

Energia Nuclear: Desafios no Sistema Elétrico Brasileiro

Nuclear Energy: Challenges in the Brazilian Electric System

Tamyris Costa de Moraes¹, Wallace Oliveira Cardoso², Cleyton Martins da Silva^{3, a}

1. Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Veiga de Almeida/ Graduação em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Carioca (2012).
2. Graduando em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.
3. Doutorando do curso de Química Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro/ Mestrado em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2012)/ Graduação em Bacharel em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010)/ Graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008)/ Professor Docente 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.

a. Universidade Veiga de Almeida, R. Ibituruna, 108 - Maracanã, Rio de Janeiro - RJ, 20271-020. e-mail: cleyton.silva@uva.br. Telefone: 21-98632-9690

Resumo:

O Brasil é um país com grande participação de fontes renováveis de energia em sua matriz elétrica, principalmente a hidroeletricidade. Contudo, sua utilização pode apresentar diversas limitações. Assim, outras opções tal como a Energia Nuclear devem ser consideradas para garantir a segurança energética do país, já que apresenta grandes vantagens. Entretanto a sua participação é 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 para o incentivo ou não na 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 assessments of the country, since it has 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: public opinion and its acceptance. In this work we conclude that the public opinion is related to the level of information and knowledge on nuclear energy. We also show that, the higher the level of education and knowledge on the subject, the greater the reasoning behind the decision favorable or not to the use of nuclear energy.

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

O Sistema Energético Brasileiro

O Brasil é o maior país da América Latina e ocupa o 5º lugar mundial tanto em área geográfica quanto em população, sendo a 6ª 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).

Desta 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 a elevação da demanda na esfera

energética. Esta expansão acarretará em que o total do SIN deverá 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 ao 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 promover um baixo valor financeiro a fim de que a população tenha condições de custear o produto.

Composição e crescimento da Matriz de Energia Elétrica Brasileira

Em continuidade ao âmbito da geração de energia elétrica, segundo o BIG, atualmente o Brasil possui, 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 mais 711 em empreendimentos com construção não iniciada (ANEEL, 2015)

Usinas Hidrelétricas

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

Tal contribuição é justificada pela riqueza do país em rios com excelentes potenciais hidrelétricos, permitindo que o mesmo possua usinas em todas as suas regiões, com ainda investimentos contínuos em expansão do uso desta fonte. Segundo dados da ANEEL (2008), estima-se que o potencial hidráulico do Brasil seja da ordem de 260 GW.

Apesar de serem bem vantajosas como já citado, pela disponibilidade de recurso, baixo custo relativo, e utilização de fonte de energia renovável, as usinas hidrelétricas não são tão utilizadas quanto o esperado. O principal motivo para tal fato se dá por cunho ambiental, pois as usinas de grande porte provocam um impacto expressivo na fauna e flora da região, já que interromper um curso d'água, bem como promover o alagamento de determinadas áreas, significa grandes

alterações em todo o ecossistema ali presente, além de inviabilizar tal recurso para outras finalidades.

Outra desvantagem do uso exclusivo deste recurso é que este pode estar limitado por variações climatológicas regionais, que podem ocasionar períodos de estiagem e baixas nos reservatórios. Além disso esta utilização é um fim secundário para este recurso, uma vez que o mesmo é utilizado para 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

Muito embora seja possível observar que o SIN é composto principalmente por hidrelétricas, tendo-se em vista as diversas variáveis que possam vir a comprometer a eficiência das instalações das mesmas, se faz necessária a diversificação da matriz de energia elétrica brasileira, 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 também de abastecimento direto deste recurso à população.

As usinas termelétricas têm como princípio a produção de energia elétrica 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, estas 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. Estes impactos incluem desde a possibilidade de formação de chuva ácida até a contribuição para o aquecimento global (ocasionado pela intensificação do efeito estufa, dado pela emissão de gases de efeito estufa - GEE) (SILVA, 2012), passando ainda pela contribuição com a formação de ozônio troposférico e o *smog* fotoquímico, e emissão de material particulado.

Outra desvantagem deste 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 destas utiliza o petróleo como recursos e são responsáveis 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 desta fonte (ABEEólica, 2015).

A utilização atual desta fonte de energia promove uma redução de CO₂ 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 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 tenha se observado uma redução nos custos de investimento para esta tecnologia.

A radiação solar também é dependente 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 desta fonte de energia, ligados ao SIN, e conseqüentemente compondo a Matriz de Energia Elétrica Brasileira, o que corresponde somente a 0,0077% de contribuição desta (ANEEL, 2015).

Além do custo de investimento, outro limitante para a utilização deste 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 onde a massa fica concentrada, normalmente de Urânio (isótopo U²³⁵), onde o núcleo é impactado por um nêutron em velocidade moderada, emitindo 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. Este 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 a sua vida útil.

Entre outras vantagens, o uso da energia nuclear, evita a queima de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, 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, e ainda é possível instalá-las adjacentes às centrais consumidoras, além do baixo custo e a abundância de oferta do urânio (ELETRONUCLEAR, 2015).

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, se tratando de produção energética nuclear, é composto de Angra 1 e Angra 2, com esta última possuindo capacidade de 1350 MW. Existe ainda uma usina que se encontra em fase de instalação, a Angra 3, que está prevista para gerar até 1405 megawatts elétricos tendo como sua base tecnológica a 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 permitir a operação segura do mesmo, principalmente em períodos os quais o regime pluviométrico é desfavorável à recuperação dos níveis das usinas hidrelétricas, uma vez que o uso das Termelétricas convencionais ocasiona o expressivo aumento no Custo Marginal de Operação do Sistema, um aumento de cerca de 800% em relação ao valor do início do ano.

Desta 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, são mitigadas as emissões de outros poluentes primários tais como dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, material particulado, compostos orgânicos voláteis etc.

Contudo, apesar da necessidade se fazer existente, 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, 2015).

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 deste 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 no que diz respeito da opinião pública e sua aceitação (SANTOS, 2014).

Face ao grande desafio para a utilização da energia nuclear para geração de energia elétrica quanto à opinião pública e entendendo que tal 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 às questões referentes à energia nuclear.

Metodologia

A pesquisa foi realizada por meio de questionários, contendo 12 questões visando uma objetividade nas respostas e busca dos conhecimentos mínimos sobre o tema, para verificar conhecimentos sobre a matriz de energia elétrica brasileira e a ampliação da utilização da energia nuclear nesta matriz, bem como os riscos envolvidos na utilização desta e ainda a aceitação sobre a mesma.

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 Obtidos

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 a 18 anos de idade, 45% possuem o Ensino Médio completo ou ainda estão cursando este 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 nesta área), também foram questionados sobre a energia nuclear no país, sua utilização, vantagens e desvantagens na utilização desta fonte de energia e questões de segurança relativas à sua utilização. Ainda foram verificadas as opiniões sobre o incentivo ou não no investimento para o melhor aproveitamento deste recurso energético.

Quando questionado a respeito do conhecimento da principal fonte de energia elétrica do país, e sobre o conhecimento da existência de crise energética no setor, as respostas obtidas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Conhecimentos sobre a Matriz de Energia Elétrica Brasileira

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%

Ainda sobre a 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. E quanto aos causadores de uma possível crise de energia elétrica, as respostas foram majoritariamente referentes à falta e o mau uso da água, e ainda como possíveis mitigadores deste problema seria a utilização de outras fontes de energia, e dentre as fontes de energia mais citadas, o recurso solar foi o que apresentou maior índice.

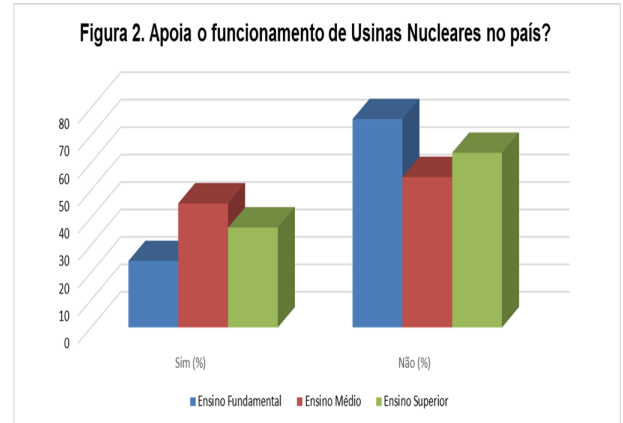
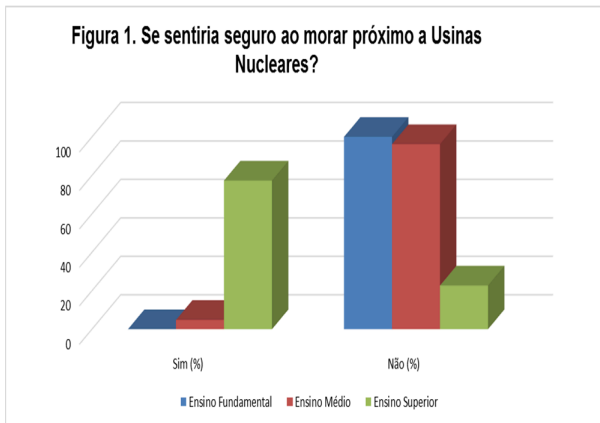
Na seção em que são tratados os conhecimentos sobre energia nuclear, as respostas obtidas estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Conhecimentos sobre a Matriz de Energia Elétrica Brasileira

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%

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 desconhece qual é a fonte de energia nuclear utilizada no país.

Quanto ao sentimento de segurança em habitar próximos às usinas nucleares e 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 envolveram discussões quanto ao risco de acidentes e questões de segurança, sendo estes 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. Mesmo assim é notório que 65,5% das pessoas com Ensino Médio manifestaram saber o que é energia nuclear mas, mesmo assim, cerca de 90% destas se mostraram inseguras com respeito a morar próximos 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. Assim algumas pessoas com grau de instrução fundamental e médio apoiam o funcionamento das usinas nucleares, mesmo se sentindo apreensivas quanto a sua segurança. Já muitos entrevistados com nível superior, mesmo reconhecendo que a instalação não é perigosa (e por tanto poderiam morar na vizinhança, não apoiam a sua instalação.

Conclusão

A pesquisa de opinião pública sobre conhecimentos e aceitação da energia nuclear realizada neste trabalho, demonstram que, a pesar do conhecimento da população sobre a crise energética, estes fatores são os grandes desafios ainda a serem superados 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.

Desta forma, se faz necessária a tomada de ações para uma efetiva abordagem e discussão sobre o tema nos diferentes níveis de ensino, desde o Fundamental, com graus específicos de aprofundamento na tentativa de mitigação deste desafio.

Agradecimentos

Universidade Veiga de Almeida, PIC-UVA e IQ/UFRJ.

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.

DEUTCH, J. M. et al. Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge. MA. 2009.

ELETRONUCLEAR (Brasil). Angra 3: energia para o crescimento do país. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/AEmpresa/CentralNuclear/Angra3.aspx>

EPE, 2015. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014/ Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2015.

IAEA. International Atomic Energy Agency. PRIS - Power Reactor Information System., 2013. Disponível em: <http://www.iaea.org/PRIS/>

ITAIPU, 2016. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/> Acesso em 21/04/2016.

MME – Ministério de Minas e Energia. Plano Decenal de Expansão de Energia, 2023. Disponível em: http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023_ConсультаPublica.pdf . Acesso em 20/08/2016.

PINTO JR, H. Q. et al. (Org.) Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial. Rio de janeiro: Elsevier, 2007.

SANTOS, Ricardo Luís Pereira. A Energia Nuclear No Sistema Elétrico Brasileiro. Tese. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

SILVA, C. M., Avaliação de Gases Efeito Estufa na cidade do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

VEIGA, J. E. da. Energia Nuclear: do Anátema ao Diálogo. São Paulo: SENAC, 2011.

WNA – World Nuclear Association. Disponível em: <http://world-nuclear.org/> Acesso em 20/08/2016.

WORLDBANK, 2015. Disponível em <http://www.worldbank.org/>. Acesso em 20/08/2016.