

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DA OXIDAÇÃO SUPERFICIAL EM AÇO CA-50 EXPOSTO EM DUAS CLASSES DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL NA ADERÊNCIA AÇO-CONCRETO

Willian Jacob Burin (1), Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)will_jacob@hotmail.com, (2) avargas@unesc.net

RESUMO

O concreto armado é formado pela união entre concreto e aço. Essa união só é possível devido à aderência existente entre esses dois materiais. Porém, o armazenamento de barras de aço, se não atender as prescrições normativas, pode interferir nessa aderência das barras com o concreto em estruturas de concreto armado. Nesse contexto, esse estudo avalia o comportamento de barras expostas por diferentes períodos em duas cidades com classe de agressividade ambiental distintas. Foram expostas 40 barras de 60 cm de comprimento e diâmetro 12,5 mm em cada cidade por um período de até 225 dias e, posteriormente, moldados 10 corpos de prova cúbicos para cada grupo. O ensaio utilizado para avaliar a aderência foi o *Pull-Out Test*, de acordo com a norma RILEM (1983). Como resultado, considerando as condições propostas nesse estudo, podemos afirmar que não houve alteração na aderência aço-concreto para as duas classes de agressividade ambiental estudadas.

Palavras-Chave: Aderência. Concreto Armado. Pull-Out Test.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é um compósito formado da união entre concreto e aço. Sua ampla utilização na indústria da construção civil pode ser justificada por diversos fatores. Entre eles estão as técnicas de execução difundidas e compreendidas, a durabilidade elevada e, em diversas situações, competitivo com estruturas de aço em termos econômicos (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

A grande gama de aplicação do concreto armado só é possível graças às suas propriedades mecânicas. Os esforços de compressão são suportados pelo concreto, enquanto que as solicitações de tração são atendidas pelo aço. Mas os dois materiais trabalham de forma conjunta, e o que garante isso é a aderência presente na interface entre aço e concreto (SILVA, 2010).

De acordo com Leonhardt e Mönning (1977), existem três tipos de aderência: Aderência por Adesão, Aderência por Atrito e Aderência Mecânica. A aderência por adesão provém da existência de uma ação de colagem entre o aço e a nata de cimento. Já a aderência por atrito acontece entre o aço e o concreto depois de rompida a adesão, desde que existam pressões transversais às armaduras. Ao passo que a aderência mecânica trabalha através de engrenamento mecânico, ou seja, por conta das nervuras da barra, formam-se consolos de concreto que são solicitados ao corte antes que a barra deslize.

Para que a aderência aconteça de forma esperada e a solidariedade entre aço e concreto exista, as barras de aço devem possuir boas condições de uso. Segundo a NBR 14931:2004:

A superfície da armadura deve estar livre de ferrugem e substâncias deletérias que possam afetar de maneira adversa o aço, o concreto ou a aderência entre esses materiais. Armaduras que apresentem produtos destacáveis na sua superfície em função de processo de corrosão devem passar por limpeza superficial antes do lançamento do concreto.

A NBR 14931:2004 diz ainda que após limpeza, deve ser realizada uma avaliação nas condições da armadura, em especial observar a ocorrência de redução de seção. Além disso, a norma também prescreve que armaduras levemente oxidadas, expostas ao tempo em ambientes com classe de agressividade ambiental fraca ou moderada por até três meses, sem produtos destacáveis em seu comprimento e sem redução de seção, podem ser aplicadas em estruturas de concreto sem problema algum.

A oxidação é uma reação química que causa a perda de elétrons, podendo ocorrer na superfície do aço. A partir da oxidação, pode-se desenvolver a corrosão, resultando na perda de material. De acordo com Caetano (2008), para que o processo corrosivo se desenvolva, é necessário que três fatores estejam presentes: um eletrólito (água), uma diferença de potencial (diferença de umidade, aeração, concentração salina) e oxigênio.

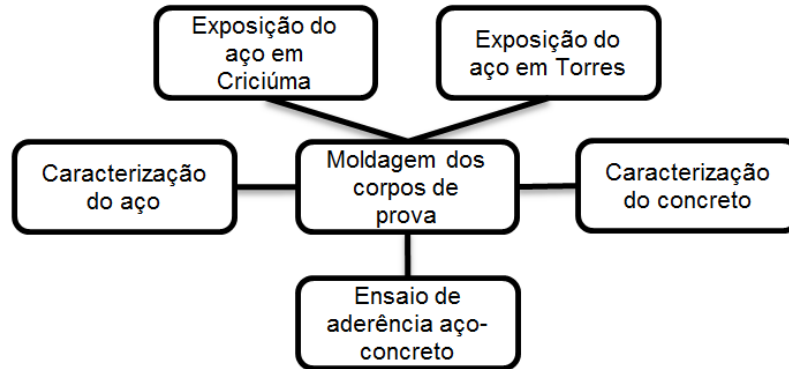


Nesse contexto e considerando que cuidados preconizados nem sempre são respeitados, este estudo tem como objetivo avaliar experimentalmente a influência da oxidação superficial na aderência aço-concreto em barras de aço CA-50, com diâmetro igual a 12,5 mm, expostas a intempéries. As classes de agressividade ambiental na qual foram expostas as barras são: moderada e forte, encontradas em Criciúma-SC e Torres-RS (cidade litorânea), respectivamente. Os períodos de exposição em cada cidade foram de: 45, 90, 135, 180 e 225 dias. Foi ainda tomado como referência barras do mesmo aço e mesmo diâmetro sem exposição ao tempo. O ensaio utilizado neste trabalho foi por arrancamento simples, do tipo *Pull-Out Test*, de acordo com os procedimentos da norma RILEM/CEB/FIP RC6 (CEB, 1983), que permite avaliar a aderência entre o aço e o concreto que, de acordo com Caetano (2008), se constitui numa excelente ferramenta para análises comparativas entre diferentes tipos de concreto, barra e cenário. O laboratório utilizado foi o laboratório de mecânica da UNESC.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo, foram produzidos 55 corpos de prova (CP) em formato cúbico, sendo 25 com aço exposto a intempéries na cidade de Criciúma, 25 em Torres e 5 com aço sem exposição, para serem utilizados como referência. O aço utilizado foi o CA-50 com diâmetro de 12,5 mm. Todas as barras utilizadas não apresentavam oxidação superficial aparente antes da exposição. Nas medições e pesagens dos materiais necessários, foram utilizados paquímetro e balança digitais. O ensaio de aderência aço-concreto utilizado foi do tipo *Pull-Out Test*, seguindo as recomendações da RILEM RC6: 1983. O fluxograma da Figura 1 apresenta os processos realizados até o ensaio.

Figura 1 – Fluxograma dos processos até o ensaio de aderência.



Fonte: Do autor, 2016.

2.1 EXPOSIÇÃO DO AÇO A INTEMPÉRIES

Foram dispostas 80 barras de aço CA-50 com diâmetro de 12,5 mm e comprimento igual a 60 cm nas cidades de Criciúma (classe de agressividade ambiental moderada) e Torres (classe de agressividade ambiental forte), 40 peças em cada cidade. O local escolhido foi em espaço aberto, com exposição total a intempéries, simulando o armazenamento em obra conforme mostra a Figura 2. A exposição do aço se procedeu em cinco intervalos de tempo distintos: 45, 90, 135, 180 e 225 dias, 8 barras para cada intervalo em cada um dos locais de exposição.

Figura 2 – Forma de exposição do aço a intempéries.

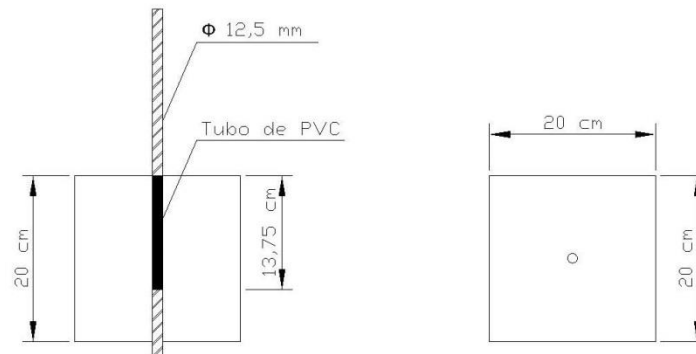


Fonte: Do autor, 2016.

2.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Para a moldagem dos corpos de prova, foram seguidas as dimensões indicadas pela RILEM/CEB/FIP RC6 (CEB, 1983), formato cúbico com 20x20x20 cm e comprimento de ancoragem da barra igual a cinco vezes seu diâmetro, conforme detalhamento da Figura 3. As fôrmas foram confeccionadas utilizando tábuas de madeira do tipo pinus de espessura igual a 25 mm, parafusadas e com duas perfurações em lados opostos para inserção da barra. Para se atender ao comprimento de ancoragem prescrito pela norma RILEM, foi utilizado tubo de PVC com diâmetro interno igual ao da barra, posicionado na zona de não aderência do aço com o concreto.

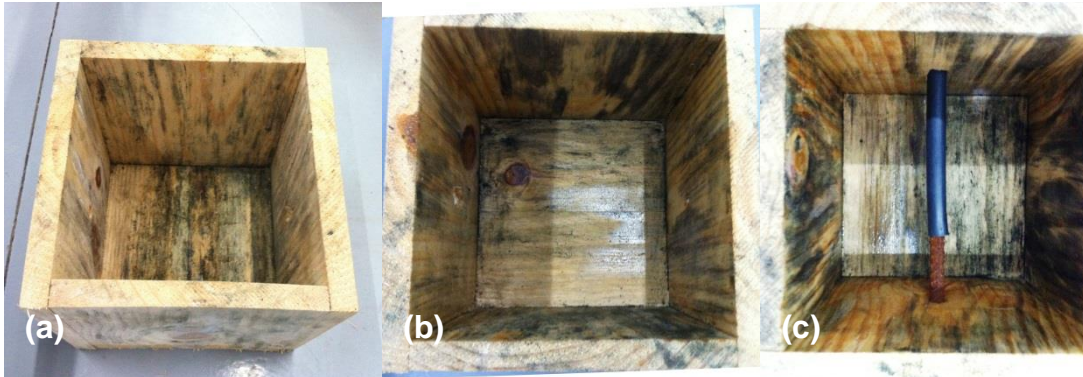
Figura 3 – Detalhamento do corpo de prova.



Fonte: Do autor, 2016.

No posicionamento da barra de aço dentro da fôrma, tomou-se o cuidado de não modificar a superfície do aço, a fim de manter a oxidação superficial intacta. Nas faces internas da fôrma, foi aplicado desmoldante à base de óleo mineral, antes do posicionamento das barras. Na Figura 4 é possível visualizar a preparação da fôrma e inserção da barra de aço do corpo de prova.

Figura 4 – (a) Fôrma; (b) Desmoldante aplicado; (c) Barra posicionada.



Fonte: Do autor, 2016.

Para caracterização do aço, foram realizados ensaios de tração em 3 amostras para cada intervalo de tempo de exposição de cada cidade. E ainda foram realizados ensaios de tração em 3 amostras sem exposição, como referência. O laboratório utilizado foi o de mecânica da UNESC, localizado no Iparque, e o ensaio seguiu o que prevê a NBR 7480:2007. Essa norma também indica que a tensão de escoamento das barras de aço deve ser de no mínimo 500 MPa e a de ruptura 550 MPa.

O concreto utilizado foi dosado e preparado no LMCC – Laboratório de Materiais de Construção Civil da UNESC, também localizado no Iparque, utilizando cimento CPIV – 32 com massa específica de 2,8 g/cm³. Os agregados foram areia média com dimensão máxima característica de 4,75 mm e brita 1 com dimensão máxima característica de 19 mm. O traço unitário de concreto utilizado foi de 1 : 1,75 : 2,25 e relação água/cimento de 0,42. A Tabela 1 demonstra o consumo de materiais utilizados para o concreto dos corpos de prova.

Tabela 1 – Consumo de materiais para o concreto por m³.

Material	Consumo (Kg/m ³)
Cimento	480,0
Areia	840,0
Brita	1080,0
Água	201,6

Fonte: Do autor, 2016.

Antes de iniciar as concretagens dos corpos de prova de cada intervalo de tempo e da referência, foram realizados ensaios de abatimento de tronco de cone (*Slump Test*), conforme descrito na NBR NM 67: 1998 e ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Ensaio de abatimento de tronco de cone (*Slump Test*).

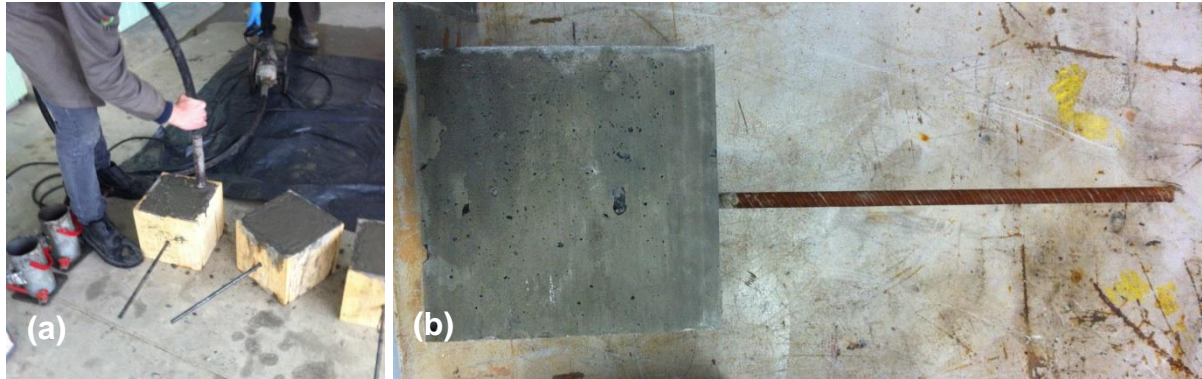


Fonte: Do autor, 2016.

Na moldagem dos corpos de prova para ensaio de aderência, foi utilizado vibrador de imersão para o adensamento do concreto, conforme pode ser visualizado na Figura 6 (a). Para determinação da resistência à compressão axial, foram moldados 3 corpos de prova cilíndricos, de acordo com a NBR 5738:2015, para cada intervalo de tempo e ensaiados segundo a NBR 5739:2007.

As desmoldagens dos corpos de prova de aderência, Figura 6 (b), e de compressão axial foram realizadas após passados 7 dias de cada concretagem, não sendo realizado procedimento de cura. Logo após a desmoldagem, cada corpo de prova foi ensaiado, ficando assim o concreto com idade de 7 dias. Por se tratar de uma análise comparativa, a cura não influencia nos resultados, pois foi repetido o mesmo formato para todos os corpos de prova.

Figura 6 – (a) Adensamento do concreto; (b) Corpo de prova de aderência.

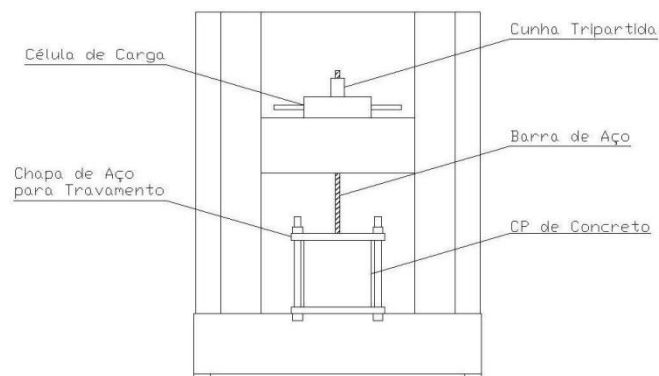


Fonte: Do autor, 2016.

2.3 ENSAIO DE ADERÊNCIA TIPO *PULL-OUT TEST*

Os ensaios de aderência do tipo *Pull-Out Test* foram realizados no laboratório de mecânica da UNESC com uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, com capacidade de 100 KN e velocidade de carregamento de 0,078 KN/s, de acordo com a norma RILEM. A célula de carga utilizada para obtenção da força de arrancamento possui capacidade de 250 KN. Para travar a barra durante o ensaio, foi utilizado uma cunha tripartida acima da célula de carga. No travamento dos corpos de prova, foram utilizadas duas chapas de aço com espessura de 19 mm cada, na parte superior e inferior, e o sistema fechado por quatro barras roscadas com diâmetro igual a 19 mm, impedindo a movimentação do corpo de prova. O formato do ensaio após montado pode ser visualizado na Figura 7.

Figura 7 – Montagem do ensaio de aderência tipo *Pull-Out Test*.



Fonte: Do autor, 2016.



Os cálculos das tensões máximas de aderência dos ensaios foram realizados utilizando a Equação 1.

$$\tau_b = \frac{F}{\pi \phi Le} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: τ_b = Tensão de aderência;

F = Força de tração (N);

ϕ = Diâmetro da barra de aço (mm);

Le = Comprimento de ancoragem da barra de aço (mm).

Para os cálculos de verificação da tensão de aderência de acordo com a NBR 6118:2014, utilizou-se a Equação 2. E para a resistência à tração de projeto, utilizou-se a Equação 3.

$$f_{bd} = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot f_{ctd} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que: $n_1 = 2,25$ (CA-50 para barra usual, nervurada, de alta aderência);

$n_2 = 1,0$ (situação de boa aderência);

$n_3 = 1,0$ ($\phi < 32$ mm).

$$f_{ctd} = \frac{0,21 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2}}{1,4} \quad \text{Equação (3)}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO

Na Tabela 2, são mostrados os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto utilizado em cada intervalo de tempo de exposição. Conforme pode-se observar, houve uma amplitude de 6,26 MPa nas médias apresentadas, mesmo sendo utilizado igual traço, idade e procedimento de concretagem. Também é possível verificar na Tabela 2, que, de acordo com a NBR 6118:2014, o concreto utilizado se enquadra no grupo 1 de resistência (C20 à C50).

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão axial do concreto.

	Referência (MPa)	45 dias (MPa)	90 dias (MPa)	135 dias (MPa)	180 dias (MPa)	225 dias (MPa)
CP1	27,7	31,7	31,8	25,6	29,2	31,3
CP2	29,3	32,2	31,2	26,3	30,4	30,5
CP3	29,2	31,6	32,4	24,8	29,3	30,9
Média	28,73	31,83	31,80	25,57	29,63	30,90
{D.P.}	{0,90}	{0,35}	{0,59}	{0,71}	{0,66}	{0,38}

Fonte: Do autor, 2016.

Na Tabela 3, são exibidos os resultados dos ensaios de abatimento de tronco de cone (*Slump Test*) de todas as concretagens.

Tabela 3 – Abatimento de tronco de cone de cada intervalo.

Intervalo	Abatimento (cm)
Referência	11,6
1 – 45 dias	12,8
2 – 90 dias	12,5
3 – 135 dias	12,6
4 – 180 dias	12,9
5 – 225 dias	12,9

Fonte: Do autor, 2016.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO AÇO

Todas as barras submetidas a ensaio de tração obtiveram resultados superiores a 500 MPa para tensão de escoamento e 550 MPa para tensão de ruptura, conforme

observado nas Tabelas 4 e 5, atendendo ao que a diz a NBR 7480:2007. As barras não apresentaram redução de seção e perda de massa.

Tabela 4 – Tensão de escoamento média do aço.

	Referência (MPa)	45 dias (MPa)	90 dias (MPa)	135 dias (MPa)	180 dias (MPa)	225 dias (MPa)
Criciúma	555,70	555,61	559,55	529,06	533,39	533,53
{D.P.}	{1,11}	{3,91}	{3,98}	{2,96}	{5,96}	{6,55}
Torres	555,70	556,63	554,86	534,09	540,42	527,57
{D.P.}	{1,11}	{2,96}	{4,13}	{5,72}	{7,80}	{1,19}

Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 5 – Tensão de ruptura média do aço.

	Referência (MPa)	45 dias (MPa)	90 dias (MPa)	135 dias (MPa)	180 dias (MPa)	225 dias (MPa)
Criciúma	672,00	688,51	683,74	644,36	650,26	647,35
{D.P.}	{1,23}	{1,48}	{3,31}	{0,59}	{6,75}	{7,08}
Torres	672,00	686,97	680,43	648,35	655,82	640,26
{D.P.}	{1,23}	{5,40}	{0,63}	{2,93}	{5,00}	{2,30}

Fonte: Do autor, 2016.

3.3 ENSAIOS DE ADERÊNCIA

A partir do carregamento máximo de tração nos ensaios de aderência *Pull-Out Test*, foi obtida a tensão máxima de aderência para cada corpo de prova. Para identificação dos corpos de prova dos ensaios *Pull-Out Test*, foram adotadas as siglas “C” para barras expostas em Criciúma e “T” para barras expostas em Torres. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

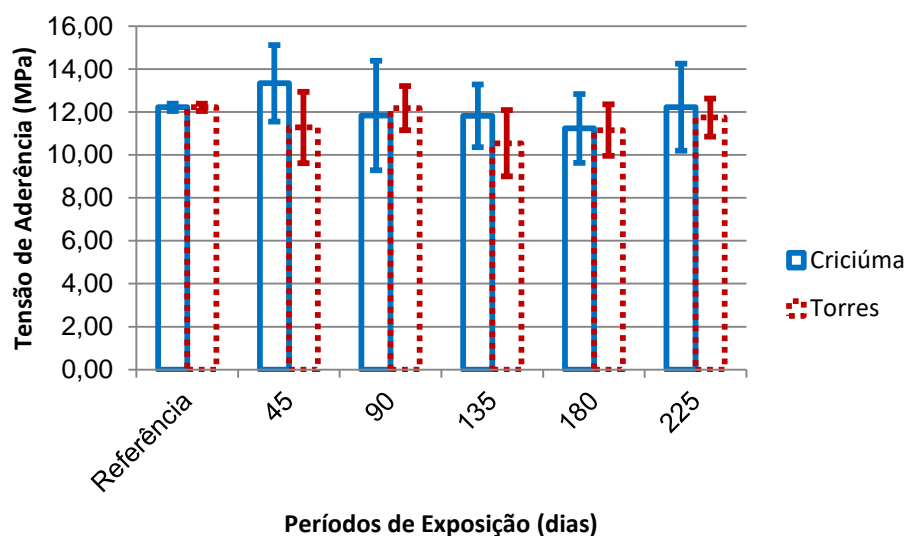
Tabela 6 – Tensão máxima de aderência - τ_b max

	Referência (MPa)	45 dias (MPa)	90 dias (MPa)	135 dias (MPa)	180 dias (MPa)	225 dias (MPa)
C1	12,28	12,53	11,94	11,77	10,13	13,45
C2	12,03	12,91	11,18	10,31	11,73	12,54
C3	12,07	16,41	8,34	10,65	12,36	11,32
C4	12,25	13,04	15,45	12,45	12,90	14,54
C5	12,46	11,78	12,28	13,92	9,05	9,27
Média	12,22	13,33	11,84	11,82	11,23	12,22
{D.P.}	{0,17}	{1,79}	{2,55}	{1,45}	{1,60}	{2,03}
T1	12,28	11,89	13,01	9,56	9,83	11,07
T2	12,03	11,10	11,31	12,66	11,69	7,79
T3	12,07	11,82	12,96	9,24	9,98	12,75
T4	12,25	13,00	12,80	10,68	11,67	6,56
T5	12,46	8,57	10,83	1,77	12,61	10,42
Média	12,22	11,28	12,18	10,54	11,16	11,74
{D.P.}	{0,17}	{1,66}	{1,03}	{1,55}	{1,20}	{0,89}

Fonte: Do autor, 2016.

Foram identificados vazios de concretagem nos corpos de prova T5, do intervalo de 135 dias, T2 e T4, do intervalo de 225 dias. Por conta disso, seus resultados não foram considerados, pois não representam a variável pesquisada. A plotagem dos valores da média dos resultados da pesquisa pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico comparativo da tensão de aderência.



Fonte: Do autor, 2016.



Conforme observado, os resultados para tensão de aderência apresentam-se semelhantes. Para verificar se existe diferença estatística entre os resultados de tensão máxima de aderência obtidos, aplicou-se a análise estatística de variância ANOVA. A análise consiste em averiguar se existe diferença significativa entre as médias e se o fator exerce influência em alguma variável resposta. A ANOVA foi realizada com nível de confiança de 95%, o que significa que para os resultados da pesquisa serem considerados estatisticamente iguais deve-se obter $Pvalue > 0,05$. Outro fator utilizado na ANOVA para verificação de igualdade entre resultados é o $F_{crítico}$, que deve ser maior que o valor de F para que a igualdade se confirme. As Tabelas 7 e 8 apresentam resumos das análises estatísticas realizadas para as barras expostas em Criciúma e Torres e as Tabelas 9 e 10 apresentam os resultados das mesmas análises, todas geradas através da ferramenta Análise de Dados do software Microsoft Office Excel®.

Tabela 7 – Resumo da ANOVA fator único para barras expostas em Criciúma.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Referência	5	61,090	12,218	0,030
45 dias	5	66,670	13,334	3,197
90 dias	5	59,190	11,838	6,480
135 dias	5	59,100	11,820	2,115
180 dias	5	56,170	11,234	2,570
225 dias	5	61,120	12,224	4,128

Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 8 – Resumo da ANOVA fator único para barras expostas em Torres.

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Referência	5	61,090	12,218	0,030
45 dias	5	56,380	11,276	2,750
90 dias	5	60,910	12,182	1,065
135 dias	4	42,140	10,535	2,388
180 dias	5	55,780	11,156	1,451
225 dias	3	34,240	11,413	1,446

Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 9 – ANOVA fator único para barras expostas em Criciúma.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	P value	F crítico
Entre grupos	12,241	5	2,448	0,793	0,565	2,621
Dentro dos grupos	74,078	24	3,087			
Total	86,319	29				

Fonte: Do autor, 2016.

Tabela 10 – ANOVA fator único para barras expostas em Torres.

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	P value	F crítico
Entre grupos	9,493	5	1,899	1,276	0,311	2,685
Dentro dos grupos	31,241	21	1,488			
Total	40,734	26				

Fonte: Do autor, 2016.

Conforme se pode observar nas Tabelas 9 e 10, os valores de *Pvalue* das duas análises são superiores a 0,05. Ou seja, os resultados de tensão máxima de aderência se mostram estatisticamente iguais para as barras expostas em Criciúma e para as barras expostas em Torres. Outro fator que confirma essa igualdade é o valor de *F*, que se apresentou inferior ao *Fcrítico*.

De acordo com Silva (2010), o aumento da tensão máxima de aderência é diretamente proporcional ao aumento da resistência à compressão do concreto. Conforme observado na Tabela 2, os resultados para resistência à compressão dos concretos utilizados na confecção dos corpos de prova para o ensaio *Pull-Out Test* tiveram diferenças. Com o objetivo de minimizar o efeito de tais diferenças nos resultados desta pesquisa, se conduziu uma análise estatística ANOVA para a razão entre tensão máxima de aderência e resistência à compressão ($t_{b,m\acute{a}x} / f_c$). Os resultados da ANOVA realizada confirmaram novamente a igualdade estatística encontrada anteriormente, com *Pvalue* superior a 0,05 e *F* inferior ao *Fcrítico*, tanto para as barras expostas em Criciúma, como para as barras expostas em Torres.

A tensão de aderência de cálculo obtida a partir da Equação 2, segundo a NBR 6118:2014, utilizando o maior f_{ck} encontrado na pesquisa (31,83 MPa) é de 3,39 MPa. Comparando este resultado com a menor tensão de aderência aço-concreto entre as médias dos grupos pesquisados (10,54 MPa), chegamos a uma relação de 3,1 vezes menor que o valor gerado experimentalmente. Se desconsiderarmos o

coeficiente de segurança de 1,4, esta razão cai para 2,2, mas ainda evidencia certo conservadorismo da norma.

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos a partir dos ensaios de aderência, nas condições adotadas para esse trabalho, pode-se concluir que mesmo expondo as barras de aço à intempéries por até 225 dias, extrapolando o período de 90 dias citado em norma, não houve alteração na aderência entre aço e concreto para as duas classes de agressividade estudadas.

Sugestões para trabalhos futuros:

Avaliar a influência da oxidação superficial no aço na aderência entre aço e graute.

Realizar ensaio com névoa salina.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

CAETANO, Luciane Fonseca. **Estudo do Comportamento da Aderência em Elementos de Concreto Armado Submetidos à Corrosão e Elevadas Temperaturas.** 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.



Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC -
como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil



CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas de Concreto Armado**. São Carlos: Edufscar, 2014.

COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON (CEB). **RILEM RC 6: Bond Test for Reinforcement Steel – Pull-out Test**. Switzerland, 1983.

LEONHARDT, Fritz; MÖNNIG, Eduard. **Construções de Concreto: Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 1977.

RILEM/CEB/FIP-RC6 (1983) - **Bond Test for Reinforcement Steel: 2. Pull-Out Test (Revised Edition)**. CEB Manual on Concrete Reinforcement Technology, Lausanne, 3 p.

SILVA, B. V. **Investigação do potencial dos ensaios APULOT e pull-out para estimativa da resistência a compressão do concreto**. 2010. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, 2010.