

# Energia Nuclear: Desafios no Sistema Elétrico Brasileiro

*Nuclear Energy: Challenges in the Brazilian Electric System*

Cleyton Martins da Silva<sup>1</sup>  
Tamyris Costa de Moraes<sup>2</sup>  
Wallace Oliveira Cardoso<sup>3</sup>

## **Resumo:**

O Brasil é um país com grande participação de fontes renováveis de energia em sua matriz energética, principalmente a hidroeletricidade; contudo, sua utilização pode apresentar diversas limitações. Assim, devem ser consideradas outras opções para garantir a segurança energética do país, como, por exemplo, a energia nuclear, que apresenta grandes vantagens. Sua participação é, entretanto, de cerca de 3% da energia produzida. Este trabalho estuda o importante desafio a ser superado para a expansão do uso da energia nuclear no país: a opinião pública e sua aceitação. Neste trabalho, é possível concluir que a opinião pública está relacionada com o nível de informação e conhecimento sobre a energia nuclear e que quanto maior o grau de instrução e conhecimento sobre o tema, maior é a fundamentação na tomada de decisão, favorável ou não à utilização da mesma.

**Palavras-chave:** energia, energia nuclear, matriz energética, fontes de energia, sustentabilidade

### **Abstract**

Brazil is a country with a large share of renewable energy in its energy matrix, mainly hydroelectricity. However, this use can present several limitations. Thus, other options, such as nuclear energy, should be considered in planning the energy security assessment of the country, since it presents great advantages. In spite of its advantages, its contribution is about 3% of the energy produced. This paper studies the important challenge to be overcome to expand the use of nuclear energy in the country: its acceptance by public opinion. In this work we conclude that the opinion of the public is related to the level of information and knowledge about nuclear energy. We also show that, the higher the level of education and knowledge on the subject, the greater the reasoning in the decision-making process pro or against the use of nuclear energy.

**Keywords:** energy, nuclear energy, energy matrix, energy sources, sustainability

<sup>1</sup>Pós-doutorado no Instituto de Química da UFRJ, Doutor do curso de Química Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Professor da Universidade Veiga de Almeida/ Professor Docente I - SEEDUC-RJ / Pesquisador do Grupo de Pesquisa de Cinética Aplicada à Química Atmosférica e Poluição (IQ/UFRJ)/ Técnico - PETROBRAS/ CENPES /RJ.  
**e-mail:** cleyton.silva@uva.br

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida/ Graduação em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Carioca (2012).  
**e-mail:** tamyris\_costa@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.  
**e-mail:** wallace.oliveira.cardoso@gmail.com

## 1. Introdução

O Brasil é o maior país da América Latina e ocupa o quinto lugar mundial tanto em área geográfica quanto em população, sendo a sexta maior economia do planeta em termos de PIB nominal (WORLDBANK, 2016). É um dos principais componentes do grupo denominado BRICS, um grupo econômico de países com similaridades em extensões territoriais, dimensões demográficas e economia crescente, e que, em conjunto, representam parcela significativa do produto e da população mundial, sendo este grupo responsável por aproximadamente 18% do PIB mundial (BRASIL, 2014).

Apesar de números expressivos, o país apresenta diversos problemas de desigualdades sociais e regionais, sendo a importância da expansão da capacidade geradora/distribuidora de energia elétrica no Brasil essencial para assegurar o crescimento econômico, sustentável, tendo em vista que a energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento social e a melhoria da qualidade de vida da população brasileira (SANTOS, 2014).

Dessa forma, assim como a análise econômica possui um importante impacto sobre as questões energéticas, a evolução demográfica é um fator primordial para indicar as possíveis trajetórias do consumo energético (MME, 2014).

De acordo com dados do

Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a capacidade instalada total do sistema elétrico brasileiro, no final de 2013, era de cerca de 126 mil megawatts (MW). Esse total engloba não apenas as unidades geradoras do Sistema Interligado Nacional (SIN), mas conta também com unidades instaladas nos sistemas isolados e a autoprodução clássica, não contabilizando a parcela de importação da Usina Hidrelétrica de Itaipu não consumida pelo sistema elétrico paraguaio (MME, 2014).

Ainda, segundo os dados do Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 (MME, 2014), os despachos, resoluções e relatórios de fiscalização da ANEEL e as reuniões de acompanhamento do Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico (DMSE), a capacidade instalada relativa aos empreendimentos de geração constantes do SIN, incluindo a parcela de Itaipu importada do Paraguai, totalizava 124,6 mil MW em 31/12/2013.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Estado necessitará de 52 gigawatts (GW) de potência instalada para o SIN até 2021, devido ao desenvolvimento do setor econômico do país. Uma expansão média anual do Produto Interno Bruto (PIB) de 4,7% é projetada para advir ao longo da próxima década,

concomitantemente à elevação da demanda na esfera energética. Essa expansão acarretará que o total do SIN deva atingir um total de cerca de 180 mil MW.

Em agosto de 2015, a capacidade da matriz energética brasileira atingiu 138,3 mil MW, o que representa um aumento de 84% comparando-se com o que as instalações alcançaram em dezembro de 2001 – 74,8 mil MW.

Com um crescimento tão importante, o SIN necessita de um esquema organizacional que suporte a energia produzida pela atividade de todos os empreendimentos, assegurando aos consumidores um fornecimento competente, hábil e seguro, além de proporcionar um baixo valor financeiro, oferecendo à população condições de custear o produto.

### **Composição e crescimento da Matriz de Energia Elétrica Brasileira**

Em continuidade com o âmbito da geração de energia elétrica, segundo o BIG, o Brasil possui atualmente, no total, 4.218 empreendimentos em operação, representando 138.281.327 kW de potência instalada. E ainda está prevista para os próximos anos uma adição de 41.232.382 kW na capacidade de geração do país, proveniente dos 182 empreendimentos atualmente em construção e de mais 711 com construção não iniciada (ANEEL, 2015).

### **Usinas Hidrelétricas**

Entendendo que a água é o recurso natural mais abundante na Terra e que é também considerada uma das raras fontes de produção energética que não contribui para o aquecimento global, sendo ainda considerada como um recurso renovável, é aceitável que a maior contribuição da Matriz Elétrica Brasileira seja proveniente desta fonte, cerca de 75%.

Tal contribuição é justificada dada a riqueza do país em rios de excelente potencial hidrelétrico, o que lhe permite possuir usinas em todas as suas regiões e contar ainda com investimentos contínuos na expansão do uso desta fonte. Segundo dados da ANEEL (2015), estima-se que o potencial hidráulico do Brasil seja da ordem de 260 GW.

Apesar de bem vantajosas como já citado, por causa da disponibilidade de recurso, do baixo custo relativo e da utilização de fonte de energia renovável, as usinas hidrelétricas não são tão utilizadas quanto se poderia esperar. O principal motivo para isso é de cunho ambiental, pois as usinas de grande porte provocam um impacto expressivo na fauna e na flora da região, já que interromper um curso d'água, bem como promover o alagamento de determinadas áreas, implica grandes alterações em todo um ecossistema, além de inviabilizar a utilização da água para outras finalidades.

Outra desvantagem do uso exclusivo da água é sua limitação por variações climatológicas regionais, que podem ocasionar períodos de estiagem e baixas nos reservatórios. Além disso, a hidroeletricidade é um fim secundário para o potencial hídrico, que se há de destinar, antes, às necessidades primárias da população.

Dentre as usinas hidrelétricas do Brasil, a de maior relevância é a Usina de Itaipu, construída e administrada por Brasil e Paraguai, no rio Paraná. Esta é a segunda maior hidrelétrica do mundo em potência instalada, com 14 mil MG de capacidade de geração, atrás apenas de Três Gargantas, na China. No entanto, no ano de 2015, a Usina de Itaipu superou a hidrelétrica chinesa, produzindo 2,5% a mais que esta última (ITAIPU, 2016). Ainda em fase de construção, a Usina Hidrelétrica de Belo Monte será a terceira maior do mundo quando já estiver concluída, consolidando a posição do Brasil como o maior mercado mundial de energias renováveis.

### **Usinas Termelétricas**

Apesar de o SIN ser composto principalmente por hidrelétricas, faz-se necessária a diversificação da matriz de energia elétrica brasileira, tendo-se em vista as diversas variáveis que podem comprometer a eficiência daquelas instalações, de forma a garantir a geração e distribuição

de energia demandada.

Uma das maneiras de gerir o sistema e contornar um possível déficit de energia é a utilização de usinas termelétricas, pois sua produção não depende dos regimes de chuva e o seu uso pode promover a economia de água, diminuindo os riscos de insuficiência e também de abastecimento direto da população com esse recurso.

As usinas termelétricas têm como princípio a produção de eletricidade a partir da energia liberada na forma de calor, proveniente da queima de combustíveis, tais como gás natural, óleo diesel, carvão, biomassa etc. (ANEEL, 2015).

As termelétricas têm como vantagem a possibilidade de construção em locais próximos aos centros consumidores, o que permite economia com as redes de transmissão, evitando também perdas nas redes de distribuição. Outra vantagem significativa é a possibilidade de uma produção constante.

No entanto, as termelétricas apresentam impactos ambientais expressivos que consistem em um grande desafio para este setor, uma vez que a utilização de combustíveis (em sua maior parte, combustíveis fósseis) provoca a emissão de poluentes atmosféricos, contribuindo efetivamente para diversos problemas ambientais. Tais impactos incluem desde a possibilidade de formação de

chuva ácida até a contribuição para o aquecimento global (ocasionado pela intensificação do efeito estufa, dada a emissão de gases de efeito estufa – GEE) (SILVA, 2012), passando ainda pela contribuição com a formação de ozônio troposférico e do *smog* fotoquímico, e pela emissão de material particulado.

Outra desvantagem desse tipo de fonte geradora de energia elétrica são os gastos com combustíveis, que podem ser intensificados com a variação de disponibilidade de recursos, ou ainda, pelo valor de mercado do petróleo (em se tratando de combustíveis derivados deste).

Atualmente, da totalidade das usinas termelétricas existentes no país, a maioria utiliza o petróleo como recurso, responsabilizando-se pela geração de cerca de um quarto da capacidade total do país (ANEEL, 2015).

### **Usinas de Energia Eólica**

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2015), no Brasil, o uso da energia proveniente de fonte eólica teve início em 1992, no arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco), com uma turbina de capacidade de 225 KW.

Contudo, somente após a crise energética de 2001, houve incentivo para a construção de empreendimentos de geração de energia eólica no país, através do Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA

(ABEEólica, 2015).

Contando com 266 usinas em operação e aproximadamente 6,5 GW de produção atual (BIG, 2015), as perspectivas são que, para o final de 2017, estejam em operação 8,7 GW de energia elétrica proveniente dessa fonte (ABEEólica, 2015).

A utilização atual dessa fonte de energia promove uma redução de CO<sub>2</sub> na ordem de 12.500.000 T/ano. Tal correlação seria equivalente à emissão anual de cerca de 7 milhões de automóveis (ABEEólica, 2015).

### **Usinas de Energia Solar**

Em escala comercial, o principal obstáculo à sua utilização tem sido o custo das células solares. Segundo a ANEEL (2015) atualmente os custos de capital variam entre 5 e 15 vezes os custos unitários de uma usina a gás natural que opera com ciclo combinado, muito embora já se tenha observado uma redução nos custos de investimento para essa tecnologia.

A disponibilidade de radiação solar depende também das condições climáticas e atmosféricas. Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Apesar desta perda de radiação, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial (ANEEL, 2015).

Apesar da disponibilidade do recurso, atualmente no Brasil existem somente 25 empreendimentos de aproveitamento dessa fonte de energia, ligados ao SIN, e consequentemente compoem a Matriz de Energia Elétrica Brasileira, o que corresponde somente a 0,0077% de contribuição (ANEEL, 2015).

Além do custo de investimento, outro limitante para a utilização desse tipo de fonte de energia é a necessidade de dispor de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para a viabilidade econômica do projeto, devido à baixa eficiência dos sistemas de conversão existentes.

### **Usinas Nucleares**

A energia nuclear, tal qual a produzida nas usinas, ocorre a partir do processo de fissão nuclear, que consiste em uma reação química no núcleo de um átomo – normalmente se usa o urânio (isótopo  $U^{235}$ ). O núcleo atômico, onde sua massa fica concentrada, é impactado por um nêutron em velocidade moderada e emite, assim, uma grande quantidade de energia.

De acordo com a WNA – *World Nuclear Association* (2015) (Associação Nuclear Mundial), atualmente, a porcentagem de energia elétrica mundial produzida por fontes nucleares corresponde a 14%

do total. Esse número está em ascensão, já que a tendência é a construção de usinas nucleares. Tanto os países que ainda estão em desenvolvimento, quanto os países onde o uso da energia nuclear já está consolidado, visam expandir sua geração e estender suas centrais ao aproveitamento máximo em relação à sua vida útil.

Entre outras vantagens, o uso da energia nuclear, evita a queima de combustíveis fósseis e, consequentemente, a emissão dos gases de efeito estufa na atmosfera, principais causadores do aquecimento global (DEUTCH, 2009). Além disso, as usinas nucleares independem do clima e de seus fatores, é possível instalá-las próximo às centrais consumidoras, seu custo é baixo e a oferta do urânio é abundante (ELETRONUCLEAR, 2015).

#### **1.7.1 A Energia Nuclear no Brasil**

O Brasil possui domínio na tecnologia de enriquecimento de urânio e de todo ciclo do combustível nuclear, e possui a sexta maior reserva de urânio do planeta, com aproximadamente 309.000 toneladas distribuídos entre diversos Estados como Minas Gerais, Paraná, Bahia, Ceará e outros, suficiente para suprir 32 usinas similares a Angra 2 por toda vida útil das usinas (VEIGA, 2011). Tais reservas podem ser maiores ainda uma vez que os trabalhos de pesquisas minerais atingiram somente 25%

do território brasileiro.

Quanto ao ciclo de combustível (mineração, beneficiamento, conversão, enriquecimento, reconversão, produção de pastilhas de urânio e fabricação do elemento combustível), apesar do domínio total da tecnologia no Brasil, algumas fases do ciclo são realizadas em território nacional e outras no exterior.

O quadro brasileiro atual, em se tratando de produção energética nuclear, é composto de Angra 1 e Angra 2, esta última possuindo uma capacidade de 1350 MW. Existe ainda uma usina que se encontra em fase de instalação, Angra 3, com previsão de gerar até 1405 megawatts elétricos a partir da base tecnológica da usina de Angra 2.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030, seria necessário que novas centrais nucleares fossem construídas e operadas nas regiões Nordeste e Sudeste (ELETRONUCLEAR, 2015) de forma a compor o SIN e a permitir a operação segura do mesmo, principalmente em períodos em que o regime pluviométrico é desfavorável à recuperação dos níveis das usinas hidrelétricas, pois o uso das termelétricas convencionais ocasionaria o expressivo aumento no Custo Marginal de Operação do Sistema, um aumento de cerca de 800% em relação ao valor do início do ano.

Dessa forma, a utilização da tecnologia nuclear apresenta significativa vantagem comparativa no que concerne à segurança energética do país.

Além da mitigação na emissão de GEE, mitigam-se as emissões de outros poluentes primários tais como dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, material particulado, compostos orgânicos voláteis etc.

Contudo, apesar da necessidade, no Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 está apenas prevista a implantação da Usina Nuclear de Angra 3, sendo ainda de grande relevância compreender que o tempo necessário para implantação de uma usina nuclear é de cerca de dez anos contados a partir da definição do local de instalação da mesma (MME, 2014).

Em 2012, a geração de energia elétrica, através da Tecnologia Nuclear, correspondeu aproximadamente a 10% da eletricidade produzida mundialmente (IAEA, 2013). No Brasil, entretanto, em 2014, a participação desta fonte de energia foi correspondente a somente 2,87% da energia produzida no país (ELETRONUCLEAR, 2015).

Dentro desse contexto, dados históricos, tanto da indústria nuclear nacional como internacional, indicam que existem importantes desafios a serem superados de forma

a propiciar o aumento da participação da energia nuclear tanto na matriz energética brasileira quanto mundial, tais como segurança nuclear, gerenciamento de resíduos radioativos, competitividade econômica e, principalmente, a aceitação da opinião pública (SANTOS, 2014).

Face ao grande desafio da aceitação da utilização da energia nuclear para geração de energia elétrica por parte da opinião pública e entendendo que o tema é pouco debatido nos meios acadêmicos, realizou-se uma pesquisa com o objetivo de verificar a posição de estudantes de diferentes níveis de ensino no que diz respeito a questões referentes à energia nuclear.

### **Metodologia**

A pesquisa foi realizada por meio de questionários que continham doze questões orientadas a respostas de cunho objetivo para averiguar conhecimentos mínimos sobre o tema, sobre a matriz de energia elétrica brasileira e a ampliação da utilização da energia nuclear nessa matriz, bem como sobre os riscos envolvidos na sua utilização e, ainda, sobre a sua aceitação.

O questionário foi aplicado em diferentes níveis de ensino com o objetivo de correlacionar o nível de conhecimento sobre o tema e o grau de instrução da população amostrada.

### **Resultados**

Foram aplicados 186 questionários no mês de agosto de 2015. Quanto ao grau de instrução dos entrevistados, 31% destes, são estudantes de Ensino Fundamental, com uma faixa etária compreendida entre 14 e 18 anos de idade, 45% possuem o Ensino Médio completo ou ainda estão cursando esse grau de ensino e possuem idade compreendida entre 19 e 33 anos, 24% dos entrevistados são estudantes de Ensino Superior e possuem idades entre 19 e 44 anos.

Os entrevistados foram questionados sobre os seguintes assuntos: conhecimento sobre a matriz energética brasileira (principal fonte de energia, possível crise no setor e possíveis soluções para problemas na área), também foram questionados sobre a energia nuclear no país, sua utilização, vantagens e desvantagens na utilização dessa fonte de energia e questões de segurança relativas à sua utilização. Ainda foram verificadas as opiniões sobre o incentivo ou não ao investimento para o melhor aproveitamento desse recurso energético.

A respeito do conhecimento da principal fonte de energia elétrica do país, e do conhecimento da existência de crise energética no setor, as respostas obtidas são apresentadas na Tabela 1.

Conhecimento	Ensino Fundamental	Ensino Médio	Ensino Superior
Sobre principal fonte de energia do país	63,8%	83,3%	93,2%
Sobre existência de crise energética no país	53,4%	83,3%	84,1%

**Tabela 1**  
Conhecimentos sobre a Matriz de Energia Elétrica Brasileira.

A respeito da matriz de energia elétrica brasileira, a maioria dos entrevistados que responderam “sim” ao questionamento de conhecimento sobre a principal fonte de energia do país, indicou que a mesma seria as hidrelétricas. Quanto aos causadores de uma possível crise de energia elétrica, as respostas foram majoritariamente referentes à falta e o mau uso da

água, e, como possível mitigador desse problema, considerou-se a utilização de outras fontes de energia. Dentre as fontes de energia mais citadas, o recurso solar foi o que apresentou maior índice.

Na seção em que são tratados os conhecimentos sobre energia nuclear, as respostas obtidas estão apresentadas na Tabela 2.

Conhecimento	Ensino Fundamental	Ensino Médio	Ensino Superior
Sobre o que seria Energia Nuclear	27,6%	65,5%	70,4%
Sobre a fonte de Energia Nuclear utilizada no país	15,5%	31,0%	29,5%
Existência de Usinas Nucleares instaladas no país	27,6%	65,5%	77,3%
Sobre outras fontes de radioativas a que estamos expostos	24,1%	46,4%	65,9%

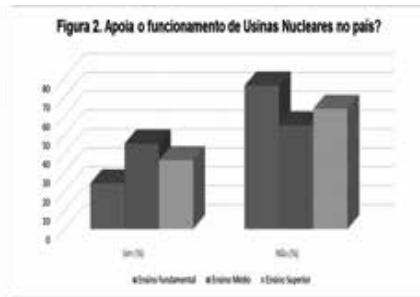
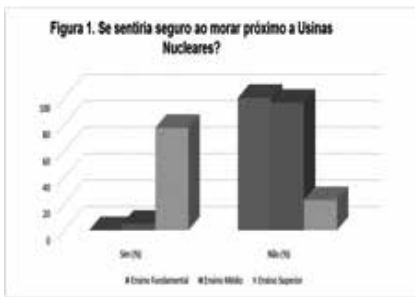
**Tabela 2**  
Conhecimentos sobre a Matriz de Energia Elétrica Brasileira.

A partir das Tabelas 1 e 2, é possível verificar que embora mais da metade dos entrevistados com Ensino Fundamental estejam

cientes dos problemas energéticos do país, menos de um terço das pessoas tem algum conhecimento sobre a energia nuclear e as usinas

nucleares. Como esperado, os entrevistados com maior nível de instrução formal mostraram mais conhecimentos. Mesmo assim, mais de 70% dos entrevistados com Nível Superior desconhecem qual é a fonte de energia nuclear utilizada no país.

Quanto ao sentimento de segurança em habitar próximo a usinas nucleares e ao apoio ao funcionamento das mesmas no país, as respostas obtidas podem ser representadas através da Figura 1 e Figura 2, respectivamente.



A maioria dos entrevistados envolveu-se em discussões acerca do risco de acidentes e de questões de segurança, e essas foram determinantes na tomada de suas respectivas posições. A partir da Figura 1, é possível inferir que o grau de conhecimento sobre energia nuclear influencia positivamente no sentimento de segurança com respeito a morar próximo a uma usina nuclear. É digno de nota que 65,5% das pessoas com Ensino Médio tenham manifestado saber o que é energia nuclear e que, mesmo assim, cerca de 90% delas se tenham confessado inseguras com respeito a morar

próximo a uma usina nuclear. Já no caso dos entrevistados com Ensino Superior, ambos os fatos parecem estar fortemente correlacionados.

A partir da Figura 2, pode ser observado que o apoio ao funcionamento das usinas nucleares não parece estar relacionado com as respostas obtidas na Figura 1. Algumas pessoas com grau de instrução fundamental e médio apoiam o funcionamento das usinas nucleares, mesmo se sentindo apreensivas quanto à própria segurança. Por outro lado, muitos entrevistados com nível superior, mesmo reconhecendo

que a instalação não é perigosa (e, portanto, poderiam morar na vizinhança), não apoiam a sua instalação.

### **Conclusão**

A pesquisa de opinião pública realizada neste trabalho, sobre conhecimentos e aceitação da energia nuclear, demonstra que, apesar do conhecimento da população sobre a crise energética, tais fatores são ainda os grandes desafios a superar para a ampliação da utilização da energia nuclear no país.

É possível observar que a opinião pública está relacionada diretamente com o nível de informação e conhecimento da população sobre a energia

nuclear e seus processos, e que quanto maior o grau de instrução e conhecimento sobre o tema, maior é a fundamentação na tomada de decisão para o incentivo ou não da utilização da mesma.

Dessa forma, faz-se necessário promover a efetiva abordagem e a discussão sobre o tema nos diferentes níveis de ensino, desde o Fundamental, com graus específicos de aprofundamento na tentativa de superação desse desafio.

**Recebido em : 27/09/2016**

**Aprovado em: 25/10/2016**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEEólica (2015). Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/>  
Acesso em 20/08/2016.
- ANEEL (2015). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 01/08/2015.
- BRASIL (2014). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/forumbrics/pt-BR/conheca-os-brics.html>. Acesso em 20/04/2016.
- BRASIL (2014). **Plano Decenal de Expansão de Energia, 2023**, MME – Ministério de Minas e Energia. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023\\_ConsultaPublica.pdf](http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023_ConsultaPublica.pdf). Acesso em 20/08/2016.
- DE ALMEIDA, E. F., JUNIOR, H. Q. P., BOMTEMPO, J. V. **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. Rio de Janeiro, 2007.
- DEUTCH, J., MONIZ, E. J., ANSOLABEHRE, S., DRISCOLL, M., GRAY, P., HOLDREN, J., TODREAS, N. **Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power**. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge. MA. 2009.
- ELETRONUCLEAR (Brasil) (2015). **Angra 3: energia para o crescimento do país**. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/AEmpresa/CentralNuclear/Angra3.aspx>. Acesso em: 01/08/2015.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015: Ano base 2014**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2015.
- IAEA. International Atomic Energy Agency (2013). **PRIS - Power Reactor Information System**. Disponível em: <http://www.iaea.org/PRIS/>. Acesso em: 01/08/2015.
- ITAIPU (2016). Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/>. Acesso em 21/04/2016.
- SANTOS, R. L. P. **A Energia Nuclear No Sistema Elétrico Brasileiro**. 2014. 154 f. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético) – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SILVA, C. M., **Avaliação de Gases Efeito Estufa na cidade do Rio de Janeiro**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.
- VEIGA, J. E. **Energia Nuclear: do Anátoma ao Diálogo**. São Paulo: SENAC, 2011.
- WNA – World Nuclear Association (2015). Disponível em: <http://world-nuclear.org/> Acesso em 20/08/2016.
- WORLD BANK (2016). Disponível em <http://www.worldbank.org/>. Acesso em 20/08/2016.