

PROGRAMA DA PROPULSÃO NUCLEAR DA MARINHA DO BRASIL: CATALISADOR DO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NACIONAL

João Roberto Loureiro de Mattos* e Leonam dos Santos Guimarães**

*Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Av. Lineu Prestes 2.242 – Cidade Universitária
05508-000 São Paulo, SP, Brasil

**Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo - CTMSP
Av. Lineu Prestes 2.468
05508-900 Butantã, São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

Constituindo-se em um dos maiores empreendimentos de desenvolvimento autóctone de tecnologia já realizados no País, o programa de desenvolvimento da propulsão nuclear naval, desenvolvido pela Marinha do Brasil através do Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP, tem cumprido um importante papel de integração de competências técnicas e institucionais, bem como a manutenção de massa crítica de pessoal ao longo das décadas de 80 e 90, onde a falta de política clara para a área nuclear indicava um iminente desmonte do setor. O programa de desenvolvimento da propulsão nuclear naval funciona como um agregador e catalisador de competências num setor altamente competitivo e especializado como é o nuclear.

Este artigo apresenta os interesses do Brasil na sua fronteira marítima, a inserção da propulsão nuclear naval neste contexto, a estratégia da Marinha do Brasil para obter este tipo de tecnologia, a descrição do protótipo em terra – INAP, a situação atual deste empreendimento e o seu caráter de integração no cenário nuclear brasileiro.

Keywords: nuclear, naval, propulsion, Brazilian, program.

I. INTRODUÇÃO

Fruto de uma associação bem sucedida com comunidade científica do País, especialmente com os institutos de pesquisa da área nuclear, o Programa da Propulsão Nuclear Naval da Marinha do Brasil gerou resultados tecnológicos significativos que colocaram o País no restrito grupo de nações que dominam o ciclo do combustível nuclear.

Cavagnari (1994) analisando a pesquisa no setor militar [1] chamou a atenção que “Os militares trataram ciência e tecnologia de uma forma diferente dos civis, no Brasil, ..., o estamento militar estabeleceu programas de longo prazo, com metas definidas, uma administração sem descontinuidades e orçamentos razoavelmente estáveis. A diferença entre o que se passou no setor militar e no setor civil pode ser atribuída ao fato de as Forças Armadas terem um referencial teórico no qual o seu futuro está indissolúvelmente ligado à capacitação científica e tecnológica do País...”. Este fato associado com a quase paralisação da indústria nuclear brasileira, explica o papel de integração de competências técnicas e institucionais, bem como a manutenção da massa crítica de pessoal ao

longo das décadas de 80 e 90, cumprido pelo programa da Marinha.

Desde o final da década de 90 o País passa por uma reestruturação no setor de P&D, que inclui uma conscientização crescente de que a construção de uma sociedade moderna e competitiva passa necessariamente pela inserção de Ciência, Tecnologia e Inovação como temas centrais na formulação das políticas econômica e industrial do País. Apresenta-se neste trabalho a situação do Programa Nuclear da Marinha, que nesta nova perspectiva continua atual e com uma importante contribuição a oferecer à nação.

II. INTERESSES DO BRASIL NA SUA FRONTEIRA MARÍTIMA

Mais de 95% do comércio brasileiro é realizado através do mar, o que representa, entre importações e exportações mais de 80 bilhões de dólares americanos. Essas atividades marítimas de intercâmbio comercial, juntamente com a navegação de cabotagem, que promove a troca de bens internos, são importantes atividades econômicas que alavancam o desenvolvimento industrial e

a criação de empregos, através do desenvolvimento da Marinha Mercante, pela atividade da construção naval, no aparelhamento do sistema portuário e no desenvolvimento da indústria do turismo.

Do mar são extraídos hoje mais de 80% da produção petrolífera nacional que, com a exploração em maiores profundidades, cada vez mais distantes da costa, deve dobrar em 6 a 7 anos.

A pesca, ainda não explorada no melhor das suas potencialidades, é uma atividade econômica relevante, representando uma importante fonte de oferta de alimentos.

Do ponto de vista político-estratégico, o Brasil, por suas dimensões continentais, posição geográfica privilegiada no Oceano Atlântico, uma população de 170 milhões de habitantes, 9ª economia mundial e uma costa de 7.408 km, possui uma importância inquestionável no concerto mundial das nações.

Portanto, a defesa dos interesses econômicos e políticos brasileiros na fronteira marítima é plenamente justificável e assume papel relevante. Entretanto, este papel só poderá se efetivar se o País for capaz de exercer o controle do mar na sua zona de influência econômica, por meio de uma grande esquadra de navios de superfície, ou negando (impedindo ou dificultando) a um eventual agressor o uso do mar nessa área.

III. PROPULSÃO NUCLEAR NAVAL

Para um País com limitação de recursos e de índole eminentemente pacífica como o Brasil, a melhor alternativa é ter condições de impedir ou dificultar o acesso de um potencial agressor, ou seja, negar-lhe o uso do mar, pois tal opção requer um investimento menor que uma extensiva esquadra de navios de superfície. O submarino, por ser um navio que opera submerso, tem como característica fundamental a discricção ou possibilidade de ocultação, a qual, aliada a sua capacidade de atuar isoladamente em áreas marítimas sob controle do inimigo, assegura elevado grau de surpresa tática.

Por independer da atmosfera, o submarino nuclear, diferentemente do convencional que possui um motor de combustão interna que necessita de oxigênio retirado do ar, pode operar o tempo todo submerso, não comprometendo a sua discricção. Por esse motivo, é chamado de submarino total ou verdadeiro submarino, pois tira pleno partido das oportunidades de surpresa que a ocultação lhe assegura. O submarino nuclear possui autonomia e velocidade de avanço muito maior que o convencional, sendo capaz de permanecer meses submerso e atingir pontos remotos nos oceanos em curtos intervalos de tempo, sendo portanto, mais adequado à defesa distante da costa.

Através da análise de custo benefício, a Marinha concluiu que o submarino nuclear é a opção mais eficiente e econômica para defesa da fronteira marítima brasileira [2].

Para o Brasil atingir de forma autônoma o domínio tecnológico da propulsão nuclear de submarinos, a primeira e incontornável etapa constitui-se na implantação

de um protótipo em terra (PROTER) desta instalação. Os objetivos deste PROTER são:

- Viabilidade tecnológica do conceito da instalação propulsora;
- Viabilidade tecnológica da integração dos sistemas a uma plataforma naval;
- Desempenho funcional;
- Identificação de aspectos que poderão ser melhorados para o Submarino Nacional de Ataque;
- Qualificação de componentes, equipamentos e sistemas para uso naval;
- Formação de tripulações;
- Segurança técnica das instalações;
- Proteção radiológica das tripulações e do meio-ambiente; e
- Contribuir para a Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia (PD&E) do País.

IV. ESTRATÉGIA DA MARINHA DO BRASIL

A estratégia adotada pela Marinha para a obtenção de um submarino com propulsão nuclear consistiu em capacitar-se simultânea, porém separadamente, em projeto e construção de submarinos convencionais, e em projeto e desenvolvimento de uma instalação propulsora nuclear a água pressurizada, conforme Figura 1.

O primeiro passo no sentido de adquirir capacitação tecnológica em projeto e construção de submarinos convencionais foi a construção de submarinos da classe “Tupi”, projeto IKL-1400 de origem alemã, no Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ).

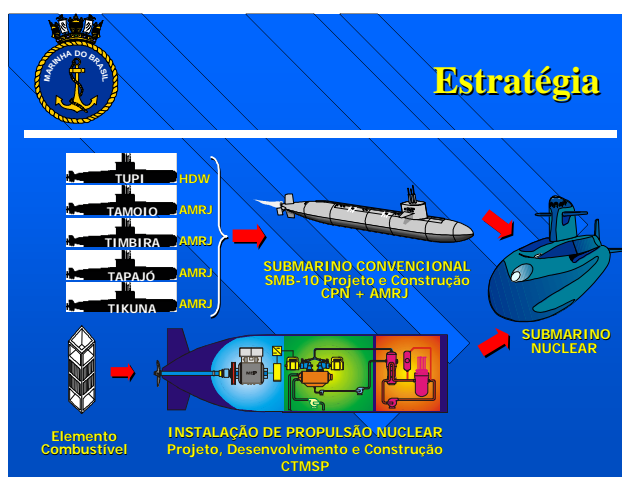


Figura 1. Estratégia Adotada pela Marinha do Brasil.

A etapa seguinte, para a qual a Marinha vem se empenhando desde 1983, consiste no projeto e construção de um submarino convencional concebido no País e com índices crescentes de nacionalização. Nesse sentido, diversas equipes de projeto foram treinadas na empresa projetista alemã IKL e foi desenvolvido o projeto

preliminar de um submarino convencional, denominado SMB-10. O projeto completo desse submarino convencional está sendo elaborado pelo Centro de Projetos de Navios, ficando a sua construção a cargo do AMRJ.

Vale ressaltar que para o submarino convencional não é necessário desenvolver a instalação propulsora, pois os equipamentos que a compõe são comercializados sem restrições. No caso do submarino nuclear, além do projeto, desenvolvimento e construção da instalação propulsora, também é preciso desenvolver o combustível nuclear.

V. O PROGRAMA NUCLEAR DA MARINHA

Sabendo de antemão que não poderia contar com transferência de tecnologia, ou qualquer ajuda externa para projetar e construir uma instalação propulsora nuclear, a Marinha optou por um programa autônomo de PD&E que enfatizasse e priorizasse a integração com a comunidade técnico-científica e empresas nacionais, buscando utilizar, em cada área específica, sempre que possível, os profissionais mais capacitados do País.

O local escolhido pela Marinha para sediar as atividades do seu programa de propulsão nuclear foi o estado de São Paulo, devido à existência de um parque industrial bem consolidado e excelentes instituições de pesquisa e universidades.

Favorecido por tais condições, o programa originou-se de uma estreita cooperação com renomadas instituições de pesquisa e universidades situadas neste estado, destacando-se o IPEN, a USP, o IPT, o CTA e a Unicamp. Esta cooperação foi, posteriormente, ampliada com a participação de outras instituições e universidades localizadas em São Paulo e outros estados.

Para que o projeto da instalação de propulsão nuclear fosse viável, havia também a necessidade de garantir o fornecimento do seu combustível, sem dependência externa. Caso contrário, o esforço para capacitação em projeto e construção de reatores nucleares seria em vão. Por essa razão, o programa nuclear da Marinha precisou contemplar inicialmente, e com maior prioridade, o domínio do ciclo do combustível nuclear.

As primeiras ações da Marinha no sentido de dominar tecnologicamente o ciclo do combustível nuclear, voltaram-se para aquela etapa de maior complexidade tecnológica e que também possui maior valor estratégico: o enriquecimento isotópico do urânio.

O processo escolhido foi a ultracentrifugação gasosa, por ser aquele consagrado internacionalmente, por apresentar melhor desempenho, maior flexibilidade de operação e menor consumo de energia.

Em setembro de 1982, quando havia apenas dois anos e meio que esse desenvolvimento fora iniciado, ocorria a primeira experiência laboratorial, bem sucedida, de enriquecimento isotópico de urânio, utilizando ultracentrifuga inteiramente concebida, projetada e fabricada no Brasil. Esse feito pode ser considerado uma das maiores conquistas tecnológicas do País.

Com a obtenção desse êxito, a Marinha pode dedicar-se às atividades subseqüentes do programa: o projeto das instalações do ciclo do combustível (produção de UF₆; enriquecimento isotópico; reconversão e fabricação de pastilhas), o projeto do protótipo em terra da instalação de propulsão nuclear e a procura de local que abrigasse essas instalações e toda a infra-estrutura associada.

O local destinado a abrigar as atividades experimentais do programa deveria situar-se a uma distância aproximada de 100 km da sede do CTMSP em São Paulo, para facilitar a movimentação da equipe técnica, e reunir condições favoráveis quanto a climatologia, topografia, geologia, sismologia, hidrologia, fornecimento de energia elétrica, disponibilidade de meios de transporte, disponibilidade de água, pouco comprometimento de recursos naturais na preparação do local e construção dos prédios e instalações previstas e facilidade para a aquisição, as quais foram cuidadosamente analisadas.

Em 1984, após um criterioso processo seletivo, que envolveu a análise de cerca de dez locais situados dentro da distância acima referida, a escolha recaiu sobre a área localizada em Iperó, a 15 km de Sorocaba, a qual, além de satisfazer a todos os pré-requisitos, já pertencia à União. Este local recebeu o nome de Centro Experimental Aramar (CEA). A implantação do CEA foi precedida por um levantamento de dados ambientais de referência que permitissem comparações futuras com os resultados obtidos quando as atividades do centro já tivessem sido iniciadas, de modo a facilitar a apreciação quantitativa de qualquer modificação das condições ambientais que, por ventura, viessem a ocorrer.

Esses dados foram submetidos à Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, à Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA (órgão que precedeu o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA) e à Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – SMA, tendo sido ainda registrados em cartório e enviados à Câmara Municipal de Sorocaba espontaneamente.

As principais instalações previstas para o CEA são a INAP, as unidades de demonstração industrial do ciclo do combustível nuclear, laboratórios e bancadas de teste, oficinas especializadas, infra-estrutura e apoio, conforme esquema da Figura 2 e imagem da Figura 3.



Figura 2. Instalações do CEA.

VI. INSTALAÇÃO NUCLEAR A ÁGUA PRESSURIZADA - INAP

À semelhança do que ocorreu em todos os Países que dominam a tecnologia de submarinos nucleares, o programa nuclear da Marinha também prevê o projeto e construção de um protótipo em terra da instalação de propulsão nuclear, com o objetivo primordial de assegurar, previamente, os atributos de segurança e eficiência da instalação embarcada. Esta instalação protótipo denomina-se Instalação Nuclear a Água Pressurizada – INAP.

Este protótipo em terra, que conterá todos os principais equipamentos da instalação propulsora nuclear, inclusive o reator, é considerado indispensável devido, sobretudo, à inerente complexidade tecnológica do

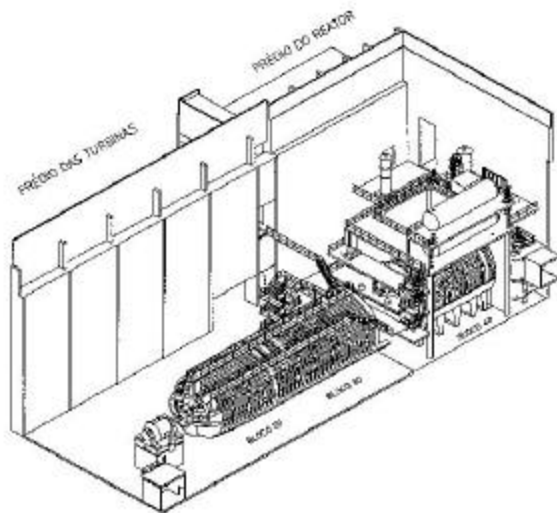


Figura 4. Protótipo em Terra.



Figura 3. Vista Aérea do CEA.

submarino nuclear e ao arranjo extremamente compacto da sua instalação propulsora.

Para garantir a sua aplicabilidade, o protótipo será montado dentro de uma seção de casco de submarino.

A Figura 4 apresenta detalhes do protótipo em terra, a Figura 5 apresenta o arranjo do compartimento do reator, a Figura 6 apresenta as características técnicas da planta propulsora e a Figura 7 uma vista em corte do reator nuclear da INAP, suas principais dimensões e uma comparação relativa às proporções do homem

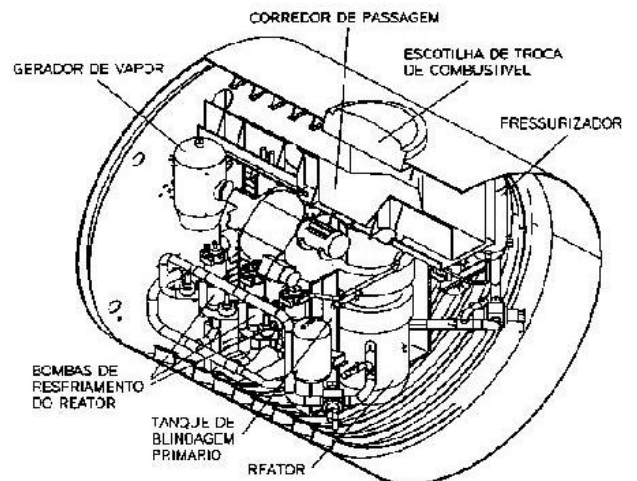


Figura 5. Arranjo do Compartimento do Reator.

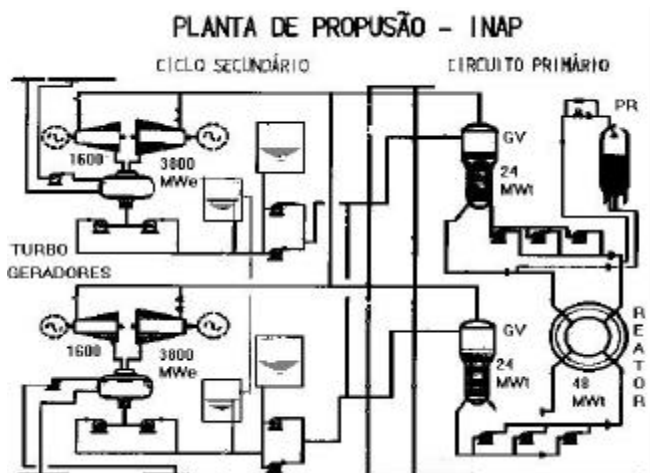


Figura 6. Características Técnicas da Planta Propulsora.

VII. SITUAÇÃO ATUAL DO EMPREENDIMENTO

Apresenta-se a seguir uma visão geral da situação do empreendimento da INAP, tomando como referência março de 2002, nas áreas de projeto, aquisição de equipamentos, construção civil e licenciamento.

TABELA 1. Situação do Projeto da INAP

SISTEMA	Projeto de Concepção	Projeto Básico	Projeto de Detalhamento
Reator/Circ. Primário	Concluído	Concluído	Fase inicial
Circuito Secundário	Concluído	Concluído	Fase inicial
Sistema de Controle	Concluído	Fase inicial	-
Propulsão Elétrica	Concluído	Concluído	A ser iniciado
Elétrica de Serviço	Concluído	Fase final	-
Integração de Projetos	Concluído	Concluído	Fase inicial
Projeto Civil Prédios	Concluído	Concluído	Fase final
Sistemas dos Prédios	Concluído	Concluído	Fase inicial

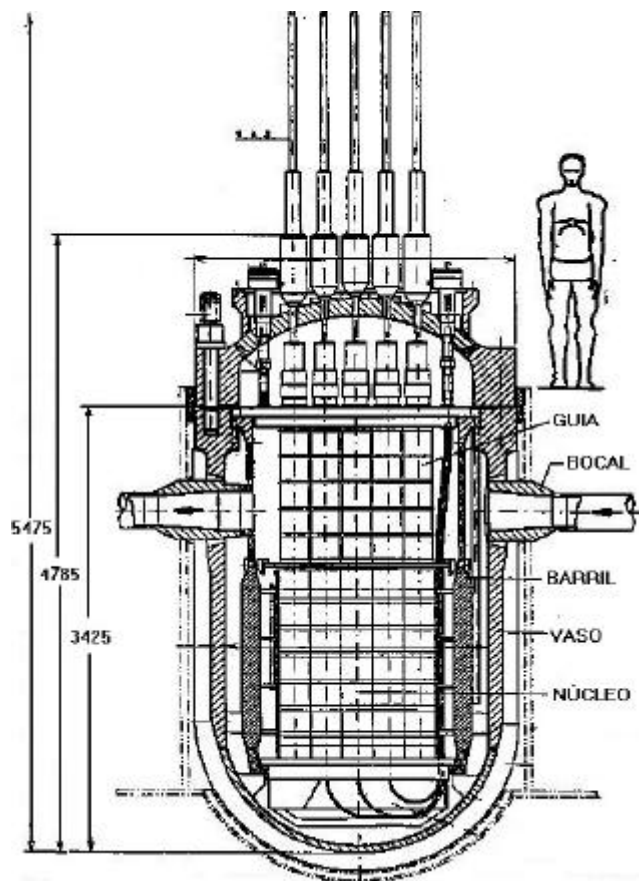


Figura 7. Reator da INAP.

TABELA 2. Situação das Obras Civas da INAP

Obras Civas	Situação
Terraplanagem do Platô	Concluída
Fundações dos Prédios do Reator, Turbinas e Sub-Estação 1	Concluídas
Galerias Elétricas Subterrâneas	Concluídas
Superestruturas dos Prédios do Reator, Turbinas e Sub-Estação 1	Fase inicial

TABELA 3. Situação do Licenciamento

Órgão	Autorização	Situação
CNEN	Autorização de Local	Concedida
	Licença de Construção	
	1ª parcial	Concedida
	2ª parcial	Solicitada
IBAMA	Licença Prévia	Concedida
	Licença de Instalação	Solicitada
	3 Audiências Públicas	Realizadas

TABELA 4. Situação Aquisição Equipamentos da INAP

Sistema	Equipamento	Fornecedor	Entrega
Reator	Vaso de Pressão	Nuclep	Entregue
	Internos	Jaraguá	08/2002
	Máq. Traciona. Parafusos	Treu	Entregue
	MAB – protótipos	Treu	Entregues
Primário	Bombas de Circulação	Treu	Entregues
	GVs	Sulzer	05/2003
	Pressurizador	Jaraguá	06/2002
	Válvulas	Sulzer	Entregues
	Bombas Purif.	Rutschi	Entregues
	Bombas Resf. Componentes	Sulzer	Entregues
	Trocadores Purificador	Jaraguá	Entregues
	Trocadores Resf. Compon.	Jaraguá	Entregues
Secundário	Turbinas Prop.	Dedine	Entregues
	Turbinas Aux.	ABB	Entregues
	Geradores Pro.	Siemens	Entregues
	Gerad. Auxil.	CTMSP	Entregues
	Condensadores	Jaraguá	Entregues
	Sist. Vácuo Condensadores	Voest-Alpine	Entregue
	Bombas Resfr. Condens.	Sulzer	Entregues
	Bombas Extr. Condensado	Sulzer	Entregues
	Bombas Alim.	Sulzer	Entregues
		Freio Dinamométrico	Shenk
Sistema dos Prédios	Ponte Rolante Préd. Turbinas	Inepar	Entregue

VIII. CONCLUSÕES

O custo total orçado para INAP é de US\$ 480 milhões de dólares americanos. Até o ano de 2001 foram investidos o equivalente a US\$ 223 milhões de dólares americanos, correspondendo a 46,4% do investimento total.

Constituindo-se num dos maiores empreendimentos de desenvolvimento autóctone de tecnologia já realizado no País, este programa acumula significativo acervo tecnológico, com geração de conhecimento e capacitação de recursos humanos em diversas áreas, enriquecendo a engenharia nacional.

Este programa é um dos únicos que, pelas características de validação experimental intensiva,

demandam a utilização permanente de pesquisadores de alto nível, que são necessários também à indústria, mas num regime de utilização pontual e esporádico, que não justifica sua manutenção nos seus quadros.

A extensa gama de materiais, componentes, equipamentos e sistemas, com alto grau de tecnologia agregado, que anteriormente necessitavam ser adquiridos no exterior, e passaram a ser projetados e fabricados no Brasil, por empresas nacionais, é um indicativo dos efeitos de arraste e efeito multiplicador gerados a partir deste programa.

A capacitação tecnológica adquirida no projeto e desenvolvimento de ultracentrífugas está sendo transferido, para utilização em escala industrial, pela INB – Indústrias Nucleares do Brasil, com vistas ao fornecimento de combustível para as usinas núcleo-elétricas Angra I e II

No mundo globalizado, a primeira linha de defesa e competitividade de uma nação é garantida pelo preparo do seu povo e domínio tecnológico, que só é obtido a partir do real envolvimento em pesquisa, desenvolvimento e finalmente na construção de sistemas e componentes.

O projeto da INAP responde perfeitamente a esses desafios do novo século, estando, portanto, perfeitamente enquadrado nos mais altos objetivos da nação.

REFERÊNCIAS

[1] CAVAGNARI FILHO Geraldo L. **P&D Militar: Situação, Avaliação e Perspectivas** – Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global, MCT, 1994.

[2] GUIMARÃES, L. S., **Modernas Tendências no Projeto de Submarinos**, dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, novembro 1991.

ABSTRACT

The Naval Propulsion Development Program, leading by the Brazilian Navy, is one of the greatest self-sufficient technological efforts ever undertaken in Brazil. Besides the technological spin-offs this programs served as catalyst to maintain a critical mass of human resources, mainly in the 80's and early of 90's, when the destiny of the nuclear sector was uncertain. Today the R&D perspectives in Brazil are different, but this program is still updated with this new reality.

This paper presents the main characteristics and the present status of this program.