



**Texto de Discusión del Sector Eléctrico  
Nº. 18**

*Versão Espanhol*

**Perspectivas para la Energía Eólica en Brasil**

*Nivalde José de Castro  
Guilherme de A. Dantas  
André Luis da Silva Leite  
Jenna Goodward*

## Índice

Introducción .....	3
I – La Transición de la Matriz Eléctrica Brasileña.....	5
II - Experiencias Internacionales de Promoción de la Energía Eólica .....	11
II.1 – EUA .....	12
II.2 – Alemania .....	22
II.3 – China .....	26
III - Brasil: La Competitividad de la Energía Eólica y la Necesidad de Formulación de Políticas Públicas .....	34
III.1 - Los Costos y la Competitividad de la Energía Eólica Brasileña.....	35
III.2 - Políticas Públicas y Perspectivas para la Energía Eólica en Brasil .....	43
Conclusiones .....	51
Referencias .....	54

# Perspectivas para la Energía Eólica en Brasil

Nivalde José de Castro<sup>1</sup>  
Guilherme de A. Dantas<sup>2</sup>  
André Luis da Silva Leite<sup>3</sup>  
Jenna Goodward<sup>4</sup>

## Introducción

Con una participación de generación hidráulica alrededor de 90%, la matriz eléctrica brasileña posee una composición única y privilegiada cuando es comparada con la matriz eléctrica mundial. Esta estructura matricial garantiza la oferta de una energía limpia, renovable y competitiva. El atendimento de la demanda brasileña de energía eléctrica de base hidráulica solo es posible debido a la existencia de grandes reservorios que regularizan la oferta de energía eléctrica a lo largo de todo el año. No obstante, cuestiones geográficas, legales y ambientales vienen impidiendo y limitando la construcción de centrales hidroeléctricas con reservorios de grande tamaño. Como se aprecia, en las recientes subastas realizadas para el rio Madeira que fueron de centrales a filo de agua (de pasada). De esta forma, la matriz eléctrica brasileña se encuentra en un proceso de transición para un nuevo modelo de generación exigiendo cada vez más la inserción de otras fuentes de energía para operar en la base y complementar la generación hidráulica en el período seco del año.

---

<sup>1</sup> Profesor de la UFRJ y coordinador del GESEL - Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia.

<sup>2</sup> Doctorando del Programa de Planeamiento Energético de la COPPE/UFRJ e investigador-senior del GESEL/IE/UFRJ.

<sup>3</sup> Pos Doctor por el IE/UFRJ, Profesor de la Unisul e investigador-senior del GESEL/IE/UFRJ.

<sup>4</sup> Graduada en Economía del Medio Ambiente por la Scripps College da Califórnia e investigadora Visitante del Laboratorio Interdisciplinar del Medio Ambiente de la COPPE/UFRJ.

En estos términos, la complementación del parque hidráulico debe priorizar fuentes que tengan vocación para operar en la base, o sea, fuentes que tengan reducido costo variable. Dentro de estas posibilidades, se destacan especialmente las fuentes renovables de biomasa (notablemente la bioelectricidad) y la energía eólica que presentan complementariedad intrínseca a la hidroelectricidad, porque operan justamente en el período seco, además de ser compatibles con el objetivo mundial de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero<sup>5</sup>.

De esta forma, se debe promover inversiones en fuentes alternativas y renovables de energía eléctrica, relegadas a un segundo plano en Brasil durante muchos años debido a la abundancia de recursos hidráulicos que poseen costos nítidamente menores y más competitivos.

El objetivo de este estudio es analizar los costos de la energía eólica en Brasil y las perspectivas para esta fuente de energía en la matriz eléctrica brasileña, sobre todo después del resultado de la subasta de Energía de Reserva para fuente eólica realizada en el final de 2009. El estudio adoptará la metodología de examinar las experiencias de los EUA, Alemania e China buscando comparar las políticas adoptadas en estos países con los instrumentos que vienen siendo utilizados en Brasil.

El estudio está dividido en tres partes. La primera, el foco analítico es la necesidad de incrementar la complementación del parque hidroeléctrico brasileño y la importancia de la energía eólica en esta complementación. La segunda parte es dedicada al examen de los costos y de las políticas energéticas específicas utilizadas en los tres países indicados. Finalmente, la última parte examina los

---

<sup>5</sup> La oferta creciente de gas natural proyectada para los próximos años coloca la contratación de térmicas a gas natural en la modalidad inflexible como otra posibilidad de complementación del parque hidráulico, no obstante, esta opción no presenta los beneficios ambientales y de la bioelectricidad y de la energía eólica.

costos, los resultados de la subasta de Energía Eólica y las perspectivas de la energía eólica en Brasil.

## **I – La Transición de la Matriz Eléctrica Brasileña**

Brasil posee una oferta de energía eléctrica única basada esencialmente en la generación hidroeléctrica comparada apenas con un número restringido de países, entre los que tenemos, Noruega, Canadá y Venezuela. La Tabla 1 muestra que los recursos hidráulicos fueron responsables en media por 90% de la generación brasileña de electricidad en los últimos años.

**Tabla 1**  
**Participación de la Hidroelectricidad**  
**en la Generación Total. 2000-2008**  
(en %)

Año	Porcentaje
2000	94,11
2001	89,65
2002	90,97
2003	92,14
2004	88,63
2005	92,45
2006	91,81
2007	92,78
2008	88,61

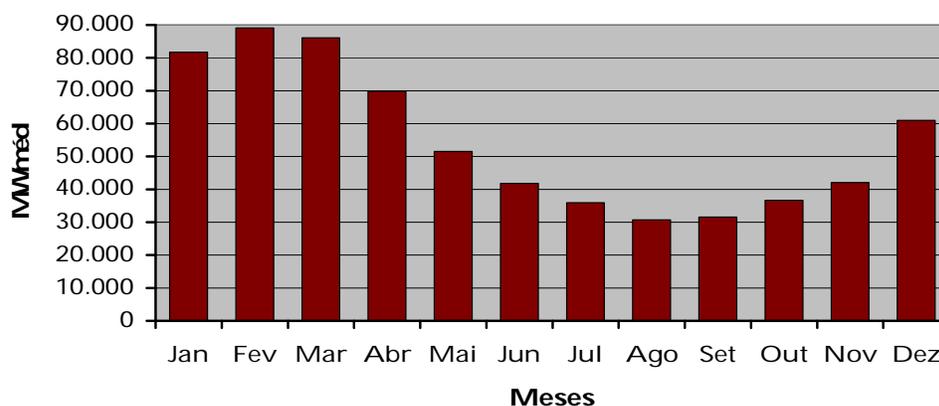
Fuente: Site de ONS. Histórico de Operación.

La base hidráulica del parque generador brasileño garantiza la oferta de energía eléctrica a precios competitivos. Los resultados de las subastas de las centrales del Rio Madeira demuestran que la tendencia persiste. Se señala también su carácter

“limpio” debido a la reducida emisión de carbono en la generación hidráulica. Esta característica contribuye de forma significativa para que la matriz energética brasileña tenga una intensidad de carbono de 1,57 toneladas de CO<sub>2</sub> por tep, mientras que la matriz energética mundial posee una intensidad de 2,36.

El hecho relevante es que esta predominancia hidráulica en la generación de eléctrica se produce en medio de una grande irregularidad en el régimen pluvial, el cual presenta una fuerte estacionalidad. Esta irregularidad es mostrada en el Gráfico 1 donde se verifica que la Energía Natural Afluyente alcanza un valor superior de 89 mil MWmed en el mes de Febrero en contraste con los reducidos 30 mil MWmed en el mes de Setiembre.

**Gráfico 1**  
**Energía Natural Afluyente: media histórica.**  
**Incluye todos los subsistemas del SIN. Configuración de 2008**



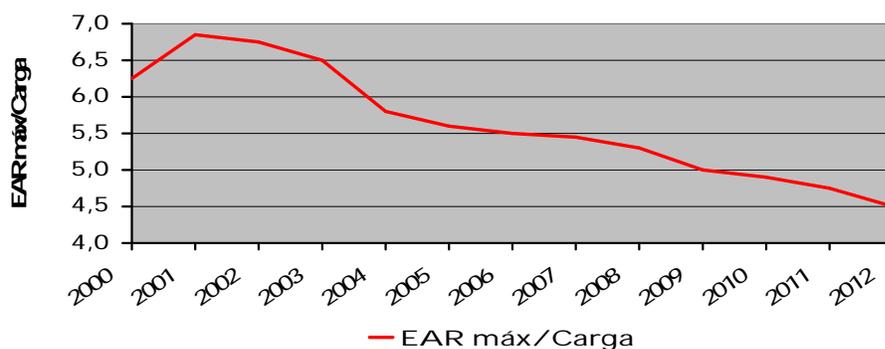
Fuente: Datos elaborados por GESEL/IE/UFRJ a partir del banco de datos históricos de la operación de ONS en 2008.

La característica peculiar que permite al sistema eléctrico brasileño expandirse y atender la carga a lo largo de todo el año con una base hidráulica fue la construcción de un sistema eléctrico basado en grandes reservorios. De esta forma, se torno posible regularizar la oferta de energía eléctrica a lo largo del año a través

del almacenamiento de energía en el periodo húmedo en forma de agua (Energía Almacenada) convertida en electricidad en el periodo seco.

Sin embargo, aunque Brasil tenga apenas 30% de su potencial hidráulico efectivamente explotado, el sistema eléctrico basado en centrales hidroeléctricas con grandes embalses no es posible de mantener debido a dos factores. El primero se debe a las limitaciones geográficas porque el potencial hidroeléctrico en áreas de meseta del país ya fue explorado y el potencial remanente se encuentra en la región plana del país, que no es adecuada para la construcción de embalses de regularización. El segundo es de orden legal, el carácter más rígido de la Constitución de 1988 en lo que se refiere a la esfera ambiental, que impone restricciones a la construcción de nuevos grandes embalses, y dificulta hasta la expansión misma de la capacidad de generación hidráulica basada en centrales de filo de agua. El Gráfico 2 muestra la reducción de la capacidad de la regularización del sistema eléctrico brasileño.

**Gráfico 2**  
**Evolución de la Capacidad de Regularización**  
**de los embalses. 2000 -2012**



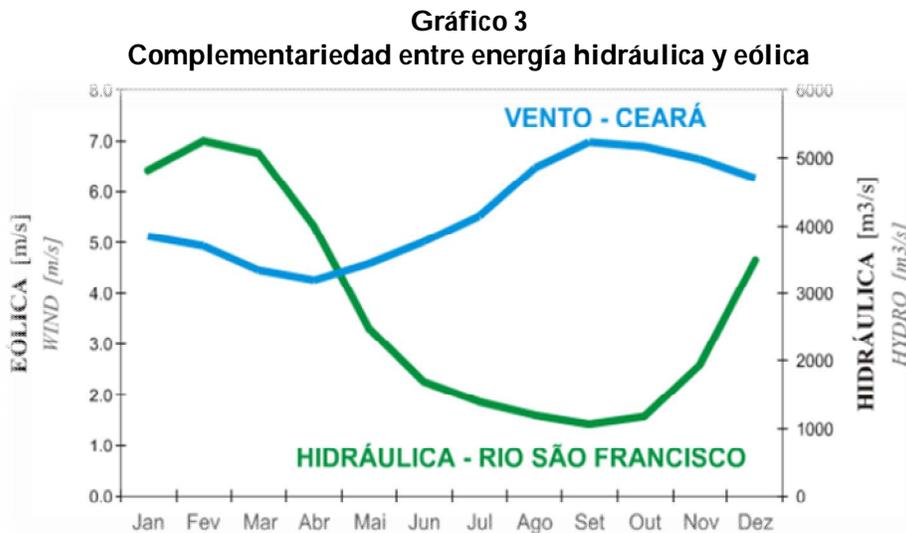
Fuente: Chipp, Hermes. *Procedimientos Operativos para Asegurar el Suministro Energético del SIN*. Presentación en GESEL-IE-UFRJ, Rio de Janeiro, 9 de Julio 2008.

La transición para la nueva configuración de la matriz eléctrica brasileña exigirá fuentes de energía complementarias al parque hidráulico operando en la base del sistema durante el período seco. La cuestión que se coloca es definir, mínimamente del punto de vista del planeamiento, cuales son las fuentes de energía que deberán tener carácter prioritario en esta complementación del parque hidráulico. Un análisis basado en variables técnicas y económicas recomendaría la opción por centrales eléctricas con vocación para operar en la base, ósea, centrales con flexibilidad limitada en términos técnicos y con reducido costo variable, incluso con elevados costos de inversión, lo que justifica y exige la operación durante un gran número de horas a lo largo del año para amortizar la inversión. En este sentido, en el actual sistema eléctrico brasileño deben ser priorizadas centrales térmicas inflexibles, especialmente bioelectricidad generada en las centrales sucroenergéticas (centrales a base de bagazo de caña de azúcar), y la energía eólica.

Debido a la natural complementariedad con la generación hidráulica, y aun tener El beneficio adicional de ser fuentes renovables, la bioelectricidad sucroenergética y la energía eólica deben ser, en la opinión de los autores, las fuentes prioritarias en la expansión del parque generador brasileño. La complementariedad de la bioelectricidad se manifiesta por el hecho de que la cosecha sucroenergética ocurre entre los meses de mayo y noviembre, período seco en la Región Centro Sur donde están localizados el 70% de la capacidad de los embalses brasileños. Por otro lado el carácter complementario de la energía eólica se basa en que los vientos más intensos y regulares ocurren justamente en el período seco del año, en especial en la Región Nordeste, donde se localiza el mayor potencial eólico del Brasil. Luego, en una visión idealizada de la expansión del parque generador brasileño, esta debe ocurrir a través de la exploración del potencial hidroeléctrico de la Región Norte, a ser complementada por la bioelectricidad en la Región Sureste / Centro Oeste y por la energía eólica en las Regiones Noreste y Sur del país. Además de estas fuentes, la expansión del parque debería contemplar las centrales a gas natural, relegando para un segundo plano las inversiones en la expansión del parque

nuclear y de las centrales térmicas a carbón. En relación a la construcción de centrales movida a diesel, dada la cantidad de posibilidades de fuentes de energía que Brasil ofrece, debería, en realidad, ser descartada esta opción que es cara y contaminante.

Ilustrando la cuestión de la complementariedad de la energía eólica, el Gráfico 3 presenta la relación entre el régimen pluvial y el régimen de vientos en el Noreste, específicamente en Ceará. Nótese que hay una fuerte complementariedad entre los dos regímenes, convirtiendo la energía eólica en una opción importante de generación de electricidad, en los períodos secos.



Fuente: TORRES (2009)

Merece ser destacado que la metodología de contratación de nuevos proyectos utilizada en las subastas genéricas y el análisis comparativo a través del ICB llevan a resultados errados relativos a la competitividad de la energía eólica en relación a

los proyectos con elevados costos variables. Esta cuestión será examinada con mayor profundidad en la tercera parte del estudio.

Aunque los métodos actuales de contratación de energía en el sistema eléctrico de brasileño, a través de subastas genéricas, contribuyen a la pérdida de competitividad de la energía eólica, es un hecho concreto que esta fuente aun posee un elevado costo de capital y tiende a no ser muy competitiva frente a las otras fuentes de generación, como por ejemplo, centrales de biomasa y térmicas a gas natural inflexibles. Sin embargo, las recientes políticas de reducción de los costos de los proyectos eólicos están siendo efectivas, como atestiguan los resultados de la Subasta de Energía Eólica realizada a finales de 2009, y tornaron competitiva la energía eólica con los proyectos térmicos. De esta forma, la cuestión relevante es El mantenimiento de estas políticas en esta etapa inicial de la industria eólica en Brasil.

La siguiente parte del estudio se dedicara al análisis de las principales políticas implementadas en los EUA, Alemania y China que han permitido a estos países desarrollar una importante capacidad instalada de generación de energía eólica. El objetivo de la próxima parte es, en última instancia, verificar la importancia que estas políticas tuvieron en el desarrollo de la energía eólica en estos países, a fin de compararlas con las políticas públicas para la energía eólica en Brasil que será discutidas en la última parte.

## II - Experiencias Internacionales de Promoción de la Energía Eólica

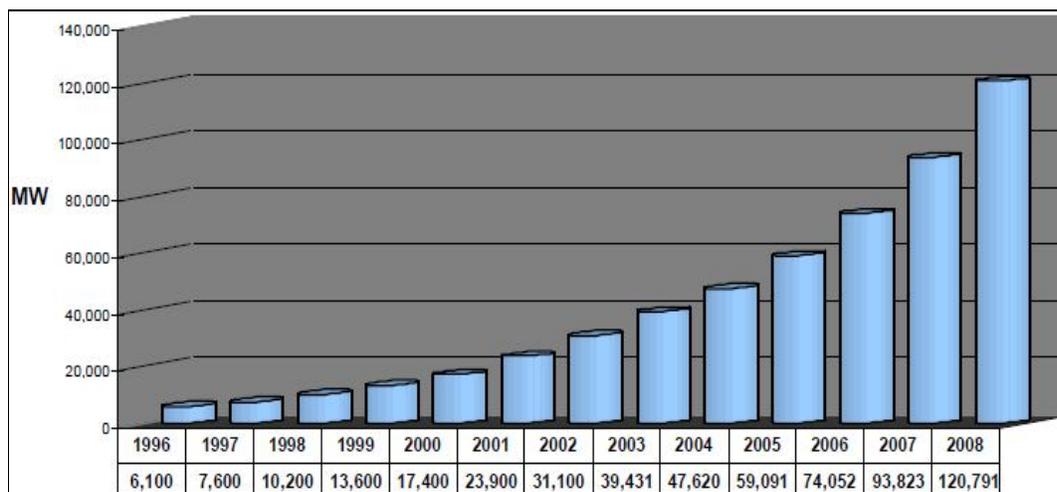
No hay duda de la importancia de las fuentes alternativas y renovables de energía eléctrica en la expansión de la oferta mundial de energía eléctrica en una base sostenible a fin de satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica al mismo tiempo mitigar el cambio climático. Sin embargo, estas fuentes aún presentan costos superiores a las fuentes convencionales de generación. El aumento de su competitividad frente a las fuentes tradicionales dependerá de las economías de escala, el aprendizaje y, posiblemente del desarrollo de nuevas rutas tecnológicas que den como resultado una reducción de los costos de fuentes alternativas de generación.

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector eléctrico justifica la promoción de políticas públicas que incentiven las inversiones en estas fuentes, en particular en la fase inicial del desarrollo tecnológico e industrial. Estas políticas pueden variar desde los formatos de herramientas específicas de contratación de energías renovables, como por ejemplo, subastas específicas, tarifas *feed-in*, líneas de financiamiento subsidiadas y exoneraciones tributarias. La elaboración de este tipo de política, especialmente en países del Norte y en China, han sido y son responsables por la gran expansión de la capacidad instalada mundial de energía eólica en los últimos años, como muestran los datos del Gráfico 4.

**Gráfico 4**

**Evolución de la Potencia Instalada de Energía Eólica en el Mundo. 1996 – 2008**

(en MW)



Fuente: GWEC (2009).

Para entender, aunque puntualmente, las bases de la evolución tan rápida y expresiva derivada de la aplicación de políticas de incentivos, se presentará el análisis de las políticas promovidas en los EUA, Alemania y China, países que a finales de 2008 tenían alrededor del 50% de la potencia instalada de la energía eólica mundial.

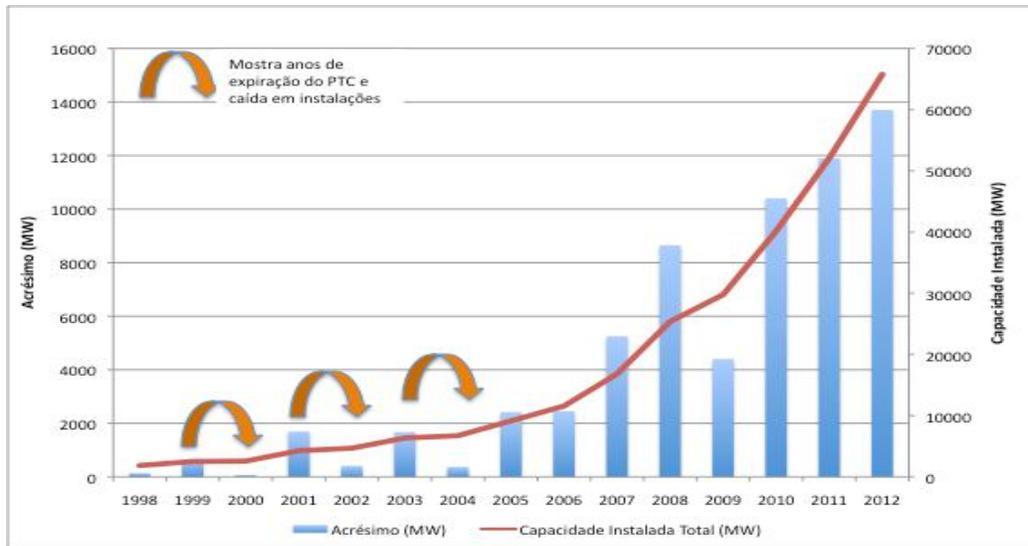
## II.1 - EE.UU.

Las inversiones en energía eólica representan el 40% de la nueva capacidad instalada en los EE.UU. en 2008<sup>6</sup> (AWEA, 2009). A pesar de este reciente crecimiento, la generación eólica representa apenas el 1,3% de la producción norteamericana total de energía eléctrica. Siguiendo esta nueva tendencia, la previsión para la energía eólica en EE.UU. es de crecimiento, de acuerdo con la

<sup>6</sup> No ano de 2008 foram instalados 8,55 GW eólicos nos EUA enquanto que a adição de novas plantas movidas a gás totalizou um montante de 9,7GW.

prórroga del incentivo federal de US\$ 21<sup>7</sup> por MWh hasta 2012, definido por la Ley de recuperación económica de 2009. A finales de 2008 la capacidad instalada de energía eólica en los EE.UU. fue de 25,3 GW. En los próximos cuatro años, se espera una adición de 38 GW más (WISER e BOLINGER, 2009).

**Gráfico 5**  
**Evolución de la capacidad instalada en los EE.UU. 1998-2012(\*)**



Fuente: AWEA (2009).

(\*) Para el período 2009-2012 los valores son estimados.

<sup>7</sup> Cualquier análisis de precios y costos entre diferentes países esta sujeta a ser influenciada por la variable del tipo de cambio, especialmente cuando el cambio de uno de los países no es definido por las fuerzas del mercado. En el caso de un análisis de la competencia donde los productores de diferentes países disputan el mismo mercado, debe ser adoptado el cambio nominal en el análisis porque el cambio es de hecho una ventaja de competitiva. Sin embargo, este estudio no tiene como centro el comercio internacional y si un análisis de costos para la promoción de la energía eólica en cada uno de los países analizados. En este sentido, la utilización de tasa de cambio nominal tenderían a distorsionar el análisis relativo de los costos de energía eólica entre estos países. Por lo que, se opto por trabajar con la tasa de cambio de paridad del poder de compra que es determinada a partir del costo de una cesta de bienes en los diferentes países. Los valores utilizados se refieren al PPC de 2009. Los EE.UU. por ser el país base tiene una tasa de cambio PPC de 1, mientras que la PPC utilizada para Brasil fue de 1,51, para Alemania de 0,84 y para China de 3,72.

A partir de estos datos es necesario un análisis del costo real y de la competitividad de la energía eólica en los EE.UU. La tarifa de equilibrio real de la energía eólica en los EE.UU. es muy debatida, pero es evidente que se encuentra en un nivel superior a los precios actualmente cobrados, esto es posible debido a los incentivos fiscales del Gobierno Federal y de innumerables estados. Estimaciones del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley (LBNL) indican un rango para la tarifa de equilibrio entre US\$ 75 y 85 por MWh<sup>8</sup> (BOLINGER 2009). Por su parte, otras estimaciones hechas por NAVIGANT CONSULTING (2008) y NEW ENERGY FINANCE (2009) establecen el precio alrededor de US\$ 90 por MWh. Estas estimaciones incluyen también el costo de conexión a la red, pero no los costos de transmisión (US\$ por kWh tarifa pagada a la compañía de transmisión), ni los costos de expansión de la red cuando sea necesario para fortalecer el sistema para integrar la energía eólica adicional.

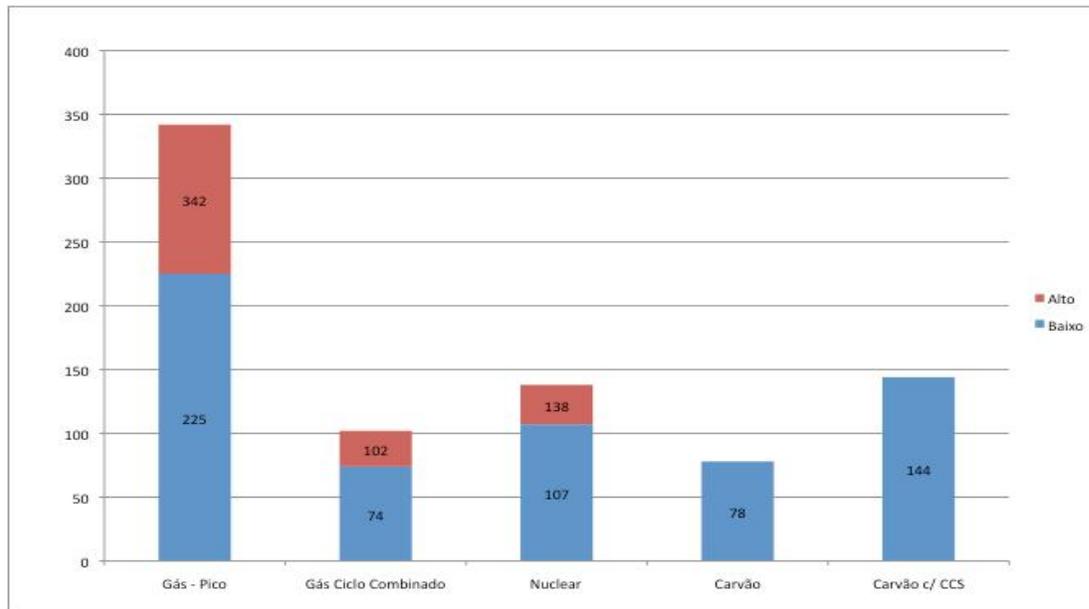
El Gráfico 6 presenta estimaciones del Banco Lazard de la tarifa nivelada para la termoelectricidad a partir de diferentes fuentes. Con estos valores es evidente que la energía eólica es competitiva con la energía eléctrica generada a partir del gas natural, nuclear y carbón con CCS<sup>9</sup>. Cabe destacar, que estos precios representan el costo de expansión, mientras el costo medio de energía “vieja” puede ser medido por el precio mayorista en el mercado libre. Ese precio medio vario entre US\$ 47 y 85 por MWh en 2008, dependiendo de la región (WISER e BOLINGER, 2009).

---

<sup>8</sup> No incluye incentivos.

<sup>9</sup> *Carbon Captures and Storage* significa generar electricidad en centrales termoeléctricas capturando el carbono que sería emitido utilizando la tecnología tradicional.

**Gráfico 6**  
**Estimaciones de la Tarifa de Equilibrio en los EE.UU. para Termoeléctricas. 2009**  
(en US\$)



Fuente: LAZARD (2009).

A partir de estas comparaciones se torna evidente que el precio de la energía eólica sin incentivo es competitivo con algunas fuentes, pero no es competitivo con las centrales existentes ni con plantas nuevas movidas a carbón y centrales movidas a gas natural. Como ejercicio de análisis comparativo, el precio medio de venta de proyectos eólicos nuevos en 2008 se situó alrededor de US\$ 52 por MWh<sup>10</sup> (WISER e BOLINGER, 2009). Con base en el costo de generación de US\$ 80 por MWh, esto significa que los incentivos valdrían alrededor de US\$ 30 por MWh (BOLINGER, 2009). Con lo cual, se constata, con base en estos datos, la necesidad de incentivos para que la energía eólica sea de hecho competitiva.

El aumento de la participación de la energía eólica en los EE.UU. en los últimos diez años estuvo basado esencialmente en el apoyo financiero dado por el gobierno

<sup>10</sup> Incluye incentivos y excluye los costos de transmisión.

federal en la forma de créditos de impuestos.<sup>11</sup> La efectividad de esta política tiene como base la magnitud de este subsidio porque El mismo consiste en un medio de viabilizar los proyectos, pero no garantiza un mercado para estos proyectos. Existen dos modos de aprovechar el crédito: uno basado en producción (US\$/kWh) y otro en la inversión<sup>12</sup>. Cabe señalar que en el 2009, debido a la crisis financiera, fue instituida una variación temporal que es una bolsa de dinero, opción válida hasta 2010. El Cuadro 1 muestra las opciones de créditos ofrecidos por el gobierno norteamericano.

**Tabla 2**

**EE.UU.- Crédito de Impuesto para Producción (PTC) y Crédito para Inversión (ITC) ofrecidos para energía eólica**

Tipo de opción	Cálculo del Crédito	Valor del Crédito
Crédito de Impuesto para Producción (PTC)	\$21/MWh crédito para 10 años, ajustado anualmente por la inflación	\$21/MWh crédito sin impuesto cuando nivelado vale aproximadamente \$28/MWh por los 20 años de vida del proyecto.
Crédito de Impuesto para Inversiones (ITC)	30% del costo de equipamiento instalado puede ser deducido de los impuestos del	Próximo al valor del PTC valiendo entre 15% menos hasta 8% más (BOLINGER et al., 2009)

<sup>11</sup> Muchos estados americanos donde se verifican altas tasas de instalación eólica también ofrecen créditos de impuestos estatales. Estos incentivos pueden hacer la diferencia en la elección de donde se localizara la construcción de nuevos aerogeneradores.

<sup>12</sup> 30% del valor de la inversión.

	proyecto en el primer año	ITC valor mayor que el PTC para centrales con alto costo de inversión (\$/kW) y/o bajo factor de capacidad.
Bolsa de Dinero para Inversiones	Valor equivalente al ITC, solo que es dado en dinero hasta 60 días después de la entrada en operación	Valor aproximadamente equivalente al ITC.

Fuente: Elaborado por GESEL/IE/UFRJ a partir de datos do Laboratorio Nacional de Energía Renovable, EUA.

Una de las lecciones de la política de subsidios de los EE.UU., posiblemente aplicable a Brasil, es que la falta de una fuerte señal de apoyo en el largo plazo limito el crecimiento de la energía eólica en los EE.UU. La energía eólica en los EE.UU. presento durante mucho tiempo una evolución bastante inferior a aquella verificad en países como Alemania y Dinamarca. El Congreso Norteamericano tuvo que renovar el incentivo cinco veces, pero siempre en un contexto de incertidumbre en relación a su duración. La política de subsidios llego a expirar tres veces (1999, 2001, 2003) antes de ser renovada en los años siguientes. Esta incertidumbre de la renovación del crédito retardo el crecimiento de la capacidad instalada. Como muestra, en el 2003 Vestas cancelo sus planes de construir una gran fábrica en Oregon debido a la incertidumbre relativa a la continuidad de la política de subsidios. A partir de 2004 con la regularidad de la política, otros fabricantes finalmente decidieron establecer en EE.UU. para fabricar los equipos.<sup>13</sup>

La exoneración tributaria es una política de apoyo lógica y consistente para el mayor desarrollo de la industria de energía eólica, ya que tiene sentido incentivar una actividad necesaria y estratégica. La cuestión que surge es adoptar la política

<sup>13</sup> Hasta el 2004 apenas la GE fabricaba turbinas eólicas en EE.UU.

de incentivos más objetiva y simplificada posible. En el caso de EE.UU., dar un crédito de impuesto es más complicado que las exoneraciones simples porque el proyecto necesita tener una base de impuestos adeudados anualmente a partir del cual se pueda conceder el crédito. En el inicio, las reglas norteamericanas de concesión del crédito limitaron el aprovechamiento de las empresas con gran base de impuestos.

Esta restricción fue posteriormente ajustada con la intención de permitir la transferencia del crédito, y compañías menores comenzaron a intercambiar los créditos para inversiones *equity* de grandes bancos que tienen una gran base de impuestos. Pero, con la crisis de setiembre de 2009 esa fuente de *equity* desapareció casi completamente. Por eso El gobierno americano creo la opción temporal de la bolsa de dinero. La lección a ser destacada es que no es aconsejable poner un incentivo que hace a los proyectos eólicos depender de otro sector económico para su efectivo aprovechamiento.

El incentivo del Crédito de Impuesto para la Producción - PTC - explica una parte del crecimiento de eólica, pero solo de la oferta. En el lado de la demanda, existe una política de cuotas para energía renovable implementada en varios Estados, los cuales exigen que un porcentaje de la energía eléctrica sea procedente de fuentes renovables (RPS - *Renewable Portfolio Standard*). La mayoría de los RPS exigen una cuota de orden de 10 a 25%, pero algunos estados adoptaron cuotas más ambiciosas (Maine – 40%), mientras otros fueron más conservadores (Pensilvania – 8%). El impacto agregado es que el 15% del crecimiento previsto en las ventas de electricidad entre 2000-2025 necesitará proceder de fuentes renovables (WISER, 2008). De forma general, esta exigencia incide sobre las empresas distribuidoras que son obligadas a contratar energía renovable. Apenas en pocos estados El gobierno asume también el papel de contratar. Las distribuidoras contratan los MWh, pero tiene también la opción de comprar certificados de generación

renovable de otros generadores o productores mercantiles, creando un mercado para Certificados de Energía Renovables (RECs).<sup>14</sup>

El RPS es una política aun reciente en EE.UU., estando presente en apenas once estados norteamericanos hace más de cuatro años, pero los resultados en general han sido positivos. La tasa de cumplimiento mejoro de 83% en 2003 incrementándose hasta 94%<sup>15</sup> en 2006. La energía eólica ha dominado la energía renovable instalada en los estados con RPS, con 93% de adiciones de la capacidad.

El Gráfico 7 muestra que la energía renovable creció mucho más rápidamente en estados donde fue aplicado el *Renewable Portfolio Standard* - RPS. Sin embargo, es necesario interpretar con cautela estos datos porque la existencia del mecanismo de RPS ocurre en estados con mayor potencial de fuentes renovables. Un estudio elaborado por un laboratorio norteamericano indicó que de 2001 hasta 2007, aproximadamente 65% de las instalaciones eólicas en los EE.UU. fueron motivados por al menos parcialmente por políticas RPS (WISER, 2008). A pesar de aun ser prematuro para una evaluación general y concluyente, las evidencias empíricas existentes indican que el RPS tiende a desempeñar un papel estratégico para estimular a compra y generación de energía eólica.

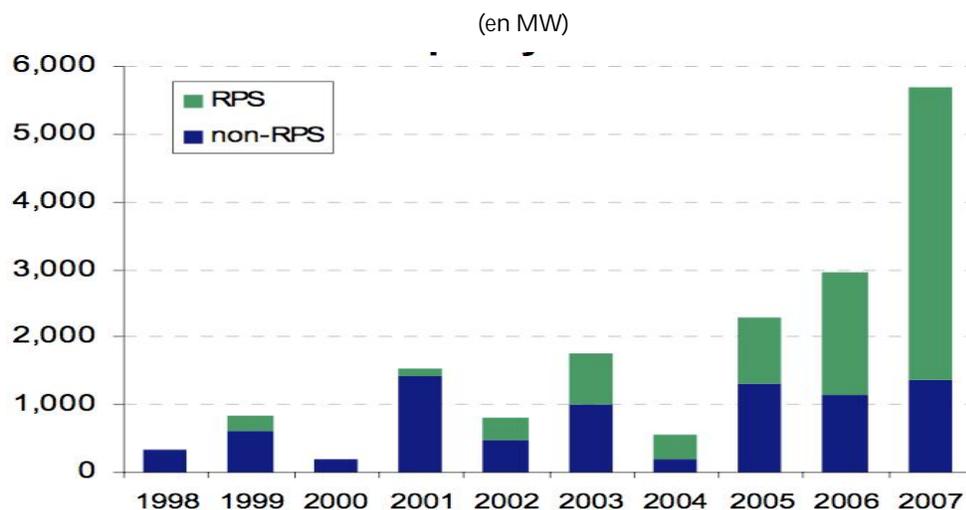
---

<sup>14</sup> Apenas cuatro estados no permiten el cumplimiento por medio de compras de RECs de otras distribuidoras con exceso.

<sup>15</sup> Medio, ponderado por MWh exigidos.

**Gráfico 7**

**EE.UU. - Adiciones Anuales de Energía Renovable en los Estados con y sin RPS -  
*Renewable Portfolio Standard***



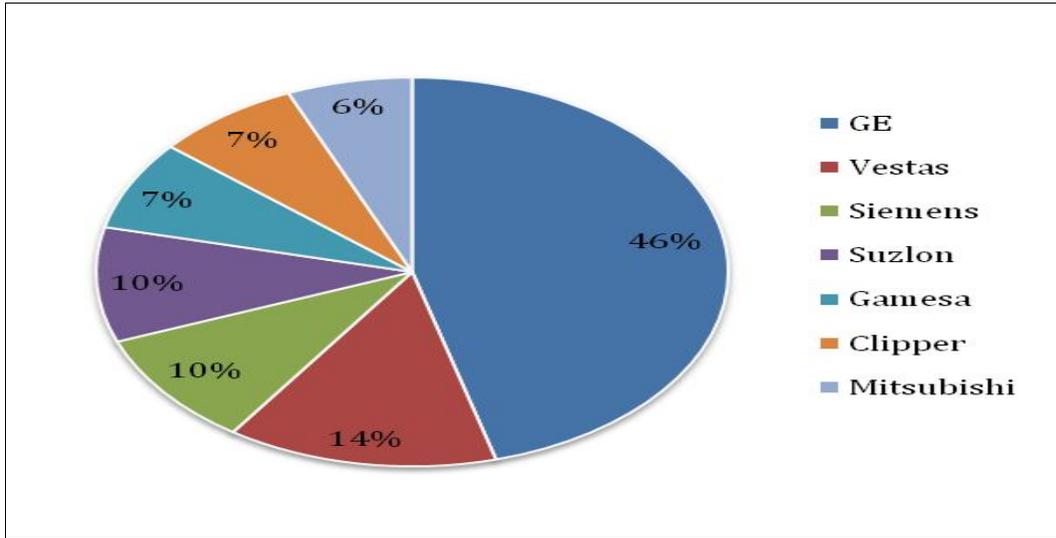
Fuente: WISER (2008).

Por el lado de las condiciones de la oferta, merece destacar que a partir de 2004, nuevos fabricantes de turbinas eólicas pasaron a actuar en el mercado de los EE.UU.<sup>16</sup>. De modo que el peso de componentes de turbinas fabricadas domésticamente subió de 30% en 2004 a 50% en 2008 (WISER e BOLINGER, 2009). Mismo con este aumento de la oferta interna de aerogeneradores, EE.UU. aun necesita importar, en 2008, cerca de US\$ 2,5 billones en equipos procedentes de Dinamarca/Vestas (28%), España/Gamesa (27%), Japón/Mitsubishi (15%) e India/Suzlon (7%).

---

<sup>16</sup> Los fabricantes Gamesa, Clipper, Acciona, e CTC/DeWind entraron en el mercado de los EE.UU. en los últimos años.

**Gráfico 8**  
**EE.UU. - Proveedores de turbinas domésticos y extranjeros para el mercado interno. 2008**  
(en %)



Fuente: WISER e BOLINGER (2009).

EE.UU. nunca estableció exigencias relativas al índice de participación nacional para la industria de energía eólica. Las importaciones tenían un papel bastante significativo. Sin embargo, las importaciones y mismo la entrada de otras compañías en los EE.UU. fueron impedidas en algunos casos debido a una patente de GE en relación a las turbinas de velocidad variable. Una disputa entre GE y Enercon sobre esta patente acabo en el 2004 con Enercon siendo prohibida de vender en EE.UU. Más recientemente Mitsubishi fue procesada por vender turbinas con la tecnología de esta misma patente. Compañías europeas que querían fabricar en EE.UU. fueron obligadas a desarrollar tecnología propia (LEWIS, 2007).

Algunos estados americanos han concedido incentivos a la instalación de fábricas de producción de equipos eólicos. Cerca de dieciocho estados norteamericanos poseen políticas para atraer la industria eólica usando instrumentos de incentivos fiscales, empréstitos, y/o entrenamiento de *labor*. En el 2009, el gobierno federal inicio un crédito de impuesto igual al Crédito de Impuesto para Inversiones - ITC (30% del valor de la inversión), solo para fabricación de equipos de energía renovable en el año 2009 (DSIRE, 2009).

En estos términos y a título de sistematización, la experiencia norteamericana ofrece algunas lecciones que pueden ser útiles para Brasil, destacando:

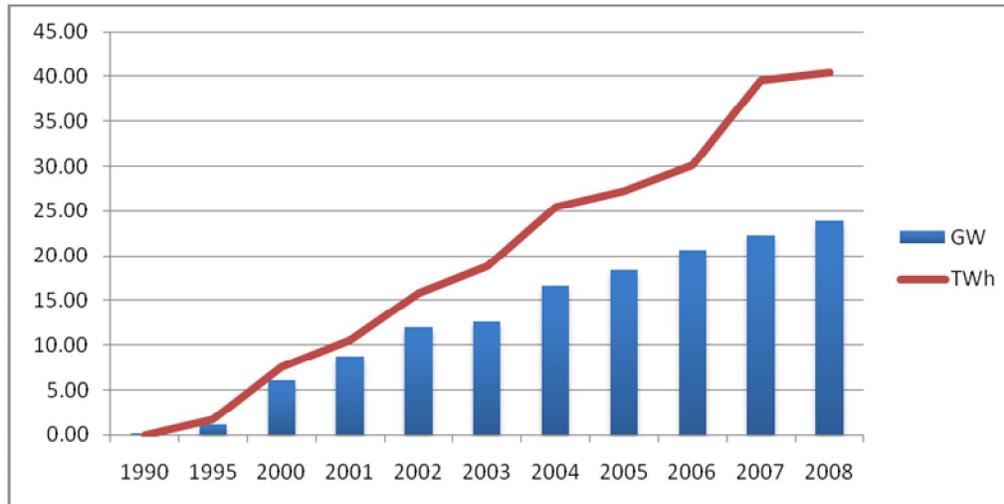
- i. Incentivos de corto plazo no son capaces de atraer fabricantes. Es necesaria la formulación de una política de medio-largo plazo.
- ii. Es necesaria la adopción del mecanismo de concesión de subsidios que viabilicen la energía eólica en su desarrollo inicial.
- iii. La política de cuotas para la generación de energía renovable garantiza la existencia de mercado para esta fuente.

## **II.2 - Alemania**

De acuerdo con BOCCARD (2009), la energía eólica será esencial para que Alemania alcance la meta de producir 30% de la energía eléctrica a partir de fuentes renovables hasta 2020. Como indicador de esta importancia, en 2008 la generación de fuente eólica fue responsable por el 7,3% del total de energía producida. Pero, esta participación en la generación no es proporcional a la participación de los parques eólicos en la capacidad instalada total alemana. Esta discrepancia se debe a que el régimen de vientos no es muy intenso en Alemania lo que origina factores de capacidad de los parques eólicos en torno de 17%. Por cuenta de una política energética que prioriza la energía renovable, a pesar de

presentar baja eficiencia, la energía eólica viene aumentando su capacidad instalada y producción conforme se puede verificar en el Gráfico 9.

**Gráfico 9**  
**Alemania - Capacidad Instalada y Generación Eólica: 1990-2008**  
(en MW e TWh)



Fuente: BÜSGEN (2009) e GWEC (2009).

El costo de generación eólica en Alemania es uno de los más elevados de Europa y se sitúa en un escalón arriba de los practicados en EE.UU. Durante el año 2006, el costo medio de generación fue del orden de US\$ 98,00 por MWh. Este costo se muestra superior al costo de una térmica a gas natural en el orden de US\$ 58,00<sup>17</sup> (EWEA, 2009). Las principales causas del elevado costo de energía eólica en Alemania son el débil régimen de vientos y el elevado costo de inversión.

La política energética de Alemania busca disminuir la dependencia de la importación de insumos del exterior, en especial del gas natural ruso. Es esta dependencia que explica y justifica los altos costos del programa de energía renovables. El tema ambiental corrobora esta política.

<sup>17</sup> Este valor no incluye los costos con el comercio europeo de emisiones.

El costo de las turbinas eólicas representa aproximadamente tres cuartos del costo de un parque generador en Alemania. Estos costos son superiores en Alemania en comparación de aquellos practicados en otros países que también poseen amplia capacidad instalada de energía eólica, como EE.UU. y China (EWEA, 2009). El costo medio estimado de la inversión en Alemania en 2008 se situó alrededor de US\$ 1.700,00 por KW instalado, conforme se verifica en los datos de la Tabla 3.

**Tabla 3**  
**Alemania - Estimaciones de Costo para Proyectos Eólicos. 2008**<sup>18</sup>

(en US\$)

Potencia de la Turbina	Costo de la Turbina (US\$ por KW instalado)	Costo Total (US\$ por KW instalado)
De 1,3 a 1,9 MW	1200 - 1400	1600 – 1800
De 2,0 a 3,0 MW	1100 - 1400	1500 – 1800
Superior a 3,0 MW	1400 - 1600	1800 – 2000

Fuente: Elaborado por GESEL/IE/URFJ a partir de datos del relatório alemán 2008 para el grupo de trabajo de la IEA.

La viabilidad de la energía eólica en Alemania se basa en un amplio y consistente programa *feed in*. Es importante resaltar que con la intención de evitar la concesión de subsidios excesivos, el sistema alemán establece que se pague un precio por la energía en los cinco primeros años del proyecto. Después de este plazo el precio es revisado. De este modo, los parques eólicos localizados en regiones con condiciones más favorables de viento ganan una significativa reducción en la tarifa pagada por la energía generada en estos proyectos. Esta característica del *feed in* alemán permitió diseminar la energía eólica por todo el país, siendo, por otro lado, responsable por un menor factor de capacidad medio (RAGWITZ et. al. 2007). Al

---

<sup>18</sup> Valores referentes aos projetos *onshore*.

mismo tiempo, el sistema alemán contempla una política de incentivos direccionada a la modernización de los parques existentes. La posibilidad de modernización de los parques generadores existentes es importante teniendo en cuenta que la potencia media de las turbinas eólicas en los años 90 era de 550 KW y actualmente ya se sitúa en 2,0 MW, lo que permite que dadas las demás condiciones del sitio contantes se genere hasta seis veces más energía.

El *feed in* alemán es una derivación del programa *Stromeinspeisungsgesetz* (StrEG), implementado en 1991 y que estuvo vigente hasta el año 2000. Este programa estaba asociado a las metas de ampliación de la participación de las fuentes renovables en la matriz eléctrica alemana.

Una de las características más relevantes del sistema alemán, conforme se expuso anteriormente, es el carácter decreciente de las tarifas. Buscándose así no permitir que los proyectos obtengan lucros extraordinarios originados de las innovaciones tecnológicas y del desarrollo del mercado. En contrapartida, debido a la dificultad en expandir la generación eólica frente a los altos costos de las turbinas y menor calidad del viento en sitios a ser explorados, el gobierno alemán reajusto las tarifas pagadas en el sistema *feed in* en 2008. La tarifa pagada en los cinco años iniciales paso de US\$ 94,00 por MWh a US\$ 110,00 por MWh. A su vez, la tarifa pagada en el mismo período restante paso para el valor de US\$ 60,00 por MWh.

El impacto de la tarifa *feed-in* en la tarifa de la electricidad alemana no es trivial. En el 2006 sus costos representaban 4% del aumento tarifario residencial, y tuvieron peso semejante en el 2007. Durante el plazo 2002-2006, un total de 13% del aumento del precio residencial de electricidad fue debido al *feed-in* (BÜSGEN, 2009).

En lo que se refiere a la oferta de aerogeneradores para El mercado alemán, en la etapa inicial Del desarrollo de la energía eólica en Alemania, período comprendido

entre 1982 y 1999, las empresas alemanas tuvieron *market share* alrededor de 33%, siendo Enercon responsable por la atención de 30% del mercado. A partir de la promulgación de la Ley de Energías Renovables en 2000, entraron 3 nuevos fabricantes locales en el mercado (Fuhrlander, Repower, e Nordex), Como consecuencia, las empresas alemanas aumentaron su *market share*, alcanzando una participación alrededor de 54% en el año 2004 (LEWIS e WISER, 2005).

En estos términos y a título de sistematización de la experiencia alemana, buscando elementos que puedan ser útiles a las políticas energéticas de Brasil, merece destacar:

- i. El sistema *feed in* se muestra eficaz en la promoción de la energía eólica en el territorio alemán;
- ii. La diferenciación de la tarifa pagada de acuerdo con las condiciones del sitio causó la diseminación de la energía eólica por toda Alemania;
- iii. La reducción de las tarifas pagadas a lo largo del tiempo impide la apropiación de lucros extraordinarios originados de las innovaciones tecnológicas y del desarrollo del mercado.
- iv. La importancia de la industria doméstica y su *market share* aumento de forma notable después de la implementación de una política de largo plazo.

### **II.3 - China**

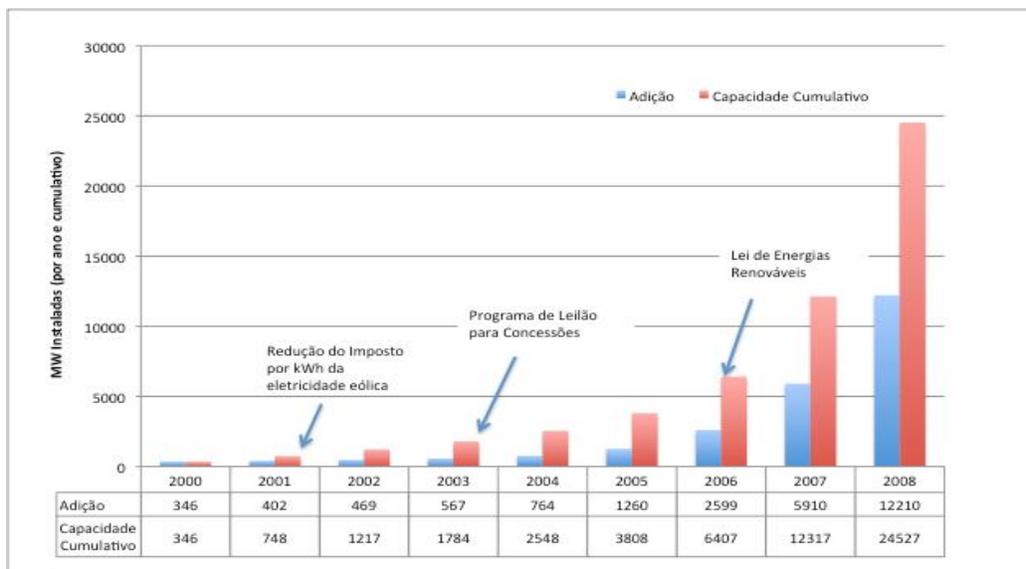
La energía eólica tuvo un crecimiento exponencial en China en los últimos años. La potencia instalada que era de 2,6 GW en el año 2006 avanzó para 12,2 GW al final de 2008 (ver Gráfico 10). Desde 2004, la capacidad instalada de potencia eólica dobla anualmente, elevando a China a la posición de país poseedor de la cuarta mayor capacidad instalada del mundo. Con base en los ambiciosos planes del gobierno chino que invirtió US\$ 14,6 billones de dólares en esta fuente en 2009, las perspectivas son que la potencia instalada china alcance la significativa marca de

30 GW en 2010. De acuerdo con GWEC (2009), la meta china es atender 3% de su demanda de energía eléctrica con fuentes alternativas renovables de energía eléctrica en 2020. Para alcanzar esta meta, fue creado el programa “*Wind Base*” con el objetivo de ampliar la capacidad instalada china de los parques eólicos chinos a 100 GW en 2020 y serán capaces de producir 200 TWh anuales. Los planes de largo plazo de China buscan alcanzar una potencia instalada de generación eólica entre 400 y 500 GW en 2050, lo que permitiría atender 10% de la demanda china por electricidad. Estas metas son una fuerte señalización que la energía eólica continuará expandiéndose, incentivando la construcción de nuevas fábricas de turbinas eólicas en China y estimulando la búsqueda de innovaciones tecnológicas.

**Gráfico 10**

**China - Evolución de la Capacidad Eólica Instalada: 2000-2008**

(en MW)



Fuente: GWEC (2009).

Al contrario de muchos países en que la viabilidad económica representa el mayor obstáculo a la promoción de la energía eólica, el programa *feed-in* y las líneas de financiamiento en condiciones atractivas hacen que las variables económicas no se

constituyan en obstáculos a la promoción de la energía eólica en China. El gran obstáculo a la inserción de la energía eólica en la matriz eléctrica china consiste en la dificultad de conectar los parques eólicos a las redes de transmisión. Esto porque el potencial eólico se concentra en la región Norte distante de los grandes centros de demanda localizados en la región Sudeste del territorio chino.<sup>19</sup>

Aunque los aspectos económicos no sean un obstáculo en la promoción de energía eólica en China, su viabilidad es basada en políticas públicas de incentivos a la energía eólica. En este sentido, es necesario un análisis referente a los costos de la energía eólica en China y las políticas adoptadas con el objeto de tornar posible su comercialización.

El costo de inversiones en proyectos eólicos en China se sitúa en alrededor de US\$ 2200,00 (LIU, 2009). Es importante notar que los fabricantes chinos poseen un precio menor, conforme puede verificarse en la Tabla 4, mientras, los parques eólicos de estos fabricantes acostumbran presentar un factor de capacidad menor de los verificados en las turbinas eólicas de fabricantes extranjeros.

**Tabla. 4**  
**China- Costo de Inversión en Energía Eólica.**

(en MW e US\$)

Potencia de la Turbina	Tipo de Proyecto	Precio (US\$/kW instalado)
750	Propiedad china	1200
850	Propiedad extranjera y fabricación nacional	1600
1000	Propiedad china	1300
1250	Propiedad extranjera y fabricación nacional	1800
1500	Propiedad china	1600-1700
1500	Propiedad extranjera y fabricación nacional	1900-2400
2000	Propiedad extranjera y fabricación nacional	2400

Fuente: Elaborado por GESEL/IE/UFRJ a partir de datos de HUO (2009).

<sup>19</sup> Segun CHAN (2009), 20% de la potencia eólica instalada en China aun no habia sido conectada a la red em el año 2008.

CHAN (2009) enuncia que las tarifas *feed in* actualmente pagadas en China varían entre US\$ 137 e US\$ 164 por MWh mientras que la tarifa pagada a una central térmica movida con carbón es de US\$ 91 por MWh. Pero, cabe destacar la tendencia decreciente en los costos de la energía eólica. En la década de los 90 la energía eólica solo era viable con tarifas superiores a US\$ 200 por MWh.

Un aspecto relevante es que aunque el costo de instalación de proyectos eólicos en China sea próximo de los costos verificados en EE.UU. y en Alemania, la tarifa de equilibrio es considerablemente superior a las tarifas de equilibrio de estos dos países. Como carácter exploratorio, exigiendo mayor investigación, la necesidad de mayor tarifa puede estar relacionada a la menor eficiencia de las centrales chinas.

Las políticas públicas chinas de promoción de la energía eólica siempre tuvieron como base el establecimiento de metas. Pero, a lo largo de los años estas metas fueron revisadas debido al significativo crecimiento de la demanda por energía y al desarrollo tecnológico de China. Por ejemplo, en 1996 la meta establecida para 2010 era de 1 GW, bastante distante de la actual meta de 30 GW.

Durante el período comprendido entre 1994-2002, las instalaciones generadoras de energía eólica tenían la garantía de compra de energía por parte de las distribuidoras con base en el "*Provisions for Grid-Connected Wind Farm Management*". Este programa garantiza una remuneración de las inversiones en proyectos de generación eólica de aproximadamente 15%. No obstante, los resultados del programa fueron perjudicados porque las empresas distribuidoras no tenían interés en adquirir esta energía debido a los precios superiores y a la necesidad de realizar inversiones para conectar estos nuevos proyectos a la red. Además de eso, este sistema no generó incentivos a la reducción de costos de generación.

Con el objetivo de mejorar el sistema de contratación a partir del 2003 fue establecido el sistema de subastas donde los vencedores establecían contratos de venta de energía con una duración de 20 años. Así como en el caso brasileño, la adopción del sistema de subastas tenía como objetivo promover la competencia. El precio medio de estas subastas se situó entre US\$ 100 y 140 por MWh, lo que significa que muchos proyectos vendían a precios que no viabilizaban sus respectivos negocios. Luego, ocurrieron problemas en la ejecución de estos proyectos, especialmente en lo que se refiere a atrasos en la construcción (LEMA e RUBY, 2007).

Un marco significativo de promoción de la energía eólica en China fue la promulgación de la "*Renewable Energy Law*" que establecía metas de participación creciente de fuentes renovables de energía en la matriz china, además de la generación hidroeléctrica. Y a partir de esta necesidad fueron establecidas las metas analizadas al inicio de esta sección. En los últimos años, se viene verificando un gran incremento de proyectos de fuentes alternativas y renovables en el sector eléctrico chino y para eso fue fundamental la creación del sistema *feed-in* para proyectos con potencia instalada inferior a 50 MW.

Aun en el ámbito del *feed-in* chino, cabe destacar que el diseño inicial de la "*Renewable Energy Law*" contemplaba precios de compensación para grandes generadores, concesión que fue excluida de la ley. Mientras, en el 2009, el sistema de concesiones vía subastas fue compatibilizado al sistema *feed in* con el objetivo de viabilizar los proyectos de energía eólica con mayor costo. Esta política tuvo la intención de atraer inversionistas extranjeros y pequeños emprendedores y, de esta forma, asegurar el continuo crecimiento de la energía eólica china.

Dos de los diez mayores fabricantes de aerogeneradores del mundo son chinos: Goldwind, octavo mayor fabricante, y Sinovel, decimo mayor fabricante del

mundo (COSTA et al., 2009). Además de estas, aun existen otros grandes fabricantes de aerogeneradores: Dongfang, Windey, e Sewind. Estas empresas poseen la peculiaridad de haber iniciadas sus actividades a través del licenciamiento de las tecnologías extranjeras, sobre todo de empresas alemanas y austriacas. Estas empresas chinas se expandieron y hoy desarrollan nuevas tecnologías, especialmente en búsqueda por el desarrollo de turbinas de mayor tamaño. En paralelo, aumentaron el *market share* a través de la adquisición de empresas de menor tamaño. Como muestra del mercado creciente de la empresas chinas de aerogeneradores, estas empresas fueron responsables por la fabricación del 75% de los aerogeneradores comercializados en China en el 2008 (HUO, 2009).

El mercado chino de aerogeneradores es extremadamente competitivo gracias a la presencia de 80 fabricantes. Con un mercado estimado de adición de 8 GW de potencia eólica por año a partir del 2011, y siendo las firmas Goldwind, Sinovel y Dongfeng capaces de ofertar en conjunto 4 GW anuales, se vislumbran grandes dificultades para los pequeños fabricantes chinos, considerando que estos tendrán competencia de grandes *players* internacionales (Vestas, Suzlon, GE, Gamesa, Nordex, Repower) en la disputa por el mercado restante. Una alternativa para estas firmas chinas de pequeño y medio tamaño puede ser la exportación de sus equipos.

Se debe destacar que aunque los fabricantes chinos producen turbinas y hélices aun necesitan importar cajas de engranajes, rodamientos y sistemas de control. Debido a las cuestiones relativas al derecho de propiedad intelectual las empresas extranjeras son reacias a realizar la producción de estos equipamientos en conjunto con las empresas chinas. De esta forma, se verifica un esfuerzo de investigación y desarrollo de las empresas chinas para desarrollar la capacidad de producción de estos componentes.

La experiencia china en el desarrollo de su industria de aerogeneradores debe ser analizada con atención por los responsables de la política energética direccionada para la fuente eólica. En el 2004 la china era fuertemente dependiente de la importación, con 75% de las turbinas eólicas importadas antes de la ley de participación doméstica. Como medio de promover la industria de turbinas eólica local, el gobierno chino estableció la exigencia de 70% de participación nacional de los aerogeneradores a partir del 2005. Esta medida estimulo a los fabricantes extranjeros a establecer alianzas con fábricas chinas. Apenas cuatro años después las empresas chinas pasaron a ocupar una amplia parcela (75%) del market share del mercado chino. Pero, en el 2010 China abandono esa política de restricciones para establecer "un mercado libre de competencia nacional". Esta alteración en la estrategia de promoción de la energía eólica se baso en la necesidad de acceder a tecnologías más avanzadas para cumplir las metas nacionales de energía renovable en el sector eléctrico.

China exigió no solamente un índice de participación domestica para fomentar la fabricación nacional. A partir del 2002 fue adoptada una consistente política de exoneración tributaria (LEMA, 2007). En paralelo fueron establecidas tasas para componentes importados que posean oferta nacional (HUO, 2009). Finalmente debe destacarse la adopción de políticas de investigación y desarrollo como medio de fomentar el desarrollo de la industria china de turbinas eólicas a partir de recursos oriundos de la tributación sobre los equipos importados.

La experiencia china ofrece algunas lecciones que pueden ser útiles para Brasil mereciendo ser destacadas:

- i. El establecimiento de metas de contratación de energía eólica;
- ii. La adopción de una política de *feed in* atractiva es un importante instrumento de desarrollo de la energía eólica en un momento inicial. Esta

política tiende a ser más eficiente cuando es asociada a un instrumento competitivo de contratación;

- iii. La exigencia de índices de participación nacional asociada a políticas de atracción de empresas extranjeras es relevante para el desarrollo de la industria de turbinas eólicas nacional, pero debe ser usado de manera limitada para no restringir el acceso a la tecnología nueva;
- iv. La utilización de los recursos recaudados con la tributación de equipos importados en investigación y desarrollo de aerogeneradores eólicos es una importante política de promoción de la industria nacional.

### **III - Brasil: La competitividad de La Energía Eólica y La Necesidad de Formulación de Políticas Públicas.**

Debido a la predominancia de la hidroelectricidad, la principal razón para la promoción de fuentes de energías alternativas y renovables en la matriz eléctrica brasilera es nítidamente distinta de aquellas verificadas en países ricos y emergentes como China y la India. En Brasil la bioelectricidad sucroenergética y la energía eólica deben ser contratadas esencialmente para ser complementarias a la generación hídrica a lo largo el ciclo anual, húmedo y seco, de esta forma tendiendo a desempeñar una función estratégica y relevante en la garantía de abastecimiento de energía eléctrica, notoriamente en el período seco del año. Sin embargo, mientras la motivación brasilera sea distinta a aquellas presentes en otros países, las fuentes de energías alternativas y renovables también poseen en Brasil un costo superior a las fuentes convencionales de generación de energía eléctrica.

[P1] Comentário: S

Esta parte del estudio examinará los costos de la energía eólica en Brasil. Con tal objetivo se irá a discutir los motivos del costo de inversión de KW eólico brasilero superior al de otros países. También será analizada la competitividad de la energía eólica brasilera en relación a las demás fuentes de generación, en base a la metodología actual de contratación de energía vigente en el Brasil. El resultado de la Subasta de energía eólica realizado en diciembre del 2009 será adoptado como parámetros de precio de la energía eólica en el Brasil, luego será necesario un análisis de las políticas que permitieron este resultado. Finalmente, será discutida la necesidad de continuidad y perfeccionamiento de las políticas de promoción de la energía eólica.

### **III.1 - Los Costos y La competitividad de La Energía Eólica Brasileira.**

Las ganancias de escala y las economías de aprendizaje oriundas de generación eólica en el mundo en los últimos años vienen permitiendo una significativa reducción de costos medios por kW instalado. El costo de inversión en proyectos eólicos se sitúa en torno de \$1.900 kW en los EUA, e igual en otros países donde su costo es más elevado, como es el caso de Alemania; este costo se sitúa en torno a los \$2.000,00. Para el Brasil algunas estimativas sistematizadas por GESEL indicaban que las inversiones en energía eólica se situaban hasta fines Del 2009 en un valor aproximado de US\$ 3.000 por kW instalado

Hasta fines del 2009 estos elevados costos de energía eólica brasileira podían ser atribuidos a una deficiente infraestructura brasileira en cuestiones relevantes para el desarrollo de emprendimientos eólicos y principalmente la oferta de industria de aerogeneradores para los proyectos brasileiros. Esto es porque solamente dos fabricantes estaban con unidades productivas en Brasil, prevaleciendo hasta aquel momento restricciones para la importación de equipos.

De esta forma se hace necesario analizar la principal causa del mayor costo de la energía eólica en el Brasil: las condiciones de oferta de los aerogeneradores.

La industria mundial de aerogeneradores se caracteriza por una estructura oligopolizada con cuatro mayores grupos – Vestas, GE Wind, Gamesa y Enercon, teniendo una participación del mercado encima del 70%. Lo más relevantes es que estos grupos poseen, de facto, poder de mercado basado en economías de escala de industria, en las ventajas absolutas de costos y en la diferenciación de producto en donde las economías de aprendizaje son de gran relevancia.

De esta forma, el estímulo a la competencia en esta industria es fundamental para que las firmas establecidas no cobren precios excesivos. En una industria

caracterizada por la constante innovación tecnológica sea en el proceso de producción tal como el de aerogenerador, la oferta de crédito a potenciales ingresantes es de gran importancia, para que el proceso de innovación no quede restringido a las firmas establecidas. Otras formas importantes de promover la competencia en esta industria se da a través de inversiones e investigación en centros universitarios en convenio con inversores y la atracción de empresas extranjeras con intereses de establecerse en el país, o al menos, la garantía de apertura del mercado para estas firmas.

La industria brasilera de aerogeneradores poseía hasta el 2009 una estructura muy concentrada con la presencia apenas de dos únicos productores: Wobbe e Impsa. La imposibilidad de importar aerogeneradores con potencia inferior a 1,5MW y el impuesto de importación del 14% fueron condicionantes que al restringir la importación garantizaban poder de mercado aun mayor a los fabricantes ya establecidos en el territorio brasileño, creando una "barrera de entrada" para las firmas extranjeras. Además de estas políticas de restricción a la importación, existe un factor estructural de la economía que garantiza una enorme ventaja competitiva a los fabricantes establecido en territorio nacional: el BNDES. Esta institución pública es la principal y más importante fuente de financiamiento de largo plazo de la economía brasilera. Inversiones en infraestructuras que son financiadas por el BNDES son obligadas a adquirir bienes de capital de productores nacionales. De esta forma, la promoción de la competencia en la oferta de aerogeneradores es esencial para la reducción de costos en proyectos de parques eólicos y esta competencia pasa por la atracción de nuevas empresas extranjeras para el mercado brasileño.

Es importante mencionar que, a pesar de que la reserva de mercado para los fabricantes nacionales sea una práctica inaceptable por permitir que estas firmas mantengan mayor poder de mercado, la garantía de competitividad de estas firmas es una condición *sine quo non* para el desarrollo de la industria de aerogeneradores y mayor expansión eólica en el Brasil. El carácter estratégico de "bien de energía", en especial de una fuente promisorio y renovable como la eólica, justifica medidas

que garanticen mayor competitividad para un inversor que opto por establecer una fábrica en el Brasil y termina siendo una señalización positiva para que nuevos inversores vengan a instalarse en el país. Sin embargo, la cuestión que tiene que ser discutida es en qué bases debe ocurrir esta garantía de competitividad<sup>20</sup>.

La opción por la tributación de importación de equipos sería plausible si la recaudación tributaria fuese utilizada en pro del desarrollo de la industria nacional de turbinas eólicas, sobretodo en investigación y desarrollo que posibiliten innovaciones tecnológicas, con los moldes de la política china discutida en la sección anterior.

Otra alternativa compatible con uno de los fundamentos del Nuevo Modelo del sector eléctrico brasileiro, implementado a partir del 2004- en la búsqueda de la mejor opción tarifaria- es la opción por políticas basadas en la exoneración tributaria de los productores locales, o sea, garantizar la competencia con base en el menor "costo de factores". La exoneración tributaria que será analizada en este texto es una de las políticas más relevantes vinculadas al objetivo de atraer nuevas fabricas para el Brasil concomitantemente una señalización de contratación continua de energía eólica en los próximos años, buscándose como objetivo la mejor opción tarifaria.

Sin embargo, el cambio estructural es una estrategia necesaria para el desarrollo de esta fuente de energía eléctrica llegando el desarrollo de la industria nacional de equipos eólicos. Para que ocurra tal desarrollo es necesario que se haga una señalización de una política consistente y sistemática de contratación de energía eólica. Esta relación quedo nítida con los planos de GE y de Siemens de establecer fábricas en Brasil a partir de la Subasta de Energía Eólica realizada en diciembre del 2009.

---

<sup>20</sup> Convém mencionar que competitividade refere-se à capacidade de uma empresa em formular e implementar estratégias concorrenciais, que lhe permitam de forma duradoura uma posição sustentável no mercado (COUTINHO e FERRAZ, 1994).

Además de las cuestiones relativas a la oferta de aerogeneradores, los costos de inversión en parque eólicos en Brasil son fuertemente gravados por la carga tributaria y por el costo de capital. En este sentido, la reducción de costos de los emprendimientos pasa por políticas de desgravación tributaria y concesión de líneas de financiamiento en condiciones más favorables y condescendientes con las características de mercado de la industria de equipos eólicos y del sector de energía eléctrica. Los resultados y el éxito de la Subasta de Energía Eólica demostraron claramente que esos son los instrumentos bases para el desarrollo de la energía eólica en el Brasil.

En una perspectiva comparativa internacional, el sistema eléctrico brasileiro posee características que permiten la inserción de energía eólica con costos específicos menores que aquellos necesarios en otros países. Del punto de vista técnico, por tratarse de una energía intermitente, la inserción de una gran cantidad de capacidad eólica en el parque generador exige que el sistema tenga una considerable y compatible capacidad ociosa. Esta exigencia técnica se debe a la necesidad que los parques eólicos de tener un *back up* para soportar las incertezas de la generación de energía eólica. Debido a la predominancia de centrales hidroeléctricas en el parque generador nacional, el Brasil ya posee una capacidad instalada significativamente superior a su demanda de punta. Esta capacidad ociosa sirve así de *back up* para la energía eólica.

Hasta la realización de la subasta de diciembre del 2009, los parámetros macroeconómicos que determinaban la base de costos de energía eólica en el Brasil resultaban en valores en los cuales los costos de inversión en un parque eólico en el Brasil se mostraban superiores a las inversiones semejantes en países como E.U, China y Alemania. Sin embargo, los resultados de la LER de 2009 mostraron valores por MWs eólicos sorprendentes. Las causas de este resultado están asociadas a las siguientes variables.

Primero, una regla de las subastas de energía en el Brasil fue muy importante: cabe exclusivamente para el emprendedor definir los sitios para la construcción de los

parques eólicos. De esta forma, ellos escogen las áreas geográficas con los mayores factores de carga existente en el país. Al mismo tiempo, fueron concedidos algunos beneficios tributarios del ámbito federal, estatal y municipal. Aparte de eso, los emprendedores buscaron acceso a líneas de financiamiento especiales, notoriamente de carácter regional que sumadas a las condiciones de crédito dadas por el BNDES contribuían para la reducción de costos de financiamiento.

Finalmente, la consolidación del marco regulatorio e institucional del sector eléctrico expresado en reglas consistentes, transparentes y duraderas, como es el caso de los contratos de venta de energía de largo plazo, determinaron resultados, en términos de tarifas, sorprendentes ya que las tarifas médicas acabaron debajo de los US\$ 99. Hasta antes de la subasta de diciembre del 2009, cálculos realizados por GESEL, estimaban una tarifa muy poco competitiva en torno de US\$119,00 por MW, en cuanto la tarifa media era de US\$80,00 en los EUA y de US\$137,00 en la China.

Como consecuencia de los resultados de la LER eólica, el análisis comparativo con los resultados de subastas de energía nueva del 2007 y 2008, se mostraron muy pertinente y necesarios, ya que en estas subastas vencieron los emprendimientos de térmicas a petróleo con valores de tarifarios teóricamente muy próximos.

El análisis económico basado en los resultados de las subastas genéricas de A-3 y A-5 demostró que la energía eólica es competitiva cuando se compara con las centrales movidas por petróleo. La cuestión que se presenta es de cómo explicar, el punto de vista económico, que las usinas con combustible fósiles hayan sido contratadas en el 2007 y 2008 en demérito de la energía eólica y hasta con la bioelectricidad? La falta de competitividad en los emprendimientos eólicos en las subastas genéricas de contratación de energía no tienen como causas sus costos, pero sí la metodología para el cálculo de ICB. Esta metodología determina los valores de las tarifas para contratos por disponibilidad.

De forma resumida, y sin querer profundar el análisis relativo a los problemas metodológicos del ICB<sup>21</sup>, las centrales que participan de las subastas genéricas y de fuentes no hidroeléctricas son contratadas sobre el régimen de disponibilidad para ser despachadas en un reducido número de horas por año, son centrales entendidas por el Modelo de el SEB para que operen en régimen de *back-up*. Como consecuencia, centrales con mayor nivel de inflexibilidad pierden competitividad para centrales con mayor flexibilidad. Para un parque hidroeléctrico en el cual las termoeléctricas tienen una estimativa de ser despachadas en un reducido número de horas por año, ósea, se constituyan en un “*back-up*” del sistema, la contratación de estas térmicas en la modalidad de disponibilidad representa menores costos y mayor modicidad tarifaria para el sistema eléctrico brasileiro.

Con todo, como fue demostrado anteriormente, en un sistema eléctrico que necesitará cada vez más centrales operando en base de complementar la generación hídrica en períodos secos, las usinas térmicas flexibles no constituyen la mejor opción tarifaria. Al tener que ser despachadas en cantidades de horas bastantes superiores a aquellas previstas en el cálculo del ICB estas centrales provocarían un impacto financiero grande y afectarían negativamente el objetivo de buscar la mejor opción tarifaria del sistema eléctrico brasileiro. La tabla 5 ilustra con claridad el impacto tarifario potencial a los cuales los consumidores brasileiros están teniendo con la creciente contratación de emprendimientos termoeléctricos con costo variable elevado.

---

<sup>21</sup> Ver CASTRO, Nivalde José de; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. A seleção de projetos nos Leilões de Energia Nova e a questão do valor da energia. GESEL-IE-UFRJ. Mimeo. Outubro de 2009.

**Tabla 5**  
**Termoeléctricas do SIN: potencia disponible por faja de**  
**Costo Variable\*.**

(En R\$, MW medio y %)

<b>CVU (R\$/MWh)</b>	<b>Potência disponível (MWméd)</b>	<b>% total</b>
até 100	1.536	6,8
100 a 150	3.655	16,3
150 a 200	1.313	5,8
200 a 250	6.386	28,4
250 a 300	2.723	12,1
300 a 400	3.561	15,9
400 a 600	1.643	7,3
mais que 600	1.637	7,3
<b>Total</b>	<b>22.454</b>	<b>100,0</b>

*Fonte: ONS, PMO de Julho de 2009.*

(\*) Excluye térmicas inflexibles

Los datos de esta tabla muestran que en cuanto la contratación de centrales térmicas con costos variables elevados, podrá satisfacer las tarifas en la medida que estas centrales sean despachadas con mayor frecuencia. En el corto plazo, la operación de estas centrales en un número de horas superior a aquél previsto en el cálculo del ICB se debe a procedimientos de abastecimiento. Entretanto, a mediano plazo, los segundos argumentos presentados anteriormente, esta podrá ser la configuración de operación del sistema eléctrica brasileiro, el que exigirá el despacho prolongado de estas centrales. Vale señalar, a título de comparación atemporal, que el 70% del parque térmico flexible brasileiro tiene un costo variable superior a R\$200 por MWh. Con estos niveles tarifarios una serie de emprendimientos eólicos serían competitivos.

Es importante mencionar que mismo con el desarrollo de la industria de aerogeneradores y políticas de desgravación tributarias e incentivos fiscales, los proyectos eólicos tendrían una gran dificultad en competir con proyectos termoeléctrico movidos con petróleo, en subastas genéricas de energía nueva en función a la metodología del cálculo comparativo entre diferentes fuentes de energía que es adoptada.

En este sentido, es necesario destacar que aun existen expresivos desafíos para que, *de facto*, el Brasil tenga un parque eólico mínimamente compatible con el potencial de esta fuente de energía eléctrica y con su función de complementariedad de la matriz. A seguir se muestran cuatro elementos, que en la opinión de los autores, constituyen desafíos para implementación de centrales eólicas en el país.

- i. Bajo histórico en la medición de vientos. El régimen de vientos en el Brasil tiene una serie histórica relativamente corta, de apenas 30 años. Fue solo a partir de la década de 1970 que se empezó a medir los vientos del país. De modo que la serie histórica por ser relativamente corta, carece de confiabilidad, necesitando ser ampliada y adecuada para el propio desarrollo tecnológico en curso;
- ii. Necesidad de revisión del Atlas Eólico Brasileiro con mediciones en torres de 100m de altitud. Las mediciones que constan en el Atlas Eólico Brasileiro se refieren a una altitud de 50m. Sin embargo, los aerogeneradores más recientes tienen una altura de 100m<sup>22</sup>, lo que implica la necesidad de un estudio detallado del régimen de vientos en esta altitud;

---

<sup>22</sup> Medições preliminares a 100 m indicam um potencial eólico superior a 300 GW no Brasil..

- iii. Experiencia reciente de los emprendedores brasileños en esta rama. La curva de aprendizaje implicaría reducción de costos, y, consecuentemente, aumento de la competitividad de energía a partir de fuentes eólicas
- iv. Adopción de subastas específicas para energía eólica, evitándose las subastas genéricas

### **III.2 - Políticas Públicas y Perspectivas para la Energía Eólica en el Brasil**

Los costos medios de la energía eólica en el Brasil y la metodología actual de contratación de energía nueva vía subastas genéricas inviabilizan la contratación de energía eólica a través de mecanismos convencionales. Por lo tanto, se hace necesaria la elaboración de políticas específicas para la promoción de energía eólica. Estos instrumentos deben actuar por el lado de demanda, a través de creación de mecanismos específicos de contratación, así como por el lado de la oferta a través de la reducción de los costos del emprendimiento.

La Subasta de Energía Eólica realizada en diciembre del 2009 es un clásico ejemplo de instrumento de promoción de una determinada fuente por el lado de demanda. Sin embargo, en instrumentos de este tipo no puede ser ignorado el costo variable, luego se hace necesario que venga acompañado de la utilización de instrumentos que por el lado de la oferta actúen en forma de reducir los costos. Fue una política de desgravación tributaria, en conjunto con incentivos fiscales y más el descuento en la tarifa "Fio"- prevista para emprendedores de fuentes renovables de energía con capacidad inferior a 30MW – que posibilitaron la reducción de costos de la inversión, en convergencia con la entrada de nuevas firmas productoras de equipos eólicos. Este conjunto de medidas e instrumentos permitieron que la subasta tuviese como resultado la contratación de 753 MWmed equivaliendo una adición al sistema de 1.895,7MWW, al expresivo, e inesperado, precio de US\$ 98,27.

Este resultado no debe ser interpretado como un evento esporádico y sí como el inicio de una política energética sistemática de contrastación de energía eólica. Para tal fin, es necesaria la mantención de los incentivos por el lado de la oferta con la intención de permitir la inserción de energía eólica en la matriz eléctrica brasilera. En este proceso tiene ahora parámetros de los precios resultantes de la LER eólica, que se sitúan bastante cercanos a los niveles de precios de las fuentes convencionales.

Sin embargo, es importante que se mantenga la opción de subastas de fuentes específicas, porque debido a los problemas metodológicos apuntados anteriormente en las subastas genéricas, se corre el riesgo que la energía eólica no sea contratada siendo una fuente que debe ser priorizada en la expansión del sistema eléctrico brasilero.

Los instrumentos por el lado de la oferta que posibilitan la reducción de los costos de la energía eólica permiten que la contratación vía subastas específicas no se constituyen en un obstáculo en búsqueda de la mejor opción tarifaria

Con la meta de resaltar la importancia de políticas públicas para la promoción de la energía eólica, así como de las fuentes renovables en general, a seguir será realizada una breve discusión de los instrumentos comúnmente utilizados con este fin y su aplicabilidad en el caso brasilero

## **A - Mecanismos Específicos de Contratación**

La implementación de programas específicos para la contratación de fuentes alternativas y renovables es la manera más directa y eficiente de promover la inclusión planeada de estas fuentes en la matriz eléctrica, conforme demostrado en la sección anterior, donde a partir de las experiencias internacionales fue posible verificar cómo funciona el método *feed-in*. Estos métodos son esenciales para la promoción de de fuentes alternativas y renovables de energía porque garantizan la creación de mercado para estas fuentes, en cuanto que las políticas exclusivas por

el lado de la oferta pueden no mostrarse suficientemente eficaces en la ausencia de una demanda que garantice la comercialización de energía generada a partir de estas fuentes.

KOMOR (2004) coloca que el *feed-in* está en oposición a la política de introducción de competencia en el sector eléctrico. Lo que implica en cierto sentido, la retoma del papel estratégico y central del Estado como formulador de políticas pro-activas para el sector eléctrico.<sup>23</sup>, en especial para las fuentes renovables.

La elección de cuál de los métodos se debe adoptar depende de las peculiaridades, y del marco institucional y regulatorio de cada país. Así, es necesario desmitificar la idea, equivocada, de que la subasta es un instrumento donde existe menos intervención del gobierno, y por consiguiente, generaría resultados más eficientes. El grado de intervención en los dos instrumentos es semejante porque en cuanto en el *feed in*, el gobierno fija el precio a ser pagada por la energía, en la subastas el gobierno determina la cantidad a ser contratada, y en el caso brasilero, determina un precio objetivo para garantizar y mantener parámetros mínimos de la mejor opción tarifaria

La experiencia internacional viene indicando una mayor eficacia en programas basados en el os mecanismos *feed in* en comparación con políticas basadas en el sistema de subastas. Evidencias empíricas tienen demostrado que en muchos casos hay una gran participación de emprendedores de carácter especulativo en las subastas. Estos emprendedores buscan obtener derechos oriundos de los contratos para posteriormente vender estos derechos o mismo con la expectativa de reducción de costos de generación después de ofertar en la subasta un precio que no viabiliza el proyecto. De acuerdo con COSTA (2006) el sistema de subastas fue adoptado en el Reino Unido en la década de 90 de acuerdo a los preceptos de liberalización económica. Entre tanto, a cada subasta se reducía el número de

---

<sup>23</sup> Esta questão está abordada mais detalhadamente, para o caso europeu, em CASTRO e LEITE (2009).

emprendimientos contrastados que entraban en operación, culminando con la implementación de apenas 33% de los proyectos aprobados en la última subasta. La autora atribuye a la no construcción de muchos proyectos a el foco excesivo en la competencia del sector eléctrico británico, expresando así el comportamiento oportunista de algunos agentes, al haber ofertado precios debajo de sus costos, en la expectativa que ocurriese el desarrollo tecnológico que pudiese viabilizar sus proyectos

Una analogía al caso británico puede ser hecha con el Programa de Incentivo de Fuentes Alternativas (PROINFA) implementado en Brasil para la contratación de 3.300 MW dividido entre biomasa, energía eólica y pequeñas centrales hidroeléctricas. PROINFA tiene como base una metodología híbrida entre las subastas y el *feed in* porque el gobierno definió *a priori* el precio y la cantidad de energía a ser contratada. Sin embargo, una serie de limitaciones, entre las cuales, oferta de aerogeneradores insuficientes, exigencias de grado de nacionalización, dificultad de financiamiento para pequeños inversores, se sumaron a el comportamiento especulativo de algunos agentes y a las dificultades de conexión a redes de algunos proyectos. De esta forma, el programa que debería haber adicionado aproximadamente 1.4000 MW de potencia de generación eólica hasta finales del 2006, sufrió de excesivos atrasos, y en febrero del 2010 la capacidad instalada total de generación eólica era de 7127MW con previsión de abastecer solamente 1.427MW a fines del 2010.

La utilización de estos instrumentos debe ser restricta al desarrollo inicial hasta que la escala de producción, economías de aprendizaje e innovaciones tecnológicas reduzcan los costos de estas tecnologías alternativas. En este sentido, deben ser priorizados instrumentos que incentiven el desarrollo tecnológico. DUTRA (2007) enuncia que el sistema *feed in*, al garantizar la remuneración del inversor, es un sistema que incentiva el desarrollo de innovaciones tecnológicas porque permite al productor de menor costo obtener rentas diferenciales. En contrapartida el sistema de subastas al igualar los precios y costos marginales de los productores no incita el desarrollo tecnológico.

Por otro lado, el *feed in*, no debe causar impactos abusivos en las tarifas prácticas al consumidor final. De esta forma, es preciso crear mecanismos que impidan que los emprendedores se apropien de forma integral de las rentas oriundas de mejores condiciones del sitio en el cual exploran, de innovaciones tecnológicas y del desarrollo de mercado. En estos términos, es necesaria la adopción de mecanismos de flexibilización del sistema *feed in*, conforme ocurre en Alemania, donde se adopta un *feed in* decreciente y diferenciado de acuerdo con las condiciones de localización de los parques eólicos.

De esta manera, lo importante es elaborar y adoptar un instrumento que *de facto* valore de forma adecuada la energía eólica considerando todas las externalidades positivas que esta fuente traería para el sector eléctrico brasileiro, inclusive en la esfera ambiental.

Cabe referir que la creación de un mercado de Certificados Verdes no aparenta ser la mejor opción para el caso brasileiro. Esto porque el Brasil ya posee una matriz eléctrica esencialmente renovable. Luego, la obligación que los consumidores tengan en su portafolio de energía un porcentaje oriundo de fuentes renovables no presenta mucha consistencia. [

[P2] Comentário: Isso seria MDL e não certificados verdes! Coisas distintas! MDL não é instrumento específico de contratação de fonte renovável de energia!

## **B - Desgravación Tributaria de Bienes de Capital**

La importancia de elaboración de políticas públicas por el lado de los costos no puede ser ignorada. Al reducirse los costos de generación eólica, la misma estaría apta para competir en condiciones competitivas con las fuentes convencionales de generación. Como el costo de la energía eólica está asociado, en gran parte, a los bienes de capital, políticas que promuevan la reducción de costos de los aerogeneradores son fundamentales para la reducción de los costos de la energía eólica. En el Brasil, dado el elevado peso de la carga tributaria en el costo de bienes de capital, existe un gran margen de posibilidades para realizar una política de

desgravación tributaria en la industria de turbinas eólicas resultando en la reducción de costos de MWh generado en parques eólicos.

Actualmente en el Brasil, los tributos representan cerca del 30% del costo de las turbinas eólicas. En la hipótesis de eliminar la tributación incidente sobre los aerogeneradores, la energía eólica podría ser viable con una tarifa de US\$ 83,30 por MWh, valor extremadamente competitivo comparado con el de las centrales térmicas a gas natural y carbón. Este tipo de política garantizaría la competitividad de los productores nacionales al mismo tiempo que permitiría la entrada de firmas internacionales estimulándose la competencia en el mercado, lo que tendería a reducir el precio de los bienes de capital necesario en un parque eólico.

Sin embargo, esta desgravación debe ocurrir de la forma más simple posible y la periodicidad de este beneficio debe ser definido de forma clara. La experiencia norte americana, discutida en la sección anterior, mostró las dificultades generadas por una política de beneficio fiscal compleja y de periodicidad incierta.

El análisis del resultado de la LER eólica mostró con nitidez la importancia de la desgravación tributaria, así como de incentivos fiscales, siendo decisiva para el resultado de la subasta. En este sentido, esta política debe ser mantenida.

### **C – Líneas especiales de financiamiento**

El éxito de una determinada inversión está asentado, en gran medida en las condiciones de financiamiento, tasa de interese, plazo de amortización, período de carencia. Los proyectos de mayor porte con carácter más conservador, especialmente cuando son implementados por grandes corporaciones, consiguen obtener mejores condiciones de financiamiento. Estas características son denominadas por la literatura por economía de envergadura. De esta forma, los proyectos de energía eólica que inexorablemente no poseen grandes escalas y tengan como base una tecnología no acostumbran obtener junto al sistema

bancario condiciones de financiamiento mínimamente ideales y consecuentemente competitivas.

En términos de Brasil, el BNDES<sup>24</sup> es el único ofertante de capitales de largo plazo para el desarrollo de proyectos. CASTRO y al. (2008) defiende que el BNDES debería tener en sus líneas de financiamiento mayores incentivos a la promoción de inversión en tecnologías eficientes, innovadores y sustentables, entre las cuales se encuadra la energía eólica. Mientras tanto, las condiciones de financiamiento para fuentes de energía alternativa y renovable están bastante próximas a aquellas concedidas para proyectos basadas en tecnologías convencionales de generación de energía eléctrica, conforme puede ser verificado en la Tabla 6.

**Tabla 6**  
**Condiciones de Financiamiento del BNDES para Proyectos de Generación de Energía Eléctrica**

<b>Líneas de Financiamiento</b>	<b>Costo do Capital (% al año)</b>	<b>Participación Máxima do BNDES (%)</b>	<b>Plazo de Amortización (años)</b>
Hidroeléctricas – estructurantes (capacidad instalada superior a 1.000 MW)	0,9 más TJLP	80	20
Hidroeléctricas	0,9 más TJLP	80	16
Térmicas a Gas Natural,	0,9 más TJLP	80	14

<sup>24</sup> O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) tem como objetivo apoiar empreendimentos que contribuam para o desenvolvimento do país.

Bioelectricidad, Eólica, PCH			
Térmicas Petróleo Carbón	a y a	1,8 más 50% TJLP mas 50% TJ-462	60 14

Fuente: Datos do BNDES.

Como se puede constar, las fuentes alternativas no poseen líneas específicas de financiamiento en condiciones diferenciadas. Es bastante cuestionable que estas fuentes tengan las mismas condiciones que proyectos hidroeléctricos y térmicos a gas natural al considerarse las mayores escalas de estas fuentes ya que poseen tecnología madura.

El formateo de las líneas de financiamiento subsidiadas para la energía eólica se justifica por el carácter estratégico de promoción de esta energía en el planeamiento de la matriz brasilera. La concesión de líneas de financiamiento en condiciones especiales es un instrumento importante de promoción de fuentes alternativas y renovables de energía y un medio de promover la política del planeamiento energético deseado. En este sentido debería haber mayor diálogo entre los órganos responsables por el planeamiento del sector y el BNDES con objeto de definir cuales fuentes deben ser priorizadas y concedidas condiciones de financiamiento más favorables.

## Conclusiones

La predominancia de generación hídrica en la matriz eléctrica brasilera relegó a un segundo plano la necesidad de inversión en fuentes alternativas y renovables de energía eléctrica. Con todo, la imposibilidad de construcción de nuevas centrales hidroeléctricas con grandes reservorios en función de limitaciones físicas y ambientales, irá a provocar la reducción de capacidad de regularización de oferta hidroeléctrica a lo largo de todo el año. Este nuevo padrón de generación volverá necesaria la complementación del parque hídrico con otras fuentes en el período seco del año. Dentro de las fuentes posibles a complementar el parque hídrico, la energía eólica es una de las relevantes debido a su intrínseca complementariedad con el régimen hídrico.

Así, como en otros países que están invirtiendo en la expansión de energía eólica debido a cuestiones relativas a la garantía de abastecimiento concomitante a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, el mayor obstáculo para la promoción de la energía eólica en el Brasil es su costo. Además, es necesaria una adopción de políticas específicas para la contratación de esta energía. Un conjunto de instrumentos que formateen una política energética para esta fuente fueron adoptados con grande éxito en la Subasta de Energía Eólica. Sin embargo, esta política específica necesita ser mantenida y ampliada para que *de facto* se verifique una inserción de energía eólica en la matriz brasilera compatible con su potencial y sus externalidades.

Las políticas de promoción de energía eólica adoptadas en los EUA, Alemania y en China, cada una con sus características y especificaciones, vienen mostrándose eficaces en la inserción de energía eólica en la matriz eléctrica de estos países. Básicamente las políticas de estos países consisten en la creación de mercado para esta energía, a través de políticas *feed in* como en el caso alemán y chino y de mercado de certificados verdes en muchos estados norteamericanos. En paralelo,

pueden ser adoptadas políticas por el lado de la oferta como el crédito tributario concedido por el gobierno federal norte americano. Mientras tanto, para que *de facto* estas políticas funcionen es necesario el desarrollo del mercado interno de turbinas eólicas. Las experiencias verificadas en estos países sirven de ejemplo y norte para que Brasil desarrolle el mercado de aerogeneradores.

El argumento normalmente presentado es que la energía eólica posee un mayor costo en relación a las fuentes convencionales, no es suficiente para descartar esta fuente y la adopción de políticas específicas de incentivo. El análisis internacional, en países que ya poseen una amplia potencia instalada de energía eólica, indica que la energía eólica continua teniendo un costo de generación superior a las fuentes convencionales como central térmicas movidas a gas natural y térmicas movidas a carbón. En el Brasil, el costo de inversión tiende a ser superior a la media internacional debido a que al "Costo Brasil" y el incipiente desarrollo de mercado brasilero de turbinas eólicas.

En contrapartida, lo que se verifica en las últimas subastas de contratación de energía nueva realizada en Brasil, es que la energía eólica no viene preferida por fuentes que poseen un costo total inferior, sino por centrales terminas movidas a petróleo que debido a los mecanismos de contratación se convierten extremadamente competitivas en las subastas, a pesar que representen un potencial riesgo financiero para el sector eléctrico brasilero. Por lo tanto, algunos aspectos del modelo del SEB tienen a perjudicar la competitividad de la energía eólica.

En paralelo a las políticas por el lado de la demanda, es importante la manutención y desarrollo de políticas por el lado de la oferta que reduzcan el costo de inversión, entre las cuales, desgravación tributaria y formateo de líneas de financiamiento específicas. Cabe referir, que la reducción efectiva del costo de inversión requiere desarrollo de mercados de turbinas eólicas concomitantemente a las inversiones en investigación y desarrollo, las cuales son esenciales en una industria donde otros países vienen invirtiendo grandes montos financieros en investigación, que

puedan resultar en una ruptura tecnológica en la generación eólica. Por ejemplo, China y EUA vienen realizando inversiones macizas en turbinas de eje vertical de gran porte que si se viabilizan irán a reducir de forma drástica el costo de generación de la energía eólica.

Con participación en el desarrollo de la tecnología eólica y su uso, el Brasil puede aprovechar una energía complementaria y también crear competencia en un sector económico que va a crecer globalmente en el futuro.

## Referencias

AGENCE FRANCE-PRESSE. *China scraps limits on foreign wind turbine parts*. 2010. Disponible en <<http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5iUix-FRiXbLQhdojlrIlvefqaHzA>>. Acceso en 14/01/2010.

AMARANTE, O.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A L. *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro*. CRESEB / ELETROBRAS / CEPEL / MME. Brasília: MME, 2001.

ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 3ª. Edición. Brasília, 2008.

AMERICAN WIND ENERGY ASSOCIATION. *Annual Wind Industry Report – Year Ending 2008*. AWEA: Washington D.C., EUA, 2009.

ASSOCIAÇÃO EUROPEO DE ENERGIA EÓLICA (EWEA). *The Economics of Wind Energy*. EWEA: Brussels, Belgium, marzo de 2009.

BOCCARD, N. *Economic properties of wind power*. *Energy Policy*. 2009. Disponible en doi:10.1016/j.enpol.2009.07.033.

BOLINGER, M. *Comunicação Pessoal*. Lawrence Berkeley National Laboratory: California, EUA, 13 de octubre de 2009.

BOLINGER, M. et al. *PTC, ITC or Cash Grant? An Analysis of the Choice Facing Renewable Power Projects in the United States*. Lawrence Berkeley National Laboratory e National Renewable Energy Laboratory: California e Colorado, EUA. 2009.

BÜSGEN, U. *The expansion of electricity generation from renewable energies in Germany: A review based on the Renewable Energy Sources Act Progress Report 2007 and the new German feed-in legislation*. *Energy Policy* 37 (2009) 2536–2545, 2009.

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; BRANDÃO, Roberto; LEITE, André Luiz da Silva. *Bioeletricidade e a Indústria de Alcool e Açúcar: possibilidades e limites*. Synergia. Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. *Alternativas de Complementação do Parque Hídrico*. Mimeo. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2009.

CASTRO, Nivalde José; BUENO, Daniel. *Os Leilões de Energia Nova: vetores de crise ou de ajuste entre oferta e demanda?* Rio de Janeiro: IE-UFRJ, 18 jun 2007.

CASTRO, Nivalde José; LEITE, André L. *Política para o setor elétrico da União Europeia: rumos contrários ao processo de integração econômica*. *Económica* (Artigo aceito para publicação), 2009.

CHAN, Y. *China sets feed-in tariff for wind power plants*. *Business Green*. 27 de julho de 2009. Disponível em < <http://www.businessgreen.com/business-green/news/2246766/china-sets-feed-tariff-wind>>.

CHIPP, Hermes. *Procedimentos Operativos para Assegurar o Suprimento Energético do SIN*. Apresentação no GESEL-IE-UFRJ, Rio de Janeiro, 9 de Julho 2008.

COSTA, C. *Políticas de Promoção de Fontes Novas e Renováveis para Geração de Energia Elétrica: Lições da Experiência Europeia para o Caso Brasileiro*. Tese de Doutorado. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, Rafael Vale; CASOTTI, Bruna Pretti; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias. *Um Panorama da Indústria de bens de Capital Relacionados à Energia Eólica*. BNDES. Rio de Janeiro, 2009.

COUTINHO, L. e FERRAZ, J. C. (Coord.). *Estudo da competitividade da indústria brasileira*. Campinas: Papirus. 1994.

DSIRE. Database of State Incentives for Renewables and Efficiency. US Department of Energy, North Carolina Solar Center, e IREC. Disponível em <<http://www.dsireusa.org/>> Acessada 13/11/2009

EPE. Índice de Classificação dos Empreendimentos (ICE) de Energia de Reserva. EPE-DEE-RE-064/2008-r1, Abril de 2008.

EPE. Índice de Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração Termelétrica. EPEDEE-RE-102/2008-r0, Julho de 2008.

EPE, Planilha de CMO do Plano Decenal 2006-2015, região SE-CO.

Database of State Incentives for Renewables and Efficiency (DSIRE). Qualifying Advanced Energy Manufacturing Investment Tax Credit. North Carolina (NC) Solar Center: North Carolina, EUA, Pesquisado 7 de novembro de 2009. Disponível em <[http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive\\_Code=US52F&re=1&ee=0?](http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=US52F&re=1&ee=0?)>.

DAVID, A. *Growth in Wind Turbine Manufacturing and Trade*. Comissão dos EUA de Comércio Internacional: Washington DC, EUA, 2009.

DUTRA, Ricardo M. *Propostas de políticas específicas para energia eólica no Brasil após a primeira fase do PROINFA*. Tese de Doutorado. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. *Global Wind 2008 Report*. Bruxelas, 2009.

HUO, Molin e Zhang, Xilliang. *Experience and Obstacles of China's Wind Power Development*. Low Carbon Resources Lab of Tsinghua University: China, 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Key World Energy Statistics*. Paris, 2008.

KOMOR, P. *Renewable energy policy*. New York: Diebold Institute for Public Policy Studies, 2004.

LEMA, A; Ruby, K. *Between fragmented authoritarianism and policy coordination: Creating a Chinese market for wind energy*. *Energy Policy* 35 (2007) 3879–3890, 2007.

LEWIS, J. *A Comparison of Wind Power Industry Development Strategies in Spain, India and China*. Relatório preparado pelo Center for Resource Solutions. Pew Center on Climate Change: Washington DC, EUA, 2007.

LEWIS, J; WISER, R. *Fostering a Renewable Energy Technology Industry: An International Comparison of Wind Industry Policy Support Mechanisms*. Lawrence Berkeley National Laboratory: Califórnia, EUA, 2005.

NAVIGANT CONSULTING. *Economic Impacts of the Tax Credit Expiration*. Navigant Consulting Inc.: Preparada para AWEA (Apresentação em PowerPoint), 13 de fevereiro de 2008.

ONS. *Plano Anual da Operação Energética – PEN 2009*. Sumário Executivo. 2009.

RAGWITZ, M. et. al. *Optres Final Report*. Karlsruhe. Alemanha. 2007.

TORRES, M.A.Z. *Desafios para o desenvolvimento do setor de Energias Renováveis no Brasil*. Florianópolis: UNISUL (Apresentação em PowerPoint), 10 de junho de 2009.

TRINGAS, T. *Quarterly Levelized Cost of Energy Outlook*. New Energy Finance: London, Inglaterra, 21 de junho de 2009.

HUO, Molin e Zhang, Xilliang. *Experience and Obstacles of China's Wind Power Development*. Low Carbon Resources Lab of Tsinghua University: China, 2009.

WISER, R. e Bolinger, M. 2008 *Wind Technologies Market Report*. U.S. Department of Energy (DOE): Washington, DC, julho 2009.

WISER, R; Barbose, G. *Renewables Portfolio Standards – A Status Report through 2008*. Lawrence Berkeley National Laboratory, abril de 2008.