

ESCOLA DE GUERRA NAVAL

CMG LUÍS ANTÔNIO RODRIGUES HECHT

**A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DA CONSTRUÇÃO DE UM SUBMARINO
NUCLEAR PARA O BRASIL**

SUBMARINO NUCLEAR: SUA IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA PARA O BRASIL

Rio de Janeiro

2007

CMG LUÍS ANTÔNIO RODRIGUES HECHT

SUBMARINO NUCLEAR: SUA IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA PARA O BRASIL

Monografia apresentada à Escola de Guerra Naval, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Política e Estratégia Marítimas.

Orientador: CMG(FN-Ref.) Newton Prado

Rio de Janeiro

Escola de Guerra Naval

2007

RESUMO

A Marinha do Brasil busca, desde 1979, a obtenção de um submarino de propulsão nuclear para a Esquadra brasileira. Após quase três décadas da sua execução, o programa nuclear montado para amparar tecnicamente essa obtenção vem passando por reduções sucessivas nos recursos alocados, devido às severas restrições orçamentárias com as quais a Marinha depara-se, vislumbrando-se um futuro incerto para a conclusão desse programa. Esta monografia tem o propósito de evidenciar a importância estratégica da construção de submarino nuclear para a MB e, em sentido mais amplo, para o Brasil e, em seguida, propor a continuação ou não do programa nuclear da MB, considerando o esforço que já foi e que continua sendo exigido da Força Naval. Inicialmente analisa-se as características básicas de um submarino, de forma a avaliar a real importância que uma propulsão nuclear possa ter para esse tipo de meio. Tal avaliação é efetuada a partir da diferenciação entre os modelos de propulsão convencional e os dotados de propulsão nuclear. Em seguida, discute-se a importância estratégica da construção de submarino nuclear para o Brasil, segundo os aspectos políticos, militares, econômicos, legais, científico-tecnológicos, ambientais e psicossociais. A síntese conclusiva das análises executadas é, então, efetuada, bem como a proposição de recomendação para prosseguimento da obtenção brasileira por um submarino de propulsão nuclear, mediante a transformação do Programa Nuclear da Marinha do Brasil em programa de Estado, transformação essa a ser implementada, valendo-se da confiança que a sociedade tem na MB como órgão capaz de desenvolver um programa nuclear em bases seguras e da tradição naval no desenvolvimento de programas e produtos de responsabilidade idêntica aos nucleares.

Palavras-chave: Submarino. Propulsão Nuclear. Estratégia.

ABSTRACT

The Brazilian Navy has been in search for the construction of a nuclear-powered submarine for its fleet since 1979. However, after almost thirty years, the nuclear program designed to support technically such construction is suffering successive cuts due to the financial restrictions imposed to the Navy in the Federal budgets. In this sense, the construction faces substantial uncertainties. This work aims to discuss the strategic importance of the building of such nuclear-powered submarine for the Navy and for the country, and to propose the continuation or interruption of the Navy's Nuclear Program, taking into account all efforts already made by Brazilian Navy. An analysis of the basic characteristics of a submarine is performed, aiming to evaluate the effective importance of the nuclear propulsion for such a type of boat. This is made by means of a comparison and contrast of conventionally-propelled and nuclear-powered boats. The strategic importance of the nuclear-powered submarine for Brazil is discussed, focusing in political, military, economical, legal, scientific, technological, environmental and psychosocial aspects. A critical synthesis is performed supporting conclusions and a recommendation for the continuation of the nuclear program is issued. This continuation is suggested to be made by turning the program into a program of State, which is to be promoted to the public opinion using the confidence the society has in the Navy.

Key-words: Submarine. Nuclear propulsion. Strategy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O submersível <i>Turtle</i> , construído por David Bushnell	61
Figura 2 – A fragata britânica H.M.S. <i>Eagle</i>	61
Figura 3 – O <i>Turtle</i> , em posição de ataque, sob a fragata H.M.S. <i>Eagle</i>	62
Figura 4 – O submarino alemão U-9	62
Figura 5 – O afundamento do cruzador britânico H.M.S. <i>Aboukir</i> , pelo submarino alemão U-9, no Mar do Norte	63
Figura 6 – O submarino alemão U-47	63
Figura 7 – O encouraçado britânico H.M.S. <i>Royal Oak</i>	64
Figura 8 – Planta de propulsão de um submarino nuclear	64
Figura 9 – O ciclo do combustível nuclear	65
Figura 10 – O submarino nuclear britânico H.M.S. <i>Conqueror</i>	65
Figura 11 – O cruzador argentino A.R.A. <i>General Belgrano</i> afundando, após ter sido atacado pelo submarino nuclear H.M.S. <i>Conqueror</i>	66
Figura 12 – A Amazônia Azul	66
Figura 13 – O tráfego marítimo relacionado ao comércio exterior brasileiro, em 2006	67
Figura 14 – As reservas geológicas de urânio do Brasil	67
Gráfico 1 – A matriz de oferta de energia brasileira, em 2005	68

Gráfico 2 – O cenário da evolução da produção mundial de petróleo, avaliado em 2004 68

Gráfico 3 – A matriz de energia elétrica brasileira, em 2005 69

LISTA DE TABELAS

- 1 – Artigos relacionados a submarinos nucleares, publicados na *Revista Marítima Brasileira*, no período de 1975 a 1978 70
- 2 – Quantitativo de submarinos, convencionais e nucleares, das marinhas das cinco potências nucleares, nos anos de 1955 e 1978 71
- 3 – Países que possuem reservas consideráveis de urânio, economicamente atrativas 71
- 4 – Os dez maiores países do mundo, em termos territoriais, econômicos e populacionais, em 2006 72
- 5 – Dados sobre produção e consumo de petróleo no Brasil, em 2006 72
- 6 – Dados sobre produção e consumo de gás natural no Brasil, em 2006 72
- 7 – Países que dominam a tecnologia de enriquecimento de urânio 73
- 8 – Alguns acidentes relacionados à geração de energia, desde 1977 74
- 9 – Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de países selecionados, em 2006 75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	O SUBMARINO NUCLEAR E O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA...	11
2.1	O submarino	11
2.2	O submarino nuclear	16
2.3	O Programa Nuclear da Marinha (PNM)	18
3	IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DO SUBMARINO NUCLEAR	27
3.1	Aspectos Políticos	28
3.2	Aspectos Militares	34
3.3	Aspectos Econômicos	36
3.4	Aspectos Legais	39
3.5	Aspectos Científico-Tecnológicos	42
3.6	Aspectos Ambientais	44
3.7	Aspectos Psicossociais	48
4	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICE A – Ilustrações	61
	APÊNDICE B – Tabelas	70

1 INTRODUÇÃO

“Nas áreas tecnologicamente avançadas, em geral, e na nuclear, em particular, existe um verdadeiro “*apartheid*” entre as nações. Quem tem não cede. Daí, quem quer ter deve abrir seus próprios caminhos. Foi o que o Brasil fez.” (Contra-Almirante Wellington Liberatti, da Marinha do Brasil. In: *O Periscópio*, n. 56, 2002, p. 11).

A Marinha do Brasil (MB) deu início ao seu Programa Nuclear em 1979, com o propósito de desenvolver uma planta de propulsão nuclear para emprego em submarinos, incluindo a produção do combustível. Esse programa, denominado Programa Nuclear da Marinha (PNM), se constitui na etapa básica de domínio da tecnologia nuclear aplicada em um sistema de propulsão naval e no ciclo do combustível nuclear, essencial para possibilitar a obtenção, no Brasil, de um submarino nuclear.

Após quase três décadas da sua execução, seus dois projetos fundamentais – de domínio do ciclo do combustível e da planta nuclear de geração de energia elétrica, incluindo o reator nuclear –, ainda estão em andamento. A conclusão desses projetos é imprescindível para que, a partir de uma decisão de governo, se possa dar início à obtenção desse submarino.

Contudo, ao longo dos últimos anos, a MB vem passando por severas restrições orçamentárias, que tem provocado sérias reduções nos recursos alocados ao PNM, conduzindo-o a um estado virtualmente vegetativo. Assim, caso o mesmo continue a ser executado com recursos oriundos do orçamento da MB, vislumbra-se um futuro incerto tanto para a conclusão do Programa como para a obtenção do derradeiro produto do empreendimento, o submarino nuclear.

Dessa forma, para que se possa dar continuidade ao PNM em um ritmo adequado, faz-se mister que ele deixe de ser exclusivo da MB e assuma a sua legítima condição de Programa de Estado. Mas, para tal, é necessário que a obtenção do submarino nuclear, que é o produto final que se quer alcançar, seja entendida e aceita pela sociedade brasileira, pela classe política e pelo Governo Federal como benéfica ao País. Uma vez atingido esse propósito, a MB teria maior respaldo para postular ao Governo Federal alçar esse Programa à condição pretendida.

É nesse contexto que se pretende desenvolver a presente monografia, que tem como propósito identificar a importância estratégica do submarino nuclear para o Brasil, de modo a

contribuir com subsídios relevantes que possibilitem conscientizar a sociedade brasileira, a classe política e o Governo Federal para essa importância.

Nesse sentido, o autor irá, inicialmente, comprovar a superioridade do submarino nuclear em relação ao submarino convencional, de modo a se entender as razões que motivaram a criação do Programa Nuclear da Marinha. Dessa forma, no Capítulo 2, o trabalho inicia seu desenvolvimento com a descrição das características básicas de um submarino, de modo a avaliar a importância que esse meio tem no contexto naval. Em seguida, apresenta as limitações do submarino básico – o submarino convencional, de propulsão diesel-elétrica –, que dificultam a exploração de toda a sua potencialidade. Adiante, introduz o submarino nuclear na discussão, com o intuito de demonstrar a sua superioridade. Uma vez conhecidas as potencialidades desse meio, passa-se a examinar a criação do Programa Nuclear da Marinha – no contexto de uma solução para o domínio da tecnologia nuclear de propulsão visando à obtenção de um submarino nuclear –, descrever a sua situação atual e as perspectivas de sua continuidade.

Em seguida, no Capítulo 3, o autor irá evidenciar a importância estratégica do submarino nuclear para o Brasil, nos aspectos relevantes em termos do Estado brasileiro. Nesse sentido, é apresentado, inicialmente, o entendimento do que vem a ser importância estratégica, como base para a discussão a seguir, relacionada ao submarino nuclear, segundo os aspectos políticos, militares, econômicos, legais, científico-tecnológicos, ambientais e psicossociais.

Finalmente, na Conclusão, é apresentada a síntese conclusiva das análises efetuadas, contendo os elementos que evidenciam a importância estratégica do submarino nuclear para o Brasil. Com esse desfecho, se pretende contribuir, com subsídios relevantes, para a MB conscientizar a sociedade brasileira, a classe política e o Governo Federal para essa importância, de modo a obter respaldo para postular ao Governo Federal o alçamento do PNM à condição de Programa de Estado.

2 O SUBMARINO NUCLEAR E O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

“O submarino provoca na mente do inimigo uma sensação preocupante de onipresença.” (Contra-Almirante Oscar Moreira da Silva, da Marinha do Brasil. In: *Revista do Clube Naval*, n. 341, 2007, p. 41).

2.1 O submarino

O submarino, conforme definido no *Naval Terms Dictionary* (SUBMARINE, 1988, p. 277), é um “navio de guerra projetado para operações abaixo da superfície.”

Este autor escolheu essa definição pela sua simplicidade, concisão e precisão, ao evidenciar a principal característica que diferencia o submarino dos demais navios de guerra, a sua capacidade de operar em imersão. Essa característica, por si só, oferece a esse meio uma grande vantagem em relação aos seus oponentes, a capacidade de ocultação. Uma vez mergulhado, ele adquire a invisibilidade, encoberto pela massa líquida, e nessa condição, ele se torna apto a assumir a iniciativa das ações. Assim, ele pode surpreender seus adversários, que se tornam, nessa perspectiva, extremamente vulneráveis ao seu ataque.

A capacidade de ocultação é, portanto, uma característica intrínseca do submarino, que o transforma em uma ameaça relevante. Enquanto ela se mantiver, o binômio ocultação-surpresa poderá ser formado. E a surpresa é um poderoso princípio de guerra que, sendo bem explorado, contribui significativamente para a vitória no combate.

A importância da surpresa nas operações militares é conhecida, debatida e aplicada desde tempos remotos. Nesse sentido, Sun Tzu, general chinês experiente e estrategista brilhante, há 2.500 anos manifestou seu entendimento sobre o tema, que se revela de perfeita clareza didática, e que nos permite refletir, por associação, sobre o valor militar do submarino:

O local onde pretendemos lutar não deve ser revelado, pois assim o inimigo terá de se preparar contra um possível ataque em vários pontos diferentes [...] Para que o inimigo possa fortalecer sua vanguarda, deverá enfraquecer a retaguarda; fortalecendo esta, enfraquecerá aquela; fortalecendo a esquerda, enfraquecerá a direita; se fortalecer a direita, enfraquecerá a esquerda. Se enviar reforços para todos os cantos, será fraco em todos eles (CLAVELL, 1983, p. 40).

Nesse contexto, podemos verificar, por meio de alguns exemplos históricos, a dimensão das possibilidades que o binômio ocultação-surpresa oferece ao submarino em seu benefício:

a) em 1776, durante a Guerra da Independência dos EUA, um submersível¹ rudimentar, de casco de madeira de formato ovóide, denominado *Turtle*, construído pelo norte-americano David Bushnell e operado por um único tripulante (FIG. 1), foi empregado militarmente contra a fragata britânica H.M.S. *Eagle*, nau capitânia da força de bloqueio (FIG. 2), fundeada nas proximidades da Ilha de Manhattan, em Nova Iorque. Na escuridão da noite de seis de setembro, o *Turtle* se aproximou do alvo na superfície, mergulhou à pequena distância deste e se posicionou debaixo de sua quilha (FIG. 3), sem ser percebido. Sua tentativa de ataque², contudo, foi frustrada, vindo em seguida involuntariamente à superfície. Esse foi o primeiro submarino na história empregado para atacar um navio de guerra. Devido ao insucesso, o potencial da nova arma não foi percebido com clareza, deixando o feito de merecer a devida atenção na época (GUERRA, 1964, p. 15-18; RUSH *et al*, 1958, p. 13-15). No entanto, a lição importante que se extrai desse episódio é a do desproporcional valor militar que a capacidade de ocultação conferiu a esse engenho submersível rudimentar. Apesar do evidente desbalanceamento de forças entre os adversários, em termos absolutos, a fragata britânica ficou por algum tempo à mercê do *Turtle*, sem qualquer possibilidade de reação, porque simplesmente desconhecia que estivesse nessa condição. O *Turtle*, por sua vez, teve sempre a iniciativa das ações, sem sofrer qualquer oposição, em função de sua discricção;

b) em 1914, pouco após o início da Primeira Guerra Mundial (I GM), o ataque de um único submarino alemão, pequeno e limitado, a três belonaves britânicas, acabou abalando brutalmente a Marinha da Grã-Bretanha. No dia 22 de setembro, em pouco menos de uma hora, o U-9 (FIG. 4) afundou os cruzadores britânicos de 12 mil toneladas H.M.S. *Aboukir*, H.M.S. *Hogue* e H.M.S. *Cressy*, no Mar do Norte (FIG. 5). Esse fato acabou com o desdém com que era tratado o submarino pelas grandes marinhas³ até então, que eram centradas nas imponentes esquadras de encouraçados e cruzadores, e marcou seu reconhecimento como poderosa arma de guerra (GUERRA, 1964, p. 37-38; RUSH *et al*, 1958, p. 30-31). Esse é um exemplo expressivo do poder que a ocultação, aliada à surpresa, pode conferir a um submarino, mesmo limitado e desproporcionalmente inferior ao poder de

¹ Entende-se por submersível, a embarcação capaz de operar em imersão por espaço limitado de tempo (Cf. GABLER, 1986, p. 11).

² O ataque consistia em perfurar o casco do navio inimigo, por meio de um parafuso operado de dentro do submersível, a partir do qual era ligada uma carga explosiva com fluatibilidade positiva, ou seja, mais leve do que o volume de água que deslocava. A carga explodiria por meio de um mecanismo de retardo de relojoaria, necessário para possibilitar o afastamento do submersível do local. A tentativa inicial foi frustrada porque o parafuso atingiu uma área de metal, que impediu a inserção do parafuso (Cf. RUSH *et al*, 1958, p. 15).

³ A Marinha da Grã-Bretanha, por exemplo, utilizava os submarinos, nessa época, basicamente na defesa de portos e costas, de modo a liberar os navios considerados mais importantes para suas tarefas no mar (Cf. GUERRA, 1964, p. 37).

fogo de três belonaves em conjunto, conseguindo torná-las extremamente frágeis frente a um inimigo invisível; e

c) em 1939, pouco mais de um mês do início da II GM, um submarino alemão realizou um dos mais notáveis feitos da história desses meios de combate. Na madrugada de 14 de outubro, o U-47 (FIG. 6) adentrou um dos acessos ao estreito de Scapa Flow, na Ilhas Órcadas, ao norte da Escócia, para atacar a *Home Fleet*, da Marinha da Grã-Bretanha, na sua própria base. Manobrando na superfície, valendo-se da escuridão e de sua pequena silhueta, ele efetuou três ataques, com salvas de torpedos de proa, de popa, e novamente de proa após a recarga dos tubos, e se evadiu, logrando afundar o encouraçado britânico H.M.S. *Royal Oak* (FIG. 7), que se encontrava fundeado no interior da base, considerada a mais segura da Grã-Bretanha. A perda do encouraçado representou um duro golpe no prestígio da Marinha britânica porque demonstrou a fragilidade da base, que abrigava a principal força de proteção das águas territoriais britânicas, diante de um mero submarino (CHURCHILL, 1995, p. 203; GUERRA, 1964, p. 63; PRESTON, 1983, p. 27-29). Esse é mais um exemplo do que o emprego do binômio ocultação-surpresa pode auferir.

Durante as duas GM, os alemães, reconhecendo o valor militar do submarino, exploraram-no ao máximo, por meio de uma feroz campanha submarina irrestrita em ambos os conflitos. As estatísticas são relevantes. Como exemplo, no último conflito foram afundados 2.758 navios aliados pelos submarinos alemães. Não menos impressionante foi a campanha empreendida pelos submarinos norte-americanos no Oceano Pacífico que, por sua vez, afundaram outros 1.142 navios, na sua guerra contra o Japão (GUERRA, 1964, p. 107). Esses números, mais do que palavras, expressam, com eloquência, a brutal capacidade de destruição demonstrada pelos submarinos durante aquele conflito.

Diante de tal capacidade ofensiva, países como os EUA e Grã-Bretanha intensificaram seus investimentos no campo da detecção anti-submarino no pós-guerra, sobretudo em função da maciça expansão da frota de submarinos da então União Soviética. Contudo, apesar dos avanços nessa área, ainda hoje é muito difícil detectar um submarino em imersão. Segundo Hill⁴ (1993, p. 37-50), que reconhece essa dificuldade, o modo mais eficaz de fazê-lo é por meio da exploração da energia acústica. Isso porque, ele explica, debaixo d'água, a visibilidade se resume a alguns poucos metros; as ondas eletromagnéticas oriundas de radar não penetram no meio líquido; os sensores como o MAD (*Magnetic Anomaly Detector* – Detector de Anomalia Magnética), que registra alterações no campo magnético

⁴ Contra-Almirante John Richard Hill, oficial da reserva da Marinha britânica, especialista em assuntos profissionais de caráter naval, dentre eles a guerra anti-submarino (Nota do Autor).

local como as causadas por submarinos, é limitado em detecção à distância; e demais sensores como os térmicos⁵ e de bioluminescência⁶ ainda não alcançaram eficácia devidamente comprovada.

Nesse campo da propagação acústica, contudo, há, também, limitações que favorecem o submarino. A onda sonora não se propaga no mar de forma retilínea, porque ela sofre refrações, reflexões e bifurcações ao longo do caminho, por conta das variações de temperatura, pressão e salinidade da massa líquida. Esse fenômeno acaba gerando zonas de sombra, onde o som não penetra. Em função disso, o submarino, que opera na mesma massa líquida onde essas limitações ocorrem, pode posicionar-se nas profundidades que lhe forem mais favoráveis à escuta ou à evasão, tornando-se muito difícil de ser detectado. Essa ínfima possibilidade reduz-se ainda mais quanto menor for o ruído que ele irradiar (LIBERATTI, 2002, p. 7).

No entanto, o submarino também possui limitações, algumas bastante relevantes. A principal é a sua dependência vital do ar atmosférico, imprescindível tanto para recarregar suas baterias quanto para renovar o ar do seu interior para a respiração da tripulação. Nesse sentido, necessariamente, em algum momento, ele terá que abdicar, em certo grau, da sua discricção para retomar o contato com a superfície.

A esse respeito, Cremer⁷ destacava que, a par da relativa superioridade do submarino, essa limitação era uma importante fraqueza que o impedia de ser considerado um verdadeiro submarino:

If one speaks of a certain superiority of the submarine or *Unterseeboot* in being able to hide under water, one must in the same breath mention its weaknesses. Strictly speaking, they were not pure ‘under-sea-boats’ but submersibles which, for shorter or longer periods, were kept ‘hovering’ over a watery abyss. If this period were exceeded they were obliged to gasp for air and charge the batteries⁸ (CREMER; BRUSTAT-NAVAL, 1995, p. 21).

Esses submarinos denominados de convencionais, por serem dotados de propulsão diesel-elétrica⁹, compõem o inventário da maioria das marinhas na atualidade, incluindo a do

⁵ Sensores que detectam variações térmicas do meio ambiente causadas por submarinos (Nota do Autor).

⁶ Sensores que detectam a luminosidade causada por organismos vivos agregados ao costado de submarinos, especialmente em águas tropicais (Nota do Autor).

⁷ Capitão-de-Mar-e-Guerra (CMG) Peter Cremer, oficial submarinista da reserva da Marinha da Alemanha. Durante a II GM, comandou os submarinos U-152, U-333 e U-2519 e serviu no Estado-Maior do Almirante Karl Dönitz (Cf. CREMER; BRUSTAT-NAVAL, 1995).

⁸ “Se alguém fala de uma certa superioridade do submarino ou *Unterseeboot* em ser capaz de se ocultar debaixo d’água, alguém deve no mesmo fôlego mencionar suas fraquezas. Estritamente falando, eles não eram verdadeiros ‘barcos submarinos’, mas submersíveis os quais, por mais curtos ou mais longos períodos, eram mantidos ‘pairando’ sobre um abismo aquoso. Se esse período era excedido, eles eram obrigados a ir à superfície para receber ar e carregar as baterias (Tradução nossa).

⁹ Esse tipo de propulsão compreende, basicamente, um grupo de motores diesel acoplados a geradores elétricos, que ao operarem arrastam esses geradores que, por sua vez, carregam as baterias elétricas as quais transferem energia elétrica para o motor elétrico de propulsão, que impulsiona o eixo de propulsão do submarino (Nota do

Brasil¹⁰. Eles dependem do oxigênio proveniente do ar para a combustão dos seus motores diesel, para que possam impulsionar os geradores elétricos que irão carregar as baterias. Essa necessidade os obriga a virem, periodicamente, a uma profundidade denominada cota periscópica¹¹, na qual podem utilizar o sistema esnorquel, especialmente projetado para viabilizar esse suprimento de ar. O sistema consiste, basicamente, de um mastro que pode ser içado até a superfície a partir dessa profundidade, através do qual o ar atmosférico é admitido para o interior do submarino, e dispositivos de segurança que impedem o ingresso da água (GABLER, 1986, p. 63; LIBERATTI, 2002, p. 6). Enquanto nessa condição, o tope do mastro fica visível na superfície e o submarino aumenta significativamente seu nível de ruído irradiado, devido à operação dos motores diesel a plena carga (GABLER, 1986, p. 77), ou seja, fica exposto à detecção radar, visual e acústica, tornando-se vulnerável.

Outro importante óbice é a sua velocidade limitada. Por terem baterias elétricas como fonte geradora de energia para os motores elétricos de propulsão, eles só conseguem empregar a velocidade máxima por períodos de tempo relativamente curtos, correspondentes à sua descarga. Além disso, quanto maior a velocidade durante o trânsito em imersão, maior será a frequência com que deverão realizar os períodos de esnorquel, reduzindo a sua discricção. Em suma, é impossível a eles operarem com velocidade máxima mantida durante toda a comissão (GABLER, 1986, p. 77). Em outras palavras, os submarinos convencionais operam em baixas velocidades, o que não os permite perseguir seus alvos, tendo assim que interceptá-los a partir de uma posição próxima às derrotas¹² prováveis de seus oponentes (LIBERATTI, 2002, p. 7-8).

As baixas velocidades, associadas à dependência do ar atmosférico, reduzem a capacidade desses submarinos de explorarem todo o seu potencial em vastas regiões oceânicas, pela incapacidade de transporem, com rapidez, grandes distâncias. Assim, esses submarinos ficam normalmente limitados ao emprego segundo uma estratégia de posição¹³ (LIBERATTI, 2002, p. 10).

Essas questões, que restringiam sensivelmente o potencial combatente do submarino, foram amplamente discutidas no passado, sobretudo nos EUA, a maior dentre as potências

Autor).

¹⁰ A Marinha do Brasil possui, atualmente, quatro submarinos convencionais da classe IKL 209/1400 e um da classe 209/1500 (Nota do Autor).

¹¹ Cota periscópica é a profundidade próxima da superfície em que o submarino pode empregar o periscópio (Nota do Autor).

¹² O termo derrota tem o significado de “caminho percorrido por uma embarcação numa viagem por mar”, “rota” (Cf. DERROTA, 1988, p. 540).

¹³ Limitações como as baixas velocidades, associadas à dependência do ar atmosférico, levam o submarino convencional a ser empregado em uma estratégia de posição, ou seja, em uma Zona de Patrulha, pois, em função da dificuldade de perseguir seus alvos, ele necessita posicionar-se próximo às suas prováveis derrotas, de modo a poder interceptá-los e atacá-los (Cf. LIBERATTI, 2002, p. 7).

vencedoras da II GM. Uma vez comprovado o extraordinário valor militar do submarino durante o conflito recém-encerrado, os norte-americanos passaram a estudar uma nova forma de propulsão que o tornasse, definitivamente, independente do ar atmosférico. Nesse sentido, vislumbraram, segundo Rush *et al* (1958, p. 141) a concepção de um sistema de propulsão que combinasse conceitos antigos, como a planta de vapor, há muito utilizada na propulsão de navios, e conceitos novos, como o uso da energia nuclear para a produção de calor, que não necessita de oxigênio para tal, de modo a empregá-lo na formação do vapor. Assim, em 1946, há mais de meio século, decidiram desenvolver uma planta de força nuclear para propulsão de submarinos, que acabou materializando o sonho do “verdadeiro submarino”, concretizado na incorporação à Marinha dos EUA, em 1954, do primeiro submarino nuclear do mundo, o U.S.S. *Nautilus* (PRESTON, 1983, p. 60).

Não se deve pensar, contudo, que o submarino convencional, a partir de então, tenha perdido seu valor no contexto da moderna guerra naval. Mesmo com o advento do submarino nuclear, o aperfeiçoamento do convencional prosseguiu. Atualmente, há 37 países que operam esses submarinos, dentre os quais a Alemanha, China, Índia, Itália, Japão e Rússia, e 260 unidades em operação no mundo (BAKER III, 2007, p. 44), o que indica a relevância desse meio. Com o fim da Guerra Fria, o submarino convencional tornou-se uma das principais ameaças que a Marinha dos EUA poderá ter que enfrentar nas águas próximas ao litoral, chamadas de águas marrons, por ser extremamente silencioso e de fácil manobra (CARVALHO, 2007, p. 33). Isso se depreende pelo recente arrendamento, por parte dessa marinha, de um submarino convencional¹⁴ sueco, o *Gotland*, para ajudá-la na preparação de um programa denominado *Diesel-Electric Submarines Initiative* que visa preparar sua Esquadra para enfrentar submarinos convencionais (BUFF, 2007, p. 43; CARVALHO, 2007, p. 33).

2.2 O submarino nuclear

Submarino nuclear, de acordo com o *Glossário de Vocábulos e Expressões Básicas de Uso na Marinha* (BRASIL, 1981b, p. 113), é a “denominação dos submarinos dotados de sistema propulsor nuclear”.

Dessa forma, fica claro que o que diferencia esse tipo de submarino de um convencional é o seu sistema de propulsão. A planta de propulsão nuclear desse submarino compreende, basicamente, dois circuitos: primário e secundário (FIG. 8). O circuito primário

¹⁴ A Marinha dos EUA não mais dispõe de submarinos convencionais no seu inventário, em função de ter adotado a energia nuclear como forma exclusiva de propulsão para os seus submarinos. Daí a necessidade desse arrendamento, de modo a prepará-la para enfrentar esse tipo de submarino (Nota do Autor).

é um circuito fechado de água pressurizada que recebe o calor produzido pelo reator nuclear. A água aquecida é mantida pressurizada de modo a não se tornar vapor. Essa água aquecida passa, então, por um trocador de calor, que constitui o gerador de vapor, o qual transfere esse calor para um circuito fechado de água a baixa pressão, chamado de circuito secundário, que assim se converte em vapor. Nessa troca de calor, não há contato da água do circuito primário com a do secundário, de modo a evitar a contaminação, por ser a primeira radioativa. O circuito secundário nada mais é do que uma instalação tradicional de propulsão de turbina a vapor, na qual o vapor gerado vai operar turbinas que movimentam geradores, os quais produzem energia elétrica para os motores elétricos principais e para atender aos demais utilizadores do submarino. A reação nuclear no reator se dá pela fissão do combustível formado por isótopos de urânio-235 (U_{235}), que é controlada mediante a inserção de hastes de controle absorvedoras de nêutrons (LIBERATTI, 2002, p. 7; RUSH *et al*, 1958, p. 141-147).

O sistema descrito utiliza reatores do tipo de água pressurizada – *Pressurized Water Reactor* (PWR) –, que é o tipo empregado por todos os submarinos nucleares norte-americanos em operação na atualidade (USA, 2006). Ele é também, o tipo da maioria dos reatores instalados nas usinas nucleares de geração de energia elétrica espalhadas pelo mundo, de acordo com Guimarães (2000, p. 180).

Nesse tipo de propulsão, a reação nuclear em cadeia se processa no núcleo do reator, produzindo calor em abundância, sem necessitar de oxigênio no processo, o que torna esses submarinos independentes do ar atmosférico, razão pela qual são chamados de verdadeiros submarinos (RUSH *et al*, 1958, p. 140-144). A esse respeito, Horton (1974, p. 152) complementa, dizendo: “*it is the difference between whales and fish*”¹⁵.

Rush *et al* (1958, p. 148) acrescenta que o submarino nuclear é capaz de produzir uma vasta quantidade de energia excedente, o que lhe possibilita operar em altas velocidades e maiores que de qualquer navio de superfície; possui a capacidade de operar em imersão por períodos prolongados de tempo¹⁶; e de cruzar imensas distâncias. Com essas características, o submarino nuclear pode explorar vastas regiões oceânicas, alcançar áreas marítimas distantes com rapidez e permanecer em áreas longínquas por longo tempo, deslocando-se como necessário para interceptar, alcançar, acompanhar ou perseguir seus alvos e atacá-los no momento oportuno.

¹⁵ “Essa é a diferença entre baleias e peixes” (Tradução nossa).

¹⁶ Como exemplo, em 1960, há 47 anos, um dos primeiros submarinos nucleares norte-americanos, o USS *Triton* (SSN 586) realizou uma viagem submarina ao redor do mundo, de 84 dias de duração. Mergulhando ao largo de Long Island, em 16 de fevereiro, ele se dirigiu para o atol de São Pedro e São Paulo, no meio do Oceano Atlântico, onde iniciou, no dia 24 do mesmo mês, a circunavegação que completou em 25 de abril, tendo retornado à superfície em 10 de maio (Cf. PRESTON, 1983, p. 60).

Essas características tornam esse tipo de submarino adequado para países como o Brasil, de dimensões continentais, com grandes extensões oceânicas para cuidar (LIBERATTI, 2002, p. 10).

Embora a propulsão do submarino nuclear não necessite de oxigênio, a sua tripulação depende desse elemento vital para a sua sobrevivência. Assim sendo, essa questão foi resolvida por meio da eletrólise da água do mar, um processo que demanda grande quantidade de energia elétrica. Por esse processo, a energia nuclear disponível em vasta quantidade é utilizada para produzir corrente elétrica de modo a separar o oxigênio da água. Desse modo, a água do mar se torna fonte inesgotável desse elemento vital, permitindo contínua revitalização do ar a bordo do submarino (RUSH *et al*, 1958, p. 144). Com o oxigênio que é liberado mais o emprego de absorvedores de dióxido de carbono (CO₂), é possível controlar a qualidade da atmosfera a bordo, de modo a assegurar a independência do submarino da superfície (LIBERATTI, 2002, p. 7).

Nos últimos anos, alguns países vêm desenvolvendo alternativas de propulsão independente do ar atmosférico, de modo a contornar as limitações da propulsão convencional e buscar soluções não-nucleares que reduzam essa dependência aeróbica, uma vez que esta tecnologia é severamente restrita a alguns poucos países. Esses sistemas, ainda não plenamente consagrados, visam aumentar a autonomia do submarino em navegação submersa, em complemento à sua propulsão diesel-elétrica. Segundo Liberatti (2002, p. 8), as duas alternativas básicas em desenvolvimento são a baseada em circuitos fechados de combustão e a de geração de energia elétrica a partir de sistemas eletroquímicos. Esses sistemas chegam a garantir, até o momento, uma velocidade de avanço de, no máximo, cinco nós por cerca de duas semanas. De acordo com Liberatti, embora esse resultado seja significativo, ele ainda não se traduz em uma nova dimensão para o submarino convencional. No seu entendimento, “por enquanto, nada se compara ao submarino nuclear” (LIBERATTI, 2002, p. 8).

2.3 O Programa Nuclear da Marinha (PNM)

A relação da MB com as questões afetas à área nuclear no País teve início em 1946, quando o então CMG Álvaro Alberto¹⁷ foi designado representante do Brasil na recém-criada Comissão de Energia Atômica das Nações Unidas. Durante os dois anos do exercício da difícil e delicada missão¹⁸, teve uma atuação destacada, sobretudo ao conseguir derrubar a

¹⁷ O Capitão-de-Mar-e-Guerra Álvaro Alberto, oficial da reserva da MB, era professor da Escola Naval e Chefe do Departamento de Ciências Físicas da Escola Politécnica do Rio de Janeiro na ocasião. Foi promovido a Contra-Almirante (C Alte) honorário em 1948, por lei especial, e a Vice-Almirante (V Alte) em 1955, ano em que foi reformado (Cf. RMB, 1989, p. 10-11).

¹⁸ Cabe lembrar que, até então, a aplicação prática da energia nuclear havia sido para fins eminentemente bélicos, na forma de duas bombas atômicas devastadoras lançadas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki,

proposta norte-americana de expropriação de todas as jazidas de materiais atômicos para um mecanismo internacional de controle¹⁹, que visaria concentrar a tecnologia nuclear e todos os recursos minerais radioativos²⁰. Acabou vencendo a posição brasileira de que os países detentores de matérias-primas radioativas deveriam ter acesso à tecnologia nuclear, ao invés de receberem compensações financeiras²¹ (RMB, 1989, p. 10-11; SILVA, 1989, p. 17).

Essa relação da MB com as questões nucleares se manteve ao longo do período de 1951 a 1955, quando o agora Almirante Álvaro Alberto presidiu o recém-criado Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), órgão voltado para a coordenação e orientação das atividades científicas, particularmente as nucleares. Durante sua gestão, procurou, no tocante à área nuclear, adotar providências que permitissem ao Brasil alcançar o domínio do ciclo do combustível nuclear e a tecnologia de reatores. Nesse sentido, percebendo que o acesso à tecnologia nuclear não seria facilitado pelos EUA ao Brasil, buscou uma alternativa com parceiros europeus. Com os franceses²², negociou a tecnologia das fases iniciais do ciclo do combustível nuclear até a conversão²³, por meio da construção, em Poços de Caldas, no Estado de Minas Gerais, de uma réplica das usinas francesas de beneficiamento e purificação do minério de urânio. Com os alemães²⁴, contratou no seu país, em uma operação sigilosa, a obtenção de três ultracentrífugas para emprego no enriquecimento isotópico do urânio. Essas, no entanto, foram apreendidas ainda na Alemanha, a pedido da Comissão de Energia Atômica dos EUA, fazendo malograr esse empreendimento (SILVA, 1989, p. 17-18).

Durante o período de 1956 a 1961, a MB continuou se fazendo presente na área nuclear, com a presidência do Almirante Octacílio Cunha da recém-criada Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Essa Comissão, diretamente subordinada à Presidência da

em 6 e 9 de agosto de 1945, respectivamente, ao final da II GM. O primeiro emprego de um reator nuclear voltado para a produção de energia elétrica utilizável – o Reator *Breeder Experimental* nº 1 –, ocorreu somente em 1951, nos EUA; a primeira estação experimental de energia nuclear começou a operar na então União Soviética em 1954; e a primeira planta de energia nuclear a operar em larga escala para fornecimento de energia elétrica, a da estação de Calder Hall, na Grã-Bretanha, iniciou sua operação somente em 1956 (Cf. ATOMIC ENERGY, 1970, p. 718-720).

¹⁹ O chamado Plano Baruch, que “pretendia, em sua versão inicial, corrigir o que chamavam injustiças da natureza na distribuição destes minérios radioativos” (Cf. SILVA, 1989, p. 17).

²⁰ As reservas minerais radioativas conhecidas na época se localizavam no Congo Belga, África do Sul, Índia e Brasil (Cf. SILVA, 1989, p.17).

²¹ O argumento utilizado pelo CMG Álvaro Alberto foi o de que aceitaria a tese norte-americana de correção de injustiças desde que ela também fosse estendida às ocorrências de carvão e petróleo (Cf. SILVA, 1989, p. 17).

²² Empresa Société des Produits Chimiques des Terres Rares, construtora de usinas francesas de beneficiamento e purificação do minério de urânio, com a qual o CNPq assinou contrato para a construção de usina similar em Poços de Caldas (Cf. SILVA, 1989, p.18).

²³ Conversão é o processo de transformação do urânio beneficiado, material sólido conhecido como *yellow cake*, no composto hexafluoreto de urânio (UF₆), o gás utilizado como insumo a ser processado nas ultracentrífugas para o enriquecimento isotópico do urânio (Cf. INB, 2007a).

²⁴ Físicos Paul Harleck e William Groth, conhecidos pelo Almirante Álvaro Alberto na Alemanha, contratados para fabricar três ultracentrífugas para o Brasil (Cf. SILVA, 1989, p. 18).

República, foi “encarregada de propor as medidas julgadas necessárias à orientação da política geral da energia atômica em todas as suas fases e aspectos” (SILVA, 1989, p. 19). Durante sua gestão, foi inaugurado o primeiro reator nuclear construído na América Latina, no então Instituto de Energia Atômica²⁵ (IEA) da Universidade de São Paulo, resultado da iniciativa de um grupo de pesquisadores liderado pelo Professor Marcelo Damy. Na mesma gestão, teve início a construção, por uma empresa brasileira, de um reator, denominado argonauta, incorporado posteriormente ao Instituto de Energia Nuclear da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A administração do Almirante Octacílio Cunha caracterizou-se pela participação dos institutos de pesquisa ao esforço universitário na pesquisa nuclear (SILVA, 1989, p. 19).

O término da administração do Almirante Octacílio Cunha deu início a um grande hiato na participação da MB nas atividades na área de energia nuclear, que perdurou até 1978. Nesse ano, o então Diretor-Geral do Material da Marinha (DGMM), Almirante Maximiano da Fonseca, determinou ao então CF (EN)²⁶ Othon Luiz Pinheiro da Silva²⁷, que havia regressado de um curso de pós-graduação em engenharia nuclear no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos EUA, que preparasse um relatório contendo uma análise da possibilidade de desenvolvimento no Brasil de uma tecnologia de reatores nucleares de propulsão (SANT’ANNA, 2004; SILVA, 1989, p. 19).

Esse interesse pela propulsão nuclear tinha um forte motivo. Desde o advento do submarino nuclear, a MB vinha acompanhando o extraordinário sucesso desse tipo de meio, conforme se pode avaliar pelo grande número de artigos relacionados ao tema, publicados na *Revista Marítima Brasileira*²⁸, à época (TAB. 1), em sintonia com o gradual e significativo quantitativo de meios desse tipo incorporados ao inventário das marinhas das potências nucleares até então²⁹ (TAB. 2). Segundo Vidigal (2002, p. 17), esse meio era “um verdadeiro submarino e não mais uma embarcação submersível”. Assim como muitas marinhas do mundo, a MB via o submarino nuclear como a resposta para o seu problema estratégico e um

²⁵ Atual Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), desde o início da década de 1970 uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, antiga Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico. O IPEN é gerenciado técnica, administrativa e financeiramente pela CNEN e associado para fins de ensino de pós-graduação à Universidade de São Paulo (USP) (Cf. IPEN, 2006; SILVA, 1989, p. 20).

²⁶ Capitão-de-Fragata Engenheiro Naval (Nota do Autor).

²⁷ Hoje Vice-Almirante (EN) Othon Luiz Pinheiro da Silva, oficial da reserva e atual presidente da Eletronuclear – Eletrobrás Termonuclear. Foi o coordenador do PNM entre 1979 e 1994 (Nota do Autor).

²⁸ A *Revista Marítima Brasileira* é um periódico criado em 1851, publicado trimestralmente pelo Serviço de Documentação da Marinha, que apresenta, normalmente, artigos de interesse da oficialidade naval (Nota do Autor).

²⁹ Em 1978, 24 anos após o advento do primeiro submarino de propulsão nuclear, os EUA já dispunham de 113 desses meios em operação, a ex-União Soviética de 144, o Reino Unido de 14, a França de cinco e a China de um (Cf. JANE’S, 1978, p. 96, 149-151, 487-501, 564-567, 626-641).

rompimento da amarra tecnológica que a alçaria ao nível das grandes marinhas, bastante acima daquelas que não pudessem dispor desse meio. O submarino de propulsão nuclear possuía capacidade superior, que o tornava dissuasor por excelência. Esse atributo era ainda mais intensificado pela projeção do grau de avanço gerencial e tecnológico que seria alcançado pelo país capaz de desenvolvê-lo e utilizá-lo (VIDIGAL, 2002, p. 18).

Nesse contexto, o CF (EN) Othon apresentou seu relatório contendo uma proposta de um programa integrado que compreendia “a viabilização, em primeiro lugar, do ciclo do combustível nuclear com tecnologia nacional, independente do acordo Brasil-Alemanha³⁰, e o desenvolvimento de um pequeno reator de potência, que pudesse ser aplicado na propulsão, dependendo de decisão nacional do foro competente” (SILVA, 1989, p. 19).

No que tange a esse acordo, o referido oficial propunha uma ação independente em função dos indícios de que a possibilidade do domínio do ciclo do combustível nuclear, que tinha sido uma das principais motivações desse instrumento, não iria se concretizar. Considerando que a Alemanha havia retirado a possibilidade de venda da tecnologia de ultracentrifugação, motivada por pressão dos EUA, e que oferecia em seu lugar a tecnologia de enriquecimento por jato centrífugo, que ainda estava em desenvolvimento e que se sabia não ser promissora, não restava outra opção a não ser obter a tecnologia a partir de um esforço autônomo genuinamente nacional (SILVA, 1989, p. 19).

É importante frisar que o programa obteve a aprovação presidencial em 1979 (SILVA, 1989, p. 23). A CNEN, ao ser contatada pela MB para apoio, rejeitou a idéia de um programa conjunto e descartou a possibilidade de qualquer tipo de colaboração. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), antigo IEA, que havia sido transferido pelo Governo Federal ao Governo do Estado de São Paulo no início da década de 70, decidiu apoiar³¹. O Exército colocou um oficial à disposição e foram celebrados convênios com o Centro Técnico Aeroespacial, da Aeronáutica, e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), do Governo do Estado de São Paulo, para apoiar o seu desenvolvimento (SILVA, 1989, p. 20-23).

Assim, em 1979, a MB deu início ao Programa Chalana, com o objetivo de dotá-la com um submarino de ataque com propulsão nuclear, dividido em dois projetos:

a) o Projeto Ciclone, com o objetivo de desenvolver ultracentrífugas para atender à capacitação plena do ciclo do combustível nuclear; e

³⁰ O Acordo Nuclear Brasil-Alemanha previa o desenvolvimento de um programa, juntamente com empresas alemãs, para a construção de oito centrais nucleares no País e a implantação de uma indústria teuto-brasileira para a fabricação de componentes e combustível para os reatores, incluindo uma usina de enriquecimento de urânio por ultracentrifugação (Cf. FGV-CPDOC, 2005).

³¹ Desde a II GM, havia uma convivência muito próxima da MB com a comunidade técnica de São Paulo e a maior parte dos seus oficiais engenheiros era formada na Escola Politécnica da USP (Cf. SILVA, 1989, p. 21).

b) o Projeto Remo, com o objetivo de desenvolver o reator nuclear e os sistemas que com ele se relacionam (MONTALVÃO, 1999, p. 17; VIDIGAL, 2002, p. 20).

O Programa Chalana foi mantido, inicialmente, sob rigoroso sigilo, dadas as pressões contrárias, internas e externas, que a questão suscitava. Nesse contexto, passados pouco mais de dois anos e meio do início do projeto do primeiro modelo nacional de ultracentrifugação³², iniciado em fevereiro de 1980, foi realizado, com sucesso, em setembro de 1982, a primeira operação de enriquecimento de urânio, com equipamento totalmente projetado e fabricado no Brasil (SILVA, 1989, p. 23; VIDIGAL, 2002, p. 20-22). Para alcançar esse resultado, haviam sido investidos até então, segundo Silva (1989, p. 23), menos de uma dezena de milhões de dólares, o que contrastava com as algumas centenas de milhões de dólares até então gastos no malsucedido desenvolvimento do jato centrífugo.

Com o rápido sucesso alcançado, o programa passou a contar com o apoio da CNEN³³, o IPEN teve sua operação e custeio transferidos para o Governo Federal e foi criada uma coordenadoria para projetos especiais, como o departamento da Comissão Naval em São Paulo, embrião da COPESP³⁴, atual Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo³⁵ (CTMSP), órgão subordinado à DGMM incumbido das atividades nucleares da MB (CTMSP, 2006b; SILVA, 1989, p. 23-24).

Em 1983, o programa foi revisto e ampliado. Passou-se do desenvolvimento de ultracentrífugas para o de usinas de enriquecimento isotópico de urânio, dando início a um programa de nacionalização de todos os equipamentos periféricos das usinas de enriquecimento. Nessa época, foi também delineado com a CNEN e o IPEN o programa de desenvolvimento do primeiro reator nacional de água pressurizada (SILVA, 1989, p. 24).

Com a ampliação do programa, a MB iniciou a procura de um local adequado para abrigar as instalações de produção de urânio enriquecido; o protótipo em terra de uma planta nuclear de propulsão de submarino; instalações de teste para ensaio dos equipamentos e componentes dos sistemas a vapor e elétrico da propulsão; e um centro de treinamento para as guarnições dos futuros submarinos nucleares. A escolha recaiu sobre uma área localizada no município de Iperó, no Estado de São Paulo, onde foi construído o Centro Experimental

³² Foram utilizadas para o treinamento inicial das equipes de operação, duas ultracentrífugas recuperadas dentre as três que haviam tido sua licença de exportação embargada na Alemanha, durante a gestão no CNPq do Almirante Álvaro Alberto, e que foram liberadas para o Brasil somente em 1956 (Cf. MONTALVÃO, 1999, p. 14; SILVA, 1989, p. 23).

³³ Seu presidente, Sr. Hervásio de Carvalho, foi substituído pelo Sr. Rex Nazaré Alves, em outubro de 1982 (Cf. SILVA, 1989, p. 23-24).

³⁴ Criada pelo Decreto nº 93.439, de 17 de outubro de 1986 (Cf. CTMSP, 2006b).

³⁵ A denominação da COPESP foi alterada para CTMSP em 1995 (Cf. CTMSP, 2006b).

Aramar (CEA), inaugurado oficialmente em abril de 1988³⁶ pelo Presidente Sarney, com a presença do Presidente Raúl Alfonsín, da Argentina (MENEZES, 1988, p. 53; SILVA, 1989, p. 24-25; VIDIGAL, 2002, p. 20).

O Programa Nuclear da Marinha (PNM), como é oficialmente denominado o Programa Chalana, está atualmente estruturado em dois grandes projetos: o Projeto do Ciclo de Combustível e o Projeto do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE). O principal objetivo do PNM, segundo o Almirante Guimarães Carvalho³⁷ em SEMINÁRIO... (2003), é “o domínio, por parte dos institutos de pesquisa e da indústria nacional, de todo o vasto espectro tecnológico necessário para que a Nação esteja capacitada a projetar e construir reatores de potência, bem como produzir combustíveis para estes reatores.”

O Projeto do Ciclo do Combustível visa ao domínio completo do ciclo do combustível nuclear, empregando ultracentrífugas projetadas no Brasil (BRASIL, 2007b). Esse ciclo compreende o conjunto de etapas do processo industrial de transformação do mineral urânio, desde o momento em que ele é encontrado em estado natural até a sua utilização como combustível em uma usina nuclear (INB, 2007a).

O urânio (URANIUM, 1970, p. 778-780) é um elemento metálico denso e duro, encontrado em formações rochosas da crosta terrestre. Ele se apresenta na natureza como um composto dos isótopos U_{238} , U_{235} e U_{234} , de massas distintas, os dois primeiros em concentrações próximas de 99,3% e 0,7%, respectivamente, e os demais isótopos em quantidades desprezíveis. O U_{238} , conforme Cardoso (2006, p. 12), é um isótopo que somente pode sofrer fissão por nêutrons de elevada energia cinética. O U_{235} , por seu turno, pode ser por nêutrons de qualquer nível de energia cinética, preferencialmente os de baixa energia, denominados nêutrons térmicos ou lentos. A fissão nuclear é o processo no qual o núcleo de um átomo pesado, como o U_{235} , é dividido em dois menores, quando atingido por um nêutron, com liberação de dois a três nêutrons e energia. Esses nêutrons, ao atingirem outros núcleos de U_{235} , provocam novas fissões, que geram outras, constituindo assim uma reação em cadeia que leva à liberação continuada de energia nuclear.

A reação de fissão nuclear em cadeia, de acordo com Cardoso (2006, p. 13), somente é possível se houver uma quantidade suficiente de U_{235} , que é fissionado por nêutrons de qualquer energia. Nos reatores nucleares do tipo PWR, são necessários 32 átomos de U_{235} para 968 átomos de U_{238} , em cada grupo de 1.000 átomos de urânio, ou seja, 3,2% de U_{235} . Dessa forma, o urânio encontrado na natureza precisa ser tratado industrialmente, de modo a elevar a

³⁶ O programa já havia sido tornado público em setembro de 1987, quando o Presidente José Sarney anunciou que o Brasil havia alcançado o domínio da tecnologia do enriquecimento do urânio (Cf. MENEZES, 1988, p. 53).

³⁷ Almirante-de-Esquadra Roberto de Guimarães Carvalho, ex-Comandante da Marinha (Nota do Autor).

proporção de U_{235} de 0,7% para 3,2%. Para isso, ele deve ser, inicialmente, purificado e convertido em gás, estado no qual essa concentração poderá ser elevada. O processo físico de aumento da concentração de U_{235} pela retirada de U_{238} do urânio natural é conhecido como enriquecimento do urânio. Esse enriquecimento é controlado por regimes de salvaguardas aos quais o Brasil aderiu, porque o urânio enriquecido em graus superiores a 93% se presta para a aplicação em artefatos bélicos nucleares (GUIMARÃES, 1999, p. 219). Os processos de enriquecimento conhecidos são o da difusão gasosa e da ultracentrifugação, em escala industrial; o do jato centrífugo, em escala de demonstração industrial; e um processo a laser, em fase de pesquisa. Sendo tecnologias sofisticadas, os países que as detêm costumam impedir o acesso a elas aos demais.

O ciclo do combustível (FIG. 9) se inicia, então, na etapa de prospecção do urânio. O Brasil, com somente um terço do território nacional prospectado (BEZERRIL, 2007), ocupa atualmente a sexta posição entre os países detentores das maiores reservas de urânio do mundo e economicamente atrativas para serem exploradas (INB, 2007c) (TAB. 3). Em seguida, são realizados a mineração e o beneficiamento, obtendo-se um concentrado de urânio (U_3O_8) de cor amarela, conhecido como *yellow cake*, que é a matéria-prima para a produção da energia gerada em um reator nuclear. Na seqüência, temos a conversão, ou seja, a transformação do material sólido no gás hexafluoreto de urânio (UF_6), que será o insumo a ser processado nas ultracentrífugas. O enriquecimento isotópico, que tem por objetivo aumentar a concentração do U_{235} acima da natural, é realizado ao longo do percurso do gás em um circuito de vários estágios de cascatas de ultracentrífugas, onde o seu percentual de U_{235} vai aumentado gradativamente, de 0,7% a até 3,2%, valor considerado adequado para permitir sua utilização como combustível nuclear. Uma vez enriquecido, o gás é reconvertido ao estado sólido, originando um pó preto – dióxido de urânio (UO_2) – que será utilizado para confecção das pastilhas, as quais serão introduzidas em varetas feitas de uma liga especial de zircônio, denominada *zircalloy*. Essas varetas, em conjunto, formarão o elemento combustível, que será “queimado”³⁸ no reator, concluindo uma primeira etapa do ciclo do combustível (MONTALVÃO, 1999, p. 17). É interessante destacar que duas pastilhas de urânio produzem energia suficiente para atender a uma residência média, onde vivam quatro pessoas, por um mês, e um elemento combustível, no mesmo período, é capaz de suprir de energia cerca de 42 mil residências médias (INB, 2007a).

³⁸ Diz-se do processo de fissão dos átomos de urânio do elemento combustível em um reator nuclear (Nota do Autor).

O Projeto do Ciclo do Combustível está em andamento. As tecnologias de construção de ultracentrífugas e de enriquecimento de urânio vêm sendo aperfeiçoadas desde 1982, e o CTMSP já alcançou o estágio de produção contínua de urânio enriquecido, conforme SEMINÁRIO... (2003). Em decorrência, ele vem construindo ultracentrífugas para a unidade da empresa Indústrias Nucleares do Brasil (INB) localizada em Resende, Estado do Rio de Janeiro, para que esta, como responsável pela produção do combustível nuclear para as usinas Angra 1 e 2, possa se tornar capaz de enriquecer o urânio no País, ao invés de adquiri-lo na Alemanha. À exceção da conversão, todas as demais etapas do ciclo são de domínio nacional e estão em operação. Para completá-lo, segundo Marinho (2007, p. 44), falta somente concluir e operar a Unidade Piloto para Produção de Hexafluoreto de Urânio (USEXA). Essa planta, ora em construção no CEA, terá capacidade para produzir 40 toneladas de UF₆ por ano, uma escala industrial adequada para abastecer usinas e o reator do submarino de material enriquecido.

O Projeto do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica (LABGENE), por sua vez, visa ao desenvolvimento e à construção, com tecnologia própria, de uma planta nuclear de geração de energia elétrica, incluindo o reator nuclear (BRASIL, 2007b). Essa instalação, de acordo com Guimarães (2006), servirá de base e de laboratório para o desenvolvimento no País, de centrais nucleares para o atendimento das necessidades da matriz energética brasileira, e instalações de propulsão nuclear naval adequadas às demandas estratégicas na área da defesa nacional. Cabe ressaltar que o domínio desta tecnologia, conforme em SEMINÁRIO... (2003), também não é repassado por aqueles que a detêm.

Em 2005, segundo Guimarães (2006), foi concluída, com sucesso, a montagem final do conjunto Vaso de Pressão e Internos do Reator do LABGENE, que acrescido dos elementos combustíveis e dos mecanismos de acionamento de barras de controle, irão perfazer um Reator Nuclear do tipo PWR completo, de baixa potência. Essa instalação terá a capacidade de validar novos conceitos e dispositivos para a melhoria do desempenho e segurança da geração núcleo-elétrica, o que se constituirá em valiosa ferramenta de pesquisa e desenvolvimento de combustíveis e sistemas nucleares para aplicações comerciais e navais. Os prédios do reator e das turbinas estão com suas fundações concluídas. O prosseguimento das demais obras de edificação depende exclusivamente da disponibilidade de recursos financeiros. Até o final de 2004, haviam sido feitos investimentos no LABGENE em pesquisa, desenvolvimento, engenharia, aquisições e construção da ordem de 65% do seu valor total. A necessidade de um protótipo terrestre da planta de propulsão nuclear, segundo

Santos³⁹ (2000), é a de “assegurar previamente os atributos básicos de segurança e eficiência da instalação embarcada.” Ele acrescenta que todos os países que dominam a tecnologia de submarinos nucleares seguiram esse caminho.

No dia 10 de julho de 2007, o Presidente da República visitou o CEA, onde conheceu suas instalações, o estágio atual do PNM e o montante de recursos necessários para concluí-lo. Na ocasião, o Presidente Lula anunciou que esses recursos, que montam cerca de R\$ 1 bilhão, serão liberados em parcelas anuais de R\$ 130 milhões, durante oito anos, conforme comunicação do Comandante da Marinha, Almirante Moura Neto⁴⁰ dirigida à MB (BRASIL, 2007a). Até o ano passado, já haviam sido investidos US\$ 1.117.371.521,00 no PNM, segundo o atual Diretor do CTMSP (MARINHO, 2007, p. 44).

Esse anúncio veio em boa hora. Nos últimos anos, o PNM vinha sendo tocado com dificuldades, por conta das severas restrições orçamentárias da MB. No SEMINÁRIO... (2003), o então Comandante da Marinha, Almirante Guimarães Carvalho alertou para a possibilidade de estagnação do programa, que em certa medida já vinha ocorrendo, com perda de mão-de-obra qualificada e maior atraso para a sua conclusão, caso não houvesse aportes financeiros de outras fontes governamentais. O próprio Presidente Lula reconheceu o atraso de cerca de dez anos do PNM e informou que poderá antecipar a liberação desses recursos, previstos em oito anos, para cerca de seis (LOPES, 2007a). É importante destacar que as tecnologias que estão sendo desenvolvidas ali transcendem a aplicação puramente militar, que é um segmento muito específico e limitado. Na verdade, o programa tem uma dimensão estratégica muito mais ampla, de domínio de uma tecnologia que permite transformar minério radioativo em energia para emprego no desenvolvimento e progresso do País. É nesse sentido que a MB entende que o PNM mereceria ser custeado pelo Governo Federal, segundo o Comandante da Marinha, Almirante Moura Neto (BRASIL, 2007b).

³⁹ Almirante-de-Esquadra Marcus Vinicius Oliveira dos Santos, ex-Diretor do CTMSP (Nota do Autor).

⁴⁰ Almirante-de-Esquadra Julio Soares de Moura Neto, atual Comandante da Marinha, que vem envidando notáveis esforços no sentido de viabilizar a continuidade do PNM com aporte de recursos financeiros pelo Governo Federal (Nota do Autor).

3 IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DO SUBMARINO NUCLEAR

“Como acreditamos que a energia nuclear é forte candidata a complementar as necessidades de nossa matriz energética, o interesse da Marinha em participar juntamente com outros segmentos da sociedade, especificamente a Comissão Nacional de Energia Nuclear e seus institutos, em particular o Instituto de Pesquisa Energética Nuclear (IPEN), se enquadra perfeitamente dentro da filosofia de cumprir sua missão de defesa, compatibilizando-a com os demais interesses da sociedade.” (Vice-Almirante (EN) Othon Luiz Pinheiro da Silva, da Marinha do Brasil. In: *Revista Marítima Brasileira*, v. 109, n. 5/7, 1989, p. 16).

Estratégia é um termo derivado da conjunção de duas palavras do grego antigo: *stratos*, no sentido de exército que acampa e, muito provavelmente, *agein*, que significa conduzir adiante, avançar. *Stratos Agein* é pois o exército que conduz adiante. Da associação das duas palavras se tinha *strategos*, o general. Nesse sentido, estratégia é “a arte de conduzir um exército” e, de modo mais abrangente, “a arte do comando” (COUTAU-BÉGARIE, 2006, p. 43).

O termo Estratégia, na sua acepção atual, possui várias definições. Uma delas é o conceito clássico formulado por Clausewitz (1976, p. 138), voltado para o campo militar: “teoria relativa à utilização dos recontros⁴¹ ao serviço da guerra⁴².”

Especificamente para este estudo, este autor irá utilizar o conceito de Estratégia Nacional, formulado pela Escola Superior de Guerra, por entender ser adequado a um tema que trata da importância estratégica do submarino nuclear em um nível de Estado: “Estratégia Nacional é a arte de preparar e aplicar o Poder Nacional, considerados os óbices existentes ou potenciais, para alcançar e manter os objetivos estabelecidos pela Política Nacional” (BRASIL, 1981a, p. 89).

Esses objetivos são os denominados objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil, expressos no Artigo 3º da Constituição Federal, que são:

- I - construir uma sociedade livre, justa e solidária;
- II - garantir o desenvolvimento nacional;
- III - erradicar a pobreza e a marginalização e reduzir as desigualdades sociais e regionais; e
- IV - promover o bem de todos, sem preconceitos de origem, raça, sexo, cor, idade e quaisquer outras formas de discriminação (BRASIL, 1988).

⁴¹ O termo recontro tem o significado de “choque”, “embate de dois corpos” (Cf. RECONTRO, 1988, p. 1.464).

⁴² Em outras palavras, trata-se da “teoria do emprego de todos os combates, ligando-os entre si, a fim de atender aos propósitos da guerra” (Cf. CAMINHA, 1980, p. 51).

Assim, ao se discutir a importância estratégica do submarino nuclear para o Brasil, busca-se avaliar a relevância desse tipo de meio para o País no escopo de alcançar e manter os objetivos fundamentais expressos na Constituição Federal.

Nesse sentido, serão abordados a seguir os aspectos que este autor considera relevantes, de modo a evidenciar essa importância para o Estado brasileiro.

3.1 Aspectos Políticos

Política é um termo que deriva, segundo Bobbio (2000, p. 159), do vocábulo grego *politikós*, adjetivo relativo a *pólis*, a cidade-Estado da Grécia Antiga. Esse termo exprime “tudo aquilo que se refere à cidade”, portanto ao cidadão, ao que é público. A *pólis*, para os gregos, tinha um significado que transcendia o de uma simples cidade, tinha o sentido de Estado, conforme ensina Bonavides (1994, p. 62). Nesse contexto, a política então se realiza mediante a ação que tem por sujeito ou objeto a *pólis* ou Estado (BOBBIO, 2000, p. 174).

Nessa perspectiva, as relações entre governantes e governados, no sentido de alcançar o bem da comunidade, o chamado bem comum, distinto do bem dos indivíduos que a compõem, são tipicamente relações de poder. Assim, o poder político é exercido, nesse sentido, no interesse do bem comum, como força coercitiva necessária à resolução de conflitos (BOBBIO, 2000, p. 217).

Considerando que o Estado existe tanto no plano de uma sociedade de indivíduos como no contexto de uma comunidade de Estados, o poder político, na concepção de Bobbio (2000, p. 222), se serve, em última instância, da força física para que possa alcançar os efeitos desejados na resolução de conflitos, cuja falta, no plano interno, levaria à desagregação da sociedade e, no plano externo, à sua supressão a partir do exterior. Dessa forma, a expressão mais característica da política na perspectiva externa, conforme Bobbio (2000, p. 222), é a guerra, expressão máxima do emprego da força para a solução dos conflitos. Clausewitz (1976, p. 87), no século XIX, já afirmava que “A guerra é uma simples continuação da política por outros meios.”

No plano externo, as relações de poder entre os Estados, ou seja, a política internacional se dá em um sistema dito anárquico, por ser composto de Estados, relativamente coesos, onde não há um poder que esteja acima deles. A política internacional é, portanto, a “política na ausência de um soberano comum, a política entre entidades sem um governante acima delas” (NYE Jr., 2002, p. 3, tradução nossa).

Nesse contexto de uma política anárquica, existem duas visões distintas acerca da severidade do ambiente onde ela se realiza, que têm origem nos estudos de dois grandes filósofos ingleses do século XVII, Hobbes e Locke, centrados nas relações de poder em um estado de natureza anárquico: a tradição realista e a liberal, respectivamente.

O realismo, que tem sido a tradição dominante, tem como questão central da política internacional a guerra e o uso da força, sendo os Estados os atores principais. Para os liberais, no entanto, a política internacional é vista como uma sociedade global, formada por uma série de atores como organizações intergovernamentais e não-governamentais, grupos transnacionais e mesmo indivíduos, dentre outros, funcionando lado a lado com os Estados. Neste contexto, a força continua tendo seu papel como expressão militar do poder político, mas deixa de ter caráter principal (NYE Jr., 2002, p. 4-7).

Assim, vê-se que a força, de caráter eminentemente militar, tem um papel importante, em maior ou menor grau, nas duas principais tradições da política internacional. Um dos componentes dessa expressão militar é o poder naval, cujos instrumentos de aplicação da força são os meios navais, aeronavais e de fuzileiros navais. Nesse sentido, a relevância do submarino nuclear, como um meio naval, para o Estado brasileiro, deve ser analisada pelo grau de sua contribuição para a conformação do poder naval e, em decorrência, do poder político do País, de modo a, em última análise, alcançar o bem da comunidade, o bem comum, que se materializa nos objetivos fundamentais expressos na Constituição Federal.

Para essa análise, este autor irá utilizar, como base, a Política de Defesa Nacional (PDN), documento governamental que “tem como premissas os fundamentos, objetivos e princípios dispostos na Constituição Federal”. Aprovado pelo Decreto n.º 5.484, de 30 de junho de 2005, ele “é o documento condicionante de mais alto nível do planejamento de defesa”, tendo “por finalidade estabelecer objetivos e diretrizes para o preparo e o emprego da capacitação nacional, com o envolvimento dos setores militar e civil, em todas as esferas do Poder Nacional” (BRASIL, 2005, p. 3).

Como orientações estratégicas iniciais, a PDN estabelece duas vertentes da Defesa Nacional: uma preventiva, que valoriza a ação diplomática, como o primeiro recurso para a solução de conflitos, e se baseia em postura estratégica dissuasória, fundamentada em capacidade militar crível; e outra reativa que, em caso de agressão, empregará na legítima defesa do País, todo o poder nacional, particularmente enfatizando sua expressão militar (BRASIL, 2005, p. 15-16).

A vertente reativa não será discutida por este autor, uma vez que ela implica em lançar mão de todos os meios disponíveis, haja ou não submarino nuclear. A preventiva, no entanto, é particularmente afeita à contribuição de um submarino desse tipo. Nessa vertente, no tocante à expressão militar, sobressai a importância da dissuasão estratégica, com base na capacidade e credibilidade de emprego, conforme ressalta a PDN.

O termo dissuasão, conforme Gonçalves (2004, p. 146), corresponde a uma versão atualizada do sábio ditado milenar latino *Si vis pacem para bellum!*⁴³ Esse termo, segundo ele, foi difundido pelo general francês André Beaufre durante o governo De Gaulle. Para ele, dissuasão é “a contrapartida com que se ameaça o inimigo que, embora não nos dê a vitória, é capaz de conscientizá-lo de que sua possível vitória não seria compensadora” (GONÇALVES, 2004, p. 146).

Nessa perspectiva, a contribuição do submarino emana de sua característica básica, a capacidade de ocultação. Essa característica, por si só, gera tamanha incerteza nos adversários que, para se contraporem a ele, têm que mobilizar forças consideráveis. Essa sua superioridade intrínseca, então, o torna um meio ideal de dissuasão (LIBERATTI, 2002, p. 10). Considerando-se a vasta costa e a amplitude das águas jurisdicionais brasileiras, o submarino nuclear, pela sua maior velocidade, que lhe permite alcançar áreas marítimas distantes com rapidez, aliada à sua autonomia, que lhe possibilita permanecer em área de interesse por longo tempo e contando com sua total independência do ar atmosférico, que lhe faculta completa discricção, demonstra ser a melhor opção dissuasória para o Brasil. Essa capacidade de dissuasão superior do submarino nuclear ficou patente durante a Guerra das Malvinas, em 1982, quando o submarino nuclear britânico H.M.S. *Conqueror* (FIG. 10) afundou o cruzador argentino A.R.A. *General Belgrano* (FIG. 11), causando a completa imobilização da Esquadra de superfície argentina nos portos durante todo o restante do conflito.

Ainda na vertente preventiva, podemos considerar o chamado emprego político do poder naval⁴⁴, conceito apresentado pelo estrategista romeno naturalizado norte-americano Edward Luttwak, na sua obra *The Political Uses of Sea Power*⁴⁵, conforme ressalta Vidigal (2004, p. 22-23). Esse tipo de emprego é bastante freqüente, tendo sido largamente utilizado pelas grandes potências durante a chamada Guerra Fria. Sua gama de possibilidades

⁴³ “Se queres a paz, prepara-te para a guerra” (Tradução nossa).

⁴⁴ Luttwak define o emprego das Forças Armadas aquém do nível da violência como “político”, porque os seus efeitos dependem essencialmente da reação do partido que se quer influenciar (Cf. VIDIGAL, 2004, p. 22).

⁴⁵ Cf. LUTTWAK, 1974, p. 1-3.

compreende desde mostrar a bandeira⁴⁶ até o bloqueio naval⁴⁷, passando pela dissuasão e persuasão⁴⁸, dentre outras. Como exemplo, um submarino nuclear pode ser empregado para mostrar a bandeira em visita a países amigos. Embora um submarino desse tipo, durante comissões no exterior, raramente ataque nos portos amigos, permanecendo freqüentemente fundeado, como o fazem os submarinos nucleares norte-americanos e britânicos que visitam o porto do Rio de Janeiro, por eventuais imposições ambientais por parte do país visitado, de um lado, e por questões de segurança orgânica da própria embarcação, de outro, a simples presença desse submarino em águas territoriais é capaz de influenciar o país visitado com a mostra do poder do Estado ao qual ele pertence.

Adiante, a PDN, ao avaliar os ambientes internacional, regional, do entorno estratégico do Brasil e do próprio País, destaca os cenários e contextos de interesse para a defesa, em função dos quais são estabelecidas as orientações e diretrizes estratégicas. Dentre esses, este autor selecionou os que se seguem, por entender que neles o submarino nuclear tem contribuição relevante a prestar, na aplicação do poder naval: a Amazônia; o Atlântico Sul; a unipolaridade no campo militar; capacidade de defesa compatível com a estatura e aspirações políticas; desenvolvimento da indústria de defesa; uso da tecnologia nuclear para fins pacíficos; e assegurar matriz energética diversificada (BRASIL, 2005, p. 6-13).

No tocante à Amazônia, a PDN destaca que, devido ao seu grande potencial de riquezas minerais e de biodiversidade, ela é alvo da atenção internacional (BRASIL, 2005, p. 10). Nessa perspectiva, ela considera a Amazônia uma das áreas prioritárias para a Defesa Nacional, sendo a outra o Atlântico Sul, “em virtude da importância estratégica e da riqueza que abrigam” (BRASIL, 2005, p. 17). Nesse cenário, o submarino nuclear poderia servir como importante instrumento político, pois permitiria ao Estado brasileiro sinalizar para o mundo ser o País capaz de se opor a eventuais ameaças de invasão provenientes de forças navais, valendo-se das altas velocidades, raio de ação ilimitado e grande autonomia inerentes a esse meio, o qual poderia ser empregado como oposição avançada em áreas marítimas distantes, posicionando-se em tempo hábil para efetuar a contraposição.

Com relação ao Atlântico Sul, a PDN destaca a vasta área marítima de cerca de 4,5 milhões de quilômetros quadrados onde o Brasil exerce o direito de jurisdição sobre os recursos econômicos nela existentes, como região de importância fundamental para o País. Como mencionado, o Atlântico Sul é também priorizado pela PDN, que destaca a necessidade de aprimorar a vigilância e a defesa das águas jurisdicionais e proteger as linhas de

⁴⁶ Consiste na “realização de visitas a portos estrangeiros” (Cf. PINTO, 1995, p. 47).

⁴⁷ O bloqueio naval consiste na “tentativa de impedir que a força naval inimiga tenha acesso ao mar” (Cf. PINTO, 1995, p. 33).

⁴⁸ Persuasão significa “convencer, induzir, determinar a vontade” (Cf. PINTO, 1995, p. 71).

comunicação marítima, que são de vital importância para o Brasil (BRASIL, 2005, p. 17). Nessa perspectiva, o submarino nuclear, por suas características, é de grande utilidade, porque possibilitaria ao País demonstrar que possui capacidade crível de defender seus amplos interesses marítimos, uma vez que esse meio pode patrulhar vastas regiões e permanecer por longos períodos em área de interesse onde seu emprego seja necessário.

A unipolaridade no campo militar, associada às assimetrias de poder, é avaliada pela PDN como um contexto que pode produzir tensões e instabilidades indesejáveis para a paz. Ela destaca o multilateralismo e os princípios consagrados pelo direito internacional, como a soberania, a não-intervenção e a igualdade entre os Estados, como promotores de maior estabilidade mundial, favorecendo o desenvolvimento e o bem-estar da humanidade (BRASIL, 2005, p. 7). Nesse contexto, Costa (2004, p. 46) chama a atenção para a postura prevalente dos EUA, de não se imaginarem contestados no próprio continente americano. Segundo ele, os EUA têm consciência de que o Brasil se insere na sua mais importante área estratégica, a América. Nessa perspectiva, uma eventual contestação por parte do Brasil, por diversos motivos, incluindo uma possível projeção brasileira no espaço geográfico de seu interesse imediato, é uma hipótese que, no seu entender, deve merecer atenção especial no tocante à problemática de defesa do Brasil. Para ele, essa possibilidade de contestação é a que mais insegurança pode trazer ao futuro do País, devendo ser então a hipótese edificadora da formulação para a segurança e defesa do Brasil (COSTA, 2004, p. 47). Nesse sentido, o submarino nuclear seria uma excelente opção para emprego como equalizador de poder, um conceito apresentado em sala de aula⁴⁹, relacionado ao armamento com capacidade de impor um real constrangimento a um adversário que dispõe de tecnologia militar extraordinariamente superior, sobretudo em um contexto de guerra assimétrica (NASCIMENTO, 2007, p. 6).

A PDN estabelece como orientação estratégica, que as Forças Armadas brasileiras devam estar ajustadas à estatura político-estratégica do País, levando-se em consideração sua dimensão geográfica, capacidade econômica e população existente, dentre outros fatores (BRASIL, 2005, p. 16). Ela entende que, apesar da postura pacífica do Brasil, não é prudente que o País não disponha de capacidade de defesa compatível com sua estatura e aspirações políticas (BRASIL, 2005, p. 11-12). Nesse contexto, verifica-se que o Brasil desponta no cenário internacional como o quinto maior país em extensão territorial, com 8.547.403 km² de

⁴⁹ Conceito apresentado pelo Professor Francisco Carlos Teixeira da Silva, da disciplina de História Contemporânea do curso de pós-graduação (MBA) em Gestão Internacional, ministrado pelo Instituto COPPEAD de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPEAD/UFRJ) nas dependências da Escola de Guerra Naval (EGN), para os Oficiais-Alunos do Curso de Política e Estratégia Marítimas de 2007 (C-PEM/2007) (Nota do Autor).

área (NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2007); como a décima maior economia do mundo, com um Produto Interno Bruto (PIB), em 2006, de US\$ 1,068 trilhões (WORLD BANK, 2007, p. 1); e a quinta maior população mundial, com 188,9 milhões de habitantes no mesmo ano (ALMANAQUE, 2006, p. 374) (TAB. 4). Sobre a questão, Costa (2004, p. 49-51) entende que, em função de sua vasta área terrestre, localização voltada para o Oceano Atlântico, atuação distinguida no plano externo caracterizada pelo elevado grau de previsibilidade de sua política externa, favorável à solução pacífica de controvérsias e aderência incontestada a tratados e convenções, o Brasil deve explicitar sua posição madura no cenário internacional, em plano superior ao de seus vizinhos, em sua política de defesa. Nessa perspectiva, a obtenção de um submarino nuclear pelo Brasil se revela adequada, pelo fato de esse meio possuir características básicas superlativas, à altura do patamar político-estratégico alcançado pelo País no concerto das nações e amparado por suas significativas projeções em termos territoriais, econômicos e populacionais.

Outra orientação estratégica relevante para este estudo enfatiza a necessidade do desenvolvimento da indústria de defesa, de modo a reduzir a dependência tecnológica e ultrapassar os obstáculos unilaterais de acesso a tecnologias sensíveis, dadas as necessidades de atualização constante e do reaparelhamento gradativo das Forças Armadas brasileiras (BRASIL, 2005, p. 12-13). Sobre a questão, Pesce (2006, p. 102) entende ser fundamental o papel do Estado no financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de aplicação militar, de modo a desenvolver a indústria militar e fortalecer a defesa nacional. Nessa perspectiva, a obtenção de um submarino nuclear pode representar grande contribuição ao País, como já vem ocorrendo no decorrer do PNM, em que necessariamente o País deverá fomentar o desenvolvimento da indústria de defesa para suprir os equipamentos e sistemas desse tipo de submarino, que certamente sofrerão embargos por outros países que não têm interesse em que o Brasil alcance a maturidade nessa área tecnológica.

Em sua avaliação do ambiente brasileiro, a PDN ressalta a sua opção pelo uso da tecnologia nuclear como bem econômico para fins pacíficos. Segundo Pesce (2006, p. 102), essa tecnologia, assim como a espacial, é o que ele chama de tecnologia-chave, por ser fundamental para a garantia da autonomia estratégica de um país. Nessa perspectiva, a obtenção de um submarino nuclear torna-se uma opção coerente.

Ainda na avaliação do ambiente brasileiro, a PDN destaca a necessidade de o País assegurar matriz energética diversificada, levando em consideração as potencialidades de todos os recursos naturais disponíveis. Ela chama a atenção para essa questão, pelas implicações na área de segurança decorrentes das demandas energéticas crescentes originadas

pelo contínuo desenvolvimento brasileiro (BRASIL, 2005, p. 13). Nesse sentido, a energia nuclear desponta como opção viável de fonte alternativa de energia, sobretudo porque o Brasil já tem praticamente o domínio pleno dessa tecnologia. A obtenção de um submarino nuclear, então, tem grande contribuição a oferecer nesse mister, como produto final do desenvolvimento do PNM, que promove a consolidação dessa tecnologia no País.

3.2 Aspectos Militares

A superioridade do submarino nuclear, meio que é objeto deste estudo, resulta de seu sistema de propulsão. Seu reator nuclear é uma fonte quase inesgotável de energia, que dura por toda a vida útil do submarino, de aproximadamente 40 anos (LIBERATI, 2002, p. 7). Esse excedente de energia lhe confere altas velocidades, raio de ação ilimitado, grande autonomia e, pela sua natureza anaeróbica, completa independência do ar atmosférico e plena capacidade de ocultação.

As altas velocidades lhe conferem uma grande mobilidade estratégica, que lhe permite deslocar-se até áreas distantes de operação no menor intervalo de tempo. Essa capacidade foi demonstrada durante a guerra das Malvinas, quando os submarinos nucleares britânicos se deslocaram rapidamente para a área de operação distante cerca de 6,5 mil milhas marítimas da Grã-Bretanha, ou seja, aproximadamente 12 mil quilômetros de distância (PESCE, 1999, p. 128-129).

O submarino nuclear tem grande agilidade tática, podendo assumir posição vantajosa no ataque torpédico ou com mísseis contra os seus oponentes e executar rápidas manobras evasivas, quando atacado por torpedos ou bombas de profundidade. Sua capacidade de mergulhar a grandes profundidades, aliada às altas velocidades, contribui para reduzir a sua vulnerabilidade (PESCE, 1999, p. 129).

Ele dispõe de grande autonomia, o que lhe possibilita permanecer por tempo prolongado na área de operações. Esse tempo é limitado apenas pela resistência física e psicológica de sua guarnição e a quantidade de armamento e provisões estocados a bordo. Equipado com um sistema de armas sofisticado, integrado a sonares ativos e passivos de alta potência, o submarino nuclear de ataque é a plataforma ideal de combate anti-submarino (PESCE, 1999, p. 129).

Armado com torpedos e mísseis, podendo transportar minas e grupo de mergulhadores de combate, ele pode ser empregado em uma ampla gama de operações, desde

o ataque a unidades de superfície e submarinos, até minagem, reconhecimento, e lançamento e recolhimento de mergulhadores e agentes (PESCE, 1999, p. 129).

O emprego do poder naval, no qual a contribuição do submarino nuclear é neste estudo examinada, compreende quatro tarefas definidas como básicas: o controle de área marítima, a negação do uso do mar, a projeção de poder sobre terra e a contribuição para a dissuasão (LIBERATTI, 2002, p. 5-6). Assim, uma vez apreciadas as capacidades de emprego tático desse tipo de submarino, cabe avaliar, em seguida, sua capacidade de cumprir cada uma dessas tarefas básicas.

Controlar uma área marítima significa ter capacidade de garantir o seu uso no interesse do Estado, negando-o, ao mesmo tempo, ao oponente (LIBERATTI, 2002, p. 5). Esse controle pode ser permanente ou temporário e a área, fixa ou móvel. Um exemplo de uma área fixa de interesse é a área das plataformas de petróleo, na Bacia de Campos. Por representar uma vulnerabilidade importante para o País, é uma das áreas que nosso poder naval deve possuir capacidade de controlar. O controle de área marítima implica na necessidade de meios visíveis, que demonstrem interesse e determinação de fazer valer a vontade do País. Dessa forma, nessa tarefa básica o submarino nuclear não se mostra apropriado, pois seu fator de força resulta exatamente em sua capacidade de ocultação. Mas ainda assim, pode assumir um papel secundário, negando o uso do mar na área marítima que é de interesse controlar (LIBERATTI, 2002, p. 5-9).

A negação do uso do mar implica em impedir ou dificultar ao inimigo o controle de uma área marítima. Essa tarefa é geralmente desempenhada por um poder naval incapaz de exercer esse controle ou quando não seja de interesse mantê-lo. Nesse contexto, o submarino nuclear se mostra como meio ideal para essa tarefa, graças à sua capacidade de ocultação, que lhe possibilita operar até mesmo em águas controladas pelo inimigo, a despeito do quantitativo das forças controladoras. Nessa correlação de forças, Liberatti (2002, p. 9) destaca que, na verdade é ele que desequilibra essa equação.

A projeção de poder sobre terra consiste na capacidade de empregar a força sobre objetivos em terra, a partir dos meios navais. Nessa tarefa, o submarino nuclear também ocupa posição de destaque, sobretudo em função de suas capacidades de efetuar o lançamento de mergulhadores de combate para realizar ações em terra a partir de áreas controladas pelo inimigo e de empregar mísseis táticos contra alvos terrestres (LIBERATTI, 2002, p. 6-10).

E, finalmente, a contribuição para a dissuasão, que consiste na disponibilidade de um poder naval capaz de causar danos ao adversário e que inspire um mínimo de credibilidade quanto ao seu emprego. Nessa tarefa, o submarino nuclear é particularmente adequado, em

função de suas características inerentes, que lhe conferem superioridade intrínseca. Sua simples existência acarreta efeito dissuasório, pelo grau de incerteza que infunde no adversário, que tem que mobilizar um número considerável de forças para poder se contrapor a ele (LIBERATTI, 2002, p. 10).

Para resumir a importância que as grandes marinhas reputam ao submarino, em particular ao submarino nuclear, basta verificar na publicação *Jane's Fighting Ships*⁵⁰, a posição em que ele figura na seqüência de apresentação dos meios navais de cada marinha em particular. Nas edições do início do século, essa seqüência iniciava-se pelos encouraçados e, após a II GM, pelos porta-aviões. Desde o advento dos submarinos nucleares, no entanto, os submarinos passaram para o primeiro lugar, inseridos nessa reconhecida posição de destaque como os novos navios capitais⁵¹ (LIBERATTI, 2002, p. 31).

3.3 Aspectos Econômicos

O Brasil é um país de dimensões continentais, detentor de um vasto território de cerca de 8,5 milhões de km², cingido a leste por uma imensa linha de costa de 7.491 km de extensão (CIA, 2007). Aliado a esse imenso patrimônio terrestre, o País exerce sua jurisdição sobre uma ampla área marítima, compreendendo uma Zona Econômica Exclusiva e uma extensão da Plataforma Continental que somam 4.451.766 km². Esta área, que corresponde a mais de 52% do gigantesco território brasileiro, é maior que a própria Amazônia terrestre, constituindo, por analogia, uma verdadeira Amazônia Azul (SOUZA, 2007) (FIG. 12).

Sob o enfoque econômico, essa vasta área marítima é de extrema importância para o País. Mais de 95% do comércio exterior são realizados pelo mar (SOUZA, 2007). No ano de 2006, esse comércio atingiu um montante de aproximadamente US\$ 228,9 bilhões (BRASIL, 2007c, p. 1), somando-se as importações e exportações. Ele envolveu, nesse ano, uma média de 700 navios mercantes por dia (SOUZA, 2007) (FIG. 13). O petróleo e o gás natural, outras grandes riquezas exploradas nessa área, perfizeram reservas provadas de 12,7 bilhões de barris, com mais de 90% localizadas no mar, e 343,3 bilhões de m³, respectivamente, conforme dados de 2006 (ZIMMERMANN, 2007), suficientes para uma produção de mais de 19,2 anos para o primeiro e 23,7 anos para o outro (TAB. 5 e 6). A atividade pesqueira, que representa valiosa fonte de alimentos e de geração de empregos, em 2006 alcançou uma produção de 985.000 toneladas de pescado (SOUZA, 2007), volume bastante significativo.

⁵⁰ Tradicional publicação especializada na apresentação, de forma detalhada, do inventário de meios navais de todas as marinhas do mundo (Nota do Autor).

⁵¹ Navios capitais são aqueles navios que, quando presentes, condicionam o combate (Cf. LIBERATTI, 2002, p. 10).

Cabe também citar as atividades de lazer e turismo, realizadas nesse contexto marítimo, de crescente importância para a economia nacional.

Nessa perspectiva, o Brasil, que figura entre as dez maiores economias mundiais, tem no mar uma significativa parcela de contribuição para alçá-lo a essa posição, sendo este, portanto, de suma importância para o País. Dessa forma, o Brasil deveria dispor, no mar, de meios navais à altura dessa estatura econômica e dos interesses marítimos descritos que se entende querer preservar, ou seja, meios navais intrinsecamente poderosos e adequados a esse contexto de atuação, como os submarinos nucleares, que reflitam a real importância que o Estado brasileiro confere ao patrimônio que intenta manter. Para exemplificar, se o transporte marítimo fosse hoje interrompido, o País seria levado rapidamente ao colapso, tamanha é sua dependência desse tráfego que hoje movimentava a quase totalidade de seu comércio exterior.

Com apenas um terço do seu território prospectado, o Brasil possui cerca de 309 mil toneladas de reservas de urânio economicamente atrativas para serem exploradas (ARTHOU, 2006, p. 100-101; BEZERRIL, 2007; INB, 2007c) (FIG. 14), o que o faz ocupar a sexta posição entre os países detentores das maiores reservas do mundo. Nesse setor nuclear, o País figura entre os poucos que dominam a tecnologia de enriquecimento de urânio, juntamente com Alemanha, China, EUA, França, Grã-Bretanha, Holanda, Japão e Rússia (TAB. 7). A participação de suas reservas no contexto mundial é significativa, da ordem de 7%, conforme visto na TAB. 3, enquanto que a participação das demais fontes não-renováveis brasileiras, segundo Arthou (2006, p. 101), é de 0,9% no caso do petróleo, de 0,18% no caso do gás e de 1,2% no caso do carvão, ou seja, são pouco significativas. Assim, considerando serem as reservas brasileiras de urânio relevantes em um contexto global e o fato de o País dominar quase plenamente a tecnologia do ciclo do combustível e da construção de reatores, verifica-se que o Brasil detém vantagem competitiva na exploração da tecnologia nuclear, um setor de tecnologia de ponta com potencial de desenvolvimento de produtos com alto valor agregado, o que leva a concluir ser importante, sob o enfoque econômico, o prosseguimento do PNM.

O Brasil possui reservas provadas de petróleo, em 2006, da ordem de 12,7 bilhões de barris e produz em média 1,81 milhões de barris por dia, o que se configura em uma relação reserva/produção de cerca de 19,2 anos (ZIMMERMANN, 2007), conforme apresentado na TAB. 5. A matriz de oferta de energia brasileira apresenta um quadro, em 2005, em que cerca de 38,7% da energia consumida, que corresponde à maior parte, são oriundas do petróleo (ZIMMERMANN, 2007) (GRAF. 1). A relação entre as reservas mundiais atuais de petróleo e a produção mundial aponta seu esgotamento em até 41 anos. Estudos realizados sobre esse setor de energia no âmbito mundial, como os de Campbell e Laherrère, da *Scientific*

American, e de Craig Hatfield, da Universidade de Toledo, indicam a ocorrência do pico de produção, no âmbito mundial, em 2009 ou 2010, a partir do qual a tendência será a oferta ser menor do que a demanda, com o decorrente aumento do preço do petróleo (ARTHOU, 2006, p. 95-96) (GRAF. 2). Outros estudos, como o do Departamento de Energia dos EUA (DOE), estimam que esse pico ocorrerá em 2037. Assim, considerando que em um prazo de dois a 30 anos o petróleo começará a escassear, o que o tornará muito caro (ARTHOU, 2006, p. 97); que mais de 90% do transporte no mundo são efetuados por navios (ARTHOU, 2006, p. 101); e que as fontes alternativas ao petróleo, como os biocombustíveis, ainda não se configuram como solução comprovada e padronizada para o problema do petróleo na área de propulsão de navios⁵² (ARTHOU, 2006, p. 102); conclui-se ser importante desenvolver a tecnologia de construção da planta de propulsão nuclear para submarinos porque, pela possibilidade de emprego dual, essa conquista poderia tornar o Brasil apto a adaptar tal planta para emprego também na propulsão de navios mercantes⁵³, como Gerk (1977, p. 31-69) já propugnava há 30 anos⁵⁴.

Além desses aspectos, chama a atenção, examinando agora a matriz de energia elétrica brasileira, que a participação da energia nuclear é de apenas 2,3% em 2005 (ZIMMERMANN, 2007), ou seja, ainda pouco relevante, conforme se observa no GRAF. 3. Assim, considerando que o Brasil domina quase plenamente a tecnologia nuclear e que possui vantagem competitiva em função de também abrigar reservas consideráveis de urânio, este autor entende ser importante, sob enfoque econômico, ampliar a participação da energia nuclear na matriz de energia elétrica brasileira, de modo a diversificá-la e viabilizar os investimentos no setor nuclear, mantendo essa tecnologia praticamente dominada, com grande esforço, sempre atualizada e competitiva.

3.4 Aspectos Legais

A postura inequívoca do Estado brasileiro sobre o uso da energia nuclear como bem econômico para fins pacíficos está claramente fundamentada nas leis do País e em diversos diplomas legais firmados pelo governo brasileiro. Dentre eles, este autor destaca os seguintes

⁵² A produção de biocombustíveis é limitada pela disponibilidade de terras para plantio, em função do impacto no ecossistema e da disputa com a produção de alimentos. Nesse sentido, as fontes alternativas ao petróleo para o transporte de navios possivelmente serão oriundas de recursos específicos de cada região do mundo, não havendo solução única e padronizada para todos os países (Cf. ARTHOU, 2006, p. 101-102).

⁵³ A propulsão nuclear em navios mercantes possibilita a esses meios navegarem durante anos sem necessidade de reabastecimento, tornando-os alheios a eventuais problemas de abastecimento nos portos relativos a diferentes combustíveis alternativos ao petróleo, nas diversas regiões do mundo (Cf. ARTHOU, 2006, p. 101).

⁵⁴ Em 1977, o CMG Antônio Cordeiro Gerk publicou um artigo na *Revista Marítima Brasileira*, denominado *A Propulsão Naval Nuclear*, em que advogava a opção da energia nuclear para a propulsão de navios mercantes, como possível solução para a grave crise do petróleo desencadeada naquela década (Cf. GERK, 1977, p. 31-69).

como mais relevantes para este estudo: a Constituição Federal; o Acordo para o Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear; o Acordo Quadripartite; o Tratado de Tlatelolco; o Tratado sobre a Não-Proliferação Nuclear; e o Acordo para a Proibição Completa dos Testes Nucleares.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em consonância com a tradição pacífica do Estado brasileiro, proibiu a utilização da energia nuclear para fins que não sejam exclusivamente pacíficos, conforme expresso na alínea a, inciso XXIII do Artigo 21:

Art. 21. Compete à União: XXIII - explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados, atendidos os seguintes princípios e condições:
a) toda atividade nuclear em território nacional somente será admitida para fins pacíficos e mediante aprovação do Congresso Nacional (BRASIL, 1988).

Afora o estabelecido na Constituição Federal, o Brasil assumiu vários compromissos internacionais que dão garantias jurídicas de que o País não irá fabricar ou adquirir armamentos nucleares. O primeiro deles, denominado de Acordo para o Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear, o País firmou com a Argentina em agosto de 1991, comprometendo-se ambos os países com o uso exclusivamente para fins pacíficos do material e instalações nucleares submetidas às respectivas jurisdições, conforme o estabelecido na alínea 1 do Artigo I. Cabe destacar que o Acordo prevê o uso da energia nuclear para a propulsão de submarinos, conforme expresso no Artigo III:

Art. III. Nada do que dispõe o presente Acordo limitará o direito das Partes a usar a energia nuclear para a propulsão ou a operação de qualquer tipo de veículo, incluindo submarinos, uma vez que ambas são aplicações pacíficas da energia nuclear (ABACC, 1991a).

Pelo Acordo, foi criado, no seu Artigo VII, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), com o objetivo de administrar e aplicar o Sistema Comum de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (SCCC) (ABACC, 1991a).

Posteriormente, em março de 1994, os dois países firmaram um acordo com a ABACC e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a Aplicação de Salvaguardas, denominado de Acordo Quadripartite. Por este Acordo, Brasil e Argentina se submetem a um regime de salvaguardas, conforme expresso no Artigo 1:

Art 1. Os Estados-Partes comprometem-se, em conformidade com os termos do presente Acordo, a aceitar a aplicação de salvaguardas a todos os materiais nucleares em todas as atividades nucleares realizadas dentro de seu território, sob sua jurisdição ou sob seu controle em qualquer lugar, com o objetivo único de assegurar que tais materiais não sejam desviados para aplicação em armas nucleares ou outros dispositivos nucleares explosivos (ABACC, 1991b).

Nesse mesmo ano, em maio, entrou em vigor para o Brasil, depois de emendado, o Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe, conhecido como Tratado de Tlatelolco, que criou uma Zona Livre de Armas Nucleares na América Latina e no Caribe. Por este Tratado, os governos signatários se comprometem a usar o material e instalações nucleares exclusivamente com fins pacíficos, conforme expresso no Artigo 1:

Art. 1. 1. As Partes Contratantes comprometem-se a utilizar, exclusivamente com fins pacíficos, o material e as instalações nucleares submetidos à sua jurisdição, a proibir e a impedir nos respectivos territórios:

- a. O ensaio, uso, fabricação, produção ou aquisição, por qualquer meio, de toda arma nuclear, por si mesmas, direta ou indiretamente, por mandato de terceiros ou em qualquer outra forma, e
- b. a recepção, armazenamento, instalação, colocação ou qualquer forma de posse de qualquer arma nuclear, direta ou indiretamente, por si mesmas, por mandato a terceiros, ou de qualquer outro modo (BRASIL, 1994).

Em julho de 1998, o Brasil aderiu ao Tratado sobre a Não-Proliferação Nuclear (TNP), em vigor desde março de 1970. Na mesma ocasião, o governo brasileiro ratificou o Acordo para a Proibição Completa dos Testes Nucleares (CTBT). Pelo TNP, o Brasil se compromete a não fabricar armas nucleares e se submeter ao sistema de salvaguardas da AIEA, conforme expresso no Artigo II e alínea 1 do Artigo III:

Art. II. Cada Estado não-nuclearmente armado, Parte deste Tratado, compromete-se a não receber a transferência, de qualquer fornecedor, de armas nucleares ou outros artefatos explosivos nucleares, ou o controle, direto ou indireto, sobre tais armas ou artefatos explosivos; a não fabricar, ou por outros meios adquirir armas nucleares ou outros artefatos explosivos nucleares, e a não procurar ou receber qualquer assistência para a fabricação de armas nucleares ou outros artefatos explosivos nucleares.

Artigo III. 1. Cada Estado não-nuclearmente armado, Parte deste Tratado, compromete-se a aceitar salvaguardas - conforme estabelecidas em um acordo a ser negociado e celebrado com a Agência Internacional de Energia Atômica, de acordo com o Estatuto da Agência Internacional de Energia Atômica e com o sistema de salvaguardas da Agência - com a finalidade exclusiva de verificação do cumprimento das obrigações assumidas sob o presente Tratado [...] (ONU-BRASIL, 2004).

Cabe destacar que o TNP prevê a negociação para a eliminação total das armas nucleares por parte das potências nucleares, conforme expresso no Artigo VI, o que na prática não vem ocorrendo:

Art. VI. Cada Parte deste Tratado compromete-se a entabular, de boa fé, negociações sobre medidas efetivas para a cessação em data próxima da corrida armamentista nuclear e para o desarmamento nuclear, e sobre um Tratado de desarmamento geral e completo, sob estrito e eficaz controle internacional (ONU-BRASIL, 2004).

Cabe também ressaltar a estrita aderência da MB aos tratados e acordos internacionais ratificados pelo País, no âmbito das atividades nucleares, recebendo inspeções no CEA, rotineiras e inopinadas, da ABACC e da AIEA, órgão este subordinado à

Organização das Nações Unidas (ONU). Isso coloca por terra as especulações do passado, particularmente da época da condução sigilosa do programa, como a de Menezes (1988, p. 14, 59-60), sobre uma possível participação do chamado Programa Nuclear Paralelo⁵⁵ na fabricação de um artefato nuclear.

Nesse sentido, Rosa (2007, p. 50) descarta a possibilidade de que o governo intente capacitar o Brasil a fabricar armas nucleares, com o enriquecimento do urânio, como foi levantado em algumas publicações internacionais. Segundo ele, “o Brasil cumpre à risca suas obrigações no Tratado de Não-Proliferação de Armas Nucleares.”

Embora possa parecer paradoxal para alguns, a propulsão nuclear de navios de guerra e de submarinos é classificada como uso pacífico dessa energia. Isso se explica pelo fato dessa aplicação não configurar um uso descontrolado ou explosivo da reação em cadeia da fissão nuclear, ou seja, não conformar um armamento intrinsecamente explosivo de caráter nuclear. Cabe destacar que esse entendimento tornou-se jurisprudência internacional quando a Grã-Bretanha foi denunciada pela Argentina junto à AIEA, durante a Guerra das Malvinas, por violação do TNP, do qual esses países eram signatários, o primeiro na condição de nação nuclear e o segundo como nação não-nuclear, em função do emprego de submarinos nucleares no conflito. Em resposta, a AIEA, por meio do *Board of Governors*⁵⁶, julgou improcedente a denúncia, por não considerar que a propulsão nuclear de submarinos se configurasse como uso bélico, sendo, portanto, tal aplicação permitida no escopo do TNP (GUIMARÃES, 1999, p. 218-221).

3.5 Aspectos Científico-Tecnológicos

Desde 1979, a MB vem desenvolvendo esforços na pesquisa e desenvolvimento de um aparato tecnológico que visa alcançar o domínio da tecnologia nuclear para a propulsão de submarinos. Ao longo desse processo, foram logrados ganhos significativos em termos de capacitação tecnológica, expressos no projeto e fabricação pela indústria nacional de diversos materiais, componentes, equipamentos e sistemas, grande parte em decorrência de severas

⁵⁵ Forma como o PNM era denominado pela sociedade (Nota do Autor).

⁵⁶ O *Board of Governors* (Conselho de Governadores) é um Conselho formado por 35 membros eleitos pelos representantes dos estados membros da AIEA. Esse Conselho reúne-se, normalmente, cinco vezes por ano, onde examina e faz recomendações sobre as contas, programas e o orçamento da Agência, bem como aprova acordos de salvaguardas e outros assuntos correlatos, preparando as decisões que serão ratificadas pela Conferência Geral da organização (Cf. IAEA, 2007).

restrições internacionais de fornecimento de produtos estrangeiros similares, visando impedir o Brasil de alcançar a maturidade na área nuclear (GIURLANI, 1995, p. 4-7).

Esse programa da MB vem contando com a estreita cooperação de instituições de pesquisa como o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), de São Paulo, na área de projetos; o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), de Minas Gerais, no desenvolvimento do ciclo do combustível; o Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), da Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (COPPE), do Rio de Janeiro, na área de simuladores e materiais; a Universidade de São Paulo (USP), na área de motor elétrico; e mais de cem indústrias nacionais, no desenvolvimento de equipamentos e sistemas (GIURLANI, 1995, p. 5-6).

No que tange ao Projeto do ciclo do combustível, a MB alcançou os primeiros resultados em 1982, quando foi construída a primeira ultracentrífuga capaz de efetuar a separação isotópica do urânio. Atualmente, a tecnologia de produção de urânio enriquecido está dominada. Com essa vitória, a MB está construindo ultracentrífugas para a INB, responsável pela produção do combustível nuclear para as Usinas Angra 1 e 2, o que irá viabilizar o enriquecimento de urânio no Brasil, que antes era adquirido na Alemanha. Todas as etapas do ciclo do combustível, à exceção da conversão, são de domínio tecnológico nacional e estão sendo realizadas no País (SEMINÁRIO TECNOLOGIA NUCLEAR, 2003, p. 9). Em um cenário de prenúncio de uma crise global de energia, o domínio dessa tecnologia, associada à disponibilidade de reservas significativas de urânio no País, representa um importante diferencial a ser explorado como vantagem competitiva para o Brasil.

Em relação ao Projeto do Laboratório de Geração Núcleo-Elétrica – LABGENE, a MB vem buscando desenvolver e construir a planta nuclear de geração de energia elétrica, cujas obras de montagem desta instalação se encontram em andamento. O ritmo, contudo, tem sido vagaroso, em função dos recursos limitados que a MB dispõe para dar seguimento ao projeto (SEMINÁRIO TECNOLOGIA NUCLEAR, 2003, p. 9). A tecnologia nuclear é uma tecnologia de ponta, que encerra considerável valor agregado e cujas aplicações são regidas por severos regimes de salvaguardas e controle internacional. Dessa forma, essa tecnologia não é repassada pelos países que a detêm. Por isso, para o Brasil, que já avançou bastante com o PNM, o domínio pleno dessa tecnologia, que é a principal meta desse programa, irá permitir ao País ter disponível uma planta de propulsão nuclear naval, de uso dual. Isso significará dispor, em terra, de uma instalação com capacidade de validar novos conceitos e dispositivos para a melhoria do desempenho e segurança da geração núcleo-elétrica, viabilizando a pesquisa e desenvolvimento no País de combustíveis e sistemas nucleares para aplicações

comerciais, particularmente voltadas para usinas nucleares, bem como para aplicações no transporte marítimo, como alternativa energética viável à crise internacional do petróleo que se prevê para os anos vindouros (SEMINÁRIO TECNOLOGIA NUCLEAR, 2003, p. 9).

O amplo programa de pesquisa e desenvolvimento a cargo do CTMSP, que conta com seu Centro Experimental de Aramar onde estão instalados seus laboratórios, como o de materiais nucleares, desenvolvimento de instrumentação e combustível nuclear, termohidráulica, testes de equipamentos de propulsão e de choque, vibração e ruídos, dentre outros, além de oficinas especializadas, vem sendo executado pela sua equipe técnica, contando com a colaboração de engenheiros, cientistas e pesquisadores de outras instituições de pesquisa e de universidades do País. Essa abordagem gerencial de cooperação com universidades, instituições de pesquisa e empresas nacionais e o efeito multiplicador que ela tem acarretado, permitiu um grande salto tecnológico para o País, que pode ser medido pela extensa gama de itens com aplicação também em outros setores, tais como a tecnologia nuclear de geração de energia elétrica; ligas metálicas de alta resistência mecânica, o chamado aço *maraging*⁵⁷; materiais compostos; fibras de carbono; *zircalloy*; válvulas especiais; motor elétrico de ímãs permanentes; monitores de radiação; circuitos termohidráulicos de testes; produção de radioisótopos para a medicina e a irradiação de alimentos para conservação, dentre outros (CTMSP, 2006a; GIURLANI, 1995, p. 7; MONTALVÃO, 2003, p.118). Todos esses desenvolvimentos, que incorporam considerável valor agregado, vêm permitindo ao País alcançar uma crescente independência tecnológica do exterior, abrindo novos espaços e perspectivas para a indústria nacional.

3.6 Aspectos Ambientais

Muitas pessoas, esclarecidas ou não, possuem uma visão negativa da energia nuclear. Esse sentimento desfavorável possivelmente remonta ao final da II GM, em que a energia nuclear teve sua drástica estréia na forma de uma brutal destruição causada pelo lançamento de duas bombas atômicas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, em 1945.

⁵⁷ O aço *maraging* – termo que combina as palavras inglesas *martensite* e *aging*, que significam respectivamente martensita e envelhecimento, ou seja, martensita envelhecida; esse termo sugere o tratamento térmico empregado e a microestrutura esperada – é uma liga metálica, contendo altos teores de níquel, cobalto e molibdênio e baixos teores de carbono, que possui excelentes propriedades mecânicas e de soldabilidade, entre outras características. Suas principais vantagens são: altíssima tensão de escoamento e de resistência, até 3500 MPa; alta tenacidade à fratura, superior à maioria dos aços; suporta temperaturas de trabalho de até 400°C; e é soldável, dentre outras. Sua principal desvantagem é o custo do material. Assim, ele é aplicado na indústria aeronáutica; aeroespacial; militar; como matriz e ferramentas; e na área nuclear (Cf. LOPES, 2007b).

Segundo Lovelock⁵⁸ (2006, p. 94-95), essa oposição do grande público à energia nuclear se ampliou nas décadas de 70 e 80 do século passado, com os testes nucleares de armas cada vez mais poderosas, realizados pelas duas superpotências – os EUA e a ex-União Soviética –, durante a intensificação da Guerra Fria. A conscientização, por parte das pessoas, de que cada superpotência tinha a capacidade de destruir completamente a civilização foi mais do que suficiente para que o medo difuso das coisas nucleares se disseminasse. Foi nesse período que começaram os protestos antinucleares, de acordo com Lovelock (2006, p. 95), sobretudo por parte dos primeiros grupos organizados ambientalistas, como o *Greenpeace*⁵⁹.

Essa postura contrária às coisas nucleares, que procura amparo em preocupações de caráter ambiental, perdura nos dias atuais. Nesse contexto, então, o submarino nuclear é, por associação, também criticado. Assim, é importante ressaltar que o submarino nuclear é assim denominado em função de seu sistema de propulsão, não tendo, necessariamente, nenhum vínculo com qualquer tipo de armamento nuclear. Cabe também esclarecer que o submarino nuclear vislumbrado não se destina a empregar armamento nuclear, porque a Constituição Federal proíbe o desenvolvimento ou a aquisição desse tipo de armamento e o País está submetido a um regime de salvaguardas internacionais que provê para que isso não ocorra.

Outro ponto também muito questionado, sob o ponto de vista ambiental, é o que se refere à segurança das instalações nucleares. Esse tema tem sua relevância relacionada ao perigo potencial representado pela alta radioatividade dos produtos da fissão do urânio e sua eventual liberação para o meio ambiente. Nessa perspectiva, é pertinente considerar que, embora não seja possível a um reator nuclear explodir como uma bomba atômica⁶⁰, acidentes em centrais nucleares são passíveis de ocorrer. Por esse motivo, as usinas nucleares obedecem a rígidas normas de segurança, estabelecidas pela CNEN, no caso brasileiro, abrangendo as fases de projeto até a construção civil, montagem dos equipamentos e operação, de modo a assegurar que sejam projetadas, construídas e operadas com os mais elevados padrões de

⁵⁸ James Lovelock é um cientista inglês, pesquisador independente e ambientalista, autor de mais de duzentos artigos científicos, membro da *Royal Society* desde 1974 e professor visitante honorário do *Green College* da Universidade de Oxford. Foi considerado, pelo jornal britânico *The Observer*, “uma das figuras mais influentes do movimento ambientalista.” É o autor da “Hipótese de Gaia”, que procura explicar o comportamento sistêmico do planeta Terra, visto, nessa teoria, como um superorganismo (Cf. LOVELOCK, 2006).

⁵⁹ O *Greenpeace* é uma organização internacional que prioriza campanhas ambientalistas em todo o planeta. Baseada em Amsterdam, na Holanda, possui 2,8 milhões de adeptos em todo o mundo e escritórios instalados em 41 países. A organização vem realizando campanhas contra a degradação ambiental desde 1971, quando uma pequena embarcação com voluntários e jornalistas rumou para Amchitka, uma área ao norte do Alasca, onde o governo norte-americano estava conduzindo testes nucleares subterrâneos (Cf. GREENPEACE INTERNATIONAL, 2007).

⁶⁰ É impossível a ocorrência de uma explosão de um reator como uma bomba atômica porque a concentração de U_{235} é muito baixa, de cerca de 3,2%, o que impede que a reação em cadeia se processe com rapidez suficiente para se transformar em explosão. Além disso, dentro do reator nuclear existem materiais absorvedores de nêutrons que são empregados no controle e no encerramento da reação em cadeia, como, por exemplo, na parada do reator (Cf. CARDOSO, 2006, p. 16).

qualidade e que tenham condições de alta confiabilidade. Como exemplo, na fase de projeto são imaginadas diversas possibilidades de acidentes em um reator nuclear e também a forma de combatê-los, tanto por ação humana como, em última instância, por atuação automática dos sistemas de segurança, que são projetados para essa finalidade. São levados em consideração, também, para o dimensionamento e o cálculo das estruturas, fenômenos da natureza, como tempestades, vendavais e terremotos, bem como fatores de risco, como queda de avião e sabotagem (CARDOSO, 2006, p. 21-26). A segurança estrutural envolve, então, quatro barreiras físicas para impedir a saída de material radioativo para o meio ambiente, que são: as varetas de combustível, que contêm o urânio em uma estrutura denominada elemento combustível e que são fechadas para não deixar escapar esse material radioativo, podendo suportar altas temperaturas; o vaso de pressão do reator, onde são colocados os elementos combustíveis, compreendendo um grande vaso de aço, com paredes de cerca de 30 centímetros, montado sobre uma estrutura de concreto com cerca de cinco metros de espessura na base; a contenção, de formato cilíndrico, como em Angra 1 ou esférico, no caso de Angra 2, que compreende uma grande carcaça de aço, com 3,8 centímetros de espessura, como é o caso de Angra 1, por exemplo, onde são instalados o vaso de pressão do reator e o gerador de vapor, sendo construído para manter contidos os gases ou vapores possíveis de serem liberados durante a operação do reator; e o próprio edifício do reator, um último envoltório, de concreto, revestindo a contenção, de cerca de um metro de espessura em Angra 1, que também protege contra impactos externos, como a colisão de aeronaves e explosões (CARDOSO, 2006, p. 21-23).

Apesar do aparato de segurança existente, vazamentos em reatores nucleares eventualmente ocorrem. Nesses casos, devido ao fato de a água de refrigeração do núcleo do reator, que é radioativa, circular por meio de bombas rotativas em sistemas fechados e à existência das barreiras físicas na instalação, o risco para o meio ambiente é considerado muito reduzido. Em 1986 e em 1995, ocorreram vazamentos na usina de Angra 1, ambos dentro da instalação, que não causaram absolutamente nenhum dano ao meio ambiente. É importante destacar que, ao longo da história da operação de usinas nucleares, empregadas na geração de energia elétrica, se contabiliza apenas dois acidentes graves com instalações desse tipo, o de *Three Mile Island*⁶¹, nos EUA, em 1979, com nenhum impacto adverso para as

⁶¹ Em 1979, na usina de *Three Mile Island*, nos EUA, um defeito no sistema de resfriamento causou o derretimento de parte do reator número dois. O reator foi destruído. Alguns dias após o acidente, vazou um pouco de gás para o ambiente externo, mas não o suficiente para causar uma dosagem acima dos níveis considerados aceitáveis. Não houve feridos ou efeitos adversos de saúde derivados desse acidente (Cf. WNA, 2001).

peças e o meio ambiente, e o de *Chernobyl*⁶², na ex-União Soviética, em 1986, este tendo resultado na morte de pessoas e em vazamento de material radioativo para o meio ambiente. No entanto, Martins (2007, p. 222-223) afirma que ambos os casos foram decorrentes de falhas de operação, devidas a intervenções equivocadas, no primeiro e erros em procedimentos de teste do reator, no segundo. Se as ocorrências de falhas humanas em procedimentos de segurança em determinados segmentos como aviação comercial, refinarias de petróleo ou usinas de geração de energia elétrica que se utilizam de outras fontes de energia fossem suficientes para desestimular seu uso ou cessá-los, os aviões não estariam mais voando e tampouco as demais usinas operando, porque o número de acidentes fatais nessas demais instalações tem sido significativamente superior ao das nucleares, segundo a *World Nuclear Association*⁶³ (2007c) (TAB. 8). É incontestável que uma falha de procedimento, em se tratando de energia nuclear, tem seus resultados nocivos potencializados em relação aos demais, portanto requerem alto nível de treinamento e adiestramento por parte dos operadores envolvidos. Nesse sentido, também é incontestável que esses episódios contribuíram para o aprimoramento e domínio das técnicas de segurança utilizadas. Assim, sobre a situação da segurança nas plantas de energia nuclear espalhadas pelo mundo, a AIEA se manifestou, em sua Revisão sobre Segurança Nuclear para o Ano de 2005, da seguinte forma:

Nuclear power plant (NPP) operational safety performance, in general, has remained at a high level throughout the world. Radiation doses to workers and members of the public due to NPP operation are well below regulatory limits. Personal injury accidents and incidents are among the lowest in industry. There have been no accidents that have resulted in the unplanned release of radiation that could adversely impact the environment⁶⁴ (IAEA, 2006, p. 5).

Quanto aos reatores de submarinos nucleares, os dados divulgados pelo Departamento de Estado dos EUA (USA, 2006) também são animadores. De acordo com esses dados, atualmente os EUA dispõem de 83 navios de propulsão nuclear, compreendendo

⁶² O acidente de Chernobyl, em 1986, foi o resultado de um projeto de reator deficiente que era operado por pessoal inadequadamente treinado e sem uma apropriada doutrina de segurança. A explosão de vapor e fogo resultante lançou pelo menos cinco por cento de material radioativo do reator na atmosfera e a favor do vento. Vinte e oito pessoas morreram, ao longo de quatro meses, de radiação, dezenove subsequentemente morreram e houve também cerca de nove mortes de câncer na tireóide, aparentemente devido ao acidente, que totalizou 56 mortes até 2004 (Cf. WNA, 2007b).

⁶³ A *World Nuclear Association* (Associação Nuclear Mundial) é uma organização global de caráter privado, independente, não-lucrativa, acreditada junto à ONU, baseada em Londres, que busca promover o uso pacífico da energia nuclear em todo o mundo como um recurso energético sustentável para os séculos vindouros (Cf. WNA, 2007a).

⁶⁴ “O desempenho de segurança operacional de plantas de propulsão nuclear (NPP), em geral, tem permanecido em um alto nível em todo o mundo. As doses de radiação dos trabalhadores e de indivíduos do público em geral devido à operação de NPP estão bem abaixo dos limites regulatórios. Acidentes e incidentes com pessoal ferido estão entre os mais baixos na indústria. Não tem havido acidentes que tenham resultado em uma liberação não planejada de radiação que poderia impactar de maneira adversa com o meio ambiente” (Tradução nossa).

72 submarinos, dez porta-aviões e uma embarcação de pesquisa. Os reatores nucleares navais norte-americanos atingiram, até os dias atuais, um extraordinário registro de mais de 134 milhões de milhas em operação nuclear segura. Ele informa, também, que em mais de 50 anos de operação segura, não há ocorrências em seus navios de guerra de propulsão nuclear, de quaisquer acidentes com reatores ou quaisquer vazamentos de radioatividade que tenham causado ferimentos ou efeitos adversos à vida marinha.

Uma vantagem do uso da energia nuclear é o fato de ela não ser uma fonte emissora de gás carbônico como são as fontes tradicionais de energia, como o petróleo e o carvão. Aliás, esta é uma forma de energia que não emite nenhum gás causador do efeito estufa, como o dióxido de carbono, o metano, o óxido nitroso e outros, assim como não emite nenhum metal carcinogênico, teratogênico ou mutagênico como o arsênio, mercúrio, chumbo e cádmio, dentre outros, como o fazem as fontes alternativas que utilizam combustível fóssil, e tampouco libera gases ou partículas que contribuam para a redução da camada de ozônio ou que causem poluição urbana (INB, 2007b). Portanto, ela é considerada uma energia limpa.

No que se refere especificamente ao PNM, é importante destacar a preocupação do CTMSP para com o meio ambiente e eventuais impactos das atividades do CEA nesse contexto. Segundo o seu atual Diretor (BEZERRIL, 2007), a Divisão Radioecológica do CEA realiza análises mensais, trimestrais e semestrais de 56 pontos em um raio de dez quilômetros de Aramar, de água de superfície, sedimentos, água subterrânea, precipitado pluviométrico, solo, pasto e vegetação rasteira, leite, peixe, produtos agrícolas, radiação direta e partículas do ar, que totalizam cerca de 7.000 análises anuais, em média. Cabe também ressaltar que todas as atividades do PNM, segundo Montalvão (1999, p. 16), são submetidas à CNEN e ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para comissionamento e licenciamento.

3.7 Aspectos Psicossociais

O Brasil é um país em desenvolvimento, com diversas carências no campo social. Isso se reflete no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) alcançado pelo País no ano de 2006 em que, numa escala de 0 a 1, o Brasil atingiu o grau 0,792, o que corresponde à 69ª posição em um conjunto de 177 países (TAB. 9). Esse índice foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) com o propósito de medir os avanços de cada país na conquista do bem-estar social (ALMANAQUE, 2006, p. 145).

Essa posição reflete um quadro de carências sociais que necessita ser mudado. Nesse sentido, o PNM e a eventual obtenção de um submarino nuclear podem representar uma parcela importante de contribuição para essa mudança. Com o anúncio feito pelo Presidente da República da intenção de liberar os recursos necessários à continuidade do PNM, caso isso se concretize, irá representar um aporte de recursos da ordem de R\$ 1 bilhão, a ser liberado ao longo de oito anos em montantes iguais de cerca de R\$ 130 milhões por ano. Isso, sem dúvida, dará vitalidade ao programa e demandará recursos humanos para dar conta dessa continuidade.

Considerando que o PNM é apenas uma etapa inicial de um processo bem mais amplo de obtenção de um submarino nuclear, até que seja tomada a decisão de se construir esse tipo de submarino, que será uma decisão de governo, há um longo caminho a percorrer (CARVALHO, 2007, p. 31-32). Nesse sentido, após desenvolvidos e concluídos os dois projetos de sua alçada, ainda será necessário efetuar exaustivos testes de operação dessa planta nuclear para que esteja comprovada a capacidade do País de construir, instalar e operar uma planta nuclear segura a bordo de um submarino, de modo que a conquista desse patamar possa fornecer elementos para o Governo Federal se decidir por esse caminho (CARVALHO, 2007, p. 32). Todo esse processo será realizado com o emprego de mão-de-obra qualificada, o que demandará investimentos para a formação de pessoal.

A construção desse submarino deverá ser necessariamente antecedida por uma etapa de projeto, o que irá implicar em investimentos na formação de pessoal técnico e de uma massa crítica de engenheiros plenamente capacitados a projetar esse tipo de submarino (CARVALHO, 2007, p. 32). Para elaborá-lo, será necessário um longo aprendizado na área de projeto de submarinos.

Essa construção, que deverá ser realizada em um estaleiro dimensionado para o vulto desse empreendimento, representará um grande atrativo para a indústria de construção naval. Esse é um setor que emprega uma grande quantidade de mão-de-obra especializada e que gera diversos empregos diretos e indiretos. Como exemplo, a indústria naval encerrou o ano de 2005 gerando 28 mil empregos diretos (SINAVAL, 2006, p. 10), sem mencionar os indiretos que, nesse setor, é da ordem de cinco para um, segundo Machado⁶⁵ (2004), que destaca os reflexos positivos dessa indústria sobre diversos outros setores da atividade produtiva nacional, como o siderúrgico, o químico, o de equipamentos pesados, o de instalações elétricas e até o de móveis, dentre outros. Para exemplificar, ele cita que a construção de um único navio do tipo Suezmax⁶⁶ para a

⁶⁵ Sr. Sérgio Machado, Presidente da Transpetro em 2004 (Nota do Autor).

⁶⁶ Suezmax é um tipo de navio capaz de transportar cerca de um milhão de barris de petróleo, o equivalente a um volume de 130 mil a 150 mil toneladas, de modo a atender as restrições de passagem pelo Canal de Suez (Cf.

Transpetro⁶⁷, com capacidade de cerca de 160 mil toneladas de porte bruto, gera encomendas de 17 mil toneladas de chapas de aço, três mil toneladas de tubos, seis mil toneladas de perfis, 250 mil litros de tinta, 80 quilômetros de cabos elétricos, 500 toneladas de eletrodos e 12 mil metros quadrados de piso, dentre outros inúmeros itens, o que permite perfeitamente avaliar o efeito cascata virtuoso da indústria de construção naval nos setores produtivos do País e o impacto positivo que se pode depreender na qualificação de pessoal e na geração de emprego e renda.

Cabe destacar que se pode vislumbrar a participação ativa da indústria nacional no empreendimento, no tocante ao desenvolvimento e fabricação de sistemas, equipamentos e demais itens necessários à construção do submarino nuclear, uma vez que, por esse projeto envolver o emprego de tecnologias sensíveis, de caráter estratégico, é de se supor que haverá uma série de óbices oriundos do exterior contrários ao fornecimento desse tipo de material para o Brasil. Nesse sentido, o grande esforço em pesquisa e desenvolvimento aliado ao forte engajamento que se vislumbra por parte da indústria nacional irá fomentar um vigoroso investimento no capital humano, de sorte a dar cabo de um empreendimento dessa magnitude.

Assim, em última análise, a importância da obtenção do submarino nuclear, no tocante ao aspecto psicossocial, reside no grande investimento em qualificação de pessoal e no forte potencial de geração de emprego e renda decorrente da extraordinária envergadura desse empreendimento.

ONIP, 2007).

⁶⁷ A empresa Petrobras Transporte S. A. – Transpetro –, subsidiária integral da Petrobras, criada em 1998, de acordo com a legislação que reestruturou o setor do petróleo no Brasil, é a maior armadora da América Latina e principal empresa de Logística e Transporte do País. Ela realiza atividades de transporte e armazenagem de petróleo e derivados, álcool e gás natural, operando uma frota de 53 navios, 11 mil quilômetros de malha dutoviária e 43 terminais terrestres e aquaviários (Cf. TRANSPETRO, 2007).

4 CONCLUSÃO

O submarino é um navio de guerra que difere dos demais por ser projetado para operar em imersão. Essa característica confere a esse meio a capacidade de ocultação. Com ela, o submarino pode sempre explorar o princípio da surpresa e tomar a iniciativa das ações, o que lhe assegura uma condição de superioridade frente aos seus adversários. Assim, esse meio possui uma superioridade intrínseca que o torna um importante meio de combate.

A MB possui em seu inventário somente submarinos convencionais. Esse tipo de submarino, embora se constitua em um notável meio de combate, possui limitações importantes, como a velocidade e a dependência do ar atmosférico, decorrentes de seu sistema de propulsão diesel-elétrico, que reduzem sua possibilidade de emprego eficaz em vastas regiões oceânicas.

O submarino nuclear, por outro lado, dispõe de sistema de propulsão que independe do ar atmosférico e produz um excedente de energia que lhe permite desenvolver altas velocidades, operar em imersão por períodos prolongados de tempo e cruzar distâncias imensas com rapidez. Tais características o tornam adequado para países como o Brasil, de dimensões continentais, com vastas extensões oceânicas para cuidar.

Para alcançar esse intento, a MB vem desenvolvendo, desde 1979, um consistente Programa Nuclear, o PNM, onde já obteve praticamente o domínio do ciclo do combustível, à exceção da etapa de conversão, e busca, ainda, alcançar a tecnologia de reatores de propulsão nuclear. Esse consistente programa tem raízes históricas, uma vez que, pouco após o início da Era Nuclear, o País já se fazia representar em foros internacionais dessa área, por intermédio da MB.

Apesar do grande esforço que vem sendo desenvolvido pela MB no seu programa nuclear, faltam recursos suficientes para dar prosseguimento em um ritmo adequado. No momento, o programa está com um atraso de cerca de dez anos, e a MB só dispõe de recursos orçamentários limitados para dar curso a esse empreendimento.

No entanto, o ganho tecnológico alcançado pelo País ao longo da execução desse programa de característica fortemente dual demonstra que os benefícios transcendem a MB, sugerindo que o mesmo seja encarado como um programa de Estado. Tal dualidade pode ser exemplificada com a aplicação em área de geração elétrica civil ou com o desenvolvimento de materiais avançados, tais como o aço *maraging* e o *zircalloy*. Nesse sentido, o submarino nuclear pode ser um importante fator para sensibilizar a opinião pública de sua importância estratégica para o País.

Quanto aos aspectos políticos dessa questão, foi evidenciada a importância da contribuição do submarino nuclear na vertente preventiva da PDN, que valoriza a dissuasão e a diplomacia. As características intrínsecas a esse tipo de submarino, tais como altas velocidades, grande autonomia e completa independência do ar atmosférico, o tornam o meio ideal para empregos priorizados na PDN, quais sejam nas áreas marítimas de acesso à Amazônia e no Atlântico Sul.

Ainda em relação aos aspectos políticos, ficou, também, evidenciada a importância que o submarino nuclear tem para fomento tecnológico na indústria do País, sem mencionar a contribuição para a diversificação da matriz energética.

Quanto aos aspectos militares, foi evidenciada a superioridade intrínseca do submarino nuclear, decorrente do seu avançado sistema de propulsão, o que lhe permite explorar vastas regiões oceânicas e o torna um meio ajustado à estatura político-estratégica do País. Seu emprego nas tarefas básicas do Poder Naval mostra-se altamente eficaz, uma vez que todas elas são, em maior ou menor grau, cumpridas por esse meio. Cabe destacar sua reconhecida vocação para emprego na tarefa de negação do uso do mar, que pode ser executada com eficácia mesmo em áreas marítimas ocupadas pelo inimigo.

No plano econômico, a tecnologia nuclear gerada pelo desenvolvimento de propulsão para submarinos é condizente com a estatura brasileira de décima economia mundial. O Brasil detém a sexta maior reserva de urânio do mundo e domina a tecnologia de enriquecimento, decorrendo desses fatos a capacidade de inserção no mercado mundial de combustível nuclear, com adequada vantagem competitiva. Além disso, a propulsão nuclear pode ser empregada, também, em navios mercantes, responsáveis por 90 % do transporte associado ao comércio internacional, o que evidencia uma importância estratégica, em face do quadro vislumbrado de esgotamento de reservas petrolíferas.

No que se refere aos aspectos legais, ficou evidenciado que a propulsão nuclear para submarinos se enquadra como um uso pacífico e, dessa forma, não gera restrições para seu desenvolvimento pelo País, mesmo nos regimes de salvaguardas do âmbito do TNP.

Ficou evidenciado, também, que o desenvolvimento de um submarino de propulsão nuclear em nada se vincula a artefatos nucleares e, portanto, não esbarra em restrições de não-proliferação e nem de ordem ambiental. No que tange a este aspecto em particular, observou-se que a energia nuclear tem sido, nos últimos anos, encarada como energia limpa, devido ao fato de ela não ser uma fonte emissora de gás carbônico, não emitir nenhum gás causador do efeito estufa, não emitir nenhum metal carcinogênico, teratogênico ou mutagênico e tampouco liberar gases ou partículas que contribuam para a redução da camada de ozônio ou que

causem poluição urbana. No caso específico do programa nuclear da MB, todas as normas da CNEN e do IBAMA para gerenciamento de resíduos nucleares são observadas à risca, o mesmo valendo para as normas de comissionamento de unidades reatoras nucleares.

Nos aspectos psicossociais, foi evidenciado que o submarino nuclear pode contribuir para melhorar carências sociais importantes, particularmente mediante a geração de empregos de boa remuneração que o programa demandará, tanto na área de projeto quanto especificamente na de construção naval desse meio.

Uma vez evidenciada a importância do submarino nuclear para o Brasil, sugere-se que o PNM seja objeto de esforços para o seu prosseguimento. Considerando que a MB não dispõe de recursos orçamentários suficientes para viabilizar essa continuidade em moldura temporal adequada, faz-se mister que ele deixe de ser exclusivo da MB e assuma a sua legítima condição de Programa de Estado. Para tal, recomenda-se que se busque sensibilizar a opinião pública da importância desse programa mediante a exploração tanto da confiança que a sociedade tem na MB como instituição capaz de desenvolver o programa em bases seguras, quanto no desenvolvimento de programas e produtos nucleares, que possam contribuir para o desenvolvimento nacional e a promoção do bem comum.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRO-ARGENTINA DE CONTABILIDADE E CONTROLE DE MATERIAIS NUCLEARES – ABACC. **Acordo entre a República Federativa do Brasil e a República Argentina para o Uso Exclusivamente Pacífico da Energia Nuclear.** 1991a. Disponível em: <http://www.abacc.org/port/acordos_declaracoes/doc/acordo_bilateral.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2007.

_____. **Acordo entre a República Federativa do Brasil, a República Argentina, a Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) para a Aplicação de Salvaguardas.** 1991b. Disponível em: <http://www.abacc.org/port/acordos_declaracoes/doc/quadripartite_portugues.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2007.

ALMANAQUE Abril 2007. 33 ed. São Paulo: Abril, dez. 2006. 730 p.

ARTHOU, Alan Paes Leme. Cenário Energético Brasileiro. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 126, n. 10/12, p. 93-107, out./dez. 2006.

ATOMIC ENERGY. In: ENCYCLOPAEDIA Britannica. Chicago: University of Chicago, 1970. v. 2, p. 716-721

BAKER III, A. D. Counting Sails: The Submarine Census. **Proceedings**. Annapolis, June 2007. p. 44-47.

BEZERRIL, Carlos Passos. **Apresentação CPEM 2007.** Palestra proferida pelo Diretor do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) no Centro Experimental Aramar em 27 de junho de 2007. 1 CD-ROM.

BOBBIO, Norberto. **Teoria Geral da Política: A Filosofia Política e as Lições dos Clássicos.** Organização e introdução [de] Michelangelo Bovero. Tradução de Daniela Beccaccia Versiani. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000. 717 p. Título original: **Teoria Generale Della Política.**

BONAVIDES, Paulo. **Ciência Política.** 10 ed. rev. e atu. São Paulo: Malheiros, 1994. 498 p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988.** Brasília: Senado Federal, 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const>>. Acesso em: 30 mar. 2007.

_____. Diretoria de Telecomunicações da Marinha. **Boletim de Ordens e Notícias (BONO).** Geral, n. 429, 12 jul. 2007. Brasília, 2007a. Disponível em: <http://www.dtm.mb/frame_bono.html>. Acesso em: 14 jul. 2007.

_____. Diretoria de Telecomunicações da Marinha. Ordem do Dia n. 2, de 1º de março de 2007. Assunção do Cargo de Comandante da Marinha. **Boletim de Ordens e Notícias (BONO).** BONO Especial, Geral, n. 109, 01 mar. 2007. Brasília, 2007b. Disponível em: <<http://www.dtm.mb/bono2/2007/geral/03/bono109e.htm>>. Acesso em: 14 maio 2007.

_____. Escola Superior de Guerra. **Fundamentos da Doutrina**. Rio de Janeiro: ESG, 1981a. 344 p.

_____. Estado-Maior da Armada. **EMA-320B - Glossário de Vocábulo e Expressões Básicas de Uso na Marinha**. Brasília: Estado-Maior da Armada, 1981b. 132 p.

_____. Ministério da Defesa. **Política de Defesa Nacional**. Brasília: Ministério da Defesa, 2005. 21 p.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco)**. 1994. Disponível em: <<http://www2.mre.gov.br/dai/tlatelolco.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2007.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Balança Comercial Brasileira: Dados Consolidados Janeiro-Dezembro 2006**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2007c. 36 p.

BUFF, Joe. Subs in the Littoral: Diesels Just Blowing Smoke? **Proceedings**. Annapolis, June 2007. p. 40-43.

CÂMARA DE COMÉRCIO FRANÇA-BRASIL – CCFB. **Vocação Econômica do Estado do Rio de Janeiro**. 2004. Disponível em: <http://www.ccfb.com.br/_pdfs/formacao.ppt>. Acesso em: 03 ago. 2007.

CAMINHA, João Carlos Gonçalves. **Delineamentos da Estratégia**. Florianópolis: Imprensa Oficial, 1980. 598 p.

CARDOSO, Eliezer de Moura. **Energia Nuclear**. Apostila educativa. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2006. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2007.

CARVALHO, Roberto de Guimarães. Submarinos: A Visão da Marinha. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 127, n. 1/3, p. 31-34, jan./mar. 2007.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY – CIA. **The World Factbook: Brazil**. 19 July 2007. Disponível em: <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/br.html>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

CENTRO TECNOLÓGICO DA MARINHA EM SÃO PAULO – CTMSP (Brasil). **Capacitação Tecnológica**. 2006a. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ctmsp/tecnolo.htm>> Acesso em: 02 jul. 2007.

_____. **Conheça CTMSP**. 2006b. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/ctmsp/historico.htm>> Acesso em: 02 jul. 2007.

CHURCHILL, Winston S. **Memórias da Segunda Guerra Mundial**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995. 1.193 p. Título original: **Memoirs of the Second World War**.

CLAUSEWITZ, Carl Von. **Da Guerra**. Tradução de Teresa Barros Pinto Barroso. Lisboa: Perspectivas & Realidades, 1976. 787 p. Título original: **Vom Kriege**.

CLAVELL, James. (Adapt.). **A Arte da Guerra**: Sun Tzu. Tradução de José Sanz. Rio de Janeiro: Record, 1983. 111 p. Adaptação em inglês do original chinês: Sun Tzu.

COSTA, Darc. O Brasil diante dos Desafios Internacionais de Segurança e Defesa. In: PINTO, J. R. de Almeida (Org.); ROCHA, A. J. Ramalho da (Org.); SILVA, R. Doring Pinho da (Org.). **Pensamento brasileiro sobre defesa e segurança**: O Brasil no cenário internacional de defesa e segurança. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. v. 2.

COUTAU-BÉGARIE, Hervé. **Tratado de Estratégia**. Tradução de Brigitte Bentolila de Assis Manso. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2006. 410 p. Título original: **Traité de Stratégie**. v. 1.

CREMER, Peter; BRUSTAT-NAVAL, Fritz. **U-Boat Commander**: A Periscope View of The Battle of the Atlantic. Tradução de Lawrence Wilson. Annapolis: Naval Institute, 1995. 244 p. Título original: **U333**.

DERROTA. In: FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2 ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. p. 540.

FRANÇA, Junia Lessa; VASCONCELOS, Ana Cristina de. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 242 p.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS-CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO DE HISTÓRIA CONTEMPORÂNEA DO BRASIL – FGV-CPDOC. **Acordo Nuclear Brasil-Alemanha**. 2005. Disponível em: <http://www.cpdoc.fgv.br/nav_fatos_imagens/htm/fatos/AcordoNuclear.asp>. Acesso em: 03 ago. 2007.

GABLER, Ulrich. **Submarine Design**. 3rd ed. Koblenz: Bernard & Graefe, 1986. 140 p.

GERK, Antônio Cordeiro. A Propulsão Naval Nuclear. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, n. 7/9, p. 31-69, jul./set. 1977.

GIURLANI, Sílvia. O presente da Marinha. **Brasil Nuclear**. Rio de Janeiro, n. 7, p. 4-7, dez. 1995.

GONÇALVES, Leônidas Pires. O Brasil no Cenário Regional de Defesa e Segurança. In: PINTO, J. R. de Almeida (Org.); ROCHA, A. J. Ramalho da (Org.); SILVA, R. Doring Pinho da (Org.). **Pensamento brasileiro sobre defesa e segurança**: O Brasil no cenário internacional de defesa e segurança. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. v. 2.

GREENPEACE INTERNATIONAL. **About Greenpeace**: The history of Greenpeace. 2007. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/about/history>>. Acesso em: 01 ago. 2007.

GUERRA, Yapery Tupiassú de Britto. **A Evolução Técnica do Submarino**. São Paulo: Força Pública do Estado de São Paulo, 1964. 170 p.

GUIMARÃES, Leonam dos Santos. Conclusão da Fabricação e Montagem dos Internos e do Vaso de Pressão do Reator do LABGENE. **Economia & Energia**, Rio de Janeiro, n. 53, dez./jan. 2006. Disponível em: <http://ecen.com/eee53/eee53p/ecen_53p.htm>. Acesso em: 02 jul. 2007.

_____. Prospectivas e Estratégias para o Desenvolvimento da Energia Nuclear no Brasil: Contribuição a um Necessário Debate Nacional – Parte I. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 119, n. 10/12, p. 209-232, out./dez. 1999.

_____. Prospectivas e Estratégias para o Desenvolvimento da Energia Nuclear no Brasil – Parte II. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 120, n. 1/3, p. 173-195, jan./mar. 2000.

HILL, J. R. **Anti-Submarine Warfare**. 2nd ed. Annapolis: Naval Institute, 1993. 128 p.

HORTON, Edward. **The Illustrated History of the Submarine**. New York: Doubleday, 1974. 160 p.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL – INB. **Ciclo do Combustível Nuclear**. 2007a. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/ciclo/ciclo.asp>>. Acesso em: 01 jul. 2007.

_____. **Energia Nuclear: A Energia Nuclear**. 2007b. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/aenuclear.asp>>. Acesso em: 02 jul. 2007.

_____. **Energia Nuclear: Reservas Mundiais de Urânio**. 2007c. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/reservasMundiais.asp>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES – IPEN. **Quem Somos: Organização**. 2006. Disponível em: <<http://www.ipen.br/sitio/?idm=3>>. Acesso em: 30 jun. 2007.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY – IAEA. **About IAEA: Board of Governors**. 2007. Disponível em: <<http://www.iaea.org/About/Policy/Board/>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

_____. **Nuclear Safety Review for the Year 2005**. 2006. Disponível em: <http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-2_en.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2007.

JANE'S Fighting Ships 1955-56. London: Jane's Fighting Ships Publishing, 1955. 478 p.

JANE'S Fighting Ships 1978-79. London: Jane's Yearbooks, 1978. 813 p.

LIBERATTI, Wellington. Aula Inaugural do CASO 2002. **O Periscópio**, Niterói, n. 56, p. 3-14, 2002.

LOPES, Elizabeth. Lula não descarta construção de novas usinas nucleares. **ESTADAO.COM.BR**, São Paulo, 10 jul. 2007a. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ultimas/nacional/noticias/2007/jul/10/192.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2007.

LOPES, Júlio C. O. Os Aços Maraging. **Ciência e Tecnologia dos Materiais**, São Paulo, v. 19, n. 1/2, 2007b. Disponível em: <<http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/ctm/v19n1-2/19n1-2a08.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2007.

LOVELOCK, James. **A Vingança de Gaia**. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006. 159 p. Título original: **The Revenge of Gaia: Why the Earth is fighting back, and how we can still save humanity**.

LUTTWAK, Edward N. **The Political Uses of Sea Power**. Baltimore: Johns Hopkins University, 1974. 79 p.

MACHADO, Sérgio. Ações da Transpetro revitalizam a indústria naval. **Jornal da Transpetro**, Rio de Janeiro, n. 21, mar. 2004. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/centralInformacoes/jornal/popJornalN21m2.shtml>>. Acesso em: 02 ago. 2007.

MARINHO, Antônio. A vez do submarino: Marinha planeja impulsionar projeto nuclear, hoje quase parado em Aramar. **O Globo**, Rio de Janeiro, 24 jun. 2007. Seção Ciência, p. 44.

MARTINS, Carley. Controle e segurança dos reatores nucleares. **Estudos Avançados: Dossiê Energia**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 221-224, jan./abr. 2007.

MENEZES, Luiz Carlos de. **De Angra a Aramar: Os Militares a Caminho da Bomba**. Guarulhos: Parma, 1988. 138 p.

MONTALVÃO, Wilson Jorge. O Programa Nuclear da Marinha do Brasil. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 119, n. 10/12, p. 11-19, out./dez. 1999.

_____. Submarinos Nucleares: Sonho ou Solução. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 123, n. 4/6, p. 115-120, abr./jun. 2003.

NASCIMENTO, Paulo Roberto Laraburu. **Os Cenários Prospectivos do Exército Brasileiro de 2022 e as Reações Internacionais ao Protagonismo Brasileiro**. jun. 2007. Disponível em: <http://www.eceme.ensino.eb.br/portallee/arquivos/art_cel_p_roberto_reacoes_ao_protagonismo.pdf>. Acesso em 03 ago. 2007.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. **Countries**. 2007. Disponível em: <<http://www3.nationalgeographic.com/places/countries/>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

NYE Jr., JOSEPH S. **Understanding International Conflicts: An Introduction to Theory and History**. 4th ed. New York: Longman, 2002. 288 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS-BRASIL – ONU-BRASIL. **Tratado Sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares**. 2004. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/doc_armas_nucleares.php>. Acesso em: 30 mar. 2007.

ORGANIZAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO – ONIP. **Mini Glossário**. 2007. Disponível em: <http://www.onip.org.br/main.php?idmain=informacoes&mainpage=mini_glossario.htm>. Acesso em: 03 ago. 2007.

PESCE, Eduardo Ítalo. A Marinha do Brasil e a Ordem Marítima Mundial do Século XXI. **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 126, n. 7/9, p. 89-108, jul./set. 2006.

_____. Submarinos de Ataque: Nucleares ou Diesel-Elétricos? **Revista Marítima Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 119, n. 7/9, p. 127-130, jul./set. 1999.

PINTO, Paulo Lafayette. **O Emprego do Poder Naval em Tempo de Paz**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 1995. 178 p.

PRESTON, Antony. **Submarinos**. Tradução de Francisco de Castro Azevedo. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1983. 64 p. Título original: **Submarines**.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO-BRASIL – PNUD-BRASIL. **Relatório do Desenvolvimento Humano 2006**: 2006. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

RECONTRO. In: FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 2 ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. p. 1464.

REVISTA MARÍTIMA BRASILEIRA – RMB. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação Geral da Marinha, v. 109, n. 7/9, jul./set. 1989.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados: Dossiê Energia**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 39-58, jan./abr. 2007.

RUSH, C. W.; CHAMBLISS, W. C.; GIMPEL, H. J. **The Complete Book of Submarines**. 1st ed. Cleveland: The World Publishing, 1958. 159 p.

SANT'ANNA, Lourival. Programa nuclear no Brasil começou com um oficial em meio expediente. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 05 dez. 2004. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detailhe.jsp?id=23749>>. Acesso em: 02 jul. 2007.

SANTOS, Marcus Vinicius Oliveira dos. O Brasil, mais próximo da autonomia no uso pacífico da energia nuclear. **Engenharia**, São Paulo, ed. 540, 2000. Disponível em: <www.brasilengenharia.com.br/entrevista540.htm>. Acesso em: 02 jul. 2007.

SEMINÁRIO TECNOLOGIA NUCLEAR – SOBERANIA E DESENVOLVIMENTO, 1573., 2003, Brasília. **Abertura**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2003. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/comissoes/credn/notastaq/NT30.9.03.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2007.

SILVA, Othon Luiz Pinheiro da. Os Interesses e a Participação da Marinha no Desenvolvimento Nuclear Brasileiro. In: CENTENÁRIO DE NASCIMENTO DO ALMIRANTE ÁLVARO ALBERTO, 1., 1989, Rio de Janeiro. **Revista Marítima Brasileira...** Rio de Janeiro: Serviço de Documentação Geral da Marinha, v. 109, n. 7/9, jul./set. 1989. p. 13-26.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE – SINAVAL. **Cenário 2006**: Indústria de Construção Naval. set.

2006. Disponível em: <<http://www.sinaval.org.br/cen2006%20sinaval.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

SOUZA, José Eduardo Borges de. **A Política Nacional para os Recursos do Mar**. Palestra proferida pelo Secretário da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar na Escola de Guerra Naval em 15 de junho de 2007. 1 CD-ROM.

SUBMARINE. In: NOEL JR., John V.; BEACH, Edward L. **Naval Terms Dictionary**. 5th ed. Annapolis: Naval Institute, 1988. p. 277.

TRANSPETRO. **A Empresa**: Transpetro. 2007. Disponível em: <<http://www.transpetro.com.br/portugues/empresa/transpetro/transpetro.shtml>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

URANIUM. In: ENCYCLOPAEDIA Britannica. Chicago: University of Chicago, 1970. v. 22, p. 778-783.

USA. Department of State (Estados Unidos da América). **Fact Sheet on U.S. Nuclear Powered Warship Safety**. 2006. Disponível em: <<http://tokyo.usembassy.gov/e/p/tp-20060417-72.html>>. Acesso em 03 ago. 2007.

VIDIGAL, Armando A. F. **A Evolução do Pensamento Estratégico Naval Brasileiro: Meados da Década de 70 até os Dias Atuais**. Rio de Janeiro: Clube Naval, 2002. 136 p.

_____. O Brasil diante dos Desafios Internacionais em Segurança e Defesa. In: PINTO, J. R. de Almeida (Org.); ROCHA, A. J. Ramalho da (Org.); SILVA, R. Doring Pinho da (Org.). **Pensamento brasileiro sobre defesa e segurança: O Brasil no cenário internacional de defesa e segurança**. Brasília: Ministério da Defesa, 2004. v. 2.

WORLD BANK. **World Development Indicators database: Total GDP 2006**. July 2007. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/GDP.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION – WNA. **About WNA: Objectives**. 2007a. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/about/objectives.html>>. Acesso em: 03 ago. 2007.

_____. **Information Papers: Chernobyl Accident**. May 2007b. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.html>>. Acesso em: 01 ago. 2007.

_____. **Information Papers: Safety of Nuclear Power Reactors - Appendix**. Sept. 2007c. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf06app.html>>. Acesso em: 01 ago. 2007.

_____. **Information Papers: Three Mile Island: 1979**. Mar. 2001. Disponível em: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf06app.html>>. Acesso em: 01 ago. 2007.

ZENTGRAF, Maria Christina. **Introdução ao estudo da metodologia científica**. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, 2006. Módulo de ensino.

ZIMMERMANN, Márcio Pereira. **A Política Energética Brasileira**. Palestra proferida pelo Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia na Escola de Guerra Naval em 20 de junho de 2007. 1 CD-ROM.

APÊNDICE A: ILUSTRAÇÕES

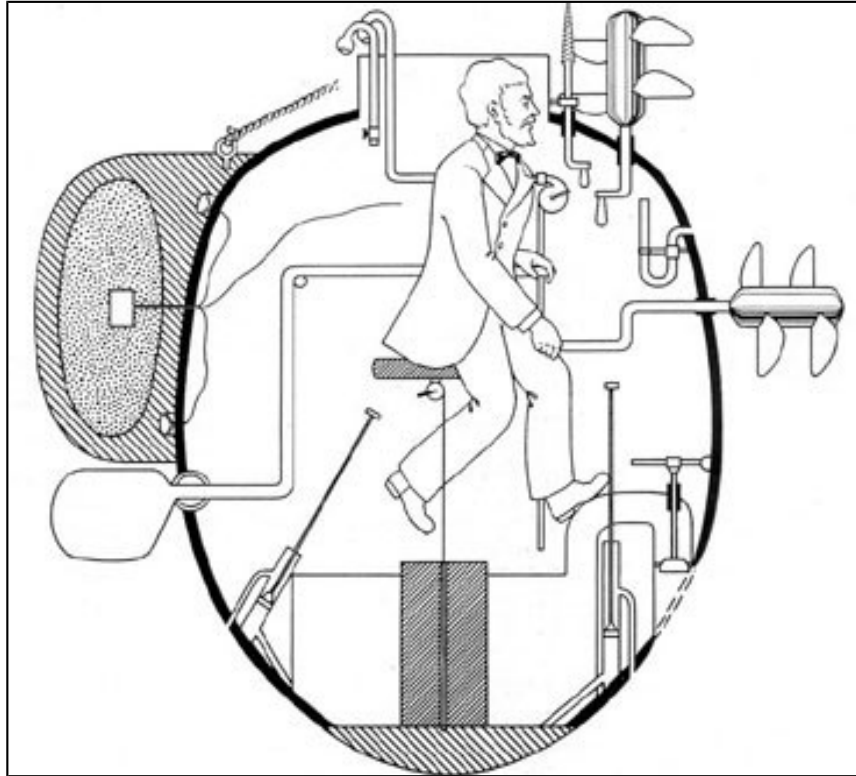


FIGURA 1 – O submersível *Turtle*, construído por David Bushnell.
Fonte: <http://www.maritime.org/fleetsub/img/fig1-01.jpg>.



FIGURA 2 – A fragata britânica H.M.S. *Eagle*.
Fonte: <http://www.tomgidwitz.com/main/8aa58540.jpg>.

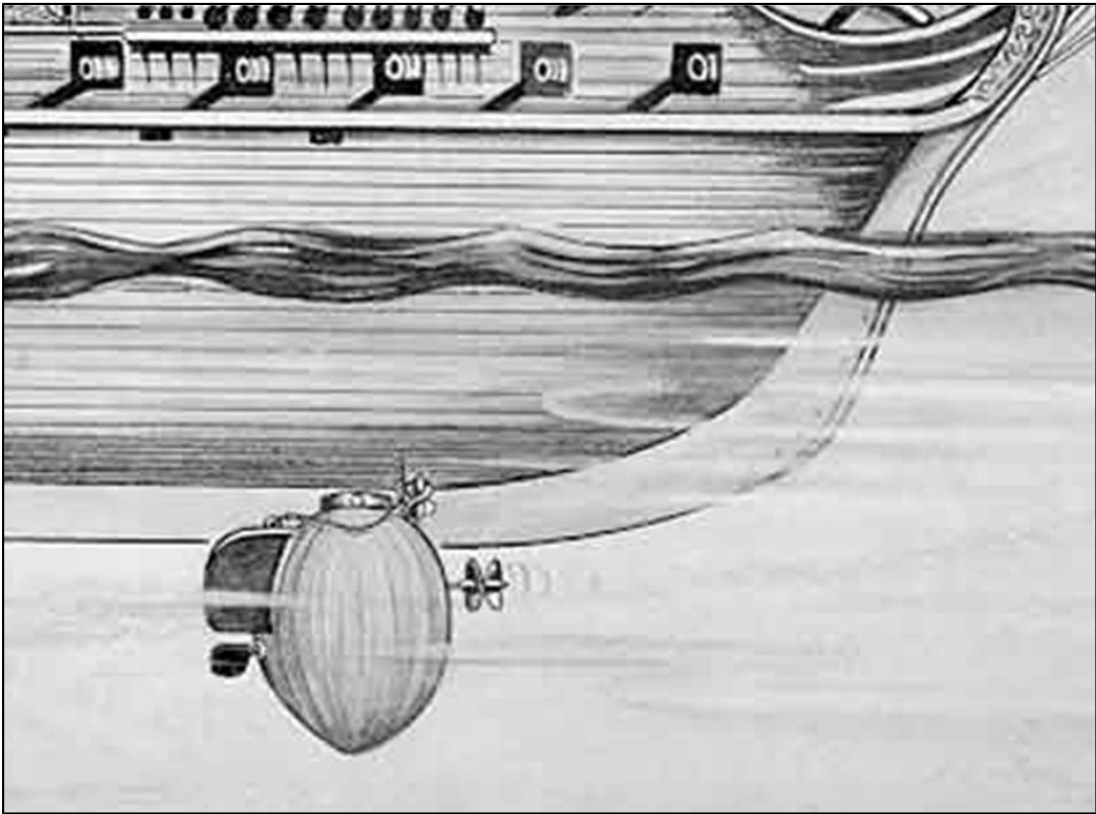


FIGURA 3 – O *Turtle*, em posição de ataque, sob a fragata H.M.S. *Eagle*.

Fonte: <http://www.nautilus571.com/Images/turtle-ship.jpg>.

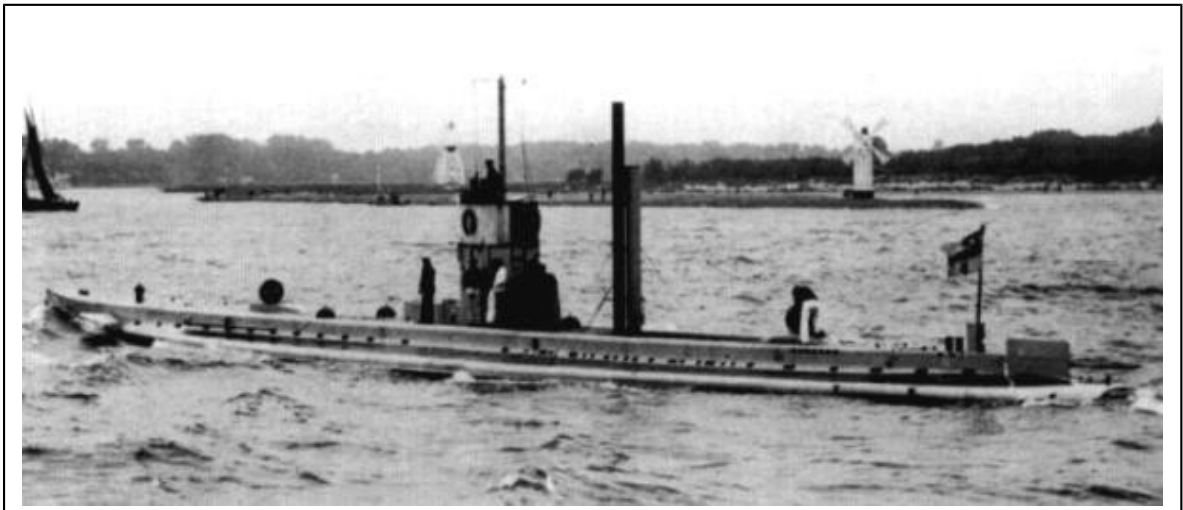


FIGURA 4 –O submarino alemão U-9.

Fonte: <http://www.clubedogenerais.org/userimages/u9dm.jpg>.



FIGURA 5 – O afundamento do cruzador britânico H.M.S. *Aboukir*, pelo submarino alemão U-9, no Mar do Norte.

Fonte: <http://www.clarke-rowland.freemove.co.uk/images/sunk.gif>.

Nota: Constam na figura, ainda incólumes, os cruzadores H.M.S. *Hogue* e H.M.S. *Cressy*, que seriam afundados em seguida por esse submarino.

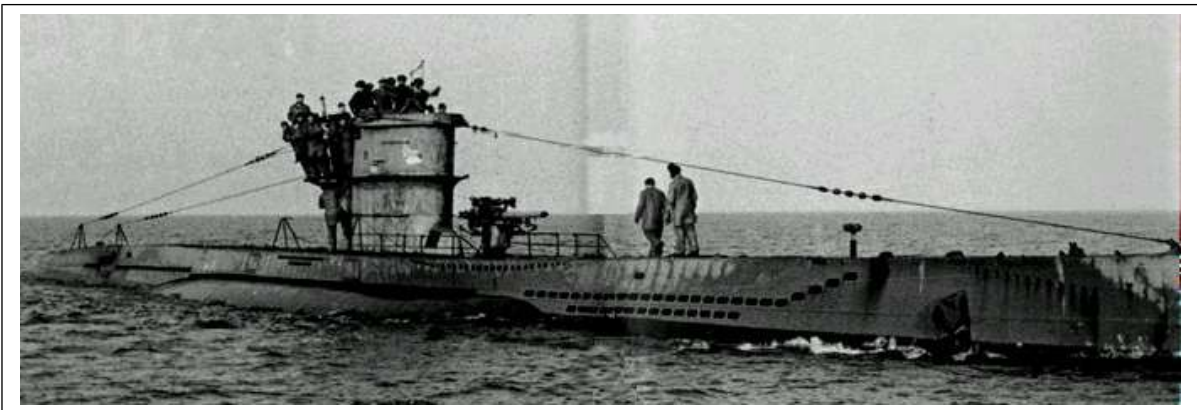


FIGURA 6 – O submarino alemão U-47.

Fonte: http://www.chez.com/u47/u47_2.jpg.



FIGURA 7 – O encouraçado britânico H.M.S. *Royal Oak*.

Fonte: http://uboat.net/allies/warships/photos/br/hms_royal_oak.jpg.

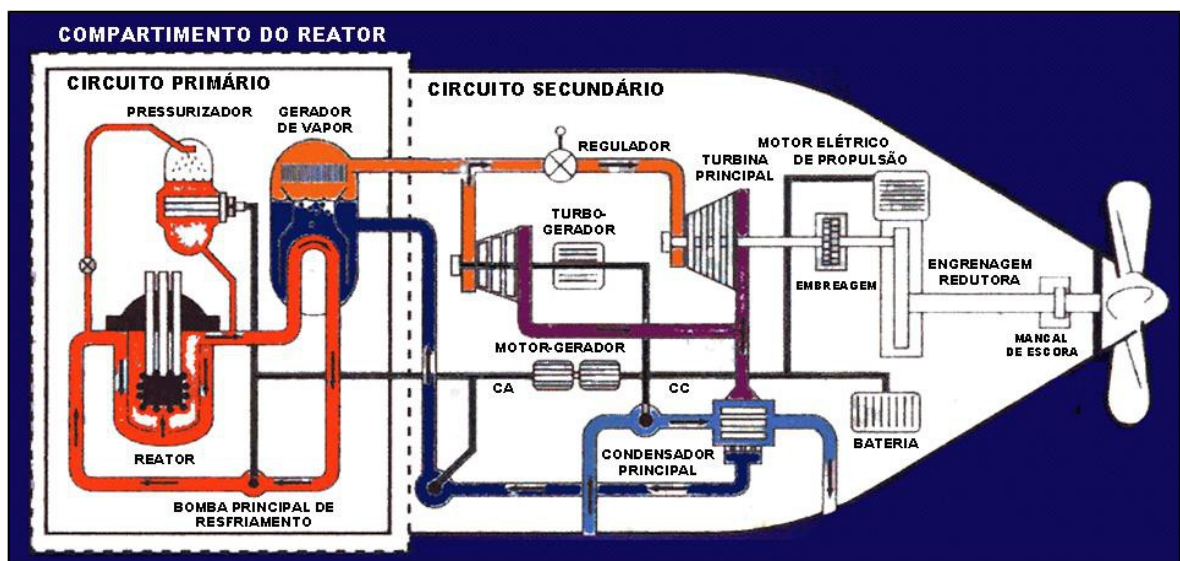


FIGURA 8 – Planta de propulsão de um submarino nuclear.

Fonte: <http://www.world-nuclear.org/images/info/sub.gif>.

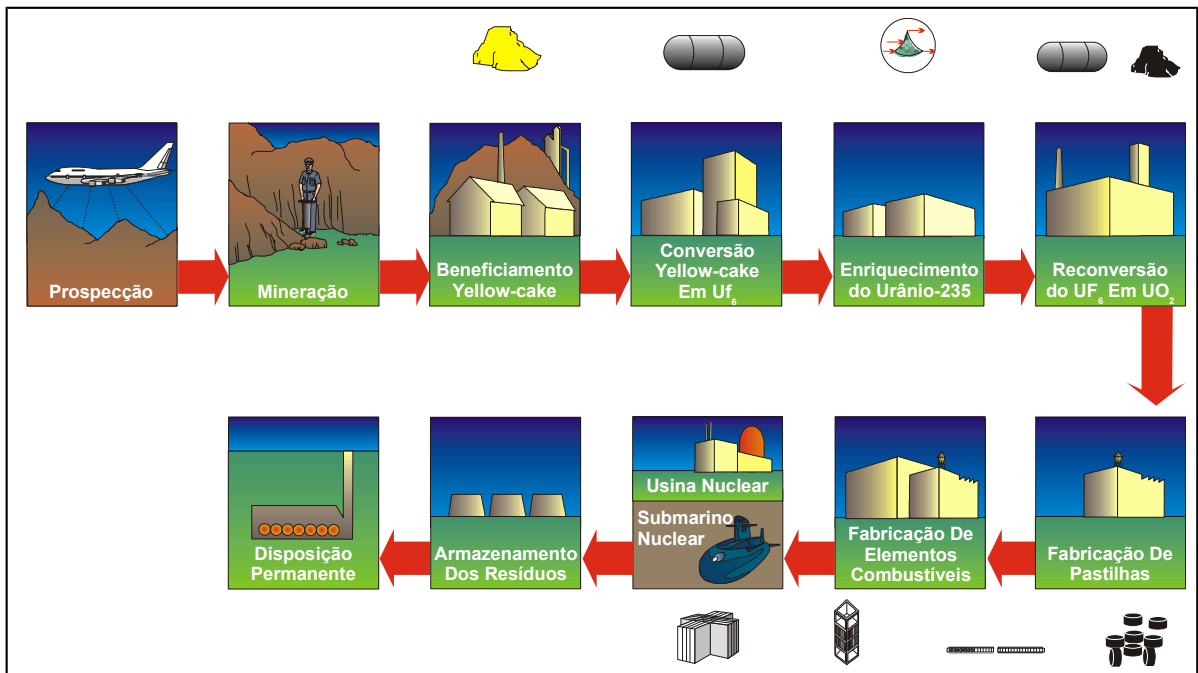


FIGURA 9 – O ciclo do combustível nuclear.

Fonte: BEZERRIL, 2007.



FIGURA 10 – O submarino nuclear britânico H.M.S. *Conqueror*.

Fonte: <http://www.navyphotos.co.uk/cnqr1b.jpg>.



FIGURA 11 – O cruzador argentino A.R.A. *General Belgrano* afundando, após ter sido atacado pelo submarino nuclear H.M.S. *Conqueror*.

Fonte: <http://www.psywar.org/psywar/images/belgrano.jpg>.

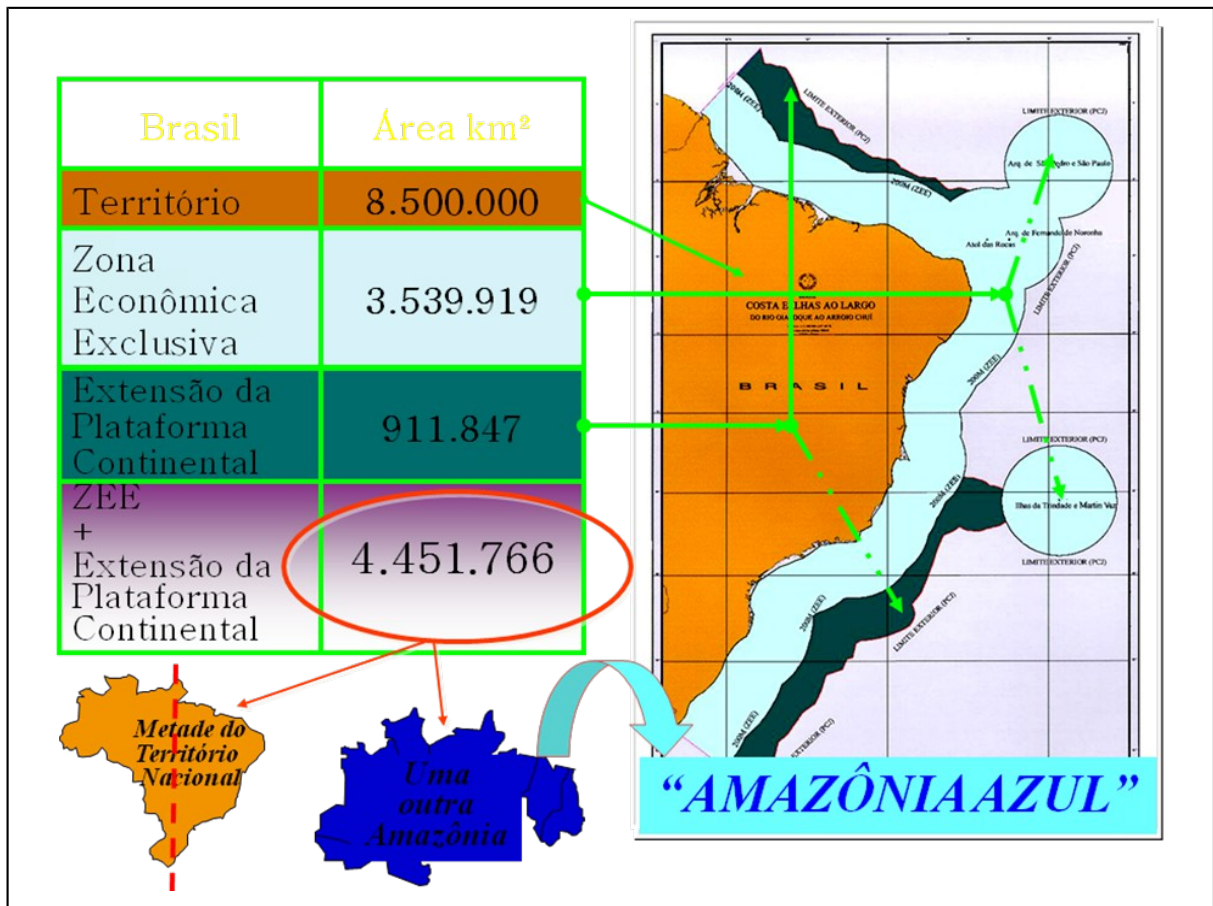


FIGURA 12 – A Amazônia Azul.

Fonte: SOUZA, 2007.

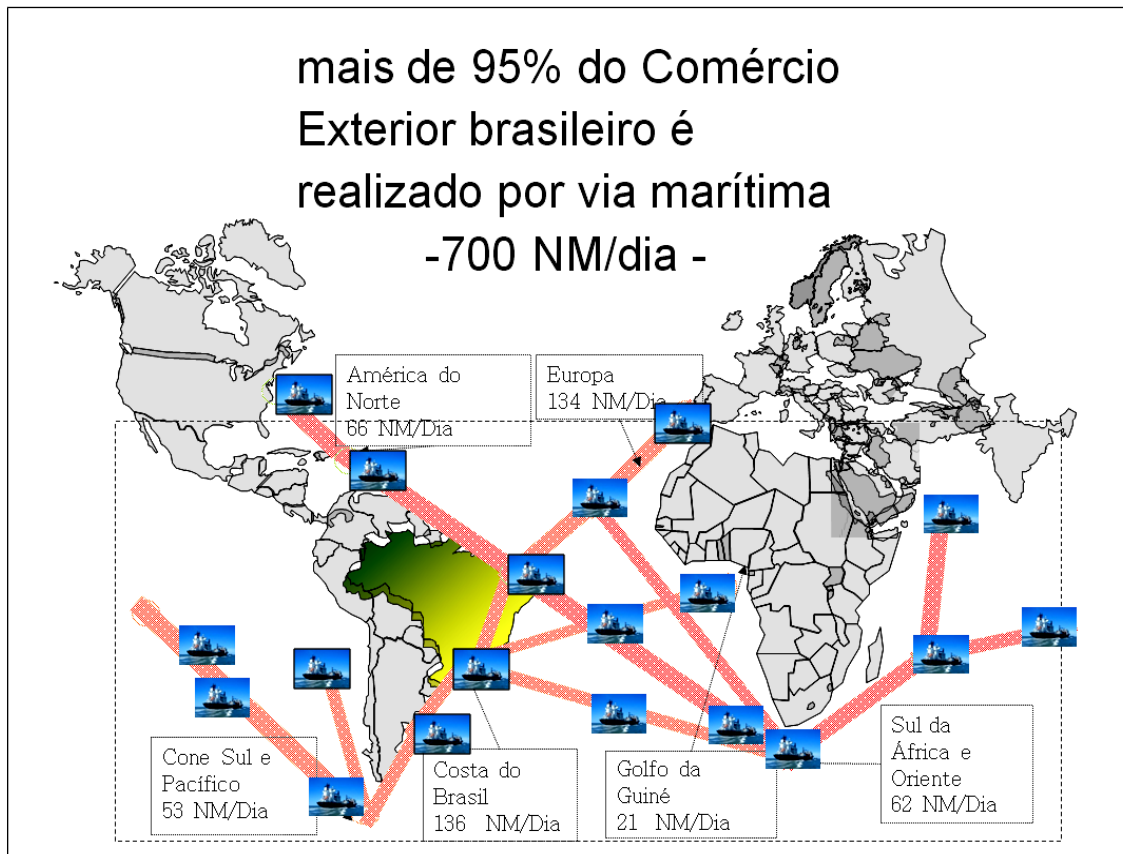


FIGURA 13 – O tráfego marítimo relacionado ao comércio exterior brasileiro, em 2006.
Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; e Comando do Controle Naval do Tráfego Marítimo (Cf. SOUZA, 2007).

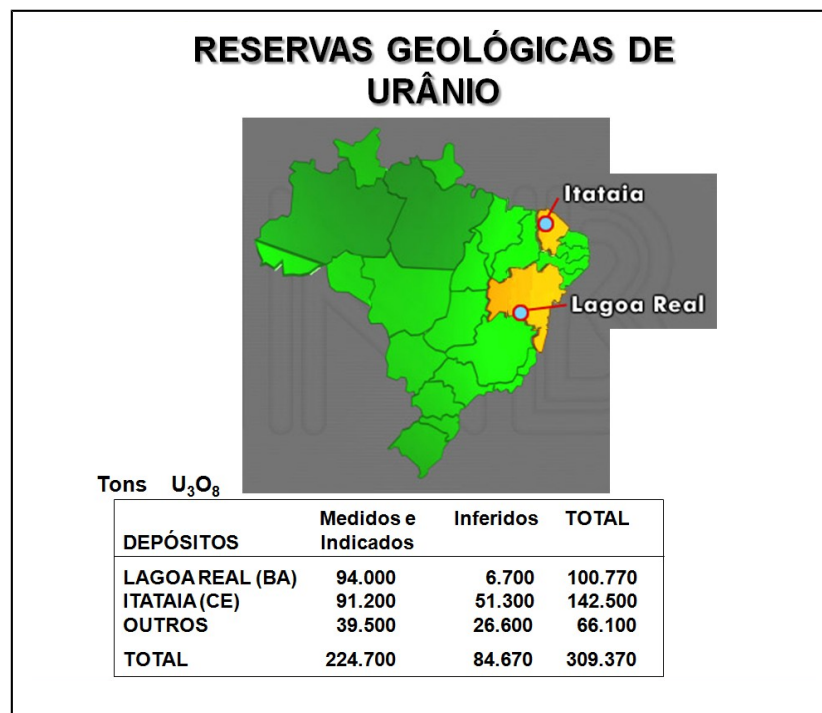


FIGURA 14 – As reservas geológicas de urânio do Brasil.

Fonte: BEZERRIL, 2007.

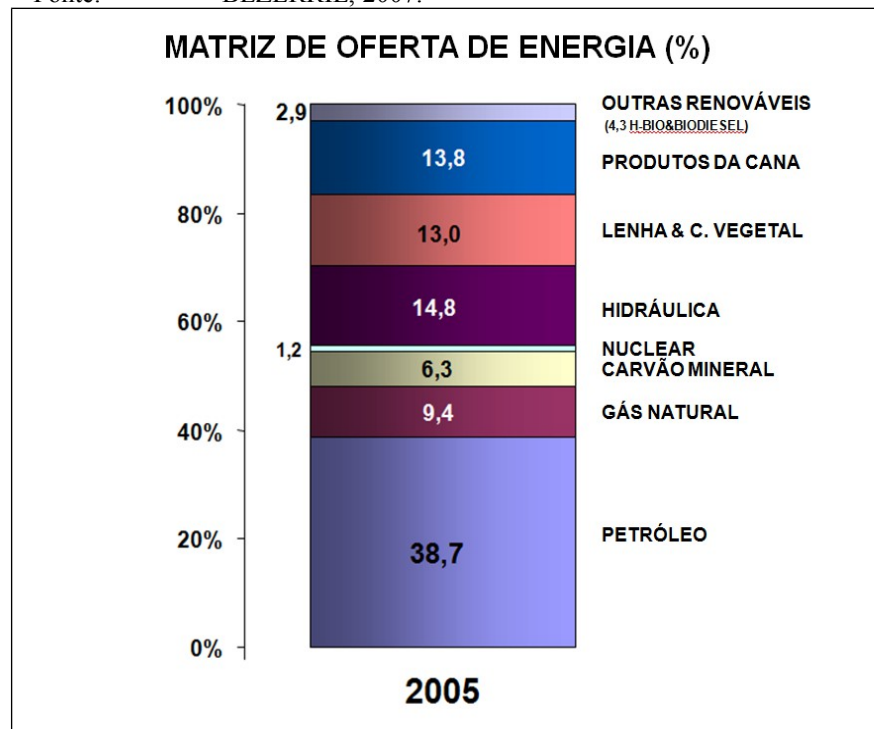


GRÁFICO 1 –A matriz de oferta de energia brasileira, em 2005.

Fonte: ZIMMERMANN, 2007.

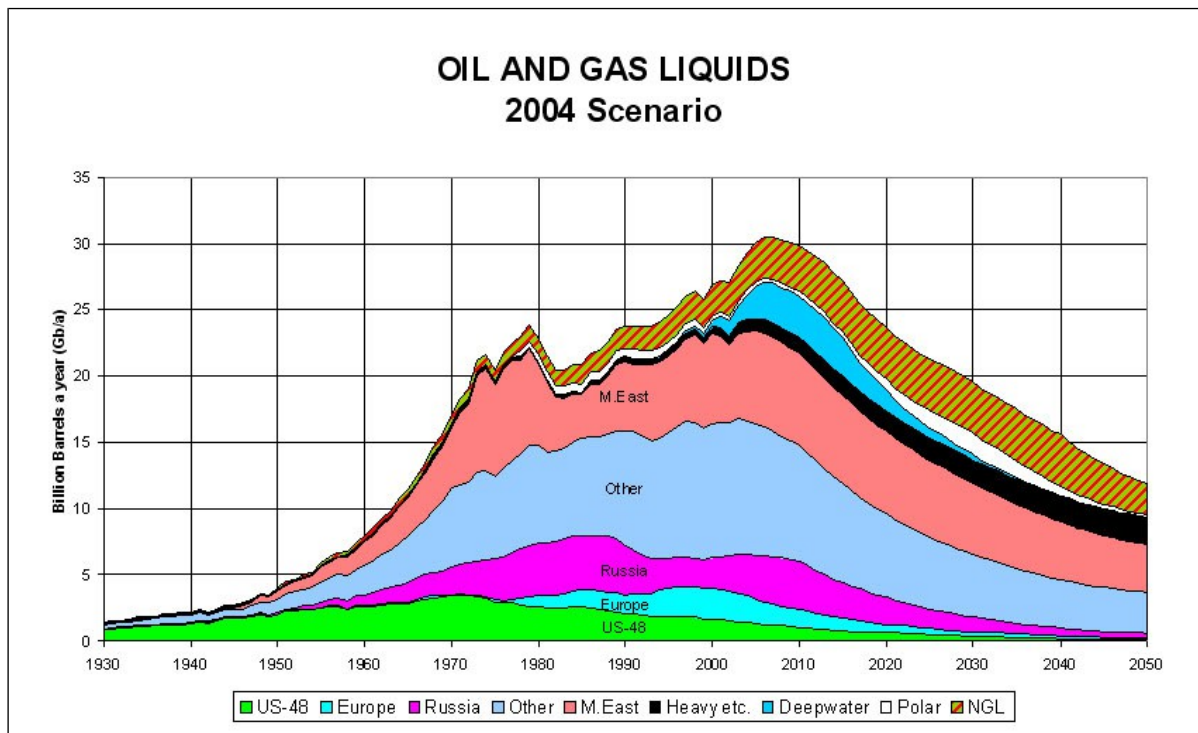


GRÁFICO 2 –O cenário da evolução da produção mundial de petróleo, avaliado em 2004.

Fonte: 2004 Scenario, de Colin J. Campbell (Cf. ARTHOU, 2006, p. 96; <http://www.peakoil.net/Aleklett/2004Scenario.jpg>).

Nota

O cenário indica a ocorrência do pico de produção de petróleo, no âmbito mundial, em 2009 ou 2010. A partir desse evento, a tendência será a oferta ser menor do que a demanda, com o decorrente aumento do preço do petróleo.

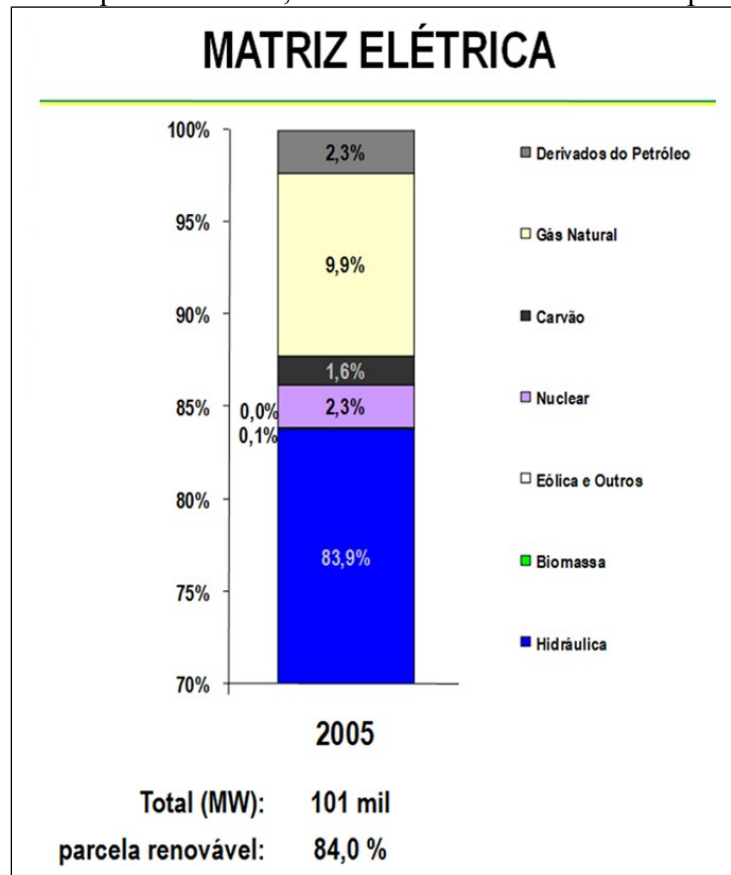


GRÁFICO 3 – A matriz de energia elétrica brasileira, em 2005.

Fonte: ZIMMERMANN, 2007.

APÊNDICE B: TABELAS

TABELA 1

Artigos relacionados a submarinos nucleares, publicados na *Revista Marítima Brasileira*, no período de 1975 a 1978

Ano	Trimestre	Número	Artigo	Autor	Páginas
1975	jan./mar.	1/3	- <i>Linhas Básicas para o Desenvolvimento Futuro do Submarino</i>	- Guenter Henrique Ungerer	31-41
1975	abr./jun.	4/6	- <i>Os Soviéticos nos Mares</i>	- Odilon da Silva Filho	43-50
1975	jul./set.	7/9	- <i>A Proliferação Nuclear e o Brasil</i>	- Paulo Lafayette Pinto	99-111
1975	out./dez.	10/12	- <i>Concepções Estratégicas Atuais</i>	- Jair Hehl Olivé	121-169
1976	jan./mar.	1/3	- <i>Emprego Estratégico dos Submarinos em Geral</i>	- Guenter Henrique Ungerer	11-24
1976	jul./set.	7/9	- <i>Mahan e a Estratégia na Era Nuclear</i>	- James A. Barber ⁽¹⁾	89-102
1976	out./dez.	10/12	- <i>A Propulsão Naval Nuclear</i>	- Fernando Hollanda	11-26
1976	out./dez.	10/12	- <i>A Aplicação Naval da Energia Nuclear</i>	- Isaac Benchimol	31-42
1977	jan./mar.	1/3	- <i>As Missões das Marinhas: Um Panorama Geral</i>	- Gualter Maria Menezes de Magalhães	11-33
1977	abr./jun.	4/6	- <i>Poder Naval das Nações da OTAN</i>	- Ivan Simas de Oliveira	43-71
1977	jul./set.	7/9	- <i>Considerações sobre o Programa Nuclear Brasileiro</i>	- Murillo Souto Maior de Castro	11-29
1977	jul./set.	7/9	- <i>A Propulsão Naval Nuclear</i>	- Antônio Cordeiro Gerk	31-69
1977	jul./set.	7/9	- <i>A Ofensiva Naval Soviética</i>	- Edward Wegener ⁽²⁾	71-100
1977	out./dez.	10/12	- <i>A Ofensiva Naval Soviética</i>	- Edward Wegener ⁽²⁾	33-90
1978	jan./mar.	1/3	- <i>Porque a União Soviética julga que poderia combater e vencer uma Guerra Nuclear</i>	- Frank B. Baird Jr. ⁽²⁾	29-62
1978	jan./mar.	1/3	- <i>A Ofensiva Naval Soviética</i>	- Edward Wegener ⁽²⁾	67-98
1978	jul./set.	7/9	- <i>Objetivos Atuais e Estratégia Política Soviética</i>	- Shelford Bidwell ⁽³⁾	105-112
1978	out./dez.	10/12	- <i>O Missil Cruise e o Impasse Nuclear</i>	- Roberto Luís Fontenelle Lima	39-49

Fonte: Revista Marítima Brasileira (RMB), período de 1975 a 1978.

Nota: ⁽¹⁾ Traduzido por Jerônimo de Xerez Sobral.

⁽²⁾ Traduzido por José Maria do Amaral Oliveira.

⁽³⁾ Traduzido por Luiz Philippe da Costa Fernandes.

TABELA 2

Quantitativo de submarinos, convencionais e nucleares, das marinhas das cinco potências nucleares, nos anos de 1955 e 1978

Ano	País	Número de submarinos de propulsão convencional		Número de submarinos de propulsão nuclear	
		Em operação	Em construção	Em operação	Em construção
1955	EUA	190	14	1	7
1978	EUA	13	0	113	39
1955	ex-União Soviética	329	100	0	0
1978	ex-União Soviética	222	0	144	11
1955	Reino Unido	59	6	0	0
1978	Reino Unido	17	0	14	3
1955	França	23	3	0	0
1978	França	24	0	5	2
1955	China	8	0	0	0
1978	China	76	0	1	1

Fonte: JANE'S, 1955, p. 51-55, 152, 210-211, 318-321, 425-432; e JANE'S, 1978, p. 96, 149-151, 487-501, 564-567, 626-641.

TABELA 3

Países que possuem reservas consideráveis de urânio, economicamente atrativas

Posição	País	Toneladas de Urânio	Porcentagem mundial (em %)
1º	Cazaquistão	957.000	21,7
2º	Austrália	910.000	20,6
3º	África do Sul	369.000	8,4
4º	EUA	355.000	8,0
5º	Canadá	332.000	7,5
6º	Brasil	309.000	7,0
7º	Namíbia	287.000	6,5
-	Resto do mundo	897.000	20,3
-	Total no mundo	4.743.000	100,0

Fonte: INB, 2007c.

TABELA 4

Os dez maiores países do mundo, em termos territoriais, econômicos e populacionais, em 2006

Posição	Extensão territorial (em quilômetros quadrados) ⁽¹⁾	Produto Interno Bruto (PIB) (em milhões de dólares norte-americanos) ⁽²⁾	População (em milhões de habitantes) ⁽³⁾
1º	17.075.400 (Federação Russa)	13.201.819 (EUA)	1.323,6 (China)
2º	9.984.670 (Canadá)	4.340.133 (Japão)	1.119,5 (Índia)
3º	9.826.630 (EUA)	2.906.681 (Alemanha)	301,0 (EUA)
4º	9.596.960 (China)	2.668.071 (China)	225,5 (Indonésia)
5º	8.547.403 (Brasil)	2.345.015 (Reino Unido)	188,9 (Brasil)
6º	7.692.024 (Austrália)	2.230.721 (França)	161,2 (Paquistão)
7º	3.287.270 (Índia)	1.844.749 (Itália)	144,4 (Bangladesh)
8º	2.780.400 (Argentina)	1.251.463 (Canadá)	142,5 (Federação Russa)
9º	2.717.300 (Cazaquistão)	1.223.988 (Espanha)	134,4 (Nigéria)
10º	2.505.813 (Sudão)	1.067.962 (Brasil)	128,2 (Japão)

Fonte: ⁽¹⁾ NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2007;⁽²⁾ WORLD BANK, 2007, p. 1; e⁽³⁾ ALMANAQUE, 2006, p. 374-376.

TABELA 5

Dados sobre produção e consumo de petróleo no Brasil, em 2006

Item	Quantidade
Reservas provadas	12,7 bilhões de barris
Produção	1,81 milhões de barris/dia
Consumo	1,80 milhões de barris/dia
Importação líquida	361 mil barris/dia
Exportação líquida	368 mil barris/dia
Relação Reserva/Produção (R/P)	19,2 anos

Fonte: ZIMMERMANN, 2007.

TABELA 6

Dados sobre produção e consumo de gás natural no Brasil, em 2006

Item	Quantidade
Reservas provadas	343,3 bilhões m ³
Produção de gás natural nacional	48,5 milhões m ³ /dia
Disponibilização ao mercado	22,6 milhões m ³ /dia
Importação	26,8 milhões m ³ /dia
Consumo	49,4 milhões m ³ /dia
Relação Reserva/Produção (R/P)	23,7 anos

Fonte: ZIMMERMANN, 2007.

TABELA 7

Países que dominam a tecnologia de enriquecimento de urânio

País	Capacidade MTSWU ⁽¹⁾	Porcentagem mundial	Tecnologia
Federação Russa	15.000	31,5	Ultracentrifugação
EUA	11.300	23,7	Difusão gasosa
França	10.800	22,7	Difusão gasosa
Inglaterra, Alemanha & Holanda ⁽²⁾	8.300	17,5	Ultracentrifugação
Japão	1.050	2,2	Ultracentrifugação
China	1.000	2,1	Ultracentrifugação
Brasil	120	0,3	Ultracentrifugação

Fonte: IAEA Nuclear Fuel Cycle Information System, Jan. 2006 (Cf. BEZERRIL, 2007).

Nota: ⁽¹⁾ *Metric ton separative work units per year* (unidades de trabalho de separação em toneladas métricas por ano) para instalações em escala comercial operativas e em construção.

⁽²⁾ Os três países operam instalações de enriquecimento por meio do Consórcio URENCO.

TABELA 8

Alguns acidentes relacionados à geração de energia, desde 1977

Local	Ano	Número de mortes	Comentários
Machhu II (Índia)	1979	2.500	rompimento de barragem hidroelétrica
Hirakud (Índia)	1980	1.000	rompimento de barragem hidroelétrica
Ortuella (Espanha)	1980	70	explosão de gás
Donbass (Ucrânia)	1980	68	explosão de metano em mina de carvão
Israel	1982	89	explosão de gás
Guavio (Colômbia)	1983	160	rompimento de barragem hidroelétrica
Rio Nilo (Egito)	1983	317	explosão de gás liquefeito de petróleo
Cubatão (Brasil)	1984	508	incêndio em óleo
Cidade do México (México)	1984	498	explosão de gás liquefeito de petróleo
Tbilisi (Rússia)	1984	100	explosão de gás
Norte de Taiwan	1984	314	três acidentes em minas de carvão
Chernobyl (Ucrânia)	1986	31+	acidente em reator nuclear
Piper Alpha (Mar do Norte)	1988	167	explosão em plataforma offshore
Asha-ufa (Sibéria)	1989	600	fogo em gás liquefeito de petróleo
Dobrnja (Iugoslávia)	1990	178	mina de carvão
Hongton (Shanxi, China)	1991	147	mina de carvão
Belci (Romênia)	1991	116	rompimento de barragem hidroelétrica
Kozlu (Turquia)	1992	272	explosão de metano em mina de carvão
Cuenca (Equador)	1993	200	mina de carvão
Durunkha (Egito)	1994	580	depósito de óleo atingido por relâmpago
Seul (Coréia do Sul)	1994	500	incêndio em óleo
Minanao (Filipinas)	1994	90	mina de carvão
Dhanbad (Índia)	1995	70	mina de carvão
Taegu (Coréia do Sul)	1995	100	explosão de gás e óleo
Spitsbergen (Rússia)	1996	141	mina de carvão
Henan (China)	1996	84	explosão de metano em mina de carvão
Datong (China)	1996	114	explosão de metano em mina de carvão
Henan (China)	1997	89	explosão de metano em mina de carvão
Fushun (China)	1997	68	explosão de metano em mina de carvão
Huainan (China)	1997	89	explosão de metano em mina de carvão
Donbass (Ucrânia)	1998	63	explosão de metano em mina de carvão
Liaoning (China)	1998	71	explosão de metano em mina de carvão
Warri (Nigéria)	1998	500+	vazamento e fogo em rede de óleo
Donbass (Ucrânia)	1999	50+	explosão de metano em mina de carvão
Donbass (Ucrânia)	2000	80	explosão de metano em mina de carvão
Shanxi (China)	2000	40	explosão de metano em mina de carvão
Muchonggou (Guizhou, China)	2000	162	explosão de metano em mina de carvão
Jixi (China)	2002	115	explosão de metano em mina de carvão
Gaoqiao (sudoeste da China)	2003	234	explosão de poço de gás
Henan (China)	2004	148	explosão de metano em mina de carvão
Chenjiashan (Shaanxi, China)	2004	166	explosão de metano em mina de carvão
Sunjiawan (Liaoning, China)	2005	215	explosão de metano em mina de carvão
Dongfeng (Heilongjiang, China)	2005	171	explosão de metano em mina de carvão
Ulyanovskaya (Kuzbass, Ucrânia)	2007	108	explosão de metano em mina de carvão
Zhangzhuang (Shandong, China)	2007	181	alagamento em mina de carvão

Fonte: WNA, 2007c.

NOTA: O acidente da usina de *Three Mile Island* não foi incluído, por não ter havido nenhuma fatalidade decorrente.

TABELA 9

Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de países selecionados, em 2006

Posição	País	IDH (grau de 0 a 1)
1°	Noruega	0,965
2°	Islândia	0,960
3°	Austrália	0,957
4°	Irlanda	0,956
5°	Suécia	0,951
6°	Canadá	0,950
7°	Japão	0,949
8°	EUA	0,948
9°	Suíça	0,947
10°	Países Baixos	0,947
...
36°	Argentina	0,863
...
38°	Chile	0,859
...
43°	Uruguai	0,851
...
50°	Cuba	0,826
...
53°	México	0,821
...
65°	Federação Russa	0,797
...
69°	Brasil	0,792
70°	Colômbia	0,790
...
72°	Venezuela	0,784
...
81°	China	0,768
...
91°	Paraguai	0,757
...
121°	África do Sul	0,653
...
126°	Índia	0,611
...
154°	Haiti	0,482
...
175°	Mali	0,338
176°	Serra Leoa	0,335
177°	Níger	0,311

Fonte: PNUD-BRASIL, 2006, p. 283-286.