

Estudo de durabilidade em ambiente marítimo de blocos de concreto com adição de fibras de aço

Alessandra Vieira Migliorini¹; André Tavares da Cunha Guimarães²; Bianca Pereira Moreira Ozório³; Maisson Tasca⁴

¹*Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica – FURG, Rio Grande, RS – alessandramigliorini@gmail.com*

²*Professor Doutor, Escola de Engenharia – FURG, Rio Grande, RS – atcg@vetorial.net*

³*Professora Mestre, Escola de Engenharia – FURG, Rio Grande, RS – bianca@net.crea-rs.org.br*

⁴*Graduando em Engenharia Civil Empresarial, Escola de Engenharia – FURG, Rio Grande, RS – maissontasca@yahoo.com.br*

RESUMO:

O presente projeto tem como propósito de estudo a possibilidade do uso de fibra para os blocos de contenção às ondas marinhas, de modo a influenciar na sua durabilidade. Mediante isso, e com o sucesso da utilização da fibra de aço em esgotos sanitários, seu uso tornou-se o mais indicado para o ambiente marítimo em questão. Tendo ciência que o concreto pode ser atacado até mesmo sem estar em contato com a água do mar – pois o ar deste ambiente, por si só, possui sais nocivos à pasta de cimento – foi feito um estudo baseado em ensaio de durabilidade com blocos expostos a intempéries (contendo cloreto na massa e sem adição do mesmo) e, dentro da mesma análise, ensaio de “molhagem e secagem” utilizando solução de NaCl para ativar na penetração dos íons cloretos, de modo a verificar visualmente a condição da fibra de aço e o comportamento de suas resistências após dois anos de idade.

PALAVRAS-CHAVE: ambiente marítimo, fibras de aço, resistência e durabilidade.

ABSTRACT:

This project aims to study the possibility of using fiber in the blocks of restraint to the sea waves, in order to influence in its durability. Considering this and the success of the use of steel fiber in sewage systems - a highly corrosive environment - its use, has become the most suitable for the marine environment in question. Having knowledge that the concrete can be damaged even without being in contact with sea water – because the air itself of this sort of environment, has harmful salts to the cement dough – a study was been done based on a durability test, using blocks exposed to the weather (containing chloride in the dough and without it) and, within the same analysis, testing "soaking / drying up" using NaCl-solution to enable the penetration of chloride ions in order to visually verify the condition of the steel fiber and the behavior of its resistance after being used for two years.

KEYWORDS: marine environment, fibres steel, resistance and durability.

1. INTRODUÇÃO

Visando diminuir custos com a confecção de novos blocos de concreto para reposição em estruturas de quebra-mar ou molhes, este estudo avalia elementos que influenciam na durabilidade e resistência dos blocos de concreto utilizados de contenção às ondas marinhas.

Mesmo sabendo que estas estruturas de concreto estão fortemente sujeitas a ação dos íons cloretos, principalmente, haja vista que os íons podem se deslocar com grande facilidade entre os poros do concreto, gerando o início do processo de corrosão [17] foi feita uma análise do uso da fibra de aço em blocos de concreto expostos ao ambiente marítimo. Acredita-se ainda ser um dos tipos de fibra mais adequado para o ambiente em questão.

Para isso, será analisada a ação da corrosão nas fibras e se estas serão absorvidas pelos blocos ou não, podendo até mesmo apresentar lascamento do elemento em questão. Juntamente, foram realizados ensaios para verificar a influência da fibra de aço na resistência do concreto, tais como: tração por compressão diametral e tração na flexão.

2. PATOLOGIAS

Em obras de quebra-mar, após a devida instalação, os blocos podem permanecer estáveis por um longo período de tempo. Porém, devido ao ataque químico do mar, à abrasão da areia transportada pela água, ou ainda, pelo simples atrito entre estes blocos, podem se tornar instáveis.

Sendo decorrente da violência das ondas, desgaste do material, mal intertravamento dos blocos ou desmoronamento do terreno, os blocos podem apresentar fraturas, decepamento ou até mesmo descaracterização da sua carcaça.

3. CONTRIBUIÇÃO PARA A DURABILIDADE DOS BLOCOS DE CONCRETO UTILIZADOS EM CARAPAÇA DE MOLHES

Uma contribuição para a durabilidade destes blocos seria o aumento de seu peso, tornando-os mais robustos e propícios a menores deslocamentos. Isto acarretaria num maior consumo de concreto e, conseqüentemente em maiores gastos de confecção e de tempo de deslocamento, aumentando também o custo com transporte e manuseio destes blocos.

Outra solução seria a adição de fibras ao concreto, tornando-o mais resistente a fim de evitar a quebra brusca do material.

De acordo com a bibliografia pesquisada [15] a fibra de aço seria a mais adequada para tal situação, pois devido análise de projetos e trabalhos já publicados, este tipo de fibra aumenta consideravelmente a resistência à tração. Entretanto, há necessidade de verificar sua durabilidade em ambiente marítimo, devido ao alto índice de cloretos nessa região.

4. ADIÇÃO DE FIBRAS DE AÇO AO CONCRETO

As fibras inibem a propagação de fissuras no composto cimentício, atuando como obstáculo ao interceptarem as microfissuras que surgem durante o endurecimento da pasta e evitando o aparecimento prematuro das microfissuras. No concreto endurecido, limitam o comprimento e a abertura das fissuras, diminuindo também a permeabilidade do concreto já fissurado, melhorando assim sua durabilidade.

Analisando um concreto simples (sem fibras), como apresentado abaixo, uma fissura irá formar uma barreira à propagação das tensões. O desvio dessas linhas irá implicar numa concentração nas proximidades das fissuras, podendo ocasionar a ruptura abrupta do material e caracterizando assim, um comportamento tipicamente frágil. Devido à utilização das fibras (Figura 1), estas acabam servindo de ponte para a transferência de tensões e, a concentração de tensões é, minimizada [18].

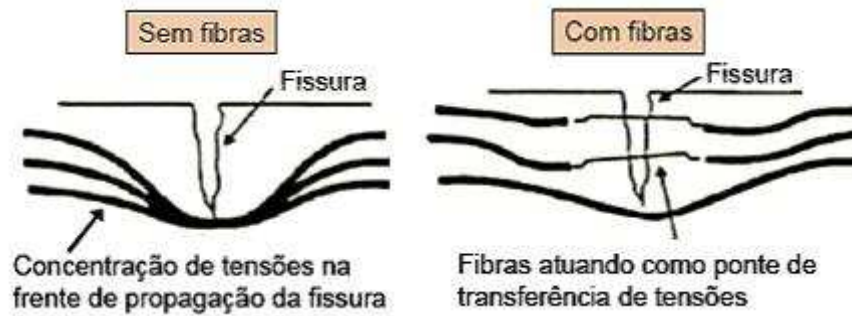


Figura 1 – Mecanismo de controle de propagação das fissuras [18].

As fibras podem ser adicionadas às matrizes com base de cimento como reforço primário ou secundário. O reforço primário é utilizado em produtos onde não apresentam as barras de aço convencionais. Nestas aplicações, as fibras atuam para aumentar tanto a resistência quanto a ductibilidade do material. O reforço secundário, utilizado em lajes, pavimentos e tubos de concreto para esgotos sanitários, apresenta a finalidade de controlar e reduzir a fissuração gerada [11].

Se as fibras forem suficientemente resistentes, bem aderidas à matriz cimentícia e, em grande quantidade, estas ajudarão a manter pequena a abertura das fissuras e permitirão ao concreto reforçado com fibras resistir a tensões de tração bem elevadas, com grande capacidade de deformação no estágio pós-fissuração (o chamado “*strain softening*”) [19].

O maior benefício obtido em reforçar uma matriz frágil com fibras é o de alterar o seu comportamento após a fissuração. O compósito, ao invés de romper-se após o início da fissura da matriz, pode apresentar uma deformação plástica considerável, tornando-o assim um material adequado para a construção. Para que isso aconteça, as fibras devem ser adicionadas em volume, comprimento e formatos adequados [12].

5. ESTUDO DA FIBRA

Seu uso difundiu-se na década de 80 e, desde então são muito utilizadas em pavimentos rodoviários, aeroportos, estradas ou túneis de estradas, ferrovias, concreto projetado para túneis [13], escoramentos de escavações subterrâneas e a céu aberto, em pré-moldados e estruturas de concreto armado convencional [9], com o objetivo de diminuir a espessura das lajes e reduzir a fissuração.

O Concreto Reforçado com Fibras de Aço (CRFA) é um compósito caracterizado por apresentar cimento hidráulico, agregados graúdos e miúdos e, pequenas fibras de aço dispersas e descontínuas.

Além de proporcionar a diminuição das fissuras, as fibras de aço possuem alta resistência e alto módulo de elasticidade. Atuam como reforço do concreto endurecido, podendo até substituir total ou parcialmente as telas e barras de aço usadas convencionalmente em algumas concretagens, tornando-as mais eficiente, econômica, e de fácil e rápida aplicação quando comparada as soluções tradicionais [11].

Nos últimos trinta anos, estudos realizados comprovam que as fibras de aço são altamente eficazes na substituição das armaduras convencionais. Em drenagens pluviais, bueiros, travessias [14], e até mesmo tubos para esgoto sanitário onde o ambiente é propício a contaminação e desgastes por efluentes químicos, o concreto com fibras apresenta uma significativa capacidade de suporte pós-fissuração e ótimos ganhos de durabilidade [16].

6. NORMALIZAÇÃO BRASILEIRA

Visando a padronização para tal estudo, foram publicadas pela ABNT em 2007, quase que simultaneamente a especificação de fibras de aço e a atualização da norma *NBR 8890 – Tubo de concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários* [10].

Intitulada “*Fibras de aço para concreto – Especificação*” segundo a *NBR 15530:07* a classificação para as fibras de aço dimensiona os padrões mínimos: sua forma geométrica, tolerância aos defeitos de fabricação, resistência à tração e, também, ao dobramento das fibras. Todavia, esta norma é estabelecida apenas ao produto final, não enfatizando o desempenho da mesma quando adicionada ao concreto, pois isso depende do consumo de fibras e da resistência da matriz [11].

7. EXPERIMENTOS

O objetivo deste trabalho é estudar a durabilidade do concreto com fibra de aço, analisando seu comportamento ao longo de dois anos quanto à oxidação da fibra e seus efeitos em relação a manchas, lascamento, fissuração e suas propriedades mecânicas (resistência por compressão diametral e tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos).

7.1. Ensaio de durabilidade

O termo durabilidade de um material refere-se ao seu tempo de vida útil sob condições ambientais pré-estabelecidas, ou seja, a durabilidade do concreto de cimento Portland é definida como a sua capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração [14].

O traço do concreto utilizado nestes experimentos foi de 1:2,12:2,88 (c:a:b), com relação $a/c = 0,54$, de modo a obter-se uma resistência próxima a dos Tetrápodes utilizados nos molhes da barra de Rio Grande durante a sua recuperação na década de 1990 [16].

Foram realizadas duas “betonadas”: a primeira com adição da fibra de aço e 1% de cloreto de sódio (NaCl) em relação ao peso do cimento – destinada para armazenamento e desgaste ao ar livre, conforme Fig. 2.

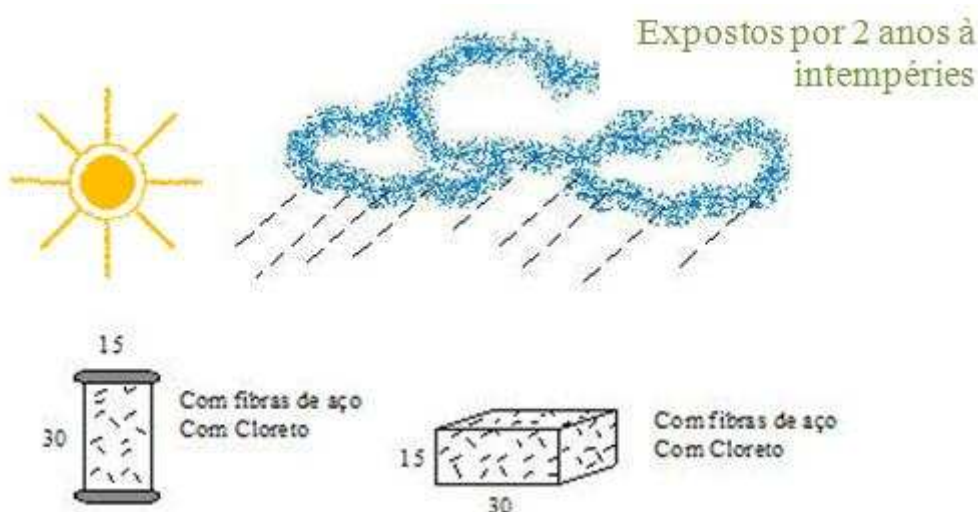


Figura 2 – Exposição natural do concreto com fibra de aço.

Por fim, na segunda betonada, utilizou-se somente a fibra de aço para a submissão de banhos de “molhagem e secagem” em laboratório.

Para tais, foram realizados os respectivos ensaios de caracterização do material.

7.1.1. Materiais

7.1.1.1 Cimento

O cimento utilizado foi o CP-IV-32.

Foram realizados ensaios de módulo de finura, pasta de consistência normal, tempo de pega, densidade e compressão. Os resultados são apresentados nas tabelas abaixo.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização do cimento.

Ensaio	Norma ABNT	Resultados
<u>Módulo de Finura</u>	NBR MB 3432 (1991)	F = 0,58%
<u>Pasta de Consistência Normal</u>	NBR NM 43 (2003)	A = 33% de água
<u>Tempo de Pega</u>	NBR NM 43 (2003)	Início de Pega = 5:40 hrs Fim de pega = 8:16 hrs
<u>Densidade</u>	NBR NM 23 (2001)	Média das leituras = 2,73

Tabela 2 – Resistência à compressão dos cp's [MPa] [2].

	3 dias	7 dias	28 dias
CP 1	14,92	17,82	25,97
CP 2	17,42	21,39	31,83
CP 3	17,21	19,45	34,63
CP 4	19,25	20,68	33,61
CP 5	17,42	21,39	26,23
CP 6	15,07	21,29	32,34
Média	16,88	20,34	30,77

Nota-se que o cimento não alcança a resistência mínima exigida por norma de 32 MPa, no entanto para efeito de observação do benefício das fibras, este fato não prejudica a análise final.

7.1.1.2. Areia

As amostras foram secas por 24 horas em estufa a 100°C.

A Tab. 3 apresenta a média da quantidade de material retido por cada uma das malhas.

Tabela 3 – Média granulométrica da areia [8].

MÉDIA GRANULOMÉTRICA DA AREIA					
PENEIRAS		Amostra MATERIAL [g]	%	%	%
Nº	Aberturas em mm		Retido	Acumulado	Retido acumulada
3/8"	9,5	0	0	100	0
4	4,8	4,15	0,34	99,66	0,34
8	2,4	65,71	5,46	93,2	5,8
16	1,2	321,42	26,71	67,49	32,51
30	0,6	387,75	32,22	35,33	64,72
50	0,3	287,75	23,91	11,37	88,63
100	0,15	118,55	9,85	1,52	98,48
200	0,075	10,56	0,87	0,65	99,35
Resíduo		7,78	0,65	0	100
TOTAIS		1203,68	100	100	489,83

A Tab. 4 apresenta o resultado dos ensaios de massa específica absoluta, massa específica aparente e impurezas para a caracterização da areia.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de caracterização da areia.

Ensaio	Norma ABNT	Resultados
<u>Massa Específica Absoluta</u>	NBR NM 52 (2003)	$g = 2,60 \text{ g/cm}^3$
<u>Massa Específica Aparente</u>	NBR NM 52 (2003)	$g = 1,54 \text{ g/cm}^3$
<u>Impurezas</u>	NBR NM 49 (2001)	superior a 300 partes por milhão

7.1.1.3. Brita

O agregado graúdo utilizado foi brita 1.

As amostras foram secas em estufa para a realização do experimento.

A Tab. 5 apresenta a média da quantidade de material retido por cada uma das malhas.

Tabela 5 – Média granulométrica da [8].

MÉDIA GRANULOMÉTRICA DA BRITA					
PENEIRAS		Amostra	%	%	%
Nº	Aberturas em mm	MATERIAL [g]	Retido	Acumulado	Retido acumulada
	76	0	0	100	0
	38	0	0	100	0
	19	30,09	0,6	99,4	0,6
3/8"	9,5	4030,15	80,79	18,61	81,39
4	4,8	746,55	14,97	3,64	96,35
8	2,4	75,43	1,51	2,13	97,87
16	1,2	18,7	0,37	1,76	98,24
30	0,6	11,58	0,23	1,53	98,47
50	0,3	8,27	0,17	1,36	98,64
100	0,15	18,02	0,36	1	99
	< 0,15	49,88	1	0	100
TOTALS		4988,64	100	100	870,57

A Tab. 6 apresenta o resultado dos ensaios de massa específica absoluta e massa específica aparente para a caracterização da brita.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de caracterização da brita.

Ensaio	Norma ABNT	Resultados
Massa Específica Absoluta	NBR NM 53 (2003)	$g = 2,68 \text{ g/cm}^3$
Massa Específica Aparente	NBR NM 53 (2003)	$g = 1,33 \text{ g/cm}^3$

7.1.1.4. Água

A água utilizada é potável, proveniente da rede de abastecimento da Companhia Rio-Grandense de Abastecimento (CORSAN), da cidade de Rio Grande.

7.1.1.5. Fibra

Foi utilizada no estudo uma única fibra de aço com ancoragem em gancho. De formato longitudinal igual a 60 mm, uma seção transversal de 0,75 mm e fator de forma de 80.

O teor utilizado foi de 30 kg de fibra por metro cúbico de concreto, o equivalente a 4600 g de aço à mistura. A quantidade de fibra foi selecionada a partir da revisão da literatura pesquisada de estudos preliminares.



Figura 3 – Fibras de aço utilizadas no ensaio.

A fibra de aço é da marca Harex KSF 60 / 0,75 produzida pela Vulkan do Brasil Ltda.

7.1.1.6. Aditivo

Utilizou-se nos ensaios o aditivo plastificante multifuncional TEC-MULT 440 LF, da marca Rheotec, pronto para o uso e isento de cloretos.

Este aditivo, usado corretamente, proporciona ao concreto grande redução do teor de ar incorporado, melhora a trabalhabilidade e o aumento na resistência final, proporcionando uma maior durabilidade.

7.1.2. Ensaio de exposição à intempéries

Para este ensaio, os corpos-de-prova foram submetidos a intempéries expostos no Campus Cidade da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, no qual foram feitos ensaios para a verificação da sua resistência após 90 e 730 dias de concretados.



Figura 4 – Estocagem dos corpos-de-prova expostos a intempéries.

7.1.3. Ensaio de “secagem e molhagem”

O efeito de secagem e molhagem tem capacidade de aumentar a intensidade de ataque por cloretos nos corpos-de-prova.

Para isso, os blocos foram imersos em solução de cloreto de sódio a uma concentração de 3%, ficando lá por quatro dias, com a finalidade de ativar a penetração dos íons. Após esse

período passaram por um processo de secagem nos três dias correntes, no mesmo ambiente, completando ciclos semanais.

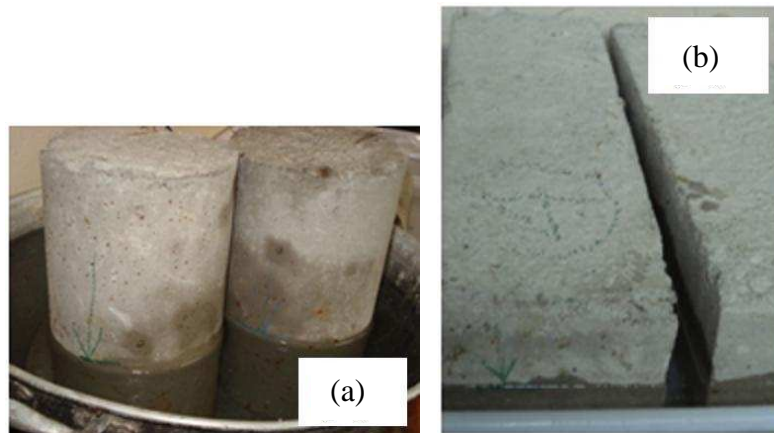


Figura 5 – Cp's em processo de molhagem para os ensaios de verificação da resistência à: (a) compressão diametral e (b) tração na flexão.

As primeiras resistências foram obtidas aos 90 dias, tendo a continuidade do ensaio até os 2 anos de idade.

8. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados visando comparar o desempenho do concreto com fibras de aço (teor de 30%) nas datas de 90 dias e 730 dias (2 anos) de ensaio. O objetivo deste ensaio é observar se há perda de resistência até os 2 anos e, visualmente, se há fissuração, lascamento ou manchas. No caso em que houver somente manchas, será observado se o produto da corrosão foi absorvido pela rede de poros do concreto, ou se a expansão desta poderá provocar fissuras.

8.1. Resultados do ensaio de exposição à intempéries

As tabelas abaixo apresentam os resultados dos ensaios para os blocos expostos à condições de intempéries diversas.

Tabela 7 – Resultados dos ensaios de compressão diametral aos 90 e 730 dias de blocos expostos à intempéries

		Betonada 1 – Diametral [MPa]			
		90 dias		730 dias	
		Carga	ft,D	Carga	ft,D
CP 1		19100	2,69	21800	3,08
CP 2		21000	2,98	24200	3,42
		Média = 2,83		Média = 3,25	

Tabela 8 – Resultados dos ensaios de tração na flexão aos 90 e 730 dias de blocos expostos à intempéries

Betonada 1 - Tração na Flexão [MPa]						
90 dias			730 dias			
	Carga	Terço	FctM	Carga	Terço	FctM
P 1	2620	médio	3,88	4600	médio	6,13
P 2	3300	médio	4,88	4200	médio	5,60
			Média = 4,38			
				Média = 5,87		

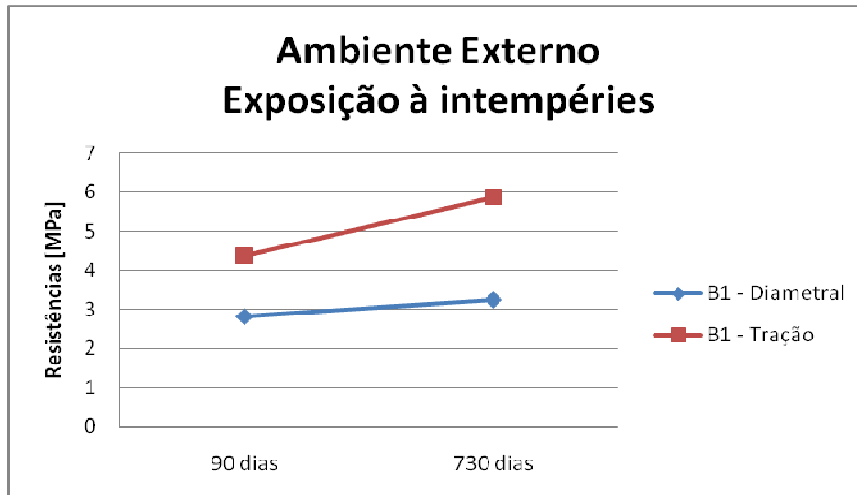


Figura 6 – Análise das resistências dos corpos-de-prova expostos ao ambiente marítimo.

De acordo com o gráfico apresentado e considerando as médias obtidas, pode-se notar que a resistência à compressão diametral aumentou em 14,84% no intervalo de 640 dias e a resistência à tração na flexão obteve um acréscimo de 34,02% para o mesmo período. Não foi verificado, em momento algum, perdas de resistência com os corpos-de-prova com adição de fibras de aço e 1% de NaCl na massa do concreto, quando sujeitos à exposição ao ambiente marítimo.



Figura 7 – Análise visual do corpo-de-prova exposto à intempéries.

Com a análise visual realizada nos corpos-de-prova, pode-se verificar uma pequena quantidade de manchas providas da oxidação das fibras de aço. Estas manchas, por serem em

pequenas quantidades e somentes superficiais foram absorvidas pela rede de poros do concreto.

8.2. Resultados do ensaio de “secagem e molhagem”

As tabelas abaixo apresentam os resultados dos ensaios para os blocos sujeitos ao ensaio controlado de “secagem e molhagem”.

Tabela 9 - Resultados dos ensaios de compressão diametral aos 90 e 730 dias dos blocos sujeitos a secagem e molhagem cíclicas

Betonada 2 - Diametral [MPa]				
90 dias			730 dias	
	Carga	ft,D	Carga	ft,D
CP 1	22800	3,22	27100	3,83
CP 2	21800	3,08	21850	3,09
	Média = 3,15		Média = 3,46	

Tabela 10 - Resultados dos ensaios de tração na flexão aos 90 e 730 dias dos blocos sujeitos a secagem e molhagem cíclicas

Betonada 2 - Tração na Flexão [MPa]						
90 dias			730 dias			
	Carga	Terço	FctM	Carga	Terço	FctM
P 1	3580	médio	4,77	4200	médio	5,60
P 2	3640	médio	4,85	4300	médio	5,73
	Média = 4,81			Média = 5,66		

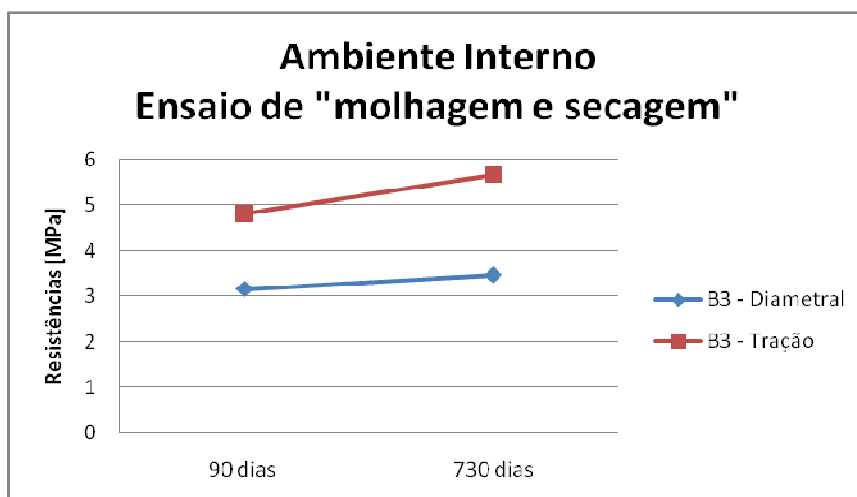


Figura 8 – Análise das resistências dos corpos-de-prova armazenados em ambiente interno controlado.

De acordo com o gráfico apresentado e considerando as médias obtidas, pode-se notar que a resistência à compressão diametral aumentou em 9,84% no intervalo de 640 dias e a

resistência à tração na flexão obteve acréscimo de 17,67% para o mesmo período. Novamente, não foi constatado perdas de resistência com os corpos-de-prova com adição de fibras de aço mesmo quando sujeitos ao ensaio de molhagem e secagem acelerada.



Figura 9 – Análise das manchas em cp sujeito ao ensaio de compressão diametral.

Conforme a Fig. 9 apresentada, pode-se constatar que a quantidade maior de manchas providas da oxidação das fibras de aço encontrou-se na zona em que o corpo-de-prova não estava sujeito a ação de molhagem e secagem, e sim, a parte que ficou fora da água.



Figura 10 – Análise visual da situação das fibras de aço no interior do concreto.

De acordo com a figura acima (Fig. 10) foi possível analisar que no interior dos corpos-de-prova analisados não se obteve manchas de oxidação – sendo estas somente superficiais, não comprometendo assim, a resistência do bloco.

8.3 Comparativo entre os resultados

A Fig. 11 apresenta os resultados comparativos entre o ambiente externo e interno.

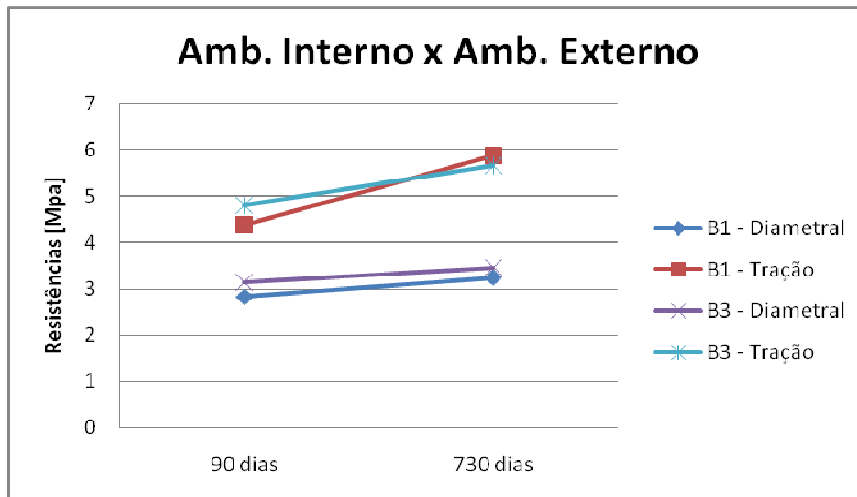


Figura 11 - Comparação dos ensaios de compressão diametral e tração na flexão aos 90 e 730 dias em ambiente interno e externo

Analisando o gráfico acima, para os 90 dias de ensaio, com relação a análise por compressão diametral, pode-se verificar um aumento na resistência de 11,31% do ambiente interno para o externo. Já aos 730 dias de ensaio, esta resistência ficou 6,46% superior também no ambiente interno “controlado”.

Para o ensaio de tração na flexão, aos 90 dias, o ambiente interno obteve um acréscimo na resistência de 9,82% com relação ao ambiente externo. Porém, para os 2 anos de ensaio, o ambiente externo obteve acréscimo de 3,58% em relação aos ensaios de “secagem e molhagem” semanais.

Embora a pigmentação por ferrugem ter sido aparentemente o dobro no ambiente interno, esta não comprometeu a resistência do concreto. Para o mesmo concreto analisado em diferentes ambientes, pode-se constatar que os corpos-de-prova expostos à intempéries não sofreram com as condições climáticas e, os CP’s armazenados em laboratório, em constantes ensaios de imersão em cloreto de sódio à 3% e secagem no mesmo local, não depreciaram tanto na sua durabilidade e resistência.

REFERÊNCIAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. MB 3432: Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 μm (nº 200). (Procedimento). Rio de Janeiro, julho de 1991. 3 págs.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. (Procedimento). Rio de Janeiro, dezembro de 1996. 8 págs.
3. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. (Procedimento). Rio de Janeiro, maio de 2001. 5 págs.
4. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 43: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal. (Procedimento). Rio de Janeiro, julho de 2002. 16 págs.
5. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 49: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. (Procedimento). Rio de Janeiro, 2001. 9 págs.

6. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. (Procedimento). Rio de Janeiro, julho de 2003. 6 págs.
7. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. (Procedimento). Rio de Janeiro, julho de 2003. 8 págs.
8. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. (Procedimento). Rio de Janeiro, julho de 2003. 6 págs.
9. ABTC – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto. Soluções de Infra-Estrutura em Tubos de Concreto. CD-ROM. Setembro, 2003.
10. CONCRETO/50. Revista CONCRETO e construções. Aço em Obras de Concreto. A nova normalização brasileira sobre fibras de aço. IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Ano XXXVI. Nº 50. Abr, mai, jun, 2008. Págs: 67 – 75.
11. FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. Concreto com fibras. Concreto – Ensino, Pesquisas e Realizações. IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. Anais. Cap. 39. Págs: 1195 – 1225. São Paulo, 2005.
12. FUGII, A. P., AKASAKI, J. L., SALLES, F. M., Tubos de concreto reforçados com fibras de aço. Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2007 – 49CBC0162. IBRACON. Bento Gonçalves, 2007.
13. MACCAFERRI. Página eletrônica. Disponível site: <www.maccaferri.com.br>. Acessado em: 16, fevereiro de 2009.
14. MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M.; Concreto: Estrutura, propriedades e materiais. Editora Pini Ltda. São Paulo, novembro de 1994. 573 págs.
15. MIGLIORINI, Alessandra Vieira; Estudo para fibras em blocos de concreto utilizados em carapaça de molhes de barra. Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Civil – FURG. Rio Grande, 2007.
16. RAMOS, M. F.; PINTO JÚNIOR, N. O. P.; FRANCO, B. L. M.; Avaliação de tubos de concreto reforçado com fibras de aço submetidos ao ensaio de compressão diametral. Anais do 49º Congresso Brasileiro do Concreto – CBC2007 – 49CBC0026. IBRACON. Bento Gonçalves, 2007.
17. SANTOS, L.; CARVALHO, A. L. de; CARDOSO, R. J. de C.; SOUZA, C. A. C. de; TACHARD, A. L. R.; MACHADO, A. T.; Avaliação do grau de penetração do cloreto no concreto de cimento Portland contendo pó de aciaria elétrica. Universidade Federal da Bahia/EP. Disponível site: <http://www.abraco.org/23sconc.htm>. Acessado dia: 22, fevereiro de 2009.
18. SCOARIS, M. R.; BARBOSA, M. P.; PINTO JR., N. O; Avaliação da resistência e rigidez de concretos reforçados com fibras submetidas à cura térmica pelo método da maturidade. e-Mat - Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção Civil. Vol. 2, nº2, págs. 127-141. Novembro, 2005.
19. THOMAZ, Eduardo C. S.; Concreto reforçado com fibras – Mito e Realidade. Notas de aula. Instituto Militar de Engenharia (IME). Rio de Janeiro. Págs. 1-13.