

## RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº0875/2020

**INTERESSADO:** EGT ENGENHARIA LTDA  
AT. FÁBIO FANTI  
FONES: (11) 3862-1236 / (11) 99523-3483  
E-MAIL: fabio.fanti@egtengenharia.com.br

**OBRA:** PORTO DE IMBITUBA – CAIS Nº3 / PIER  
("SCPAR PORTO DE IMBITUBA S.A.")  
AV. PRES. VARGAS / CENTRO – IMBITUBA-SC  
→ VIGAS DA SUPERESTRUTURA DE CONCRETO –

**TRABALHO:** ENSAIOS DO ESCOPO:

- EXTRAÇÃO POR MEIO DE BROQUEAMENTO DA ESTRUTURA, ANÁLISE, PREPARO, E ENSAIO À COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA TESTEMUNHOS DE CONCRETO — NBR-7680-1:2015, e NBR-5739:2018.
- DETERMINAÇÃO DAS PROFUNDIDADES DE PENETRAÇÃO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO DO CONCRETO, NA ESTRUTURA, PELO MÉTODO DA FENOLFETALEÍNA
- DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CLORETOS (EM  $Cl^-$ ) POR TITULOMETRIA, E SULFATOS SOLÚVEIS (EM  $SO_4^{2-}$ ) PELO MÉTODO TURBIDIMÉTRICO, EM AMOSTRAS DE CONCRETO EXTRAÍDAS COM BROCA DA ESTRUTURA, CONFORME METODOLOGIA DA NBR-9917:2009.
- DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE ÁGUA SOB PRESSÃO, EM CONCRETO ENDURECIDO, SEGUNDO AS DIRETRIZES DO MÉTODO ABNT NBR-10787.

**PERÍODO** ⇒ 24-JUN à 08-JUL-2020 – EXTRAÇÃO DOS TESTEMUNHOS.  
**ABRANGIDO:** • 14 a 28-JUL-2020 – PREPARAÇÃO DE CORPOS DE PROVA, E DAS AMOSTRAS, PARA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS DO ESCOPO DA PROPOSTA APROVADA (256/2020).

.../Cont. Fl. 2

/...Cont. RELATÓRIO DE ENSAIO N°0875/2020 (Fl. 2/12)  
ENSAIOS TESTEMUNHOS DE CONCRETO – “EGT ENGa” – OBRA: PORTO DE IMBITUBA-SC

Prezados Senhores:

Dentro do escopo aprovado, procedemos à extração de amostras testemunhos do concreto da estrutura (“CAIS N°3, E PIER, DO PORTO DE IMBITUBA-SC”), no período compreendido entre os dias 24-junho a 8-julho-2020), de locais / pontos previamente demarcados pela “EGT” (croquis entregues), e realização dos ensaios previstos entre 14 e 28 de Julho de 2020. Seguem os resultados obtidos:

## FOTOGRAFIAS DOS TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DA ESTRUTURA:



Foram extraídos doze pares de testemunhos da estrutura (locais previamente determinados pela “EGT” / ver croquis). A foto acima mostra a parte destinada aos ensaios de resistência à compressão, adiante mostrados individualmente.



TESTEMUNHOS VIGAS DO CAIS.



TESTEMUNHOS VIGAS DO PIER.

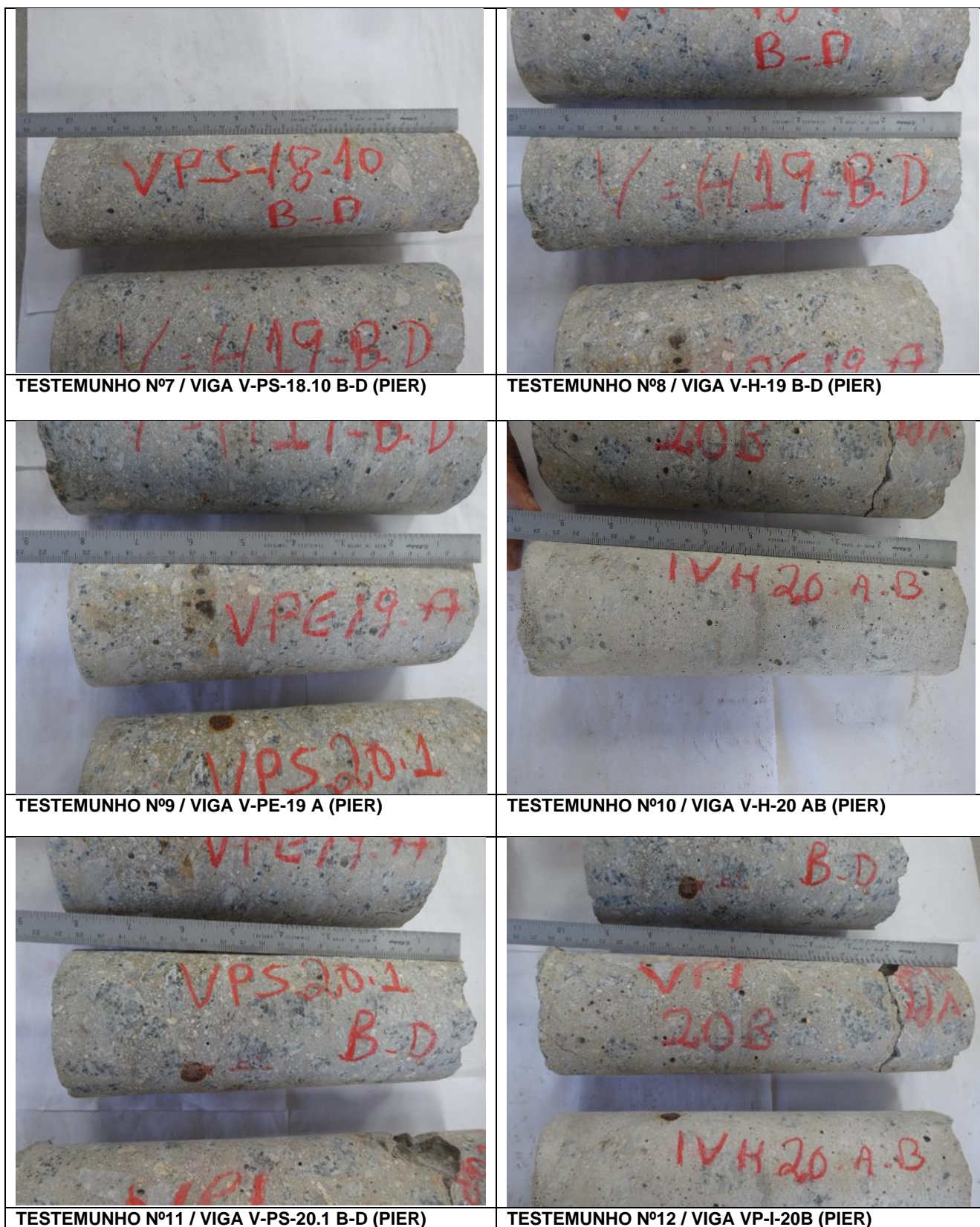
.../Cont. Fl. 3

/...Cont. **RELATÓRIO DE ENSAIO N°0875/2020** (Fl. 3/12)  
**ENSAIOS TESTEMUNHOS DE CONCRETO – “EGT ENGa” – OBRA: PORTO DE IMBUTUBA-SC**



.../Cont. Fl. 4

/...Cont. **RELATÓRIO DE ENSAIO N°0875/2020** (Fl. 4/12)  
**ENSAIOS TESTEMUNHOS DE CONCRETO – “EGT ENGa” – OBRA: PORTO DE IMBUTUBA-SC**



.../Cont. Fl. 5

## RESULTADOS:

### 1— ENSAIO À COMPRESSÃO DOS CORPOS DE PROVA TESTEMUNHOS – NBR 7680-1:2015:

⇒ CP's EXTRAÍDOS NO DIÂMETRO ( $\varnothing$ )= 74 ou 75mm

- PERÍODO DE EXTRAÇÃO DOS TESTEMUNHOS: 24-JUN à 08-JUL-2020
- DATA DE ENSAIO À COMPRESSÃO: 14-JULHO-2020.
- IDADE DO CONCRETO NÃO DECLARADA.



Corpos de prova preparados, para o ensaio de resistência à compressão (cais)



Corpos de prova preparados, para o ensaio de resistência à compressão (piér)

.../Cont. Fl. 6

/...Cont. **RELATÓRIO DE ENSAIO N°0875/2020** (Fl. 6/12)  
 ENSAIOS TESTEMUNHOS DE CONCRETO – “EGT ENGa” – OBRA: PORTO DE IMBUTUBA-SC

## QUADRO DE RESULTADOS - ENSAIO À COMPRESSÃO CP's TESTEMUNHOS:

CP N°	ELEMENTO LOCAÇÃO	Ø CP (mm)	Altura CP Cap. (mm)	Massa Específica Aparente Natural do Concreto (kg/m³)	Carga de Ruptura (kN)	Resistência à Compressão (NBR-7680-1) $f_{ci, ext}$ (MPa)
-------	------------------	-----------	---------------------	---	-----------------------	--

→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DA ESTRUTURA DO CAIS (TRECHOS I AO III DA ESTRUTURA)

→ SENTIDO DA EXTRAÇÃO: ORTOGONAL À DE LANÇAMENTO DO CONCRETO

01	VIGA VP-I-3C	74	147	2280	164,64	42,1
02	VIGA VP-S-3.4	74	142	2405	309,76	78,5
03	VIGA V-H-4	74	145	2350	152,04	38,9
04	VIGA V-PE-9A	74	103	2307	250,85	61,2
05	VIGA V-H-10	74	132	2264	94,73	23,8
06	VIGA V-PS-10.4	74	141	2275	191,81	48,6

→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DA ESTRUTURA DO PIER (TRECHO IV DA ESTRUTURA):

→ SENTIDO DA EXTRAÇÃO: ORTOGONAL À DE LANÇAMENTO DO CONCRETO

07	VIGA V-PS-18.10 B-D	75	149	2242	167,85	41,8
08	VIGA V-H-19 B-D	75	148	2211	175,26	43,6
09	VIGA V-PE-19 A	75	110	2194	192,86	46,3
10	VIGA V-H-20 AB	75	147	2240	206,69	51,5
11	VIGA V-PS-20.1 B-D	75	117	2277	157,60	37,8
12	VIGA VP-I-20B	75	142	2196	145,00	35,8
<b>MÉDIAS →</b>				<b>2270 kg/m³</b>		<b>45,8MPa</b>

OBS.: ⇒ Os testemunhos foram cortados no esquadro, e tiveram os topos retificados numa máquina de fresagem. O rompimento dos corpos de prova preparados, foi realizado numa máquina universal de ensaios servo-hidráulica computadorizada “EMIC”, modelo MUE-1000 / N°10611 – SÉRIE-061, dotada de célula eletrônica de carga para 1000kN / software “TESC-EMIC”, aferida em 09-Agosto-2019 (“Certificado de Calibração N° 190809.02-JS”).

.../Cont. Fl. 7

/...Cont. RELATÓRIO DE ENSAIO N°0875/2020 (Fl. 7/12)  
ENSAIOS TESTEMUNHOS DE CONCRETO – “EGT ENGa” – OBRA: PORTO DE IMBITUBA-SC



Ruptura do corpo de prova testemunho da VIGA V-PI-3C, submetido ao ensaio de resistência à compressão.



Corpos de prova pós ensaiados à compressão.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO OBTIDOS: (NBR-7680 / NBR-6118 / NBR-12655):

⇒ 12 CP's TESTEMUNHOS ENSAIADOS:

- ✓ Resistência Média à Compressão= 45,8MPa
- ✓  $f_{ci_{ext,pot}}$ = 78,5MPa
- ✓ Resistência Característica estimada efetiva ( $f_{ck_{ext,seg}}$ )= 45,8MPa.

## PARECER S/ AS CONDIÇÕES DO CONCRETO NA ESTRUTURA:

⇒ A análise dos doze pares de testemunhos extraídos, revelou que todos têm composição e compacidade semelhantes, apesar da variação observada na massa específica (2194 a 2405kg/m<sup>3</sup>), e na resistência (23,8 a 78,5MPa), constituída de cerca de 50% de argamassa, com emprego de areia natural média grossa, e 50% de agregado graúdo (pedra britada de natureza granítica), com distribuição granulométrica das partículas entre 5mm (em parte grânulos grossos da areia / pedregulhos) e 35mm. A resistência característica estimada efetiva do concreto, resultou para a amostragem realizada, em 45MPa. Todavia, eliminando-se os extremos, dada a excessiva variação encontrada, se reduz para 40MPa, ao nosso ver mais coerente com a realidade desta estrutura.

.../Cont. Fl. 8

## 2— DETERMINAÇÃO DAS PROFUNDIDADES DE PENETRAÇÃO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO NO CONCRETO, PELO MÉTODO DA FENOLFETALEÍNA:

⇒ **VIGAS DO CAIS N°3, E PIER DE ATRACAÇÃO (IDADE= NÃO DECLARADA)**

AMOSTRA CP N°	ELEMENTO LOCAÇÃO	ESPESSURA (mm) DA CAMADA DE COBRIMENTO DE CONCRETO DISPONÍVEL SOBRE A ARMADURA	PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO (mm)
→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO CAIS (TRECHOS I AO III DA ESTRUTURA), EM SENTIDO ORTOGONAL AO DE LANÇAMENTO DO CONCRETO			
01	VIGA VP-I-3C	55	20
02	VIGA VP-S-3.4	50	12
03	VIGA V-H-4	60	20
04	VIGA V-PE-9A	60	02
05	VIGA V-H-10	45	40
06	VIGA V-PS-10.4	55	10
MÉDIAS (mm)⇒		55mm	17mm
DESVIO MÁX. RELATIVO (%)⇒		18,2%	135,3%
→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO PIER (TRECHO IV DA ESTRUTURA), EM SENTIDO ORTOGONAL AO DE LANÇAMENTO DO CONCRETO			
07	VIGA V-PS-18.10 B-D	55	30
08	VIGA V-H-19 B-D	60	25
09	VIGA V-PE-19 A	55	15
10	VIGA V-H-20 AB	55	20
11	VIGA V-PS-20.1 B-D	50	25
12	VIGA VP-I-20B	50	30
MÉDIAS (mm)⇒		55mm	24mm
DESVIO MÁX. RELATIVO (%)⇒		9,1%	37,5%

### ANÁLISE DOS RESULTADOS:

- ⇒ Os resultados das determinações das profundidades de penetração das frentes de carbonatação, resultaram baixos, tratando-se de concreto com bastante idade, e os cobrimentos disponíveis sobre as armaduras, favorecem a durabilidade, sob situação de forte agressividade ambiental (“CLASSE-IV da NBR-6118, por se tratar de “estrutura offshore”, com parte submersa, parte na variação de nível das marés, e parte aérea sujeita à respingos de água do mar). Quando se trata da predição da vida útil de serviço de uma estrutura de concreto, correlaciona-se características de compacidade, e espessura da camada de cobrimento de concreto sobre a armadura, com condições ambientais em que a obra se insere, considerados todos os efeitos sinérgicos combinados.
- ⇒ Para qualificação do estado de passivação do aço das armaduras, o caso em questão recomenda complementação com determinações de resistividade, e de potenciais de corrosão, para que se possa estabelecer metodologias de tratamento e proteção.

.../Cont. Fl. 9

**3- DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CLORETOS (EM  $C\ell^-$ ), E SULFATOS SOLÚVEIS (EM  $SO_4^{2-}$ ), NAS AMOSTRAS TESTEMUNHOS DE CONCRETO EXTRAÍDAS COM BROCA DA ESTRUTURA, CONFORME METODOLOGIA DA NBR-9917:2009**

**QUANTITATIVOS DOS TEORES DE CLORETOS E SULFATOS SOLÚVEIS, PRESENTES NAS AMOSTRAS TESTEMUNHOS DO CONCRETO, FATIADOS PARA OBTENÇÃO DE MATERIAL PARA ANÁLISE EM TRÊS PROFUNDIDADES (10mm / 30mm / 50mm):**

⇒  $C\ell^-$ , e  $SO_4^{2-}$ , EXPRESSOS EM MASSA mg/kg DE AMOSTRA, OBTIDOS NO CONCRETO PULVERIZADO PARA EXTRAÇÃO DOS RADICAIS SALINOS:

AM N°	IDENTIFICAÇÃO	TEOR DE CLORETOS ( $C\ell^-$ ) mg/kg	TEOR DE SULFATOS ( $SO_4^{2-}$ ) mg/kg
→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO CAIS (TRECHOS I AO III DA ESTRUTURA), EM SENTIDO ORTOGONAL AO DE LANÇAMENTO DO CONCRETO			
01	<u>VIGA VP-I-3C</u>		
	● PROFUND. 10mm →	660	2690
	● PROFUND. 30mm →	210	2240
02	● PROFUND. 50mm →	90	2170
	<u>VIGA VP-S-3.4</u>		
	● PROFUND. 10mm →	290	2535
03	● PROFUND. 30mm →	135	2650
	● PROFUND. 50mm →	40	2280
	<u>VIGA V-H-4</u>		
04	● PROFUND. 10mm →	730	2670
	● PROFUND. 30mm →	260	2500
	● PROFUND. 50mm →	115	2390
05	<u>VIGA V-PE-9A</u>		
	● PROFUND. 10mm →	340	2520
	● PROFUND. 30mm →	130	2450
06	● PROFUND. 50mm →	50	2480
	<u>VIGA V-H-10</u>		
	● PROFUND. 10mm →	980	2690
07	● PROFUND. 30mm →	450	2340
	● PROFUND. 50mm →	225	2310
	<u>VIGA V-PS-10.4</u>		
08	● PROFUND. 10mm →	615	2260
	● PROFUND. 30mm →	360	2200
	● PROFUND. 50mm →	220	2175

⇒  $C\ell^-$ , e  $SO_4^{2-}$ , EXPRESSOS EM mg/kg DE AMOSTRA, OBTIDOS NO CONCRETO PULVERIZADO PARA EXTRAÇÃO DOS RADICAIS SALINOS:

AM N°	IDENTIFICAÇÃO	TEOR DE CLORETOS ( $C\ell^-$ ) mg/kg	TEOR DE SULFATOS ( $SO_4^{2-}$ ) mg/kg
<b>→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO PIER (TRECHO IV DA ESTRUTURA), EM SENTIDO ORTOGONAL AO DE LANÇAMENTO DO CONCRETO</b>			
07	VIGA V-PS-18.10 B-D • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	590 230 140	2550 2310 2290
08	VIGA V-H-19 B-D • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	510 230 110	2490 2380 2360
09	VIGA V-PE-19 A • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	420 175 90	2430 2270 2260
10	VIGA V-H-20 AB • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	360 145 80	2710 2520 2450
11	VIGA V-PS-20.1 B-D • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	605 270 130	2530 2490 2470
12	VIGA VP-I-20B • PROFUND. 10mm → • PROFUND. 30mm → • PROFUND. 50mm →	660 540 165	2420 2380 2310

## INTERPRETAÇÃO / EXIGÊNCIAS NORMATIVAS (NBR's-6118, 9062, e 12655)

⇒ Trata-se de estrutura em contato direto com a água do mar, pelas variações das marés, ondas, e respingos, inserida portanto em ambiente fortemente agressivo, tratado pelas normas NBR-6118 e NBR-12655, para o qual a estratégia normalmente adotada é recomendar o emprego de grandes cobrimentos, e concreto de elevada compacidade, baixa difusibilidade aos íons cloreto, e resistência a sulfato. Todavia, dificilmente só o cuidado com a especificação do concreto será suficiente para garantia da durabilidade (vida útil normativa), numa estrutura em que o contato com cloreto é direto, sendo recomendadas, e atualmente adotadas, medidas adicionais de proteção, seja pelo uso de inibidores de corrosão, revestimentos de alto desempenho, e proteção catódica, que pode ser ativada a partir da chegada da frente de cloretos às armaduras. Os resultados obtidos nos presentes ensaios realizados nas faces laterais de vigas, indicam a presença de 40 a 225ppm de íons cloreto ao nível das armaduras, com cobrimentos disponíveis entre 45 e 60mm, que corresponde a 0,002 até 0,01% da massa de concreto, nível considerado não deletério. Todavia nas bases das vigas, mais sujeitas à fissuração, e próximas da água do mar, e com barras de bitolas mais grossas, principalmente na estrutura do pier, em que ocorrem processos adiantados de corrosão, os cobrimentos são pouco menores, e muito variáveis.

.../Cont. Fl. 11

- ⇒ Quanto às concentrações de sulfatos em  $SO_4^{2-}$ , os teores encontrados nas análises estão dentro de parâmetros normais decorrentes da composição original do concreto. Tratando-se de estrutura offshore, as superfícies (faces de fôrma) aéreas podem conter alguma impregnação de sulfato proveniente da evaporação natural do ambiente marinho (maresia), porém não se denotam nas laterais das vigas sintomas típicos de ataque químico ao concreto por sulfatos.

## 4– DETERMINAÇÃO DA PENETRAÇÃO DE ÁGUA SOB PRESSÃO, EM CONCRETO ENDURECIDO, SEGUNDO AS DIRETRIZES DO MÉTODO ABNT NBR-10787:2011

AMOSTRA IDENTIFICAÇÃO (CP TEST. N°)	Pressão (MPa)	Tempo submissão Pressão (horas)	Temperatura Média Amb. Laboratório (°C)	Umidade Relativa (%)	Manchas de Umidade Externas	Penetração Interna de Água (mm)
-------------------------------------	---------------	---------------------------------	---	----------------------	-----------------------------	---------------------------------

→ TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO CAIS (TRECHOS I AO III DA ESTRUTURA), EM SENTIDO ORTOGONAL AO DE LANÇAMENTO DO CONCRETO

VIGA VP-S-3.4 (CP TEST N°2)	0,1	48	23	66	Não houve	
	0,3	24	23	66	Não houve	
	0,7	4	23	66	Vazou	--
VIGA V-H-4 (CP TEST N°3)	0,1	24	23	66	Vazou	--
	0,3					
	0,7					
VIGA V-H-10 (CP TEST N°5)	0,1	7	23	66	Vazou	--
	0,3					
	0,7					
VIGA V-PS-10.4 (CP TEST N°6)	0,1	48	23	66	Vazou	--
	0,3					
	0,7					

**OBSERVAÇÃO: OS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE DOS TESTEMUNHOS EXTRAÍDOS DO PIER ENCONTRAM-SE EM ANDAMENTO**

## INTERPRETAÇÃO / EXIGÊNCIAS NORMATIVAS (NBR's-6118, 9062, e 12655)

- ⇒ Não se obteve performance satisfatória nos ensaios de permeabilidade à água sob pressão, em se tratando de concreto exposto a meio fortemente agressivo, do qual se requer compacidade, e baixa permeabilidade, além de baixa difusibilidade a gases e íons deletérios, esta última relacionada com outros fatores contributivos para refinamento dos poros e capilares do concreto, pela conversão de hidróxido de cálcio livre, em cristais silicato de cálcio hidratado. Os resultados dos ensaios muito provavelmente tiveram influência do tamanho das amostras testemunhos (75mm de diâmetro), frente à dimensão máxima das partículas do agregado graúdo (35mm).

## FOTOS ENSAIO DE PERMEABILIDADE:



CP's submetidos ao ensaio de permeabilidade à água sob pressão.

Curitiba, 31 de Julho de 2020.

Engº Mauro Teixeira de Freitas Bianco  
CREA-PR N°6979D / CREA-SC N°42466-3