



## II Seminário sobre Obras Emblemáticas

# Desafios nas concretagens da obra do submarino atômico da Marinha do Brasil (Elemento Estrutural de Sacrifício)



**Roberto Amaral**

*Chefe da Divisão de Implantação de Engenharia Civil  
AMAZUL – Amazônia Azul Tecnologias de Defesas S.A.*

*14/10/2016  
14:40 Horas*

# CNEN NN 1.16 - Garantia da Qualidade para a Segurança de Usinas Nucleoelétricas e Outras Instalações

## 1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

### 1.1 OBJETIVO

O objetivo desta Norma é:

- a) DETERMINAR os requisitos a serem adotados no estabelecimento e na implementação de Sistemas de Garantia da Qualidade para usinas nucleoelétricas, instalações nucleares e, conforme aplicável, também para instalações radiativas.
- b) DETERMINAR a forma segundo a qual os Programas de Garantia da Qualidade, devem ser preparados e submetidos à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN

## 1.2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta Norma aplica-se:

- a) atividades que influem na qualidade de itens Importantes à segurança, desenvolvidas no gerenciamento do empreendimento e em cada um dos seus diversos estágios: escolha de local, projeto, CONSTRUÇÃO, comissionamento, operação e descomissionamento.
- b) ORGANIZAÇÕES que executam as atividades mencionadas na alínea anterior.

## 2. GENERALIDADES

- a) Qualquer dúvida que possa surgir com referência às disposições desta Norma, será dirimida pela CNEN.
- b) A CNEN pode, através de Resolução, acrescentar, revogar ou modificar requisitos desta Norma, conforme considerar apropriado ou necessário.

Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições e siglas:

Projeto

Aquisição

Fabricação

Montagem

Instalação

Operação

Atividades que influem na qualidade:

Ensaio / Testes

Inspeções

Reparos

Modificações

Recarregamento

Manutenção

Construção

*Contratados Principais:* projetista, responsável pelo sistema e empreiteiros para obras civis...

*Requerente:* pessoa jurídica, autorizada na forma da Lei, que requer à CNEN a Licença de Construção e/ou Autorização para Operação da instalação.

## **REQUISITOS DA CNEN NN 1.16**

- 4.1 Sistemas de Garantia da Qualidade**
- 4.2 Programas de Garantia da Qualidade**
- 4.3 Organização**
- 4.4 Controle de Documentos**
- 4.5 Controle de Projeto**
- 4.6 Controle de Aquisições**
- 4.7 Controle de Materiais**
- 4.8 Controle de Processos**
- 4.9 Controle de Inspeção e Testes**
- 4.10 Controle de Itens Não-Conformes**
- 4.11 Ações Corretivas**
- 4.12 Registros de Garantia da Qualidade**
- 4.13 Auditorias**

# Qual o motivo de apresentar uma Norma de Segurança Nuclear?

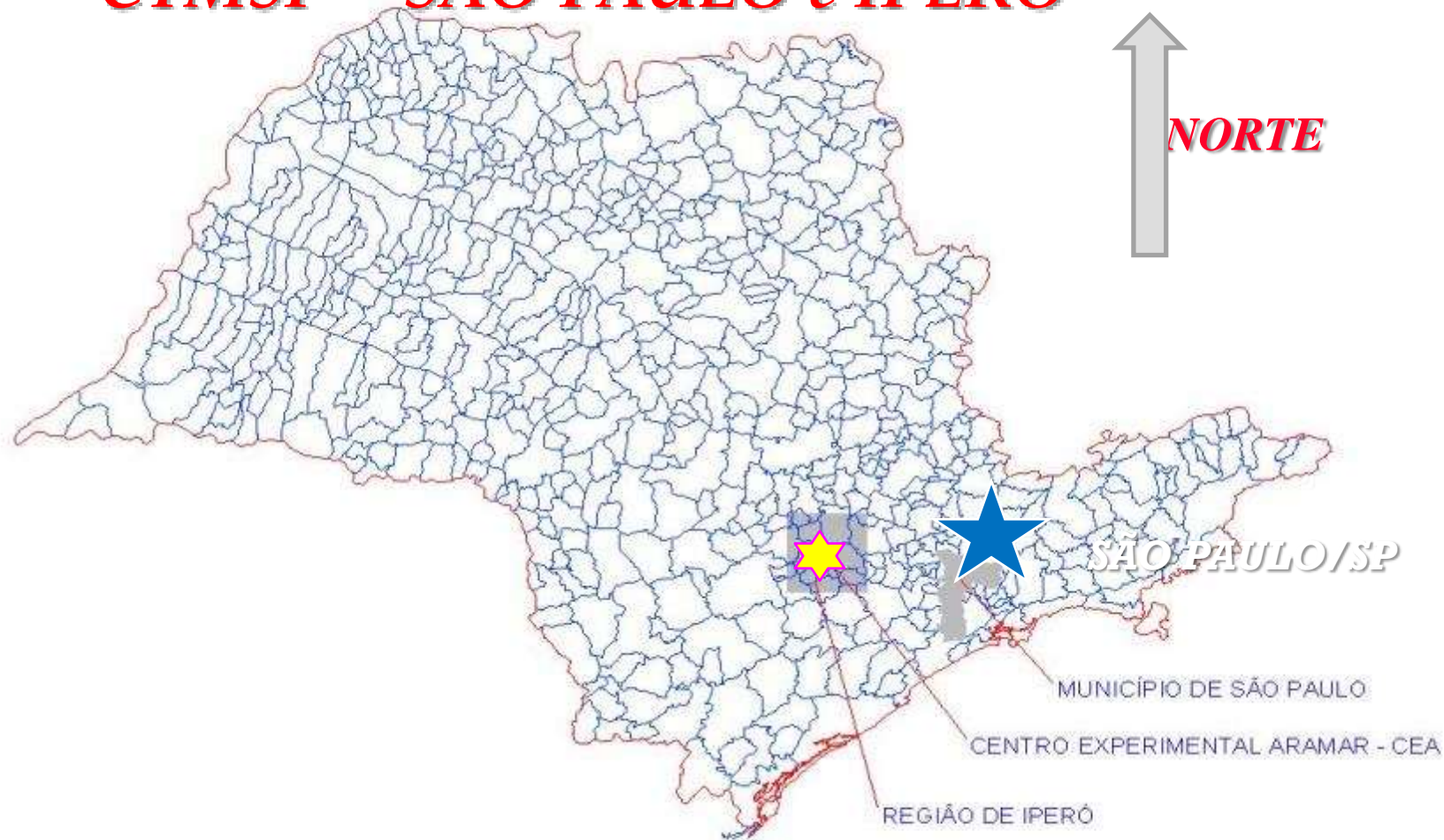
## SEGURANÇA NUCLEAR

Conjunto de medidas de caráter técnico, incluídas no projeto, na construção, na manutenção e na operação de uma instalação, visando a evitar a ocorrência de acidente ou minimizar as suas consequências.

## Programa Nuclear da Marinha - Objetivos

- ✓ *acesso ao submarino nuclear*
- ✓ *projeto, construção, comissionamento, operação e manutenção de reatores nucleoeletricos tipo PWR*
- ✓ *produção de combustível nuclear*

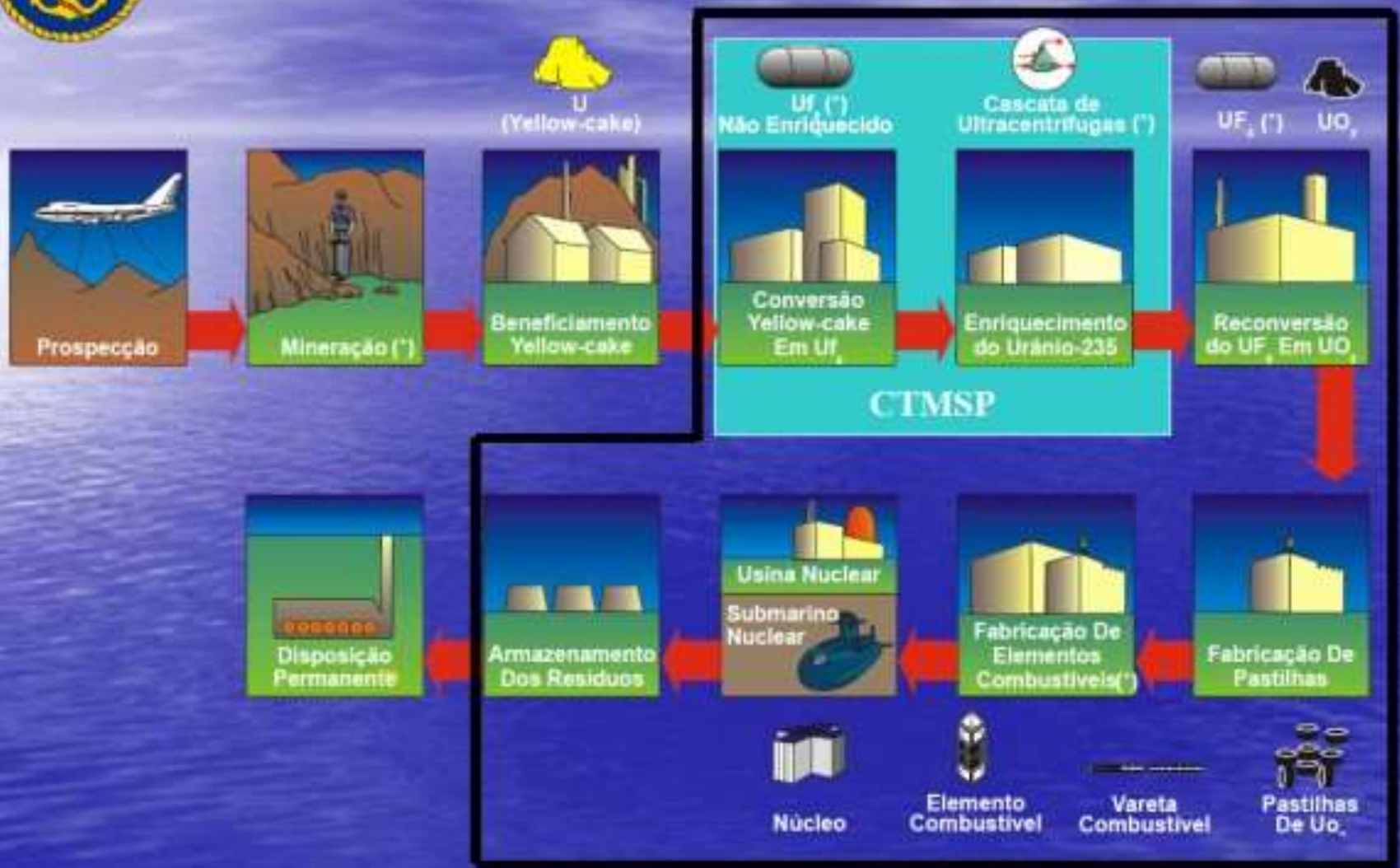
# CTMSP - SÃO PAULO e IPERÓ



LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO NO ESTADO



# CICLO DO COMBUSTÍVEL





# MINERAÇÃO



INB Caetité *capacidade: 400 t/a*



Yellow Cake



# O CICLO DO COMBUSTÍVEL

## ENRIQUECIMENTO

URÂNIO NA NATUREZA	99,3% de $U_{238}$ e 0,7% $U_{235}$
URÂNIO ENRIQUECIDO a 4%	tem 4% de $U_{235}$ e 96% de $U_{238}$
PROCESSOS	Laser Jato Centrífugo Difusão Gasosa
	<b>ULTRACENTRIFUGAÇÃO</b>

# Equivalência entre Combustível Nuclear e Convencional



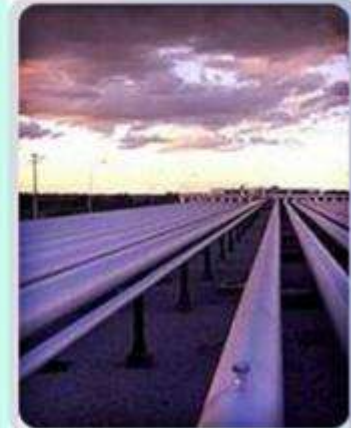
$U^{235}$  - pastilhas de Urânio enriquecido a 3,5% (combustível de usina PWR)

10 gramas



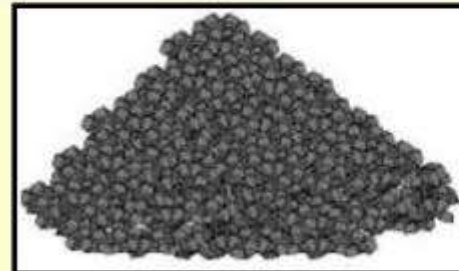
3 barris de Petróleo

700 kg



Gás Natural

400 m<sup>3</sup>



Carvão

1.200 kg



## **Vista da USEXA - Unidade Piloto de Hexafluoreto de Urânio**

# Fabricação



Aramar

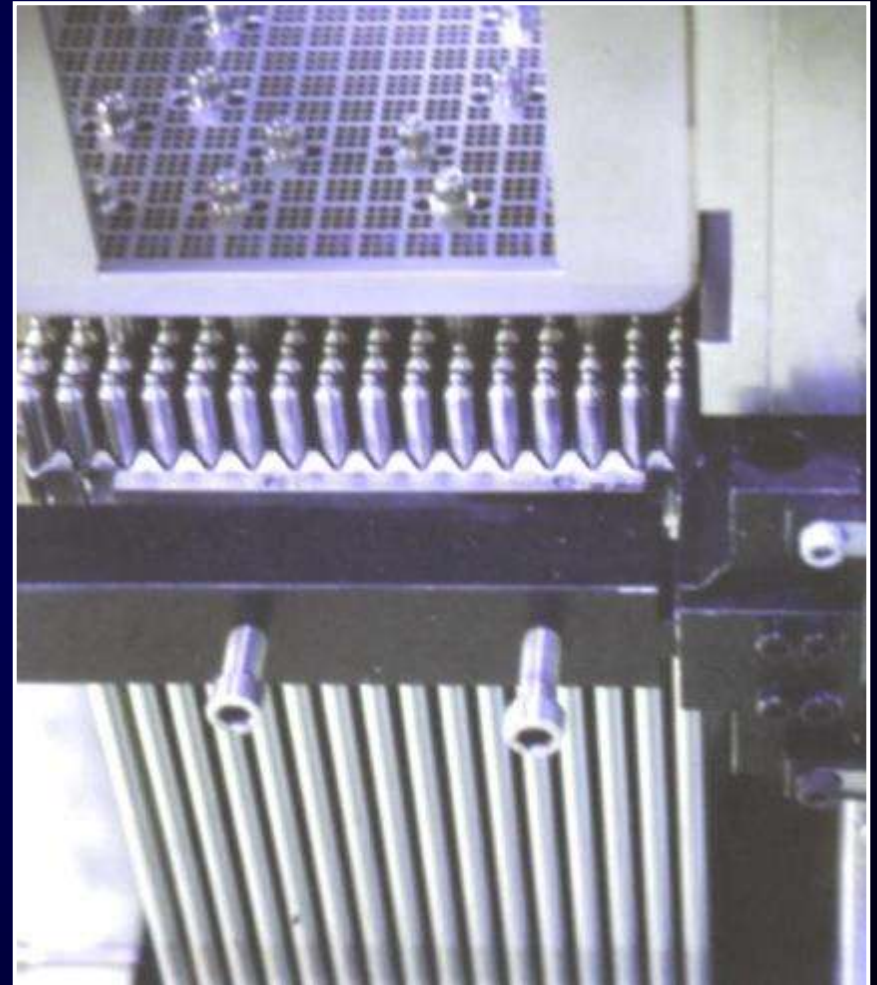


# CTMSP



58° CBC

# Fabricação comercial na INB elementos combustíveis

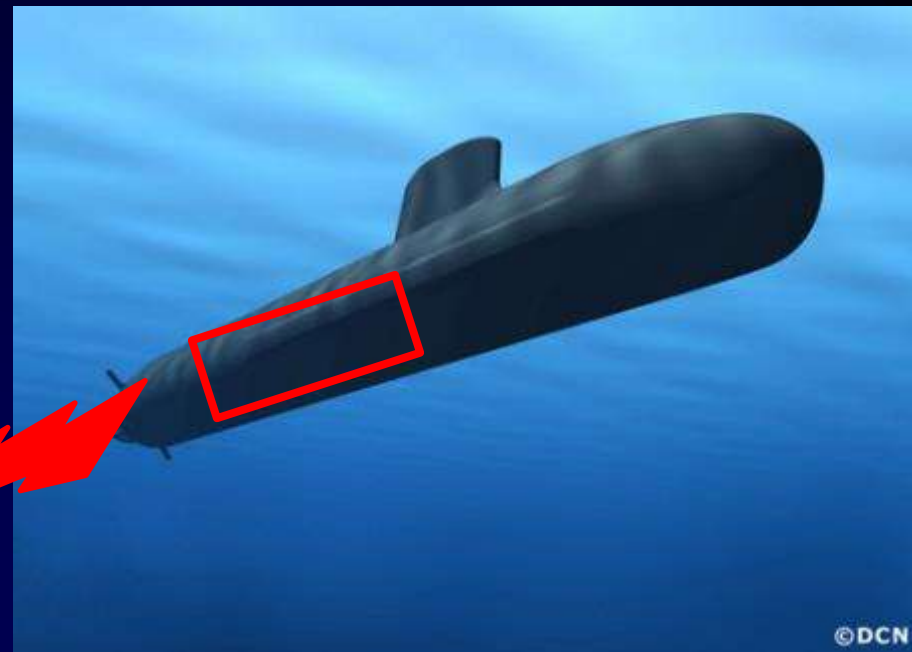
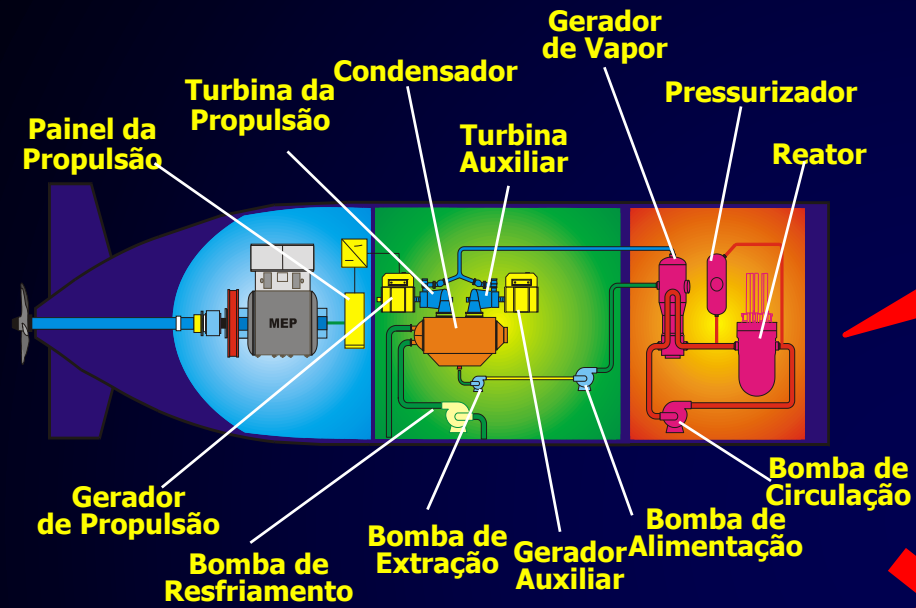


II Seminário sobre Obras Emblemáticas

# LABORATÓRIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA NÚCLEO-ELÉTRICA (LABGENE)

- TAREFAS : PESQUISAR, DESENVOLVER E TESTAR SISTEMAS, EQUIPAMENTOS E ITENS ATRELADOS AO PROJETO, CONSTRUÇÃO, COMISSIONAMENTO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE INSTALAÇÕES DE PROPULSÃO NUCLEAR PARA APLICAÇÃO MILITAR NAVAL.

# SUBMARINO COM PROPULSÃO NUCLEAR



2 Turbo Gerador - 1 Motor Elétrico Principal (7.4 MWeletrico)

2 Turbo Gerador - (3.6 MWeletrico)

48 MWtérmico - Elemento Combustível (21)  $\cong$  3,2 t  $UO_2$  (4,3%)





# ÁREAS DE ATUAÇÃO DO SUBMARINO BRASILEIRO

## COMISSÃO DE LIMITES DA PLATAFORMA CONTINENTAL

**Território Emerso**  
**8.500.000 km<sup>2</sup>**  
**Zona Exclusiva**  
**3.500.000 km<sup>2</sup>**  
**Extensão Pleiteada**  
**960.000 km<sup>2</sup>**  
**ZEE + Extensão**  
**4.460.000 km<sup>2</sup>**



**Mar territorial**  
Soberania total do país  
12 milhas náuticas (22 km)

**Zona Económica Exclusiva**  
Soberania sobre recursos vivos e não vivos  
200 milhas náuticas (370 km)

**Limite da plataforma continental (proposta brasileira)**  
Soberania sobre exploração de recursos minerais  
Até 350 milhas náuticas (648 km)



**ÁREAS EM DISCUSSÃO**



**Chaminé de  
Exaustão**

**Prédio do  
Combustível**

**Prédio do  
Reator**

**Prédio das  
Turbinas**

**Prédio Auxiliar  
Controlado**

**Prédio Auxiliar  
Não-Controlado**

**LABGENE**

# **CONSULTORES ENVOLVIDOS NO PROJETO**

**Benjamin Ernani Diaz**

**Mario Cepollina**

**Mário Terra Cunha**

**Paulo Roberto do Lago Helene**

**Sergio Hampshire de Carvalho Santos**

**Solange Amano Fukuwara**

**CTMSP**

Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo

## PROGRAMA DE GARANTIA DA QUALIDADE

LABGENE  
LABORATÓRIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA  
NUCLEOELÉTRICA

TAREFA	CLASSIFICAÇÃO			DOC. Nº
	OSTENSIVO			PGQ-R11.99-01_00
	POR	711	DATA	30/06/11

6002559  
ANARAL

## CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DATA	DESCRIÇÃO SUMÁRIA
00	30/06/2011	Este PGQ cancela e substitui o PGQ Nº R11.99-8910-PG-01 e atende as exigências da CNEN conforme Ofício CNEN 040/2011.

	Nome	Crachá	Assinatura	Data
Elaboração	Zambon	7111-EM-000		30/06/2011
Verificação	Romanato	7110-RI-000		13/12/11
	Dicceu	7100-EM-000		13/12/11
	CC (EN) Corrêa	1340-MA-000		14/12/11
Aprovação Interfaces	CA (EN) Luciano	1000-MA-000		07/11/11
	CMG (EN) Luiz Roberto	2000-MA-000		19/06/11
	CMG (RM1) Mendes	3000-MR-000		18/06/11
	CMG (JM) Cidade	5000-MA-000		01/06/11
	CF (EN) Winderson	6000-MA-000		17/12/11
Liberação	CMG (M-RM 1) Pádua	7000-MR-000		28/10/11
Aprovação	VA (EN) Bezerra	0100-MA-000		09/11/11

**CTMSP**

Projeto: LABGENE

ÁREA: 711

PGQ-R11.99-01\_00

Emissão: 30/06/11

Rev.: 00 Pág. 2/57

Programa de Garantia da Qualidade - LABGENE

Por: Zambon

1	OBJETIVOS E CAMPO DE APLICAÇÃO	3
1.1	OBJETIVO	3
1.2	CAMPO DE APLICAÇÃO	3
2	GENERALIDADES	4
2.1	INTRODUÇÃO	4
2.2	NORMAS E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	6
2.3	DOCUMENTOS CANCELADOS E SUBSTITUÍDOS	6
3	DEFINIÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS	7
4	DESCRIÇÃO DOS COMPROMISSOS DO SISTEMA DE GARANTIA DA QUALIDADE DO CTMSP	9
4.1	SISTEMAS DE GARANTIA DA QUALIDADE	9
4.1.1	Obrigações e Responsabilidades	9
4.1.2	Diretrizes Básicas	10
4.1.3	Idiomas	12
4.1.4	Procedimentos, Instruções e Desenhos	13
4.1.5	Avaliação pela gerência	13
4.2	PROGRAMAS DE GARANTIA DA QUALIDADE	14
4.3	ORGANIZAÇÃO	16
4.3.1	Responsabilidades, autoridades e comunicações	16
4.3.2	Interfaces Organizacionais	15
4.3.3	Seleção e Treinamento de Pessoal	33
4.4	CONTROLE DE DOCUMENTOS	36
4.4.1	Preparação, Análise e Aprovação de Documentos	36
4.4.2	Liberação e Distribuição de Documentos	37
4.4.3	Controle de alterações e obsolescência	37
4.5	CONTROLE DE PROJETOS	39
4.5.1	Requisitos Gerais	39
4.5.2	Interfaces de Projeto	40
4.5.3	Verificação de Projeto	40
4.5.4	Alterações de Projeto	42
4.6	CONTROLE DE AQUISIÇÕES	43
4.6.1	Requisitos Gerais	43
4.6.2	Avaliação e Seleção de Fornecedores	44
4.6.3	Controle de Itens e Serviços Adquiridos	44
4.7	CONTROLE DE MATERIAIS	45
4.7.1	Identificação e Controle de Materiais, Peças e Componentes	45
4.7.2	Manuseio, Armazenagem e Embalagem	45
4.8	CONTROLE DE PROCESSOS	46
4.9	CONTROLE DE INSPEÇÕES E TESTES	47
4.9.1	Programa de Inspeção	47
4.9.2	Programa de Testes	48
4.9.3	Calibração e Controle de Equipamentos de Teste e Medição	49
4.9.4	Situações das Inspeções, Testes e Estado Operacional de Itens	50
4.10	CONTROLE DE ITENS NÃO-CONFORMES	51
4.10.1	Requisitos Gerais	51
4.10.2	Avaliação e Destinação de Itens Não-Conformes	52
4.11	AÇÕES CORRETIVAS	53
4.12	REGISTROS DE GARANTIA DA QUALIDADE	54
4.12.1	Preparação dos Registros	54
4.12.2	Coleta, Arquivo e Preservação dos Registros	54
4.13	AUDITORIAS	56
4.13.1	Requisitos Gerais	56
4.13.2	Programação	57

6002559  
ANARAL

# CRITÉRIOS DE PROJETOS PARA ESTRUTURAS DE CATEGORIA SÍSMICA I

**Cargas excepcionais:** Os requisitos de segurança envolvidos no projeto das estruturas de Categoria Sísmica I do LABGENE exigem a consideração de uma série de carregamentos excepcionais, com baixa probabilidade de ocorrência durante a vida útil da instalação.

# SISMO DE PROJETO

## SISMO DE DESLIGAMENTO SEGURO

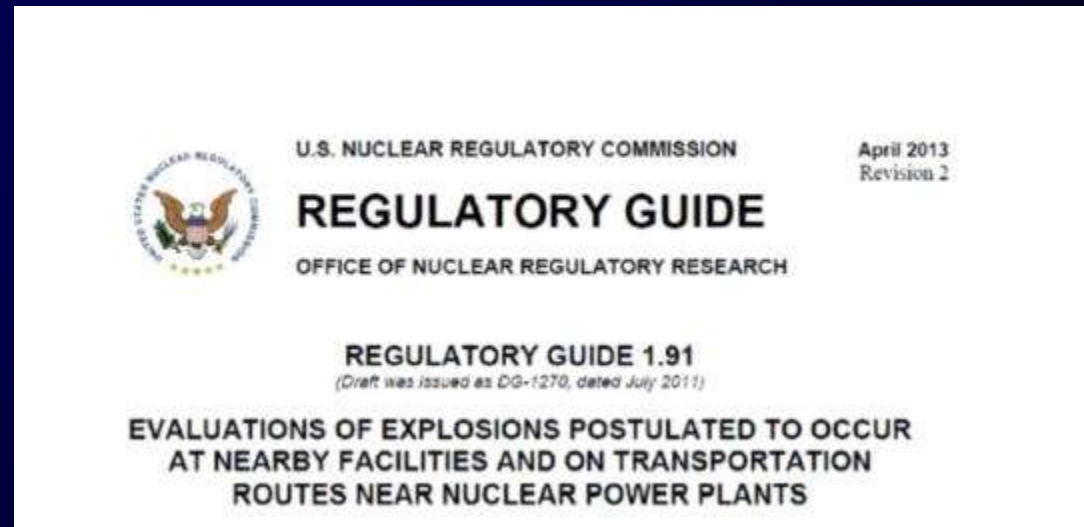
O relatório *“Determinação do Nível de Vibrações Sísmicas do Terreno Provocadas pelo Sismo Básico de Projeto no Centro Experimental ARAMAR”*, considera os valores de acelerações horizontais máximas na rocha aflorante considerados no projeto são iguais a 0,1g para SDS (Sismo de Desligamento Seguro) e 0,05g para SBO (Sismo Básico de Operação).

*\* prédios que se enquadram no “Item de Categoria Sísmica I” devem permanecer funcionais no caso de ocorrência do Sismo de Desligamento Seguro.*

Classe de Segurança é a classificação das estruturas, sistemas e componentes baseada no critério adotado pela Nuclear Regulatory Commission - NUREG

# EXPLOÇÃO DE TNT

Essa eventualidade é considerada no projeto através da consideração de uma explosão postulada de um caminhão carregado com 23.000 kg de TNT, conforme Regulatory Guide 1.91, circulando em uma via de tráfego próxima à instalação. São postuladas uma ou mais posições para o local da explosão do caminhão de TNT, sendo estas posições definidas no projeto de cada uma das estruturas de Categoria Sísmica I da instalação.



# ACIDENTES POSTULADOS

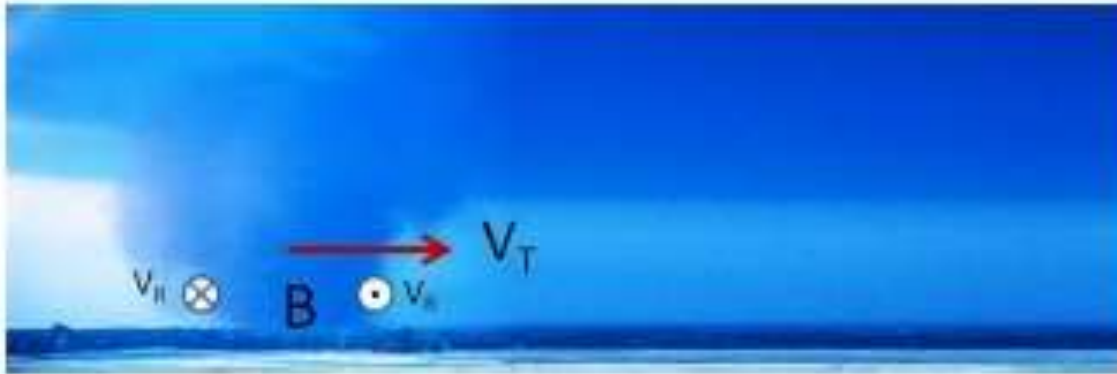
São definidos no projeto de cada uma das estruturas de Categoria Sísmica I e os principais efeitos considerados no projeto estrutural são os seguintes:

- a) **FORÇAS DE JATO (YJ):** ruptura de tubulações e/ou vasos de pressão podem gerar jatos de água e/ou vapor.
- b) **FORÇAS DE REAÇÃO (YR):** forças de reação atuarão nos suportes de tubulações e/ou vasos de pressão quando da ruptura postulada de um deles.
- c) **PRESSÕES DIFERENCIAIS (PA):** pressões diferenciais entre compartimentos adjacentes ou entre um compartimento e meio ambiente.
- d) **TEMPERATURA (TA):** acidentes em tubulações e/ou vasos de pressão, e acidentes nos sistemas elétricos podem levar a um acréscimo na temperatura ambiente.
- e) **IMPACTO DE MÍSSEIS (YM):** essas forças decorrem do impacto de partes de componentes lançados violentamente no ar em decorrência de acidentes postulados.
- f) **ONDAS DE PRESSÃO NO AR (PA):** devido a ruptura postulada de vasos de pressão, podem surgir ondas de pressão no ar.
- g) **FORÇAS DE REAÇÃO SOB CONDIÇÕES TÉRMICAS (RA):** surgem nos suportes de tubulações e/ou vasos de pressão devido a condições térmicas geradas por rupturas postuladas.



# TORNADOS

Avaliação da Possibilidade de Ocorrência de Tornados em Iperó, SP



Maria Assunção Faus da Silva Dias

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

e

Departamento de Ciências Atmosféricas

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - IAG

Universidade de São Paulo - USP

Agosto, 2008

AÇÃO DE TORNADO



U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION

March 2007  
Revision 1

**REGULATORY GUIDE**

OFFICE OF NUCLEAR REGULATORY RESEARCH

REGULATORY GUIDE 1.76

(Draft was released as 00-1145 dated January 2000)

DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES  
FOR NUCLEAR POWER PLANTS

O trabalho indicou o tornado F3/EF3 como possível de ocorrer na região de Iperó, SP. Dentre os tornados observados e registrados no Brasil, 4% são da categoria F3/EF3. O cenário futuro indicaria um aumento na probabilidade de ocorrência desse mesmo tornado. Nada pode-se dizer quanto à possibilidade de serem observados tornados mais intensos

**A faixa de velocidades associadas a tornados F3, já corrigidos para a classificação EF3, é de 218 a 264 km/h (ou 60 a 73 m/s)**

*F de tornados de Fujita (1981) e na escala EF de WSEC - Washington State Energy Code (2004).*

Para determinação das cargas atuantes nas estruturas devidas ao tornado são considerados, entre outros, os seguintes parâmetros:

VROT (velocidade rotacional máxima)	= 57 m/s
Vtmax (velocidade translacional máxima)	= 14 m/s
Vmax (velocidade máxima de vento)	= 72 m/s
Rm (raio de velocidade rotacional máxima)	= 45,7 m

30/09/1991	Itu	SP	F4 - com ventos de cerca de 300 km/h, derrubou um obelisco de 100 toneladas, arrastou carros por 700 m e provocou 15 mortes.
24/05/2005	Indaiatuba	SP	F3 - filmado pela câmera de uma concessionária rodoviária, foi um tornado multivórtice, ou seja, além do funil central tinha outros menores. Até então esse tipo de tornado só havia sido registrado nos Estados Unidos, país campeão em ocorrências do fenômeno. Casas foram arrancadas do chão, a energia elétrica interrompida pela queda de árvores e 15 mortes registradas. Os ventos chegaram, pelo menos, a 250 km/h.
22/09/2013	Taquarituba	SP	F3 (02 mortos - 60 feridos); sob sua influência a cidade de Londrina - PR foi atingida por ventos de até 107 km/hora.
20/04/2015	Xanxerê	SC	F3 (02 mortos - 120 feridos)

Observar que o vórtice da nuvem é bem circular e ainda não toca o solo - característica de um tornado. (Foto: Divulgação/Rafael Coutinho) 05/06/2016



# INFRAESTRUTURA DO PLATÔ DO LABGENE

## TEMPO RECORRENTE PARA CÁLCULO DAS GALERIAS DE ÁGUAS PLUVIAIS: 10.000 ANOS

### MÉTODOS PARA CÁLCULO DO TEMPO DE RETORNO: DISTRIBUIÇÃO NORMAL; GUMBEL; HAZEN; LOG PEARSON TIPO III.

ESTRUTURA HIDRÁULICA	CARACTERIZAÇÃO	TEMPO DE RETORNO (anos)
Bueiros rodoviários	Tráfego baixo	5 - 10
	Tráfego intermediário	10 - 25
	Tráfego alto	50 - 100
Pontes rodoviárias	Vias secundárias	10 - 50
	Vias principais	50 - 100
Drenagem urbana	Galerias em pequenas cidades	2 - 25
	Galerias em grandes cidades	25 - 50
	Canalização de córregos	50 - 100
Diques	Área rural	2 - 50
	Área urbana	50 - 200
Pequenas barragens	Ausência de risco de perda de vidas humanas	50 - 100
	Risco de perda de vidas humanas	100 - 1.000
<b>Grandes barragens</b>		<b>10.000</b>

**Todas essas condições nos leva a:**

**Taxas de armação altíssimas (em determinados pontos chega-se a 270 kg/m<sup>3</sup>);**

**Necessidade de concreto com alta fluidez e adensabilidade de forma que permita vencer o “emaranhado” de armação e a quase impossibilidade de utilização de vibradores;**

**Constante treinamento das equipes de fiscalização e produção para manutenção da qualidade dos serviços e produtos finais; e**

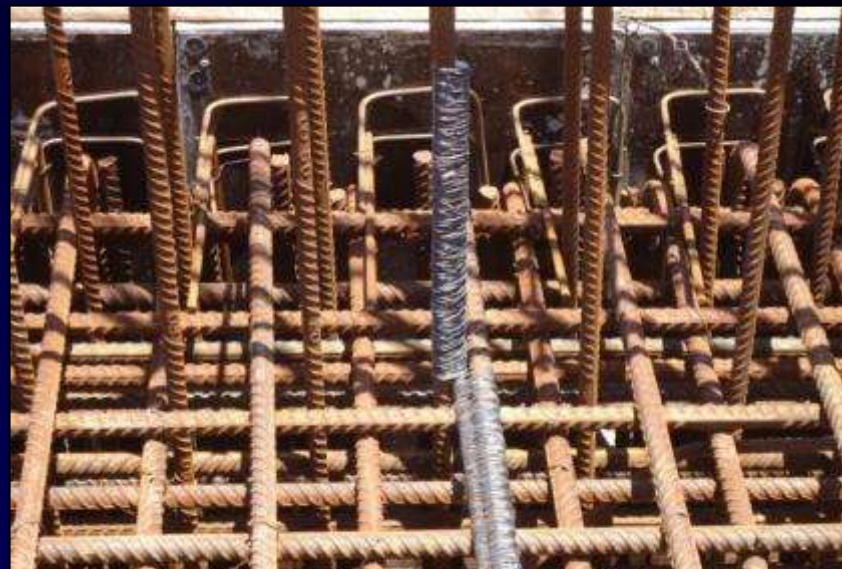
**Comprometimento de todos os envolvidos para os corretos registros dos eventos que interfiram com a segurança nuclear.**







## COLOCAÇÃO DAS TELAS PARA JUNTA DE CONCRETAGEM



## PONTOS DE ATERRAMENTO



## MONTAGEM DAS FÔRMAS

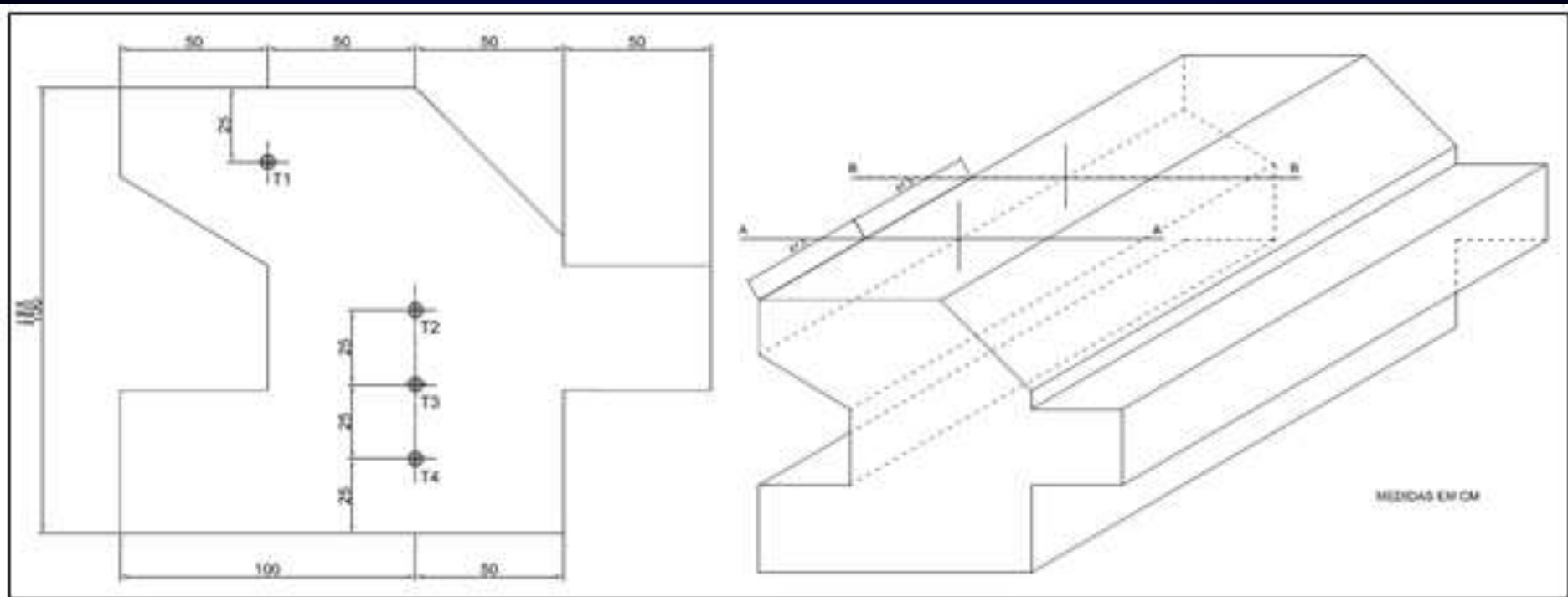


# ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO

- “Elemento Estrutural de Sacrifício”, estrutura de concreto, densamente armada;
- Avaliar o desempenho das propriedades autoadensáveis do concreto projetado;
- Permitir acompanhar ao longo dos anos o desenvolvimento das propriedades físicas e mecânicas do concreto autoadensável;
- Auxiliar na definição de novos parâmetros de vida útil para estruturas de concreto produzidas com este novo conceito de produção de concreto, até então não submetidas a um estudo de longa duração.



# ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO PROJETO CTMSP



# ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO MONTAGEM DAS ARMADURA E FORMAS



# MONTAGEM DA ARMADURA



# LINHAS DE TERMOPARES



## ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO

- CONCRETAGEM OCORREU NO DIA 30.11.2012
- UTILIZADO O TRAÇO DA COMBINAÇÃO "C" PORTO FELIZ

Material	Quantidades (kg)
Cimento	2334
Adição	114
Areia de quartzo	3900
Areia artificial	1974
Brita 0	4632
Brita 1	948
Gelo	666
Aditivo Plastificante	12
Aditivo super-plastificante	22



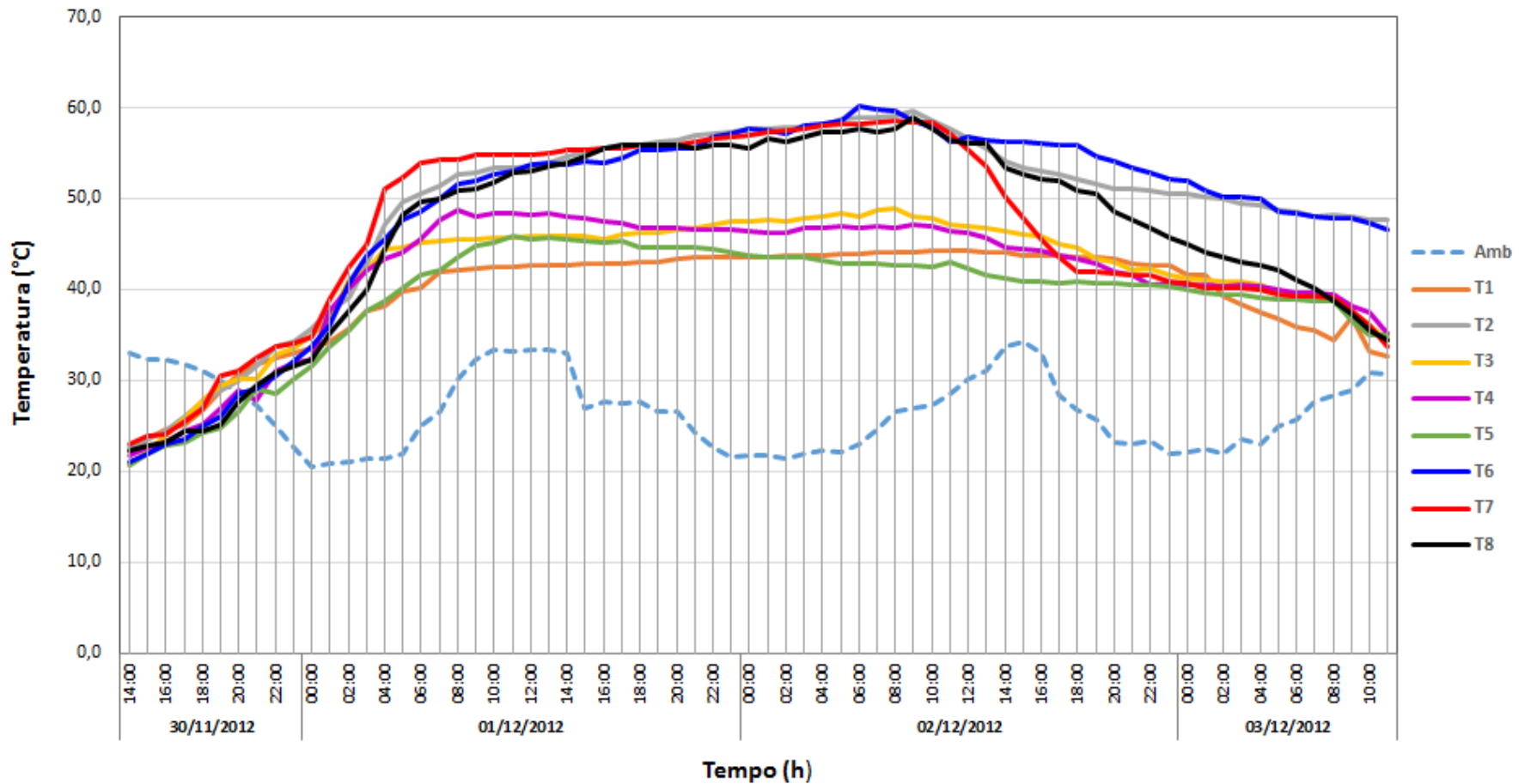
Ensaio no recebimento	Resultados
Espalhamento – ABNT NBR 15823 – Parte 2	720 mm
Tempo de escoamento T500 – ABNT NBR 15823 – Parte 2	1,8”
Temperatura do concreto	20°C

Ensaio	Resultado
Resistência à compressão – NBR 5739	63,1 MPa
Tração por compressão diametral – NBR 7222	5,2 MPa
Módulo de elasticidade – NBR 8522	38,0 GPa

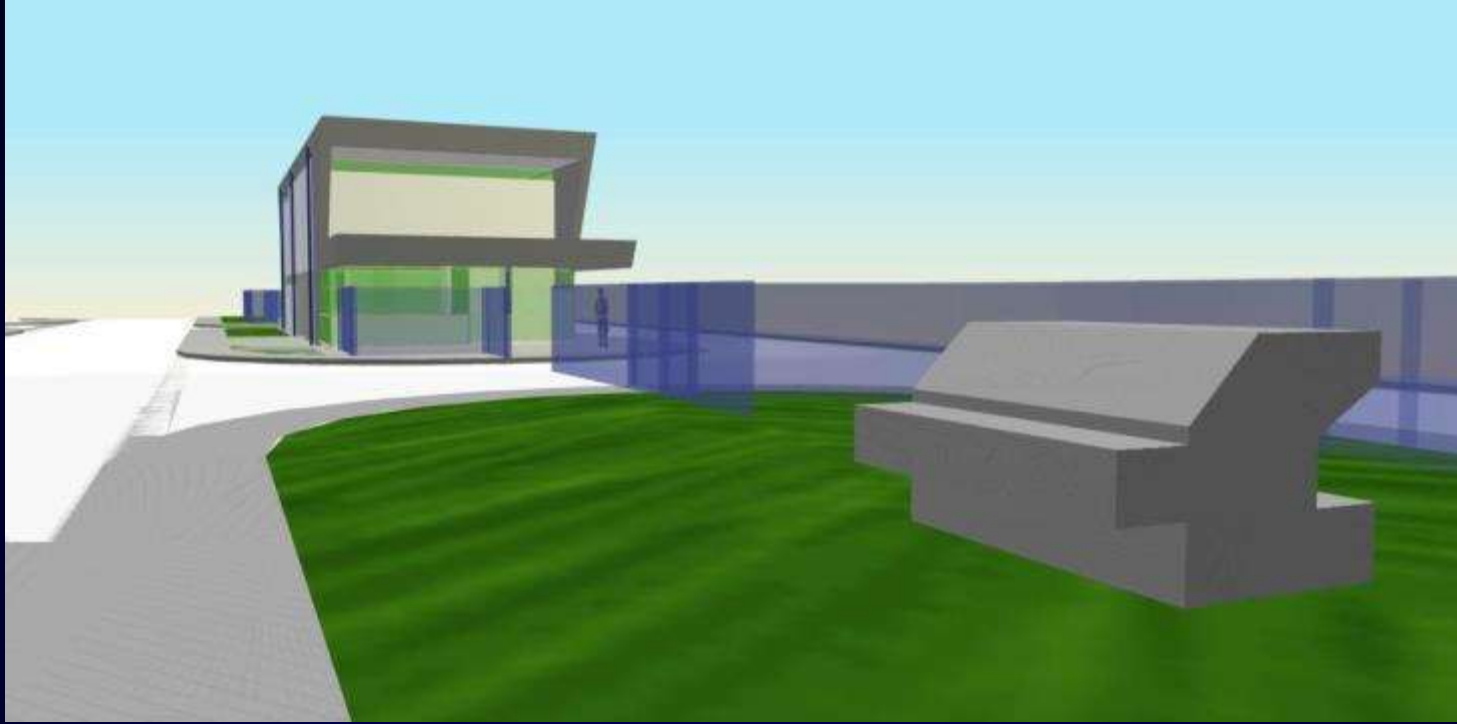
# ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO

## EVOLUÇÃO DA TEMPERATURA

### MEDIDA POR TERMOPARES



# ELEMENTO ESTRUTURAL DE SACRIFÍCIO - USO FUTURO



Com o decorrer dos anos, resultados de ensaios poderão ser coletadas de corpos de prova moldados com o mesmo concreto e que estão sazoados nas condições especificadas em norma, que serão então confrontadas com as informações fornecidas por este “Elemento Estrutural de Sacrifício” (EES), de onde serão “extraídos” periodicamente testemunhos. Este estudo fornecerá importantes informações relativas a real condição do concreto auto adensável ao longo do tempo.

## **EES - RESULTADOS REALIZADOS EM TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS E CORPOS-DE-PROVA MOLDADOS**

**Como dito, durante a vida útil do LABGENE vamos utilizar esta estrutura como objeto de estudo da evolução das propriedades físicas e mecânicas do concreto autoadensável aplicado em suas estruturas**

Tabela 1 Controle no Estado Endurecido (fck 50,0 MPa) e (Fcj 56,6 MPa)

Ensaio mecânicos	Un.	Resultados (idade em dias)			
		07 (07/12/12)	28 (28/12/12)	63 (01/02/13)	91 (01/03/13)
Resistência à compressão - ABNT NBR 5739	(MPa)	44,5	63,1	70,3	74,5
Tração por compressão diametral - ABNT NBR 7222	(MPa)	3,63	5,20		
Módulo de elasticidade - ABNT NBR 8522	(GPa)	38,1	38,1		

Tabela 2 Controle no Estado Endurecido

Ensaio	Un.	Resultados (idade em dias)						
		Ensaio na idade de 482 dias		Ensaio na idade de 1361 dias				
		CP Moldado	CP Extraído	CP Moldado	CP Extraído			
		Ø 100 mm	Ø 100 mm	Ø 100 mm	Ø 100 mm	Ø 75 mm	Ø 50 mm	Ø 25 mm
Resistência	(MPa)	97,2	90,1	79,4	87,0	72,7	96,9	83,9
		85,1 (*)	51,0 (**)	(*) ensaio a compressão realizado após término dos ensaios de índices físicos. (**) observado durante a compressão um tipo de ruptura colunar o que denuncia uma provável falha no trecho analisado durante as tensões dos ensaios.				

Tabela 3 Velocidade de propagação ultrassônica (m/s) ABNT NBR 8802 (CP Ø 100 mm)

Ensaio na idade de 482 dias			Ensaio na idade de 1361 dias	
CP Moldado (m/s)	CP Extraído	CP Extraído (m/s)	CP Moldado (m/s)	CP Extraído (m/s)
5482	5450	5385 (***)	5543	5731
		5325 (***)		

**(\*\*\*) Determinação antes de serem cortados e preparados para ensaios  
Concretos com resultados acima de 4500 m/s são considerados excelentes e duráveis.**

Tabela 4 Determinação de Índices Físicos (CP Ø 100 mm)

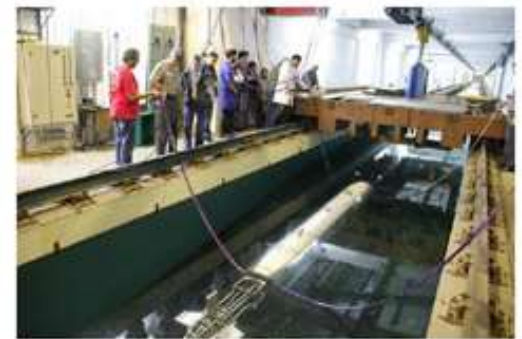
Índices	Unidade	Ensaio idade 482 dias		Ensaio idade 1361 dias	
		CP Moldado	CP Extraído	CP Moldado	CP Extraído
Massa ambiente	(g)	3855,8	3902,2	3865,0	3845,0
Massa seca	(g) 72 horas	3793,3	3852,5	3833,3	3776,6
Massa saturada	(g) 72 horas	3857,6	3908,0	3912,2	3892,1
MI após fervura	(g)	2314,2	2344,8	2348,7	2306,8
Massa saturada após fervura	(g)	3857,0	3913,3	3912,6	3901,6
Absorção de água	(%)	1,68	1,58	2,15	3,35
Índice de vazios	(%)	4,13	3,88	5,27	7,92
Y seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2,459	2,473	2,454	2,382
Y saturada	(g/cm <sup>3</sup> )	2,500	2,510	2,507	2,455
Y real	(g/cm <sup>3</sup> )	2,565	2,569	2,591	2,569

**Concretos com índices de absorção abaixo de 10% são considerados bons concretos e duráveis.**

<b>CP (1361 dias)</b>	<b>Resistividade Elétrica Método Wenner (<math>\Omega</math>.cm)</b>	<b>Média</b>
<b>01</b>	<b>141.348</b>	<b>151.343</b>
<b>02</b>	<b>143.445</b>	
<b>03</b>	<b>169.237</b>	

**Avaliação do Risco de Corrosão através da Resistividade Elétrica**  
**Fonte: CEB 192 apud Abreu, 1998.**

<b>&gt;20.000 (<math>\Omega</math>.cm)</b>	<b>Desprezível</b>
<b>10.000 a 20.000 (<math>\Omega</math>.cm)</b>	<b>Baixa</b>
<b>5.000 a 10.000 (<math>\Omega</math>.cm)</b>	<b>Alta</b>
<b>&lt;5.000 (<math>\Omega</math>.cm)</b>	<b>Muito Alta</b>



O Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) realizou o primeiro teste do modelo livre em escala do submarino com propulsão nuclear. O teste foi realizado, no dia 6 de setembro de 2016, no tanque de provas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) na USP e alcançou todos os objetivos previstos.





# II Seminário sobre Obras Emblemáticas

OBRIGADO

