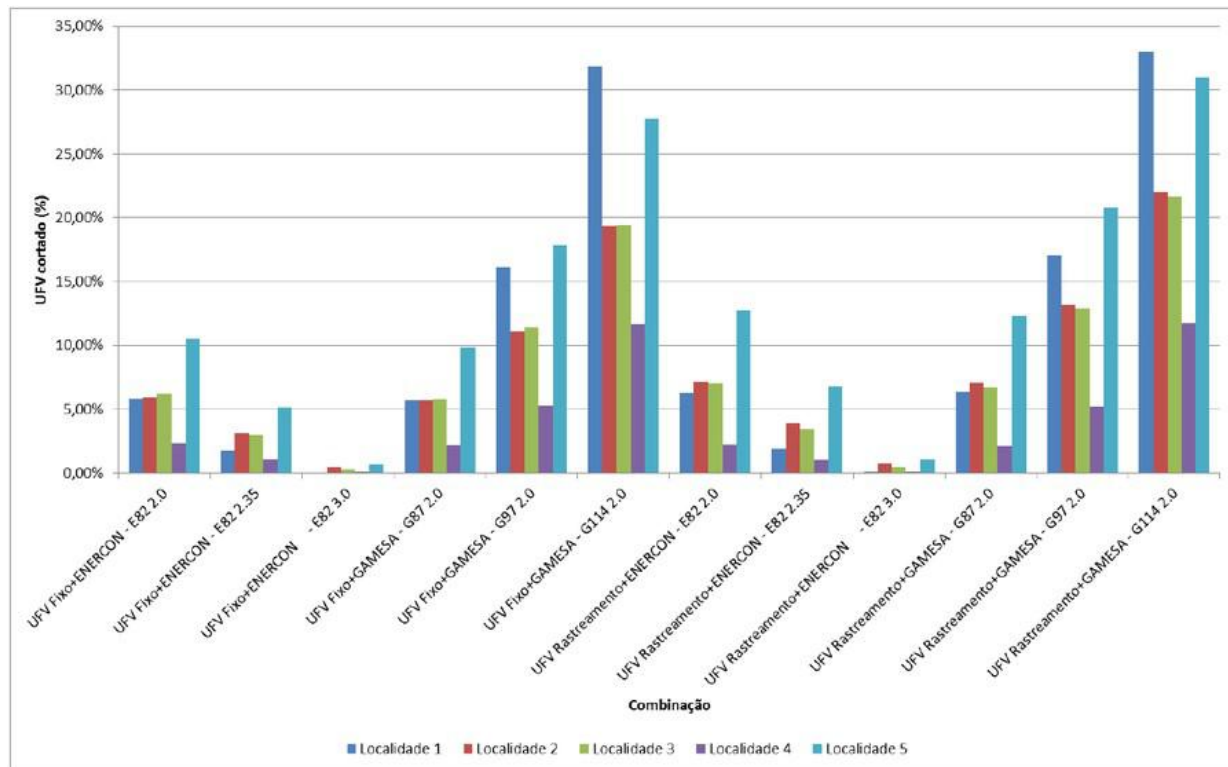
EPE

Cada caso foi analisado sobre a ótica da complementariedade e com algumas variáveis. Foram feitas simulações com variações nas máquinas eólicas, dentre estas o tamanho do rotor e pás, a fabricante e fator de capacidade diurno. Na planta fotovoltaica foram analisados, principalmente, a geração com estrutura fixa e com rastreamento, utilizando-se módulos fotovoltaicos organizados em 1,23 MWp (módulos de 310 Wp arranjados em 18 x 220) conectados a um inversor de 1 MW de capacidade nominal, na proporção 10:1 entre potência instalada eólica e fotovoltaica. O estudo também desconsidera perdas por sombreamento e para os outros parâmetros de perda foram adotados padrões iguais para todas as simulações.

Ao todo foram simulados 60 casos distintos com variação de corte (*curtailment*) da geração fotovoltaica entre 0,05% e 33,99% evidenciando:

“... que os resultados são dependentes do comportamento dos recursos do local, do modelo do aerogerador utilizado e da estrutura da usina fotovoltaica”.

Logo é importante evitar-se generalizações.

Figura 31 – Curtailment (corte) por combinação e local

EPE

Importante ressaltar que para o critério de análise adotado, de aproveitamento da capacidade de infraestrutura existente com limitação no escoamento da energia gerada, não necessariamente o projeto fotovoltaico com melhor eficiência individual é o que traz o melhor custo benefício. Sabe-se que as unidades equipadas com rastreamento tendem a melhor aproveitar o recurso solar, principalmente na parte da manhã e do fim da tarde. No entanto o investimento nessas estruturas pode não ser interessante caso o índice de corte seja alto nesses períodos, mais uma vez enfatizando a necessidade da análise individual, caso a caso.

5.3 Retorno dos Investimentos

Além da análise de viabilidade técnica, com qualquer que seja o critério definido pelo agente, o investimento precisa ser viável também financeiramente. Aqui se observa a existência de duas possibilidades: a elaboração do projeto híbrido desde sua origem, com dimensionamento e avaliação de ambos os recursos paralelamente dentro de um mesmo projeto, ou na adequação de um projeto existente com ampliação da geração,

seja com a adição de uma nova planta eólica ou uma fotovoltaica. Para esta segunda possibilidade, a segunda opção é a mais provável dentro da realidade brasileira, visto a já discutida predominância de parques eólicos em comparação aos fotovoltaicos.

A análise financeira de projetos em geral possui múltiplas variáveis. Uma das principais maneiras de realizar essa análise é com o cálculo do Valor Presente Líquido – VPL, definido como sendo o valor presente de todos os custos do período de vida útil do empreendimento subtraídos do valor presente de todas as receitas dentro do mesmo período analisado. No caso das usinas leiloadas o período analisado é justamente o período da concessão (20, 25 ou 30 anos).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDES é uma espécie de patrono das energias renováveis no Brasil, incentivando, fomentando e impulsionando, dentro da política de desenvolvimento da indústria nacional. A prática de financiamento dos projetos com taxas de financiamento especiais para as fontes renováveis foi, sem dúvida, um dos fatores que contribuíram para o status de auto sustentabilidade atual dessa indústria no país.

Outras variáveis na análise como o custo de aquisição ou arrendamento do terreno, operação e manutenção (O&M), custos com a mão de obra, número de máquinas / painéis, também devem e são levadas em conta no cálculo do retorno do investimento.

A legislação brasileira deverá evoluir no sentido de englobar usinas híbridas, inclusive com novos modelos de precificação e cálculo da garantia física. Já existem movimentos nesse sentido, a exemplo do PLS n. 107 de 2017 ainda em tramitação. Esse projeto de lei irá alterar principalmente o art. 2º da Lei n. 10.848, incluindo na legislação a possibilidade de “empreendimentos existentes com fonte renovável aumentarem suas garantias físicas com o acréscimo de capacidade de geração de energia elétrica a partir de outros tipos de fontes renováveis”.

Essa alteração na legislação, se aprovada, deverá ajudar na viabilização de novos investimentos, inclusive atacando o problema já discutido da inserção das VREs na matriz energética, contribuindo ainda mais com a consolidação das fontes renováveis no país.

Em (BARACCO, 2015) foi analisado a viabilidade financeira da construção de um projeto híbrido eólico-fotovoltaico na região de Caetitê – BA. Trata-se do complexo eólico de Alto dos Sertões, conhecido pelos problemas decorridos no atraso da construção do sistema de transmissão. O parque eólico em questão tem 21,6 MW de capacidade instalada e a usina fotovoltaica 4,8 MW, totalizando 26,4 MW no projeto híbrido. O autor fez as simulações desse caso no programa *Hybrid Optimization Model for Electric Renewables – HOMER*, que permite comparar, com base em critérios

definidos, diferentes opções de design.

Para o caso em questão, o estudo conclui que existe uma grande sensibilidade aos parâmetros de entrada. A uma taxa de financiamento de 11% a.a., considerando a condição de velocidade média anual dos ventos em 8,5 m/s e de 5,72 KWh/m²/d para a irradiação solar, o custo da geração de energia foi calculado em R\$ 0,30 por KWh gerado. Com a velocidade média ajustada para 7 m/s o custo da geração apresentaria um salto para R\$ 0,52 por KWh gerado, um aumento de 73% no custo da geração.

A mesma sensibilidade foi observada variando a taxa de financiamento, mantendo os outros parâmetros das condições meteorológicas. O estudo observou que com a taxa de financiamento em 1%, o custo da geração foi reduzido para R\$ 0,15 por KWh gerado, uma redução de 50% em relação à simulação anterior da usina híbrida. O estudo conclui também que a instalação desse parque híbrido eólico-fotovoltaicos contribuiu para uma redução de até 4% no custo de geração da usina, tomando como referência os preços médios praticados no leilão de Energia de Reserva de 2014.

5.4 Dificuldades Normativas

Apesar das inegáveis vantagens operacionais dos empreendimentos híbridos a efetiva operacionalização desses sistemas ainda esbarra na burocracia da legislação, e nesse caso, também na falta de legislação própria. Apesar de estar em tramitação, o PLS n. 107 de 2017 ainda não foi aprovado, o que significa que efetivamente os projetos híbridos eólicos-fotovoltaicos de grande porte (>5MW) não possuem regulação específica.

Os projetos, portanto, são tratados separadamente como dois agentes individuais, ou seja, devem seguir as resoluções da ANEEL para obtenção de outorga individual: uma da planta eólica (REN ANEEL 391 de 15 de dezembro de 2009) e outra da planta fotovoltaica (REN ANEEL 676 de 25 de agosto de 2015). A REN ANEEL nº 583/2013 determina os documentos e procedimentos necessários para obtenção do Termo de Liberação – TL, para que o agente inicie as operações em teste dos empreendimentos de geração. O processo termina com a emissão pelo ONS do documento que libera a instalação para operação integrada ao SIN.

Em razão da ausência de regulação específica as vantagens no compartilhamento da infraestrutura ficam prejudicadas, além de atrasar a obtenção das autorizações e licenças devidas. Somam-se também custos de origem contábil e fiscal.

Como escreveu (LEONI et al., 2016)

“Pelo tratamento distinto entre as fontes, projetos híbridos esbarram em burocracias, como a necessidade de criação de empresas distintas, gerando custos contábeis e fiscais, impossibilidade de compensação

energética entre as fontes distintas no âmbito de projetos regulados (ACR), ausência de um processo único de licenciamento ambiental, impossibilidade de parecer de conexão unificado junto as distribuidoras e/ou ONS, dentre outras”.

Para os casos com potência superior a 5 MW o agente deve solicitar a ANEEL o chamado despacho de recebimento do requerimento de outorga, mediante a apresentação dos documentos contidos nos anexos I e II das REN 391 e REN 676. Este documento permite aos agentes solicitarem informações de acesso ao ONS ou às concessionárias de distribuição, requerer as licenças e autorizações aos órgãos ambientais competentes e habilitar o empreendimento junto à EPE para participar dos leilões de energia ou, então, diretamente a outorga de autorização.

A ANEEL não solicita outorga para as usinas de ambas as fontes com capacidade reduzida, ou seja, de até 5 MW de capacidade. Para esses casos é necessário somente o registro das mesmas junto a ANEEL no [sitio](#) . O registro não isenta o empreendedor das obrigações ambientais e exigências requeridas por outros órgãos.

Por limitação da legislação, somente após a construção da usina de geração reduzida será possível fazer o seu registro na ANEEL. Essa burocracia causa mais problemas pois existem outros processos que necessitam de ato autorizativo de funcionamento, como licença ambiental, autorização de conexão e processo de cadastro e adesão à CCEE.

5.5 Locais Potenciais

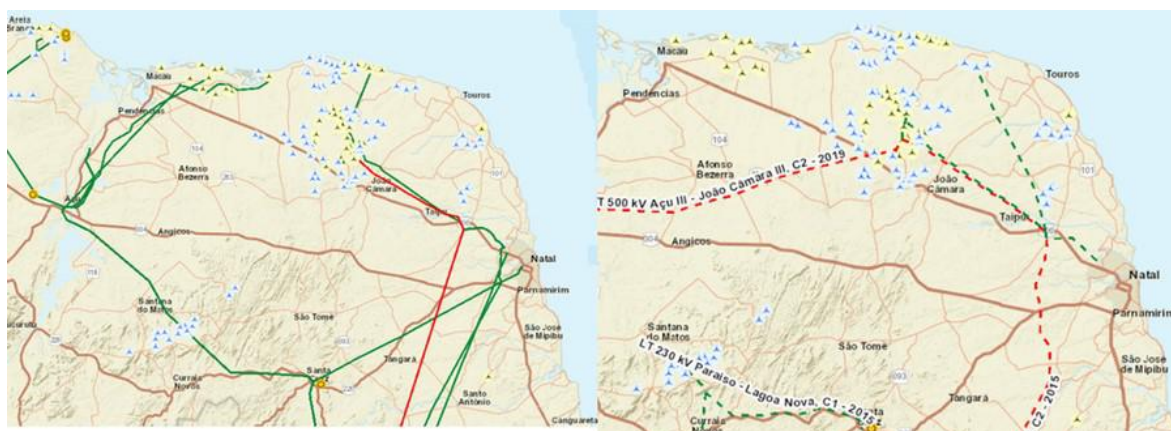
Seguindo a mesma denominação adotada na figura 29 são apresentadas cinco localizações propícias para o surgimento de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas. Como já discutido, cada local com suas particularidades que devem ser avaliadas individualmente, através de investigações como a feita em (LEONI et al., 2016) .

Figura 32 – Localidade 1– Rio Grande do Norte

Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

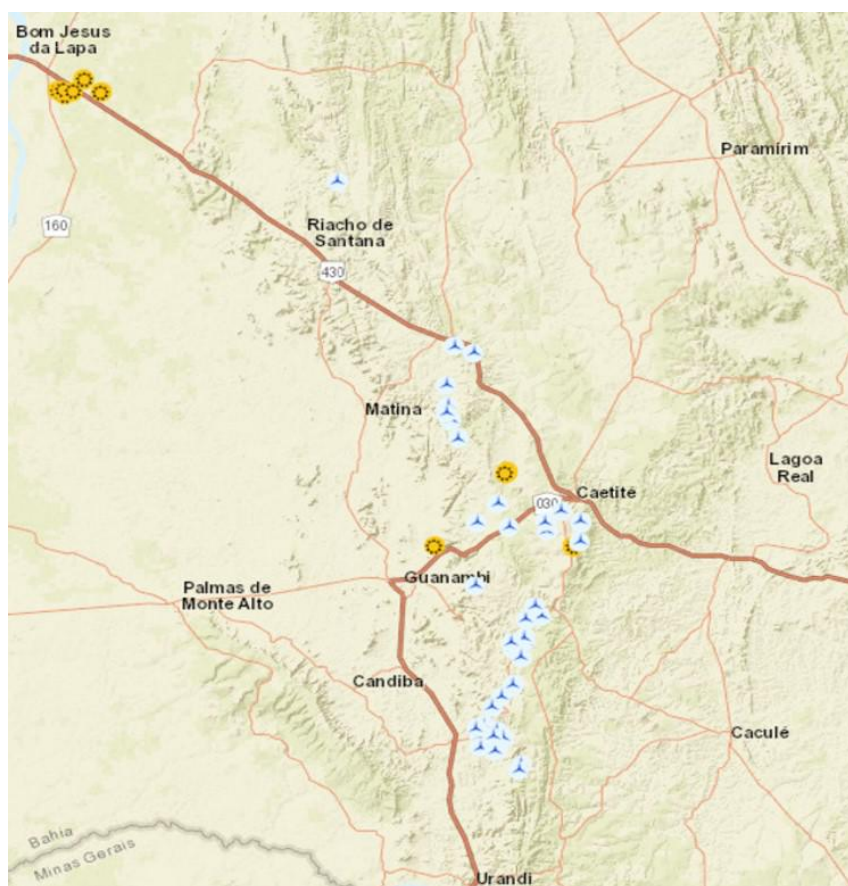
Particularmente, mostra-se o mapa das linhas de transmissão ativas e previstas na localidade 1. As linhas vermelhas pontilhadas são LTs de 500 KV e as verdes pontilhadas são de 230 KV, e caracterizam as linhas planejadas. As em linha cheia são as LTs existentes. Destaca-se essa região pois trata-se da região com maior número de parques eólicos em funcionamento, em região com alta incidência solar e que, portanto, presumivelmente indicada para os parques híbridos.

Figura 33 – Linhas de Transmissão Construídas na localidade 1 (esquerda) e Planejadas (direita)



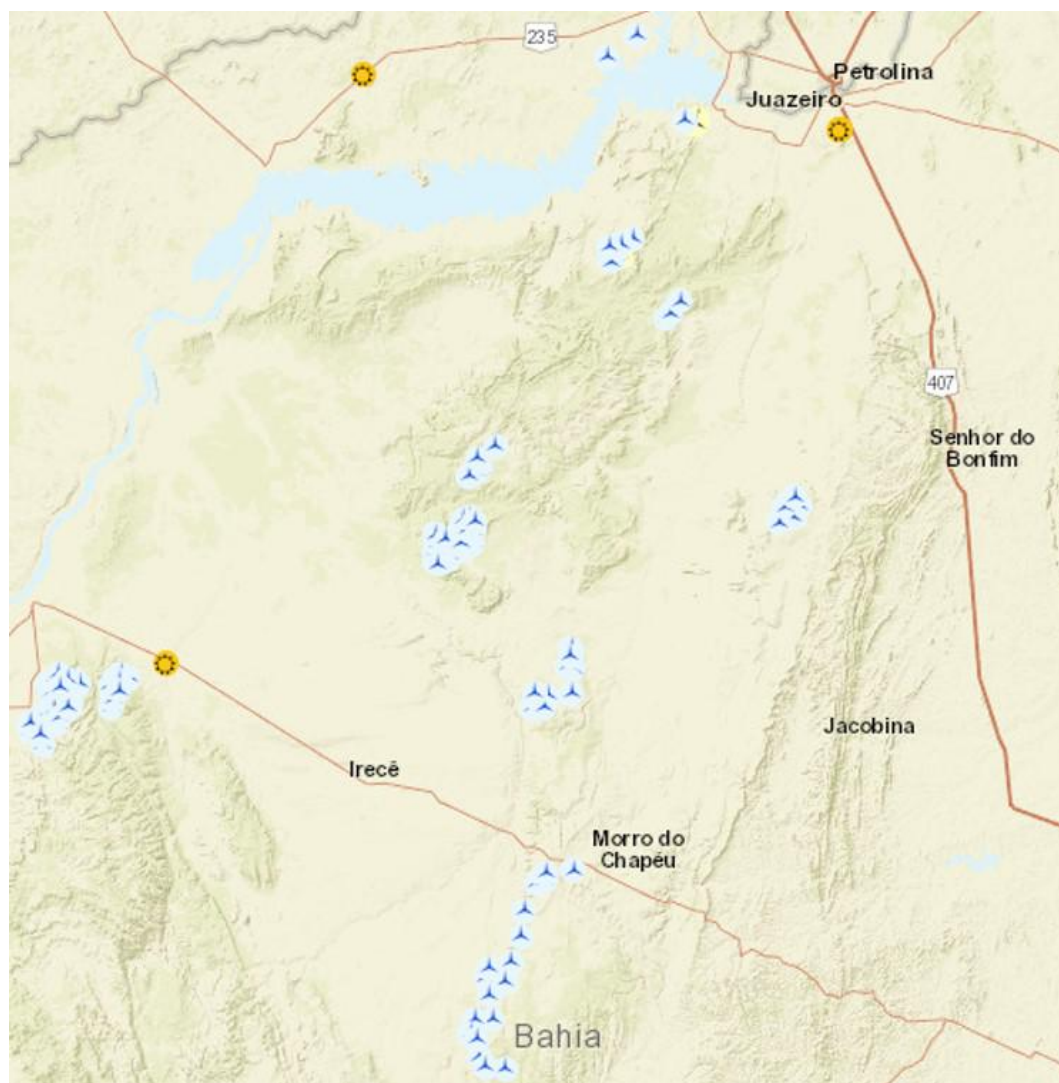
Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

Figura 34 – Localidade 2 e 4 – Sudoeste Baiano – Região de Caetité Bahia

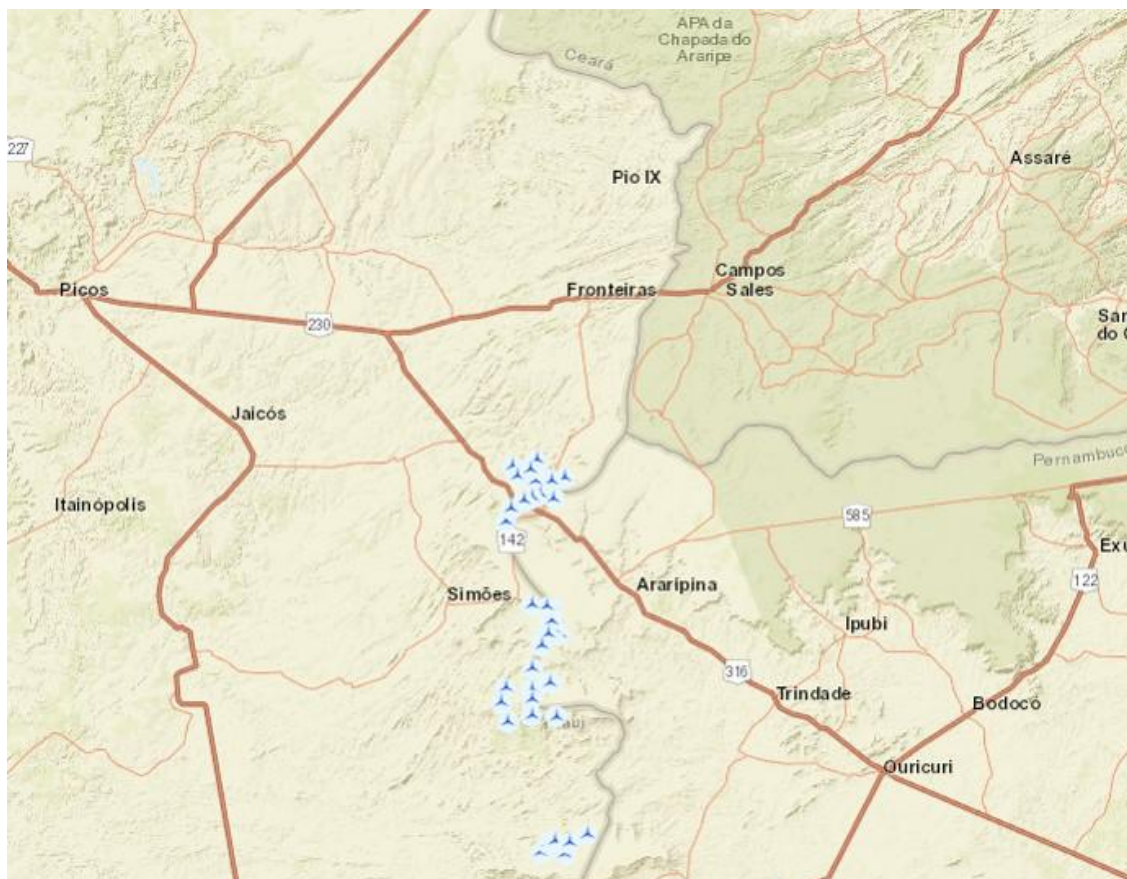


Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

Figura 35 – Localidade 3 – Centro Oeste Baiano



Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

Figura 36 – Localidade 5 – Chapada do Araripe - Pernambuco / Piauí

Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico

As regiões destacadas anteriormente apresentam alta concentração de empreendimentos eólicos já em operação e/ou em processo de construção / outorga. Essas regiões também se apresentam com alta incidência de recurso solar, tornando-as sérias candidatas aos empreendimentos híbridos eólico-fotovoltaico.

No decorrer dos próximos anos é de se esperar que essas regiões no nordeste se tornem grandes exportadoras de energia, um contraponto do que ocorre atualmente na região.

6 CONCLUSÃO

Analisando os dados e as projeções de longo prazo, somado ao contexto de aquecimento global e acordo de Paris, fica evidente que a inserção das fontes de energia renovável vai ocupar cada vez mais lugar na matriz elétrica mundial e também do Brasil.

Dentro desse contexto as usinas híbridas eólico-fotovoltaicas se apresentam não somente como uma solução economicamente rentável para os investidores, com aumento dos ganhos na geração, mas também como uma alternativa aos problemas causados no sistema interligado pelas VREs.

Extrapolando a análise feita para a região de Caetité, conclui-se que a redução dos custos pode ser ainda maior quando se leva em consideração o uso efetivo do terreno arrendado ou comprado e a diluição dos custos com a infraestrutura: linhas de transmissão, subestações, centro de monitoramento de dados dentre outros não analisados no estudo.

Considerando que as condições meteorológicas de Caetité também são encontradas em outras regiões no Brasil, sendo de velocidade média do vento acima de 7,5 m/s e irradiação solar acima de 5 KWh/m²/d, também pode-se imaginar que as condições apresentadas no estudo podem ser replicadas para várias outras áreas do território nacional, tornando os parques híbridos não somente uma opção ecologicamente correta, mas também um excelente negócio para empreendedores e agentes do setor.

Do ponto de vista do investidor, a redução do CAPEX em razão das sinergias das usinas – compartilhamento das infraestruturas, terreno, equipes de O&M etc – pode ser bastante interessante. Além disso existe a possibilidade de redução dos impactos ambientais na otimização do terreno.

Analisando a legislação do setor a constatação é que ainda não existe arcabouço regulatório próprio para as usinas híbridas, apesar dos esforços recentes de reforma do setor, inclusive com o PLS 107 em tramitação. É de se esperar que com essa medida haja um destravamento de investimentos no setor.

Atualmente, devido a dificuldade em obtenção da outorga de maneira unificada para empreendimentos híbridos de grande porte, o risco de atrasos nos trâmites legais para a implantação dos projetos causa preocupação quanto à energização do projeto, o que eventualmente impactaria diretamente no tempo de retorno do investimento do empreendedor.

Referências

ABEEÓLICA. BOLETIM ANUAL DE GERAÇÃO EÓLICA 2016. 2016.

ABEEÓLICA. *brasil-chega-a-marca-de-11-gw-de-energia-eolica-em-capacidade-instalada*. 2017. Disponível em: <<http://www.abeeolica.org.br/noticias/brasil-chega-a-marca-de-11-gw-de-energia-eolica-em-capacidade-instalada/>>.

AMARANTE, O. A. C. D.; ZACK, M. B. E. J.; SÁ, A. L. D. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília, 2001.

ANEEL - Informações Gerenciais. 2017. Disponível em: <[BARACCO, R. P. *Análise Técnica e Financeira de Usina Híbrida Eólica-Fotovoltaica*. 2015. Dissertação \(Curso de Pós-Graduação em Energia\) — UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC, Santo André.](http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa~A\T1\textsection~A\global\let\T1\textmu\unhbox\voidb@x{\def{\MessageBreakfor\symbol'\textmu'}\edefT1{LGR}\xdefT1/phv/m/it/12{\T1/phv/m/n/12}\begingroup\tracingassigns\z@\tracingrestores\z@\tracingcommands\z@\tracingpages\z@\tracingmacros\z@\tracingoutput\z@\showboxbreadth\m@ne\showboxdepth\m@ne\tracingstats\@ne\tracingparagraphs\z@\tracinggroups\z@\escapechar\m@ne\let\MT@subst@T1/phv/m/it/12\def{\@@par}}\T1\textmu\textmues+Gerenciais+1\unhbox\voidb@x{\def{\MessageBreakfor\symbol'\textordmasculine'}\edefT1{TS1}\xdefT1/phv/m/it/12{\T1/phv/m/n/12}\begingroup\tracingassigns\z@\tracingrestores\z@\tracingcommands\z@\tracingpages\z@\tracingmacros\z@\tracingoutput\z@\showboxbreadth\m@ne\showboxdepth\m@ne\tracingstats\@ne\tracingparagraphs\z@\tracinggroups\z@\escapechar\m@ne\let\MT@subst@T1/phv/m/it/12\def{\@@par}}+trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>. Acesso em: 20/06/2017.</p>
</div>
<div data-bbox=)

BRASIL, P. Aneel registra mais de 7,6 mil conexões de geração distribuída. Janeiro 2017. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/01/aneel-registra-mais-de-7-6-mil-conexoes-de-geracao-distribuida>>.

COMITÊ DE MONITORAMENTO DO SETOR ELÉTRICO (CMSE). *Nota Informativa – 3 de maio de 2017*. [S.l.], 2017. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/16368780/Anexo+1_Nota+Informativa+-+180\global\let\T1\textordfeminine\unhbox\voidb@x{\def{\MessageBreakfor\symbol'\textordfeminine'}\edefT1{TS1}\xdefT1/phv/m/it/12{\T1/phv/m/n/12}\begingroup\tracingassigns\z@\tracingrestores\z@\tracingcommands\z@\tracingpages\z@\tracingmacros\z@\tracingoutput\z@\showboxbreadth\m@ne\showboxdepth\m@ne\tracingstats\@ne\tracingparagraphs\z@\tracinggroups\z@\escapechar\m@ne\let\MT@subst@T1/phv/m/it/12\def{\@@par}}\T1\textordfeminine\textordfeminine+Reuni~A\T1\textsterlingo+do+CMSE_03-05-2017.pdf/a261b4b3-dbcf-40e6-af9c-d474d36a710a>. Acesso em: 25/07/2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO: AVALIAÇÃO DA GERAÇÃO DE USINAS HÍBRIDAS EÓLICO-FOTOVOLTAICAS*. [S.l.], 2017. Disponível

em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/EPE-DEE-NT-025_2017-r0_Usinash~A\discretionary{-}{-}{-}bridaseOLEUFV.pdf>. Acesso em: 26/07/2017.

EPE, E. B. de P. E. . *Custo Marginal de Expansão - CME*. [S.l.], 2016. Metodologia e Cálculo.

ESSAKIAPPAN, S.; MANJREKAR, M.; ENSLIN, J. A utility scale battery energy storage system for intermittency mitigation in multilevel medium voltage photovoltaic system. *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) IEEE*, 2015.

GOLDEMBERG, L. T. S. e J. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. *Tempo Social – USP*, 2003.

GWEC. Global Wind Market Report. 2016. Disponível em: <<http://files.gwec.net/register?file=/files/GWR2016.pdf>>. Acesso em: 25/07/2017.

HOLLANDA, C. C. e L. Setor Elétrico: da MP 579 ao pacote financeiro. *Informativo de Energia FGV*, v. 001, Março 2014. Disponível em: <http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/artigos/20140331_informativo_1_setor_eletrico_0.pdf>. Acesso em: 25/07/2017.

IEA. *The Power of Transformation: Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems*. [S.l.: s.n.], 2014. ISBN 978 92 64 20803 2.

JONGSUWANWATTANA, N.; CHERDSANGUAN, N.; CHAYAVICHITSILP, V. Storage systems for utility-scale solar and wind. *Power Engineering International*, 2016. Disponível em: <<http://www.powerengineeringint.com/articles/print/volume-24/issue-7/features/storage-systems-for-utility-scale-solar-and-wind.html>>. Acesso em: 25/07/2017.

KONZEN, G. *5 Maneiras de Mitigar os Efeitos da Geração Intermitente*. 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/5-maneiras-de-mitigar-os-efeitos-da-gera~A\T1\textsection~A\T1\textsterlingo-gabriel-konzen>>. Acesso em: 25/07/2017.

LEONI, P. et al. Projeto híbrido eólico-solar: Uma alternativa para aumentar a competitividade e facilitar a penetração de projetos fotovoltaicos de maior porte no país. In: BRAZIL WIND POWER, 2016, Rio de Janeiro. [S.l.], 2016.

MELLO, P. R. e G. Choque recessivo e a maior crise da história: A economia brasileira em marcha à ré i. *Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica - IE/UNICAMP Nota do Cecon*, n.1,, Abril 2017.

MME. Energia Eólica no Brasil e Mundo. agosto 2016. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E~A\global\et\T1\textthreesuperior\unhbox\voidb@x{\def{MessageBreakfor\symbol'\textthreesuperior'}\edefT1{TS1}\xdefT1/phv/m/it/12{T1/phv/m/n/12}\begingroup\tracingassigns\z@\tracingrestores\z@\tracingcommands\z@\tracingpages\z@\tracingmacros\z@\tracingoutput\z@\showboxbreadth\m@ne\showboxdepth\m@ne\tracingstats\@ne\tracingparagraphs\z@\tracinggroups\z@\escapechar\m@ne\let\MT@subst@T1/phv/m/it/12\def{@@par}}T1\textthreesuperior\textthreesuperiorlica+-+ano+ref++2015+\(3\).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3894319/Energia+E~A\global\et\T1\textthreesuperior\unhbox\voidb@x{\def{MessageBreakfor\symbol'\textthreesuperior'}\edefT1{TS1}\xdefT1/phv/m/it/12{T1/phv/m/n/12}\begingroup\tracingassigns\z@\tracingrestores\z@\tracingcommands\z@\tracingpages\z@\tracingmacros\z@\tracingoutput\z@\showboxbreadth\m@ne\showboxdepth\m@ne\tracingstats\@ne\tracingparagraphs\z@\tracinggroups\z@\escapechar\m@ne\let\MT@subst@T1/phv/m/it/12\def{@@par}}T1\textthreesuperior\textthreesuperiorlica+-+ano+ref++2015+(3).pdf/f5ca897d-bc63-400c-9389-582cd4f00ea2)>. Acesso em: 25/07/2017.

NREL, N. R. E. L. . Q3/Q4 2016 Solar Industry Update. *Sun Shot - U.S. Department of Energy*, Dezembro 2016. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy17osti/67639.pdf>>. Acesso em: 25/07/2017.

ONS. Boletim Mensal de Geração Eólica. Março 2017. Disponível em: <http://www.ons.org.br/download/resultados_operacao/boletim_mensal_geracao_eolica/Boletim_Eolica_mar_2017.pdf>.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2006, São José dos Campos. [S.l.], 2006.

SALINO, P. J. *Energia Eólica no Brasil*: Uma comparação do PROINFA e dos novos Leilões. 2011. Monografia (Engenharia Ambiental) — UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf>>. Acesso em: 25/07/2017.

SETOR complexo desafia governos e modelos de gestão. Senado Federal, n. 25, 2015. Revista Em Discussão.

TIEPOLO, G. M. et al. COMPARAÇÃO ENTRE O POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO PARANÁ COM ALEMANHA, ITÁLIA E ESPANHA. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, Recife. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gerson_Tiepolo/publication/275828922_COMPARACAO_ENTRE_O_POTENCIAL_DE_GERACAO_FOTOVOLTAICA_NO_ESTADO_DO_PARANA_COM_ALEMANHA_ITALIA_E_ESPANHA/links/5547f2930cf2e2031b384c36.pdf>.