



## Estaleiro e Base Naval para a Construção de Submarinos Convencionais e de Propulsão Nuclear

### Plano Básico Ambiental

#### SEÇÃO VI - PROGRAMA DE GERENCIAMENTO RADIOLÓGICO Projeto 2 – Monitoramento Ambiental Radiológico Operacional

0	Emissão inicial	14/06/2010	Iukio Ogawa	Janderson Brito/ Milena Paiva
<b>REV</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Elaborado</b>	<b>Revisado</b>

**Doc. Nº 1.1.2.1.1.2.7.1.2**



## ÍNDICE

1	APRESENTAÇÃO.....	4
2	MATRIZES DE MONITORAMENTO.....	4
3	CRITÉRIOS DE MEDIDAS E DE AMOSTRAGEM.....	11
4	MÉTODOS ANALÍTICOS.....	12
5	CRONOGRAMA FÍSICO.....	12



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa dos pontos de amostragem e medidas diretas de radiação .....	9
Figura 2 - Mapa do programa de monitoramento ambiental .....	10

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Matrizes de monitoramento: medidas diretas de radiação.....	5
Tabela 2 - Matrizes de monitoramento: medidas de radioatividade em matrizes relacionadas a vias de dispersão aérea e aquática .....	6
Tabela 3 - Matrizes de monitoramento: outras medidas de atividade em matrizes relacionadas à cadeia alimentar marinha e terrestre .....	7
Tabela 4 - Matrizes de monitoramento: monitoramento ambiental pré-operacional, metais pesados .....	7
Tabela 5 - Coordenadas de pontos relevantes de coleta ou medida .....	8

## 1 APRESENTAÇÃO

Na formulação do presente programa levou-se em conta os principais radionuclídeos a serem potencialmente liberados por via atmosférica e aquática.

No caso dos efluentes líquidos, a via principal de exposição humana por irradiação interna será a via água do mar – frutos-do-mar – homem, e os radionuclídeos mais importantes serão  $^{137}\text{Cs}$  e  $^{134}\text{Cs}$ , e  $^{58}\text{Co}$  e  $^{60}\text{Co}$ . A via principal de exposição direta será a deposição de radionuclídeos em areia e sedimentos de praia, sendo nesse caso  $^{58}\text{Co}$  e  $^{60}\text{Co}$  os radionuclídeos mais importantes. A exposição direta se dará tanto por exposição a esses substratos como pela sua manipulação (p. ex: coleta de moluscos e caranguejos em fundos de lama) e por aquela de utensílios e apetrechos de pesca (p. ex: redes) eventualmente contaminados.

Já para os efluentes gasosos, a via principal de exposição será a exposição direta a radionuclídeos no ar e a via ar-solo-produtos agrícolas-homem, além da via ar-solo-água de superfície-homem.

As matrizes ambientais a serem monitoradas, os locais de amostragem, as medidas e as respectivas frequências de monitoramento foram definidas em função das vias acima descritas e das características básicas do sítio, tais como características físicas, direções predominantes de vento e de correntes marinhas, hábitos locais de produção e consumo e a distribuição da população.

## 2 MATRIZES DE MONITORAMENTO

De forma a atender aos requisitos impostos pelas características do empreendimento, em particular para atender os requisitos normativos da CNEN e as recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica, foi estabelecido o programa a seguir:

- Medida direta de radiação, com dosímetros de estado sólido (tipo TLD) em estações fixas e levantamentos de taxa de dose com monitores de campo.
- Medidas de radioatividade em matrizes das vias aéreas e atmosféricas, incluindo:
  - Aerossol
  - Precipitação e água de superfície
  - Solo
  - Leite

- Banana
- Mandioca
- Água do mar
- Sedimento de fundo e de manguezal
- Areia de praia
- Peixe
- Crustáceos (camarão, siri)
- Moluscos (ostras)

Os itens acima comporão o levantamento da distribuição da radioatividade natural na região assim como a de radionuclídeos artificiais, derivados de testes nucleares na atmosfera, em particular,  $^{137}\text{Cs}$ .

No entanto, considerando que a baía de Sepetiba sofreu expressiva contaminação por metais pesados, em especial zinco e cádmio, oriundos de rejeitos da extinta Ingá Metais, instalada na ilha da Madeira, o presente programa contempla também a monitoramento de metais e metalóides (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg e Zn) em todas as matrizes de origem marinha, tanto físicas (sedimento, areia) como biológicas (peixe, crustáceos, moluscos).

Da Tabela 1 a Tabela 4 são apresentados os meios e as frequências de amostragem. A Tabela 5 indica as coordenadas dos pontos de amostragem e monitoramento.

A Figura 1 apresenta o mapa dos pontos de amostragem e medidas diretas de radiação, e a Figura 2, o mapa do programa de monitoramento ambiental.

**Tabela 1 - Matrizes de monitoramento: medidas diretas de radiação**

Tipo De Medida	Local	Frequência
Taxa de dose, com dosímetros termo luminescentes (TLD) em estações fixas	Área do Estaleiro Naval, casa abandonada junto à encosta N	Troca semestral de TLDs
	Ilha da Madeira, vila a NW do Estaleiro	
	Ilha da Madeira, terminal do porto	
	Vila de Coroa Grande	
	Vila de Itacuruçá	
	Ilha do Martins	
	Sepetiba	

Mapeamento de taxa de exposição com monitores de campo em logradouros públicos e praias	Idem acima	Uma vez, no período pré-operacional
---	------------	-------------------------------------

**Tabela 2 - Matrizes de monitoramento: medidas de radioatividade em matrizes relacionadas a vias de dispersão aérea e aquática**

Tipo de Amostra	Local	Frequência	Análise/Unidade
Aerossol	Ilha do Martins (SW)	Coleta contínua (1), troca quinzenal de filtros, análise tri ou semestral	Espectrometria gama, Bq/m <sup>3</sup>
	Brisa Mar (NE)		
	Área do Estaleiro Naval		
Solo	Idem acima	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg
Água de superfície	Ilha do Martins (SW)	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/L
	Vila da Ilha da Madeira		
	Rio Santos entre Brisa Mar e C. Grande		
	Área do Estaleiro Naval		
Água de rio	Mangue na enseada a norte da I. da Madeira	Amostragem semestral	Trítio, Bq/L
	Mangue a margem direita do Rio da Guarda		
Água do mar	Enseada de C. Grande	Amostragem semestral	Trítio, Bq/L
	Sul da I. da Madeira, a 1 km do Porto de Sepetiba		
Água do mar	Idem acima	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/L
Areia de praia, total e fração <63 µm	Vila de Coroa Grande	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.s
	Vila de Itacuruçá		
	Ilha do Martins		
	Sepetiba		
Sedimento de fundo, fração <63 µm, 0 a 15 cm	Próximo da área prevista de exclusão, a NW e SE	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.s
Sedimento de rio, fração <63 µm, 0 a 15 cm	Mangue na enseada a norte da Ilha da Madeira	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.s
	Mangue a margem direita do Rio da Guarda		

Tipo de Amostra	Local	Freqüência	Análise/Unidade
Sedimento de manguezal, na zona de maré, fração <63 µm	Mangue na enseada a norte da Ilha da Madeira	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.s
	Mangue a margem direita do Rio da Guarda		
	Mangue a W da vila de Coroa Grande		

**(1) Em períodos alternados a definir (dia sim/dia não, semanas ou quinzenas alternadas, ou outro sistema de alternância, incluindo períodos noturnos).**

**p.s = peso seco**

**Tabela 3 - Matrizes de monitoramento: outras medidas de atividade em matrizes relacionadas à cadeia alimentar marinha e terrestre**

Tipo de Amostra	Local	Freqüência	Análise/Unidade
Peixe (1), Camarão, Siri	Coroa Grande	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.u
	Sepetiba		
Ostra	Coroa grande	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.u
	Ilha do Martins		
Banana e/ou derivados	Rio-Santos, entre C. Grande e Brisa Mar	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.u
Mandioca	Rio-Santos, entre C. Grande e Brisa Mar	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/kg p.u
Leite e/ou queijo	Pastos 3 km a NO de Brisa Mar (estrada do Mazomba)	Amostragem semestral	Espectrometria gama, Bq/L

**(1) de preferência tainha, p.u = peso úmido**

**Tabela 4 - Matrizes de monitoramento: monitoramento ambiental pré-operacional, metais pesados**

Tipo de Amostra	Local	Freqüência	Análise (1)/Unidade
Peixe, camarão, siri	Coroa Grande	Amostragem semestral	As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg e Zn em partes comestíveis, µg/g p.u
	Sepetiba		
Ostra	Coroa Grande	Amostragem	As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb,

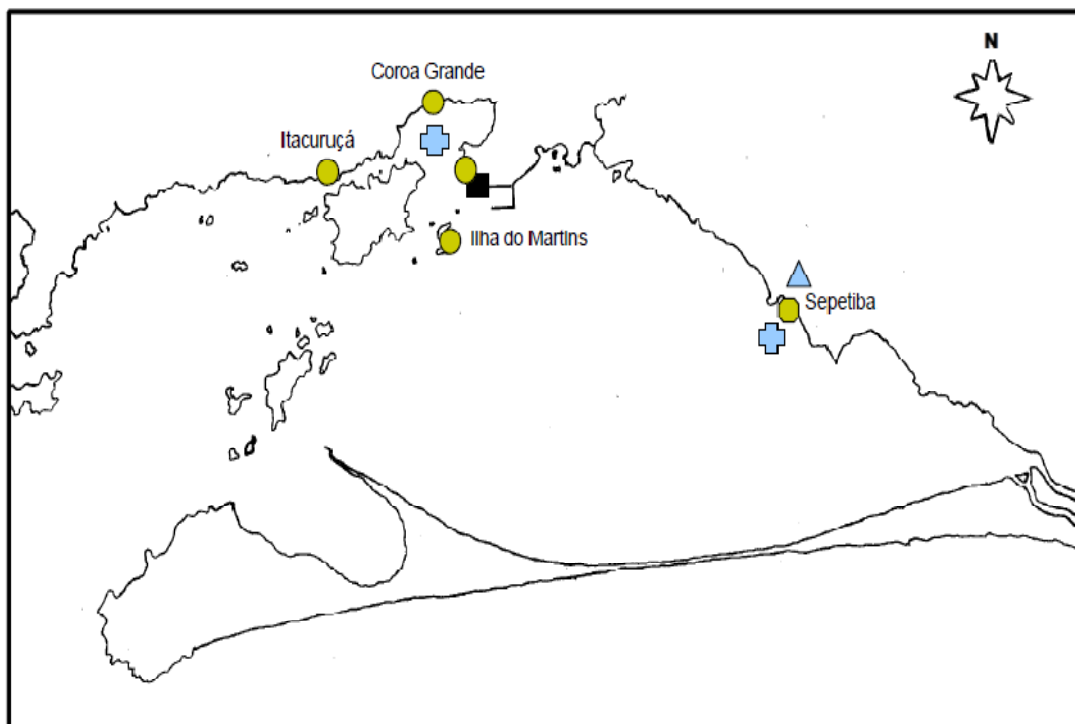
Tipo de Amostra	Local	Frequência	Análise (1)/Unidade
	Ilha do Martins	semestral	Hg e Zn em partes comestíveis, µg/g p.u
Sedimento de fundo, fração <63 µm, 0 a 15 cm	Próximo da área prevista de exclusão, a NW e SE	Amostragem semestral	As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg e Zn, µg/g p.s
Sedimento de manguezal, na zona de maré, fração <63 µm	Mangue na enseada a N da Ilha da Madeira	Amostragem semestral	As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg e Zn, µg/g p.s
	Mangue a margem direita do Rio da Guarda		
	Mangue a O da vila de Coroa Grande		
Perfis de sedimento	Próximo da área prevista de exclusão, a NW e SE	Amostragem semestral	Zn, Cd e Pb em camadas sucessivas de 5 cm, µg/g p.s

**Análise de cada metal por espectrofotometria de absorção atômica ou análise multi-elementar por ICP-MS. p.u = peso úmido, p.s = peso seco**

**Tabela 5 - Coordenadas de pontos relevantes de coleta ou medida**

Local e Tipo de Medida ou Amostragem	Latitude	Longitude
TLD e aerossol, Porto de Itaguaí	22°55'46.94"S	43°50'34.51"W
TLD e aerossol, estaleiro	22°55'33.72"S	43°50'35.56"W
TLD e aerossol, Brisa Mar	22° 51' 53.6" S	43° 46' 01.3" W
Água de superfície, estaleiro	22°55'27.82"S	43°50'29.21"W
Água de superfície, Ilha da Madeira	22°55'9.34"S	43°50'56.55"W
Água de superfície, Coroa Grande	22°54'8.05"S	43°52'51.71"W
Ilha do Martins	22°57'0.73"S	43°51'37.56"W
Leite	22°50'29.57"S	43°50'0.36"W
Mandioca, banana	22°52'23.86"S	43°49'9.24"W





■ Estaleiro      ● Areia de praia      + Peixe, camarão e siri      ▲ TLD

**Figura 1 - Mapa dos pontos de amostragem e medidas diretas de radiação**

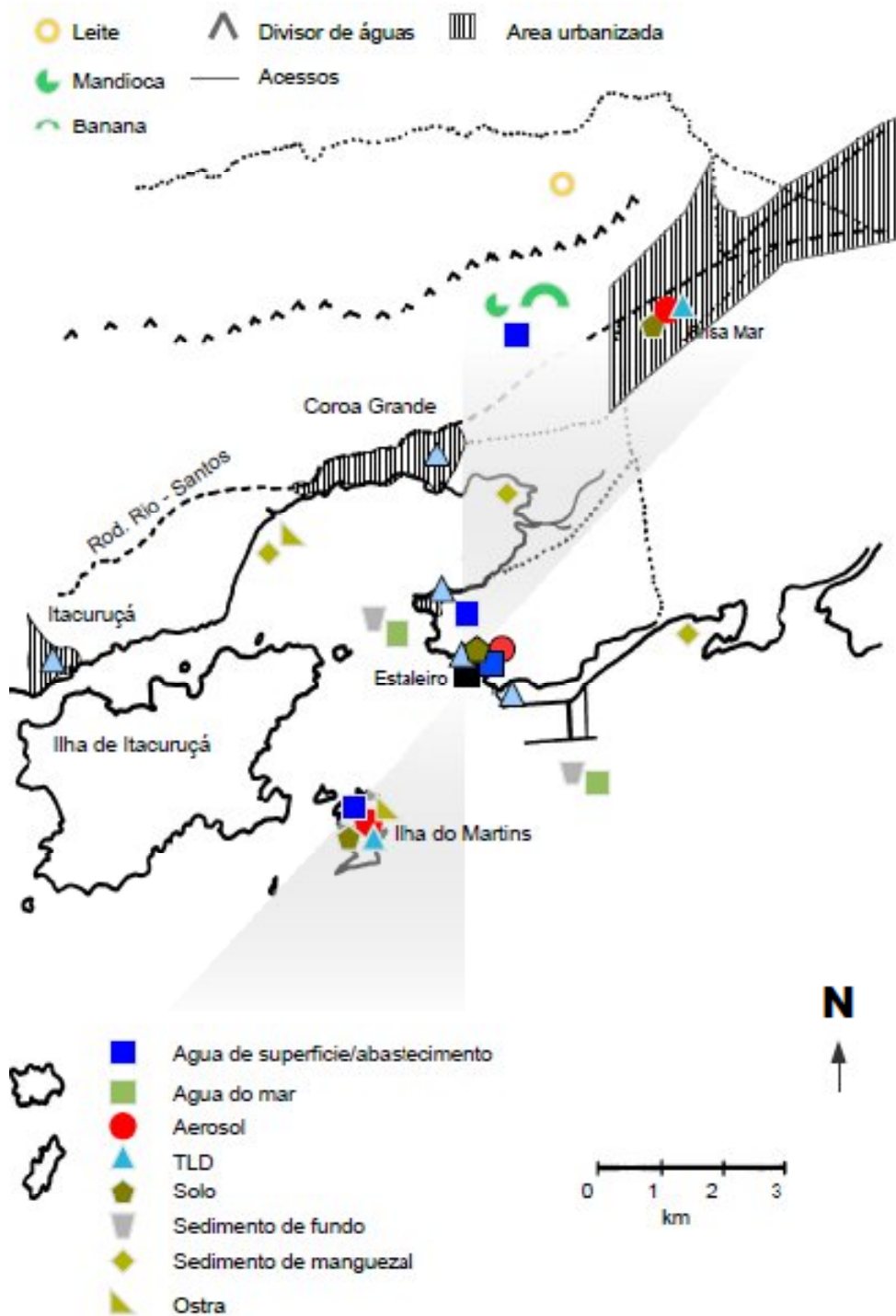


Figura 2 - Mapa do programa de monitoramento ambiental

### 3 CRITÉRIOS DE MEDIDAS E DE AMOSTRAGEM

As estações fixas de TLD serão instaladas na própria área da Base Naval, nos principais grupos populacionais situados nos dois setores de dispersão aérea e/ou num raio de até cinco quilômetros da Base Naval. Serão também instaladas estações de TLD em locais não residenciais, mas com relevante taxa de ocupação humana tais como o Porto de Itaguaí.

Visando mapear as taxas de dose atualmente existentes na região e documentar eventuais anomalias radiológicas, se realizará um levantamento da radioatividade ambiental nas praias e centros populacionais próximos à Base Naval, empregando monitores de radiação ambiental acoplados a sistemas de posicionamento geográfico, gerando mapas geo-referenciados das taxas de exposição à radiação natural na região.

O único grupo populacional no setor de dispersão S-SW é o da Ilha do Martins, sendo, portanto mandatório estabelecer no local uma estação de aerossol e de TLD e pontos de coleta de solo, precipitação e água de superfície.

No setor de dispersão oposto, N-NE, a primeira área urbana é o subúrbio W de Itaguaí, onde já se encontra em operação uma estação de aerossol (Brisa Mar), nas proximidades da qual serão estabelecidos pontos de coleta de solo e água de abastecimento.

Os pontos de coleta de mandioca, banana e leite no setor de dispersão N-NE foram estabelecidos levando em conta a presença e localização das áreas de produção no referido setor, todas situadas ao menos a menos cinco quilômetros da Base Naval.

Foram incluídos pontos de amostragem de água de rio e de sedimento no rio da Guarda e no rio que percorre o manguezal preservado, a E da Enseada de Coroa Grande, visando quantificar os aportes de radionuclídeos naturais e artificiais pelas bacias destes dois rios, que transportam grande quantidade de sedimentos em suspensão. O primeiro tem sua bacia influenciada pela dispersão e deposição atmosféricas de metais oriundos do morro de rejeitos da Ingá, ainda exposto às intempéries, e o segundo drena a área da NUCLEP.

Para o estabelecimento dos pontos de coleta de água do mar e sedimento levou-se em conta a circulação dominante no sentido horário na baía de Sepetiba (Pelleagatti *et al.* 2001; Cortez *et al.* 2005), colocando-se portanto pontos de coleta tanto a NW como a SE da Base Naval. Já para a definição dos pontos de coleta de areia de praia, considerou-se tanto o padrão de dispersão aquática como a taxa de ocupação e

intensidade de uso do litoral, resultando em pontos na Ilha do Martins, Vila de Coroa Grande e Itacuruçá e Sepetiba.

Os pontos de coleta de peixe, camarão e siri (Enseada de Coroa Grande e Sepetiba) refletem tanto critérios de dispersão como de intensidade de pesca e consumo. No caso específico das ostras, considerou-se a existência de um cultivo comercial na Ilha do Martins e a coleta artesanal de ostra de manguê na Enseada de Coroa Grande.

#### **4 MÉTODOS ANALÍTICOS**

As medidas de taxa de dose por dosimetria termoluminescente e monitores de campo serão realizadas pelos setores competentes do IRD/CNEN, assim como a análise das amostras ambientais.

As medidas de  $^3\text{H}$  em água do mar e de rio serão realizadas, após destilação das amostras, por cintilação em meio líquido empregando detector de baixo fundo. Os emissores gama, radionuclídeos naturais das séries do U e Th, e eventualmente artificiais, como  $^{137}\text{Cs}$  serão analisados por espectrometria gama, empregando detectores de germânio intrínsecos. Os limites de detecção típicos alcançáveis, com a instrumentação disponível neste instituto, são:  $3 \text{ Bq L}^{-1}$  para trítio em amostras de água e  $1 \text{ Bq kg}^{-1}$  para  $^{137}\text{Cs}$  em amostras de sedimentos.

A determinação de metais e metalóides em sedimentos e amostras biológicas seguirá as metodologias dispostas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21ª edição, no manual de métodos EPA-SW-846.

#### **5 CRONOGRAMA FÍSICO**

Esse projeto só terá um cronograma definido após a implementação do projeto de monitoramento radiológico pré-operacional.