

**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE MANAUS
CURSO DE DIREITO
IZABELLE MERCÊS SILVA SARAIVA**

**A REGULAMENTAÇÃO DO USO DE DESCARTE DE MATERIAIS RADIOATIVOS
NO BRASIL DO PONTO DE VISTA ÉTICO E DA SUSTENTABILIDADE**

**MANAUS
2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE MANAUS
CURSO DE DIREITO
IZABELLE MERCÊS SILVA SARAIVA**

**A REGULAMENTAÇÃO DO USO DE DESCARTE DE MATERIAIS RADIOATIVOS
NO BRASIL DO PONTO DE VISTA ÉTICO E DA SUSTENTABILIDADE**

Projeto de Pesquisa apresentado como requisito
da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso
– TCC I.

Orientador: Profº Me. Gustavo Rosa Fontes

**MANAUS
2020**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO - TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO.....	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. Geral	4
2.2. Específico.....	4
3. JUSTIFICATIVA	4
4. REVISÃO TEORICA	4
5. METODOLOGIA DE PESQUISA	10
6. CRONOGRAMA.....	11
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
8. APÊNDICE	13

1 TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

O presente projeto de pesquisa tem como tema a Regulamentação do uso de descarte de matérias radioativas no Brasil do ponto de vista ético e da sustentabilidade. Este estudo tem como finalidade averiguar a produção energética nuclear como forma de desenvolvimento sustentável, analisando, de um lado, a poluição pelos riscos inerentes a esta atividade e, de outro, a poluição no descarte desses resíduos radioativos.

Desta feita, a pesquisa será realizada com o método bibliográfico e estudo evolutivo histórico, exemplificando a importância da energia nuclear como matriz energética em paralelo com o descarte de resíduos radioativos, regulamentação e efetividade da norma.

A Constituição Federal – CF/1988, resguarda uma das garantias fundamentais em face do artigo 225, esclarece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem para o uso comum de todos, ou seja, há necessidade que esteja saudável e em condições de uso, cabendo a população e poder público de preservar e defender os direitos das atuais e futuras gerações.

O ser humano desde os primórdios carrega a ambição em suas conquistas, analisando o momento presente e de modo algum se preocupando com o futuro, perguntas como: e se a matéria prima acabar ou e como irá ocorrer essa reposição de recursos naturais? São questões que não se eram pensadas, até porque advinham de pensamentos imediatistas que pairavam propriamente na obtenção de lucro. Consequentemente, as limitações impostas pela natureza não acompanhavam a sede de crescimento do homem.

O Brasil está relacionado na categoria de países periféricos, onde desencadeou o seu crescimento de forma desordenada, desta maneira não se pode falar de desenvolvimento sustentável sem elucidar os fatores econômicos e sociais que afetam diretamente o crescimento desorganizado culturalmente e ecologicamente.

O Meio Ambiente envolve os aspectos políticos, naturais, tecnológicos, econômicos, históricos e culturais. É imprescindível falar de desenvolvimento sustentável sem mencionar a educação ambiental aludida no art. 225, inciso VI – CF/88, evidenciando a promoção de educação ambiental destinadas à todas as faixas etárias e em todos os níveis de ensino formais e não formais, objetivando o conhecimento de todos, em prol da conscientização social e a preservação do meio ambiente.

As atividades humanas de vários setores produzem resíduos, eles podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, subdividas em convencionais e radioativos. Os resíduos advêm de rejeitos radioativos, classificados em baixa, média e alta atividade. Os de baixas são aqueles provenientes dos trabalhos do dia a dia (botas, luvas, macacões, aventais, máscaras ou acervos de modo geral), os de médias são aqueles oriundos do funcionamento da usina como filtros e resinas utilizadas na purificação da água do reator, falando em termos técnicos, seria enquadrado na água do sistema primário, e por fim os de alta, são provenientes dos combustíveis radioativos exauridos, ou seja, o elemento não consegue produzir calor o suficiente para manter o reator funcionando, posteriormente se torna resíduo.

Na atualidade essas atividades humanas envolvem o uso de energia elétrica diretamente ou indiretamente, a queima do carvão mineral ainda detém de fonte alimentadora para geração de energia, acerca de 1/3 da capacidade mundial, ocasionando impasses econômicos, ambientais e políticos.

A preocupação com o desenvolvimento sustentável ganha vida com o passar dos anos, a procura por meios de fontes de produção de energia limpa se torna prioridade para alguns países na especialização de geração de energias limpas. Dentre essas fontes destacamos a energia nuclear, sendo consideradas as mais limpas, levando em conta todo o processo de construção e operação de uma usina nuclear, as mesmas emitem bem menos carbono em relação aos outros tipos de produção de energia como hidroelétricas, solares e eólicas.

A questão é que as usinas nucleares geram como subproduto o lixo nuclear que são subdivididos em resíduos parte de pesquisas, armamentos e medicinais, contudo, a maior parte advêm da produção de energia elétrica das usinas nucleares. Assim, a energia nuclear é uma fonte de energia mais limpa, todavia tal atividade tem um custo, logo é o resíduo gerado. As usinas geralmente são alimentadas de elementos radioativos, especialmente o urânio 235.

Deste modo, a problemática desta pesquisa gira em torno do questionamento sobre a importância da matriz energética nuclear para a política energética brasileira, e como isso pode ser positivo ou negativo em termos ecológicos e ambientais?

O âmbito nuclear desenvolve a tarefa árdua do manuseio direto e indireto de recursos de radiação, considerados nocivos à saúde. Desta forma, se há uma preocupação com a proteção e a segurança em relação aos elementos radioativos, o meio ambiente e dos indivíduos em comum todo. Consequentemente surge a necessidade de legislação englobando o desenvolvimento de tecnologias nucleares, visando a proteção e a segurança.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o Direito ao Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável em relação à utilização de materiais radioativos como matriz energética nuclear.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) conceituar o que são resíduos radioativos e qual a sua regulamentação; e
- b) analisar pontos negativos e positivos acerca do uso de energia nuclear e seus respectivos descartes.

3 JUSTIFICATIVA

A questão ambiental é algo que se pauta do final do século XX, tal busca por matrizes energéticas mais sustentáveis é algo que o mundo vivencia desde quando o homem passou a perceber que os recursos naturais poderiam se tornar escassos, destinado a buscar mais recursos pelo mundo, a fim do sustento dos grandes setores, envolvendo fatores econômicos, sociais, políticos e culturais. Falar de matriz energética envolve o uso de fontes renováveis e não renováveis.

Os recursos energéticos não renováveis são os combustíveis fósseis oriundos do carvão mineral, petróleo, gás natural e minerais radioativos, totalmente dependente de processos geológico ou da formação do sistema solar. Já os renováveis advêm de energia hídrica, solar, eólica, geotérmica, oceânica e da biomassa, não se esgotando facilmente, pois sempre estão em constante reposição.

O enfoco é o uso de energia nuclear como matriz energética, quais são os pontos positivos e negativos em relação a esta energia mais limpa. Como o descarte de resíduos radiativos detém de regulamentações nacional e internacional e se de fato ocorre a efetividade da norma ou não.

O fato é, será que estamos preparados para mensurar os possíveis acontecimentos de um descarte inapropriado, pois o caso césio 137, em Goiânia, já houve, podendo acontecer novamente, como se evitaria para que não se repetisse esta tragédia novamente, é uma das preocupações da atualidade, pois ainda não existe uma solução definitiva no descarte de elementos radiativos e sim provisória.

4 REVISÃO TEÓRICA

Consoante a afirmação de Barbosa (2009, p. 82), aponta que os métodos de atividades, especificamente os oriundos de elementos radiativos produzem resíduos, também chamados de rejeitos radiativos.

Barbosa (2009, p. 82), afirma ainda que:

A CNEN define *rejeito radioativo* como sendo “qualquer material resultante de atividades humanas que contenha *radionuclídeos* em quantidades superiores aos limites de isenção, especificados na Norma CNEN-NE-6.02 Licenciamento de *Instalações Radiativas* e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista”. O termo “limite de isenção”, aplicado aos *rejeitos radioativos*. Pode ser compreendido como sendo o nível de atividade abaixo do qual a autoridade considera que os riscos correspondentes são insignificantes e não requerem controle legal. pondera sobre.

Destarte a isso Barboza (2009, p. 29), pondera que as atividades que englobam o uso de fonte radioativa, produzem rejeitos radioativos durante o processo de acordo com a finalidade da atividade, bem como tais rejeitos sejam armazenados de forma apropriada a fim de resguardar o direito difuso.

Os rejeitos radioativos podem ser classificados por diversos critérios: requisitos de segurança para seu manuseio; estágio de desenvolvimento da indústria nuclear em um país; regulamentos e normas de transporte; característica físico-químicas; e, de acordo com a concentração de materiais radioativos presente nos rejeitos. São comumente utilizados nestas classificações os termos “nível baixo”, “nível médio” e “nível alto”, e embora os valores numéricos que diferenciam estes termos sejam distintos em diversos países, segue os mesmos conceitos, que são:

- rejeito de nível baixo – não requerem blindagem para o manuseio e transporte;
- rejeitos de nível médio – requerem blindagem para manuseio e o transporte e não são geradores de calor;
- rejeitos de nível alto – requerem blindagem para manuseio e transporte e também resfriamento, uma vez que são geradores de calor. (BARBOZA, 2009, p. 29).

Esses dispositivos têm uma vida útil que varia de poucos anos até algumas dezenas de anos e, em quase todos os casos, ainda têm radioatividade suficiente para causar efeitos nocivos à saúde quando retirados de serviço. Ao serem descartados, tornam-se rejeito radiativo que precisa de gestão especializada. (VICENTE, 2002, p. 01).

Tavares 2005, p. 25, esclarece que a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, é responsável para a regulamentação, licenciamento, fiscalização, tendo efetiva participação na elaboração de política nuclear, realizando assim atividades operacionais indispensáveis, diretamente ou indiretamente.

Os resíduos sólidos provenientes de atividades humanas são tratados e disponibilizados de acordo com a legislação, normas técnicas e normas regulamentadoras. Como metodologia para o tratamento térmico de resíduos sólidos pode-se citar a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA número 316, que dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos (CONAMA, 2002). Esta resolução especifica que os rejeitos radioativos deverão seguir a normalização específica da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. A disponibilização dos resíduos sólidos no solo é o método mais adotado de estocagem dos resíduos sólidos radioativos. Geralmente, é efetuado em condições controladas, a céu aberto. (SANTOS, 2005, p. 01).

Além disso no âmbito nuclear Barbosa 2009, p. 42, afirma que tais atividades correlacionadas à área nuclear são de competência exclusiva da União, com exceção dos elementos radioisótopos nas quais são destinados para fins de pesquisa e medicinal, agrícola, indústria e atividades paralelas, sendo realizadas por terceiros, através de permissão.

A legislação internacional constitui-se de instrumentos legais de natureza bilateral ou multilateral aos quais o Brasil, ao ratificar, se sujeita a cumprir. Estes são instrumentos criados por meio de acordos, tratados ou convenções estabelecidos com parceiros ou em foros internacionais para regulamentar uma determinada atividade. São alguns exemplos:

- a) O Tratado de Tlatelolco, que estabelece a proibição de armas nucleares na América Latina e regulamenta a posse e o uso de materiais sensíveis às salvaguardas, em que alguns tipos de rejeitos estão incluídos.
- b) A Convenção sobre Notificação de Acidente Nuclear, que obriga o país a informar sobre a ocorrência de acidente nuclear.
- c) A Convenção sobre Assistência em Caso de Acidente Nuclear ou Emergência Radiológica, que obriga a prestação de assistência, material e técnica, ao país sob emergência radiológica.
- d) A Convenção sobre Proteção Física de Material Nuclear, que estabelece regras para controle e segurança de materiais nucleares.
- e) A Convenção sobre a Prevenção de Poluição Marinha, que proíbe o despejo ou disposição de rejeitos radioativos no mar.
- f) Convenção Internacional sobre Transporte de Materiais Radioativos.
- g) Convenção Internacional sobre Rejeitos Radioativos.
- h) Tratado de Não Proliferação, do qual o Brasil é signatário (BARBOSA 2009, pg. 49/50).

Neste condão Sent 2009, p. 1, esclarece que a preocupação com meios de obtenção de energia não é algo efêmero, ou seja, debates acerca do uso de energia nuclear desencadeou como uma das hipóteses de fontes geradoras de energia, de modo a não ser prejudicial ao meio ambiente e suas divergências.

A rotativa alemã Heidelberg que imprimiu este texto usa cerca de 3 200 kW de energia por hora. Os caminhões Mercedes e Volkswagen que levaram a Super às bancas queimaram cerca de 30 litros de óleo diesel a cada 100 quilômetros. Cada uma das turbinas dos Boeings 727-200 que transportaram a Super a regiões distantes gastou 1 610 litros de querosene de aviação por hora. E, no momento em que você lê estas linhas, seu cérebro consome 20% da energia do seu corpo, produzida com as cerca de

2 500 calorias que você ingere diariamente. Viver é usar energia. (CAVALCANTE, 2007, p. 1).

De tal maneira Barboza 2009, p. 8, justifica o crescimento da energia nuclear como sendo uma alternativa de matriz energética viável, desmitificando a insegurança de possíveis acidentes e o descarte de rejeitos.

A Super Interessante apresenta em letras grandes e maiúsculas “ENERGIA NUCLEAR” já com o intuito de chamar a atenção do leitor sobre o assunto principal da edição. A gravata do título afirma: “Esse vilão pode salvar a Terra”, apontando a discussão que será seguida na reportagem especial sobre essa fonte de energia. Quando usa a palavra “vilão”, já se refere a forma de como essa energia geralmente é vista pela maioria das pessoas, e quando afirma que ela pode salvar o planeta, abre um espaço para que a população conheça o outro lado dessa história. (SENT 2009, p. 10).

Visto que Milanez, Almeida e Carmo 2006, p. 3, ressaltam a alternativa nuclear para o atendimento da geração de energia, na qual tal produção em massa não ocasiona emissão de gases poluentes, embora não tenha tanta aceitação da sociedade em decorrência à acontecimentos pretéritos.

Mesmo sabendo dos riscos que a energia nuclear pode ocasionar ao meio ambiente através da radioatividade do urânio e com um histórico trágico em alguns acidentes nucleares ocorridos, os cientistas expõem que os acidentes só aconteceram por falhas nos procedimentos de segurança das usinas e por erros no projeto dos reatores. Segundo eles, com o passar do tempo, as usinas se modernizaram tanto na questão da segurança e do controle dos resíduos radioativos por elas produzidos, que tornaram-se um dos setores mais seguros para se trabalhar. “Apesar de graves, os acidentes nucleares são muito raros e causam bem menos mortes do que se costuma imaginar”. (SENT 2009, p. 12).

Sent 2009, p. 12, evidencia que a base de aceitação do uso de energia nuclear norteia pelo fato de não emitirem dióxido de carbono, logo não colaboram para a produção do efeito estufa, sendo uma fonte energética alternativa menos danosa ao meio ambiente.

Os pontos positivos para a sua utilização são vários, dentre os quais destacamos:

- Estabilidade de geração, pois não está sujeita às intempéries que as renováveis estão. Por exemplo: A variação no volume do reservatório de uma hidrelétrica, os períodos sem ou com pouco vento em um aereo gerador, os períodos de pouca incidência solar numa central fotovoltaica, dentre outros, acarretam variações na quantidade de energia produzida e, conseqüentemente na instabilidade de fornecimento;
- Estabilidade de preços, pois a matéria prima para sua geração é abundante e muitos dos fornecedores são de países politicamente estáveis. Ainda que dependente de importação de *combustível nuclear*, seu custo corresponde a uma pequena parte dos gastos de produção de uma Central. O restante dos custos refere-se basicamente à construção e manutenção;

- Preços competitivos; nos últimos anos o valor pago pela eletricidade oriunda desta fonte tem sido similar, ou até inferior, que aqueles pagos pela de origens em outras, especialmente dentre as mais poluentes;
- Não contribui para o aquecimento global, sendo citada, por parte da comunidade científica, como uma alternativa energética viável que ajudaria a alcançar as metas de redução de emissão de carbono, conforme compromisso assumido, dentre outros países, pela EU e Brasil, ao firmarem o tratado de Kyoto, por não produzir gases de efeito estufa;
- Não emitem partículas sólidas e gases contaminantes, por não realizarem combustão propriamente dita, as centrais nucleares não liberam gases e material particulado;
- Contribui para o desenvolvimento da região onde suas usinas são instaladas proporcionando empregos e melhorias para o entorno, como rodovias asfaltadas que facilitam o transporte de mercadorias e da população. (BARBOSA, 2009, págs. 86/87).

Neste contexto Cerconi, C; Melquiades, F.L; Tominaga, T. T, p. 20, destacam o benefício ambiental do uso da energia nuclear em relação a utilização desta energia em vários países, ocasionando vantagens positivas.

Embora Sent 2009, p. 13, expõem o argumento utilizado pelos ambientalistas, os quais acreditam que o âmbito nuclear utiliza o fato do aquecimento global para justificar que a energia nuclear é uma fonte energética limpa e segura.

Ao analisar a capa produzida pelo *Greenpeace*, percebe-se que a realidade é outra. O título apresentado: “Cortina de fumaça – As emissões de gases estufas e outros impactos da energia nuclear” vai totalmente contra os princípios apresentados pela revista *Super Interessante*, pois, o material da ONG tem como principal objetivo apresentar os pontos negativos ocasionados por essa fonte de energia. (SENT, 2009, p. 10).

Contudo a *Greenpeace* 2007, p. 02, expressa a decadência vivenciada pela área nuclear nos últimos que se autopromove como solução energética, tentando convencer a sociedade que é uma energia limpa e segura.

Esta cortina de fumaça criada para minimizar os reais impactos da energia nuclear é, porém, esvaziada ao considerarmos o tempo e o custo de construção de usinas nucleares e o ciclo de vida desta energia – que começa com a mineração do urânio e termina no descomissionamento das usinas. Combinando estes dois fatores, constata-se que a energia nuclear não é uma resposta tecnológica, econômica ou ambiental para mitigar o aquecimento global. (GREENPEACE, 2007, p. 02).

Desta forma Jannuzzi 2001, p. 1, menciona que a energia nuclear tem o enfoque por consubstanciar prejuízos à saúde humana, como também impactos ambientais. Assim, a problemática norteia em três impasses: no processo de produção de energia do reator nuclear, contrabando de material radiativo e descarte apropriado e definitivo de rejeitos radiativos.

Entre os pontos negativos para a sua utilização, destacamos:

- O perigo radioativo de suas atividades, onde um simples escape de material radioativo para o ambiente poderia significar enorme danos à população e à natureza;
- O aumento da quantidade de *rejeitos radioativos*, gerados a partir da fissão nuclear. Equipamentos de proteção individual, tais como luvas, aventais, máscaras, ferramentas, vidrarias de laboratórios, dentre outros, contaminados com essas substâncias radioativas; os filtros de ar e os filtros de purificação de refrigerante; as partes de equipamentos substituídas constituem os *rejeitos radioativos* e são classificados como rejeitos de atividade baixa e média.
Os elementos combustíveis, como os produtos de fissão e o que restou do Urânio, constituem os rejeitos de atividade alta;
- A necessidade de altos investimentos em segurança para que não haja risco de contaminação no presente e no futuro. Devido aos cuidados inerentes ao uso da tecnologia, os investimentos em segurança e outros requisitos de engenharia fazem com que as usinas nucleares sejam instalações com elevado investimento inicial. Esse fato torna as usinas competitivas somente quando são instalações de grande porte e usadas de base, ou seja, com elevada taxa de utilização da energia disponível. A instalação de usinas nucleares depende da existência de uma base tecnológica nacional, pois é fortemente dependente da capacidade regulatória dos governos, já que dependem de mecanismos de licenciamento, operação e manutenção bem estruturados, formados por grupos técnicos de alto nível;
- A resistência do público contra a *energia nuclear* em muitos países, influenciados pela ocorrência dos acidentes nucleares conhecidos, como o possível risco envolvendo o transporte do material nuclear e com os problemas de proliferação e terrorismo. (BARBOSA 2009, p. 87).

Guena 2007, p. 73, alega que no processo de extração na mineração do urânio, acarreta diversos impactos, tais como: no solo, na hidrosfera e na saúde dos trabalhadores ligados direto à extração.

Para os respondentes que se opõem à geração de energia nuclear em seus países, os três principais fatores para a oposição foram preocupações sobre as soluções de eliminação eficiente dos rejeitos, a segurança das operações de usina e o descomissionamento das instalações nucleares (citados por 91%, 90% e 80% dos respondentes, respectivamente). Em cada caso, quase a metade (45%) daqueles que se opõem à energia nuclear dizem que mais informações sobre esses três fatores os fariam mudar de ideia totalmente ou em parte. (GUIMARÃES, L.S; MATTOS, J.R, 2010, p. 135).

Bem como Guena, 2007, p. 121, evidencia o desafio do desenvolvimento de novas tecnologias que atuem de maneira efetiva e eficiente, causando ínfimo dano possível ao meio

ambiente. Em face dos recursos não renováveis há necessidade de pesquisas avançadas acerca de alternativas, de eficiência igualitária ou superior aos mesmos.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Desta forma este estudo teve como base coletas e análise de pesquisas bibliográficas disponíveis, tais como: artigos, livros, revistas eletrônicas e outros que tenham abordado o tema em questão. Vale destacar o acervo literário utilizado tanto no âmbito nacional como internacional.

O objetivo desta pesquisa é a análise da regulamentação do uso de descarte de materiais radioativos no Brasil do ponto de vista ético e da sustentabilidade, utilizando do método qualitativo, de caráter exploratório, sendo mais apropriado para o tipo de verificação a ser realizada.

Logo, a pesquisa utiliza-se de método qualitativa, em decorrência da análise de pontos positivos e negativos acerca do uso da energia nuclear, traçando um paralelo com a utilização de matrizes energéticas menos poluentes e como a energia nuclear ocasiona os seus respectivos descartes.

6 CRONOGRAMA

ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS	Ago 19	Set 19	Out 19	Nov 19	Dez 19	Jan 20	Fev 20	Mar 20	Abr 20	Mai 20	Jun 20
Escolha	X										
Levantamento bibliográfico		X	X	X							
Elaboração do anteprojeto			X								
Apresentação do projeto					X						
Coleta de dados			X	X	X	X					
Análise dos dados					X	X	X				

Organização do roteiro/partes								X				
Redação do trabalho								X	X			
Revisão e redação final										X		
Entrega da monografia											X	
Defesa da monografia												X

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, José Aberto Maia. **Contribuição à Legislação Brasileira no setor de Energia Nuclear**. Dissertação de doutorado defendida perante a banca examinadora em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo – USP. Orientador: Gian-Maria Agostino Angelo Sordi, Co - orientador: Leonardo Del Moral Ituarte, São Paulo, 2009.

BARBOZA, Alex. **Gestão de rejeitos radiativos em serviços de medicina nuclear**. Dissertação de mestrado defendida perante a banca examinadora em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo – USP. Orientador: José Cláudio Dellamano, São Paulo, 2009.

BRASIL, Greenpeace. **Cortina de fumaça. AS EMISSÕES DE GASES ESTUFA E OUTROS IMPACTOS DA ENERGIA NUCLEAR**. São Paulo, 2007.

BROZATTI, Fabricio Luiz; NETO Alfredo Iarozinski. **Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008.

CALVACANTE, Rodrigo. **O Vilão Virou Herói**. Revista Superinteressante, 2007.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **O espaço da energia nuclear no Brasil**. Estudos avançados, 2012.

CERCONI, Claudinei; MELQUIADES, Fábio Luiz; TOMINAGA, Tânia Toyomi. **Energia nuclear, o que é necessário saber?** Revista Ciências Exatas e Naturais, vol. 11, nº 1, Paraná, 2009.

GOLDEMBERG, José. **Energia Nuclear para o Brasil: Opção ou necessidade?** Vol 4.

GUENA, Ana Maria de Oliveira. **Avaliação ambiental de diferentes formas de geração de energia elétrica**. Dissertação de mestrado defendida perante a banca examinadora em Ciências

na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, autarquia associada à Universidade de São Paulo – USP. Orientador: Afonso Rodrigues de Aquino, São Paulo, 2007.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos; MATTOS, João Roberto Loureiro de. **Energia nuclear e sustentabilidade**. Série sustentabilidade; v. 10/José Goldemberg, coordenador. Editora Blucher, São Paulo, 2010.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. **“Energia, Meio Ambiente e Cidadania” na “Com Ciência”**. Colunista da Revista eletrônica de jornalismo científico – ComCiência, do Laboratório de Estudos Avançados em Jornalismo (LABJOR) da UNICAMP, em parceria com a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), São Paulo, 2001.

MILANEZ, Jimes Vasco; ALMEIDA, Ricardo Dias; Carmo Fausto Silva do. **Energia Nuclear socialmente aceitável como solução possível para a demanda energética brasileira**. Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação/UNICAMP. Revista Ciências do Ambiente On-Line, vol. 2, nº 1, São Paulo, 2006.

SENT, Eliane Del. **Greenpeace: Uma análise sobre as políticas de comunicação adotadas frente a energia nuclear**. Trabalho apresentado ao Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, na Divisão Temática de Jornalismo, do X do Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sul. Faculdade de Pato Branco – FADEP. Professor: Janderle Rabioli. Blumenau, 2009.

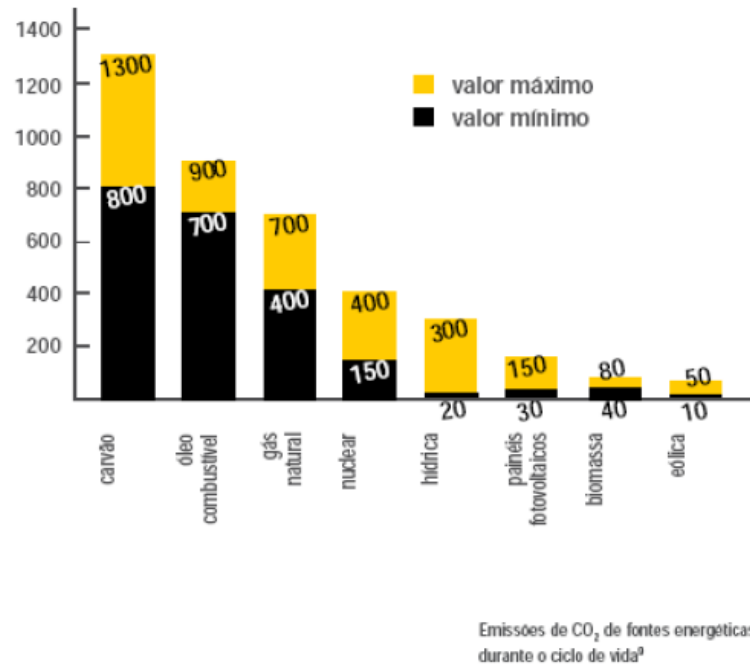
TAVARES, Wagner M. **Legislação Nuclear no Brasil, Estado Unidos, Austrália, Canadá e Alemanha**. Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados – Palácio do Congresso Nacional – DF, 2005.

VICENTE, Roberto. **Gestão de fontes radiativas seladas descartadas**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, Orientador: Gian Maria Sordi e Goro Hiromoto, São Paulo, 2002.

SANTOS, Adair Janete Godoy dos. **Regulamentação e decisões na avaliação de impacto ambiental dos resíduos, contendo radiatividade**. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN/CNEN-SP, Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN, International Nuclear Atlantic Conference – INANC, São Paulo, 2005.

8 APÊNDICE

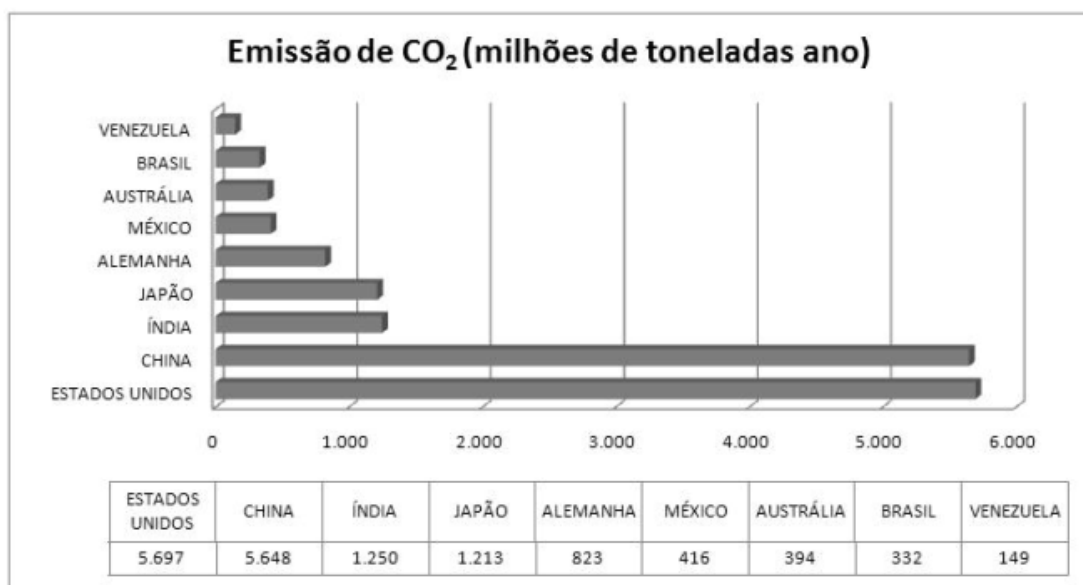
Figura 1 – Percentual geral das matrizes energéticas na emissão de CO₂.



Fonte: Valores obtidos através do estudo realizado pelo Conselho Mundial de Energia, Agência Internacional de Energia Atômica, COPPER 2007 ver Storm e Smith – “Nuclear Power – the energy balance” 2007. (GOLDEMBERG, José).

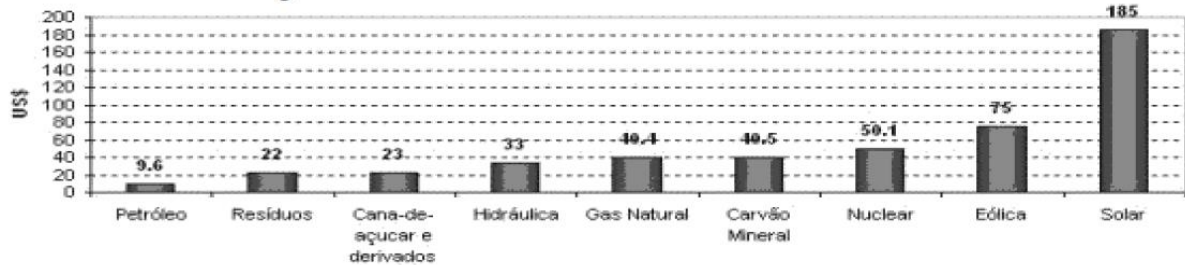
Figura 2 – Emissão de em alguns países, 2006 (milhões de toneladas)

Figura 5. Emissões de CO₂ em alguns países no ano de 2006 (milhões de Toneladas)



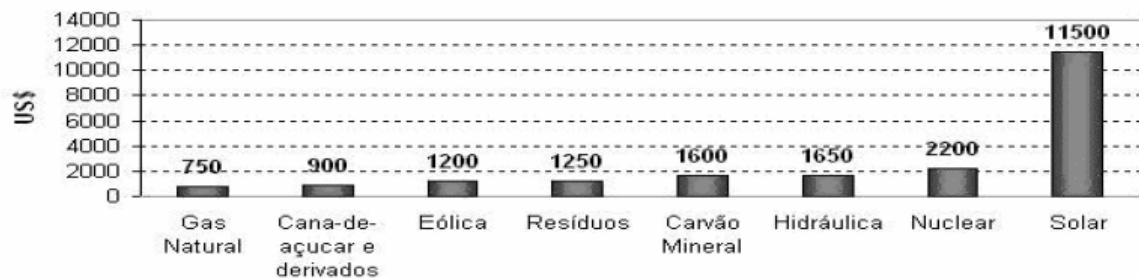
Fonte: Ministério de Minas e Energia (CERCONI, C; MELQUIADES, F.L; TOMINAGA, T. T, 2009).

Figura 3 – Custo de geração por matriz energética (US\$ / MWh)



Fonte: W.C. Tunkenburg Utrecht university, 2003 (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

Figura 4 – Custo de investimento (potência instalada US\$ / kW)



Fonte: W.C. Tunkenburg Utrecht university, 2003 (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

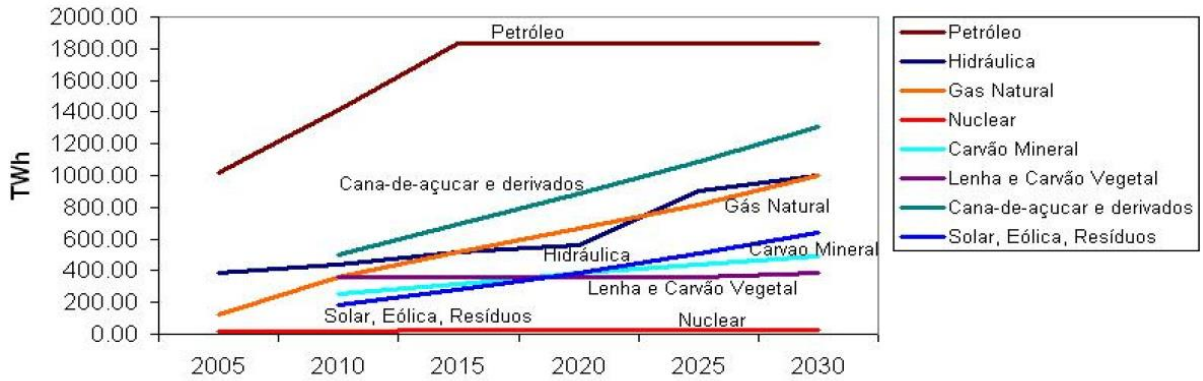
Figura 5 – Custos da eletricidade e na produção anual de usinas brasileiras

PROJETO (Potência)	Custo da energia	Produção anual*	Prazo de construção
Carvão (350 MW)	US\$ 134 / MWh	1.534.000 MWh	~ 4 anos
Nuclear (1.345MW)	US\$ 113 / MWh	10.258.000 MWh	~ 7 anos
Gás natural (500 MW)	US\$ 79 / MWh	1.315.000 MWh	~ 3 anos
Bagaço de cana (12 MW)	US\$ 74/ MWh	63.000 MWh	~ 3 anos
Hidroelétrica (6.450 MW)	US\$ 46 /MWh	28.270.350 MWh	~ 5 anos

* Fatores de capacidade: Hidro = 0,50; Nucleares = 0,87; Gás = 0,80; Carvão = 0,50; Bagaço = 0,60.

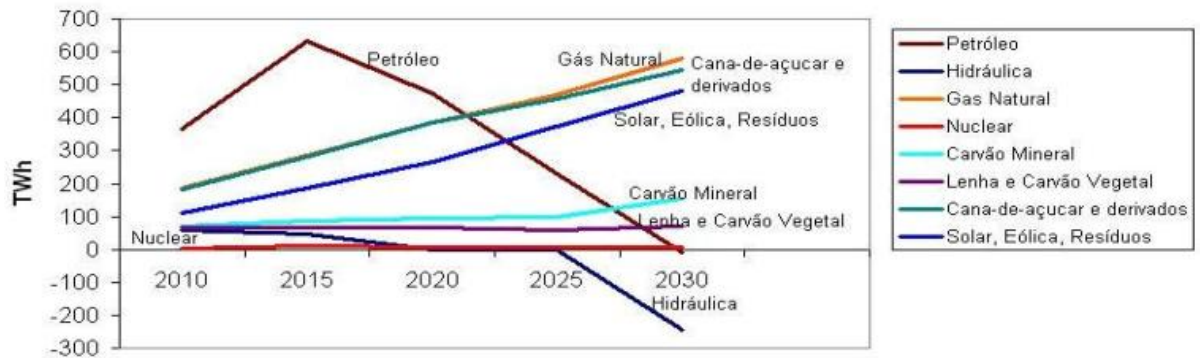
Fonte: Energy polic (2009) (CARVALHO, J.F, 2012).

Figura 6 – Projeção da capacidade de produção de energia (TWh)



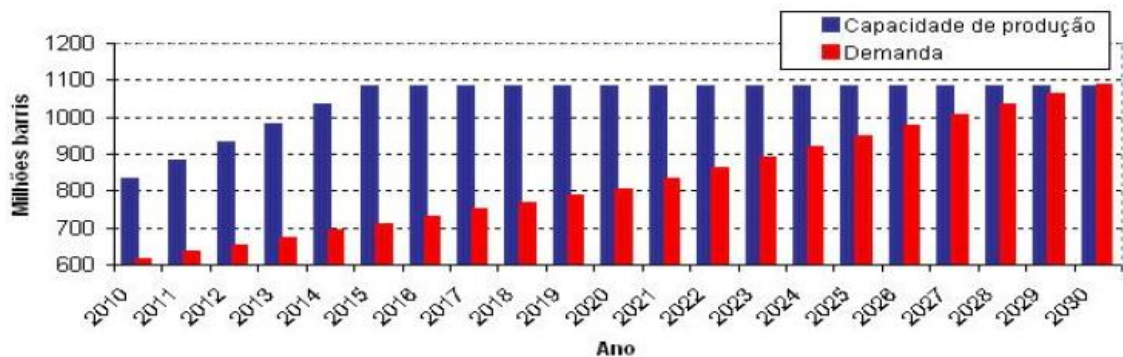
Fonte: (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

Figura 7 – Balanço energético simplificado (produção – demanda)



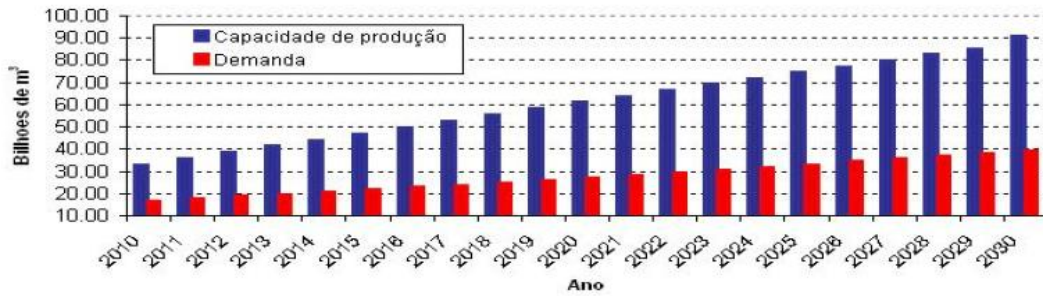
Fonte: (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

Figura 8 – Análise da capacidade de produção x demandada do Petróleo



Fonte: (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

Figura 9 – Análise da capacidade de produção x demanda do Gás Natural

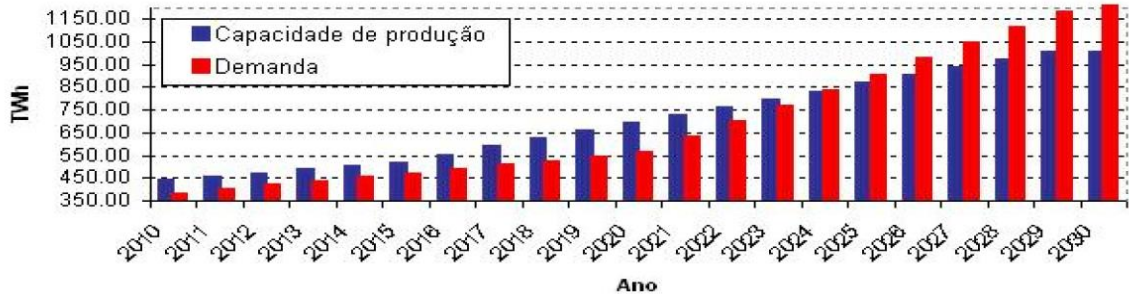


Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia: Matriz Energética Nacional 2030.

Fonte: Brasil, Ministério de Minas e Energia: Matriz Energética Nacional 2030. (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

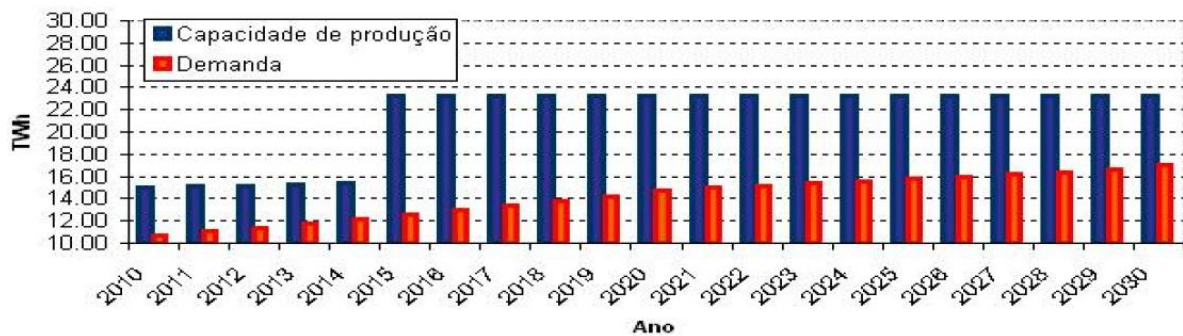
Figura 10 - Análise da capacidade de produção x demanda do Energia Hidráulica

Bacia	Amazonas	Tocantis	Araguaia	Demais	TOTAL
Potencial aproveitado, em construção e com concessão outorgada	1	12	65	78	
Expansão Potencial entre 2009 e 2015	12	2	6	20	
Expansão potencial após 2015	61	5	10	76	
TOTAL	74	19	81	174	



Fonte: (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).

Figura 11 - Análise da capacidade de produção x demanda da Energia Nuclear



Fonte: (BROZATTI, F. L; NETO A. I, 2008).