

ANÁLISE DOS INCENTIVOS POLÍTICO- ECONÔMICOS À ENERGIA EÓLICA NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A PROMOÇÃO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

POLICY PAPER

SETEMBRO 2020



Autores

Fernanda Fortes Westin

William Wills

Agradecimentos

CentroClima/Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro – LIMA/ COPPE/ URFJ

ANÁLISE DOS INCENTIVOS POLÍTICO-ECONÔMICOS À ENERGIA EÓLICA NO BRASIL:

DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A PROMOÇÃO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

1

INTRODUÇÃO 5

2

CONTEÚDO LOCAL (CL), FINANCIAMENTO ATRAENTE E ISENÇÕES FISCAIS COMO INDUTORES DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO 5

3

DESAFIOS E OPORTUNIDADES DO SETOR EÓLICO BRASILEIRO ... 7

4

O BRASIL IRÁ INVESTIR EM ENERGIA EÓLICA OFFSHORE? 9

5

CONCLUSÕES..... 11

Referências 12

O artigo foi produzido como parte dos esforços da Climate Transparency, uma parceria internacional de 14 organizações de pesquisa e ONGs que compara as ações climáticas no G20, e faz parte de uma série que examina o status, as oportunidades e os desafios na descarbonização do setor de transportes nos países do G20. Pode-se fazer o download dos artigos em:

www.climate-transparency.org



SUMÁRIO EXECUTIVO

Este *paper* traz um breve histórico sobre o desenvolvimento das exigências de conteúdo local ou índice de nacionalização na indústria energética brasileira e apresenta os principais desafios e oportunidades do setor eólico nacional.

A produção de energia eólica cresceu muito no Brasil nas últimas duas décadas devido à significativa redução dos custos envolvidos e aos incentivos recebidos do governo federal. Apesar desse crescimento expressivo, para que o país atinja os objetivos do acordo de Paris, e chegue a emissões de gases de efeito estufa próximas de zero em torno de 2050, é necessário que a geração renovável de energia elétrica avance ainda mais. Fontes como a eólica, a solar e até mesmo a eólica offshore poderão desempenhar um papel fundamental para o alcance desse objetivo ambicioso.

Juntamente com os incentivos à energia eólica, o governo brasileiro instituiu uma política de conteúdo local para a indústria eólica, tendo como objetivo principal trazer as cadeias de produção desses equipamentos para o Brasil, e assim, trazendo junto emprego e renda para a população. Por outro lado, a política de conteúdo local pode encarecer e desacelerar o crescimento dessas fontes, e portanto, críticas podem ser feitas a esse tipo de exigência.

“O nível de conteúdo ou fornecimento local, ou simplesmente conteúdo local, é o percentual das demandas totais de bens e serviços, feitas pelas empresas atuantes no Brasil e requeridas pelos investimentos nesta atividade, que é fornecido por empresas nacionais fornecedoras de bens e serviços”. A exigência do índice de nacionalização no setor energético brasileiro visou impulsionar a formação da indústria. Começou no setor de Petróleo entre os anos 70 e 80, sendo fundamental para que o setor de petróleo brasileiro (especialmente o setor *offshore*) se tornasse um dos maiores do mundo, com o monopólio da Petrobras. Esse incentivo se deu justamente após o choque do Petróleo, onde o país se viu com “elevada dependência de diferentes economias nacionais”, onde 80% do petróleo consumido no Brasil era importado, gerando grande impacto econômico (CANELAS, 2007).

No caso da energia eólica, o “apagão” de 2001, uma crise energética que afetou especialmente as regiões Sudeste e Centro-Oeste, que ocorreu por falta de planejamento e ausência de investimentos em geração e distribuição de energia, agravada pelas poucas chuvas (Iguaçu Energia, 2020), foi o impulso para o lançamento do Programa de Incentivos às Fontes Alternativas, com o objetivo de iniciar a diversificação da matriz elétrica bra-

sileira, que dependia cerca de 70% de hidrelétricas, que, por sua vez, são dependentes das chuvas. Além disso, já havia a pressão internacional para matrizes energéticas mais limpas, a fim de atender ao Protocolo de Quioto, um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, ratificado pelo Brasil em agosto de 2002 pelo Decreto Legislativo nº 144 de 2002 (MMA, 2020).

“O aumento da consciência e da competência interna brasileira para o uso de fontes renováveis, o cenário internacional favorável à promoção de energias mais limpas, a problemática do efeito estufa e do aquecimento global e a necessidade de comprometimento de países na redução de GEE criaram um cenário político favorável para promoção das fontes de energia renováveis”. O PROINFA tinha como um dos seus objetivos reduzir 14,5 milhões de toneladas de CO₂ em 20 anos, e gerar créditos de carbono – não obrigatórios – estimados em 370 milhões de reais para o mesmo período (considerando a unidade de Redução Certificada de Emissões (CER) a US\$ 15 dólares e o dólar a R\$ 1,70, com aproveitamento econômico da Eletrobrás, o que gerou pouco interesse por parte dos empreendedores (SALINO, 2011).

Diversos foram os desafios e oportunidades do setor eólico para se estabelecer no Brasil, sendo descritos aqui. Contudo, hoje o país é o oitavo no ranking mundial e a segunda maior capacidade nas Américas, atrás somente dos EUA, responsável por 9% da geração elétrica do Brasil (ABEEólica, 2020).

As reduções do custo nivelado (LCOE) da energia eólica na última década (e em particular nos últimos cinco anos), possibilitadas pelos incentivos políticos e econômicos, mudaram fundamentalmente a posição competitiva da indústria eólica no Brasil em uma posição forte para realizar a transição energética.

A Figura 1 do GLOBAL WIND COUNCIL – GWEC (2020b) resume as ações necessárias para a existência de um mercado de energia sustentável. Dentre as ações descritas, o Brasil atendeu a diversos requisitos de um “mercado sustentável” desde preparação da Infraestrutura (formação de clusters industriais a partir da exigência de Conteúdo Local), preço justo conseguido a partir do sistema de leilões, garantindo competitividade com outras fontes, aprendizado político e implementação, certificação de parques eólicos (em 2018, 102 parques receberam Certificados de Energia Renovável pelo I-REC (*International REC Standard*)¹, os parques eólicos em 2018 conseguem evitar a emissão de 22 toneladas de CO₂/ano atualmente entre outros benefícios.

¹ I-REC (*International REC Standard*) é um sistema global de rastreamento de atributos ambientais de energia, os consumidores de eletricidade podem comprovar a rastreabilidade da energia renovável (1 REC = 1000 kilowatts hora de energia renovável injetada no sistema elétrico renovável).

Figura 1. Componentes de um mercado de energia sustentável



RPS – Renewable Portfolio Standards

PPA – Power Purchase Agreements ou Contrato de Compra de Energia

Fonte: Adaptado de GWEC (2020b).

Ainda há muito a avançar em termos de mercado de crédito de carbono e busca pelo crescimento do setor eólico, permitindo a manutenção da indústria do setor eólico a partir dos serviços de operação e manutenção, além da exportação de equipamentos, por exemplo. Ainda, o avanço do setor de eólica *offshore* deve ser levado em conta devido ao grande potencial existente (700 GW inventariados), aproveitando-se da experiência do setor de E&P do petróleo no Brasil e da infraestrutura estabelecida para ambos os setores e que poderá ser adaptada.

O desafio agora é garantir a manutenção da indústria brasileira através da exportação dos equipamentos, especialmente para o mercado do cone-Sul e ampliar as possibilidades de geração da energia eólica *offshore* viabilizando uma transição energética cada vez maior e com possibilidades de armazenamento através do hidrogênio.

Esse *paper* identificou alguns desafios, oportunidades e são listadas algumas recomendações para tomadores de decisão visando entender e ampliar a transição energética a fim de alcançar os objetivos assumidos no Acordo de Paris (reduzir em quase 40% as emissões do país com relação aos níveis de 2005):

1. Estratégias de políticas de incentivo setoriais funcionam, e podem ser voltadas ao atendimento dos objetivos de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).
2. Incorporar os ganhos sociais econômicos relevantes para o país como geração de emprego, capacitação da mão de obra e renda a partir dos parques eólicos (especialmente na região nordeste), minimizando os danos ambientais (impactos visuais, auditivos etc.).
3. O mercado de carbono precisa ser mais efetivo no Brasil, devendo ser ampliado o processo de certificação.
4. A Energia eólica pode servir como fonte complementar às hidrelétricas (sudeste x nordeste x sul), na integração do sistema elétrico Nacional (SIN).

A redução dos subsídios aos combustíveis fósseis, direcionando investimentos para novas tecnologia limpas e eficientes (geração de energia eólica *offshore* para aproveitamento do hidrogênio).

5. Ganhos tecnológicos para o setor devem ser incentivados, direcionando custos e benefícios para a transição energética ambiciosa, levando em conta os ganhos energéticos, sociais e ambientais dentro do planejamento do setor elétrico nacional.

INTRODUÇÃO

O Brasil deu início ao desenvolvimento de sua indústria eólica através de políticas de incentivo como a Lei do PROINFA, que teve como objetivo promover a diversificação da matriz elétrica brasileira e promover fontes mais limpas de energia elétrica, contribuindo para os compromissos climáticos globais.

A política de promoção das fontes alternativas de energia elétrica, teve como premissa o conteúdo local e a tarifa *feed in*, dando início ao desenvolvimento da indústria brasileira para o Setor, passando posteriormente para o sistema de leilões, levando o Brasil de 1.500 MW (desde o PROINFA) para 15.400 MW atuais, após sofrer diversos aprendizados políticos e tecnológicos. Contudo, o crescimento do setor propiciado pelas políticas de CL e outros incentivos trouxeram ganhos consideráveis para a economia (geração de cerca de 150 mil empregos no período, renda para famílias arrendatárias de terras para parques eólicos etc., modicidade tarifária, economia em escala) e para o clima (emissões de 21 milhões ton. CO₂/ano evitadas). Dado esse panorama, o *paper* foi dividido nas seguintes seções:

Seção 1 – Conteúdo Local (CL), financiamento atraente e isenções fiscais como indutores do setor energético brasileiro – Faz um breve apanhado histórico das medidas tomadas para a implantação da indústria de petróleo e de energia eólica no país. Ambos exemplos mostram a importância das medidas de incentivo financeiro, político e econômico para deslançar o setor.

Seção 2 – Desafios e oportunidades do setor eólico brasileiro – Apresenta, de forma geral, os desafios e oportunidades do setor eólico brasileiro

Seção 3 – O Brasil irá investir em energia eólica offshore? Mostra que um futuro promissor para a energia eólica *offshore* como indutora da transição energética, considerando a parceria com o setor da indústria de E&P de petróleo *offshore*, e por seus elevados custos, dependerão de novas políticas de desenvolvimento quando o mercado estiver mais favorável.

O propósito desse *paper* é avaliar a evolução, destacando os desafios e benefícios do setor eólico, assim como outras fontes de energia que precisam de incentivos para se implementarem e se tornarem competitivas em um país e, a partir disso, identificar as oportunidades para se alcançar a transição energética.



1. CONTEÚDO LOCAL (CL), FINANCIAMENTO ATRAENTE E ISENÇÕES FISCAIS COMO INDUTORES DO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

As políticas energéticas vêm sendo articuladas a políticas industriais e tecnológicas para promover o desenvolvimento industrial e obter os ganhos de eficiência e produtividade.

Desde a criação da Petrobrás em 1953, as políticas de Conteúdo Local surgiram para “impulsionar o desenvolvimento da indústria para-petrolífera”, intensificando-se a partir da década de 70, quando iniciou as atividades de refino e também para se tornar líder em tecnologias de Exploração e Produção (E&P) *offshore* e, no final da década de 80, conseguiu-se 90% de conteúdo local. Isso foi possível através de subsídios à P&D, programas de substituição de importações, programa de capacitação de mão de obra, além da adoção do CL como critério nas rodadas de licitação” (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Já no setor de energia de fontes renováveis alternativas, além das demandas de enfrentamento às mudanças climáticas, o Brasil viu a necessidade de diversificar sua matriz elétrica a partir da crise energética de 2001, quando as hidrelétricas ficaram com pouca água para abastecer de eletricidade o país. A partir de então, criaram, a partir da Lei 10.438/2002, o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, que conseguiu, através de uma tarifa *feed-in*, estabelecer 54 usinas eólicas no país, contudo, era necessário ter 60% de conteúdo local nessas usinas, inicialmente, e ainda tinha o objetivo de aumentar a participação de produtores autônomos no Sistema Interligado Nacional (WES-TIN; La ROVERE & BRITO, 2012). Inicialmente somente a empresa Wobben operava no Brasil (desde 1996), conseguindo ampliar seus parques eólicos através do PROINFA.

A transição do *Feed in Tariffs* (FITs) para o leilão foi um importante ponto de virada em muitos mercados para ajudar a reduzir o custo nivelado de energia (LCOE) de energia renovável por meio de concorrência maior e transparência de preços (GWEC, 2020).

Com a crise econômica que atingiu fortemente os mercados europeus e norte-americanos em 2007-2009 (EVANS, 2011), empresas internacionais vieram buscar mercado no Brasil, auxiliando no desenvolvimento da cadeia produtiva nacional, incluindo empresas de capacitação de mão de obra.

A princípio, o conteúdo local não conseguia ter as exigências atendidas, e então acabou adotando a metodologia considerando 60% do peso do equipamento, visto que o Brasil produzia mais as partes de torres e fundações (chamado de “pacote de sustentação”), que são as partes mais pesadas. As regras de requerimento do índice de nacionalização foram mudando com o tempo, permitindo que as empresas se adaptassem gradualmente a essas exigências, chegando a financiar até 70% do projeto, com 80% do índice de nacionalização (BNDES, 2020).

De acordo com ARAÚJO & WILLCOX (2018), muitos foram os desafios para o desenvolvimento da cadeia produtiva relacionada à fabricação dos aerogeradores que estão entre 64 e 84% dos cus-

tos totais de um parque eólico. Como resultado desse crescimento da capacidade instalada, os custos médios de equipamentos foram reduzidos de 4800 R\$/MW (1515 US\$/MW) para cerca de 3500 R\$/MW (1104 US\$/MW) entre 2009 e 2015, de acordo com informações dos leilões fornecidos pela EPE (2016) *apud* ARAÚJO & WILLCOX (2018).

Assim, a flexibilização das exigências de conteúdo local para se obter financiamento do BNDES permitiu maiores investimentos e melhoria na curva de aprendizado das empresas do setor, especialmente com relação aos pacotes “aerodinâmico” e “de conversão eletromecânica”. O padrão dominante de aerogerador produzido no país atualmente é o de médio e grande porte (com potência superior a 0,5 MW).

Com a produção em escala propiciada pela Política de Conteúdo Local no país e o consequente estabelecimento de uma cadeia produtiva no Brasil, os custos de geração vêm caindo, assim como os custos de investimento nos parques eólicos e na fabricação de aerogeradores (EPE, 2013, 2016 *apud* ARAÚJO & WILLCOX, 2018). O mesmo ocorreu com a indústria de Petróleo, que recebeu incentivos fiscais e financeiros para deslançar e hoje (ainda recebendo subsídios) possui mercado consolidado no país. A tabela 1 mostra a evolução das políticas de incentivo do governo brasileiro tanto para o setor de petróleo quanto para o setor eólico.

Os incentivos fiscais foram fundamentais para a promoção do setor, visto que nem todos os equipamentos (especialmente de alto conteúdo tecnológico) poderiam ser produzidos no Brasil. Dentre as principais ações tomadas, mesmo que temporárias, destacam-se WESTIN; La ROVERE & BRITO (2012) e ARAÚJO & WILLCOX (2018):

- Isenção de recolhimento do PIS/COFINS, desde que habilitados no Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura (pela Lei nº 11.488/2007, Decreto 6.144/2007 e Instrução Normativa 758/2007),
- Isenção do IPI sobre equipamentos e componentes utilizados em turbinas (pelo Decreto 8.950/16),
- Isenção do ICMS dentro do Convênio CONFAZ ICMS 101/96 e 109/14 e
- Isenção do Imposto de Importação para turbinas de potência superior a 2.640 kW (Resolução Camex 125/16).

As políticas públicas para a promoção dos mercados domésticos e os investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P, D & I) e a consolidação local de fabricantes de aerogeradores impulsionam os mercados dos países geradores de energia eólica). No entanto, para conseguirem ser competitivas nos novos mercados, diversas empresas do setor tiveram que sofrer fusão, a exemplo da GE e da Alstom (GE Energy), além da aquisição da LM-Wind (fabricação de pás) a Siemens e a Gamesa, a fim de obter ganhos de escala relevantes, com grande redução no custo dos equipamentos. Assim, pode-se dizer que “a indústria eólica é global, com fortes raízes locais e regionais” (ARAÚJO & WILLCOX, 2018).

Atualmente, existem nove empresas de montagem de turbinas eólicas foram instaladas após os programas de incentivo no Brasil, com as seguintes capacidades anuais: WEG (200 MW), Wobben/Enercon (500 MW), GE (1.000 MW), Alstom (400 MW), Gamesa (400 MW), Acciona (300 MW) e Vestas (400 MW), (ABDI, 2014). No entanto, destaca-se que a Suzlon deixou o mercado brasileiro em 2017 por não se enquadrar nas exigências de Conteúdo Local do BNDES e a Impsa entrou em processo de falência em 2014 (FERREIRA, 2017).

Tabela 1: **Evolução das políticas de conteúdo local nos setores de petróleo e energia eólica no Brasil**

Setor petróleo	Setor energias alternativas
Substituição de importações – 1970-1980	PROINFA (2002)
Rodadas de licitação (Procap 1986-1992)/ (Procap 2000 – 1993-1999)/ Procap Visão Futuro (2013 e 2015)	Incentivos fiscais para equipamentos eólicos (Isenção de IPI e ICMS) e para projetos de transmissão de energia elétrica na modalidade leilão (PIS/PASEP e COFINS - Lei. 11.488/2007 - REIDI)
Conteúdo Local (x% livre, de 1999 a 2002/ x% por localização, de 2003 a 2017 e x% máximo, de 2005 a 2017)	Leilões de Energia (a partir de 2009)
Inova Petro – 2012 → Financiamento de projetos de P&D	Financiamento público dos parques eólicos (BNDES como vetor principal)
Certificação de CL pela ANP (2005)/ cartilha de conteúdo local (2013)	Incentivo à localização da atividade produtiva (credenciamento de aerogeradores no BNDES e obtenção da certificação de CL pelo sistema CFI)
PEDEFOR (2016)	
Processo de fiscalização e multas	Descrédenciamento do BNDES em caso de descumprimento do CL

*ANP – Agência Nacional do Petróleo / CFI - Credenciamento de Fornecedores Informatizados / PEDEFOR - Programa de Estímulo à Competitividade da Cadeia Produtiva, ao Desenvolvimento e ao Aprimoramento de Fornecedores do Setor de Petróleo e Gás Natural / PROCAP - Programa de Capacitação em Águas Profundas/ IPI – Imposto sobre Importação/ ICMS – Imposto sobre Mercadorias e Prestação de Serviços/ PIS - Programa de Integração Social / PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público/ COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social/ REIDI – Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura.

Fonte: Adaptado de Almeida *et al.*, (2016) e WESTIN; La ROVERE & BRITO (2012) e ANEEL (2017).

2. DESAFIOS E OPORTUNIDADES DO SETOR EÓLICO BRASILEIRO

Em 2018, o Brasil foi classificado como o sexto país no ranking mundial de capacidade eólica *onshore* instalada e o quinto em volume de novos investimentos (GWEC, 2019). No mesmo ano figurou também como o 2º país com maior capacidade instalada (MW) nas Américas, como mostra o Gráfico 1.

Outro fator de competitividade comparado com o resto do mundo é que, o Fator de Capacidade (FC) médio *onshore* mundial é de aproximadamente 34% e, no Brasil, este FC médio foi de 42,7% em 2019 e durante a “safra dos ventos” pode alcançar um FC de 60% (ABEEólica, 2019).

Desafios

Os desafios enfrentados pelo setor eólico para se desenvolver no país foram:

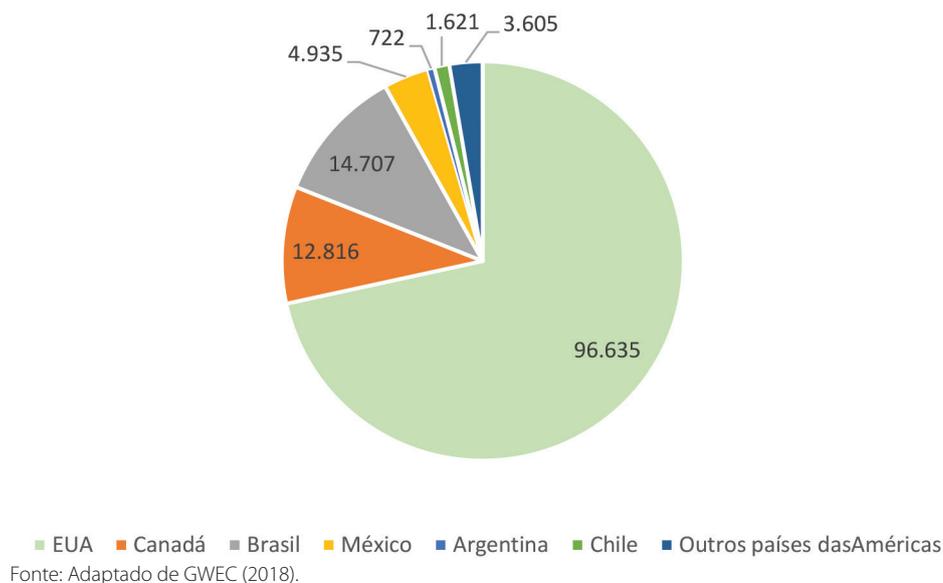
- Adequação das empresas para atender ao índice de nacionalização dos equipamentos, visto que a maioria dos projetos de parques eólicos foram desenvolvidos com o apoio do BNDES;
- Concorrer com as demais fontes de energia, mais baratas. A introdução do programa de licitação competitiva na forma do chamado “Leilão de Energia de Reserva” – LER (Decreto 6.353/08) e outros tipos de leilões permitiram que a energia eólica tivesse mercado

- Adequação da infraestrutura de transporte (estradas, portos etc.)
- Atrasos no processo de licenciamento ambiental – “não havia como prever um sítio arqueológico, que só seria encontrado durante as escavações das obras de transmissão” (REVISTA GTD, 2013).
- Atrasos na instalação das linhas de transmissão e distribuição e intermitência na geração (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2013).

Para resolver esse problema de escoamento da energia produzida pelos parques eólicos e outras fontes constantes no Proinfa (como a Biomassa, Pequena Central Hidrelétrica), criou-se a Resolução Normativa nº 320/ 2008, da ANEEL, que trata sobre a Conexão Compartilhada – ICG para o acesso à Rede Básica do Sistema Interligado Nacional, por meio de concessões leiloadas. Contudo, por serem os projetos eólicos longe dos centros de distribuição de energia, isso toma mais tempo para implantação de transmissão. Assim, a ANEEL começou a concatenar a entrada em operação comercial das eólicas com os seus respectivos sistemas de transmissão e mexeu nos critérios para participação nos novos leilões de transmissão (as empresas não poderiam ter histórico de atraso na execução das obras superior a seis meses e estabeleceu maior prazo para implantação dos empreendimentos, por exemplo), (REVISTA GTD, 2013).

Gráfico 1. Capacidade instalada em 2018 nos países das Américas

Capacidade instalada nos países das Américas (MW)



Ademais, a expansão de infraestrutura de transmissão permite uma maior integração de renováveis na matriz, enquanto parques híbridos, baterias e novos modelos de projeto que mitigam curva de variabilidade do vento como recursos para aumentar a flexibilidade e confiabilidade do sistema (GWEC, 2020).

- Falta de mão de obra capacitada: Importação de mão de obra ou investimento em capacitação por parte das empresas do setor
- Ausência de laboratórios especializados segue como um dos principais gargalos ao desenvolvimento tecnológico, o que requer maior investimento em P&D para universidades e centros de pesquisa em conjunto com empresas para fomentar o setor (CGEE, 2012).
- Incentivo maior para produção de produtos com baixo conteúdo tecnológico e mais difíceis de serem transportados, como pás e torres.
- Taxas de juros altas, maiores custos de produção (peças de alto conteúdo tecnológico, por exemplo)
- Queda no preço da energia eólica leva ao fortalecimento do mercado livre para compra e venda de energia eólica (contratos bilaterais).

Oportunidades

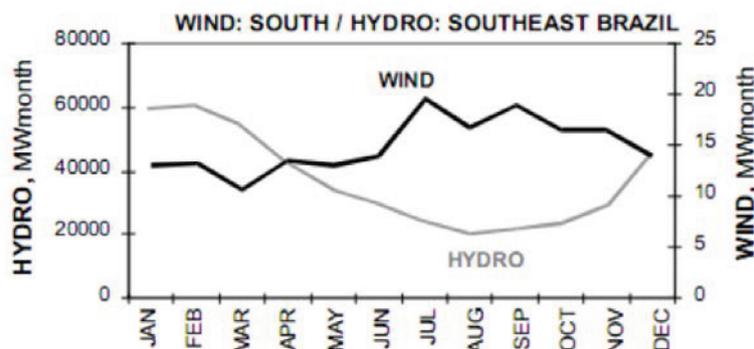
De acordo com o CEBDS (2016), entre os fatores que levaram ao sucesso da implantação da fonte eólica no Brasil, destacam-se:

- Queda na demanda por novos projetos em países desenvolvidos, que gerou ociosidade nos fabricantes de equipamentos;
- Estabilidade cambial (dólar a R\$ 1,7-1,8) no período de financiamento das usinas contratadas nos primeiros leilões (2009-2012);
- Mitigação de risco, com prazo maior para garantia física, uma vez que ainda não tinha medição consolidada;
- Competitividade da fonte no Brasil, com um custo de produção (R\$ 130/MWh) similar ao da hidrelétrica.

Entre as demais oportunidades identificadas, tem-se:

- Criação de clusters regionais: Dos benefícios e oportunidades que surgiram a partir do desenvolvimento da indústria eólica no Brasil, destacam-se as políticas de incentivo propiciaram o surgimento de novas empresas e criação de clusters industriais no país, sendo mapeados fornecedores de subcomponentes para itens como nacelle, cubo e torre (especialmente nos estados de São Paulo com a cadeia de metal-mecânica para torres de concreto ou suprimento de resinas, fibras, fixadores e adesivos para lâminas, e também nos estados da Bahia, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Alguns fornecedores estão localizados próximos às montadoras, dependendo do tipo de cadeia de suprimentos (ABDI, 2014).
- Investimentos em ações de capacitação pelas empresas do setor e P&D pela ANEEL, recebendo cerca de R\$ 245 milhões entre 2008 e 2017 (CNI, 2019)
- Geração de renda a partir do arrendamento de terras para a instalação de turbinas – Média de R\$ 1.500,00 mensais para as famílias arrendatárias. Cerca de 40% das empresas do setor investiram em filiais no Nordeste (região com menor Produto Interno Bruto – PIB do país, onde estão localizadas mais de 80% das turbinas eólicas em funcionamento, gerando emprego para a região mais carente do país – cerca de 15 empregos por MW instalado -, de acordo com a ABEEólica (2015).
- Modicidade tarifária, tornando-se competitiva com outras fontes a partir do sistema de leilões
- Possibilidade de geração combinada com outras fontes: complementariedade com hídrica e biomassa

A produção dos parques eólicos no Nordeste é maior na época de menor vazão do afluente do Rio São Francisco, por exemplo. Também existe complementariedade sazonal entre o sistema hidrelétrico do Sudeste e a produção eólica no Sul, de acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (ANEEL, 2001 *apud* Siciliano, 2010), podendo se complementar dentro do Sistema Interligado Nacional (SIN).



Fonte: AMARANTE *et al.* (2001) *apud* SICILIANO (2010)

Da mesma forma ocorre com a biomassa x hidrelétrica onde, no Sudeste, a safra da cana de açúcar permite a cogeração de energia no período que coincide com o período seco desta região, o que vem sendo melhor aproveitado. De janeiro a abril deste ano, a bioeletricidade ofertada no Brasil para a rede foi de 4.721 GWh, cerca de 10% da eletricidade consumida pelo estado de São Paulo (CCEE *apud* Brain Market, 2020).

Há ainda a possibilidade de geração híbrida eólico-fotovoltaica (BARROSO & GUERREIRO, 2017)

■ Possibilidades de exportação de equipamentos de turbinas eólicas: Dentre as oportunidades destacadas está a produção nacional de componentes e turbinas eólicas que excede à demanda nacional (somando 4 GW de capacidade de produção anual, de acordo com a ABDI, 2014), e dessa forma torna-se imperativa a necessidade de busca de mercado externo. Os países do cone-Sul são um mercado potencial, visto que países como Argentina, Chile e Uruguai ainda estão incipientes em termos de produção industrial e incentivos financeiros para o setor, embora a Argentina tenha iniciado investimentos em sua indústria local a partir de 2015 (GWEC, 2020), conforme podemos verificar no gráfico 1 mostrado anteriormente.

Já se verifica a exportação de pás do Brasil para países como Canadá, EUA e Europa (a exemplo da TECSIS e LM-Wind).

■ Interesse crescente em investimentos em energia eólica offshore, que será discutido mais adiante.



3. O BRASIL IRÁ INVESTIR EM ENERGIA EÓLICA OFFSHORE?

O Brasil também procura explorar o mercado *offshore* e tem potencial para implantar até 700 GW de energia eólica *offshore* de acordo com a Empresa Pesquisa Energética (EPE, 2020). No entanto, não se espera ter políticas de subsídios para esta fonte no momento, visto que ainda há o que se explorar *onshore*, e que a tecnologia *offshore* é mais onerosa.

O projeto de Lei no 484/2017 foi aprovado no Senado no dia 18 de dezembro de 2018 e autoriza a implantação de usinas marítimas com potência superior a 5 MW para a geração de energia elétrica a partir de fontes eólica e solar. Este projeto de lei iniciou a discussão da sinergia entre a exploração e produção de óleo e gás e a geração elétrica por turbinas no mar (CARVALHO, 2019).

“A reutilização de estruturas e plataformas da indústria petrolífera que seriam abandonadas, como a infraestrutura do parque eólico, representam, uma alternativa para as futuras atividades de abandono e exemplificam uma possível relação simbiótica entre os setores”. O potencial de sinergia com a reutilização de estruturas e plataformas da indústria petrolífera em descomissionamento equivale de 4 a 25% do custo operacional. O compartilhamento dos ativos de manutenção, embarcações e de instalações portuárias representam os principais itens impactados. “O fornecimento de energia elétrica gerada a menores distâncias se comparado com a conexão com o grid *onshore* pode representar menores custos, maior eficiência energética e menores emissões de CO₂”, como já vem sendo feito no mar do Norte, na Europa (SCHAFFEL, WESTIN, HERNANDEZ & LA ROVERE, 2019).

Há ainda o potencial de cogeração com o gás natural, reduzindo custos de importação de energia do continente.

No Brasil, a Petrobrás vem estudando sobre energia eólica *offshore* como alternativa para integrar em alguns projetos de Exploração de petróleo, produzindo eletricidade que pode ser consumida pela plataforma ou para venda de eletricidade. Tendo em vista o crescente interesse pela energia eólica *offshore*, diversos documentos sobre o licenciamento ambiental da exploração do vento no mar estão surgindo no Brasil, a fim de entender e preparar o setor para as adequações ambientais e o IBAMA vem se preparando para atender às demandas. Cerca de 3 projetos já entraram com pedido para o licenciamento (FERREIRA, 2020).

A EPE já lançou o estudo “Roadmap da Energia Offshore no Brasil” em 2020, visando acompanhar o crescimento dessa fonte no cenário internacional, identificando as possíveis barreiras e desafios a serem enfrentados no país.

■ Uso do vento para produção de hidrogênio: Caminho chave para alcançar a transição energética e atingir os objetivos climáticos

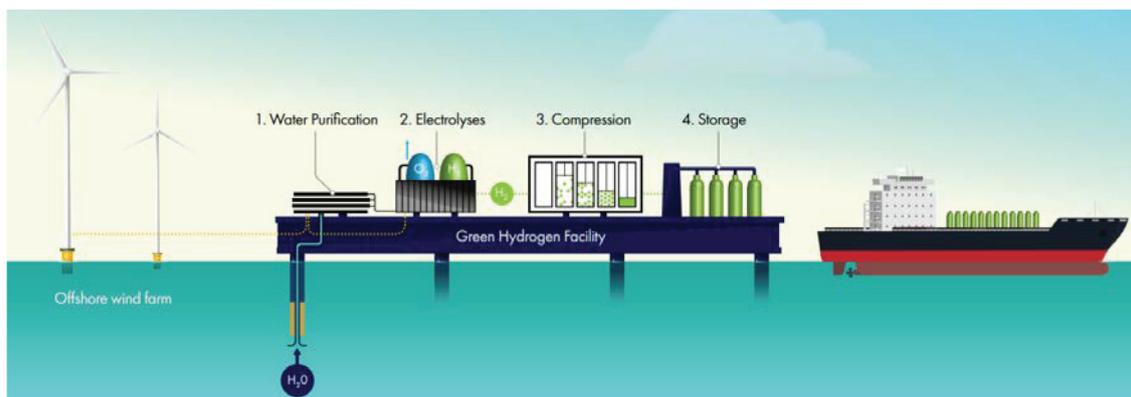
As energias renováveis, como a solar e a eólica, são fontes intermitentes e não estão disponíveis para o consumidor o tempo inteiro e, portanto, seria necessário possibilitar o armazenamento da energia gerada.

De acordo com a GWEC (2020b), “o vento, em particular o aproveitamento do vento *offshore* – é uma energia especialmente relevante para produzir hidrogênio”. A capacidade energética e de armazenamento do hidrogênio faz com que essa energia seja considerada como sendo a mais completa em termos de transição energética (confiabilidade pelo armazenamento e carbono zero).

A publicação do *International Renewable Energy Agency* – IRENA (2018), apresenta os insights para os tomadores de decisão sobre a produção e o uso do hidrogênio a partir das energias renováveis.

Sendo assim, interesses serão crescentes em explorar a energia eólica no futuro, especialmente pela possibilidade de uso desta fonte para a produção de hidrogênio a partir da purificação da água salgada, eletrólise, compressão, armazenamento e distribuição das células de hidrogênio. Para alcançar isso, os subsídios destinados ao setor de combustíveis fósseis devem migrar gradativamente para subsidiar essas tecnologias mais limpas.

Figura 2. **Produção de hidrogênio utilizando a energia eólica offshore a partir da purificação da água salgada, eletrólise e armazenamento após compressão**



Fonte: GWEC (2020b)

CONCLUSÕES

A exigência do índice de nacionalização, apesar de representar alguns entraves e custos para o setor no curto prazo, a longo prazo atuam como um importante instrumento, sobretudo em países em desenvolvimento, desde que combinados com outras políticas de incentivo governamental que visem fomentar o desenvolvimento industrial, geração de empregos, desenvolvimento tecnológico, entre outros, levam à imediata redução de custos da geração por energia eólica nos anos subsequentes.

Para além da evidente contribuição para a redução das emissões de GEE (22 milhões de toneladas de CO₂ evitados por ano, de acordo com a ABEEólica (2019) e menor intensidade de carbono da economia, o crescimento da fonte eólica no Brasil trouxe diversos outros benefícios econômicos e sociais

O desenvolvimento da indústria eólica no Brasil trouxe aprendizado tecnológico, considerando as suas especificidades tecnológicas, necessitando de um fomento das atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Na esfera governamental, a conciliação de aspectos de diferentes naturezas, como fiscal regulatória, de financiamento e industrial, foi capaz de atrair investimentos em capacidade instalada para geração de energia. Ademais, contribuiu para promover a inovação e gerar economias de escala e escopo no setor manufatureiro que permitiram uma substancial redução no preço da tarifa de energia eólica.

As exigências de CL propiciaram o desenvolvimento da tecnologia nacional, assim como em outros setores, a exemplo da indústria petroleira no país (já consolidada desde a déc. 70), promoveram um adensamento da cadeia de fornecedores do setor eólico especialmente no Nordeste e Sul do país. Foram atraídas cerca de 300 empresas, o custo médio dos equipamentos foi reduzido em 27% e foram criados cerca de 158 mil empregos de 2009 a 2017 (RENNKAMP; WESTIN & GROTTERA, 2020). Além do fomento a uma cadeia de produção de maior conteúdo tecnológico e mão-de-obra especializada, o desafio atual é manter a expansão do setor em um momento de economia desaquecida, situação que levou à fusão de algumas empresas do setor na tentativa de superar a crise brasileira. Nesse sentido, os leilões de energia se fazem um importante instrumento para o planejamento e sustentação do setor eólico.

Por tais resultados promovidos, este caso do conteúdo local no setor eólico brasileiro foi considerado um fator que vai de encontro aos princípios do Big Push para a Sustentabilidade da CEPAL

(promoção social, ambiental e econômica), atingindo diversos objetivos de sustentabilidade da ONU (RENNKAMP; WESTIN & GROTTERA, 2020).

A indústria eólica teria um papel fundamental na substituição das emissões de gases de efeito estufa e na liderança da transição para um novo sistema energético e contribuir para o crescimento econômico dos países.

De acordo com *International Institute for Sustainable Development – IISD apud Sustainable Carbono* (2020), apesar das nações do G20 comentarem desde 2009 sobre a importância de cortar subsídios desnecessários para combustíveis fósseis, eles continuam a ser muito maiores do que os para recursos renováveis. O Brasil, assim como outros 111 países produtores de petróleo, subsidia os combustíveis fósseis. Caso houvesse uma troca de 30% para fontes renováveis, teríamos de 11 a 18% menos emissões.

Como para toda nova tecnologia, alguns custos são elevados, mas este *paper* mostrou que com incentivos financeiros adequados e avanços tecnológicos, a economia de escala pode tornar acessível, por exemplo a energia eólica *offshore* e assim, conquistar um caminho para uma real transição energética considerando a produção de hidrogênio a partir do uso dessa abundante e inesgotável fonte de energia que é o vento marítimo.

Dentre as recomendações para tomadores de decisão visando ampliar a transição energética no país, vale destacar:

- O mercado de carbono precisa ser mais efetivo no Brasil, devendo ser ampliado o processo de certificação, analisando-se as possibilidades de MDL a partir da identificação da gama de projetos em que possivelmente o Brasil pudesse ter uma vantagem comparativa.
- A Energia eólica pode servir como fonte complementar às hidrelétricas, na integração do Sistema Elétrico Nacional (SIN), conferindo maior confiabilidade ao sistema.
- Os recursos advindos da redução dos subsídios aos combustíveis fósseis devem ser redirecionados para novas tecnologias, limpas e eficientes, direcionando investimentos, incentivando novas tecnologias de geração e armazenamento de energia limpa a exemplo da geração de energia eólica, solar e eólica offshore para aproveitamento do hidrogênio
- Garantir novos mercados para exportação de produtos nacionais, mantendo a competitividade da indústria nacional implementada no país a partir dos incentivos e requisitos de conteúdo local, levando em conta os ganhos sociais e econômicos do setor.

REFERÊNCIAS

- ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil**. Brasília, 2014.
- ABEEólica – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Números ABEEólica. Fev. 2019. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2019/02/N%C3%BAmeros-ABEE%C3%B3lica-02.2019.pdf>
- ABEEólica – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Energia Eólica – os bons ventos do Brasil. **Infovento 15**. 26 de março de 2020. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/04/Infovento-15_PT.pdf
- ALMEIDA, Edmar Luiz de e outros. **Custos e benefícios da atual política de conteúdo local. Texto para discussão**. Ciclo de Debates sobre Petróleo e Economia. IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. / Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, Out. 2016. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/2016_TD_Custos-e-Beneficios-da-Politica-Contedo_Local-final.pdf
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **REIDI – Regime Especial de Incentivos Para o Desenvolvimento da Infraestrutura**. 26 de set, 2017. Retirado de: <https://www.aneel.gov.br/reidi>. Acesso em: jun. 2020.
- ARAÚJO, Bruno Plattek de & WILLCOX, Luiz Daniel. Reflexões críticas sobre a experiência brasileira de política industrial no setor eólico. *Eólica | BNDES Setorial 47*, mar. 2018. p. 163-220. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/15360/1/BS47_Eolica_FECHADO.pdf
- BARROSO, Luiz Augusto Nóbrega & GUERREIRO, Amilcar Gonçalves (Coords). **Estudos de planejamento da expansão da geração avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas**. Proposta metodológica e estudo de caso. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Rio de Janeiro, 24 de abril de 2017. No. EPE-DEE-NT-025/2017-r0. [pdf] Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Metodologia%20para%20avaliacao%20de%20usinas%20hibridas%20e%20fotovoltaicas.pdf>
- BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Regulamento para o credenciamento e financiamento de aerogeradores**. Retirado de: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/5172afb2-8a0f-43b5-91f2-e70027969e0b/Normativo+Aerogeradores+-+SITE.pdf?MOD=AJPERES&CID=mTKY6pn> Acessado em jun. 2020.
- BRAIN MARKET. Geração da biomassa no ano já equivale a 10% do consumo de energia elétrica do Estado de São Paulo. (Notícia). Retirado de: <https://www.brainmarket.com.br/2020/06/05/geracao-da-biomassa-no-ano-ja-equivale-a-10-do-consumo-de-energia-eletrica-do-estado-de-sao-paulo/>
- AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. **Governo reconhece falhas na transmissão da energia eólica**. Câmara dos Deputados. Brasília- DF, 12 de jun. 2013. Retirado de: <https://www.camara.leg.br/noticias/406537-governo-reconhece-falhas-na-transmissao-da-energia-eolica/>
- CARVALHO, Livia Paiva de. **A Potencial sinergia entre a Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural e a Geração de Energia Eólica Offshore: O caso do Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ COPPE. Março de 2019. (Dissertação de mestrado). Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Livia_Paiva_de_Carvalho_MESTRADO_2019.pdf
- CANELAS, André Luís de Souza. **Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil: contribuição a variáveis macroeconômicas**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, jun. 2007. (Dissertação de mestrado). Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Andr%C3%A9_Lu%C3%ADs_de_Souza_Canelas.pdf REVISTA GTD. A dor do sucesso do setor eólico. Ano 9. Ed. 56. Ago, 2013. Disponível em: http://www.acendebrasil.com.br/media/imprensa/20130701_RevistaGTD.pdf
- CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Financiamento à Energia Renovável – Entraves, desafios e oportunidades**. 2016 (pdf) Disponível em: <http://www.energif.org/materiais/materiais11.pdf>
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Análises e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil**. Série Documentos Técnicos, Nº 13, Brasília, 2012.
- CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. ANEEL Amplia investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Agência de notícias CNI. 14 jan. 2019. (Notícia) Retirado de: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/aneel-amplia-investimentos-em-pesquisa-e-desenvolvimento/>
- EVANS, Trevor. Cinco explicações para a crise financeira internacional. **Revista tempo do mundo** – rtm. v. 3, n. 1, abr. 2011. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6248/1/RTM_v3_n1_Cinco.pdf
- FERREIRA, Welinton C. **Política de Conteúdo Local e energia eólica: A experiência brasileira**. Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017. (Tese de doutorado)
- FERREIRA, Thiago Vasconcellos Barral (coord.). **Roadmap Eólica Offshore Brasil** – Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima. Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2020. NT-EPE-PR-001/2020-r2
- GWEC – GLOBAL WIND COUNCIL. **Public tenders and auctions have driven 80% of current renewable energy capacity in Latin America and the Caribbean**. 4 march, 2020a. (website)
- GWEC/IRENA – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL/ INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **30 Years of Policies for Wind Energy**. 2013 [pdf]. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2013/Jan/30-Years-of-Policies-for-Wind-Energy-Lessons-from-12-Wind-Energy-Markets>.
- GWEC – GLOBAL WIND COUNCIL. **Global Wind Report 2019**. March 2020b. Disponível em: https://gwec.net/wp-content/uploads/2020/02/Annual-Wind-Report_digital_full-1.pdf
- GWEC – GLOBAL WIND COUNCIL. **Global status of Wind Power in 2017**. Chapter two. 2018. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2018/04/Global-Status.pdf>
- IGUAÇU ENERGIA. **A crise do apagão**. Retirado de: www.ienergia.com.br/energia/apagao.aspx. Acessado em: jun. 2020.
- IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Hydrogen from Renewable Power Technology Outlook for the Energy Transition**. September, 2018. [pdf]. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA_Hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf

- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Retirado de: <https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>. Acessado em: jun. 2020.
- RENNKAMP, Britta; WESTIN, Fernanda Fortes & GROTTERRA, Carolina. **Política de conteúdo local e incentivos financeiros no mercado de energia eólica no Brasil**. Repositório de casos sobre o Big Push para a Sustentabilidade no Brasil. Comissão Econômica para América Latina e Caribe – CEPAL, 2020. Disponível em: <https://biblioguias.cepal.org/c.php?g=981128&p=7143451>
- REVISTA GTD. **A dor do sucesso do setor eólico**. Ano 9. Ed. 56. Ago, 2013. Disponível em: http://www.acendebrasil.com.br/media/imprensa/20130701_RevistaGTD.pdf
- SALINO, Pedro Jordão. Energia eólica no Brasil: Uma comparação do PROINFA e dos novos leilões. Escola Politécnica/ Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, fev. 2011. (monografia de graduação). Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf>
- SCHAFFEL, Silvia Blajberg; WESTIN, Fernanda Fortes and LA ROVERE, Emílio Lèbre. Sinergias entre Geração Eólica *Offshore* e Exploração Marítima de Petróleo e Gás. **Anais... XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA**, Nov. 2017.
- SCHAFFEL, S. B., WESTIN, F. F., HERNANDEZ, O. M., & LA ROVERE, E. L. Replacing Fossil Fuels by Wind Power in Energy Supply to *Offshore* Oil&Gas Exploration and Production Activities – Possibilities for Brazil. **Offshore Technology Conference**. (Session 22: ePoster Session II). Rio de Janeiro, October 28, 2019. Doi:10.4043/29879-MS. Disponível em: <https://www.onepetro.org/conferences/OTC/19OTCB/2>
- SICILIANO, Giuliana Cassará de Castellammare Scott. **Estratégias de Compra de Contratos em Leilões Multiproduto de Fontes Renováveis**. PUC – Rio, mar. 2010. (Dissertação de mestrado). Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSearch=Giuliana&strTit=&strAut=>
- SUSTAINABLE CARBON **Subsídios para combustíveis renováveis podem iniciar a revolução da energia limpa** (Blog). Retirado de: <https://www.sustainablecarbon.com/blog/switch-fossil-fuel-subsidies-to-renewables-to-trigger-clean-energy-revolution/>. Acesso em: jun. 2020.
- TOLMASQUIM, Maurício (coord.) **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia**. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, jun. 2016.
- WESTIN, F.F.; La ROVERE, E. L. & BRITO, J. C. M. de. Medidas de Incentivo para a Energia Eólica no Brasil e em outros países como responsáveis pelo crescimento do setor. **ANAIS... XIV Congresso Brasileiro de Energia** – CBE. Rio de Janeiro, 2012.



A **Climate Transparency** é uma parceria global com uma missão compartilhada de estimular uma “corrida ao topo” na ação climática dos países do G20 através de maior transparência. Ela inclui parceiros de Argentina (*Fundación Ambiente y Recursos Naturales*), Brasil (CentroClima/COPPE UFRJ), China (*Energy Research Institute*), França (*The Institute for Sustainable Development and International Relations*), Alemanha (*Germanwatch*, *HUMBOLDTVIADRINA Governance Platform*, *NewClimate Institute*), Índia (*The Energy and Resources Institute*), Indonésia (*Institute for Essential Service Reform*), México (*Iniciativa Climática de México*), África do Sul (*Energy Research Center/University of Cape Town*) e Reino Unido (*Overseas Development Institute*). A Climate Transparency é financiada pela ClimateWorks Foundation, pela Stiftung Mercator e pelo Banco Mundial e apoiada pela European Climate Foundation.

Esse projeto é parte da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI). O Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) apoia esta iniciativa com base em uma decisão adotada pelo parlamento alemão.



O **CentroClima/LIMA**, ligado ao Programa de Planejamento Energético (PPE), faz parte da COPPE, na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Desde 1997, o CentroClima / LIMA foi responsável pela execução de cerca de 250 projetos de pesquisa, muitos dos quais para instituições internacionais. Ao longo desse período, foram firmados convênios, parcerias, acordos de cooperação e contratos com órgãos públicos das administrações federal, estadual e municipal, além de empresas e organizações não-governamentais. Essas atividades de pesquisa levaram à publicação de aproximadamente 320 artigos científicos, 75 artigos em periódicos nacionais e internacionais, 70 livros ou capítulos de livros, 140 artigos em Anais de Congressos e 25 artigos em revistas e jornais. Além disso, forneceram material para a elaboração de mais de 80 dissertações de mestrado e 39 teses de doutorado.

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

based on a decision of the German Bundestag