



**AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO NO ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO**

AMERICANA

2018



AMANDA SILVA JORGE FESTA
CAIO CÉSAR SACCHI
CID ARLEN ANTUNES MOREIRA
RAFAELA VAN DE VELDE GUIMARÃES

**AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO NO ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Patologia das Obras Cíveis, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Patologia nas Obras Cíveis.

Orientador: Prof. Msc. Luís César Siqueira De Luca.

AMERICANA

2018

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro civil prof. Luís César Siqueira De Luca pela valiosa orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Engenheiro Civil José Mário Andrello, pelo acompanhamento e auxílio durante todo o período do curso de pós-graduação.

Aos professores do Instituto IDD pela colaboração nas definições de parâmetros de pesquisa, além dos valiosos ensinamentos.

Ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, por intermédio do Prof. Dr. Artur Moteo e auxílio de sua equipe, pela paciência e grande ajuda de parte vital para o desenvolvimento deste projeto.

À Constroeste São Carlos, por intermédio do colaborador José Iwerson, pelo auxílio com o fornecimento de materiais e cessão do espaço físico para a realização da moldagem e cura dos corpos de prova.

Ao Instituto IDD e seus representantes pelo excelente curso de pós-graduação e capacitação dos profissionais de engenharia que tiveram a oportunidade de participar deste curso.

E finalmente, aos colegas de classe, os quais se desenvolveram e cresceram juntos como profissionais.

FOLHA DE APROVAÇÃO
AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA ARGAMASSA DE
REVESTIMENTO NO ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO

Por

AMANDA SILVA JORGE FESTA

CAIO CÉSAR SACCHI

CID ARLEN ANTUNES MOREIRA

RAFAELA VAN DE VELDE GUIMARÃES

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Americana (SP) ____ de _____ de _____.

José Mário Andrello

André Tadeu Moreno Figueiró

Ricardo Tadeu Pinto de Faria

RESUMO

A utilização de métodos de ensaio não destrutivos e semi destrutivos em conjunto às inspeções visuais em estruturas de concreto armado para diagnóstico das mesmas é de grande valia, uma vez que complementa os resultados qualitativos da etapa visual com resultados quantitativos obtidos à partir das leituras realizadas com o auxílio de equipamentos destinados à este fim. A grande preocupação com a aplicação destes métodos, muitas vezes é a confiabilidade quanto aos resultados obtidos, além de uma maior homogeneidade quanto à sua correta forma de aplicação, uma vez que, em alguns casos, as normas não têm conteúdo muito detalhado quanto à metodologia de aplicação. Tomando-se o ensaio de potencial de corrosão, foco principal de estudo deste trabalho, a recomendação atual da norma é que o ensaio seja realizado diretamente sobre a superfície de concreto, sendo necessária a abertura de janelas de inspeção com a retirada das camadas de revestimento para a exposição completa da face da estrutura, o que implica em transtornos não só para os proprietários do objeto de inspeção, como também para os responsáveis pelas inspeções, demandando tempo e equipe para tal atividade. Podendo-se realizar o ensaio sobre as camadas de revestimento sem impacto real sobre os resultados, é possível de maneira mais simples e rápida se chegar aos objetivos desejados. Tendo em vista este cenário, o presente trabalho possui como objetivo avaliar a interferência da argamassa de revestimento da estrutura no resultado do ensaio de potencial de corrosão. Para tanto, foram realizados ensaios de potencial de corrosão em elementos de concreto armado com barras de aço previamente oxidadas, em situações semelhantes, em faces com concreto aparente em comparativo a outras com a aplicação de revestimento argamassado. Os estudos revelaram uma proximidade entre os resultados dos ensaios com elementos com diferentes espessuras de argamassa de revestimento. Sendo assim, quando considerados os parâmetros utilizados, é possível a realização dos ensaios sem remoção da camada de argamassa de revestimento da estrutura em concreto, abrindo assim a possibilidade de estudos mais específicos e uma nova discussão de norma.

Palavras chave: Corrosão de armadura, Potencial de Corrosão das Armaduras, Patologia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de corrosão em armadura no concreto (ANDRADE, 2001).....	19
Figura 2: Representação esquemática das interações meio ambiente/estrutura interna do concreto (COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY, 1987 – mencionado em HELENE,1993).....	24
Figura 3: Detector Eletromagnético de Armadura da marca Proceq.....	29
Figura 4: Equipamento de medição de Potencial de Corrosão – <i>Profometer Corrosion</i> da Proceq (www.proceq.com).....	31
Figura 5: Fluxograma de atividades para realização do programa experimental.....	34
Figura 6: Barras de aço após realização da limpeza com escova de aço e acetona.....	35
Figura 7: Disposição das amostras no interior da câmara	36
Figura 8: Aspecto das amostras na retirada, após 168h de exposição à névoa salina.....	36
Figura 9: Formas em madeira para moldagem de corpos de prova prismáticos.....	37
Figura 10: Resultado do Slump-Test.....	38
Figura 11: Aplicação da camada de argamassa de revestimento.....	39
Figura 12: Realização do Ensaio de Potencial de Corrosão das Armaduras	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm.....	22
Tabela 2: Volume de poros para fatores a/c diferentes (FREIRE, 2005).....	23
Tabela 3: Classes de agressividade ambiental(CAA). Fonte: ABNT NBR 6118: 2014	25
Tabela 4: Classe de agressividade do ambiente em função das condições de exposição.....	26
Tabela 5: Classificação da agressividade ambiental visando à durabilidade do concreto.....	26
Tabela 6: Probabilidade de corrosão de acordo com resultado do ensaio de Potencial e corrosão (ASTM C876-15).....	32
Tabela 7: Tabela de quantidade de materiais para moldagem do concreto.....	38
Tabela 8: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 1.....	41
Tabela 9: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 2.....	42
Tabela 10: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 3...43	
Tabela 11: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 4...44	
Tabela 12: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 5...45	
Tabela 13: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 6...46	
Tabela 14: Compilado dos resultados dos ensaios realizados.....	46
Tabela 15: Diferença percentual entre ensaios de potencial de corrosão em lote com os mesmos corpos de prova.....	49

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação de reação da oxidação do ferro no ânodo.....	20
(2) Equação de reação da oxidação do ferro no cátodo.....	20
(3) Equação de reação na pilha de corrosão.....	20
(4) Equação da carbonatação.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comportamento dos lotes submetidos a ensaio.....	47
Gráfico 2: Comportamento comparativo entre os lotes 1 e 4 com os mesmos corpos de prova.....	48
Gráfico 3: Comportamento comparativo entre os lotes 2 e 5 com os mesmos corpos de prova.....	48
Gráfico 4: Comportamento comparativo entre os lotes 3 e 6 com os mesmos corpos de prova.....	49
Gráfico 5: Correlação dos valores médios medidos com os limites da norma ASTM C876-15.....	50

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica equipamento *Profometer Corrosion* da Proceq 57

Anexo 2: Ficha técnica argamassa multimassa uso geral Quartzolit 58

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
FOLHA DE APROVAÇÃO	3
RESUMO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE EQUAÇÕES.....	7
LISTA DE GRÁFICOS	8
LISTA DE ANEXOS.....	9
SUMÁRIO.....	10
1. INTRODUÇÃO	12
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. Objetivo Geral	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
1.3. HIPÓTESE	13
1.4. JUSTIFICATIVAS	14
1.4.1. Tecnológicas.....	14
1.4.2. Econômicas	14
1.4.3. Sociais	14
1.4.4. Ecológicas	14
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. CORROSÃO	17
2.1.1. Corrosão de armadura	17
2.1.2. Mecanismos de corrosão	19
2.1.3. Fatores que influenciam a corrosão das armaduras.....	20
2.1.3.1. Fatores inerentes ao concreto.....	21
2.1.3.1.1. Cobrimento.....	21

__2.1.3.1.2. Porosidade.....	22
__2.1.3.1.3. Alcalinidade.....	23
__2.1.3.2. Fatores externos – agressividade do meio.....	24
__2.1.3.2.1. Ataque por cloretos.....	27
__2.1.3.2.2. Carbonatação.....	27
2.2. ENSAIOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	28
2.2.1. Estimativa do cobrimento da armadura.....	29
2.2.2. Potencial de corrosão	29
2.2.3. Oxidação controlada da armadura em laboratório – <i>Método Salt Spray</i>	33
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	34
3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL	34
3.2. PROCESSO DE OXIDAÇÃO ACELERADA.....	34
3.2.1. Tratamento das Barras de Aço	35
3.2.2. Processo de Oxidação Acelerada	35
3.2.3. Retirada do Material após o Período de Inserção em Névoa Salina.....	36
3.3. PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	37
3.3.1. Moldagem dos Corpos de Prova de Concreto.....	37
3.3.2. Aplicação da Camada de Argamassa	39
3.4. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS PROPOSTOS.....	40
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	51
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
7. ANEXOS	56

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por temática principal a prática da realização do ensaio de potencial de corrosão, no qual, por uma recomendação de norma, se faz necessária a retirada da camada de revestimento previamente à realização dos procedimentos.

A preparação da superfície para realização do ensaio de potencial de corrosão em estruturas de concreto armado revestidas com argamassa implica em um grande aumento no tempo necessário para a realização do ensaio, na necessidade de contratação de empresas terceirizadas para a realização deste trabalho específico, além da necessidade de se ter uma equipe disponível para tal serviço durante a realização dos procedimentos quando necessário. Um percentual bastante representativo, quando este serviço é considerado em uma composição de custos para a realização do ensaio de potencial de corrosão, se dá devido a estas exigências. Se possível a realização do ensaio sem a necessidade de remoção da camada de revestimento, a realização do mesmo terá grande ganho no tempo e no custo executivo, custo este que também sofre aumento devido à necessidade de acúmulo e destinação dos entulhos gerados.

O ensaio de potencial de corrosão, regido pela norma Britânica ASTM C876 - *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*, tem grande valia no meio técnico/científico da construção civil por estudar e inspecionar uma das manifestações patológicas mais frequentes e que envolvem maior risco à segurança das estruturas. Este método não destrutivo tem como principais vantagens a rapidez e facilidade com que pode ser aplicado, e confirmando-se a não necessidade de realização dos procedimentos sobre concreto, estas características terão ainda maior relevância.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

A camada de argamassa de revestimento da estrutura realmente influencia no resultado do ensaio de potencial de corrosão?

1.2. OBJETIVOS

Neste item são apresentados os objetivos a serem atingidos ao término deste documento.

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a interferência da argamassa de revestimento da estrutura no resultado do ensaio de potencial de corrosão.

1.2.2. Objetivos Específicos

Avaliar a interferência da espessura da camada de argamassa de revestimento no resultado dos ensaios de potencial de corrosão.

1.3. HIPÓTESE

Presume-se que haja alteração nos resultados do ensaio de potencial de corrosão pela alteração do tipo de material aplicado sobre o concreto, com características diferentes deste, além de um impacto sobre a precisão do ensaio em função da espessura, gerando um distanciamento maior entre a onda gerada nas leituras e as barras de aço a serem analisadas.

1.4. JUSTIFICATIVAS

Neste item apresentam-se as justificativas para a pesquisa, a saber: tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas.

1.4.1. Tecnológicas

Alterar as recomendações da preparação de superfície para ensaio de potencial de corrosão em situações similares à estudada. Este trabalho pode gerar um estudo maior, no qual uma discussão de revisão de norma pode ser desenvolvida, assim como novos estudos para com esta técnica de ensaio não destrutivo.

1.4.2. Econômicas

A comprovação de não haver necessidade de retirada da argamassa sobre o concreto, onde o procedimento de ensaio poderá ser realizado sem interferência no elemento ensaiado poderá ter redução no custo da contratação do trabalho, eliminar custos de recuperação e tornar o procedimento menos destrutivo e mais viável.

1.4.3. Sociais

Este ensaio é realizado em diversas estruturas de concreto. Se o resultado for positivo, a intervenção para sua execução é mais rápida, podendo desta forma evitar paradas grandes em locais de primeira necessidade.

1.4.4. Ecológicas

Poupar recursos naturais, pois as áreas abertas precisarão ser refeitas, além de eliminar entulhos criados pelo processo de remoção dos revestimentos.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho será realizado em duas etapas, sendo primeiramente realizada pesquisa na bibliografia existente, como normas técnicas nacionais e internacionais referente ao método de ensaio de potencial de corrosão, consulta a artigos, teses, monografias, dissertações, livros, a fim de obter diretrizes ao método de confecção dos corpos de prova para os ensaios, métodos de aceleração da corrosão da armadura, traço de argamassa e concreto a fim de obter subsídio à realização do programa experimental.

A segunda etapa será a realização do programa experimental onde serão moldados corpos de prova de concreto armado com barra oxidada em laboratório, com cobrimento pré-definido de 3cm e revestido com argamassa de revestimento industrializada com espessura controlada de 1,0cm, 2,0cm e 3,0cm, onde serão realizados ensaios de potencial de corrosão com equipamento específico.

1.6. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 capítulos, cujos assuntos abordados serão apresentados a seguir.

O **Capítulo 1** apresenta o problema de pesquisa e seus objetivos, bem como delinea as principais justificativas para a realização deste estudo e os procedimentos metodológicos a serem adotados.

O **Capítulo 2** apresenta a revisão bibliográfica e discorre sobre corrosão de armaduras, mecanismos de corrosão; fatores que influenciam a corrosão de armaduras; fatores inerentes ao concreto, tais como cobrimento, porosidade, alcalinidade; fatores externos, tais como agressividade do meio, ataque por cloretos, carbonatação, o método de ensaio de potencial de corrosão.

O **Capítulo 3** trata sobre o programa experimental empregado neste trabalho, apresentando a descrição da confecção dos corpos de prova, especificação das espessuras de cobrimento do concreto e argamassa de

revestimento, método de aceleração de corrosão das barras de aço, método de ensaio.

O **Capítulo 4** apresenta a análise dos resultados deste estudo com base nos ensaios realizados nos corpos de prova com espessuras distintas de revestimento com argamassa.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais acerca da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

Neste capítulo foram abordados os parâmetros principais desse trabalho, tais como o seu objetivo, justificativas e os procedimentos metodológicos que serão adotados para o estudo desse caso; já o capítulo seguinte apresentará a revisão bibliográfica que serviu de base para o programa experimental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Serão abordados neste capítulo assuntos relativos ao objeto em estudo, tais como corrosão de armaduras, ensaios de potencial de corrosão e agentes agressivos, que servirão de base para elaboração do programa experimental.

2.1. CORROSÃO

Corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado das reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não às ações químicas ou mecânicas de degradação. (CUNHA, 2013)

Na corrosão o metal retorna ao seu estado natural, tal qual se encontrava na natureza formando compostos estáveis na forma de óxidos. O fenômeno vai acompanhado de uma perda de elétrons por parte do metal, o que também torna conhecido equivocadamente por "oxidação", termo geral utilizado na química para indicar processos de combinação de uma substância com oxigênio. (HELENE, 1993)

2.1.1. Corrosão de armadura

A corrosão das armaduras das estruturas de concreto armado é um dos principais responsáveis pela redução de sua vida útil e ocorre principalmente em função da interação do concreto com o meio externo. (FREIRE, 2005)

O concreto, de modo geral protege a armadura por possuir alta alcalinidade. Essa alcalinidade ocorre em função da presença de hidróxido de cálcio, sendo esse composto resultado das reações de hidratação do cimento. Sendo assim, o pH permanece em valores entre 12,6 e 14. Nessa condição e em presença de uma determinada quantidade de oxigênio, a armadura fica recoberta por uma fina camada de óxidos transparentes, deixando o aço em um estado de passivação. (ANDRADE, 1992)

Essa película de passivação confere ao aço uma barreira frente aos vários agentes agressivos, no entanto pode ser destruída. Frequentemente, a perda dessa camada deve na maioria dos casos a uma determinada quantidade de íons cloretos presentes na pasta de cimento e a diminuição da alcalinidade do concreto, sendo a última resultada principalmente das reações de carbonatação. (CASCUDO, 1997)

Quando acontece a destruição dessa camada ocorre a corrosão de armaduras, uma das manifestações patológicas mais comuns e prejudiciais em estruturas de concreto armado. Esse fenômeno tem um caráter eletroquímico, no qual acontece a formação de uma pilha, em que há na superfície do próprio aço a presença de um ânodo e um cátodo, imersos em meio eletrólito. (FARRAPO *et al.*, 2013).

Os produtos de corrosão constituem-se de óxidos e hidróxidos de ferro, podendo estes causar tensões internas de aproximadamente 15 Mpa (CASCUDO, 1997), sendo que a formação desses produtos é acompanhada por um aumento de volume que pode ser da ordem de 600% em relação ao metal original, tornando-se a principal hipótese da expansão e fissuração no concreto afetado pela corrosão. (METHA E MONTEIRO, 2008).

Os efeitos degenerativos nestas estruturas manifestam-se na forma de manchas superficiais causadas pelos produtos de corrosão, fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras com frequente seccionamento de estribos, redução e eventual perda de aderência das armaduras principais, ou seja, deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural. (HELENE, 1993)

A área onde há perda de material é chamada de região anódica e a que recebe, região catódica. O processo não é uniforme, pois nas regiões catódicas, o ataque pode ser considerado desprezível. O produto deste tipo de corrosão é heterogêneo, poroso, de baixa aderência e normalmente se forma na superfície da armadura, propiciando um processo contínuo. (HELENE, 1993)

Para Gentil (1996), a corrosão eletroquímica da armadura pode se manifestar da seguinte forma:

- corrosão uniforme: corrosão em toda extensão da armadura quando fica exposta ao meio agressivo;
- corrosão puntiforme ou por pite: os desgastes são localizados sob a forma de pequenas cavidades, também chamados alvéolos;
- corrosão intragranular: processa-se entre os grãos dos cristais do metal e quando os vergalhões sofrem, principalmente, tensões da tração, podem fissurar ou fraturar perdendo a estabilidade;
- corrosão transgranular: realiza-se intragrãos da rede cristalina, podendo levar à fratura da estrutura, quando houver esforços mecânicos; e
- fragilização pelo hidrogênio: corrosão originada pela ação do hidrogênio atômico na sua difusão pelos vergalhões da armadura, propiciando a sua fragilização e, em consequência, a fratura.

2.1.2. Mecanismos de corrosão

O mecanismo de corrosão eletroquímica é baseado na existência de um desequilíbrio elétrico entre metais diferentes ou entre distintas partes do mesmo metal, configurando o que se chama de pilha de corrosão ou célula de corrosão conforme se pode observar na Figura 1 abaixo. (ANDRADE, 2001)

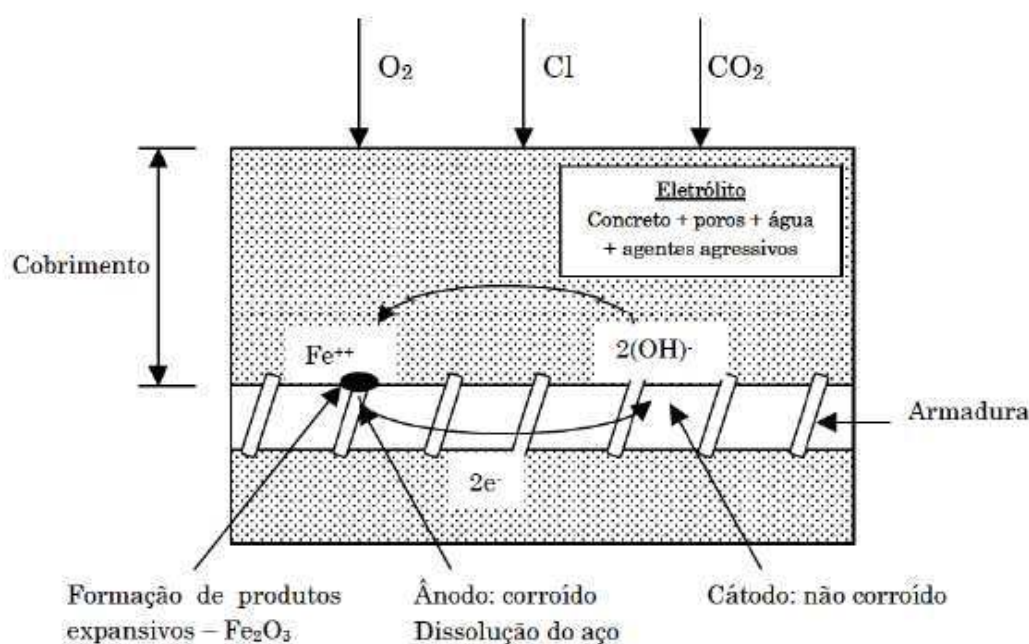
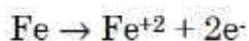


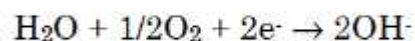
Figura 1: Modelo de corrosão em armadura no concreto (ANDRADE, 2001)

A célula de corrosão é composta em zona anódica e catódica, conforme indicado abaixo:

- Zona anódica, área onde ocorre as reações de oxidação do ferro com perda de elétrons e redução de massa, segundo Equação 1:



- Zona catódica, onde ocorre a redução (processo de ganho de elétrons) do oxigênio, não havendo perda de massa nesse trecho, conforme Equação 2:



Para que haja formação da pilha de corrosão é necessária a existência de meios de transporte para que os íons e os elétrons originários desse processo se movimentem entre as áreas anódicas e as áreas catódicas. Normalmente os elétrons migram via contato direto metal-metal e os íons por dissolução e migração via solução. (FIGUEIREDO, 1994)

As reações na pilha de corrosão são: íons de hidroxila formados pela reação de oxidação do cátodo deslocam pelo eletrólito para o ânodo, combinam-se com o Fe^{++} disponíveis nesta região do metal e originam os produtos de corrosão indicado na Equação 3:



2.1.3. Fatores que influenciam a corrosão das armaduras

No estudo da corrosão de armaduras, os fatores mais comuns, que influenciam significativamente, são as características do concreto, o meio ambiente, a carbonatação e a presença de íons cloretos.

2.1.3.1. Fatores inerentes ao concreto

Neste item são mencionadas características do concreto que podem induzir o processo de corrosão das armaduras.

2.1.3.1.1. *Cobrimento*

As armaduras inseridas nos componentes estruturais de concreto estão, em princípio, protegidas e passivadas contra corrosão. Essa proteção é proporcionada pelo concreto de cobrimento que forma uma barreira física ao ingresso de agentes externos e principalmente por uma proteção química conferida pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto. (HELENE,1993)

O cobrimento constitui-se em elemento de grande importância no movimento dos íons agressivos, pois quanto maior a espessura, maior é o intervalo de tempo até que as concentrações dos íons atinjam a armadura. Vale ressaltar que, as especificações de projeto inadequadas (frente à agressividade ambiental), assim como desuniformidades de sua espessura ao longo de peças estruturais (erros executivos), podem facilitar o início ou acelerar processos de corrosão existentes. Em vista disso, é dada atenção importantíssima ao cobrimento tanto na etapa de concepção de projeto, assim como na fase executiva, uma vez que seu objetivo é proporcionar uma proteção para armadura e assegurar uma ação estrutural ao concreto armado (FREIRE, 2005).

A NBR 6118/2014 determina a espessura mínima do cobrimento em função da agressividade do meio em que a estrutura está inserida, conforme tabela 1.

Tabela 1: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15 \text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45 \text{ mm}$.

Fonte: NBR 6118/2014.

2.1.3.1.2. Porosidade

O principal meio de comunicação dos agentes agressivos com armadura inseridas no concreto é a porosidade. A porosidade do concreto está ligada diretamente com a qualidade do concreto, esta por sua vez está intimamente relacionada com os materiais constituintes, o tipo de cimento; parâmetros de projeto, representado pela espessura de cobrimento; e com o processo de adensamento e cura (CABRAL, 2000).

Segundo CASCUDO (1997), a relação água/cimento é determinante no tamanho e a quantidade de poros, dessa forma ela define as características de compacidade e porosidade da pasta de cimento endurecida. Uma relação água/cimento menor dificulta a passagem de agentes agressivos para interior do concreto, ou seja, ele retarda a difusão de cloretos, dióxido de carbono e oxigênio. A Tabela 2 mostra esta relação.

Tabela 2: Volume de poros para fatores a/c diferentes (FREIRE 2005)

Relação água/cimento	% de poros por volume de concreto
0,4	23,33
0,5	34,5
0,6	42,1
0,8	53,4

Referente à cura, FIGUEREDO (2005) afirma que quanto maior tempo de cura e mais eficiente for o método de cura empregado, maior será o grau de hidratação do cimento, menor será a porosidade e permeabilidade e, por consequência, a menor será a carbonatação.

O transporte dos agentes agressivos para o interior do concreto se dá principalmente por mecanismos de absorção capilar, permeabilidade e difusão, podendo ainda ocorrer migração iônica no caso da penetração de cloretos. A taxa de transporte de agentes agressivos por meio da absorção e permeabilidade é governada pela taxa de penetração de água, pois somente através da umidade é que os agentes são transportados para o interior do concreto. Além da água no estado líquido, a presença de umidade nos poros do concreto na forma de vapor influi também no ingresso dos agentes, principalmente o gás carbônico. (SATO, 1998)

2.1.3.1.3. Alcalinidade

Conforme já mencionado anteriormente, o concreto, de modo geral protege a armadura por possuir alta alcalinidade em função da presença de hidróxido de cálcio resultado do processo de hidratação do concreto.

O tipo de cimento influi significativamente na quantidade de material alcalino disponível com o CO₂. FIGUEIREDO (2005) chama a atenção para o comportamento contrário do cimento com adições frente aos cloretos e à carbonatação. Ensaio revelam que enquanto na carbonatação as adições parecem

influir negativamente na capacidade de retardar o ingresso de CO₂, na resistência à penetração de cloretos as adições agem de forma a frear a penetração dos íons.

Para MEHTA e MONTEIRO (2008) os cimentos com adições apresentam desempenho inferior no tocante à resistência a carbonatação.

CASCUDO (1997) menciona que de forma geral, concreto com adições de escórias de alto-forno ou com adições de materiais pozolânicos tais como cinza volante ou sílica ativa, apresentam estruturas de pasta mais compactas e, portanto, os desempenhos desses concretos quanto à penetração de líquidos, gases e íons são consideravelmente melhores se comparadas aos concretos de cimento Portland comum. Isto significa importantes benefícios quanto à ação deletéria dos cloretos. Em contrapartida, parece ser uma realidade o fato de que tais adições em geral pioram o comportamento os concretos em relação à carbonatação.

2.1.3.2. Fatores externos – Agressividade do meio

Praticamente todos os processos de degradação (excetuando-se aqueles relacionados à ação de cargas e/ou tensões) têm a permeabilidade do concreto como sendo o primeiro ponto de vulnerabilidade à ação dos agentes agressivos, relacionando-se à passagem de um fluido através da estrutura porosa do material (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A Figura 2, abaixo, representa esta situação.

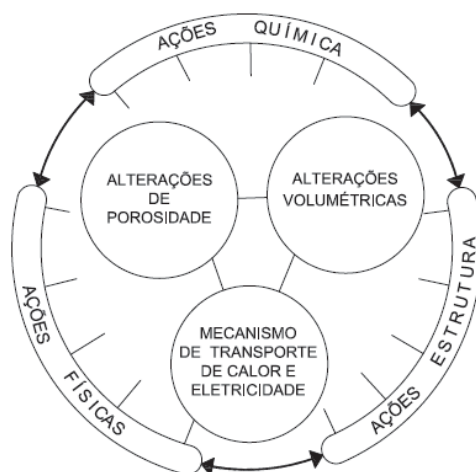


Figura 2: Representação esquemática das interações meio ambiente/estrutura interna do concreto (COMMITTEE on CONCRETE DURABILITY, 1987 – apud HELENE, 1993).

A agressividade do meio depende apenas das ações químicas e físicas que atuam nas estruturas. Nas Tabelas 3, 4, 5 pode-se observar as classes de agressividade sob o ponto de vista da durabilidade da armadura e do concreto, segundo a ABNT NBR 6118/2014.

Tabela 3: Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118:2014

A Tabela 3 indica as classes de agressividade ambiental utilizadas para cálculo da espessura de cobrimento da armadura nas estruturas em concreto armado.

A Tabela 4 demonstra as classes de agressividade do ambiente em função das condições de exposição, onde é levada em consideração não só o ambiente externo, como também o microclima, identificando o ambiente em seco ou úmido com ciclos de molhagem e secagem.

Tabela 4: Classe de agressividade do ambiente em função das condições de exposição.

Classes de Agressividade do Ambiente em Função das Condições de Exposição				
Macro clima	Microclima			
	Interior das edificações		Exterior das edificações	
	Seco ¹ UR < 60%	úmido ou ciclos ² de molhagem e secagem	Seco UR < 60%	úmido ou ciclos de molhagem e secagem
Rural	I	I	I	II
Urbana	I	II	I	II
Marinha	II	III	-	III
Industrial	II	III	II	III
Específico	II	III ou IV	III	III ou IV
Respingos de maré	-	-	-	IV
Submersa 3m	-	-	-	I
Solo	-	-	Não agressivo ou I	Úmido e agressivo, II,III ou IV

Notas**1 salas, dormitórios ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura****2 vestiários, banheiros, garagens, lavanderias**

A Tabela 5 classifica a agressividade ambiental visando à durabilidade do concreto considerando os índices de agentes agressivos presentes em cada classe.

Tabela 5: Classificação da agressividade ambiental visando a durabilidade do concreto

Classificação da Agressividade Ambiental Visando a Durabilidade do Concreto						
Classe de Agressividade	pH	CO ₂ mg/l	Amônia NH ₄ ⁺ mg/l	Magnésia Mg ₂ mg/L	SulfatoSO ₄ mg/L	Sólidos dissolvidos mg/L
I	> 6,0	< 20	< 100	< 150	< 400	> 150
II	5,9 - 5,1	20 - 30	100 – 150	150 – 250	400 - 700	150 - 50
II	5,0 - 4,5	30 - 100	150 – 250	150 – 250	700 - 1500	< 50
IV	> 4,5	> 100	> 250	> 250	> 1500	< 50

Segundo vários autores, os dois agentes básicos que podem levar ao início do processo corrosivo é o gás carbônico (CO₂) que é presente na atmosfera e provoca a carbonatação e os íons cloreto (Cl⁻).

2.1.3.2.1. Ataque por cloretos

Cloretos são compostos que, em solução, se dissociam liberando o íon Cl^- . (NBR 13797:97 - Água - Determinação de cloretos - Métodos titulométricos do nitrato mercúrico e do nitrato de prata).

Os cloretos são os agentes mais agressivos às estruturas de concreto. Podem estar presentes na atmosfera de várias formas, além da água do mar. Em países frios, por exemplo, o sal (NaCl) é utilizado como agente de degelo.

No outro extremo, o fogo também pode contribuir para a suspensão do cloro, caso o incêndio atinja tubulações de PVC (policloreto de vinila). Em regiões mais poluídas, os cloretos podem estar presentes no solo e atingir estruturas enterradas de fundações.

Nos reservatórios de água, o cloro é adicionado para desinfecção e atinge a superfície interna do concreto. Por fim, cloretos podem ser encontrados em materiais que compõem o concreto, como água ou areia contaminada. Aditivos à base de CaCl_2 são proibidos pela NBR 6118 da ABNT. (HELENE, 1986).

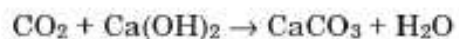
2.1.3.2.2. Carbonatação

A carbonatação, resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico (CO_2), presente no ar atmosférico, sobre o cimento hidratado, com a formação do carbonato de cálcio e a consequente redução do pH do concreto até valores inferiores a 9. Quanto maior for a concentração de CO_2 presente, menor será o pH, ou, por outro lado, mais espessa será a camada de concreto carbonatada. (SOUZA E RIPPER, 1998)

A carbonatação em si, se ficasse restrita a uma espessura inferior à da camada de cobrimento das armaduras, seria até benéfica para o concreto, pois aumentaria as suas resistências químicas e mecânicas. (SOUZA E RIPPER, 1998)

A questão é que, em função da concentração de CO₂ na atmosfera e da porosidade e nível de fissuração do concreto, a carbonatação pode atingir a armadura, quebrando o filme óxido que a protege. (SOUZA E RIPPER, 1998).

A reação deste processo é dada pela Equação 4 abaixo:



2.2. ENSAIOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Todas as estruturas de concreto possuem uma vida útil que pode ser calculada em projeto. Esta durabilidade pode ser reduzida ou ampliada conforme os cuidados na utilização e na manutenção da construção.

Uma das formas de se avaliar as condições estruturais é através de ensaios, que podem ser destrutivos ou não, podendo assim elaborar um diagnóstico, permitindo assim a avaliar a necessidade ou não de alguma intervenção.

Ensaio não destrutivo em estrutura de concreto armado vêm sendo cada vez mais utilizado, pois não afetam aparência ou o desempenho da estrutura que será analisada. Os ensaios não destrutivos são uma importante ferramenta para obter informações quanto às propriedades do concreto das estruturas, seja durante a sua fase construtiva ou em estruturas prontas a algum tempo cujas condições se desejam investigar. Podem ser utilizados para monitoramento das estruturas, gerando um histórico das variações ao longo do tempo, permitindo um aumento da vida útil (LORENZI *et al.*, 2003).

Estes ensaios vêm passando por um lento, mas contínuo processo evolutivo. As dificuldades provem principalmente da característica heterogênea do material, criando assim muitas variáveis e interferências, o que atrapalha a avaliação e pode causar má interpretação dos resultados obtidos (METHA & MONTEIRO, 2008). Normas estão sendo criadas e os ensaios vêm sendo cada vez mais utilizados.

Na sequência alguns dos ensaios que estão envolvidos na pesquisa.

2.2.1. Estimativa do cobrimento da armadura

Utiliza-se o detector eletromagnético de armadura, que opera por indução magnética e é de fácil manuseio. Determina a posição e pode estimar o cobrimento e a bitola da armadura, que é fundamental para a avaliação da durabilidade das estruturas (LANA et al., 2004). A detecção eletromagnética da armadura pode ser definida como a medição de perturbações provocadas pela presença das barras de aço no campo eletromagnético emitido por um sistema de bobinas.

Diferentemente do concreto, as armaduras interagem fortemente com as ondas eletromagnéticas de baixa frequência, permitindo identificar sua localização, desse modo o aparelho analisa os sinais induzidos por este campo e estima o cobrimento e/ou o diâmetro das armaduras abaixo do sensor. Na Figura 3, é apresentado um modelo de detector eletromagnético de armadura.



Figura 3: Detector Eletromagnético de Armadura da marca Proceq (www.proceq.com.br)

2.2.2. Potencial de corrosão

Em estrutura de concreto armado, a corrosão da armadura é um problema que se deve ter atenção inicialmente na fase de concepção do projeto, uma vez que a corrosão pode comprometer a estabilidade da estrutura. A corrosão de armaduras é uma preocupação para profissionais de engenharia,

construtores e estudiosos no assunto uma vez que, dentre as patologias encontradas no concreto armado é uma das mais freqüentes que envolvem maiores riscos à segurança. Além disso, a corrosão tem se tornado um problema de cunho econômico, pois são gastos bilhões de dólares em reparos e recuperações de estruturas de concreto armado devido as corrosões das barras de aço inseridas no concreto (CABRAL, 2000).

Os fatores que mais contribuem para manifestação da corrosão são deficiências de projeto, espessura de cobrimento inferior ao que consta em normas, concretos com especificação inadequada, estrutura inserida em ambientes agressivos e falhas na execução do sistema estrutural. Além disso, a falta de cuidado na dosagem, transporte, adensamento e cura contribuem de forma bastante significativa para iniciação do processo corrosivo.

Segundo Cascudo (2005), a corrosão em armaduras nas estruturas de concreto faz com que tenha perda de seção das barras de aço com desprendimento e acúmulo de produtos de caráter expansivo. Os produtos desta corrosão geram tensões internas no concreto, que provocam fissuras, sequencialmente o lascamento e, em seguida, o destacamento da camada de cobrimento, ficando as armaduras totalmente expostas comprometendo a estabilidade.

As barras de aços inseridas no concreto são protegidas pela camada passivadora em virtude da alcalinidade do concreto, uma vez que seu pH é em torno de 13. Cascudo (2005) afirma que o desencadeamento da corrosão se dá inicialmente pela destruição da película passivadora. Os principais agentes iniciadores do processo corrosivo são íons cloretos e a carbonatação.

Dentre estas técnicas eletroquímicas cita-se a intensidade de corrosão, o potencial de corrosão, a resistência ôhmica, a impedância eletroquímica, a intensidade galvânica e entre outras (FREIRE, 2005).

O registro da diferença de potencial é proporcionado em virtude da formação de uma pilha de corrosão, através do eletrodo constituído pelo aço/concreto e o eletrodo de referência que mantém o potencial estável. Daí, há uma relação entre a existência de atividade ou passividade no elemento metálico

e o potencial obtido, de maneira que valores mais negativos indicam atividade corrosiva e valores menos negativos sugerem a passivação do aço (CASCUDO, 1997).

Para Helene e Matos (1992), o eletrodo de referência detecta o fluxo de corrente elétrica no processo de corrosão eletroquímica da armadura, desse modo a existência de corrosão é revelada pelos potenciais no voltímetro. Os eletrodos de referência mais usados são os de calomelano saturado – ECS (sistema $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ em solução saturada de KCl) e o de cobre/sulfato de cobre – ESC.

Há alguns fatores que podem intervir nas medidas e distorcer os valores obtidos. Dentre esses fatores pode-se citar:

- camadas superficiais de concreto de alta resistividade;
- elevada compacidade do concreto e espessura de cobrimento;
- frente de carbonatação;
- frentes de cloretos;
- teor elevado de umidade do concreto.

Os três primeiros fatores tendem a elevar os valores de potencial, tornando-os mais eletropositivos, enquanto os dois últimos distorcem para mais eletronegativo os valores reais de potencial. (CASCUDO, 1997)

A seguir é apresentado o equipamento de medição de potencial de corrosão.



Figura 4: Equipamento de medição de Potencial de Corrosão – *Profometer Corrosion* da Proceq (www.proceq.com)

Esta técnica apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais cita-se:

- Delimitação de áreas comprometidas;
- Monitoramento da estrutura;
- Sensibilidade para detectar mudanças no estado superficial da

armadura

- Levantamento de potenciais eletroquímicos;
- É um método não destrutivo;
- Apresentar rapidez e facilidade na execução do método.

No entanto apresenta, como desvantagens:

- Não fornecer dados quantitativos do processo de corrosão;
- Apontar, apenas, zonas prováveis de corrosão;
- Limitações ao se deparar com concretos de alta resistividade;
- Interferência da espessura do revestimento nas leituras dos

potenciais;

- Umidade interfere no processo;
- Grande quantidade de variáveis que interferem na técnica.

A norma ASTM C876-15 é a norma mais utilizada no Brasil para a realização do ensaio de potencial de corrosão, uma vez que não existe normatização nacional para tal. Os parâmetros desta norma limitam os valores de leitura em mV da seguinte forma:

Tabela 6: Probabilidade de corrosão de acordo com resultado do ensaio de Potencial de corrosão

Ensaio de Potencial de Corrosão	
Norma: ASTM C876-09	
Leitura	Interpretação
mais positivo que -200 mV	90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão
entre -200 e -350 mV	Probabilidade de corrosão incerta
mais negativo que -350 mV	90% de probabilidade de HAVER corrosão

Fonte: (ASTM C876-15)

2.2.3. Oxidação controlada da armadura em laboratório – *Método Salt Spray*

Um dos métodos utilizado para se ter controle e homogeneização da oxidação de elementos metálicos é o método denominado *Salt Spray*, que também é chamado de Névoa Salina e é regulamentado pela NBR 8094:1983 - Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à névoa salina.

Segundo TREVIZAN (2013) o Método *Salt Spray* consiste em expor o material em câmara de névoa salina. Estas câmaras produzem atmosfera de umidade controlada que simulam ambientes de altíssima umidade relativa, reproduzindo resultados que ocorrem nas condições reais de intemperismo, sendo que este ambiente acelera o processo de corrosão e reduz a durabilidade dos materiais.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo será apresentado o procedimento utilizado para avaliar a interferência da espessura de argamassa no ensaio de potencial de corrosão das armaduras.

3.1. SISTEMATIZAÇÃO DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

O presente Programa Experimental foi realizado seguindo as etapas mostradas na Figura 5, as quais contemplam etapas de preparação, execução e coleta de dados para análise.

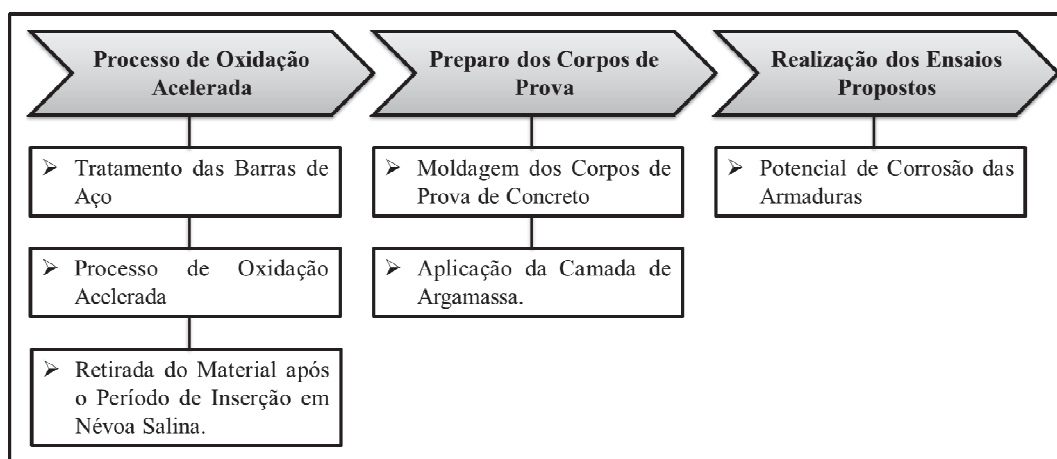


Figura 5: Fluxograma de atividades para realização do programa experimental.

3.2. PROCESSO DE OXIDAÇÃO ACELERADA

O processo de corrosão acelerada das barras de aço se fez de acordo com o ditado pela NBR 8094:1983 da ABNT, a qual prescreve o método para execução de ensaios de exposição à névoa salina em materiais metálicos revestidos e não revestidos.

3.2.1. Tratamento das Barras de Aço

As barras utilizadas com diâmetro de 10mm ($\varnothing$ 10mm), e 50cm de comprimento foram previamente escovadas, com escova com cerdas de aço, e limpas com acetona, chegando ao aspecto mostrado na Figura 6 seguir. Verifica-se aspecto com coloração metálica e brilhante.



Figura 6: Barras de aço após realização da limpeza com escova de aço e acetona.

3.2.2. Processo de Oxidação Acelerada

As amostras limpas, foram então colocadas em câmara de névoa salina, com distribuição mostrada na Figura 7, sob temperatura controlada de $(45 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, satisfazendo às exigências da norma britânica *ASTM B117 - Standard Practice for Operating Salt Spray*. A névoa salina aplicada é resultado de uma solução salina a 10% de concentração de Cloreto de Sódio (NaCl) em água destilada, e é aplicada sob pressão constante no interior da câmara lacrada.



Figura 7: Disposição das amostras no interior da câmara.

3.2.3. Retirada do Material após o Período de Inserção em Névoa Salina

No interior da câmara, as amostras foram submetidas primeiramente à névoa salina pelo período de 24 horas e avaliadas visualmente, onde não foram notadas alterações significantes nas peças. Foram novamente inseridas na câmara de névoa salina e acompanhadas visualmente, onde após 168 horas notou-se alteração visual significativa das peças. Após este período de 168 horas, as amostras foram retiradas com o aspecto mostrado na Figura 8.



Figura 8: Aspecto das amostras na retirada, após 168h de exposição à névoa salina.

Para realização do ensaio, pretendeu-se atingir o nível de corrosão das barras de armadura na faixa de leitura de -200 e -350 mV, que é a faixa intermediária, pois ao entrar nas faixas de leitura extremas os resultados poderiam não ser representativos. Para certificar que o grau de corrosão atingido

estava dentro da faixa de leitura pretendida, foi realizada a moldagem de um primeiro corpo de prova teste para realização do o ensaio de potencial de corrosão e foi constatada a faixa de leitura pretendida.

Desta forma, as demais barras foram adicionadas às formas de madeira para posterior aplicação do concreto.

3.3. PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

Depois de realizada a oxidação das barras, conforme metodologia detalhada anteriormente foi realizado o processo de moldagem dos corpos de prova prismáticos em um total de 24 (vinte e quatro) peças.

3.3.1. Moldagem dos Corpos de Prova de Concreto

Para esta etapa foram utilizadas formas de madeira com medidas internas de 7,0cm x 7,0cm x 40,0cm, conforme medições mostradas na Figura 9.



Figura 9: Formas em madeira para moldagem de corpos de prova prismáticos.

O concreto utilizado foi concreto usinado do tipo convencional com resistência de 25Mpa e abatimento $(10 \pm 2,0)$ cm preparado conforme a NBR 7212:1984 - Execução de concreto dosado em central. Todos os cp's foram moldados a partir de um mesmo lote, sendo mantidas todas as características principais. As quantidades utilizadas na moldagem são mostradas na Tabela 7, abaixo.

Tabela 7: Tabela de quantidade de materiais para moldagem do concreto.

Material	Unidade	Quantidade
Cimento	Kg	134,50
Areia Grossa	m ³	0,45
Pedra 1/16	m ³	0,55
Aditivo	L	1,08

A moldagem dos corpos de prova prismáticos foi realizada em 2 (duas) camadas, sendo aplicados 15 golpes a cada camada realizada para adensamento. Este material foi submetido também, à realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para determinação da consistência real do concreto, conforme a norma NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, como demonstrado na Figura 10 a seguir.

**Figura 10:** Resultado do Slump-Test.

3.3.2. Aplicação da Camada de Argamassa

Os corpos de prova resultantes, com medidas de 7,0cm x 7,0cm x 40,0cm foram divididos em lotes de 8 (oito) peças, e receberam camadas de argamassa, em duas faces, com espessura de 1,0cm, 2,0cm e 3,0cm cada bloco, como mostra a Figura 11.



Figura 11: Aplicação da camada de argamassa.

A argamassa utilizada como revestimento dos corpos de prova prismáticos foi a argamassa industrializada “Multimassa uso geral da Quartzolit”, conforme com as seguintes características, conforme ficha técnica constante do Anexo 1:

- Composição: cimento, agregados minerais e aditivos especiais.
- Quantidade de água da mistura: 135 ml/Kg.
- Densidade aparente: 1,50 kg/cm³
- Densidade fresca: 1,80 kg/cm³
- Classificação de acordo com a NBR 13281/2005: P5 M4 R5 D4 U4 A3
- O revestimento pode atingir até 5 cm de espessura em duas demãos de 2,5 cm.
- Espessuras utilizadas de 1,0cm, 2,0cm e 3,0cm.

Todas as recomendações do fabricante foram seguidas.

3.4. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS PROPOSTOS

Com os corpos de prova finalizados, foram iniciados os ensaios para coleta de dados e obtenção dos resultados referentes aos questionamentos levantados.

Os procedimentos para a realização dos ensaios de potencial de corrosão das armaduras seguiram os procedimentos indicados na norma ASTM C876, sendo as leituras realizadas com equipamento *Profometer Corrosion* da marca sueca *Proceq*, conforme ficha técnica integrante no anexo 2, e segue os parâmetros indicados abaixo.

- Os corpos de provas ficaram imersos em água por 24h antecedentes aos ensaios para garantir a saturação e padronizar este parâmetro;
- Os ensaios foram realizados com solução de Sulfato de Cobre;
- Após a moldagem e aplicação das camadas de argamassa, todos os corpos de prova prismáticos foram submetidos à medição do potencial de corrosão em suas faces, sendo este o parâmetro de comparação para as medições após a aplicação da argamassa;
- Em cada uma destas faces com argamassa foram feitas sete medições.

Os procedimentos detalhados anteriormente são mostrados na Figura 12 a seguir.



Figura 12: Realização do Ensaio de Potencial de Corrosão das Armaduras.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se a compilação dos resultados levantados à partir dos procedimentos metodológicos, e faz-se uma análise deles, considerando toda a revisão bibliográfica.

Conforme descrito no item anterior, os cp's foram subdivididos em lotes de 8, e foram realizadas 7 leituras em cada uma das faces, sendo que 2 delas foram revestidas com argamassa.

O Lote 1, cujos resultados são mostrados na Tabela 8 abaixo, compreende as leituras realizadas nos corpos de prova com aplicação de 1,0cm de argamassa, porém em suas faces não revestidas (duas faces com concreto exposto).

Tabela 8: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 1.

MEDIÇÃO	LOTE 1 - CONCRETO P/ ARGAMASSA 1,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-126	-126	-230	-201	-134	-150	-127	-120
2	-109	-108	-217	-185	-117	-121	-121	-94
3	-98	-97	-204	-165	-101	-105	-121	-102
4	-97	-95	-193	-157	-94	-105	-115	-106
5	-115	-92	-193	-155	-101	-104	-134	-115
6	-142	-114	-205	-167	-117	-103	-133	-127
7	-179	-153	-218	-177	-134	-134	-144	-153
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-146	-148	-125	-122	-143	-129	-189	-173
2	-135	-136	-121	-145	-140	-127	-174	-155
3	-124	-124	-114	-149	-134	-127	-155	-142
4	-114	-128	-114	-154	-128	-126	-140	-125
5	-116	-144	-129	-178	-140	-136	-137	-120
6	-124	-151	-156	-190	-149	-156	-136	-126
7	-140	-163	-189	-229	-163	-167	-134	-134

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

O Lote 2, cujos resultados são mostrados na Tabela 9 abaixo, compreende as leituras realizadas nos corpos de prova com aplicação de 2,0cm de argamassa, porém em suas faces não revestidas (duas faces com concreto exposto).

Tabela 9: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 2.

MEDIÇÃO	LOTE 2 - CONCRETO P/ ARGAMASSA 2,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-178	-171	-118	-123	-107	-97	-88	-100
2	-148	-144	-117	-118	-100	-100	-103	-108
3	-115	-115	-118	-123	-102	-94	-99	-114
4	-99	-97	-131	-132	-106	-108	-105	-118
5	-87	-90	-142	-151	-117	-126	-112	-125
6	-82	-93	-161	-178	-138	-135	-135	-151
7	-84	-95	-197	-228	-149	-159	-153	-176
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-159	-156	-131	-151	-207	-127	-193	-120
2	-131	-138	-117	-129	-173	-127	-166	-125
3	-120	-126	-109	-119	-150	-126	-140	-122
4	-98	-118	-99	-117	-134	-120	-125	-131
5	-100	-116	-99	-119	-121	-131	-114	-149
6	-111	-123	-117	-141	-118	-159	-116	-181
7	-134	-137	-146	-161	-121	-196	-120	-217

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV =90% de probabilidade de HAVER corrosão

O Lote 3, cujos resultados são mostrados na Tabela 10 abaixo, compreende as leituras realizadas nos corpos de prova com aplicação de 3,0cm de argamassa, porém em suas faces não revestidas (duas faces com concreto exposto).

Tabela 10: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 3.

MEDIÇÃO	LOTE 3 - CONCRETO P/ ARGAMASSA 3,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-151	-141	-123	-131	-124	-167	-165	-162
2	-129	-139	-97	-114	-107	-157	-136	-141
3	-132	-135	-102	-98	-93	-152	-124	-125
4	-134	-143	-90	-97	-101	-164	-118	-128
5	-152	-150	-98	-99	-119	-184	-119	-133
6	-176	-162	-104	-110	-123	-196	-131	-146
7	-190	-185	-133	-134	-141	-196	-174	-179
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-165	-170	-160	-144	-164	-157	-153	-161
2	-137	-152	-143	-131	-136	-150	-134	-152
3	-127	-141	-140	-126	-128	-143	-131	-135
4	-132	-137	-138	-132	-129	-135	-125	-139
5	-143	-146	-145	-141	-135	-143	-136	-153
6	-156	-163	-153	-153	-151	-166	-151	-172
7	-190	-198	-176	-176	-179	-195	-180	-194

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

Apresentados estes resultados, é possível verificar uma regularidade nas leituras, estando os valores nos 3 lotes ensaiados compreendidos entre -82mV e -230mV.

Os ensaios realizados nas faces revestidas com argamassa possuem esta mesma formatação, e seus lotes são apresentados a seguir.

O Lote 4, cujos resultados são mostrados na Tabela 11 abaixo, compreende as leituras realizadas nos corpos de prova com aplicação de 1,0cm de argamassa, em suas faces revestidas (duas faces com aplicação do revestimento argamassado).

Tabela 11: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 4.

MEDIÇÃO	LOTE 4 - ARGAMASSA 1,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-119	-131	-236	-151	-157	-129	-161	-150
2	-107	-120	-222	-138	-143	-146	-145	-133
3	-94	-109	-206	-83	-127	-129	-132	-122
4	-94	-100	-194	-95	-122	-113	-126	-118
5	-111	-111	-191	-178	-123	-109	-124	-120
6	-145	-149	-200	-190	-134	-117	-128	-131
7	-183	-181	-211	-202	-152	-135	-146	-141
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-141	-137	-157	-169	-134	-107	-182	-187
2	-136	-134	-150	-164	-136	-121	-166	-162
3	-124	-124	-147	-161	-124	-115	-149	-147
4	-121	-118	-152	-160	-123	-115	-137	-138
5	-129	-124	-170	-171	-123	-119	-133	-137
6	-142	-133	-198	-196	-127	-133	-138	-142
7	-159	-146	-231	-227	-140	-153	-149	-152

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

As leituras realizadas nos corpos de prova com aplicação de 2,0cm de argamassa, em suas faces revestidas (L5), são apresentadas na Tabela 12 abaixo.

Tabela 12: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 5.

MEDIÇÃO	LOTE 5 - ARGAMASSA 2,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-175	-173	-128	-90	-84	-118	-130	-178
2	-156	-154	-130	-81	-80	-112	-134	-162
3	-133	-130	-132	-95	-79	-100	-136	-146
4	-117	-115	-147	-101	-81	-91	-140	-134
5	-114	-112	-165	-119	-87	-85	-148	-129
6	-112	-111	-187	-142	-96	-83	-163	-130
7	-112	-111	-199	-178	-113	-91	-178	-127
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-138	-106	-153	-167	-215	-212	-214	-212
2	-122	-104	-152	-157	-199	-199	-197	-198
3	-106	-97	-140	-140	-171	-174	-171	-173
4	-96	-93	-134	-134	-156	-158	-155	-158
5	-100	-105	-137	-134	-150	-147	-146	-146
6	-104	-123	-152	-146	-147	-146	-149	-146
7	-108	-133	-167	-154	-147	-148	-148	-147

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

O Lote 6, compreendendo as leituras realizadas nas faces revestidas dos cp's com aplicação de uma camada de 3,0cm de revestimento, tem seus resultados apresentados na Tabela 13, a seguir.

Tabela 13: Resultado do ensaio de potencial de corrosão realizado no Lote 6.

MEDIÇÃO	LOTE 6 - ARGAMASSA 3,0cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
1	-161	-166	-162	-195	-194	-169	-176	-177
2	-162	-173	-156	-190	-190	-174	-168	-173
3	-160	-166	-149	-182	-183	-180	-161	-162
4	-159	-169	-144	-165	-189	-168	-167	-162
5	-161	-158	-151	-150	-203	-185	-174	-172
6	-168	-174	-166	-166	-216	-220	-179	-183
7	-178	-192	-172	-143	-221	-214	-175	-181
MEDIÇÃO	CP5		CP6		CP7		CP8	
1	-179	-175	-176	-171	-179	-166	-165	-177
2	-177	-169	-171	-168	-172	-162	-193	-192
3	-169	-162	-158	-166	-164	-161	-159	-168
4	-165	-159	-165	-164	-160	-193	-181	-182
5	-169	-163	-173	-173	-163	-177	-159	-159
6	-182	-174	-182	-189	-173	-162	-161	-160
7	-200	-181	-180	-197	-192	-194		

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

Assim como nos lotes iniciais, sem revestimento, os lotes finais, com leituras realizadas sobre o revestimento, mostraram uma boa homogeneidade, com valores compreendidos entre -79mV e -236mV. A Tabela 14, a seguir, mostra os picos, e a média das leituras realizadas em cada lote.

Tabela 14: Compilado dos resultados dos ensaios realizados.

LOTES	INDICAÇÃO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
Lote 1	Conc. (1cm)	-92	-230	-139,85
Lote 2	Conc. (2cm)	-82	-228	-129,56
Lote 3	Conc. (3cm)	-90	-198	-143,71
Lote 4	Argam. (1cm)	-83	-236	-144,41
Lote 5	Argam. (2cm)	-79	-215	-137,37
Lote 6	Argam. (3cm)	-143	-221	-173,50

A partir destes dados, é possível verificar o comportamento dos lotes considerando seus valores máximos, mínimos e médios, onde fica demonstrada a linearidade entre as leituras realizadas diretamente sobre as superfícies de

concreto, e sobre as superfícies revestidas. O Gráfico 1 abaixo, evidencia os resultados para cada situação ensaiada.

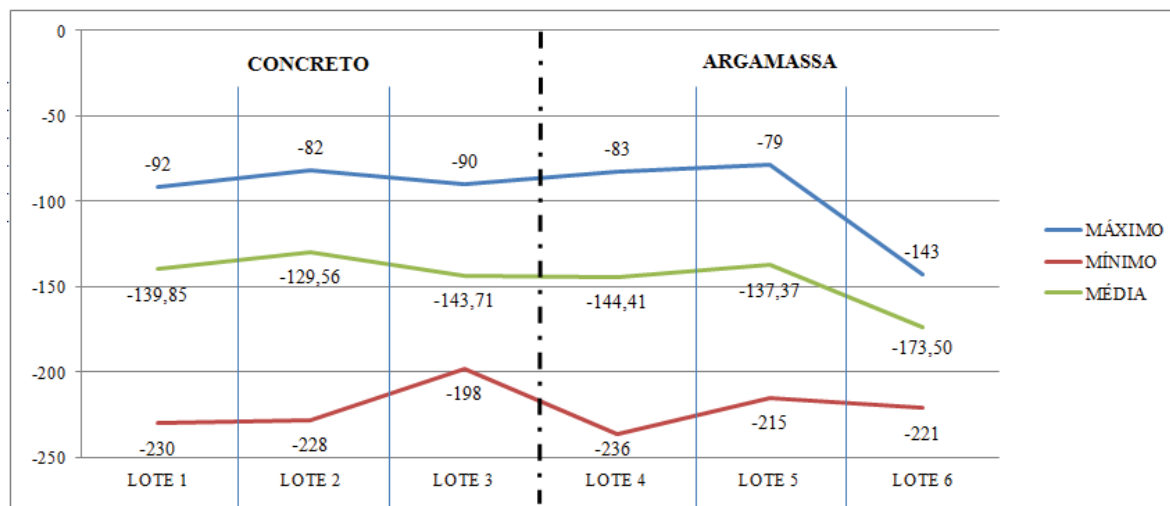


Gráfico 1: Comportamento dos lotes submetidos a ensaio.

Quando esta verificação é feita de maneira mais específica, comparando lotes com os mesmos cp's, verificamos a mesma constância nas leituras, como visto nas Figuras 14, 15 e 16 mostradas, nas quais, lotes diferentes, porém com os mesmos corpos-de-prova ensaiados, são postos lado a lado.

Neste caso, foram considerados os ensaios em elementos sob as mesmas condições de saturação, temperatura e umidade relativa do ar, assim como a porosidade do concreto, uma vez que se tratam de leituras realizadas em um mesmo momento e para o mesmo corpo-de-prova.

O Gráfico 2 abaixo, compara os Lotes 1 e 4, cujos cp's receberam uma camada de revestimento de 1,0cm.

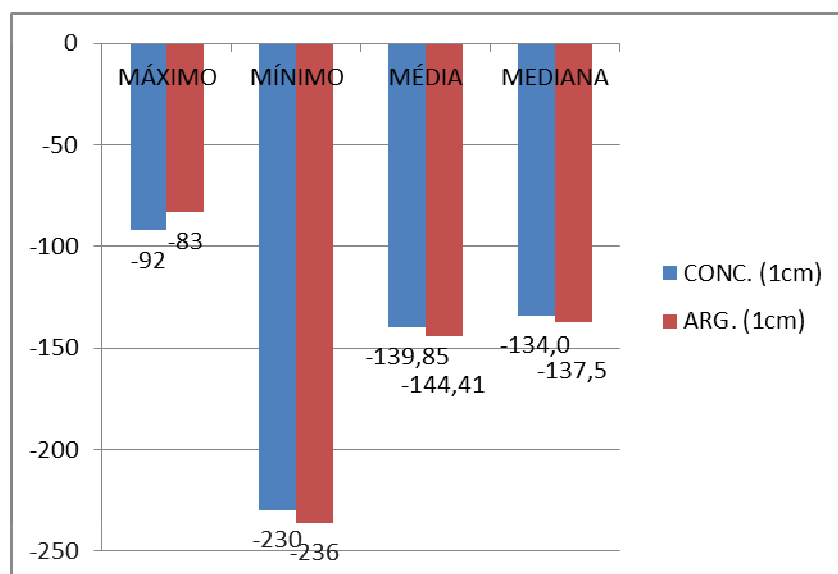


Gráfico 2: Comportamento comparativo entre os lotes 1 e 4 com os mesmos cp's.

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

O Gráfico 3 abaixo, compara os Lotes 2 e 5, cujos cp's receberam uma camada de revestimento de 2,0cm.

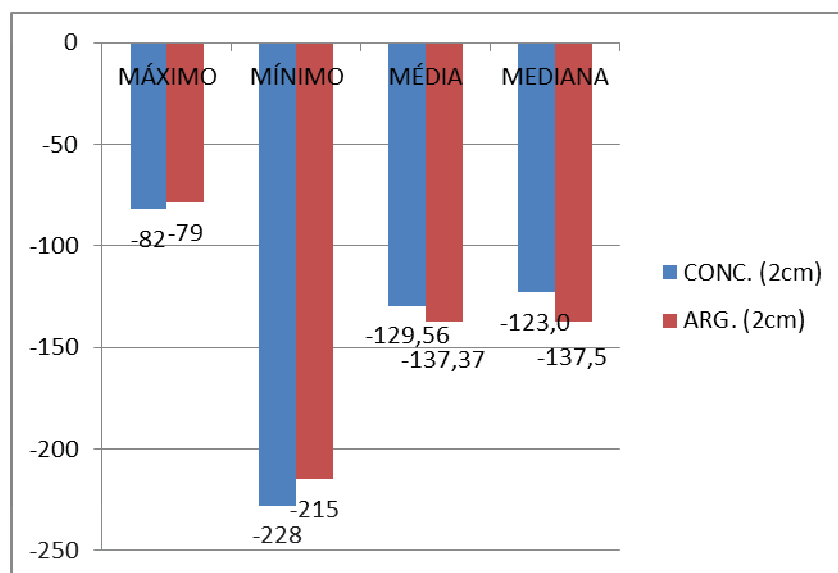


Gráfico 3: Comportamento comparativo entre os lotes 2 e 5 com os mesmos cp's.

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

O Gráfico 4, abaixo, compara os Lotes 3 e 6, cujos cp's receberam uma camada de revestimento de 3,0cm.

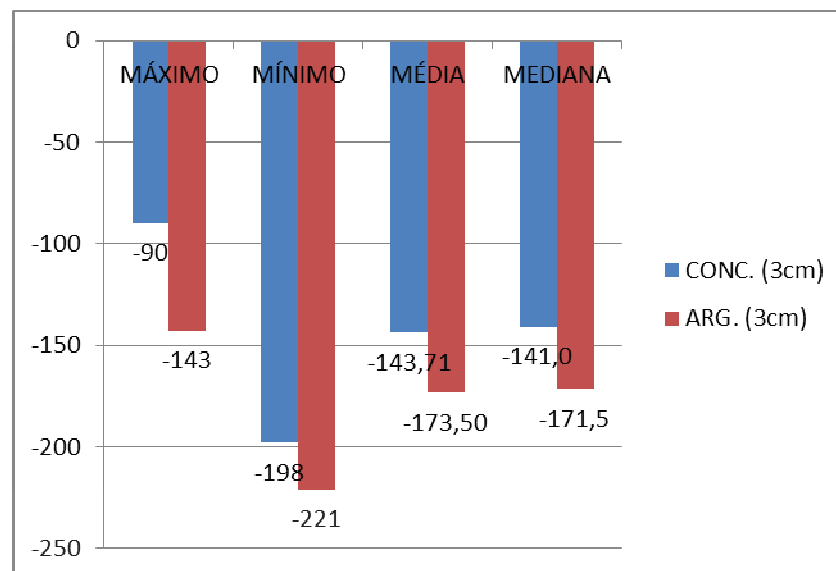


Gráfico 4: Comportamento comparativo entre os lotes 3 e 6 com os mesmos cp's.

Legenda:

Mais positivo que -200mV = 90% de probabilidade de NÃO HAVER corrosão

Entre -200 e -350 mV = Probabilidade de corrosão incerta

Mais negativo que -350 mV = 90% de probabilidade de HAVER corrosão

Para uma melhor avaliação, os resultados foram transformados em percentuais, e colocados como apresentado na Tabela 15, abaixo.

Tabela 15: Diferença percentual entre ensaios de potencial de corrosão em lotes com os mesmos cp's.

COMPARATIVO	CP's	VARIAÇÃO PERCENTUAL			
		MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MEDIANA
LOTE 1 / LOTE 4	1,0cm	-10%	3%	3%	3%
LOTE 2 / LOTE 5	2,0cm	-4%	-6%	6%	12%
LOTE 3 / LOTE 6	3,0cm	59%	12%	21%	22%

Foi possível verificar que até a profundidade de 2,0cm, os percentuais de variação são baixos, estando abaixo ou bem próximos de 10%. Quando considerado o revestimento de 3,0cm, tem-se uma variação de 59% do valor máximo lido, e uma variação de 21% do valor médio, que são as principais

diferenças encontradas. O Gráfico 5, mostrado a seguir, demonstra o comportamento em relação ao fixado na norma ASTM C876-15.

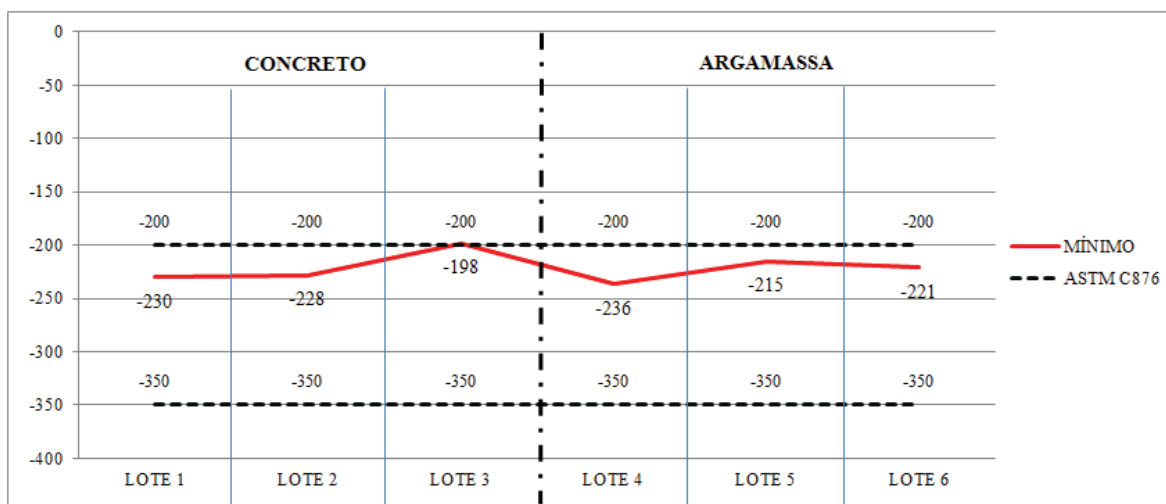


Gráfico 5: Correlação dos valores mínimos medidos com os limites da norma ASTM C876-15.

Quando correlacionados aos valores especificados pela ASTM C876-15, mesmo com percentuais altos de variação, não há mudança de faixa de interpretação dos resultados, estando os valores médios sempre em uma mesma faixa de leitura e interpretação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que para os parâmetros fixados neste estudo, a camada de argamassa de revestimento da estrutura não tem influência no resultado dos ensaios de potencial de corrosão quando comparados aos ensaios realizados diretamente sobre a superfície de concreto. É possível verificar uma linearidade nas leituras, indicando que a variação não compromete a interpretação deste ensaio por parte dos engenheiros e técnicos responsáveis.

Considerando a espessura da camada de argamassa, notou-se uma variação mais expressiva quando aplicada camada de revestimento de 3,0cm, porém mantendo-se os resultados médios dentro da mesma faixa de interpretação fixada pela normatização vigente e utilizada nos ensaios em âmbito nacional.

Os resultados apresentados não eliminam a necessidade da retirada das camadas de revestimento quando da realização dos ensaios, mas sim, abrem precedente para uma nova discussão quanto à normativa atual, podendo viabilizar ensaios mais ágeis e menos onerosos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O ensaio de potencial de corrosão é amplamente utilizado para determinação de áreas afetadas pela oxidação das armaduras internas ao elemento estrutural de concreto armado, tendo em sua utilização a possibilidade de mapear os pontos mais ou menos críticos que deverão ser reparados e reforçados.

Devido ao método de ensaio ser realizado por diferença de potencial é primordial que a estrutura esteja saturada de água, portanto seria indicado a

realização de ensaios para dar parâmetros de quais os métodos mais eficazes de saturação que poderiam ser aplicados “in situ”.

Recomenda-se, também, a realização dos ensaios propostos neste trabalho variando-se traço de concreto, a composição com ou sem aditivos e a variação da argamassa, como a utilização de argamassa polimérica, verificando-se uma possível manutenção ou alteração dos resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C876 - 15 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray.**

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de Obras Deterioradas por corrosão de Armaduras.** São Paulo: PINI, 1992. 104p.

ANDRADE, J.J.O.; **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras: iniciação por cloretos.** Tese de Doutorado – Porto Alegre, 2001

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212:1984 Execução de concreto dosado em central. Procedimento.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094: 1983 Material metálico revestido e não revestido - Corrosão por exposição à névoa salina.** Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13797:1997: Água - Determinação de cloretos - Métodos titulométricos do nitrato mercúrico e do nitrato de prata,** Rio de Janeiro, 1997.

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

CABRAL, A. E. B. **Avaliação da eficiência de sistema de reparo no combate à iniciação e à propagação da corrosão do aço induzida por cloretos.** Porto Alegre-RS, 2000. 187p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CASCUDO, O. **Inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com problemas de**

corrosão da armadura. In: ISAÍÁ, G.C. (ed.), Concreto: Ensino, pesquisa e realizações – São Paulo: IBRACON, 2005.

CASCUDO, O.; **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto.** 1ª ed. Goiânia: PINI e UFG, 1997

CUNHA, M.P.T.; RIBEIRO, D.V.; SALES, A.; SOUSA, C.A.C.; Almeida, F.C.R.; LOURENÇO, M.Z.; Helene. P; **Corrosão em estrutura de concreto armado – Teoria, Controle e Métodos de Análise**, 2013

FARRAPO, M. A. F.; AMORIM, B. R.; FURTADO, F. A.; MONTEIRO, L. M. S.; LINHARES, P. R. P.; COELHO, F. C. A. **Análise das manifestações patológicas apresentadas na ponte sobre o Rio Acaraú, Sobral, CE.** 2013. Artigo científico apresentado no IX Congresso sobre patologia e recuperação de estruturas.

FIGUEIREDO, E. P.; **Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, IBRACON, Cap. 27, p.829 – 855, V. 2, ed.Geraldo C. Isaia, São Paulo. 2005

FIGUEIREDO, E. P.: **Avaliação do Desempenho de Revestimentos para proteção da Armadura Contra a Corrosão Através de técnicas Eletroquímicas: Contribuição ao estudo de Reparo de estruturas de Concreto Armado.** São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FREIRE, K. R. R.; **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão em armaduras de concreto**, Curitiba, 2005.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.

HELENE, P. A **Nova ABNT NBR 6118 e a Vida Útil das Estruturas de Concreto.** In: **Seminário de Patologia das Construções**, 2, Porto Alegre, 1986.

HELENE, P. R. L.; MATOS, O.C. **Avaliação experimental da corrosão de armaduras em concreto utilizando a técnica de medidas dos potenciais de eletrodo.** São Paulo: EPUSP, 1992. São Paulo.

HELENE, P.: **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** São Paulo , 1993. 231p. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LANA, C. P.; PEREIRA, G. M. G; COSTA, P. A. S.; GONÇALVES, R. M.; **Evolução do processo de manutenção em estruturas de concreto na CST.** Revista ABM, São Paulo, 2004.

LORENZI, A.; CAETANO, L. F.; DRUNN, M. T.; SILVA FILHO, L. C. P.; **Utilização de ultra-som para o monitoramento de estrutura de concreto.** Rio de Janeiro, 2003.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M.; **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: Ibracon, 2008.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: PINI, 1994. 572 p. .

SATO, N.M.N.; **Análise da porosidade e de propriedades de transporte de massa em concreto.** São Paulo, 1998.

SOUZA, V.C.M. de; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998.

TREVIZAN, T. F.; **Ensaio de névoa salina (salt spray): um estudo teórico sobre a corrosão dos materiais metálicos e revestimentos.** Porto Alegre, 2013

7. ANEXOS

- 7.1. Ficha técnica equipamento *Profometer Corrosion* da Proceq
- 7.2. Ficha técnica argamassa multimassa uso geral Quartzolit

Profometer Corrosion

Faixa da medição de tensão	-1000 a + 1000 mV
Resolução da tensão	1 mV
Impedância	100 MΩ
Taxa de amostragem	900 Hz
Padrões e diretrizes	ASTM C876, RILEM TC 154-EMC, DGZfP B3, SIA 2006, UNI 10174, JGJ/T 152, JSCE E 601, certificação CE



multimassa uso geral quartzolit

1. UTILIZAÇÃO

Argamassa para revestimento de paredes em áreas externas e internas com aplicação manual.

- Indicado para blocos de concreto, blocos cerâmicos, sílico calcários, tijolos de barro maciços e superfícies de concreto. Todas as áreas externas a serem revestidas devem ser chapiscadas. Para uso externo e sobre estrutura de concreto aplique sobre chapisco colante quartzolit ou chapisco rolado quartzolit.
- Indicado para assentamento de blocos de concreto e blocos cerâmicos.
- Para revestimentos internos o produto pode ser aplicado diretamente sobre as alvenarias

2. LIMITES DE USO

Não aplicar:

- Sobre superfícies horizontais sujeitas à solicitações ou saturadas.
- Sobre superfícies plásticas ou de metal.
- Sobre gesso, revestimentos plásticos ou orgânicos.
- Sobre impermeabilizações ou materiais de baixa resistência mecânica.
- Em áreas de permanente contato com água ou em contato com o solo.
- Chapisco feito em obra ou industrializado com adição de aditivos químicos deve ser testado quanto a sua aderência e absorção antes da aplicação do reboco externo quartzolit.

3. COMPOSIÇÃO

Cimento, agregados minerais e aditivos especiais.

4. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

- Quantidade de água da mistura: 135 ml/Kg.
- Tempo de utilização: 2hs
- Densidade aparente: 1,50 kg/cm³
- Densidade fresca: 1,80 kg/cm³
- Classificação de acordo com a NBR 13.281/2005: P5 M4 R5 D4 U4 A3
- Referente ao produto fabricado na unidade de Jandira. Para demais unidades entrar em contato com a Weber. Para testes laboratoriais, siga o procedimento de mistura conforme NBR 13.276/2002 sem tempo adicional.

5. CONDIÇÃO DE APLICAÇÃO

- Temperatura de aplicação: ar ambiente + 5 °C a 40 °C.
- Temperatura da superfície da base: + 5 °C a 27 °C.
- Não aplicar em superfícies extremamente quentes, ou quando da expectativa de chuvas.

Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção

Matriz: Via de Acesso João de Goes, 2.127 – Jandira/SP – Brasil – CEP 06612-000

Tel.: 55 (11) 2196-8000 – Fax: 55 (11) 2196-8301 – SAC: 0800 709 6979 www.weber.com.br



6. PREPARO DE BASE

- Remover resíduos e contaminações da base antes da aplicação do chapisco.
- Preencher falhas na alvenaria ou juntas para obter uma superfície regular. Alvenarias muito irregulares geram consumo elevado do chapisco, além de não terem boa planeza e aspecto agradável.
- A limpeza da base pode ser executada conforme procedimentos (NBR7200/98 item 8.4.3)
- Todas as áreas externas devem ser chapiscada.
- Em situações de climas adversos, com temperaturas superiores a 25 °C e umidade inferior a 40%, umedeça a base antes da aplicação do reboco externo quartzolit.

7. MISTURA

- Para fazer a mistura do produto, usar somente água limpa na proporção indicada na embalagem. Não adicionar à mistura nada que não tenha sido recomendado pela Weber.
- Para mistura utilize sempre equipamentos próprios para argamassas. Adicione metade da água no compartimento do equipamento; em seguida, adicione todo o volume de argamassa e complete com o restante da água.
- O tempo de mistura pode variar em função do tipo de equipamento e quantidade de sacos e deve ser controlado pelo operador. Evite a formação de grumos na mistura, homogeneizando bem o material.

8. APLICAÇÃO

Revestimento

- Proteja as peças de alumínio, pois podem manchar se atingidas por reboco externo quartzolit no momento de sua aplicação.
- Em situações de climas adversos, com temperaturas superiores a 25 °C e umidade inferior a 40%, umedeça a base antes da aplicação do produto.
- O revestimento de paredes deve ser feito em uma única demão para espessuras até 2,5 cm.
- Para espessuras maiores, aplique uma segunda demão somente quando a anterior estiver suficientemente firme para suportar a segunda. Recomendamos que essa aplicação seja realizada na condição úmido sobre úmido.
- O revestimento pode atingir até 5 cm de espessura em duas demãos de 2,5 cm.
- Para espessuras superiores a 5 cm, deve ser empregada tela metálica entre camadas para estruturar o revestimento (consulte projetista especializado).
- Para aplicação com equipamento de projeção, recomendamos utilizar **reboco projetável quartzolit**.
- Para acabamento desempenado ou sarrafeado deve ser aguardado o puxamento da argamassa.
- O acabamento poderá ser sarrafeado, desempenado ou camurçado, dependendo do tipo de acabamento que receberá posteriormente (argamassa decorativa, pinturas, cerâmicas, pedras, etc.).

Assentamento

- Aplique a argamassa sobre os blocos com colher de pedreiro.

Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção

Matriz: Via de Acesso João de Goes, 2.127 – Jandira/SP – Brasil – CEP 06612-000
Tel.: 55 (11) 2196-8000 – Fax: 55 (11) 2196-8301 – SAC: 0800 709 6979 www.weber.com.br



- Posicione o bloco sobre a argamassa fresca, removendo o excesso de material e observando o alinhamento, prumo e nível da parede.
- Mantenha as juntas na espessura de 1 a 2 cm

9. CONSUMO

- 17 Kg/m²/cm de espessura – para revestimento
- 15 kg/m² - para assentamento de blocos 14x19x39cm

10. RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

- Mantenha as embalagens fechadas e fora do alcance de crianças e animais.
- Antes de iniciar o manuseio do produto, sempre verifique se você está utilizando os EPIs necessários: respirador, óculos de proteção, capacete, protetor auricular, calçados de segurança e luvas.
- Durante o transporte do produto, nunca force a coluna e, se necessário, utilize cinta protetora.
- Em caso de contato com a pele, lave-a com água e sabão em abundância. Em caso de irritação ou de erupção cutânea, consulte um médico. Em caso de contato com os olhos, enxágue-os cuidadosamente com água, durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil, e continue enxaguando. Caso a irritação ocular persista, consulte um médico. Em caso de ingestão do produto, lave a boca da vítima com água em abundância. Caso ela sinta indisposição, contate um Centro de Informação Toxicológica ou um médico. Em todos os casos, leve consigo esta embalagem e a FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico) deste produto, disponível em www.weber.com.br

11. EMBALAGEM

Sacos de papel ou plástico 20kg e 30 kg.

12. COR

Disponível na cor cinza.

13. VALIDADE

- 30kg papel - 90 dias a partir da data de fabricação.
- 20kg papel ou plástico - 240 dias a partir da data de fabricação.

Local seco e arejado, sobre estrado elevado do solo em pilhas com, no máximo, 1,50m de altura, em sua embalagem original fechada.

Saint-Gobain do Brasil Produtos Industriais e para Construção

Matriz: Via de Acesso João de Goes, 2.127 – Jandira/SP – Brasil – CEP 06612-000

Tel.: 55 (11) 2196-8000 – Fax: 55 (11) 2196-8301 – SAC: 0800 709 6979 www.weber.com.br